

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Журнал основан в 1957 году

1

1982

АРХАНГЕЛЬСК

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов (гл. редактор), доц. Е. С. Романов (зам. гл. редактора), доц. 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. Дранишников, 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. Э. Н. Фалалеев, 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.

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1982.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 1

Сдан в набор 30/XI 1981 г. Подписан к печати 10/V 1982 г.
Форм. бум. 70×108¹/₁₆. Печать высокая. Услн. печ. л. 12,95. Уч.-изд. л. 14,3
Сл. 00466. Тираж 1480 экз. Заказ 10181. Цена 1 руб. 40 коп.
Типография им. Скляпина издательства Архангельского обкома КПСС,
г. Архангельск, пр. Новгородский, 32.

УДК 630*612 : 676.002.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ВОСПРОИЗВОДСТВО ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

И. С. МЕЛЕХОВ

Московский лесотехнический институт

Научно-техническая революция затронула все отрасли лесного дела, наглядно подтвердила и расширила их взаимообусловленность. Новые аспекты приобрели вопросы использования и воспроизводства сырья, охраны окружающей среды, социального назначения лесов.

Нет необходимости доказывать огромное, многостороннее и все возрастающее значение бумаги и целлюлозы сегодня, как и исключительную важность древесного сырья для современного и будущего развития целлюлозно-бумажной промышленности. Достаточно сказать, что цена на целлюлозу на мировом рынке с 1978 г. по 1980 г., т. е. всего лишь за два года, выросла на 50 % — с 300 до 450 долларов [6], а в некоторых странах цена на длинноволокнистую целлюлозу достигла 500 долларов за тонну [5].

Прогресс лесного хозяйства и прогресс целлюлозно-бумажного производства тесно связаны между собой.

В конце прошлого века переход от тряпичного сырья к древесному, из ели, способствовал превращению этой породы, имевшей до того весьма ограниченный спрос, в хозяйственно ценную.

В текущем столетии, особенно во второй его половине, появились перспективы и определенные возможности в производстве целлюлозы применять и некоторые другие древесные породы как хвойные, так и лиственные. Широкое использование для этих целей, например, березы и осины способствовало бы дальнейшему прогрессу лесного хозяйства, его интенсификации, поскольку древесина названных пород имеет пока крайне ограниченное применение или даже совсем не используется. Эта задача приобретает тем большее значение, что в связи с концентрированными рубками в таежных лесах за последние полвека на значительной территории происходит смена хвойных пород осинкой и березой, увеличивается их доля в составе древостоев. Возможность использования березы и осины экспериментально доказана давно. Необходимо преодолеть технологические барьеры.

Обнадеживающие практические возможности широкого использования лиственной древесины появились за последнее время на Котласском ЦБК и некоторых других комбинатах.

Однако древесина ели, обладающая длинным волокном и высокими механическими свойствами, остается по-прежнему ценнейшим сырьем для производства бумаги. Проведенные в свое время исследования [3] сопротивления растяжению вдоль волокон ранних и поздних трахеид, изолированных друг от друга, показали для ели не только большую крепость поздних трахеид по сравнению с ранними (в 2,7 раза), но и довольно высокие абсолютные значения для ранней древесины (704 кгс/см^2). Соответствующие показатели для лиственницы оказались ниже как у ранней, так и у поздней древесины. Последующие исследования подтвердили это положение [2].

Таким образом, не случайно на протяжении длительного периода мировая практика целлюлозно-бумажного производства для выработки сульфитной целлюлозы употребляет древесину ели. Правда, за последнее время в мировой торговле наблюдается повышение спроса и на коротковолокнистую целлюлозу (например из эвкалипта с плантациях Бразилии) из-за некоторых особенностей структуры и меньшего веса по сравнению с длиноволокнистой целлюлозой. Но это отнюдь не означает вытеснения древесных пород с длинным волокном, как высокоценного сырья для целлюлозно-бумажного производства.

В лесном хозяйстве традиционно ценятся хвойные породы, особенно сосна. Однако сырьевая оценка хвойных может меняться местами в зависимости от характера назначения и использования древесины. В странах с развитой целлюлозно-бумажной промышленностью, например в Швеции, еловая древесина оценивается (в стоимостном выражении) выше сосновой, хотя и сосна стала теперь важным видом сырья для производства некоторых видов целлюлозы. Можно полагать, что значение древесины ели как высококачественного сырья для получения бумаги сохранится и к началу XXI столетия, несмотря на потенциальную «всеядность» целлюлозно-бумажной промышленности, наметившуюся уже в наше время.

Таким образом, проблема воспроизводства древесного сырья для получения целлюлозы и бумаги, наряду с вовлечением лиственных пород, означает упорядоченное, планомерное и целенаправленное использование еловых лесов, их восстановление и повышение продуктивности, а также и других хвойных пород, пригодных для целлюлозно-бумажного производства. Вопросы возобновления березы и осины, если в этом возникнет необходимость, могут решаться значительно быстрее и легче, тем более, что в настоящее время широко распространен процесс стихийного естественного возобновления этих пород. Спелые березовые и осиновые древостой на огромных территориях не дорубаются.

В середине тридцатых годов нами сделана попытка проанализировать некоторые вопросы лесовыращивания применительно к нуждам целлюлозно-бумажной промышленности на примере Вологодско-Сухонского промузла [4]. Уже тогда пришлось обратить внимание на неравномерность лесопокрытой площади в этом многолесном районе и тенденцию к ее снижению в некоторых частях. На территории промузла вырубki и гари составляли 1/5 всей лесной площади, причем значительная часть их нуждалась в осуществлении тех или иных лесоводственных мероприятий. Применительно к Вологодско-Сухонскому промузлу были даны соответствующие рекомендации. Систематическое воплощение в практику по крайней мере некоторых из них способствовало бы укреплению сырьевой базы Сухонских целлюлозно-бумажных предприятий.

В тридцатые годы еще не было явных признаков уменьшения сырьевых ресурсов, но принимать меры к планомерному неистощительному использованию и воспроизводству следовало уже тогда.

В настоящее время в лесопромышленных районах, особенно давнего освоения, ряд целлюлозно-бумажных предприятий испытывает серьезные затруднения в обеспеченности древесным сырьем в связи с истощением потребительских баз. Нехватку полноценного сырья начинают испытывать и лесопильная промышленность, прежде всего, ее традиционные центры. Причины сложившегося ныне положения в немалой степени связаны, во-первых, с недооценкой значения расчетной годичной лесосеки применительно к лесничеству, лесхозу, лесопромышленному предприятию. Уже длительное время неистощительность пользо-

вания лесом понимается преимущественно применительно к крупным административным единицам — республикам, краям и областям, и на этой основе определяется расчетная лесосека. Не отрицая значения и важности такого подхода на соответствующих уровнях, следует подчеркнуть, что без более детальной дифференциации он приводит к образованию перерубов в одних местах и недорубов в других, хотя в среднем по краю, области расчетная лесосека может выглядеть корректно. К сожалению, при этом перерубы производятся за счет хвойных. Если в 30—40-х годах интенсификация рубок в лесоизбыточных районах, образование локальных перерубов как-то оправдывались существовавшими условиями, то в последующем «крупноочаговое» истощение лесов стало приводить к противоположным результатам, в том числе к опасности снижения экономического потенциала целлюлозно-бумажных и деревообрабатывающих предприятий.

Вторая причина трудностей с обеспечением сырьем вытекает из того, что в прошлом имели место местнические тенденции в создании лесопромышленных предприятий в автономной республике или области; при этом недостаточно учитывались опасности ослабления или подрыва лесосырьевой базы уже имеющихся предприятий в соседней области или автономной республике.

Третья причина заключается в том, что вопросами укрепления и создания собственных сырьевых баз наши целлюлозно-бумажные предприятия (в отличие от зарубежных) и отрасль в целом не занимались. Эта отрасль неизменно выступала в роли потребителя, привыкшего требовать от поставщиков первосортное сырье. Ее мало интересовало, откуда поступало сырье, какие расстояния приходится преодолевать для его доставки.

Для примера сошлемся на Херсонский целлюлозный комбинат; о нем мы уже упоминали ранее [5]. Этот комбинат был построен в расчете на сырье из нижнеднепровских зарослей тростника (*Phragmites*). В дальнейшем эта сырьевая база потеряла свое значение, и в настоящее время комбинат в качестве основного сырья завозит осину из Смоленской, Вологодской и некоторых других весьма неблизких областей. Между тем вблизи комбината, в пойме Днепра, можно было бы иметь сырьевую базу: а) используя местные приднепровские заросли древесной растительности; б) реконструируя эти насаждения в целях повышения их продуктивности; в) создавая плантации из быстрорастущих древесных пород, прежде всего тополя; г) применяя древесину сосны от рубок ухода в насаждениях, созданных лесоводами и агролесомелиораторами по соседству с комбинатом. Это — предварительные соображения.

Можно было бы назвать и другие причины, затрудняющие в той или иной степени бесперебойное обеспечение сырьем, например, нерациональное и неполное использование древесины, встречные перевозки, недоступность для эксплуатации лесных массивов из-за отсутствия дорог.

Итак, в настоящее время приобретает первостепенное значение решение проблемы сбалансированного потребления древесного сырья и его выращивания применительно к отдельному целлюлозно-бумажному предприятию (с учетом, разумеется, возможностей комбинирования и кооперации с другими лесопромышленными предприятиями, например с лесопилением). Необходимо повысить выход сырья с гектара путем более полного и рационального использования фитомассы, уменьшения потерь при заготовке и транспортировке древесины, в сортиментном разрезе, использования отходов смежных производств, сохранения под-

роста при валке и трелевке деревьев. Важным сырьевым резервом ближайшего будущего целлюлозно-бумажных предприятий является подрост; сохраненный сегодня, он еще в конце этого и самом начале будущего столетия даст полноценную балансовую древесину.

Наряду с рубками главного пользования, большое значение приобретают рубки ухода (прореживания и проходные). Они призваны играть двоякую роль. С одной стороны, это обеспечение сырьем целлюлозно-бумажных предприятий сегодня, с другой, ускорение сроков выращивания древесины для удовлетворения потребности промышленности в будущем. Современная мировая практика все в больших объемах использует промежуточное пользование для обеспечения потребностей промышленности, прежде всего, целлюлозно-бумажной.

Наряду с рубками главного и промежуточного пользования, заслуживают внимания комплексные рубки. Для примера приведем двухъярусный древостой — из осины в верхнем и ели в нижнем ярусе. Осину, достигшую возраста спелости (это может быть в 50—80 лет, иногда и раньше), можно вырубить; она пойдет на сульфатную целлюлозу. По отношению к осине это — рубка главного пользования, но по отношению к ели — рубка ухода, способствующая ускорению роста ели. Оставленная на ускоренное доращивание ель через несколько лет (в зависимости от ее возраста) представит сырье для сульфитной целлюлозы. Для успешного выполнения задач, возлагаемых в этом плане на рубки главного и промежуточного пользования, необходимо создать соответствующие машины. Назрела государственная потребность в объединении усилий лесохозяйственных и лесопромышленных институтов и их конструкторских бюро для создания лесозаготовительных машин, удовлетворяющих и промышленным, и лесоводственным требованиям.

Большие возможности повышения эффективности использования древесины таятся в технологии и организации самого целлюлозно-бумажного производства. Положительный опыт в этом отношении накоплен на Котласском и Соликамском целлюлозно-бумажных комбинатах. Котласский комбинат добился самого низкого в отрасли расхода древесины на 1 т целлюлозы. На Соликамском комбинате в 1981 г. снижена масса 1 м² газетной бумаги на 0,6 г, в результате выпуск бумаги увеличен на 72 млн. м² и сэкономлено 15 тыс. м³ древесины. Этот опыт был рассмотрен и одобрен ЦК КПСС*.

Все более важной статьёй в балансе потребления и выращивания древесного сырья становится его воспроизводство. В сложившихся условиях ускоренное возобновление и формирование лесов целевого назначения, повышение их продуктивности — задачи неотложные. Они заслуживают серьезного внимания и в районах, где сегодня нет дефицита в древесине, но он возможен в будущем, в том числе в зоне деятельности некоторых новых крупных лесопромышленных комплексов. Нельзя повторять ошибки прошлого. К сожалению, появляются и новые тревожные симптомы: химическое отравление лесных массивов, прилегающих к промышленным комплексам (Братский лесопромышленный комплекс и др.). В результате ухудшается окружающая среда и подрывается сырьевая база предприятий. Необходим комплексный подход к решению этой проблемы, непосредственное участие специалистов промышленных предприятий, лесохозяйственных органов и научных учреждений.

* Правда, 1981, 3 декабря.

Лесоводственные мероприятия по воспроизводству леса в целях ритмичного обеспечения сырьем предприятий должны быть географически дифференцированы с учетом как природных условий, так и размещения целлюлозно-бумажных предприятий и их технологических возможностей.

Задачу выращивания сырья для целлюлозно-бумажных предприятий страны можно решить, сочетая традиционные методы естественного и искусственного возобновления леса с плантационными. Соотношение их для разных предприятий определяется экономико- и природно-географическими условиями, состоянием сырьевой базы.

В ряде северных районов (Архангельская область, Карельская и Коми АССР и некоторые другие) основным должно быть естественное (в первую очередь) и искусственное возобновление с постепенным увеличением доли последнего в потребительских базах целлюлозно-бумажных предприятий. Под естественным возобновлением здесь понимается активный процесс, обеспечиваемый полноценным комплексом лесоводственных мероприятий. В экспериментальном порядке вблизи этих предприятий можно создавать для начала небольшие плантации из хвойных пород. Плантационное лесоводство отличается более высоким техническим уровнем по сравнению с традиционными методами воспроизводства леса.

В более благоприятных природных условиях лесной зоны и при сложившемся дефиците в древесном сырье (например, применительно к Балахнинскому целлюлозно-бумажному комбинату Горьковской области) плантационные методы (наряду с традиционными лесокультурными) могут получить развитие в производственном масштабе.

В южных районах страны значительный эффект могли бы дать тополевые плантации, что подтверждает зарубежный опыт (Италия, Венгрия, Югославия, Румыния) и экспериментальные исследования советских ученых. Наибольший эффект получен на плодородных пойменных землях, где годичный прирост тополя составляет 15 м^3 и более. Однако в связи с тем, что эти земли у нас в первую очередь предназначены для сельскохозяйственных культур, возможности их использования для лесных плантаций весьма ограничены. Вместе с тем следовало бы обратить внимание на то обстоятельство, что не все пойменные земли пригодны для полевых культур по тем или иным причинам (например, из-за затоплений), в то время как выращивание древесных пород на них может быть высокоэффективным. В этом отношении заслуживает внимания опыт венгерских лесоводов. Выявление и использование таких земель в целях интенсификации лесного хозяйства, обеспечения в короткие сроки потребностей народного хозяйства в древесном сырье — важная государственная задача.

Плантационное лесоводство характеризуется короткими ротациями, интенсивным воздействием на почву, использованием быстрорастущих древесных пород, а также ускорением роста и пород медленно-растущих, направленными на скорейшее выращивание древесины для обеспечения возрастающих потребностей промышленности в сырье [5]. В задачу плантационного лесоводства может входить ускоренное выращивание древесных растений и для других целей (семеноводство, новогодние елки и др.).

Целевое лесовыращивание, в том числе путем интенсификации лесокультурного производства, создания плантаций, включает широкий комплекс вопросов. Это и выбор породы (с учетом ее биологии, экологии, особенностей роста, «сырьевой пригодности», площади, занимаемой в регионе и др.); и анализ типов леса и лесорастительных условий, ти-

пов вырубок и их динамики, других категорий лесокультурного и плантационного фонда. Нельзя забывать и о выращивании посадочного материала, агротехнике (удобрениях, механизации обработки почвы и посадки, густоте культур и их размещении); различных видах ухода, включая обрезку сучьев. Особо важный вопрос плантационного лесоводства — научно обоснованное установление ротаций. Большая часть этих вопросов представляется сложными.

Для примера рассмотрим густоту посадок. В принципе плантационные методы предусматривают редкое размещение древесных растений (например, в Италии тополя высаживают по схеме 7×7 м). Однако если возьмем, например, ель, то редкое размещение, вполне правильное на плантациях новогодних елок, при выращивании на целлюлозу ставит под сомнение качество сырья. Отсюда необходимость отыскания оптимальной густоты, обеспечивающей и быстрый рост, и высокое качество сырья. Некоторые предварительные придержки проектные организации имеют, но вопрос еще потребует уточнений, тем более что не исключены, например, пути регулирования густоты в сочетании с обрезкой сучьев, введением подлеска и подгона и т. д.

Решение этого и других вопросов целевого лесовыращивания определяется экономикой. Ими занимается сейчас ряд научно-исследовательских институтов — ЛенНИИЛХ, УкрНИИЛХА, БелНИИЛХ, Латвийское объединение «Силава». Начаты проектные разработки (Союзгипролесхоз), часть их рассмотрена экспертизой Госплана СССР, внесены существенные поправки и предложения, особое внимание обращено на необходимость серьезной географической дифференциации мероприятий.

В современных условиях все большее значение приобретают вопросы лесной селекции, генетики и интродукции древесных пород. При выращивании древесного сырья для целлюлозно-бумажного производства на селекционно-генетической и экологической основе в перспективе не должны казаться несбыточными даже такие задачи, как получение древесины с увеличенной длиной волокон, с определенной толщиной клеточных оболочек или с определенным углом наклона волокна. Это очень важные качественные показатели для выработки высококачественной целлюлозы и бумаги. Необходимо расширить эксперименты по выращиванию некоторых интродуцентов для пополнения сырьевой базы целлюлозно-бумажной промышленности.

В тропических и субтропических регионах земного шара за последние десятилетия плантации из интродуцированных хвойных (преимущественно быстрорастущих сосен) и лиственных (эвкалиптов, тополей) получили развитие в широких производственных масштабах, что связано с благоприятными климатическими условиями. В умеренном поясе северного полушария плантационное лесоводство пока развито слабее. Однако эксперименты показывают, что, несмотря на более трудные природные условия, и здесь имеются возможности для повышения продуктивности лесов и выращивания древесного сырья в более короткие сроки, благодаря интродукции быстрорастущих древесных пород.

За последние годы, например, большой интерес специалистов и некоторых зарубежных целлюлозно-бумажных фирм вызвала североамериканская «сосна скрученная» (*Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm.) за ее быстрый рост, тонкую кору и малую смолистость. Можно было бы назвать и некоторые другие древесные породы, заслуживающие экспериментального изучения.

Из отечественных древесных пород, кроме названных ранее, исключительное значение приобретает лиственница, прежде всего, сибир-

ская и даурская. Более широкое использование лиственницы в качестве сырья для целлюлозно-бумажных предприятий восточных районов нашей страны — очень важная народнохозяйственная задача, которая решается еще медленно. Нельзя забывать и вопросы воспроизводства этой породы, планомерного неистощительного пользования, чтобы не повторить ошибок прошлого, допущенных в некоторых районах европейской части страны. Как потенциальный объект плантационного лесоводства заслуживает внимания ива, способная обеспечить очень короткие ротации.

Мировой опыт показывает, что плантации имеют не только преимущества, но и недостатки, связанные с сильным истощением почвы, появлением новых для данного региона заболеваний и повреждений древесных растений и т. д. Все это необходимо учитывать при разработке мероприятий по созданию плантаций, дабы своевременно предотвратить возможные отрицательные последствия.

В планах и последующей работе наших научных лесных учреждений и вузов необходимо шире отразить вопросы как интенсификации традиционных методов лесовыращивания, так и плантационного лесоводства и обеспечить комплексное их решение. Улучшение лесопользования, интенсификация лесовыращивания связаны с необходимостью ускорения научно-технического прогресса, более широкого использования научного и практического задела во всех звеньях системы сырье — предприятие — продукция и дальнейшего развития исследований по целевой программе. Разработку и рассмотрение ее целесообразно было бы провести на межведомственном уровне.

Осуществление комплекса мероприятий по повышению сырьевого потенциала целлюлозно-бумажной промышленности потребует больших капиталовложений. Их выделение и рациональное размещение позволит решить важную народнохозяйственную проблему.

Актуальность затронутых вопросов вытекает из решений XXVI съезда КПСС [1].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года. [2]. Вихров В. Е. Строение и физико-механические свойства ранней и поздней древесины сибирской лиственницы. — Науч. тр./ Ин-т леса АН СССР, 1949, т. IV. [3]. Мелехов И. С. Древесина северной ели. — Л.: Гослестехиздат, 1934. [4]. Мелехов И. С. Вопросы лесовыращивания в условиях Вологодско-Сухонского промузла. — Новый Север, 1937, № 3. [5]. Мелехов И. С. Проблемы современного лесоводства. — М.: Лесн. пром-сть, 1969. [6]. Unasylva, 1980, v. 32, no 129. [7]. Unasylva, 1978, v. 30, no 122.

Поступила 5 октября 1981 г.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*611

**ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ
В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ,
ПЕРСПЕКТИВА ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
И ВОСПРОИЗВОДСТВА***П. Н. ЛЬВОВ, А. И. ОРЛОВ*

Архангельский лесотехнический институт, В/О Архангельсклеспром

Удобное пространственное расположение лесов Европейского Севера для внешней торговли и реализации древесины на внутреннем рынке предопределило давнюю эксплуатацию сырьевых ресурсов на этой обширной территории. Промышленная заготовка древесины (свыше нужд сельского двора) здесь стала проводиться уже в конце XV столетия сначала для солеварения, а затем и «монетной потребности». Рубка леса в ту пору носила местный, очаговый характер. В последующем, особенно с появлением внешнего рынка, строятся пильные мельницы «для растирки леса» на Северной Двине и Онеге, а затем на Мезени и Печоре. К середине прошлого столетия заготовка древесины осуществлялась уже на всем протяжении указанных рек и многих их притоках. При этом вырубались лучшие деревья из наиболее продуктивных древостоев. До 1850 г. пригодным для распиловки считалось 7-метровое бревно с диаметром в верхнем отрубе 31—49 см. К 1912 г. отпускной размер снижается до 20 см [4].

Заметно возросла заготовка северной древесины в начале текущего столетия. Этому способствовало, с одной стороны, строительство железных дорог, связавших край с промышленно развитыми районами европейской части страны, с другой, развитие целлюлозно-бумажных производств. Широкий сбыт получил не только пиловочник, но и мелкотоварник (пропсы, балансы). Объемы заготовок в б. Архангельской губернии к 1913 г. достигли 3480 тыс. м³.

Интенсивность лесоразработок существенно возросла после Великой Октябрьской социалистической революции. По личному указанию В. И. Ленина леса Севера стали «валютным цехом» страны. С развитием народного хозяйства увеличились потоки лесного сырья на внутренний рынок и за границу. Лесная промышленность превратилась в индустриальную отрасль. К 1940 г. заготовка древесины в Архангельской области в 4,5 раза превысила дореволюционный уровень, достигнув 15 млн. м³. Война нарушила мирную жизнь. Резко сократились лесоразработки. В послевоенный период лесная индустрия восстанавливалась на качественно новой технической основе. Объем заготовленной древесины в 1956 г. составил уже около 20 млн. м³ [8]. Все последующие годы отмечены напряженным трудом лесозаготовителей. В 1980 г. в области было получено почти 23 млн. м³ древесины, а вырубленная площадь приблизилась к 160 тыс. га. На ближайшую перспективу ежегодный объем заготовки древесины на этой территории предусматривается в размере около 25 млн. м³, а площадь вырубок составит 175 тыс. га.

С давних пор вырубались преимущественно приречные леса, отличавшиеся высокой производительностью и находившиеся в непосредственной близости к путям транспорта. К началу второй четверти те-

кущего столетия такие леса оказались уже вырубленными. Но и в ту пору еще не редкостью были древостои с запасами древесины 280 и даже 320 м³ на 1 га [5]. Во все последующие годы средний запас древесины в сырьевых базах неуклонно снижался. В 1950 г. он составил 164,4 м³ на 1 га, в 1960 г. — 155,5 м³, в 1970 г. — 149 м³, а в 1980 г. — 145,7 м³ на 1 га.

Более контрастное снижение запасов наблюдается в предприятиях, созданных свыше четырех десятилетий назад, расположенных преимущественно на юге области и вдоль железной дороги (см. табл.).

Леспромхоз	Запас древесины, м ³ /га					
	в спелых и перестойных древостоях			на покрытой лесом площади		
	1956	1965	1978	1956	1965	1978
Вельский	157	156	133	100	82	22
Коношский	141	140	123	103	89	41
Подозжский	149	148	119	108	88	31

Аналогичная картина наблюдается и в ряде других леспромхозов, длительно эксплуатирующих сырьевые базы. Снижение концентрации запасов древесины вызывает серьезные затруднения с выполнением плановых заданий лесозаготовительными предприятиями, вынуждает осваивать новые территории, увеличивать затраты на создание производственных мощностей, привлекать дополнительную рабочую силу, в которой и без того ощущается острый дефицит.

Общие запасы спелых и перестойных древостоев по области в целом пока еще велики и составляют 1727,76 млн. м³. Но, во-первых, они удалены от транспортных магистралей и расположены в малонаселенных районах на северо-востоке и северо-западе области. Во-вторых, большая часть этих насаждений (64,0 % от лесопокрытой площади) произрастает на избыточно увлажненных почвах с запасами древесины от 40 до 120 м³ на 1 га. Иначе говоря, в перспективе расстояния вывозки будут возрастать, условия транспортировки — ухудшаться, концентрация запасов древесины на единице площади и объем среднего ствола — уменьшаться. Все это, понятно, вызовет удорожание 1 м³ заготовленного лесного сырья, причем крупность бревен будет понижаться. Эта тенденция уже теперь четко просматривается по ряду леспромхозов.

Молодняки и средневозрастные древостои в Архангельской области занимают площадь 5818,4 тыс. га (на 1.1.1978), или 30,7 % лесопокрытой. Это уже обновленные леса, сформировавшиеся на площадях вырубок, а также гарей. Характеристике таких насаждений посвящена одна из наших работ [7]. Размещены они в освоенных районах и могут служить источником сырья, получаемого при рубках ухода. Однако для эффективного проведения рубок ухода потребуются лесные дороги.

При организации лесоразработок в прошлом игнорировались принципы постоянного пользования лесом. Освоение сырьевых ресурсов шло односторонне, в расчете на получение необходимого количества древесины без должной заботы о лесовосстановлении и строительстве дорог постоянного действия. Активные работы по воспроизводству лесных ресурсов и строительству дорог создают главные предпосылки для образования комплексных предприятий постоянного действия, наиболее экономичных и совершенных, способных эффективно организовать ис-

пользование всей растительной и животной продукции леса [6]. Именно такой путь наметил XXVI съезд КПСС. В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года» указано: «В лесном хозяйстве обеспечить постепенный переход к ведению его на принципах непрерывного и рационального лесопользования, улучшение качественного состава лесов» [2]. К сожалению, перестройка лесной промышленности и лесного хозяйства в этом направлении пока еще осуществляется слабо.

Вопрос восстановления хозяйственно ценных древесных пород на площадях вырубок заслуживает особого внимания. За три последних десятилетия (1951—1980 гг.) ежегодная площадь вырубок по области в среднем возросла в 1,5 раза. Резко увеличился объем посевов и посадок, особенно с 1961 г. по 1980 г. Но в целом площади, на которых проведено искусственное восстановление древесных пород, в X пятилетке составили менее 1/3 вырубленных. Вместе с мерами содействия естественному лесовозобновлению (главным образом, сохранением подроста) эта цифра достигает лишь 66 %. Иными словами, на 34 % вырубок не осуществляются активные меры по воспроизводству лесосырьевых баз. Они оставляются под так называемое «естественное зарастание», т. е. предоставляются действию стихийных сил природы. Если к сказанному добавить, что качество лесовосстановительных работ не всегда оказывается высоким, то становится понятной причина преобладания малоценных березы и осины на значительной части обезлесенных площадей.

Новые технические средства, поступающие в леспромхозы, часто сконструированы без достаточного учета воздействия на природную обстановку, прежде всего, на подрост. Односторонний путь создания машин, обеспечивающих высокую производительность на заготовке древесины без учета интересов лесного хозяйства, порочен, он противоречит «Основам лесного законодательства Союза ССР и союзных республик» [3]. При таком положении дел лесозаготовители «рубят сук под собой», затрудняют работы по лесовосстановлению, подрывая собственную сырьевую базу. Надо тверже внедрять научное планирование пространственного размещения лесозаготовок. В настоящее время на одной части территории области годичный прирост перерубают в 2,5—3 раза, а на другой — на севере — берут лишь половину его. Надо учитывать, что до 80 % лесов северной части перестойные и с каждым годом утрачивают свои технические качества. Лесная промышленность в своей технической политике не имеет права руководствоваться интересами только сегодняшнего дня. Она обязана (а динамика сырьевых баз красноречиво свидетельствует об этом) расчетливо смотреть в будущее, создавать надежные тылы в виде успешно облесившихся вырубок и густой сети лесовозных дорог. Оборот рубки должен быть научно обоснован. В противном случае леспромхозы и в последующие годы будут не постоянно действующими, а кочующими предприятиями.

К сожалению, и лесное хозяйство тайги не имеет четко сформулированной технической политики на дальнюю перспективу. При остром дефиците в трудовых ресурсах оно перегружено большим числом не свойственных работ. Оснащенность машинами и орудиями слаба и значительно отстает от энерговооруженности лесной промышленности. Отсюда явная неспособность лесного хозяйства идти в ногу с лесной промышленностью, что в конечном счете усугубляет недостатки в воспроизводстве лесных ресурсов.

Ценность лесных богатств области и сопредельных территорий определяется не только высоким качеством северной древесины, но, преж-

де всего, удобным пространственным расположением их для внутреннего и внешнего рынков. Это качество не временное. Оно сохранится и за пределами второго тысячелетия. Если при этом учесть наличие здесь развитого лесопромышленного комплекса по механической и химической переработке древесины, то народнохозяйственная значимость рационального использования и интенсивного воспроизводства лесных ресурсов на этой территории многократно возрастает.

При решении этой жгучей проблемы нельзя разбрасываться. Решать ее надо последовательно, на длительную перспективу, с учетом прошлого, настоящего и будущего лесного хозяйства и лесной промышленности. Как учил В. И. Ленин: «Надо уметь найти в каждый особый момент то особое звено цепи, за которое надо всеми силами ухватиться, чтобы удержать всю цепь и подготовить прочно переход к следующему звену...» [1].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ленин В. И. Очередные задачи Советской власти. — Полн. собр. соч., т. 36, с. 205. [2]. Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года. — Материалы XXVI съезда КПСС. М.: Политиздат, 1981, с. 131—205. [3]. Основы лесного законодательства Союза ССР и союзных республик. — Лесн. хоз-во, 1977, № 8, с. 41—52. [4]. Алексеев С. В. Рубки в лесах Севера. — М.—Л.: Гослесбумиздат, 1948, с. 64. [5]. Архипов С. С. Заболочивание и типы лесов Котласского леспромпхоза. — М.: Гослестехиздат, 1932. — 77 с. [6]. Львов П. Н. Природа лесов Европейского Севера и ведение в них хозяйства. — Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1971. — 137 с. [7]. Львов П. Н., Ипатов Л. Ф., Плохов А. А. Лесообразовательные процессы и их регулирование на Европейском Севере. — М.: Лесн. пром-сть, 1980. — 113 с. [8]. Рожин Н. И., Rogozin A. B., Ярилов П. Я. Лесозаготовки. — В кн.: Лесозаготовки и сплав. Архангельск. кн. изд-во, 1957, с. 3—38.

Поступила 9 декабря 1981 г.

УДК 633.367 . 630*232 : 674.031.632.264.2(470.343)

ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ЛЮПИНА НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ И РОСТ КУЛЬТУР ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО

А. С. ЯКОВЛЕВ

Марийский политехнический институт

Одна из основных задач лесного хозяйства — повышение производительности лесов и улучшение их состава. В северо-восточной европейской подзоне смешанных лесов дубравы произрастают на дерново-подзолистых, обычно слабоподзоленных суглинистых и дерново-луговых почвах [7]. Плодородие их весьма различно. В этих условиях возникает необходимость использования различных способов улучшения лесорастительных свойств почв. Одно из таких мероприятий — использование многолетнего люпина в целях биологической мелиорации и повышения плодородия почвы и продуктивности лесов [1—5].

Влияние многолетнего люпина на биологическую активность дерново-среднеподзолистой суглинистой почвы на покровных суглинках и рост культур дуба мы изучали на двух опытных участках культур, созданных в 1966 г. в Учебно-опытном лесхозе Марийского политехнического института (кварталы 160 и 14).

В квартале 160 люпин был введен в междурядья одновременно с закладкой культур. В квартале 14 культуры дуба созданы на участке, вышедшем из-под план-

таци многолетнего люпина, т. е. люпин является предшествующей (предварительной) культурой.

На участке, вышедшем из-под люпина, применены два варианта обработки почвы: сплошная с одногодичным паром и частичная вспашка полосами шириной 1,5 м на расстоянии 1,5 м друг от друга. В последнем случае в междурядьях произрастал люпин. На контрольном участке обработка почвы — одногодичный черный пар. Дуб был высеян желудями весной 1966 г. в трехрядные полосы с размещением в строчке через 0,2 м, между строчками 0,4 м. Размещение трехрядных лент (полос) дуба во всех случаях — 2,3 м между центрами. Таким образом, густота культур на всех секциях была одинаковой.

Для посева был использован однородный посевной материал. Почва на участках дерново-среднеподзолистая суглинистая, развившаяся на покровном опесчаненном пылеватом суглинке.

Биологическую активность почвы определяли по методу Штатнова-Смирнова [6], но с применением более портативных изоляторов-приемников конструкции Н. В. Еремينا.

Одновременно измеряли среднюю температуру воздуха, верхнего слоя почвы, влажность и плотность почвы, рН (табл. 1, данные на 10 июня 1967 г.).

Высокая биологическая активность почвы, т. е. выделение углекислого газа с поверхности почвы в июне, нами отмечена на участках, вышедших из-под 14-летнего люпина и на люпиннике. На 2—3-й год после сплошной обработки почвы еще сохраняют высокую интенсивность выделения CO_2 и этим значительно превосходят почвы без люпина. В первых двух вариантах по сравнению с контролем продуцирование CO_2 оказалось выше на 32,4 и 27,1 %.

В июле на этих участках создается более умеренная температура на поверхности и на глубине 20 см, положительно влияющая на рост корневых систем. Влажность почвы на глубине 0—35 см на участках с наличием люпина оказалась несколько ниже, чем без него, что можно объяснить повышенным расходом влаги на транспирацию растениями люпина и дуба.

Средоулучшающая роль многолетнего люпина отчетливо характеризуется данными состояния роста дуба в культурах (табл. 2).

Состояние и показатели роста и накопления органической фитомассы 1—2—5-летних дубков были значительно лучше на участках с люпином, где он был использован как предшествующая культура и как сопутствующая в междурядьях. Однако в пятилетних культурах дуба с люпином в междурядьях весовые показатели отдельных частей растения дуба были несколько ниже, чем в культурах без него, созданных по люпиннику. В последнем случае люпин оказал положительное влияние только на рост дубков.

На другом участке в квартале 160 (лесорастительные условия — свежая судубрава) лесокультурная площадь представляла собой вырубку конца 1963 г. Почва дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая, развивающаяся на пермских породах.

На раскорчеванной вырубке и очищенной от корней почве весной 18 мая 1966 г. на площади 1,5 га был произведен трехрядный строчно-луночный посев желудей по 2 желудя в лунку (расстояние между строчками 0,4 м, между лунками в строчке 0,2 м) с люпином и без него. Семена люпина заделывали на глубину 2—2,5 см однорядным посевом в 1,5-метровые междурядья трехрядных полосных культур из расчета 10 кг на 1 га.

В первый год дважды рыхлили почву и удаляли сорняки. В последующие 2 года на этих участках был применен однократный уход за культурами. Люпин не окашивали.

На опытных участках ежегодно проводили наблюдения. Было установлено, что культуры заселяются люпином неравномерно. Через 5 лет можно было выделить два варианта опытов с люпином: наличие 1—2 и 3—4 кустов люпина на 1 м². В среднем насчитывалось по 14—15 стеблей люпина в кусте. Средняя высота кустов составляла 80—110 см, раскидистость 0,5—0,7 м. Урожай сырой зеленой массы люпина на 5-й

Таблица 1

Участок	Секция	Плотность почвы на глубине 0-35 см, г/см ³	рН (КС1)	Температура почвы, °С, в 13 ч. на глубине, см		Полевая влажность		Выделение CO ₂ с поверхности почвы в течение 1 ч, мг/м ²
				0	20	% абс. влажности на глубине 0-35 см	мм	
Последующие культуры	Культуры по сплошной обработке почвы, вышедшей из-под люпина	1,42±0,063	5,0	36,5	16,4	16,80	71,0	309
	Культуры по частичной обработке почвы полосами 1,5 м	1,36±0,045	5,0	21,0	15,1	12,24	61,0	294
	Плантация люпина	1,30±0,04	5,1	39,1	14,8	10,44	47,5	314
Контроль	Культуры по задернелой старой вырубке из-под словопихтового насаждения по сплошной обработке почвы	1,37±0,041	4,8	35,4	15,9	14,46	69,5	234

Таблица 2

Секция	Возраст культур, лет	Сохранность, %	Средняя высота, см	Средний диаметр у поверхности почвы, мм	Глубина проникновения корней, см	Средняя (из 10 моделей) сухая масса одного растения, г					
						Наземная часть		Подземная часть			
						Стеблик с ветвями	Листья	Всего	Общая масса корней	Масса мелких корней	Общая масса растения
По сплошной запашке люпинника (по люпинному 2-летнему пару)	1	87,5	11,4±0,25	4,6±0,1	32	0,419	0,515	0,934	2,410	0,354	3,344
	2	78,4	28,8±0,26	5,5±0,2	39	2,315	7,810	10,125	7,420	2,400	17,545
	5	73,2	69,4±2,1	13,0±0,3	69	45,691	15,660	61,351	78,150	10,250	139,501
По частичной полосной вспашке люпинника шириной 1,5 м	1	85,1	9,8±0,25	4,6±0,1	30	0,467	0,500	0,967	2,398	0,371	3,365
	2	76,3	25,6±0,23	5,2±0,2	37	2,010	7,675	9,685	7,230	2,600	16,915
	5	70,9	75,3±2,0	13,5±0,3	61	42,491	13,780	56,271	71,230	11,040	127,501
Без люпина по сплошной обработке почвы на задернелой вырубке (контроль)	1	86,5	9,6±0,30	4,8±0,1	36	0,482	0,498	0,980	2,235	0,280	3,215
	2	78,9	21,2±0,20	5,2±0,2	40	1,540	6,015	7,555	6,790	2,000	14,345
	5	72,9	58,2±1,98	12,0±0,3	70	37,150	9,960	47,110	70,180	9,100	117,290

год составлял 10—12 т/га, корней — 10 т/га, глубина проникновения корней 55—70 см.

В травяном покрове в свободных от люпина местах появились иван-чай, осока, зверобой, будра плющевидная.

В 1970 г. дубки с люпином не были заражены мучнистой росой.

Исследования биологической активности почвы в культурах дуба с люпином и без него (табл. 3, данные за 1970 г.) показали, что выделе-

Таблица 3

Дата	Температура, °С		Влажность почвы на глубине 0—35 см, % от абс. сухой почвы	Выделение CO ₂ с поверхности почвы в течение 1 ч. мг/м ²
	воздуха на высоте 20 см от поверхности почвы	почвы на глубине 20 см		
2.VI	15,2	11,7	20,3	158,0
	16,4	12,0	19,5	109,0
4.VII	25,6	15,6	21,4	836,3
	27,0	15,9	20,0	768,5
2.VIII	28,6	15,9	13,5	498,9
	29,0	16,4	14,2	419,7
3.IX	20,4	14,0	16,5	418,0
	21,0	14,2	17,2	380,0
30.IX	18,5	10,0	21,3	108,0
	19,6	10,3	21,5	98,0

Примечание. В числителе данные для участков культуры с люпином; в знаменателе — для контрольных.

ние CO₂ из почвы изменяется в течение вегетационного периода. Увеличение выделения углекислого газа почвой наблюдалось в июне—июле, т. е. в период интенсивного роста древесных пород, а в период формирования молодых почек (август—сентябрь) продуцирование почвой CO₂ уменьшается. Низкая биологическая активность почвы была весной и осенью. В это время почва значительно насыщается влагой и имеет невысокую температуру.

В культурах с люпином интенсивность выделения CO₂ почвой на 10—18 % выше, чем на контроле. Увеличение продуцирования CO₂ тесно увязывается с изменением микробиологических условий почвы под влиянием культуры люпина. Вследствие этого улучшается рост дуба по высоте и диаметру (табл. 4).

Таблица 4

Средние показатели	Культуры дуба	
	с люпином	без люпина
Высота осенью, см		
1 год	10,3±0,25	9,3±0,28
2 »	25,9±0,75	21,0±0,52
3 »	39,4±0,93	33,6±0,52
4 »	58,6±0,94	44,0±0,72
5 »	63,0±1,10	53,0±0,72
Прирост стволика у поверхности почвы, см	1,3±0,02	1,1±0,01
Существенность различия по высоте		7,1

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Блинов И. К., Валахович А. А. О воздействии удобрений и лопина на биологическую активность почвы в культурах дуба. — Лесоведение, 1976, № 1, с. 46—51. [2]. Егоренков М. А. Влияние лопина на рост дуба: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. — Минск, 1968. — 25 с. [3]. Жилкин Б. Д. Повышение продуктивности сосновых насаждений культурой лопина. — Минск, 1974. — 256 с. [4]. Незабудкин Г. К. Применение многолетнего лопина в лесах Марийской АССР. — Науч. тр./ПЛТИ, 1965, вып. 11, с. 71—85. [5]. Прянишников Д. Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР. — М.: АН СССР, 1945. [6]. Смирнов В. Н. К вопросу о биологической активности почв под лесами южной таежной зоны. — Науч. тр./Ин-т леса АН СССР, 1954, т. 23, с. 266—276. [7]. Смирнов В. Н. Почвы Марийской АССР: их генезис, эволюция и пути улучшения. — Йошкар-Ола, 1968. — 537 с.

Поступила 18 августа 1981 г.

УДК 674.031.632.134.3 + 674.031.632.134.4

РОСТ В ВЫСОТУ БЕРЕЗ БОРОДАВЧАТОЙ И ПУШИСТОЙ КАК ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОСОБЕННОСТЬ

С. А. ДЕНИСОВ

Марийский политехнический институт

Березы пушистая и бородавчатая относятся к быстрорастущим породам, однако неясно, какая из них растет быстрее. Между тем, быстрота роста как биологическое свойство связано с другими свойствами, и установление его имеет общеприкладной интерес. В то же время исследование этого вопроса может помочь выяснению роли берез в формировании смешанных древостоев.

Как правило, исследователи интересовались в основном конечным результатом роста берез, их итоговой высотой, классом бонитета и производительностью древостоев на разных почвах. По этому вопросу имеются разноречивые суждения ([1—5] и др.).

Наши исследования проведены в левобережье Марийской АССР и Горьковской области (лесное Среднее Заволжье). Выясняли быстроту роста берез в зависимости от почвенно-гидрологических условий, для чего закладывали пробные площади в одинаковых и различных эдатопах. В борах пробы закладывали в условиях от A_2 до A_5 , в суборах от B_2 до B_5 и в сурамях от C_2 до C_4 .

Прежде всего, исследовали особенности роста берез в период становления древостоев, т. е. в I классе возраста. На пробных площадях измеряли высоты и определяли возраст по годичным кольцам на шейке корня у деревьев при сплошной их рубке. Годичные кольца фиксировали раствором йодистого калия. Были учтены возраст и высота 5584 стволиков берез. Исследовали также культуры с известной датой их производства и березы порослевого происхождения. Анализ ствола выполняли для модельных деревьев более старшего возраста в березниках одного класса бонитета.

Объектом исследования являлись березняки на гарях, заброшенных пашнях и культуры; в этих условиях на росте берез не сказывалось влияние живого напочвенного покрова или других компонентов насаждения. Результаты статистической обработки фактического материала приводятся в табл. 1 и 2.

Наиболее четко более быстрый рост бородавчатой березы проявляется в борных условиях (табл. 1). Здесь как в естественных молодняках, так и в культурах во всех случаях, за исключением A_5 (торфяные почвы), имеется достоверно большая высота березы бородавчатой в возрасте от 2 до 6 лет. В условиях A_5 высоты берез пушистой и бородавчатой к 5-летнему возрасту оказываются одинаковыми.

Превосходство березы бородавчатой по высоте наблюдается в условиях суборей. Хотя здесь и нет постоянного достоверного преимущества березы бородавчатой, но по абсолютным значениям средней ариф-

Т а б л и ц а 1

Тип усло- вий место- прозра- стания	А лет	Число учтенных деревьев, шт.	$H \pm m$	Достоверность различия по Стьюденту t
A ₂	2	90	$19,4 \pm 1,4$	6,6 > 1,99
		178	$9,6 \pm 0,4$	
	3	39	$29,6 \pm 2,6$	3,9 > 2,06
25		$16,4 \pm 2,2$		
A ₃	3	386	$186,6 \pm 3,3$	4,2 > 2,00
		138	$155,1 \pm 7,3$	
	6	690	$27,6 \pm 0,5$	10,4 > 2,00
707		$19,9 \pm 0,5$		
A ₄	3	200	$242,1 \pm 3,8$	6,9 > 2,00
		95	$200,3 \pm 4,7$	
	6	92	$21,7 \pm 1,5$	3,8 > 2,00
141		$15,2 \pm 0,8$		
A ₅	3	12	$67,9 \pm 6,0$	1,9 < 2,20
		23	$54,0 \pm 4,6$	
	4	29	$92,3 \pm 5,1$	0,9 < 2,05
32		$86,5 \pm 4,4$		
B ₂	5	26	$111,2 \pm 4,5$	0,0 < 2,13
		15	$111,1 \pm 5,4$	
	5	265	$102,0 \pm 2,5$	0,8 < 2,26
9		$86,7 \pm 19,4$		
B ₃	3	44	$69,5 \pm 3,1$	0,8 < 2,02
		41	$65,8 \pm 3,4$	
	4	47	$86,1 \pm 2,1$	2,7 > 2,10
18		$77,7 \pm 2,32$		
B ₄	3	40	$42,6 \pm 3,9$	4,0 > 2,02
		614	$26,8 \pm 0,8$	
B ₅	2	131	$31,6 \pm 1,1$	8,5 > 1,98
		320	$20,2 \pm 0,7$	
	3	117	$50,4 \pm 1,8$	2,7 > 1,98
118		$43,2 \pm 2,0$		
C ₂	4	14	$83,3 \pm 8,0$	0,6 < 2,14
		24	$77,1 \pm 5,8$	
	4	65	$170,0 \pm 6,4$	2,0 < 2,01
50		$149,0 \pm 8,4$		
C ₃	8	31	$301,0 \pm 16,9$	2,31 > 2,12
		16	$230,0 \pm 18,0$	
	9	24	$352,7 \pm 26,9$	3,0 > 2,12
16		$271,5 \pm 20,4$		
C ₄	5	23	$93,7 \pm 4,2$	3,7 > 2,07
		35	$75,3 \pm 2,6$	
	6	15	$106,1 \pm 6,7$	0,8 < 2,13
18		$99,6 \pm 4,5$		

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

метической высоты она систематически превосходит березу пушистую. Во всяком случае ни в одном варианте, даже на почвах заведомо экологически более пригодных для березы пушистой, не наблюдалось обратного явления. При этом с возрастом различия высот в условиях В₃ сокращаются, так же как в заболоченных борах.

На дерново-подзолистых суглинистых свежих почвах (С₂) разница в высотах в пользу березы бородавчатой значительна уже в 4-летнем возрасте. То же наблюдается и в условиях С₃. На тяжелосуглинистых переувлажненных почвах (С₄) береза бородавчатая также превосходит березу пушистую в 5-летнем возрасте вполне достоверно. Но уже к 6-му году жизни различие сокращается, выходя за пределы достоверности.

Рост в высоту поросли берез изучали в осоково-сфагновом березняке. Древостой здесь был смешанным из берез бородавчатой и пушистой (60 и 40 % соответственно), V класса бонитета, 40-летнего возраста, семенного происхождения. Полнота древостоя 0,3, благодаря чему создавались нормальные условия освещения для развития поросли. Осенью 1970 г. здесь было срублено 154 ствола пушистой и бородавчатой берез. Средние диаметры пней практически равны: у пушистой — 4,3, у бородавчатой — 4,2 см. В последующие годы (1971, 1973, 1975, 1977) измеряли высоты лидирующих побегов на пнях (табл. 2).

Таблица 2

Вид березы	Возраст, лет	Статистические показатели					Примечание
		$M \pm m$ см	σ см	C %	P %	t	
Б	1	98,6±3,19	32,36	32,8	3,2	0,63	$t_{0,05} = 2,01$
П	1	101,6±3,62	25,82	25,4	3,6		
Б	3	175,8±4,79	42,30	24,1	2,7	2,11	
П	3	158,6±6,63	38,07	24,0	4,2		
Б	5	241,4±6,62	55,42	22,9	2,7	2,87	
П	5	210,5±8,58	49,32	23,4	4,1		
Б	7	337,9±10,69	92,59	27,4	3,2	2,39	
П	7	287,9±17,97	95,07	33,0	6,2		

В первый год у однолетних порослевин берез практически нет разницы в высоте, но уже на третий, пятый и седьмой год эти различия оказываются существенными при 5 %-ном доверительном уровне. Береза бородавчатая не только семенного, но и порослевого происхождения в условиях, далеко для нее не оптимальных (А₅), обладает в молодости более интенсивным ростом в высоту, чем пушистая.

Выяснение хода роста березняков позволяет установить особенности роста берез при их равной производительности до 50—55-летнего возраста, т. е. близкого к возрасту главной рубки. Для этого был избран I класс бонитета, древостой которого оказались присущи обоим видам берез. На пробах проведен полный анализ хода роста 47 модельных деревьев. Полученные значения приростов основных таксационных элементов показали, что максимум текущего годовичного прироста в высоту древостоев пушистой березы приходится на возраст 30—35 лет. Для березы бородавчатой этот максимум наступает раньше — в 20—25 лет. В течение же последующих 25 лет пушистая береза превосходит бородавчатую по годовичному приросту в высоту, что позволяет ей формировать к 50-летнему возрасту на соответствующих почвах однобонитетные древостои с березой бородавчатой.

Выявленные особенности роста рассматриваемых берез заставляют считать березу бородавчатую более светолюбивой.

Различия в росте в высоту исследуемых берез имеют и непосредственное практическое значение при создании смешанных сосновых и

еловых культур с березой, где важна видовая принадлежность берез. Введение пушистой березы приведет к проявлению ею роли подгона без отрицательных явлений охлестывания, перерастания хвойных и их угнетения. Различия роста берез необходимо также учитывать при рубках ухода в смешанных молодняках при выращивании и формировании хвойных насаждений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алексеев П. В. Высокопроизводительные березняки приветлужского лесорастительного района и основы хозяйства в них. — Науч. тр./ ПЛТИ, 1961, № 55, с. 59—72. [2]. Забросаев Н. С. О лесоводственных свойствах видов и разновидностей березы в лесостепной зоне Омской области. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1968, № 1, с. 28—30. [3]. Растительный покров Белоруссии/ И. Д. Юркевич, В. С. Гельтман, Д. С. Голод и др. — Минск: Изд-во АН БССР, 1969. — 176 с. [4]. Ткаченко М. Е. Общее лесоводство. — 2-е изд. — М.—Л.: Гослесбумиздат, 1952. — 598 с. [5]. Харитонович Ф. Н. Биология и экология древесных пород. — М.: Лесн. пром-сть, 1968. — 304 с.

Поступила 2 сентября 1981 г.

УДК 630*561.24

К ВОПРОСУ О ЗАВИСИМОСТИ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ДЕРЕВЬЕВ ОТ КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ

Ю. М. АЛЕСКОВСКИЙ, А. Л. ГУТМАН, А. А. НЕЧАЕВ, В. В. УСПЕНСКИЙ

Воронежский лесотехнический институт

Различные аспекты взаимосвязи структуры годичных слоев деревьев с метеорологическими факторами привлекают внимание исследователей [9]. Выявлены активные периоды воздействия факторов среды на прирост деревьев [1, 2, 7]. Для построения модели долгосрочного прогнозирования прироста древостоев с учетом изменения климатических условий представляет интерес сопоставление усредненных или суммарных значений прироста за ряд лет и соответствующих усредненных значений основных факторов, в частности, суммарных осадков за тот же промежуток времени.

С этой целью нами была изучена теснота связи двух рядов: приростов по диаметру 10 модельных деревьев сосны с полным анализом древесного ствола по пятилетиям и суммарных осадков за те же периоды. При этом были использованы данные обмера деревьев с двух пробных площадей Левобережного лесничества Учебно-опытного лесхоза ВЛТИ, охватывающие приблизительно 50-летний период наблюдений. Постоянные пробы заложены в чистых сосняках, произрастающих в условиях свежей субори (В₂). Возраст деревьев 60—80 лет, средний диаметр 24 см, средняя высота 20 м, класс бонитета II. Данные о количестве осадков получены по метеостанции Воронеж.

Средние периодические приросты нормировали по максимальному диаметру на высоте 1,3 м. Рассчитанные значения коэффициентов вариации заключены в пределах 0,2—0,4, что позволяет всю совокупность модельных деревьев считать достаточно однородной. Полученное статистическое поле показано на рисунке. На его основе методом наименьших квадратов построена модель хода роста рассматриваемой группы модельных деревьев:

$$y = 2,56n^{1,238} e^{-0,416},$$

где y — нормированный среднепериодический прирост;
 n — порядковый номер 5-летнего периода жизни дерева;
 e — основание натуральных логарифмов.

Кульминация текущего прироста по диаметру соответствует 15-летнему возрасту деревьев.

Полученная зависимость может рассматриваться в качестве трендовой кривой прироста деревьев. Отклонения Δy отдельных измерений от кривой роста обуславливаются вариациями различных факторов, оказывающих влияние на естественный ход роста.

Один из важнейших факторов — количество осадков. Вариации количества осадков Δp были определены как отклонения суммарных количеств осадков p за 5-летние периоды от среднего значения этих величин $p_{ср}$ за все исследуемые периоды:

$$\Delta p = p_{ср} - p.$$

Теснота связи рядов Δy и Δp оказалась низкой; например, для осадков за весенне-летний период коэффициент корреляции $r = 0,177$. Такая же низкая корреляция обнаружена между средними периодическими значениями вариаций прироста и температуры воздуха.

Отсутствие связи между приростом и метеорологическими факторами обусловлено эффектом усреднения приростов и значений факторов за 5-летние периоды.

Для выяснения этого обстоятельства были проведены более детальные исследования годичных приростов по диаметру отдельных модельных деревьев. Ширину годичных колец h измеряли с помощью лупы с окулярным микрометром; точность измерения 0,1 мм. Взаимосвязь между значениями ширины годичных колец и количеством осадков исследовали методом ранговой корреляции [5]. Ряды h и p с помощью рангов преобразовывали в ряды h' и p' , и вычисляли коэффициент ранговой корреляции Спирмэна:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n D_i^2}{n(n^2 - 1) - (T_{h'} + T_{p'})},$$

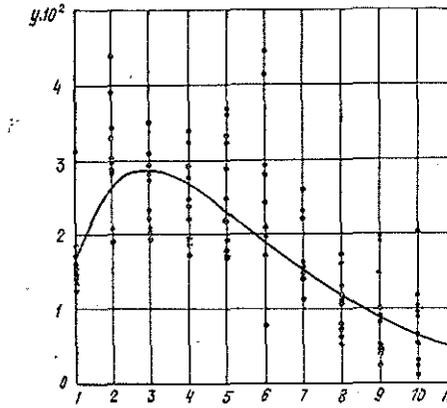
$$T_{h'} = \frac{1}{2} \sum_i (N_{h'}^3 - N_{h'})_i; \quad T_{p'} = \frac{1}{2} \sum_i (N_{p'}^3 - N_{p'})_i,$$

где $N_{h'}$ и $N_{p'}$ — число членов в группах с равными рангами h' -го ряда и p' -го ряда соответственно;

D_i — разность каждой пары рангов;

n — число членов ряда.

В таблице приведены типичные ряды h и h' для одного из модельных деревьев и ряды p и p' , соответствующие осадкам за 3-месячный период (май—июль). Коэффициент корреляции Спирмэна для этого случая равен $r_s = 0,43$, что соответствует уровню значимости $\alpha = 0,0024$. Следовательно, на 0,24 %-ном уровне имеет место значимая положительная корреляция между годичным приростом и количеством осадков.



Динамика радиального прироста модельных деревьев.

Год	Приросты h , мм	Ранги приростов h'	Осадки p , мм	Ранги осадков p'	Год	Приросты h , мм	Ранги приростов h'	Осадки p , мм	Ранги осадков p'
1977	1,1	32,5	171	18	1955	2,2	4	225	5
1976	1,4	24,5	122	33	1954	1,5	19	170	19
1975	1,1	32,5	133	31	1953	1,5	19	172	17
1974	1,0	38,5	202	8,5	1952	1,0	38,5	161	22
1973	1,0	38,5	199	11	1951	1,3	27	141	27,5
1972	1,2	28,5	110	36	1950	0,6	43,5	173	15
1971	1,4	24,5	91	41,5	1949	1,5	19	150	25
1970	1,4	24,5	107	38	1948	1,8	10,5	191	13
1969	1,1	32,5	199	11	1947	0,8	42	160	23
1968	1,5	19	168	21	1946	0,6	43,5	92	40
1967	1,5	19	147	26	1945	1,9	8	202	8,5
1966	1,2	28,5	135	30	1944	2,6	1	205	7
1965	1,6	14,5	132	32	1941	1,5	19	234	3
1964	1,0	38,5	212	6	1940	1,0	38,5	91	41,5
1963	1,1	32,5	118	34,5	1939	1,0	38,5	103	39
1962	1,8	10,5	246	2	1938	1,4	24,5	109	37
1961	2,2	4	199	11	1937	2,4	2	143	27,5
1960	1,7	13	118	34,5	1936	1,1	32,5	80	44
1959	1,1	32,5	88	43	1935	1,8	10,5	201	10
1958	2,0	7	253	1	1934	1,6	14,5	174	14
1957	1,8	10,5	137	29	1932	2,2	4	228	4
1956	1,5	19	169	20	1931	2,1	6	152	24

Взаимосвязь между приростом и количеством осадков быстро уменьшается при усреднении значений h и p за несколько лет. При усреднении данных таблицы за 2 года $r_s = 0,483$, но так как число членов в рядах уменьшилось вдвое, то соответствующий уровень значимости увеличился до $\alpha = 0,01$. При усреднении за 3 года $r_s = 0,284$ и $\alpha = 0,1$. Поэтому если гипотеза о наличии связи между рядами h и p принимается с доверительной вероятностью 95 % ($\alpha = 0,05$), то при усреднении за 3 года и более продолжительные периоды статистическая связь между приростом и количеством осадков утрачивается. Это обусловлено тем, что разделенные промежутком более года ряды h и p становятся независимыми: прирост в текущем году зависит в некоторой степени от количества осадков предыдущего года, но не зависит от осадков двухлетней и большей давности. К такому же заключению приводят расчеты корреляции рядов $h(t)$ и $p(t-1)$, $h(t)$ и $p(t-2)$. В первом случае приросту каждого года ставилось в соответствие количество осадков предшествующего года и получен коэффициент ранговой корреляции $r_s = 0,207$, что соответствует $\alpha = 0,087$. Во втором случае, при сдвиге в 2 года, $r_s = -0,047$ и значимая корреляция отсутствует. Наличие некоторой инерционности в зависимости прироста от климатических условий, особенно осадков, отмечают ряд авторов [3, 4, 6].

Методом ранговой корреляции изучали взаимосвязь между годичным приростом и количеством осадков в различные периоды года. Ряд p соответствовал тогда количеству осадков за определенный месяц или суммарным осадкам за несколько месяцев. Наибольших значений коэффициент r_s достигает для следующих месяцев: май — 0,43; июнь — 0,536; июль — 0,332; август — 0,295; за год — 0,542.

Характерно, что годичный прирост более тесно связан с суммарными за год осадками, чем с осадками отдельных месяцев. Это отражает тот факт, что формирование годичного прироста определяется осадками ряда месяцев. Взаимосвязь годичного прироста с суммарными осадками за период в несколько месяцев (указаны границы периодов)

характеризуется следующими значениями коэффициента корреляции r_s : май—июнь — 0,526; май—июль — 0,639; май—август — 0,693; июнь—август — 0,665.

Наиболее сильно прирост связан с суммарными осадками за рассматриваемые четыре месяца. Теснота этой связи значительно выше, чем с полными годовыми осадками. Причина заключается в том, что вклад осадков других месяцев в формирование годичного прироста не существен. Подтверждением могут служить значения коэффициентов корреляции r_s между приростом и суммарными осадками за более длительные периоды, чем активный 4-месячный вегетационный период май—август: январь—август — 0,60; февраль—август — 0,616; март—август — 0,67; апрель—август — 0,67; май—сентябрь — 0,67; май—октябрь — 0,583; май—ноябрь — 0,576. Всякое расширение периода учета осадков за пределы промежутка май—август ослабляет корреляцию годичного прироста с суммарным количеством осадков. Проведенные исследования подтверждают, что наибольший эффект дают осадки июня [8], т. е. в период максимального светового дня.

Подобный подход может быть использован для выявления периодов активного воздействия различных факторов на развитие растений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анникеева В. А., Выдренкова Н. И. Динамика годичного прироста в связи с метеорологическими факторами в ельниках северной подзоны тайги. — В кн.: К III Всесоюзной конференции по дендроклиматологии. Архангельск, 1978. [2]. Битвинкас Т. Дендроклиматические исследования. — Л.: Гидрометеониздат, 1974. [3]. Битвинкас Т., Карпавичюс И., Кайрайтис И. Условия среды и радиальный прирост деревьев. — Каунас: АН ЛитССР, 1978. [4]. Гортинский Г. Б. Дендроклиматические зависимости для темнохвойных пород европейской тайги. — В кн.: К III Всесоюзной конференции по дендроклиматологии. Архангельск, 1978. [5]. Закс Л. Статистическое оценивание. — М.: Статистика, 1976. [6]. Карпавичюс И., Раманаускас В. Условия среды и радиальный прирост деревьев. — Каунас: АН ЛитССР, 1978. [7]. Лиепа И. Я., Дрике А. Я. Составление хронологической схемы активных периодов воздействия экологических факторов. — В кн.: Оптимизация использования и воспроизводства лесов СССР. М.: Наука, 1977. [8]. Мартынов А. Н. Влияние метеорологических факторов на годичный прирост по высоте ели и сосны в Ленинградской области. — Экология, 1978, № 6. [9]. Мелехов И. С. Значение структуры годичных слоев и ее динамики в лесоводстве и дендроклиматологии. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 4.

Поступила 7 сентября 1981 г.

УДК 630*266

ХОД РОСТА ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС ИЗ КЛЕНА ЯСЕНЕЛИСТНОГО В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЛОСЕ

В. Н. ЕГОРОВ

Воронежский лесотехнический институт

Клен ясенелистный (*Acer negundo* L.) не требователен к почвам, устойчив к морозам, засухе и засолению. Благодаря этим качествам, он, наряду с дубом, ясенем и березой, является одной из основных древесных пород в полевых защитных лесных полосах Центрально-Черноземной полосы (ЦЧП).

Ход роста культур клена ясенелистного

Остающаяся (основная) часть насаждения							
Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт.	Сумма площадей сечений, м ²	Средний коэффициент формы (0,001)	Видовое число стволов (0,001)	Запас стволовой древесины в коре, м ³
5	3,0	2,8	8710	5,4	791	626	22
10	5,7	5,7	6502	14,5	755	571	45
15	7,8	8,0	3360	16,8	736	543	71
20	9,8	9,6	2640	19,0	722	522	96
25	11,5	11,2	2137	20,8	707	500	123
30	13,0	12,3	1844	22,5	705	498	150
35	14,5	13,3	1722	24,1	698	489	175

Экология, формовое разнообразие, агротехника выращивания, лесоводственные особенности и состояние клена ясенелистного в лесных полосах ЦЧП достаточно хорошо известны [1, 2, 4, 5]. Ход роста его еще не изучен.

В 1976—1979 гг. автором совместно с работниками Юго-Восточного лесоустроительного предприятия учтены и обследованы полезащитные лесные насаждения из клена ясенелистного на территории колхозов и совхозов ЦЧП (Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая и Тамбовская области). Цель работы — определить состояние и ход роста полезащитных лесных полос из клена ясенелистного в условиях ЦЧП.

При обследовании оказалось, что полезащитные лесные насаждения из клена ясенелистного (12,7 тыс. га) представлены смешанными насаждениями, в которых на долю главной породы — клена ясенелистного приходится 81 %, сопутствующих — 19 %, в том числе на дуб — 10 %, вяз гладкий — 5 %, ясень зеленый — 3 %, кустарники — 1 %.

По возрасту полезащитные лесные насаждения клена ясенелистного распределяются следующим образом: 1—10 лет — 4 %, 11—20 лет — 11 %, 21—30 лет — 28 %, 31—40 лет — 57 %; по классам бонитета: I — 11 %, II — 57 %, III — 21 %, IV — 11 %; по группам полнот: 0,3—0,4 — 32 %, 0,5—0,6 — 43 %, 0,7—0,8 — 25 %; по состоянию: хорошее — 11 %, удовлетворительное — 55 %; неудовлетворительное — 34 %.

Ход роста полезащитных лесных полос из клена ясенелистного изучали на пробных площадях, заложенных на территории Белгородской, Воронежской, Липецкой и Курской областей.

Пробные площади были заложены преимущественно в чистых культурах клена ясенелистного 5—35-летнего возраста, максимальной полноты (0,8), в полезащитных лесных полосах шириной 14—20 м, с размещением посадочных мест 1,5 × 0,7 м, расположенных на свежих обыкновенных черноземах.

Пробные площади закладывали в насаждениях I—II классов бонитета по шкале М. М. Орлова [6] в одинаковых условиях местопроизрастания (рельеф, экспозиция, почва, подпочва, уклон, уровень грунтовых вод, степень смытости).

Для составления таблиц хода роста чистых насаждений из клена ясенелистного использовано 25 пробных площадей, на которых срублено 75 модельных деревьев с полным анализом хода роста древесных стволов.

Таблицы хода роста составлены по методике, предложенной В. Б. Козловским [3] (см. табл.).

Анализ таблицы показывает, что культуры клена ясенелистного в полезащитных лесных полосах имеют быстрый рост в высоту и по производительности характеризуются I—II классами бонитета по шкале М. М. Орлова [6]. В период 5—35 лет средняя высота увеличивается с 3,0 до 14,5 м. Текущий прирост по высоте за это время снижается с 0,54 до 0,30 м.

в полезащитных лесных полосах

Изменение запаса, м ³		Выбираемая часть насаждения			Общая производительность		
		Запас, м ³	Сумма промежуточного пользования, м ³	Число стволов, шт.	Запас, м ³	Прирост, м ³	
среднее	текущее					средний	текущий
4,4	—	3	3	—	25	5,0	—
4,5	4,6	5	8	2208	53	5,3	5,6
4,7	5,2	8	16	3142	87	5,8	6,8
4,8	5,4	9	25	720	121	6,0	6,8
4,9	5,4	10	35	503	158	6,3	7,4
5,0	5,0	11	46	293	196	6,5	7,6
5,0	4,9	12	59	122	234	6,7	7,6

Средний диаметр древостоя с возрастом постепенно возрастает с 2,8 до 13,3 см. Текущий прирост по диаметру за этот период уменьшается с 0,58 до 0,20 см.

Наблюдается быстрый рост изреживания древостоев с возрастом. В 5 лет число стволов на 1 га составляет 8710 шт., а к 35 годам — 1722 шт. Сумма площадей сечений с возрастом увеличивается с 5,4 до 24,1 м² на 1 га. Текущий прирост за это время уменьшается с 1,82 до 0,32 м² на 1 га.

Запас стволовой древесины накапливается относительно быстро. В 5 лет запас стволовой древесины составляет 22 м³, а к 35 годам 175 м³ на 1 га. Текущее изменение запасов за это время колеблется в пределах 4,6—5,4 м³, достигая максимума в 20—25 лет и минимума в 10 лет, кульминация приростов наступает в 30—35 лет.

Анализ составленных нами таблиц хода роста полезащитных лесных полос из клена ясенелистного позволит не только повысить точность натурной таксации существующих полезащитных насаждений из клена ясенелистного, но и даст возможность прогнозировать потенциальные возможности вновь создаваемых агролесомелиоративных насаждений в условиях ЦЧП.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Агрлесомелиорация/ А. В. Альбенский, А. Ф. Калашников, Г. П. Озолн и др. — М.: Лесн. пром-сть, 1972. [2]. Гроздов Б. В. Дендрология. — М.—Л.: Гослесбумиздат, 1952. [3]. Козловский В. Б. Методические указания по закладке пробных площадей, отбору модельных деревьев и составлению таксационных таблиц. — М., 1965. [4]. Павловский Е. С. Выращивание защитных насаждений в Каменной степи. — М.: Лесн. пром-сть, 1965. [5]. Павловский Е. С. Лесоводственные особенности насаждений защитных лесных полос. Сб. работ по лесному хозяйству. — М.: Лесн. пром-сть, 1971, № 53. [6]. Третьяков Н. В., Горский П. В., Самойлович Г. Г. Справочник таксатора. — М.—Л.: Гослесбумиздат, 1952.

Поступила 7 сентября 1981 г.

УДК 630*281 : 630*561

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ЗАГОТОВКИ ОСМОЛА НА РОСТ СОСНОВЫХ МОЛОДНЯКОВ

Ю. Г. САННИКОВ, А. С. БАРАНЦЕВ

КирНИИЛП

Традиционный в осмолотаготовительном производстве взрывной способ корчевки пней характеризуется низким уровнем производительности труда и механизации трудоемких процессов. Несовершенство этого способа, а также нехватка рабочей силы привели к диспропорции между фактическими объемами заготовки осмола и потребностью в нем для канифольно-экстракционных заводов.

В этой связи перед научно-исследовательскими институтами и производственными подразделениями была поставлена задача изыскать новый способ заготовки пневого осмола, отвечающий современным требованиям развития науки и техники. Этот способ был разработан КарНИИЛПом, где была создана машина манипуляторного типа для корчевки пней АКП-1 [1, 2]. Параметры машины, в частности вылет стрелы, определили технологические схемы освоения лесосек.

Машина АКП-1 двигалась по прямолинейным технологическим коридорам с расстоянием между центрами коридоров 16—18 м или по естественным технологическим ходам с использованием старых лесосечных волоков, дорог, прогалин и т. п. Технологический коридор специально не прорубали. Пни трелевали трактором, проходившим по следу АКП-1.

Впервые механизированная корчевка спелых осмольных пней машинной АКП-1 была проведена в 1971 г. в Нелгозерском лесничестве Гирвасского лесхоза Карельской АССР. Было раскорчевано два участка, вышедших из-под материнского древостоя в 1953 г. К началу 1971 г. на вырубках хорошо возобновилась сосна с незначительной примесью березы. Средний возраст молодняков достигал 16 лет; сомкнутость 0,7—0,8; почва — песчаный железистый подзол на крупнозернистых валунных песках. Тип леса — сосняк вересково-лишайниковый.

В 1979 г. нами проведен анализ хода роста этих молодняков и установлено влияние механизированной заготовки осмола на таксационные и морфологические признаки сосновых молодняков. Для этого после рекогносцировочного маршрутного обследования были выделены наиболее типичные места и заложены пробные площади, на которых изучено влияние проложенных технологических коридоров и ям, оставшихся после корчевки, на рост молодняков. Пробные площади заложены на участках с плотностью: 6,1; 15,0; 20,3 тыс. шт. на 1 га.

Для изучения влияния волоков на рост молодняков закладывали пробную площадь прямоугольной формы так, чтобы длинная ее сторона примыкала к краю волока. Затем параллельно волоку пробу разбивали на зоны: до 1 м; 1,1—3,0 и 3,1—7,0 м. Размер пробной площади S определяли по формуле

$$S = 40l, \quad (1)$$

где l — среднее расстояние между 40 деревьями, м.

Влияние окна изучали на круговых секторах в радиусе от мест корчевки пней: до 1,0; 1,1—3,0 и 3,1—7,0 м. В каждой зоне, а также круговом секторе вырубали не менее 10 модельных деревьев из различных групп высот молодняка, у которых замеряли общую высоту, протяженность и проекцию кроны, возраст, диаметры ствола на высоте 1,3 м, 1/2, 1/4, 3/4, приросты по высоте стволика и боковых побегов первого порядка за последние 15 лет по периодам: 1965—1970; 1971—1973, 1974—1979 гг.

К моменту исследований проявилась четкая дифференциация молодняков на элементы леса.

Анализ полученного материала позволил установить, что исследуемые молодняки находятся в стадии интенсивного роста. Так, экземп-

ляры молодняка, составляющие I ярус (элемент), во всех зонах имели больший прирост в 1971—1979 гг., чем в 1965—1970 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Группа высот, м	Прирост, %, в зонах, м		
	до 1,0	1,1—3,0	3,1—7,0
4,1—5,0	37,0	27,5	4,0
> 5,1	7,9	15,7	18,2

В группе высот 4,1—5,0 м по мере удаления от технологических коридоров и мест корчевки пней наблюдается снижение приростов. В данном случае проявляется угнетающее действие экземпляров молодняка высотой более 5,0 м, общее число которых составило до 4,5 тыс. шт. на 1 га. Однако большая степень изреживания, а соответственно и увеличение освещенности в зонах до 1,0 и 1,1—3,0 м, способствовали росту в высоту.

Совершенно по-иному ведут себя экземпляры высотой более 5,0. Большая площадь питания, а также изреженность полога вызывали снижение прироста по высоте, но, как будет показано ниже, способствовали увеличению прироста по диаметру.

Сравнительный анализ среднего текущего периодического прироста по высоте за 1971—1979 гг. и 1965—1970 гг. позволил установить, что при оценке влияния механизированного способа заготовки осмола, в частности влияния технологических коридоров и мест корчевки пней, контрольными вариантами могут служить экземпляры молодняка, растущие в зоне 3,1—7,0 м, так как эта зона меньше всего подвержена механическому воздействию и коэффициент встречаемости молодняка в зоне 3,1—7,0 м оказался наибольшим (соответственно 0,33; 0,61 и 0,85 в зонах до 1,0 м; 1,1—3,0 и 3,1—7,0 м).

Приняв за контрольный вариант зону 3,1—7,0 м, мы установили, что под влиянием прокладки технологических коридоров при заготовке пней снижается прирост по высоте (табл. 2).

Таблица 2

Зона, м	Прирост по высоте, %, в зависимости от густоты молодняков, тыс. шт. на 1 га, и элемента леса			
	20,3		6,1	
	I	II	I	II
До 1,0	88,4	67,9	85,2	66,0
1,1—3,0	96,6	80,8	97,0	88,7
3,1—7,0	100	100	100	100

Прирост молодняка в высоту по зонам в местах корчевки пней при густоте 15 тыс. т. на 1 га показан в табл. 3.

Сравнивая показатели, приведенные в табл. 2 и 3, можно заключить, что на снижение прироста молодняков влияют не только изменившиеся микроклиматические условия, но и, видимо, уплотнение почвы после прохода машин по технологическим коридорам. Так, в зоне до 1 м от

Таблица 3

Элемент леса	Прирост по высоте, %, по зонам, м		
	до 1,0	1,1—3,0	3,1—7,0
I	96,5	96,2	100
II	88,8	90,5	100

технологического коридора снижение прироста по I элементу леса соответственно исследуемым густотам составило 11,6 и 14,8 %, а в зоне 1,1—3,0 м — 3,4—3,0%. В местах корчевки пней эти величины составили: в зоне до 1,0 м — 3,5 %; в зоне 1,1—3,0 м — 3,8 %.

Средние взвешенные потери прироста по высоте I элемента леса в целом по лесосеке показаны в табл. 4.

Таблица 4

Вариант	Потери прироста, %, при расстоянии между центрами технологических коридоров, м	
	16	18
Корчевка пней	—1,1	—1,0
Устройство технологических коридоров, проход тракторов, перенос и складирование пней	—2,8	—2,5

Анализ приростов боковых побегов, приростов по объему и диаметрам на высоте 1,3 м у молодняка, входящего в I элемент леса, представлен в табл. 5.

Таблица 5

Густота молодняков, тыс. шт. на 1 га	Зона, м	Прирост, %		
		боковых побегов	по объему	по диаметру
6,1	До 1,0	154	118	120
	1,1—3,0	102	108	104
15,0	До 1,0	130	143	116
	1,1—3,0	113	105	101
Контроль	3,1—7,0	100	100	100

При незначительном снижении приростов по высоте прирост по объему ствола, в зависимости от густоты молодняков, в зоне 0,1—3,0 м колеблется от 105 до 143 % по сравнению с контрольным вариантом.

Корреляционный анализ таксационных показателей и морфологических признаков молодняка, расположенного на различных расстояниях от технологических коридоров, показал, что между исследуемыми величинами существуют тесные корреляционные связи, которые выражаются уравнениями, представленными на рисунке.

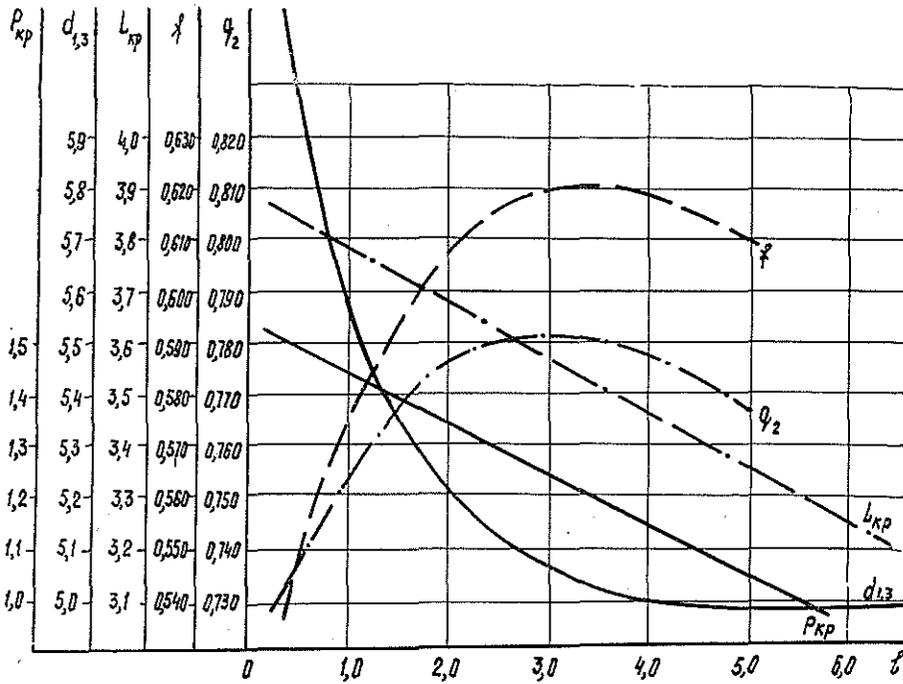
Приведенные зависимости убедительно доказывают последующее влияние технологического коридора на изменение таксационных показателей. Ранее было отмечено, что коэффициент встречаемости молодняков увеличивается к центру межкоридорного пространства. Эта закономерность в наших опытах выразилась уравнением

$$K_B^M = 0,0828l + 0,296; r = 0,985, \quad (2)$$

где K_B^M — коэффициент встречаемости молодняков, найденный как отношение числа учетных площадок с наличием молодняка к общему числу учетных площадок;

l — расстояние от технологического коридора, м (пределы 1—7 м);

r — коэффициент корреляции.



Изменение таксационных показателей и морфологических признаков сосновых молодняков под влиянием механизированной заготовки осмола.

l — среднее расстояние от волокна; $P_{кр}$ — проекция кроны: $P_{кр} = -0,0857l + 1,5143$; $d_{1,3}$ — диаметр ствола на высоте 1,3 м: $d_{1,3} = \frac{0,47272}{l} + 4,90673$; $L_{кр}$ — протяженность кроны: $L_{кр} = -0,116l + 3,9$; f — видовое число: $f = -0,00941l^2 + 0,06687l + 0,5119$; q_2 — второй коэффициент формы: $q_2 = -0,0069l^2 + 0,04525l + 0,71425$.

Приравнивая коэффициент встречаемости к значению относительной плотности молодняков, можно заключить, что между приростами по объему и диаметрам стволов также должна существовать тесная корреляционная связь. Абсолютные значения исследуемых величин приведены в табл. 1 и 5.

Математическое выражение взаимосвязей и теснота опытных и выравненных показателей оказались следующими:

$$Z_v = \frac{9,787}{K_B^M} + 89,59; \quad r = 0,965; \quad (3)$$

$$Z_d = \frac{10,12}{K_B^M} + 88,04; \quad r = 0,99, \quad (4)$$

где Z_v — прирост по объему ствола, %;

Z_d — прирост по диаметру ствола на высоте 1,3 м, %.

Таким образом, на основе анализа хода роста молодняков, пройденных механизированной заготовкой осмола в 1971 г., можно сделать следующие выводы.

1. Под влиянием механизированной заготовки осмола снижается прирост по высоте на 1—3 %. Зоны до 1,0 м и 1,1—3,0 м от технологи-

ческих коридоров и от краев подпленных ям характеризуются усиленными приростами по диаметру и объему ствола, что является следствием изреживания молодняков в процессе механизированной заготовки осмола.

2. Механизированную заготовку осмола в молодняках I—II классов возраста для лесов Севера европейской части РСФСР и аналогичных климатических условий следует расценивать как упрощенный механизированный способ рубок ухода при условии соблюдения мероприятий, направленных на увеличение биологической устойчивости молодняков.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Амосов А. Ф., Вахрушев А. И., Новожилов А. Н. Заготовка пневого осмола. — Петрозаводск: Карельское кн. изд-во, 1970, с. 43. [2]. Демин К. А., Шегельман И. Р. Механизация заготовки пневого осмола: Обзор. — В кн.: Лесохимия и подсочка. М.: ВНИПИЭлеспром, 1977, с. 39—42.

Поступила 8 декабря 1980 г.

УДК 630*811.1 : 630*284

АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СМОЛЯНЫХ ХОДОВ КЕДРА СИБИРСКОГО ПОСЛЕ ПОДСОЧКИ

В. Е. КУЛАКОВ
ЦНИИЛГиС

При подсочке сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) клетки камбия около раны начинают работать ненормально и откладывают слой древесины с увеличенным числом продольных смоляных ходов, которые называются патологическими. Основным признаком патологических смоляных ходов — это большее их число по сравнению с нормальными. Иногда у них выделительные клетки не образуют полного кольца около канала. По размерам они не отличаются от нормальных ходов [1].

Задача наших исследований — установить особенности строения, величину, число и размер полостей каналов у смоляных ходов, образовавшихся при подсочке сосны сибирской кедровой, или кедра сибирского (*P. sibirica* (Rupr.) Maug.). Абсолютные значения этих признаков сильно варьируют не только у разных деревьев, но и у одного и того же дерева, в зависимости от места взятия образца древесины [2]. Поэтому мы использовали их относительные значения у подсоченных (опыт) и неподсоченных (контроль) деревьев за определенные периоды.

Объектом исследования были три опытных и три контрольных дерева в возрасте около 200 лет. Все они имели одинаковую высоту (27 м), диаметр (52 см) и протяженность живой кроны (9 м). Подсочку производили в 1970 г. каррой с перемычками (шаг 7 см, пауза 15 дн), рассчитанной на полное зарастание ранений за 2—3 года. После четырех вегетационных периодов (в феврале 1974 г.) брали образцы древесины (2×2×3 см): на месте первой подновки (1970 г.); на 1 см выше нее; на 0,5 м выше карры и на высоте 3 м (1,5 м от карры) со стороны питательного ремня. В контроле образцы брали только на высоте 1,3 м, с северной и южной стороны дерева.

На всех образцах делали поперечный срез древесины толщиной около 20 мкм. Затем под микроскопом учитывали число смоляных ходов, образовавшихся в 1967—1973 гг. (3 года до подсочки и 4 — после подсочки). Измеряли их по мертвому слою.

Полость канала смоляного хода может быть различной по размерам или закрыта в зависимости от состояния эпителиальных клеток. Все смоляные ходы по этому признаку разделяли на две группы, условно названные открытыми, когда ка-

нал был открыт полностью или более чем на $1/3$ диаметра смоляного хода, и закрытыми, когда канал был закрыт или его полость была меньше $1/3$ диаметра смоляного хода.

Определяли средние для трех деревьев показатели исследуемых признаков и сравнивали по относительным значениям периода после подсочки (1970—1973 гг.) к периоду до подсочки (1967—1969 гг.) как в опыте, так и в контроле. При таких методических положениях объекты исследования были в одинаковых условиях за исключением влияния подсочки (в опыте).

В результате оказалось, что в строении смоляных ходов, образовавшихся до и после подсочки, различий нет. Они имеют одинаковую анатомическую структуру. В то же время в раневой древесине смоляные ходы значительно меньше по размерам, чем нормальные. С удалением от ранения эта разница исчезает и на расстоянии 0,5 м от карры становится уже незаметной, т. е. и при большем удалении от ранения нормальные и патологические смоляные ходы одинаковы по размерам (см. таблицу).

Место взятия образца	Размер смоляных ходов		
	1967—1969 гг., мкм	1970—1973 гг.	
		мкм	%
На подновке	70	38	54
На 1 см выше подновки	81	71	88
На 0,5 м выше карры	78	80	102
На высоте 3 м	69	72	104

Число смоляных ходов после подсочки резко возрастает. Но с удалением от подновки значение этого признака очень быстро падает. Так, на расстоянии 1 см от ранения показатель его увеличился в среднем за 1970—1973 гг. в 6,2 раза, в 0,5 м от карры — уже в 2 раза, а в 1,5 м — только в 1,1 раза по сравнению с периодом до подсочки. На месте подсочки (в раневой древесине) число смоляных ходов увеличилось в 3,4 раза (см. рисунок). Это, видимо, связано с интенсивным образованием живицы и выделением ее наружу. Аналогично изменяется и площадь поперечных сечений смоляных ходов на единице ранения. Только относительные значения признака в этом случае несколько ниже.

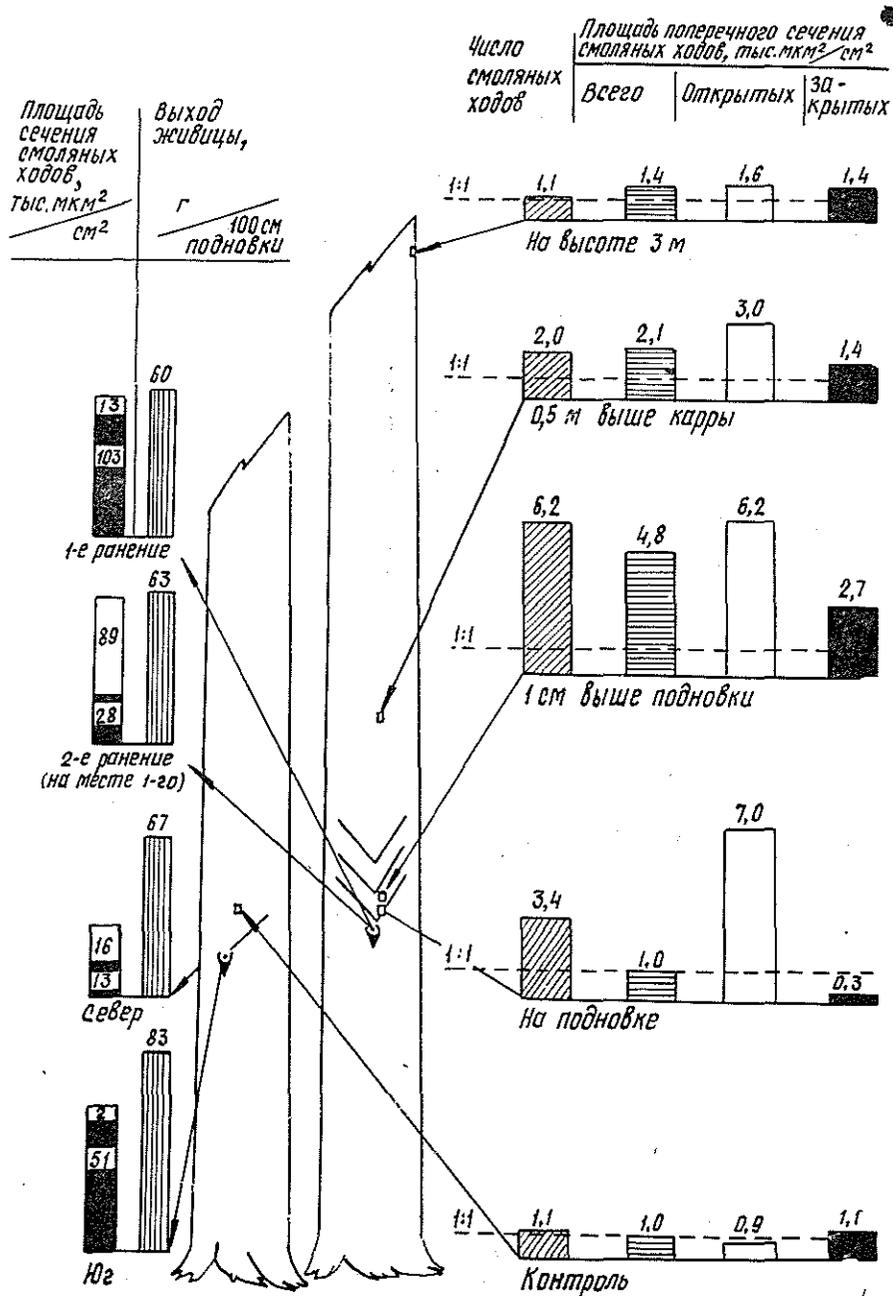
Весьма оригинальные результаты получены при учете открытых и закрытых смоляных ходов. Начиная с расстояния 0,5 м от карры, число открытых смоляных ходов в местах взятия образцов с приближением к ранению удваивается: 3,6; 7,2; 14,2. В то же время в контроле относительный показатель этого признака равен единице. Поэтому, без сомнения, подсочка вызывает интенсивное образование полостей в смоляных каналах, и с удалением от места ранения эта реакция также постепенно затухает: на высоте 3 м значение признака уже равно 2,6.

Существует мнение, что образование и увеличение полостей у смоляных каналов связано с поступлением и заполнением их живицей [1]. Отсюда, казалось бы, можно сделать заключение: чем больше на единице ранения площадь полостей, тем выше должен быть выход живицы. Для проверки мы провели следующие эксперименты.

1. В июле 1974 г. были повторно нанесены ранения на месте первой подновки (карры 1970 г.). Площадь полостей каналов, образовавшихся в 1970—1973 гг., в 6,8 раза больше по сравнению с 1967—1969 гг. Выход живицы при первом ранении составил 0,6, а при втором — 0,63 г на 1 см подновки, т. е. остался примерно на одном уровне.

2. У неподсоченных деревьев (в контроле) площадь поперечных сечений полостей каналов с северной стороны оказалась в 8 раз больше, чем с южной, а выход живицы был выше с южной стороны (на 24 %).

В обоих случаях указанное заключение не подтвердилось.



Относительные значения признаков смоляных ходов (периода 1970—1973 гг. — после подсочки к периоду 1967—1969 гг. — до подсочки).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Иванов Л. А. Биологические основы добывания терпентина в СССР. Гослесбумиздат. 1961, с. 290. [2]. Кутузов П. К. Подсочка хвойных пород. Гослесбумиздат, 1951, с. 90.

Поступила 2 февраля 1981 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 629.11.012.814 : 517

**К ВОПРОСУ О КОРРЕЛЯЦИОННОМ АНАЛИЗЕ
ВОЗМУЩЕНИЙ ОТ ДОРОГИ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ**

Ю. Д. СИЛУКОВ, Н. П. ДЕРГУНОВ, В. И. МОСЬКОВ

Уральский лесотехнический институт

Обычно [1, 2] корреляционную функцию возмущений от дороги для различных скоростей движения автомобиля определяют в такой последовательности.

1. На чертеже микрорельефа проводят условную плоскость через дно самой глубокой впадины, чтобы исключить влияние на дисперсию функции различных участков дорог постоянных затяжных уклонов.

2. Строят график нормированной корреляционной функции для скорости движения автомобиля $V = 1$ м/с.

3. Определяют значение корреляционной функции воздействия для любой скорости путем деления значения аргумента τ на скорость, оставляя значение самой функции без изменений.

Однако определение корреляционной функции возмущений от дороги по такой методике недостаточно точно.

Одной из основных причин неточностей в существующей методике является отсутствие (для каждой скорости движения) количественной оценки длин неровностей, которые еще могут вызывать колебания в поддресоренной системе машин. Наличие низкочастотных составляющих в случайной функции микрорельефа также искажает корреляционную функцию для скорости движения $V = 1$ м/с, так как увеличивается время корреляционной связи. Использование такой корреляционной функции вносит ошибку при расчете $\rho(\tau)$ для других скоростей движения.

Отмеченные неточности не позволяют выявить общие свойства корреляционных функций возмущений от дороги при различных скоростях движения. Анализ колебаний автомобилей и синтез их подвески также зависят от точности расчета корреляционной функции.

Вопросы выбора длины участка обработки, максимального значения параметра корреляции τ_{max} , интервала дискретности измерения ординат микрорельефа, числа значений корреляционной функции на интервале $[0, \tau_{max}]$ здесь не исследуются.

Рассмотрим методику исключения отмеченных неточностей, связанных с низкочастотными ($\omega \leq \omega_n$) и высокочастотными ($\omega \geq \omega_b$) составляющими в измерениях микрорельефа. Эти составляющие не влияют на колебания автомобилей. Они лежат вне интересующего нас спектра случайного процесса возмущений, который вызывает колебательные процессы, определяющие динамическую нагруженность деталей и механизмов машины, а также оказывает влияние на плавность хода машины (сохранность перевозимых грузов, комфорт пассажиров и т. д.) и автомобиля на дорогу (износ и деформация ее поверхности). Ширину спектра $[\omega_n, \omega_b]$ выбирают априори. Если рассчитывать колебания элементов транспортного средства при определении нагрузок в них, то ширина спектра определится, с одной стороны, нижней резо-

нансной частотой автомобиля ω_n , обусловленной его поддрессоренной массой и качеством подвески, и, с другой, высшей резонансной частотой неподдрессоренных масс ω_b . Указанную полосу частот целесообразно расширить влево до $(0,3 \div 0,5) \omega_n$ и вправо до $(2 \div 3) \omega_b$, поскольку могут возникать колебания автомобиля и на частотах, близких к резонансным. Выбранная таким образом полоса частот может быть уточнена, если в результате статистической обработки окажется, что мощность возмущений у краев полосы еще достаточна. Ширина и положение спектра скоростей перемещения колес относительно кузова имеют особенности с точки зрения расчета амортизаторов, поэтому необходима дополнительная коррекция интервала $[\omega_n, \omega_b]$. Естественно, если в процессе практической проверки автомобиля возникнут нежелательные колебания на частотах вне указанного диапазона, то следует включить эти частоты в рассматриваемый интервал. В этом случае требования к экспериментальным замерам микропрофиля могут измениться (длина участка дороги, дискретность замеров и т. д.).

В настоящее время накоплен большой материал по законам распределения, характеризующим колебания автомобилей, поэтому выбор интервала $[\omega_n, \omega_b]$ может надежно обеспечить охват всех частот возмущений, влияющих на колебания автомобиля.

С колебаниями кузова и колес автомобиля в какой-то степени связаны вибрации и шумы элементов автомобиля (в кузове, на щитке приборов, на фарах и т. д.). Источниками вибрации являются двигатель, трансмиссия, шины и дорога, колебания перевозимого груза. Частоты вибраций близки к звуковым частотам, и их целесообразно изучать по особой методике.

После выбора отрезка $[\omega_n, \omega_b]$ все возмущения с частотой ω , не входящей в область $[\omega_n, \omega_b]$, исключаются из дальнейшего анализа путем разложения реализации микро рельефа в ряд Фурье и исключения составляющих с $\omega < \omega_n$ и $\omega > \omega_n$. Такая операция производится для каждой скорости движения автомобиля.

Ряды Фурье

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos kx + b_k \sin kx), \quad (1)$$

где

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos kx dx; \quad b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin kx dx, \quad (2)$$

играют важную роль в практических приложениях для функций, известных на всем интервале длиной 2π . Однако в современных условиях, как и в нашем случае, функция задана на дискретном множестве равноотстоящих точек. Будем полагать, что имеется $2N$ равноотстоящих точек (случай нечетного числа точек $2N + 1$ рассматривается аналогично).

Функцию (1) можно представить в виде:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{N-1} \left(a_k \cos \frac{\pi}{N} kx + b_k \sin \frac{\pi}{N} kx \right) + \frac{a_N}{2} \cos \pi x; \quad (3)$$

где $x = 0, 1, 2, \dots, 2N - 1$;

$$a_k = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{2N-1} f(x) \cos \frac{\pi}{N} kx \quad (k=0, 1, 2, \dots, N); \quad (4)$$

$$b_k = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{2N-1} f(x) \sin \frac{\pi}{N} kx \quad (k=1, 2, \dots, N-1). \quad (5)$$

Если N достаточно велико, то вычисление коэффициентов разложения по формулам (4) и (5) требует очень больших затрат машинного времени. Даже на вычислительной машине БЭСМ-6 при $N = 2500$ для вычисления коэффициентов разложения необходимо около часа машинного времени. В работе [3] показано, что коэффициенты (4) и (5) можно определить, зная лишь $\cos \frac{\pi}{N} k$ и $\sin \frac{\pi}{N} k$, без непосредственного вычисления других значений синуса и косинуса. В этом случае

$$Na_k = \sum_{x=0}^{2N-1} f(x) \cos \frac{\pi}{N} kx = \left(\cos \frac{\pi}{N} k \right) U_{2V-1} - U_{2V-2} + f(0); \quad (6)$$

$$Nb_k = \sum_{x=0}^{2N-1} f(x) \sin \frac{\pi}{N} kx = \left(\sin \frac{\pi}{N} k \right) U_{2V-1}. \quad (7)$$

Здесь

$$\begin{aligned} U_0 &= 0; \quad U_1 = f(2N-1); \\ U_m &= \left(2 \cos \frac{\pi}{N} k \right) U_{m-1} - U_{m-2} + f(2N-m) \\ &\quad (m=2, 3, \dots, 2N-1). \end{aligned} \quad (8)$$

Пусть S — длина участка дороги, ΔS — интервал дискретности измерения. Тогда $2N = \frac{S}{\Delta S}$,

$$f(S) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{N-1} \left(a_k \cos \frac{\pi k}{\Delta S N} S + b_k \sin \frac{\pi k}{\Delta S N} S \right) + \frac{a_N}{2} \cos \frac{\pi}{\Delta S} S. \quad (9)$$

Преобразование $S = Vt$ приводит уравнение (9) к виду

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{N-1} (a_k \cos \omega_k t + b_k \sin \omega_k t) + \frac{a_N}{2} \cos \omega_N t, \quad (10)$$

где

$$\omega_k = \frac{\pi k V}{\Delta S N}.$$

Гармоники с $\omega < \omega_n$ и $\omega > \omega_b$ исключаются из рассмотрения. На рис. 1 приведены нормированные корреляционные функции $\rho(\tau)$ одного из 23 интервалов участков (кривая 1) и всего участка дороги длиной 1000 м (кривая 2), скорость движения $V = 1$ м/с. Для скорости движения $V = 10$ м/с после аналогичной обработки получены нормированные корреляционные функции, изображенные также на рис. 1 (кривые 3 и 4). Длина участка составляет уже 420 м (из условия необходимой точности $\rho(\tau)$).

Однако из сравнения этих $\rho(\tau)$ видно, что они очень близки. Так, пересечение кривой $\rho(\tau)$ оси времени происходит в основном в диапазоне 0,6—0,8 с, а полупериод гармонической составляющей около 1,6 с. Время существенной корреляционной связи не превышает 5 с. Этот результат не случаен, хотя в литературе не описан. Обычно считается,

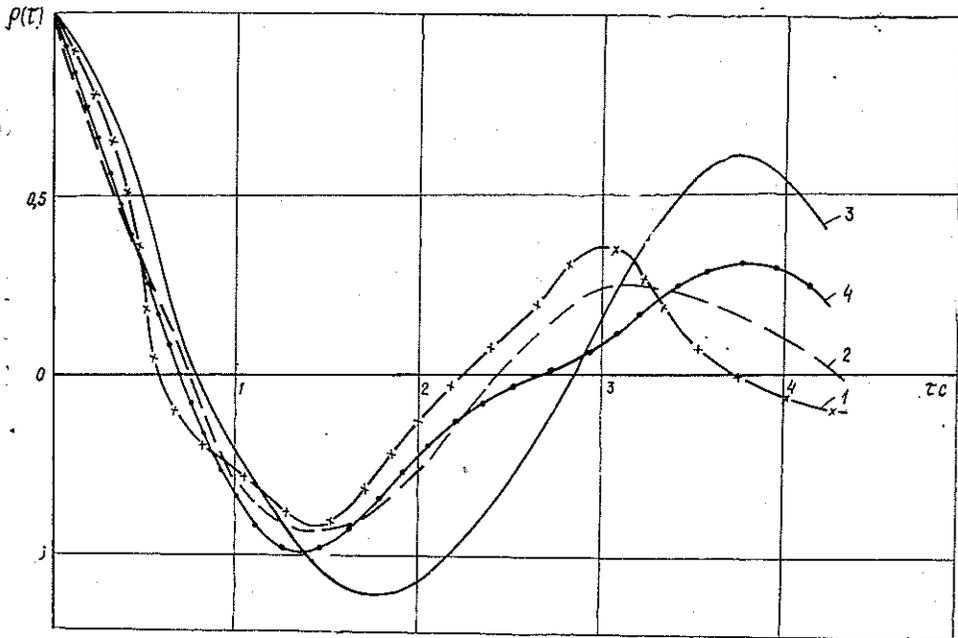


Рис. 1. Нормированные корреляционные функции (асфальтобетон).

1 — $V = 1$ м/с; $L = 42$ м; 2 — $V = 1$ м/с; $L = 1000$ м; 3 — $V = 10$ м/с; $L = 420$ м; 4 — $V = 10$ м/с; $L = 1000$ м.

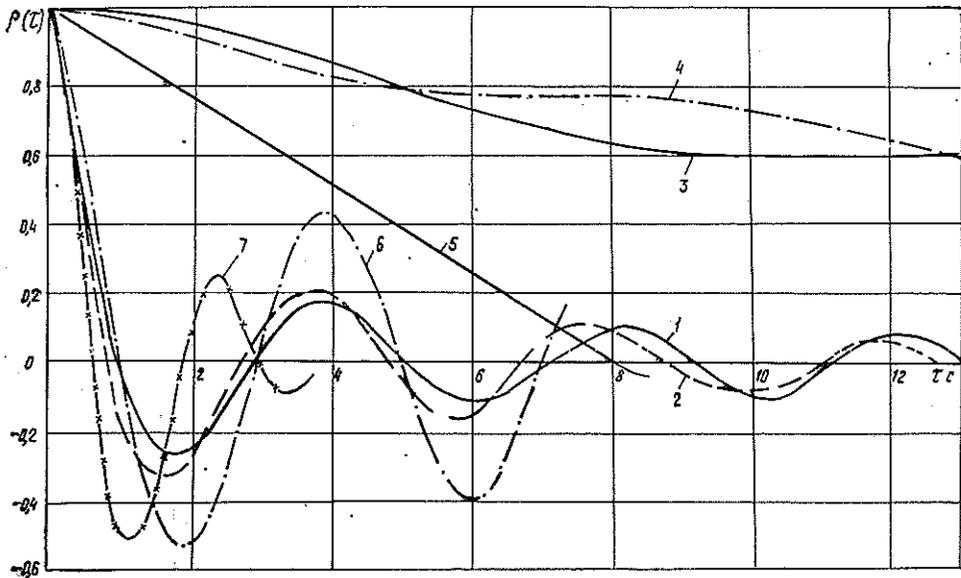


Рис. 2. Нормированные корреляционные функции (проселочные дороги № 8 и 9 из [1]).

1 — № 8; $V = 1$ м/с; $\omega \in [\omega_H, \omega_B]$; 2 — № 9; $V = 1$ м/с; $\omega \in [\omega_H, \omega_B]$;
3 — № 8; $V = 1$ м/с (рис. 10, б [1]); 4 — № 9; $V = 1$ м/с (рис. 11 [1]); 5 — № 9; $V = 4$ м/с
(рис. 11 [1]); 6 — № 9; $V = 2$ м/с; $\omega \in [\omega_H, \omega_B]$; 7 — № 9; $V = 4$ м/с; $\omega \in [\omega_H, \omega_B]$.

что $\rho(\tau)$ прямо зависит от скорости движения. В подтверждение полученного результата по описанной методике обработаны два различных участка (№ 8 и 9) грунтовой дороги [1]. Нормированные корреляционные функции участков (рис. 2, кривые 1, 2) мало отличаются друг от друга и близки к полученным для асфальтобетона. Указанное явление можно объяснить тем, что на различной скорости движения и для различных типов дорог наблюдаются ярко выраженные волны, которые обусловлены колебаниями движущегося автомобиля.

На рис. 2 (кривые 3, 4) приведены также корреляционные функции $\rho(\tau)$ из [1] для тех же участков (№ 8 и 9), рассчитанные по старой методике. Отличие от рассчитанных по предлагаемой методике значительное. Так, функция $\rho(\tau)$ пересекает ось времени при $\tau = 1$ с, в то время как для [1] при $\tau \approx 50$ с.

Таким образом, до сих пор считалось, что основная мощность воздействия от дороги смещалась по частоте прямо пропорционально скорости движения (см. рис. 11 из [1] или рис. 2, кривая 5). В действительности, при переходе от скорости 1 м/с к скорости 4 м/с частота главной гармоники изменяется не в 4 раза, как считали прежде, а только в 1,3—1,5 раза (рис. 2, кривые 6, 7). Отметим, что для участков № 8 и 9 из [1] можно получить корреляционную функцию только для $V \leq 4$ м/с (из условий по точности определения ординат $\rho(\tau)$).

В заключение отметим, что предложенная методика позволяет с более высокой точностью вести расчеты корреляционной функции микрорельефа для различных скоростей движения автомобиля.

Как показали расчеты, вид корреляционной функции дороги мало зависит от скорости движения автомобиля. Это важно при синтезе передаточной функции его подвески, так как отпадает необходимость настройки параметров подвески на различные скорости движения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Силаев А. А. Спектральная теория подрессоривания транспортных машин.— М.: Машиностроение, 1972. — 193 с. [2]. Успенский И. Н., Мельников А. А. Проектирование подвески автомобиля.— М.: Машиностроение, 1976. — 166 с. [3]. Хемминг Р. В. Численные методы. — М.: Наука, 1968. — 400 с.

Поступила 13 июля 1981 г.

УДК 625.31.001.24

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕМПЕРАТУРНО-НАПРЯЖЕННОГО ПУТИ НА КРИВОЙ

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

Применение сварных рельсов на закруглениях малых радиусов затруднено из-за опасности выброса рельсо-шпальной решетки при сравнительно небольшом повышении температуры после укладки. Можно, однако, ожидать, что устойчивость пути УЖД на кривых достаточно большая. Так, на Конецгорской УЖД объединения Архангельск-лес имеется участок, расположенный на закруглении радиуса 300 м и уложенный сварной рельсовой плетью длиной 150 м. Многолетняя эксплуатация показала, что он обладает достаточной стабильностью и устойчивостью.

В настоящее время не существует достоверной расчетной схемы для оценки устойчивости температурно-напряженного пути на закруглении в плане. Это объясняется тем, что продольно-поперечному изгибу рельсо-шпальной решетки на таких участках присущ ряд особенностей, которые в расчетах обычно не рассматривают. Однако без их учета нельзя правильно представить процесс продольно-поперечных перемещений рельсов и получить достоверные расчетные зависимости.

При повышении температуры рельсов под воздействием температурных сжимающих сил происходит смещение рельсо-шпальной решетки наружу кривой, сопровождающееся удлинением оси пути и, как следствие, падением (разрядкой) температурных сил. Установив степень влияния этого фактора на стабильность сварного пути в кривых.

Рассмотрим участок пути на закруглении постоянного радиуса (рис. 1). Участок подвержен воздействию температурных сжимающих сил N , каждую из которых разложим на две составляющие P и R . Силы P взаимно уравниваются, а силы R должны быть уравновешены сопротивлением балласта.

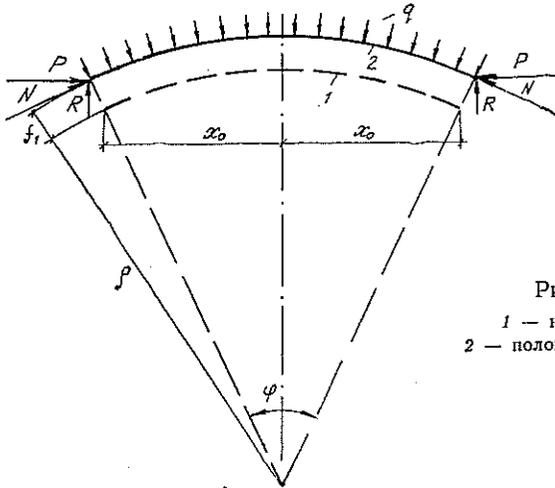


Рис. 1. Расчетная схема.
1 — начальное положение участка;
2 — положение участка после смещения.

Примем, как обычно, что интенсивность сил сопротивления нелинейно зависит от величины смещения сечений пути

$$q = q_0 + cf^a, \quad (1)$$

где q_0 , c и a — параметры, определяемые экспериментально.

Для уравнивания сил R участок должен получить некоторое смещение. Полагая, что при этом изгибные деформации несущественны, можем принять, что на всем протяжении участка $f = f_1 = \text{const}$, т. е. $q = q_1 = \text{const}$. Отсюда из условия равновесия имеем

$$R = (q_0 + cf_1^a) x_0. \quad (2)$$

Силу R можно выразить так же, как составляющую силы N : $R = Ny'_\rho(0)$. Аппроксимируя ось пути на кривой уравнением

$$y_\rho = \frac{x_0}{\rho} x - \frac{x^2}{2\rho}, \quad (3)$$

получим $y'_\rho(0) = x_0/\rho$, т. е.

$$R = \frac{N}{\rho} x_0. \quad (4)$$

Приравниваем правые части уравнений (2) и (4) и находим поперечное смещение участка кривой f_1 :

$$f_1^a = \frac{1}{c} \left(\frac{N}{\rho} - q_0 \right). \quad (5)$$

Уравнение (5) является искомым. Оно позволяет определить f_1 в зависимости от сжимающей силы N , радиуса закругления пути ρ и характеристик сопротивления балласта поперечному смещению шпал: q_0, c, a .

Величина f_1 неявно зависит также и от типа рельсов, определяющих расчетный уровень N .

Пример расчета f_1 для пути УЖД, уложенного рельсами Р24 при $q_0 = 2,4$ Н/см, $c = 15,6$ Н/см^{-a}, $a = 0,23$ приведен в табл. 1. Эти данные показывают, что существуют условия, для которых $f_1 = 0$. Как следует из уравнения (5), в этом случае

$$N_{min} = q_0 \rho. \quad (6)$$

Таблица 1

N кН	Значения f_1 см (числитель) и q_1 Н/см (знаменатель) при радиусе закругления пути, м				
	1000	800	500	400	300
300	$\frac{0,000001}{3,00}$	$\frac{0,000024}{3,75}$	$\frac{0,001703}{6,00}$	$\frac{0,00770}{7,50}$	$\frac{0,04387}{10,00}$
	$\frac{0,00005}{4,00}$	$\frac{0,000414}{5,00}$	$\frac{0,011628}{8,00}$	$\frac{0,04387}{10,00}$	$\frac{0,21321}{13,33}$
500	$\frac{0,000414}{5,00}$	$\frac{0,00228}{6,25}$	$\frac{0,04387}{10,00}$	$\frac{0,15105}{12,25}$	$\frac{0,67813}{16,66}$
	$\frac{0,001703}{6,00}$	$\frac{0,00770}{7,50}$	$\frac{0,12113}{12,00}$	$\frac{0,39511}{15,00}$	$\frac{0,68961}{20,00}$

При больших ρ сила N_{min} будет велика. Так, для $\rho = 5000$ м по условию (6) имеем $N_{min} = 1200$ кН. Если фактическое значение N (например, $N = 600$ кН) меньше N_{min} , то поперечного перемещения пути на кривой не происходит. Расчет на устойчивость в этом случае производится так же, как и на прямых участках пути.

Для рассматриваемого примера $N_{min} = 600$ кН и из условия (6) $\rho < 2500$ м. Значит, при $\rho \geq 2500$ м значение $f_1 = 0$. Поперечные смещения будут наблюдаться только на кривых радиусом менее 2500 м. При $\rho = 1000-800$ м значение f_1 существенно мало, и поперечными смещениями можно пренебречь. По мере уменьшения ρ значения f_1 возрастают. Они наибольшие при $\rho = 400, 300$ м и менее.

В результате поперечного смещения пути на кривой происходит падение (разрядка) продольной силы. Из схемы, показанной на рис. 1, видно, что начальная длина участка $s_1 = \rho\varphi$, а конечная $s_2 = (\rho + f_1)\varphi$. Найдем относительное удлинение участка

$$\varepsilon_s = \frac{s_2 - s_1}{s_1} = \frac{f_1}{\rho}. \quad (7)$$

С другой стороны, относительное удлинение в результате воздействия температуры t и сил N , противодействующих удлинению,

$$\varepsilon_t = \alpha t - \frac{N}{E\omega}. \quad (8)$$

Так как $\varepsilon_s = \varepsilon_t$, то, приравняв правые части уравнений (7) и (8), получим

$$N = E\alpha\omega t - \frac{E\omega f_1}{\rho}, \quad (9)$$

где N — сжимающая сила, действующая на участке, с учетом разрядки напряжений в рельсах;

$E\alpha\omega t = N_0$ — сжимающая сила при отсутствии разрядки;

$E\omega f_1/\rho = \Delta N$ — падение силы из-за сдвига участка в кривой.

Величина ΔN прямо пропорциональна f_1 и обратно пропорциональна ρ , т. е. существенная разрядка возможна только на кривых малых радиусов и при достаточно высоких приращениях температуры после укладки.

Решая совместно уравнения (5) и (9), найдем зависимость между температурой и смещением:

$$t = \frac{(q_0 + cf_1^a)\rho}{E\alpha\omega} + \frac{f_1}{\rho\alpha}. \quad (10)$$

Уравнение (10) определяет t как сумму двух слагаемых. Первое слагаемое

$$t_1 = \frac{(q_0 + cf_1^a)\rho}{E\alpha\omega}$$

выражает расчетную температуру, соответствующую действующей в рельсах фактической сжимающей силе N . Второе — $t_2 = f_1/\rho\alpha$ определяет снижение температуры, вызванное падением силы из-за сдвига пути.

Уравнение (10) показывает, что величина t пропорциональна f_1 . Пример расчета приведен в табл. 2.

Таблица 2

f_1 см	Температура, °С			Силы, кН			$\frac{\Delta N}{N_0}$ %
	t_1	t_2	t	N_0	N	ΔN	
0,01	14,64	0,03	14,67	237	236,6	0,4	0,18
0,10	21,72	0,27	21,99	352	347,7	4,3	1,21
0,50	29,44	1,33	30,77	492	470,6	21,4	4,34
1,00	33,75	2,67	36,42	583	540,3	42,7	7,32
1,50	36,61	4,00	40,61	650	586,0	64,0	9,85
2,00	38,80	5,53	44,13	706	620,7	85,3	12,08

Таким образом, разрядка температурных сил на кривых малых радиусов может достигать 10—12 % и более. Такая разрядка, конечно, довольно существенна, но все же недостаточна, чтобы обеспечить высокую стабильность температурно-напряженного пути УЖД на кривых малых радиусов. При $\rho = 800$ —1000 м поперечное смещение мало, и разрядкой можно пренебречь. Отсюда следует, что необходимо учитывать еще один фактор, а именно упрочнение балласта, вызванное сдвигом шпал.

В табл. 1 приведены значения q_1 , которые определяют сопротивление балласта при $f = f_1$. Даже в тех случаях, когда f_1 мало, $q_1 > q_0$. В рассматриваемом примере $q_0 = 2,4$ Н, а при $f_1 = 0,000001$ см получено $q_1 = 3$ Н. Для последующего искривления рельсо-шпальной решетки сопротивление балласта следует определять не от уровня q_0 , а от уровня q_1 .

Величину q_1 можно рассматривать как начальное сопротивление балласта перед началом изгибных деформаций. На кривых участках

пути для $f_1 \neq 0$ имеем $q_1 > q_0$, т. е. при сдвиге шпал происходит упрочнение балласта, что приводит к повышению устойчивости рельсо-шпальной решетки.

На рис. 2 изображена зависимость $q = q(f)$ для пути УЖД. Предположим, что участок пути расположен на кривой радиусом 300 м, критическое (предвыбросное) состояние наступило при $N = 400$ кН и стрела прогиба при изгибе составляет 0,2 см. Полная деформация балласта в данном случае: $f_m = f_1 + f = 0,41$ см. По графику на рис. 2 определяем значение q : $q_m = 15,1$ Н. Если же, как это делается в настоящее время, смещением пути на кривой пренебречь, то $f = 0,2$ см и $q = 13,2$ Н. Значит, фактическое сопротивление балласта изгибу пути на кривой больше, чем на прямых участках, что, наряду с разрядкой, также повышает стабильность температурно-напряженной рельсо-шпальной решетки.

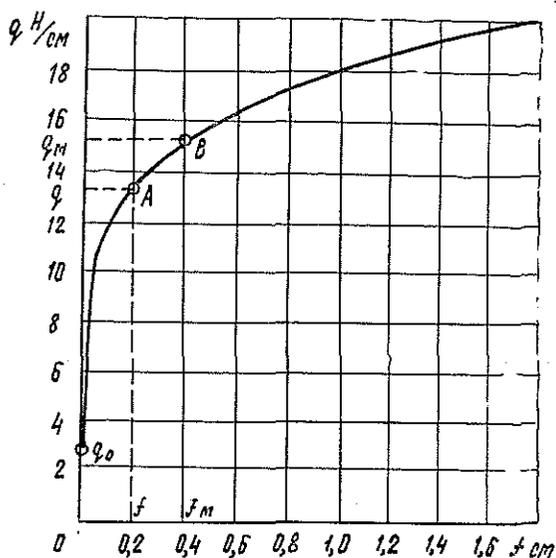


Рис. 2. Зависимость $q = 2,4 + 15,6f^{0,21}$.

Таким образом, при расчете допускаемой или критической силы на кривой следует исходить из следующих предпосылок:

если сжимающая сила $N \geq q_0 \rho$, то расчет производится так же, как и на прямых участках пути;

если $N < q_0 \rho$, то надо учитывать разрядку продольной силы и упрочнение балласта, вызванное поперечным смещением рельсо-шпальной решетки.

В последнем случае сопротивление балласта изгибным деформациям следует определять по формуле

$$q = q_1 + c_1 f^{a_1}, \quad (11)$$

где q_1 — сопротивление балласта при $f = f_1$;

$$q_1 = q_0 + c_1 f_1^{a_1};$$

f — смещение сечений пути в результате изгибных деформаций;

c_1, a_1 — параметры зависимости $q(f)$ на участке $q > q_1$, который расположен правее точки А.

Значение c_1 и a_1 можно определить, например, по методу наименьших квадратов. Удобнее, однако, выразить произведение $c_1 f^{a_1}$ через параметры исходной зависимости (1).

В точке B зависимости $q(f)$ выразим сопротивление q двумя способами:

$$\begin{aligned} q &= q_1 + c_1 f^{a_1}; \\ q &= q_0 + c(f_1 + f)^a. \end{aligned}$$

Приравняем правые части этих уравнений. После преобразований получим

$$c_1 f^{a_1} = c[(f_1 + f)^a - f_1^a]. \quad (12)$$

В расчетные формулы для определения критической или допускаемой силы входит именно величина $c_1 f^{a_1}$, поэтому формула (12) более предпочтительна, чем метод наименьших квадратов, так как определение $c_1 f^{a_1}$ с ее помощью менее трудоемко и более точно.

С учетом разрядки напряжений и увеличения сопротивления изгибным деформациям можно установить условия применения температурно-напряженного пути на кривых УЖД малых радиусов.

Поступила 22 сентября 1981 г.

УДК 629.1.032.001.2

ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЮ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЕСОСЕЧНОЙ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ

Я. В. СЛОДКЕВИЧ, Н. А. БЕЛОУСОВ, А. А. БРАТЧИКОВ

Московский лесотехнический институт, Марийский политехнический институт

Собирательный характер лесозаготовительного производства заставляет создавать лесосечную технику на базе самоходных шасси.

В условиях бездорожья, при движении машин по грунтам с низкой несущей способностью или снежной целине экономическая эффективность лесозаготовительной техники во многом определяется тягово-цепными качествами ходовых аппаратов-двигателей [2, 3].

Основными показателями тягово-цепных качеств колесных и гусеничных двигателей являются: касательная сила тяги P_k , сопротивление качению P_f и коэффициент буксования δ .

Аналитическое определение указанных величин, без которого невозможна оптимизация параметров лесозаготовительной техники, может производиться с использованием двух методов. Первый, основанный на анализе сил, действующих на машину при ее движении, носит название силового метода. Второй метод предусматривает выражение искомых величин через энергию, затрачиваемую на движение машин, и называется энергетическим.

Хотя равноправное существование двух методов оценки тягово-цепных показателей машин вполне обосновано теоретически, получаемые с их помощью решения могут существенно отличаться друг от друга [1].

Как правило, более достоверные результаты расчетов получаются при использовании энергетического метода, которому сейчас отдают

предпочтение. Однако, являясь по существу интегральным, энергетический метод не позволяет наглядно характеризовать процесс взаимодействия с грунтом движителей лесосечных машин.

Учитывая сказанное, уточним некоторые положения динамики и кинематики взаимодействия с грунтом ходовых систем лесосечных машин путем анализа сил, действующих на ходовой аппарат, и скоростей перемещения его элементов. Чтобы разобраться в физической сущности происходящих явлений, рассмотрим наиболее простой случай, соответствующий движению идеализированной гусеничной машины по горизонтальному участку с деформируемым основанием, когда опорная поверхность движителя имеет существенный дифферент. Под идеализированной гусеничной машиной будем понимать машину, у которой корпус опирается на гибкие гусеницы через бесчисленные множества катков, жестко закрепленных на раме (или опирается на лыжи) — рис. 1.

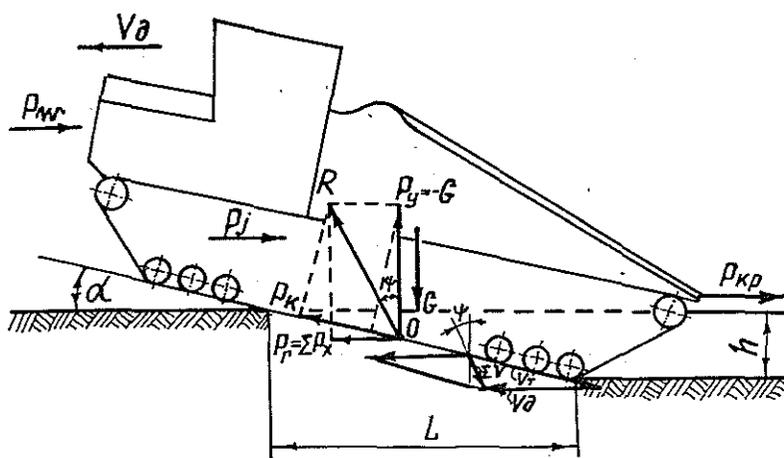


Рис. 1. Схема сил, действующих на гусеничную машину при дифференте.

В рассматриваемой ситуации на корпус машины действуют внешние горизонтальные силы P_w , сила инерции P_j , сила сопротивления воздушной среды P_w и крюковое усилие $P_{кр}$:

$$P_r = P_j + P_w + P_{кр}.$$

Из вертикальных сил на корпус машины действует лишь сила тяжести G .

На опорную поверхность движителя действуют реакции грунта. Проектируя на плоскость гусеницы эти силы, получим

$$P_k = G \sin \alpha + P_r \cos \alpha. \quad (1)$$

Подведенный к ведущей звездочке крутящий момент M_k создает касательную силу тяги гусениц P_k .

Вынесем в уравнении (1) за скобку реакцию G , тогда

$$P_k = G (\sin \alpha + \operatorname{tg} \psi \cos \alpha), \quad (2)$$

где α — угол дифферента опорной поверхности движителя;

ψ — угол отклонения равнодействующей реакции грунта от вертикали; $\psi = \operatorname{arctg} \frac{P_r}{G}$.

При достаточном сцеплении машина перемещается вперед со скоростью поступательного движения корпуса V_d , а ее гусеницы перемещаются относительно корпуса со скоростью V_T .

Направление результирующей переносной и относительной скоростей $\Sigma \bar{V}$ совпадает с направлением деформации, а значит, и с направлением действующей на грунт силы. Таким образом, направление вектора $\Sigma \bar{V}$ определяется тем же углом ψ .

Из треугольника скоростей действительная скорость движения машины

$$V_d = V_T (\cos \alpha - \operatorname{tg} \psi \sin \alpha); \quad (3)$$

или

$$V_d = V_T \left(\cos \alpha - \frac{P_r}{G} \sin \alpha \right). \quad (4)$$

Полученные для режима свободного качения внешние силы сопротивления обусловлены деформацией грунта и равны касательной силе тяги.

Уравнения (2) и (4) описывают динамику и кинематику машины в любом режиме качения.

В наиболее простом случае — режиме свободного качения, когда внешние силы P_r равны нулю:

$$P_k = P_f = G \sin \alpha \quad (5)$$

и

$$V_d = V_T \cos \alpha. \quad (6)$$

Таким образом, сила сопротивления качению и действительная скорость движения машины в свободном режиме качения оказываются функциями угла дифферента опорной поверхности α .

Анализ уравнений (5) и (6) показывает, что качение является сложным движением: движением вдоль опорной поверхности под углом к горизонту под действием силы P_k и одновременным опусканием машины в результате деформации грунта силой тяжести G .

На основании уравнений (5) и (6) необходимая для качения машины мощность

$$N_k = P_k V_T = G V_d \operatorname{tg} \alpha. \quad (7)$$

Работа, затрачиваемая на вертикальную деформацию грунта гусеницами реальной машины, согласно рис. 2,

$$A_{\text{пр}} = 2bL \int_0^h q dh,$$

где b — ширина гусеницы;

h — глубина колеи;

q — давление гусеницы на грунт.

Выражая удельную работу деформации грунта как произведение среднего давления $q_{\text{ср}}$ на глубину колеи, получаем

$$A_{\text{пр}} = 2bL q_{\text{ср}} h.$$

Определяя среднее давление через силу тяжести и площадь опорной поверхности, имеем:

$$A_{\text{пр}} = 2bL \frac{G}{2bL} h = Gh.$$

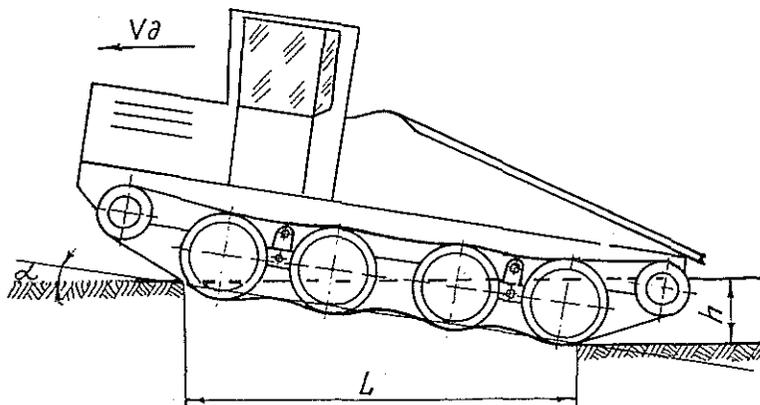


Рис. 2. Схема качения реальной гусеничной машины в свободном режиме.

При скорости движения машины V_d время деформации грунта на участке пути L

$$t = \frac{L}{V_d}.$$

Тогда мощность деформации грунта, равная подведенной к гусеницам мощности, определяется по формуле:

$$N_{пр} = N_k = \frac{A_{пр}}{t} = GV_d \frac{h}{L} = GV_d \operatorname{tg} \alpha. \quad (8)$$

В рассмотренном случае свободного качения реальной гусеничной машины угол α , который мы назовем углом трения качения, также представляет собой угол отклонения касательной реакции грунта P_k от направления движения машины.

Для практического определения угла трения качения, а следовательно, силы сопротивления качению и буксованию, достаточно знать итоговую деформацию грунта — глубину колеи h и длину отпечатка поверхности контакта движителя с грунтом L .

В ведущем, нейтральном, ведомом и тормозном режимах, наряду с вертикальной деформацией, происходит деформация грунта в направлении действия внешней силы P_r , что приводит к изменению касательной силы тяги и буксованию.

Совместный анализ уравнений (5) и (6) показывает, что при движении машины в свободном и ведущем режимах всегда имеет место буксование. В нейтральном режиме, когда

$$P_k = G \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = G \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (9)$$

буксование обращается в нуль.

Дальнейшее увеличение силы P_r вызывает появление отрицательного буксования — юза, который в ведомом режиме составляет:

$$\delta = - \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha}. \quad (10)$$

Приведенные уравнения динамики и кинематики качения справедливы при достаточном сцеплении движителя с грунтом, когда его проскальзывание относительно полотна пути ничтожно мало.

Используя это положение, можно привести следующие определения явления качения: чистое качение есть процесс перемещения одного тела (или конструкции) по поверхности другого; при этом вступившие во взаимный контакт точки, принадлежащие этим телам, не смещаются относительно друг друга, пока находятся в соприкосновении.

Отсутствие в приведенном определении каких-либо указаний о влиянии формы катящегося тела позволяет распространять его на гусеничные, колесные, шагающие движители и предполагает возможность описания процесса их качения одинаковыми уравнениями кинематики и динамики.

Правомерность изложенных теоретических положений проверяли в грунтовом канале МЛТИ с помощью крупномасштабной физической модели идеализированной гусеничной машины массой 800 кг.

При движении модели с существенным дифферентом ($\alpha = 6-12^\circ$) стандартными методами тяговых испытаний с использованием тензометрирования определяли: касательную силу тяги P_k , теоретическую V_T и действительную V_d скорость движения, механические потери в движителях, угол дифферента опорной поверхности α .

Не имея возможности в рамках журнальной статьи привести данные многочисленных опытов, подтвердивших справедливость теоретических положений, рассмотрим результаты простого и в то же время достаточно убедительного опыта.

Перед началом опыта на поверхности грунта (перпендикулярно направлению движения модели) светлой масляной краской напыляли четкую линию. В процессе движения физическую модель направляли так, чтобы гусеница прошла посередине контрольной линии. После прохода модели отрезок, равный ширине гусеницы, оказывался на дне колес.

При равномерном движении без крюковой нагрузки мы не наблюдали смещения этих отрезков в горизонтальном направлении относительно первоначального положения.

Когда к модели прикладывали крюковую нагрузку, указанные отрезки смещались назад; при буксировке модели наблюдалось смещение их в направлении движения.

Таким образом, опыты показали, что причиной итоговой деформации грунта в горизонтальном направлении является наличие соответствующей горизонтальной силы.

Располагая контрольные звенья гусеничных лент на прямой, перпендикулярной направлению движения модели, и покрывая их поверхность краской, осуществляли движение модели на величину обвода. На дне колес оставались отпечатки контрольной линии начала и конца движения модели. Сопоставляя расстояние между отпечатками контрольной линии с длиной гусеничного обвода, мы установили, что получаемая разница описывается уравнением:

$$\Delta S = S_T - S_d = S_T [1 - \cos(\alpha \pm 1^\circ)],$$

где S_T — теоретический путь, равный длине обвода гусеничной ленты движителя;

S_d — действительный путь, равный расстоянию между отпечатками контрольной линии.

Это имело место при движении модели без крюковой нагрузки.

Наблюдения показывают, что в процессе свободного качения машины деформирует грунт в вертикальном направлении.

Выражение основных параметров качения через соответствующий угол трения позволяет уточнить существующие методы расчета тяговых машин.

Подставляя в уравнение динамики качения внешние силы, действующие на корпус машины, мы получаем уравнение тягового баланса:

$$P_k = G \sin \alpha + (P_j + P_w + P_{кр}) \cos \alpha. \quad (11)$$

Принимая во внимание, что $\sin \alpha = \frac{P_f}{G} = f$, имеем:

$$P_k = Gf + (P_f + P_w + P_{кр}) \sqrt{1 - f^2}. \quad (12)$$

Уравнение (12) отличается от общепринятой формы записи уравнения тягового баланса поправкой $\sqrt{1 - f^2}$. В условиях бездорожья, когда $f = 0,2-0,4$, пренебрежение этой поправкой приводит к ощутимой погрешности расчета.

Кинематический параметр качения выражают через коэффициент буксования, который, как правило, определяют экспериментальным путем. Поэтому предложенное уравнение кинематики качения дополняет существующую теорию.

Решая совместно уравнения (2) и (4), получаем уравнение мощностного баланса

$$N_k = GV_d \frac{\sin \alpha \pm \frac{P_r}{G} \cos \alpha}{\cos \alpha \mp \frac{P_r}{G} \sin \alpha} = GV_d \operatorname{tg} \alpha$$

или

$$N_k = GV_d \frac{f \pm \frac{P_r}{G} \sqrt{1 - f^2}}{\sqrt{1 - f^2} \mp f \frac{P_r}{G}}. \quad (13)$$

Уравнение (13) позволяет определить необходимую для движения машины с заданной скоростью мощность, не прибегая к экспериментальным исследованиям буксования.

Предложенная методика выражения параметров качения через угол трения позволяет аналитически решать многие задачи тяговой динамики, ответы на которые удается получить пока только экспериментальным путем.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Антонов А. С. Теория гусеничного движителя. — М.: Машгиз, 1967. — 216 с. [2]. Маевский А. П. Сопротивление снега движению гусеничной машины. — Науч. тр./ ЦНИИМЭ, 1965, вып. 62, с. 91—165. [3]. Шитов В. И. К вопросу районирования лесных площадей по несущей способности грунтов. — Науч. тр./ ЦНИИМЭ, 1960, т. 15, вып. 4, с. 45—52.

Поступила 24 августа 1981 г.

УДК 630*375

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ ТРЕЛЕВОЧНОЙ СИСТЕМЫ

Г. М. АНИСИМОВ

Ленинградская лесотехническая академия

При исследовании динамических процессов в лесотранспортных системах, оптимизации параметров их механизмов и дополнительных демпфирующих устройств необходимо знать собственные частоты колеблющихся масс. Трелевочный трактор с пачкой леса в общем случае движения по волоку представляет собой сложную динамическую систему с многими взаимосвязями и степенями свободы. Только в трансмиссии

трактора можно выделить около двадцати дискретных масс. Проводить анализ такой многомассовой схемы для решения поставленных задач сложно и нецелесообразно, так как массы с малыми моментами инерции и с большой жесткостью связи влияют в основном на полосу очень высоких собственных частот, которые можно не учитывать. При проведении исследований реальную систему обычно заменяют эквивалентной динамической схемой, включающей несколько приведенных масс, связанных безынерционными упругими связями. Общих и, что более важно, простых рекомендаций по уменьшению числа степеней свободы не существует [4]. При замене реальной системы эквивалентной динамической схемой важно сохранить ее динамические свойства и достаточно полно отразить физические процессы конкретного режима.

Анализ различных упрощенных схем, который приводится в работе [1], показал, что расчетная схема трансмиссии может иметь не более шести масс. Такая схема позволила выделить участки системы с резким перепадом коэффициента жесткости. Расчет собственных частот линейной системы двигатель — трансмиссия — трактор, приведенной к шести-, пяти-, четырех-, трех- и двухмассовым эквивалентным схемам, показал стабильность только первой собственной частоты при различной степени упрощения системы [1].

Исследования В. М. Семенова и Ю. Д. Силукова [2, 3] показали, что для определения собственных частот трелевочной системы необходимо учитывать «реактивные элементы» и пачку леса.

Расчетная динамическая схема гусеничной трелевочной системы с учетом параметров двигателя, ходовой части, пачки леса и «реактивных элементов» приведена на рисунке. Систему дифференциальных уравнений колебаний масс можно записать в таком виде:

$$I_1 \ddot{\varphi}_1 + \frac{1}{i_k} c_{12} \left(\frac{1}{i_k} \varphi_1 - \frac{i_k + 1}{i_k} \varphi_d - \varphi_2 \right) = 0; \quad (1)$$

$$I_2 \ddot{\varphi}_2 - c_{12} \left(\frac{1}{i_k} \varphi_1 - \frac{i_k - 1}{i_k} \varphi_d - \varphi_2 \right) + c_{23} (\varphi_2 - \varphi_3) = 0; \quad (2)$$

$$I_d \ddot{\varphi}_d - \frac{i_k - 1}{i_k} c_{12} \left(\frac{1}{i_k} \varphi_1 - \frac{i_k - 1}{i_k} \varphi_d - \varphi_2 \right) + c_d (\varphi_d - \varphi_{тр}) = 0; \quad (3)$$

$$I_{тр} \ddot{\varphi}_{тр} - c_d (\varphi_d - \varphi_{тр}) + c_n \varphi_{тр} = 0; \quad (4)$$

$$I_3 \ddot{\varphi}_3 - c_{23} (\varphi_2 - \varphi_3) + c_{34} (\varphi_3 - \varphi_4) = 0; \quad (5)$$

$$I_4 \ddot{\varphi}_4 - c_{34} (\varphi_3 - \varphi_4) + \frac{1}{i_m} c_m \left(\frac{\varphi_4}{i_m} - \varphi_3 - \varphi_0 \right) = 0, \quad (6)$$

где i_k, i_m — передаточные числа коробки передач и заднего моста соответственно;

$\varphi_1 - \varphi_4$ — относительные углы поворота масс двигателя и трансмиссии;

$\varphi_d, \varphi_{тр}$ — относительные углы поворота масс двигателя и трактора в поперечной плоскости;

φ_0 — относительный угол поворота массы трактора в продольной плоскости;

$c_{12} - c_{34}$ — жесткость участков трансмиссии;

c_m — жесткость заднего моста; $c_m = \frac{c_{45} c_{56}}{c_{45} + c_{56}}$.

Влияние колебаний остова трактора и пачки леса на собственные частоты трансмиссии целесообразно определять с использованием урав-

$$Q_2 = Q_3 = Q_4 = Q_5 = 0;$$

Π — потенциальная энергия системы;

T — кинетическая энергия системы.

Предполагается, что масса звездочки, сосредоточенная в ее центре, учтена при вычислении M_0 и I_0 . Сказанное относится также к приведенной массе.

Кинетическая энергия

$$T = \frac{1}{2} (m_0 \dot{x}_0^2 + M_0 \dot{y}_0^2 + I_0 \dot{\varphi}_0^2 + I_3 \dot{\varphi}_3^2 + m_c v_c^2 + m_d v_d^2),$$

где I_3 — момент инерции звездочки.

Потенциальная энергия

$$\Pi = \frac{1}{2} (c_d \lambda_d^2 + c_1 \lambda_1^2 + c_2 \lambda_2^2 + c_r \lambda_r^2),$$

где

$$\lambda_d = \eta_c; \quad \lambda_1 = y_0 + a_1 \varphi_0; \quad \lambda_2 = y_0 - a_2 \varphi_0.$$

c_d — жесткость пачки леса.

После составления уравнений связи, определения Π и T , подстановки их производных в уравнения Лагранжа и исключения некоторых членов с коэффициентами малой значимости получена система уравнений:

$$A_{\varphi_1} \ddot{\varphi}_3 + B_{\varphi_1} \varphi_3 + B_{\varphi_1}^0 \varphi_0 = M_{\text{тр}}; \quad (7)$$

$$A_{x_2} \ddot{x}_0 - A_{\varphi_2} \ddot{y}_0 + B_{\varphi_2} \varphi_3 + B_{\varphi_2}^0 \varphi_0 = 0; \quad (8)$$

$$A_{y_3} \ddot{y}_0 = A_{\varphi_3} \ddot{\varphi}_0 + B_{y_3} y_0 + B_{\varphi_3} \varphi_0 = 0; \quad (9)$$

$$A_{\varphi_4} \ddot{\varphi}_0 + B_{\varphi_4} \varphi_0 + B_{y_4} y_0 = 0; \quad (10)$$

$$A_{\eta_5} \ddot{\eta}_c + A_{\varphi_5} \ddot{\varphi}_0 - A_{x_5} \ddot{x}_0 + A_{y_5} \ddot{y}_0 + B_{\eta_5} \eta_c = 0, \quad (11)$$

где коэффициенты:

$$A_{\varphi_1} = I_3; \quad A_{x_2} = M_0 + m_c + m_d; \quad A_{y_3} = M_0; \quad A_{\varphi_2} = h_b (m_c + m_d);$$

$$A_{\varphi_3} = a_b m_c \left(\frac{l_c}{l} \right)^2 + \text{tg } \beta h_b \left(m_c \frac{l - l_c}{l} + m_d \right);$$

$$A_{\varphi_4} = I_0 + m_c \left[h_b^2 + \left(\frac{l_c}{l} \right)^2 a_b^2 + 2h_b a_b \text{tg } \beta \right]; \quad A_{\eta_5} = m_c;$$

$$A_{\varphi_5} = m_c \left(h_b \sin \beta - a_b \frac{l_c}{l} \cos \beta \right); \quad A_{x_5} = m_c \sin \beta;$$

$$A_{y_5} = m_c \frac{l_c}{l} \cos \beta; \quad B_{\varphi_1} = c_r r_3^2;$$

$$B_{\varphi_1}^0 = c_r r_3 (a_3 \sin \alpha_1 + r_3 + h_3 \cos \alpha_1); \quad B_{\varphi_2} = c_r r_3 \cos \alpha_1;$$

$$B_{\varphi_2}^0 = c_r \left(a_3 \frac{\sin 2\alpha_1}{2} + h_3 \cos \alpha_1 \right); \quad B_{y_3} = c_r \sin^2 \alpha_1;$$

$$B_{\varphi_3} = c_r \left(r_3 \sin \alpha_1 + h_3 \frac{\sin 2\alpha_1}{2} - a_3 \sin^2 \alpha_1 \right);$$

$$B_{\varphi_4}^0 = c_1 a_1^2 + c_2 a_2^2 + c_r a_3^2 \sin^2 \alpha_1;$$

$$B_{y_4} = c_1 a_1 + c_2 a_2; \quad B_{\gamma_5} = c_d.$$

В результате расчета собственных частот системы (см. рис.) на ЭВМ ЕС-1022 получились частоты (см. табл.), характеризующие колебания реактивных контуров, пачки и системы в целом. Экспериментальные исследования резонансных режимов подтвердили хорошее совпадение экспериментальных и теоретических частот. Анализ собственных частот эквивалентной схемы, приведенных в работе автора [1, с. 155] и в таблице, с различной степенью упрощения динамической системы показал, что при исследовании динамических процессов в трансмиссии, оптимизации параметров демпферов или системы в целом в некоторых случаях необходимо учитывать параметры подвески, реактивных контуров и пачки.

Собственные частоты трелевочной системы с учетом параметров подвески, реактивных контуров и пачки, с^{-1} (трактор ТДТ-55М, объем пачки 5 м³)

Передача	Трансмиссия трактора					Реактивный контур		Система		Пачка ω_9
	ω_0	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6	ω_7	ω_8	
I	2,1	37,0	255	1180	3300	3,2	8,5	4,9	12,2	10,7
II	2,3	37,0	260	1150	3280	3,2	8,5	4,9	12,2	10,7
III	2,6	37,3	269	1200	3290	3,2	8,5	5,0	12,2	10,7
IV	3,0	37,6	265	1100	3320	3,2	8,5	5,1	12,2	10,7
V	3,5	38,0	258	1060	3380	3,2	8,5	5,2	12,2	10,7

Примечание. ω_0 — частоты колебания поступательно движущейся массы системы; ω_1 — ω_4 — частоты крутильных колебаний трансмиссии; ω_5 — частота колебания реактивного контура, включающего $I_{\text{тр}}$ и $c_{\text{п}}$; ω_6 — частота колебания реактивного контура, включающего $I_{\text{д}}$ и $c_{\text{д}}$; ω_7 — частота продольно-угловых колебаний системы; ω_8 — частота вертикальных колебаний системы; ω_9 — частота колебаний пачки.

Предложенная динамическая модель системы двигатель — трансмиссия — подвеска — трактор — пачка леса и математическое ее описание позволяют определить и провести анализ собственных частот отдельных колебательных контуров.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анисимов Г. М. Условия эксплуатации и нагруженность трансмиссии трелевочного трактора. — М.: Лесн. пром-сть, 1975. — 165 с. [2]. Силуков Ю. Д. Исследование особенностей динамических процессов в основных агрегатах лесотранспортных колесных машин: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. М., 1973. — 43 с. [3]. Транспортные средства на высокоэластичных движителях/ Н. Ф. Бочаров, В. И. Гусев, В. М. Семенов и др. — М.: Машиностроение, 1974. — 208 с. [4]. Цзе Ф. С., Морзе И. В., Ханкел Р. Т. Механические колебания. — М.: Машгиз, 1966. — 505 с.

Поступила 15 июля 1981 г.

УДК 629.11.012.814

О ПРОДОЛЬНОЙ ДИНАМИКЕ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА СЕДЕЛЬНОГО ТИПА С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ГРУЗОНЕСУЩЕЙ ОСЬЮ

Г. А. ГРЕБЕНЩИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Основные требования к конструкции лесовозных автопоездов седельного типа приведены в работе [4]. В работах [2, 3] описана принципиально новая конструкция седельного лесовозного автопоезда ЛТ-230 на базе тягача МАЗ-509А с дополнительной сменной грузонесущей осью и прицепа-ропуски ГКБ-9383.

При эксплуатации автопоездов ЛТ-230 установлено, что на участках дорог с волнистой поверхностью при скоростях 35—40 км/ч и объемах перевозимого леса 28—30 м³ движение тягача сопровождается продольными рывками и толчками. С увеличением скорости и нагрузки рывки и толчки увеличивались, а с уменьшением — не ощущались. Это явление характерно для автомобилей с прицепами и седельных тягачей с полуприцепами [5]. Горизонтальные ускорения создают значительный дискомфорт для водителя. Экспериментально установлено [1], что организм человека меньше утомляется от колебаний вертикальных, но более восприимчив к колебаниям продольным — в направлении движения. А. К. Бируля (ХАДИ) установил [1], что предельно допустимые беспокоящие колебания характеризуются величиной систематически повторяющихся ускорений 2,0—2,5 м/с².

Цель настоящей работы — исследовать влияние конструктивных особенностей автопоезда ЛТ-230 на его продольную динамику.

У лесовозного трехосного автомобиля КраЗ-255Л вторая и третья оси представляют балансирную тележку. Сменная третья ось седельного тягача автопоезда ЛТ-230, в отличие от балансирной тележки трехосного автомобиля, имеет принципиальные конструктивные и кинематические отличия.

Сменная ось, вращаясь вокруг оси *O* опорно-цепного (седельного) устройства, совершает относительно тягача маятниковые колебания (рис. 1). Пропорционально высоте преодолеваемых препятствий H_1 и H_2 сменная ось поворачивается соответственно на углы α и β . При этом опорная поверхность коника сменной оси (точка *M*) совершает вертикальные h_1, h_2 и продольные δ_1, δ_2 перемещения. База сменной оси l (в отличие от постоянной базы балансирной тележки трехосного автомобиля) изменяется в пределах от l_1 до l_2 . Из геометрических соображений схемы, приведенной на рис. 1, получаем:

$$l_1 = \sqrt{a^2 + H_1(2H_c - H_1)} - l_c; \quad (1)$$

$$l_2 = \sqrt{a^2 - H_2(2H_c - H_2)} - l_c; \quad (2)$$

$$\delta_1 = l_k - \frac{l_k \cos(\gamma + \alpha)}{\cos \gamma}; \quad (3)$$

$$\delta_2 = \frac{l_k \cos(\gamma - \beta)}{\cos \gamma} - l_k; \quad (4)$$

N_1, N_2, N_3 — вертикальные реакции передней, задней и сменной осей тягача;

μ_k — коэффициент трения груза о коник сменной оси;

P_T — полное окружное тяговое усилие; $P_T = P_1 + P_2$;

P_c — усилие в опорно-цепном устройстве;

k, S — коэффициент упругого сопротивления и зазор опорно-цепного устройства;

L_T — база тягача; у МАЗ-509А $L_T = 3950$ мм;

P_j^H, P_j^T — силы инерции поступательного движения масс прицепов и тягача;

M_{jk}^H, M_{jk}^T — инерционные моменты колес прицепов и тягача.

Правые части уравнений (5) представляют возмущающие, а левые — восстанавливающие моменты системы. Для улучшения продольной динамики седельного лесовозного автопоезда необходимо найти такое соотношение возмущающих и восстанавливающих моментов, при котором система не выходила из равновесия при преодолении автопоездом неровностей пути. Для этого необходимо стремиться к увеличению величин в левой части уравнений (5) и к уменьшению — в правой.

С учетом сказанного внедрены следующие конструктивные изменения в модернизированном автопоезде ЛТ-230: коник сменной оси передвинут вперед на 170 мм до $l_k = 720$ мм; ликвидирован зазор S в опорно-цепном устройстве (устранено продольное перемещение рамы сменной оси относительно верхней стальной опорной плиты седельного устройства), а следовательно, и возмущающая продольная сила kS ; уменьшена на 100 мм высота коника H_k за счет применения П-образной рамы сменной оси. Эти мероприятия позволили уменьшить возмущающие и увеличить восстанавливающие моменты системы, а этим улучшить продольную динамику автопоезда.

Для ликвидации кинематических несоответствий и уменьшения возмущающей знакопеременной силы $\pm N_k \mu_k$ были проведены испытания автопоезда ЛТ-230 с подвижно-поворотным коником. Шарнирное соединение коника с рамой сменной оси выходило из строя через 3—4 тыс. км пробега автопоезда. Так как сила тяги от рессоры и груза полностью передавалась через дышло, оно также быстро выходило из строя. Несмотря на то, что подвижно-поворотный коник сменной оси компенсировал кинематические несоответствия и давал положительный эффект в улучшении продольной динамики и управляемости автопоезда, от него пришлось отказаться из-за снижения безопасности движения.

Вибронагруженность рабочего места водителя определяли при сравнительных испытаниях автопоездов ЛТ-230 и МАЗ-509А+ГКБ-9383. В качестве преобразователей были использованы акселерометры МП-95. Измерение производили в полосе частот 3—8 Гц. Сигнал акселерометра регистрировался осциллографом К12-22. Горизонтальные продольные ускорения x_k измеряли на задней стенке кабины на уровне головы водителя, а вертикальные z_c — на сиденье водителя. В качестве характеристики поверхности дороги принята средняя квадратичная высота неровностей микропрофиля. Для обмера неровностей микропрофиля применяли нивелирование. Испытания проводили на магистрали лесовозной дороги с разбитым колеиным покрытием из железобетонных плит ($\sigma = 2,94$ см). Скорости движения автопоездов 15, 25 и 35 км/ч. При испытаниях использовали один и тот же тягач в составе серийного и экспериментального автопоездов, пробег которого на начало испытаний составил 10 тыс. км. После испытаний серийного автопоезда тягач МАЗ-509А был переоборудован для работы со сменной осью. Это позволило избежать демонтажа преобразователей и аппаратуры и повысить достоверность и сопоставимость результатов опытов.

Для установления влияния схемы и продольной динамики автопоезда на нагруженность базового тягача параллельно были определены напряжения в опасных сечениях рамы автомобиля.

В табл. 2 приведены значения измеряемых величин при скорости 35 км/ч. Напряжения в раме тягача даны в наиболее нагруженном сечении в зоне установки переднего кронштейна задней рессоры.

Таблица 2

Автопоезд	Горизонтальные продольные ускорения x_k , м/с ²	Вертикальные ускорения z_c , м/с ²	Максимальные напряжения в раме тягача, МПа
ЛТ-230			
до модернизации	2,15	0,97	109
после модернизации	1,34	0,73	96,8
МАЗ-509А + ГҚБ-9389	0,86	0,52	158

Выполненные исследования позволяют сделать вывод, что конструктивные мероприятия позволили существенно уменьшить ускорения на рабочем месте водителя модернизированного автопоезда ЛТ-230 (продольные в среднем на 37 %, вертикальные — на 24 %).

Наиболее благоприятно, с точки зрения продольной динамики, расположение коника сменной оси автопоезда ЛТ-230 при $l_k = 0,404a$. Дальнейшее перемещение коника вперед ограничено нагрузкой на заднюю ось тягача, которая не должна превышать 90 кН.

Нагруженность рамы тягача у автопоезда ЛТ-230 ниже, чем у серийного МАЗ-509А + ГҚБ-9383. Это связано с уменьшением вертикальной нагрузки на тягач и меньшим скручиванием рамы, благодаря шарнирному соединению тягача и сменной оси.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Автомобильные транспортные средства/ Д. П. Великанов, В. И. Бернацкий, Б. Н. Нифонтов, И. П. Плеханов. — М.: Транспорт, 1977. — 325 с. [2]. А. с. 522976 (СССР). Автопоезд для перевозки длинномерных грузов/ Г. А. Гребенщиков.—Заявл. 8.12.70, № 1497064/27-11; Оpubл. в Б. И., 1976, № 28. [3]. Гребенщиков Г. А. Седельный лесовозный автопоезд. — Лесн. пром-сть, 1980, № 1, с. 16—17. [4]. Ильин Б. А. Нужны лесовозные седельные автопоезда. — Лесн. пром-сть, 1975, № 6, с. 16—17. [5]. Куров Б. А., Лаптев С. А., Балабин И. В. Испытания автомобилей. — М.: Машиностроение, 1976. — 208 с.

Поступила 11 сентября 1981 г.

УДК 621.81.004.18 : 631.3

ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛЕСНЫХ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Д. И. СТАНЧЕВ

Воронежский лесотехнический институт

Экономия материальных ресурсов в машиностроении осуществляется путем создания экономичных конструкций машин с меньшим расходом материалов, особенно металла, а также путем внедрения технологических процессов, обеспечивающих изготовление заготовок с меньшими затратами труда и материала.

В большинстве случаев при разработке новых и совершенствовании существующих материалов трудно выявить ведущий критерий, так как им могут быть эксплуатационные характеристики при использовании материала в сложных условиях, стоимостные показатели, дефицитность по отдельным ресурсам и др.

Применение методов линейного программирования и экспертных оценок позволяет предусматривать и учитывать влияние противоречивых факторов.

При анализе информации, необходимой для такого рода обоснований и оптимизации состава материала, установлено следующее. Проводимые расчеты требуют наличия значительного количества разнообразных данных, включая информацию по шихтовым материалам, их качеству, содержанию химических элементов и нормам ввода, обеспечивающим требуемые свойства металла, а также стоимостные характеристики.

Такого рода информация позволяет производить расчеты обоснования на базе модели линейного программирования [2].

В модель входит целевая функция, которая отражает суммарные затраты на компоненты, используемые при изготовлении материала,

$$L(x_i) = \sum_{i=1}^n c_i x_i,$$

где c_i — стоимость i -того компонента;

x_i — количество i -того компонента в расчете на единицу выплавленного металла.

При поиске оптимальных решений осуществляется минимизация этой целевой функции.

В модель включается также система ограничений в виде линейных неравенств, учитывающих допустимые границы для ряда элементов в составе металла с целью обеспечения заданных его свойств. Ограничения для верхней границы имеют вид

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_j \leq b_j;$$

для нижней границы

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_j \geq b'_j,$$

где a_{ij} — содержание j -того элемента в единице i -того компонента;

b_j — значение верхней границы ввода j -того элемента;

b'_j — значение нижней границы ввода j -того элемента.

Границы содержания каждого элемента принимаются либо на основании действующих государственных стандартов и технических условий, либо на основании оценок специалистов.

Ограничения накладываются также на переменные x_1, x_2, \dots, x_n по неотрицательности $x_i \geq 0$. Учитывается также, что

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1.$$

Требуется найти набор переменных x_1, x_2, \dots, x_n , которые обращают функцию $L(x_i)$ в минимум при заданных ограничениях, и, следовательно, определить оптимальный вариант решения задачи линейного программирования.

В результате расчета находим оптимальный состав и пропорции компонент, обеспечивающие заданные свойства проектируемого, исследуемого

двумого или производимого материала при минимуме затрат на используемые компоненты.

Нормативно-справочные данные, необходимые для работы с описанной моделью и содержащиеся в справочниках, государственных стандартах, технических условиях и руководящих материалах, нередко отличаются друг от друга по величине, в известной мере противоречивы и недостаточны по объему [1].

В связи с этим в модель линейного программирования мы включаем ограничения, которые учитываются экспертными оценками. Часть этих ограничений формируется по желаемым свойствам материала

$$\sum_{j=1}^m d_{jk} x_j \geq p_k; \quad j=1, 2, \dots, m; \quad k=1, 2, \dots, l,$$

где d_{jk} — экспертная оценка, отражающая влияние j -того компонента (элемента, фактора) на k -тое желаемое свойство;

p_k — значение нижней границы по k -тому желаемому свойству.

Для нежелаемых свойств ограничений имеем

$$\sum_{j=1}^m q_{jr} x_j \leq z_r; \quad j=1, 2, \dots, m; \quad r=1, 2, \dots, s,$$

где q_{jr} — экспертная оценка, отражающая влияние j -того компонента (элемента, фактора) на r -е нежелаемое свойство;

z_r — значение верхней границы по r -му нежелаемому свойству.

На базе экспертных оценок в рамках данной модели могут также формироваться ограничения по дефицитности ресурсов.

При получении антифрикционного марганцовистого чугуна (АЧС-5 ГОСТ 1585—70) с учетом требований эксплуатационных характеристик использована модель линейного программирования. Показано, что стоимость производства 1 т чугуна в вагранке составляет 128 р., а в электропечи — 143 р.

В отраслевой научно-исследовательской лаборатории (ОНИЛ) разработана гамма сплавов, из которых за счет специальной легатуры и способа ее ввода в жидкий металл, а также использования легирующих элементов получены чугуны с более высокими механическими характеристиками, что позволило применять их при изготовлении деталей различных машин.

На Сыктывкарском механическом заводе замена блоков из стали 35Л и из чугуна ВЧ18 канатными блоками из чугуна ВЧ привела к снижению металлоемкости одного блока на 20 %; годовой экономический эффект составил 70 тыс. р. Замена стальных сварных станин литыми из ВЧ позволила повысить надежность, уменьшить трудоемкость изготовления станин и увеличить жесткость ряда деревообрабатывающих станков.

В Воронежском управлении лесного хозяйства применение специальных износостойких чугунов при ремонте различных лесных машин в лесхозах (см. табл.) позволило уменьшить простой и получить экономию в 17 тыс. р. в год.

Внедрение ВЧ45-5 на кольчатых катках ЗККШ-6А позволило изменить конструкцию дисков, в частности форму обода, и изготавливать диски с тремя спицами вместо четырех. На Ялutorовском заводе «Тюменьсельхозремонт» замена дисков из стали 25Л дисками из чугуна ВЧ привела к снижению металлоемкости одного катка на 136 кг, экономия металла по заводу составила 1,36 тыс. т. в год.

Шекснинский завод древесноволокнистых плит Вологодской обл. при применении сегментов из высокохромистого чугуна с ниобием для рафинеров размольной гарнитуры фирмы «Бауэр-418» взамен дисков из стали 4X17H2M получил экономию в 218 тыс. р. в год.

**Результаты испытаний на износ
подшипников скольжения ходовых механизмов**

Узлы машин	Материал втулки		Относительная износостойкость*	
	заводской	экспериментальной	втулки	пары трения

Тракторы (ДТ-75; ТДТ-75)

Балансирный механизм	Сталь 45	АЧС-5	1,4—2,6	1,3—2,1
Поддерживающие катки	Бр06Ц6С5	АЧС-5	2,7—3,2	1,7—2,8

Лесные и сельскохозяйственные машины

Культиватор (КРН-2,8А; КЛБ-1,7)	СЧ18	АЧС-5	1,2—1,8	1,5—1,6
Лесопосадочная машина (СЛН-2)	»	»	1,3—1,7	1,25—1,57
Дисковая борона (БДТ-2,2)	»	»	1,6—1,8	1,4—1,6
Кольчатый каток (ЗКК-6Л)	»	»	2,1—1,8	1,1—2,6

Рабочие органы лесных и сельскохозяйственных машин и оборудования

Лапа (КЛН-2,8, ПНЗ-35Р)	35Л, 53Л	АЧС-5Н	2,8—4,6
Лемех (КЛ-2,6)	65Л	»	2,2—4,1
Полевая доска (ПНЗ-35Р, ПЛН-4-35)	65Л, 15Л	»	3,6—4,8
Диск катка (ЗККШ-6А)	СЧ18	ВЧ45-5	1,6—3,2
Звездочка транспортера (ТСН-3,0Б)	СЧ18	ВЧ50-2 АЧС-5Н	3,2—5,0
Сегмент размольной гарнитуры «Бауэр-418)	4Х17Н2М	ИЧХ22Н	1,3—2,0

* Относительная износостойкость деталей из заводских материалов (пары трения) принята за единицу.

Изготовление звездочек транспортера ТСН-3,0Б облегченной конструкции из ВЧ50-2, а также из антифрикционного серого чугуна (АЧС-5Н и АЧС-5И) дало Митрофановскому авторемонтному заводу (Контемировский р-н Воронежский обл.) экономии металла в 260 т, или в 62 тыс. р. в год.

Разработанные в ОНИЛ чугуны могут найти более широкое применение и на других предприятиях.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Справочник по чугунному литью / [А. А. Жуков, Г. И. Сильман, Л. И. Левин и др.]; Под ред. Н. Г. Гершовича. — Л.: Машиностр. Ленингр. отд-ние, 1978. [2]. Станчев Д. И., Трубочанинов Н. С. Применение методов линейного программирования и экспертных оценок при оптимизации состава металлического материала. — В кн.: Перспективные материалы и системы смазки в узлах трения машин и оборудования: Тез. докл. обл. науч.-техн. конф. Воронеж, 1981, с. 40—43.

Поступила 6 июля 1981 г.

УДК 657.474.52 : 629.114.2-19

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ
С ПОМОЩЬЮ НОМОГРАММ**

Ю. И. АРХИПОВ, Н. В. МУРАШКИН

ЧФ НАТИ, Ленинградская лесотехническая академия

В практике эксплуатационных наблюдений за изделиями машиностроения или ресурсных их испытаний имеют место типичные случаи, когда на момент оценки ресурса деталей, узлов только часть из них

доведена до предельного состояния, а оставшаяся часть оказывается работоспособной. Такие наблюдения известны под названием незавершенных (или усеченных).

Было бы неверным определять показатели долговечности, учитывая только отказавшие изделия. Изделия, наблюдения за которыми приостановлены по причинам, не связанным с их отказами, содержат определенную информацию, поскольку они проработали без отказа некоторое время. Поэтому в расчетах необходимо учитывать и эту информацию.

Из отечественных ученых вопросами прогнозирования ресурса изделий по незавершенным наблюдениям занимались И. Н. Величкин, О. Н. Шейнина, Ю. М. Огульник [1], Ю. С. Макаров, Б. Ф. Нормухамедов [5], В. С. Федоровский, Б. Г. Белостоцкий [8], Я. Б. Шор, Д. И. Кузьмин [10] и др. Этой проблемой занимались научно-исследовательские коллективы НАТИ, ЦНИИМЭ [4, 6, 7] и др. В ЦНИИМЭ вопросы прогнозирования решаются на стадии проектирования машин.

В работах [5, 6, 10] авторы пользуются параметрическим методом прогнозирования показателей, т. е. применяют конкретный тип закона распределения ресурса. Предлагаемый ими метод имеет крайне ограниченные возможности приложения к практическим задачам, так как приемлем лишь в тех случаях, когда имеется полная уверенность, что исход наблюдений будет сведен к однократному усечению выборки. Когда этой уверенности нет, метод дает недостоверные результаты. Для однократно усеченной выборки характерно то, что наработка всех неразрушенных образцов превышает наработку разрушенных.

Наибольший практический интерес представляют незавершенные наблюдения, при которых на момент оценки долговечности наработка работоспособных образцов оказывается как больше, так и меньше наработки основной массы образцов, доведенных до предельного состояния. Это так называемые многократно усеченные выборки.

К обстоятельствам, из-за которых эксплуатационные наблюдения (испытания) к моменту анализа информации остаются незавершенными, относятся следующие [7]:

1) исключение части изделий выборки из наблюдений (испытаний) по организационным причинам или вследствие отказов других элементов конструкции;

2) большая длительность и высокая стоимость наблюдений (ресурсных испытаний), не позволяющие довести до разрушения все изделия выборки;

3) необходимость анализа долговечности по результатам испытаний или рядовой эксплуатации до того момента, когда разрушатся изделия всей партии, в том числе по результатам разового обследования.

Методами, предложенными авторами работ [3, 8, 9], невозможно пользоваться при числе отказавших изделий в выборке, меньшем 50 %. Приведенные в этих работах приемы обработки статистических данных сводятся к построению усеченных эмпирических кривых вероятности безотказной работы как функции наработки. Сущность методов, изложенных в работах [8, 9], идентична, и их отличие заключается лишь в том, что один из них графический, а другой — аналитический. Оба метода не определяют ресурса изделия, если выборка не замыкается разрушенным образцом (нет замкнутости кривой убыли), т. е. конечное значение функции распределения не равно единице.

По утверждению автора работы [9], при использовании его метода «...в общем случае возможны ситуации, когда точность может

оказаться недостаточной». Расчеты, проведенные этим методом, очень громоздки, поскольку используются алгоритмы комбинаторного анализа, многократное вычисление неполной бета-функции и др.

В этом отношении предпочтительнее способ, рекомендованный в работе [8], который предусматривает вероятностный прогноз дальнейшего поведения неразрушенных изделий. Однако здесь точность расчета заметно снижается при незначительном изменении по различным интервалам наработки числа неразрушенных изделий партии. Кроме того, получаются заниженные оценки вероятности безотказной работы изделий за весь период усеченных наблюдений.

Наиболее эффективные методы прогнозирования показателей долговечности изделий по многократно усеченным выборкам могут быть получены путем использования параметрических решений, предложенных в работах [4, 7], где рассматриваются способы нахождения оценок параметров закона распределения Вейбулла. Графо-аналитический способ обработки многократно усеченных выборок, основанный на принципах комбинаторного анализа, предложенный Джонсоном для вейбулловского закона распределения, использованный в работах [4, 5, 7], когда число отказавших изделий в выборке больше или равно 40 %, может быть распространен и на другие законы путем их выбора с помощью метода наименьших квадратов.

Случаи значительного усечения объема выборки, когда число отказавших изделий меньше 40 %, а также когда отказов не было вообще, рассмотрены в работе [1]. Однако методы, рассмотренные в этой работе, применимы соответственно при условиях, когда:

распределение ресурса подчинено закону Вейбулла, а коэффициент вариации известен из аналогов;

распределение ресурса детали подчинено нормальному закону, коэффициент вариации известен из аналогов, и задана доверительная вероятность.

Такая информация может быть задана при проектировании объекта, но не может быть определена экспериментально.

Поэтому упомянутая методика в расчетах не применима. Таким образом, наиболее актуальна проблема прогнозирования ресурса изделий, когда число отказавших изделий в выборке меньше 40 % и не известен коэффициент вариации.

Авторы данной работы не исключают применимости анализируемых методов и считают возможным использовать каждый из них при определенном соотношении отказавших и работоспособных изделий. Однако обилие методов и их отличительные особенности затрудняют выбор по пределам применимости, а сложный математический аппарат затрудняет применение этих методов в массовых расчетах и требует использования вычислительной техники с большой памятью, а также много машинного времени. Поэтому возникает необходимость в разработке упрощенного и универсального метода прогнозирования ресурса изделий при любом соотношении отказавших и работоспособных изделий, доступного инженерно-техническому персоналу любого ранга.

Ниже дано описание упрощенного метода прогнозирования ресурса изделий с применением номограмм.

При фиксированном значении гамма-процентного ресурса изделия t_γ , например, в случае нормального распределения при $\gamma = 0,8$ (80 %-ный ресурс) с увеличением коэффициента вариации σ возрастает и его средний ресурс t_{cp} в соответствии с формулами [10]:

$$t_\gamma = t_{cp} - u_\gamma \sigma; \quad (1)$$

при

$$\sigma = v t_{cp} \tag{2}$$

$$t_{cp} = \frac{t_1}{1 - u_1 v} \tag{3}$$

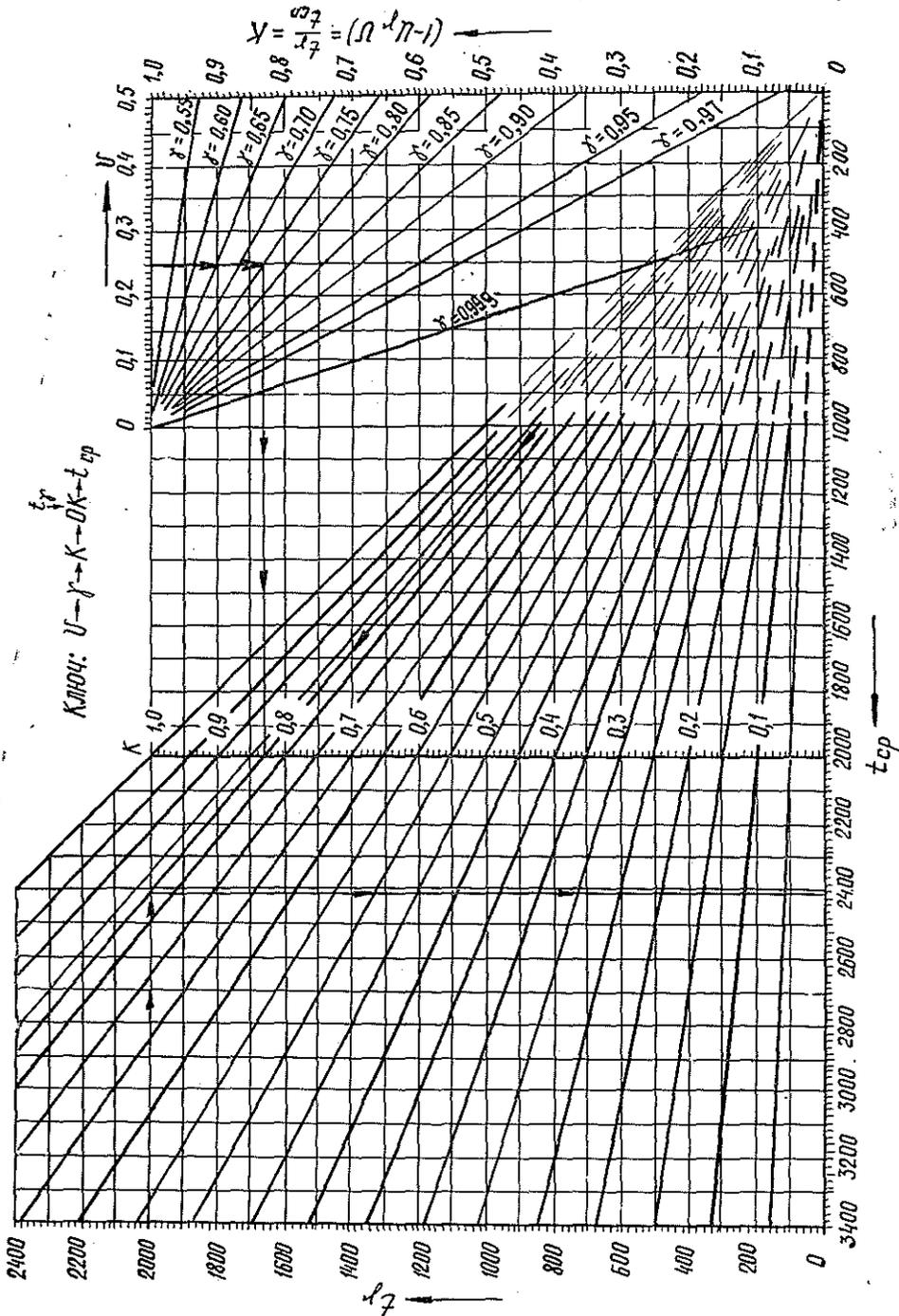


Рис. 1. Номограмма определения ресурса изделий (нормальный закон).

Выполненные по формуле (3) расчеты при $v \leq 0,5$ дают достоверные результаты для логарифмически нормального распределения и распределения Вейбулла [2], т. е. применимы для решения практических задач определения ресурса изделий.

Используя основы номографии [2], с учетом приведенных формул и таблиц квантилей нормального распределения u_γ [10] в зависимости от коэффициента вариации, мы разработали номограмму для прогнозирования ресурса изделий в случае, когда $v \leq 0,5$ и γ изменяется от 0,5 до 0,97, т. е. когда количество отказавших изделий составляет от 3 до 50 % общего числа наблюдаемых (рис. 1). Приведены ключ пользования номограммой и практический пример.

Для нахождения значений гамма-процентного и среднего ресурса в ином диапазоне, чем отмечено на номограмме, их значения нужно умножить на 10^n , где n — любое целое число, выбираемое в зависимости от порядка величины ресурсов. Аналогично следует поступать при повышении точности оценки. В этом случае должно соблюдаться условие: $n \geq 1$. Так, при коэффициенте вариации 0,25 и 75 %-ном ресурсе изделия ($\gamma = 0,75$), равном 2000 ч, средний его ресурс составит 2410 ч. Расчетное значение среднего ресурса изделия, определенного в соответствии с приведенными формулами, составило 2506 ч (ошибка не превысила 1 %).

В случае, когда $v \geq 0,5$, для прогнозирования ресурса изделий используется номограмма (рис. 2), разработанная в соответствии с таблицами [10] по изменениям параметров распределения Вейбулла.

Погрешность определения ресурса изделий по номограммам в исследуемых пределах не превышает 3 %.

Например, пусть восемь изделий из двадцати отказали при наработках 2756, 2850, 2920, 3002, 3263, 3310, 3600, 3879 ч. С помощью номограмм по незавершенным наблюдениям определены значения ресурса изделий (см. табл.) при наиболее вероятных значениях коэффициента вариации. Из таблицы видно, что наиболее вероятное значение среднего ресурса изделия равно 4000 ч (коэффициент вариации 0,25), так как экспериментальные значения гамма-процентной наработки вышедших из строя изделий близки к теоретическим.

Прогнозирование наиболее вероятного значения средней наработки до предельного состояния изделия

Номер изделия	Значение γ , которому соответствует вышедшее из строя изделие (в порядке нарастания наработки)	Экспериментальные значения гамма-процентных наработок изделия	Теоретические значения наработки (в числителе гамма-процентные, в знаменателе — средние), соответствующие определенному проценту вышедших из строя изделий и коэффициенту вариации			
			$v=0,2$	$v=0,25$	$v=0,3$	$v=0,35$
1	0,95	2756	2700/3950	2500/4000	2050/4020	1800/4100
2	0,90	2850	3050/3950	2800/4000	2700/4020	2300/4100
3	0,85	2920	3300/3950	3100/4000	2900/4020	2750/4100
4	0,80	3002	3420/3950	3360/4000	3300/4020	3000/4100
5	0,75	3263	3550/3950	3500/4000	3400/4020	3350/4100
6	0,70	3310	3650/3950	3550/4000	3450/4020	3400/4100
7	0,65	3600	3700/3950	3700/4000	3700/4020	3750/4100
8	0,60	3879	3879/3950	3879/4000	3879/4020	3879/4100

С помощью номограмм легко выполнить обратную операцию по определению гамма-процентного ресурса.

Распределение наработки до замены изделия имеет рассеивание с определенным коэффициентом вариации, поэтому нахождение ресурса заключается в предварительном поиске наиболее приемлемого для решения значения этого коэффициента по известным значениям гамма-процентной наработки каждого изделия до замены.

Определение ресурса изделий известными аналитическими методами многократного усечения требует значительных затрат времени.

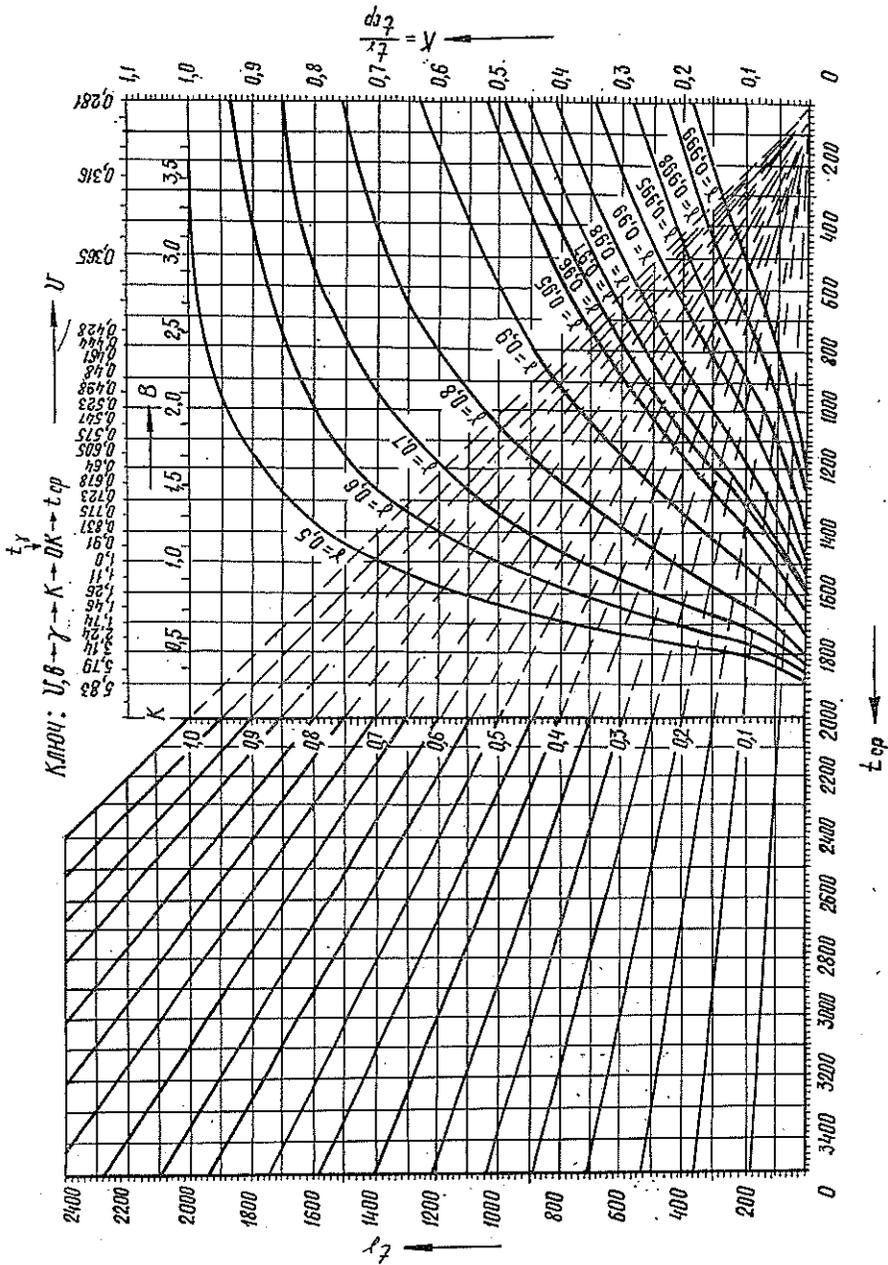


Рис. 2. Номограмма определения ресурса изделий (закон Вейбулла).

Номограммы предназначены для оперативной оценки характеристик ресурса и позволяют избежать сложных вычислений. Они могут быть использованы также на стадии проектирования для обоснования заданного уровня безотказности агрегатов и систем за установленный ресурс до их капитального ремонта. В этом случае при помощи коэффициента вариации следует задаваться рассеиванием ресурса изделия. Они могут быть применены также при нормировании гамма-процентного ресурса комплектующих изделий, устанавливаемых на тракторы.

В зависимости от поставленных задач по номограммам методом последовательного подбора коэффициента вариации можно определить как наиболее вероятные значения ресурсов изделий, так и границы, в которых лежат их значения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Величкин И. Н., Шейнина О. Н., Огульник Ю. М. Методы определения ресурсов деталей по результатам контрольных испытаний. — Тр. НАТИ, 1975, вып. 241. [2]. Гавра Д. Л. Основы номографии с примерами из машиностроения. — М.-Л.: Машгиз, 1962. [3]. Ильинский В. А. Оптимизация долговечности деталей трактора. — Тракторы и сельхозмашины, 1977, № 6. [4]. Лесозаготовительные машины и оборудование: Расчет и назначение норм надежности на стадии проектирования. РТМ 1311—4—73. — Химки: ЦНИИМЭ, 1974. [5]. Макаров Ю. С., Нормухамедов Б. Ф. К вопросу о прогнозировании надежности деталей и узлов автомобилей. — Автомоб. пром-сть, 1969, № 4. [6]. Методика выбора количества изделий для ресурсных испытаний и оценки достоверности их результатов. — М.: ОНТИ—НАТИ, 1972. [7]. Методика определения показателей долговечности и оценка их достоверности по результатам незавершенных испытаний или эксплуатационных наблюдений. — М.: ОНТИ—НАТИ, 1974. [8]. Федоровский В. С., Белостокский Б. Г. К вопросу оценки показателей надежности изделий электрооборудования автомобилей по результатам усеченных испытаний. — Автотракторное электрооборудование, 1969, вып. 4. [9]. Шейнина О. Н. Метод полноценного использования объема выборки для определения показателей надежности. — Качество, стандарты, метрология, 1971, вып. 50. 10. Шор Я. Б., Кузьмин Д. И. Таблицы для анализа и контроля надежности. — М.: Сов. радио, 1968.

Поступила 30 июня 1980 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.047 : 630*812

О РАСЧЕТЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ПИЛОМАТЕРИАЛАХ
ПРИ АСИММЕТРИЧНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ВЛАЖНОСТИ
В ПРОЦЕССЕ СУШКИ

Б. Н. УГОЛЕВ

Московский лесотехнический институт

При расчете напряжений обычно полагают, что влажность по толщине доски во время сушки распределена симметрично. Такое допущение справедливо для однородных досок. В практике же часто встречаются смешанные ядрово-заболонные доски, для которых характерно асимметричное распределение влажности. Ранее [4] нами была сделана попытка решить асимметричную задачу. Однако в этой работе не в полной мере учтен эффект перерождения деформаций и слишком схематизирован процесс удаления влаги.

На первой стадии сушки зависимость падения влажности \bar{W} от предела насыщения клеточных стенок $W_{\text{нн}} = 30\%$ по толщине доски $2R$ можно аппроксимировать ломаной линией.

Следовательно, в общем случае (рис. 1) падение влажности можно выразить следующим образом:

$$\bar{W}_x = W_{\text{нн}} - W_x = \begin{cases} \frac{\bar{W}_{\text{н}_1}}{a-R} (x+a); & -R \leq x \leq -a; \\ 0; & -a \leq x \leq b; \\ \frac{\bar{W}_{\text{н}_2}}{R-b} (x-b); & b \leq x \leq R. \end{cases} \quad (1)$$

Модуль упругости линейно зависит от влажности

$$E = E_0 (1 + \beta \bar{W}), \quad (2)$$

где E_0 — модуль упругости (жесткость) при $W = W_{\text{нн}}$;
 β — коэффициент.

Тогда напряжения выражаются

$$\sigma = E_0 (1 + \beta_1 \bar{W}) (\alpha \Delta W - \gamma), \quad (3)$$

где $\alpha \Delta W$ — стесненная усушка;
 α — коэффициент усушки;

$\Delta W = W_0 - W_x$ — перепад влажности; $\Delta W = \bar{W}$ при $W = W_{\text{нн}}$.

Вводя $\beta_1 = \frac{\beta}{2}$, учитываем эффект перерождения деформаций [3].

По гипотезе плоских сечений функцию уравнивающей деформации $\gamma = f(x)$ принимаем прямолинейной

$$\gamma = -Kx + m. \quad (4)$$

Значения K и m получаем, используя оба условия равновесия:

$$\int_{-R}^{+R} \sigma dx = 0 \quad \text{и} \quad \int_{-R}^{+R} \sigma x dx = 0. \quad (5)$$

После ряда преобразований находим

$$K = \frac{\alpha \left[\beta_1^2 \left(\frac{BC}{6} - \frac{AD}{8} \right) - R \left(C + \beta_1 \frac{D}{2} \right) \right]}{4R^4 + \beta_1 \left(AR^3 + \frac{MR}{2} \right) + \beta_1^2 \left(\frac{AM}{8} - \frac{C^2}{12} \right)}; \quad (6)$$

$$m = \frac{\alpha \frac{A}{2} + \alpha \beta_1 \frac{B}{3} + K \beta_1 \frac{C}{6}}{2R + \beta_1 \frac{A}{2}},$$

где

$$A = \bar{W}_{n_1} (R - a) + \bar{W}_{n_2} (R - b);$$

$$B = \bar{W}_{n_1}^2 (R - a) + \bar{W}_{n_2}^2 (R - b);$$

$$C = \bar{W}_{n_2} (2R^2 - bR - b^2) - \bar{W}_{n_1} (2R^2 - aR - a^2);$$

$$D = \frac{\bar{W}_{n_2}^2 (6b^2R^2 - b^4 - 8bR^3 + 3R^4)}{(R - b)^2} - \frac{\bar{W}_{n_1}^2 (6a^2R^2 - a^4 - 8aR^3 + 3R^4)}{(R - a)^2};$$

$$M = \frac{\bar{W}_{n_1} (a^4 - 4aR^3 - 3R^4)}{R - a} + \frac{\bar{W}_{n_2} (b^4 - 4bR^3 + 3R^4)}{R - b}.$$

При $E_0 = 100$ МПа; $\beta_1 = 0,1$ 1/%; $\bar{W}_{n_1} = 15,6$ %; $\bar{W}_{n_2} = 13,2$ %; $\alpha = 0,003$ 1/%; $R = 25$ мм; $a = 9,5$ мм; $b = 19,25$ мм эпюра напряжений имеет вид, показанный на рис. 1. Наибольшие растягивающие напряжения — у правой пласти, хотя $\bar{W}_{n_2} < \bar{W}_{n_1}$. Как следует из положения прямой $\gamma = f(x)$, доска покоробится, и вогнутой окажется менее нагруженная левая ее пласти.

Из уравнений (1) — (6) можно получить формулу для расчета напряжений при симметричном распределении влажности. В этом случае $K = 0$; $\bar{W}_{n_1} = \bar{W}_{n_2} = \bar{W}_n$, $a = b$. Обозначив глубину зоны влагопроводности $R - a = R - b = c$ и градиент влажности $\frac{\bar{W}_n}{c} = Q$, находим напряжения у поверхности:

$$\sigma_n = \alpha E_0 (1 + \beta_1 \bar{W}_n) \bar{W}_n \left[1 - \frac{\bar{W}_n \left(1 + \frac{2}{3} \beta_1 \bar{W}_n \right)}{2RQ + \beta_1 \bar{W}_n^2} \right]. \quad (7)$$

Типичные закономерности изменения управляемых, т. е. зависящих от режима сушки, факторов (\bar{W}_n и Q) и их влияние на ход развития поверхностных напряжений показаны на рис. 2.

Полученные формулы использованы для сравнительного анализа напряжений в чисто ядровых, заболонных и смешанных до-

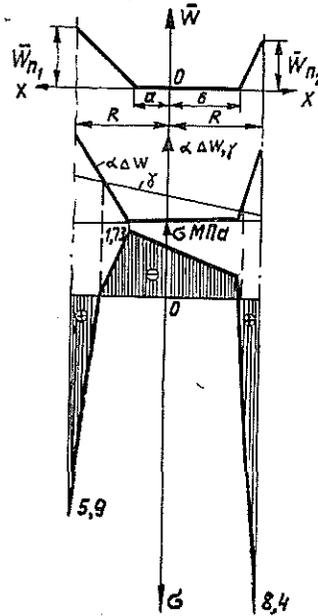


Рис. 1. Распределение падения влажности \bar{W} , стесненной усушки $\alpha \Delta W$, уравновешивающей деформации γ и напряжений σ по толщине доски.

τ ч	\bar{w}_n %	c мм	Q %/мм	σ_n МПа	$\sigma_{пр}$ МПа	$\frac{\sigma_{пр}}{\sigma_n}$	$\frac{\sigma_n'}{\sigma_n}$ МПа	$\frac{\sigma_{пр}}{\sigma_n'}$
Ядровая доска или смешанная (ядровая часть)								
2,0	$\frac{12,4}{-}$	$\frac{3,75}{-}$	$\frac{3,30}{-}$	$\frac{1,79}{1,64}$	$\frac{2,13}{-}$	$\frac{1,19}{1,29}$	$\frac{-}{1,89}$	$\frac{-}{1,13}$
5,0	$\frac{14,0}{-}$	$\frac{5,00}{-}$	$\frac{2,80}{-}$	$\frac{2,03}{1,78}$	$\frac{2,28}{-}$	$\frac{1,12}{1,28}$	$\frac{-}{2,14}$	$\frac{-}{1,07}$
10,0	$\frac{14,8}{-}$	$\frac{9,50}{-}$	$\frac{1,56}{-}$	$\frac{1,93}{1,56}$	$\frac{2,35}{-}$	$\frac{1,21}{1,50}$	$\frac{-}{2,17}$	$\frac{-}{1,08}$
20,0	$\frac{15,6}{-}$	$\frac{15,50}{-}$	$\frac{1,01}{-}$	$\frac{1,72}{1,36}$	$\frac{2,42}{-}$	$\frac{1,40}{1,79}$	$\frac{-}{2,04}$	$\frac{-}{1,19}$
23,5	$\frac{15,8}{-}$	$\frac{17,25}{-}$	$\frac{0,92}{-}$	$\frac{1,67}{1,34}$	$\frac{2,44}{-}$	$\frac{1,44}{1,82}$	$\frac{-}{1,96}$	$\frac{-}{1,23}$

Заболонная доска или смешанная (заболонная часть)

2,0	$\frac{4,0}{-}$	$\frac{0,25}{-}$	$\frac{16,0}{-}$	$\frac{0,50}{0,63}$	$\frac{1,38}{-}$	$\frac{2,76}{2,18}$	$\frac{-}{0,43}$	$\frac{-}{3,19}$
5,0	$\frac{8,0}{-}$	$\frac{1,25}{-}$	$\frac{6,4}{-}$	$\frac{1,10}{1,21}$	$\frac{1,74}{-}$	$\frac{1,59}{1,43}$	$\frac{-}{0,96}$	$\frac{-}{1,81}$
10,0	$\frac{10,0}{-}$	$\frac{2,75}{-}$	$\frac{3,6}{-}$	$\frac{1,39}{1,73}$	$\frac{1,92}{-}$	$\frac{1,39}{1,11}$	$\frac{-}{1,20}$	$\frac{-}{1,59}$
20,0	$\frac{13,2}{-}$	$\frac{5,75}{-}$	$\frac{2,3}{-}$	$\frac{1,84}{2,15}$	$\frac{2,20}{-}$	$\frac{1,19}{1,02}$	$\frac{-}{1,51}$	$\frac{-}{1,46}$
23,5	$\frac{13,6}{-}$	$\frac{7,50}{-}$	$\frac{1,8}{-}$	$\frac{1,81}{2,12}$	$\frac{2,25}{-}$	$\frac{1,25}{1,06}$	$\frac{-}{1,52}$	$\frac{-}{1,48}$

Примечание. В числителе указаны значения σ_n и $\frac{\sigma_{пр}}{\sigma_n}$ для чисто ядровых или заболонных досок, в знаменателе — значения σ_n , $\frac{\sigma_{пр}}{\sigma_n}$, σ_n' и $\frac{\sigma_{пр}}{\sigma_n'}$ для ядровой или заболонной части смешанных досок.

сках. В таблице представлены результаты расчетов для сосновых досок толщиной 50 мм при сушке по I ступени режима 4 В ($T_c = 69^\circ\text{C}$; $\varphi = 0,79$). Поля влажности, рассчитанные по разработанной Н. В. Скура-

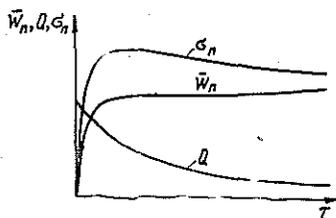


Рис. 2. Типичный характер изменения падения влажности \bar{w}_n , градиента влажности Q и напряжений σ_n у поверхности доски во время сушки.

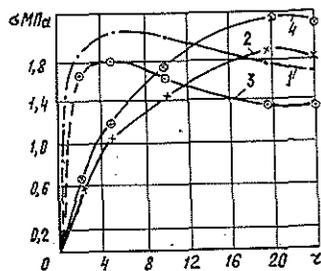


Рис. 3. Изменение напряжений на поверхности досок.

1 — ядровая доска; 2 — заболонная; 3 — ядровая часть смешанной доски; 4 — заболонная часть смешанной доски ($\alpha = 0,0028$ 1%; $E_0 = 39,15$ МПа; $\beta_1 = \frac{\beta}{2} = 0,037$ 1%; $R = 25$ мм).

товым методике [2], аппроксимированы ломаными линиями. При разном времени сушки τ определены величины \bar{W}_n , c и Q для ядровых досок с $W_{нач} = 40\%$ и заболонных с $W_{нач} = 80\%$. Принято, что левая половина смешанной доски состоит из ядра, а правая — из заболони, и поля влажности на каждой ее половине такие же, как в чисто ядровых и заболонных досках.

Как следует из данных таблицы и рис. 3, в смешанной доске максимальные напряжения у заболонной пласти на 20% больше, чем у ядровой, и больше по сравнению с чисто ядровыми и заболонными досками.

Для установления запаса прочности определены отношения $\frac{\sigma_{пр}}{\sigma_n}$. Пределы прочности древесины сосны на растяжение поперек волокон в тангентальном направлении при $T = 69^\circ \text{C}$ найдены по уравнению

$$\sigma_{пр} = 1,02 + 0,09 \bar{W}. \quad (8)$$

Наименьший запас прочности оказался у заболонной пласти смешанной доски через 20 ч сушки. У зажатых в штабеле смешанных досок коробление не реализуется. Возникающие в этом случае напряжения σ'_n можно вычислить по формулам (1), (3), (4), (6), считая $K = 0$. При сушке зажатых досок значительно снижаются напряжения и повышается запас прочности у заболонных пластей. При этом, однако, возрастают напряжения и снижается запас прочности у радиальных пластей.

Полученные формулы позволяют выявить влияние основных факторов на значения напряжений. Для более точных расчетов, учитывающих влияние всех факторов (различное соотношение ядровой и заболонной части; история нагружения; увеличение жесткости при разгрузке и др.), следует использовать многостержневую модель доски.

Сечение доски представляем в виде системы из n стержней равной толщины a , связанных по концам. Длина каждого стержня соответствует ширине доски. Напряжения в каждом i -том стержне

$$\sigma_i = E_i (\alpha \Delta W_i - \gamma_i). \quad (9)$$

Уравновешивающая деформация определяется по уравнению

$$\gamma_i = m - (i - 1) Ka. \quad (10)$$

Значения m и K можно получить, используя условия равновесия:

$$\sum_{i=1}^n \sigma_i = 0; \quad \sum_{i=1}^n \sigma (i - 1) a = 0. \quad (11)$$

Напряжения на всем протяжении процесса сушки целесообразно вычислять с помощью ЭЦВМ, используя пошаговый метод расчета. Напряжения на каждом шаге расчета j находим по формуле

$$\sigma_i^j = \sigma_i^{j-1} + \delta \sigma_i^j. \quad (12)$$

Приращение напряжений в данном слое i' составляет

$$\delta \sigma_{i'}^j = \alpha E_{i'}^j [\delta \Delta W_{i'}^j - m^j + (i' - 1) Ka], \quad (13)$$

где
$$K^j = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{E}_i^j \delta \Delta W_i^j \sum_{i=1}^n (i-1) \bar{E}_i^j - \sum_{i=1}^n (i-1) \bar{E}_i^j \delta \Delta W_i^j \sum_{i=1}^n \bar{E}_i^j}{a \left\{ \sum_{i=1}^n (i-1)^2 \bar{E}_i^j \sum_{i=1}^n \bar{E}_i^j - \left[\sum_{i=1}^n (i-1) \bar{E}_i^j \right]^2 \right\}};$$

$$m^j = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{E}_i^j \delta \Delta W_i^j + K^j a \sum_{i=1}^n (i-1) \bar{E}_i^j}{\sum_{i=1}^n \bar{E}_i^j};$$

$$\bar{E}_i^j = \frac{E_i^{j-1} + E_i^j}{2}; \quad \delta \Delta W_i^j = \Delta W_i^j - \Delta W_i^{j-1} = \bar{W}_i^j - W_i^{j-1}.$$

Из общей формулы (13) можно получить выражение для определения напряжений при симметричном распределении влажности

$$\delta \sigma_{i'}^j = \alpha \bar{E}_i^j \left[\delta \Delta W_{i'}^j - \frac{\sum_{i=1}^n \bar{E}_i^j \delta \Delta W_i^j}{\sum_{i=1}^n \bar{E}_i^j} \right]. \quad (14)$$

Эту формулу уже используют для анализа напряженного состояния пиломатериалов и разработки рациональных режимов сушки [1, 5, 6].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Серговский П. С., Уголев Б. Н., Скуратов Н. В. Внутренние напряжения и режимы сушки древесины. — В кн.: Актуальные направления развития сушки древесины: Тез. докл. всесоюз. конф. Архангельск, 1980, с. 63—72. [2]. Скуратов Н. В. Расчет полей влажности пиломатериалов при многоступенчатых режимах сушки. — М.: Деревообраб. пром-сть, 1979, № 8, с. 11—12. [3]. Уголев Б. Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке. — М.: Лесн. пром-сть, 1971. — 174 с. [4]. Уголев Б. Н. Анализ влияния макроструктуры древесины на подверженность пиломатериалов растрескиванию. — Науч. тр./ Моск. лесотехн. ин-т, 1973, вып. 56, с. 102—108. [5]. Уголев Б. Н., Лапшин Ю. Г., Кротов Е. В. Контроль напряжений при сушке древесины. — М.: Лесн. пром-сть, 1980. — 206 с. [6]. Уголев Б. Н. Особенности деформирования древесины и методы расчета напряжений при сушке: Сборник материалов III Международного симпозиума по фундаментальным исследованиям древесины. ГДР, Грилленбург, 1980, с. 115—116.

Поступила 2 марта 1981 г.

УДК 674.05/59

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИКЛОИДАЛЬНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ В ПРИВОДАХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

В. К. ЛОБАСТОВ

Брянский технологический институт

В деревообрабатывающих станках для преобразования вращательного движения ведущего звена в поступательное движение рабочего органа применяют кривошипно-шатунный механизм. Он используется в лесопильной раме, шпонастрогальных и древошерстных станках и т. д. Недостатки такого механизма: 1) отсутствие возможности уравнивания сил инерции и момента сил инерции; 2) отсутствие возможности повышения производительности станка за счет увеличения числа двойных ходов рабочих органов.

Одно из перспективных направлений повышения производительности деревообрабатывающих станков — применение циклоидальных исполнительных механизмов в качестве приводов [1—3].

В Брянском технологическом институте проводятся работы по созданию основ теории проектирования деревообрабатывающих станков с приводом от циклоидальных исполнительных механизмов. Так, например, решены вопросы оптимального выбора кинематических и геометрических параметров лесопильных рам и шпонострогальных станков [1, 3]. Бесшатунные передвижные лесопильные рамы приняты к серийному выпуску на Новозыбковском станкостроительном заводе (Брянская обл.), а шпонострогальные станки с приводом от планетарной гипоциклической передачи будут внедрены на предприятиях объединения «Брянскмебель».

На рис. 1, а приведена схема механизма резания бесшатунной передвижной лесопильной рамы, состоящего из двух планетарных гипоциклических передач, которые включают солнечное колесо 1, водило 2 с противовесом, сателлит 3, шкив ременной передачи 4, рычаг 5 с противовесом, шаровую опору 6, нижнюю поперечину 7, пильную рамку 8, направляющие 9. Планетарные гипоциклические механизмы работают синхронно, обеспечивая возвратно-поступательное прямолинейное или

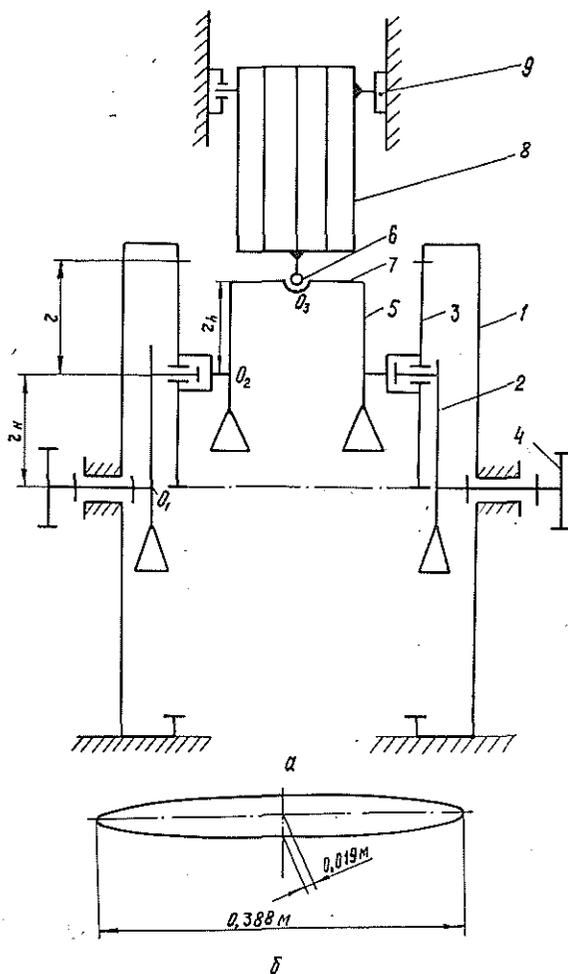


Рис. 1.

по эллиптической траектории движение пильной рамки, рабочие участки которой близки к прямой (рис. 1, б). Возвратно-поступательное прямолинейное движение рамки бесшатунной лесопильной рамы обеспечивается при $r_H = r_h = r$ (рис. 1, а), где r_H — радиус водила 2; r_h — радиус выходного звена 5; r — радиус начальной окружности сателлита 3. Если $r_h < r_H$, то пильная рамка бесшатунной лесопильной рамы движется по эллиптической траектории, что дает возможность отводить ее от дна пропила во время холостого хода.

На рис. 2 показана схема шпонострогального станка, созданного на основе планетарного гипоциклического механизма. Станок состоит из станины 1 с размещенным на ней приводом 2, который через редуктор 3 соединен с помощью муфт 4 с главными валами 5, установленными в подшипниках 6. На валах закреплены водила 7 двух симметрично расположенных планетарных исполнительных механизмов, включающих неподвижные зубчатые колеса 8, сателлиты 9, выходные звенья 10, с которыми сочленен суппорт 11, опирающийся на направляющие 12. Планетарные циклоидальные механизмы обеспечивают возвратно-поступательное движение суппорта. При этом необходимо, чтобы $r_H = r_h$ (где r_H и r_h — соответственно радиусы водила 7 и сателлита 9).

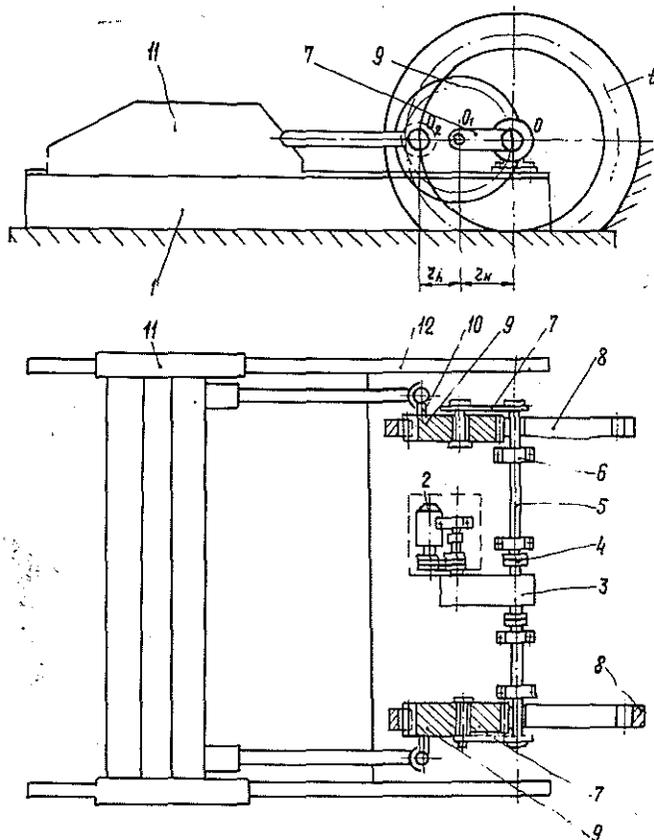


Рис. 2.

Уравнение эллиптической траектории движения пильной рамки бесшатунной лесопильной рамы в параметрической форме имеет вид

$$X_{O_3} = r_H [\sin \varphi - \lambda \sin (i_{23} \varphi)]; \quad (1)$$

$$Y_{O_3} = 2r_H - r_H [\cos \varphi + \lambda \cos (i_{23} \varphi)],$$

где φ — угол поворота водила 2;

$\lambda = \frac{r_h}{r_H}$ — параметр, определяющий положение точки O_3 на сателлите 3 (на уровне этой точки крепится пыльная рамка);

$i_{23} = \omega_3/\omega_2 = -1$ — передаточное отношение от колеса 3 к водилу 2.

С учетом равенств (1) перемещение пыльной рамки определим из уравнения

$$S_{O_3} = \sqrt{(X_{O_3})^2 + (Y_{O_3})^2} - (r_H - r_h). \quad (2)$$

Уравнение движения для точки O_2 сочленения суппорта шпонострогального станка с выходным звеном циклоидального исполнительного механизма (рис. 2) представим в виде

$$X_{O_2} = 2r_H - r_H [\cos \varphi + \cos (i_{97} \varphi)]. \quad (3)$$

Здесь φ — угол поворота водила 7;

$i_{97} = \omega_9/\omega_7 = -1$ — передаточное отношение от сателлита 9 к водилу 7 планетарного механизма (ω_7, ω_9 — соответственно угловые скорости водила 7 и сателлита 9).

Скорость резания бесшатуной лесопильной рамы, рабочий орган которой установлен в точке O_3 , определим из выражения:

$$V = \omega_H \sqrt{(\dot{X}_{O_3})^2 + (\dot{Y}_{O_3})^2}, \quad (4)$$

где $\dot{X}_{O_3}, \dot{Y}_{O_3}$ — производные X_{O_3}, Y_{O_3} по параметру φ ;

ω_H — угловая скорость водила планетарного механизма.

Подставив значения $\dot{X}_{O_3}, \dot{Y}_{O_3}$ из равенств (1) в выражение (4), получим

$$V_{O_3} = \omega_H r_H \sqrt{1 + \lambda^2 i_{23}^2 + 2\lambda i_{23} \cos [(i_{23} - 1) \varphi]} - \omega_H (r_H - r_h). \quad (5)$$

Ускорение пыльной рамки бесшатуной лесопильной рамы определим из выражения

$$a_{O_3} = \omega_H^2 r_H \sqrt{1 + (\lambda i_{23}^2)^2 - 2\lambda i_{23}^2 \cos [(i_{23} - 1) \varphi]} - \omega_H^2 (r_H - r_h). \quad (6)$$

Скорость резания шпонострогального станка с приводом от циклоидального механизма определим после дифференцирования выражения (3) по параметру φ

$$V_{O_2} = r_H \omega_H [\sin \varphi + i_{97} \sin (i_{97} \varphi)], \quad (7)$$

а уравнение для определения ускорения запишем в виде

$$a_{O_2} = r_H \omega_H^2 [\cos \varphi + i_{97}^2 \cos (i_{97} \varphi)]. \quad (8)$$

Предельные значения скорости резания рабочего органа деревообрабатывающего станка найдем из равенств

$$V_{max} = r_H \omega_H (1 + |\lambda i_{23}|);$$

$$V_{min} = r_H \omega_H (|\lambda i_{23}| - 1).$$

За расчетное значение скорости резания деревообрабатывающего станка можно принять среднее арифметическое

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{max}} + V_{\text{min}}}{2} = r_H \omega_H |\lambda i_{23}|. \quad (9)$$

По аналогии со скоростью предельные значения ускорений рабочего органа станка определим по зависимостям

$$a_{\text{max}} = r_H \omega_H^2 (1 + |\lambda i_{23}^2|);$$

$$a_{\text{min}} = r_H \omega_H^2 (|\lambda i_{23}^2| - 1).$$

Среднее значение ускорения рабочего органа станка, по которому определяют силу инерции, найдем из выражения

$$a_{\text{ср}} = \frac{a_{\text{max}} + a_{\text{min}}}{2} = r_H \omega_H^2 |\lambda i_{23}^2|. \quad (10)$$

С целью обоснования перспектив применения циклоидальных исполнительных механизмов в приводах деревообрабатывающих станков проведем сравнительный анализ скоростей и ускорений рабочих органов станков с различными приводами.

По полученным зависимостям (2), (5), (6) проведены расчеты для построения диаграмм движения пильной рамки бесшатунной лесопильной рамы с приводом от циклоидального исполнительного механизма со следующей характеристикой:

$$\omega_H = 29,3 \text{ 1/с}; r_H = 0,108 \text{ м}; r_h = 0,086 \text{ м}; i_{23} = -1; S_{O_3} = 0,388 \text{ м}.$$

Графики перемещений $S = f(\varphi)$, скоростей $V = f(\varphi)$ и ускорений $a = f(\varphi)$ для бесшатунной лесопильной рамы на рис. 3, а, б, в показаны сплошной линией. Здесь же пунктирной линией даны графики движения пильной рамки лесопильной рамы, созданной на базе центрального кривошипно-шатунного механизма, имеющего характеристику:

$$\omega_{\text{кр}} = 29,3 \text{ 1/с}; S_B = 0,388 \text{ м}; r_{\text{кр}} = 0,194 \text{ м}; \lambda_1 = \frac{l_{\text{ш}}}{r_{\text{кр}}} = 4.$$

Здесь S_B — ход пильной рамки лесопильной рамы;

$r_{\text{кр}}$ — радиус кривошипа кривошипно-шатунного механизма;

$l_{\text{ш}}$ — длина шатуна;

$\omega_{\text{кр}}$ — угловая скорость кривошипа.

Формулы для расчета перемещений скоростей и ускорений пильной рамки лесопильной рамы на базе кривошипно-шатунного механизма имеют вид

$$S_B = r_{\text{кр}} \left(1 - \cos \varphi + \frac{1}{2\lambda_1} \sin^2 \varphi \right);$$

$$V_B = \omega_{\text{кр}} r_{\text{кр}} \left(\sin \varphi + \frac{1}{2\lambda_1} \sin 2\varphi \right);$$

$$a_B = \omega_{\text{кр}}^2 r_{\text{кр}} \left(\cos \varphi + \frac{1}{\lambda_1} \cos 2\varphi \right),$$

где φ — угол поворота кривошипа.

Сравнительный анализ приведенных на рис. 3 графиков показывает, что максимальное значение ускорения пильной рамки лесопильной рамы на базе кривошипно-шатунного механизма в 1,4 раза больше ус-

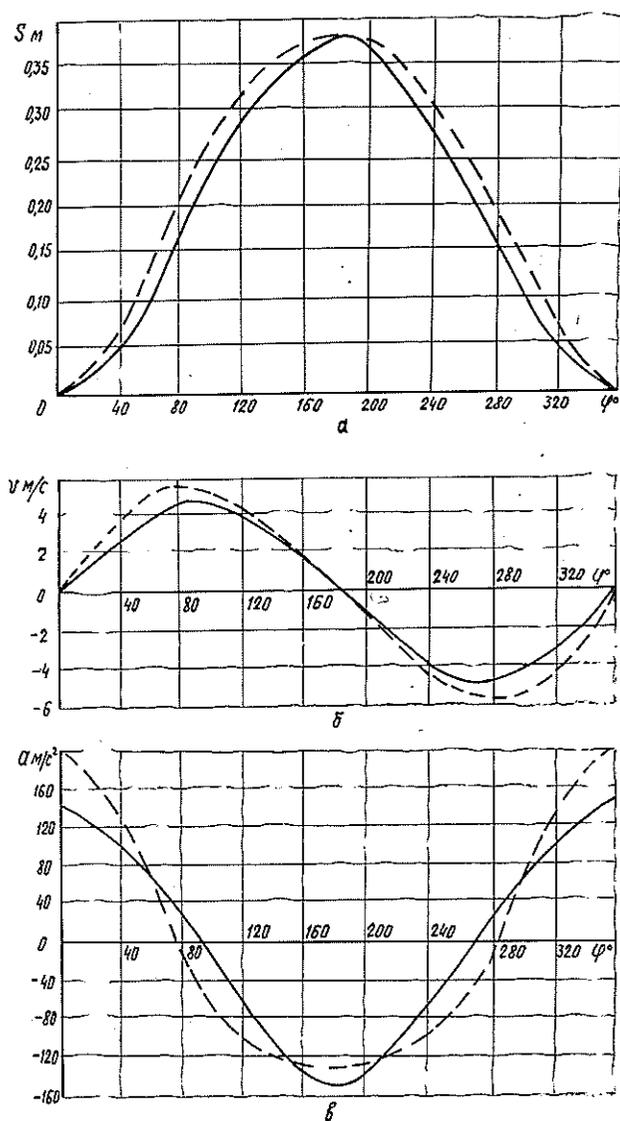


Рис. 3. Диаграммы движения рабочих органов лесопильных рам.

кореня рабочего органа бесшатуной рамы. Отсюда следует, что и силы инерции, действующие на пильную рамку бесшатуной лесопильной рамы, в 1,4 раза меньше по сравнению с рамой на базе кривошипно-шатунного механизма. Это позволяет сделать заключение о том, что в бесшатуной лесопильной раме можно увеличить число двойных ходов пильной рамки и ее производительность. Кроме того, в бесшатуной раме, благодаря наличию двух симметрично расположенных и синхронно работающих планетарных гипоциклических механизмов, можно уравновесить силы инерции и моменты сил инерции с помощью противовесов, что позволит увеличить число двойных ходов рабочего органа и производительность лесопильной рамы.

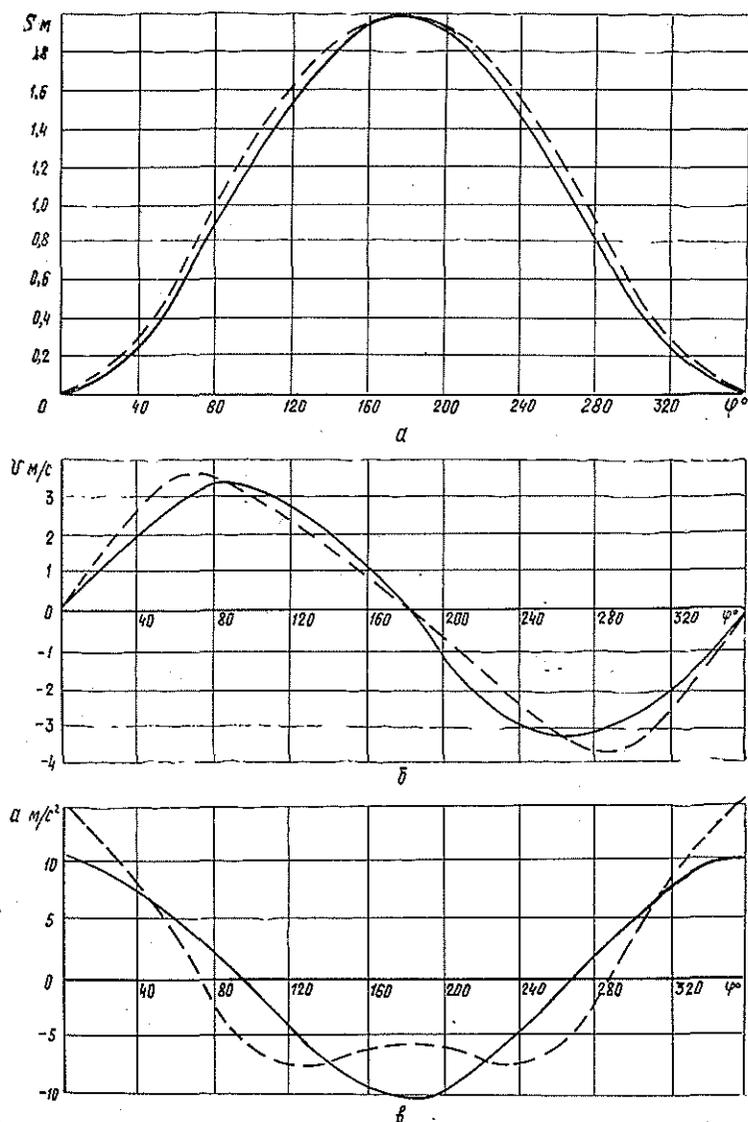


Рис. 4. Диаграммы движения суппорта шпонострогальных станков.

На рис. 4 сплошной линией показаны графики движения суппорта шпонострогального станка с приводом от циклоидального исполнительного механизма со следующей характеристикой:

$$\omega_H = 3,34 \text{ 1/с}; S_{O_2} = 2 \text{ м}; r_H = 0,5 \text{ м}; r_h = r = 0,5 \text{ м}; i_{97} = -1.$$

Расчет выполнен по формулам (3), (7), (8).

На рис. 4 пунктирной линией представлены графики движения суппорта шпонострогального станка, выполненного на базе внецентренного кривошипно-шатунного механизма, со следующими исходными данными:

$$\omega_{кр} = 3,34 \text{ 1/с}; S_B = 2 \text{ м}; r_{кр} = 1 \text{ м}; L_{ш} = 2,39 \text{ м}; e = 0,12 \text{ м}.$$

Расчеты производили по следующим зависимостям:

$$S_B = r_{кр} \left[\cos \varphi + \frac{1}{4\lambda_1} \cos 2\varphi + \frac{k}{\lambda_1} \sin \varphi + \lambda_1 + \frac{k^2}{\lambda_1} - \frac{1}{4\lambda_1} - \sqrt{(\lambda_1 + 1)^2 - k^2} \right];$$

$$V_B = r_{кр} \omega_{кр} \left[\left(\sin \varphi + \frac{1}{2\lambda_1} \sin 2\varphi \right) - \frac{k}{\lambda_1} \cos \varphi \right];$$

$$a_B = r_{кр} \omega_{кр}^2 \left[\left(\cos \varphi + \frac{1}{\lambda_1} \cos 2\varphi \right) - \frac{k}{\lambda_1} \sin \varphi \right],$$

$$\text{где } k = \frac{e}{r_{кр}}; \quad \lambda_1 = \frac{l_{ш}}{r_{кр}};$$

e — эксцентриситет механизма.

Анализ графиков $a = f(\varphi)$ (рис. 4) показывает, что максимальное значение ускорения рабочего органа шпонострогального станка с приводом от циклоидального механизма в 1,5 раза меньше максимального ускорения суппорта шпонострогального станка, выполненного на базе внецентренного кривошипно-шатунного механизма. Следовательно, силы инерции, действующие на суппорт шпонострогального станка с приводом от циклоидального механизма, в 1,5 раза меньше сил инерции, действующих на рабочий орган шпонострогального станка, выполненного на базе кривошипно-шатунного механизма. По аналогии с лесопильной рамой применение циклоидальных механизмов в приводах шпонострогальных станков позволяет уравновесить силы инерции и моменты сил инерции и повысить производительность станков за счет увеличения числа двойных ходов рабочих органов.

Все сказанное позволяет сделать заключение о перспективах применения циклоидальных исполнительных механизмов в приводах рабочих органов деревообрабатывающих станков.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лобастов В. К., Лукашенко А. И. Выбор оптимальных параметров планетарных и бипланетарных приводов деревообрабатывающих станков. — Деревооб. пром-сть, 1974, № 6. [2]. Лобастов В. К., Лукашенко А. И. К вопросу синтеза многопозиционных древошерстных станков с бипланетарным приводом исполнительного органа. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1975, № 2. [3]. Лобастов В. К. Некоторые вопросы анализа и синтеза планетарного и бипланетарного приводов исполнительных органов станков. — В кн.: Механика машин. М.: Наука, 1978, вып. 53.

Поступила 15 июля 1980 г.

УДК 620.192.7

К ВОПРОСУ О ПРОЧНОСТИ РАМНЫХ ПИЛ

В. В. СОЛОВЬЕВ, А. Р. МИХАЙЛОВА

Архангельский лесотехнический институт

Многочисленные исследования прочности пильных инструментов, основанные на классических теориях, свидетельствуют о достаточно высоких коэффициентах запаса прочности во всех точках полотна рамной пилы. Однако проблема разрушения пил остается актуальной.

Практика эксплуатации показывает, что разрыв полотна — заключительная фаза весьма длительного процесса разрушения, связанного с зарождением и устойчивым развитием магистральной трещины. Источники трещин — очаги накопления микроскопических дефектов в зубчатой кромке пилы.

В процессе заточки пилы слой развивающихся дефектов частично снимается и тем самым в некоторой мере уменьшается вероятность возникновения трещин. Это обстоятельство подтверждается и опытом использования рамных пил, оснащенных стеллитовыми наплавниками. Длительность работы таких пил между переточками значительно увеличивается, а вместе с тем возрастает и опасность появления трещин.

Возникновение дефектов в рамных пилах и последующее их развитие представляются, по-видимому, как неизбежный процесс. Поэтому долговечность пилы и ее безопасность в целом следует рассматривать с позиций скорости распространения трещиноподобного дефекта методами механики разрушения. В такой постановке решение задачи о повышении надежности предполагает не увеличение коэффициентов запаса прочности, а выявление факторов, влияющих на рост трещины. Скорость роста трещин зависит от ряда параметров. Для рамных пил наиболее существенны усилия монтажного натяжения, силы резания и их ориентация, геометрические параметры пил и их зубьев, свойства материала.

Данная работа посвящена изучению свойств материала, определяющих способность его сопротивляться развитию трещин.

В настоящее время в механике разрушения введен ряд характеристик, определяющих свойства материала [3]. Из них наиболее широко распространены две: K_{Ic} и K_{Ic} . Первая определяет критический коэффициент интенсивности напряжений при плоской деформации, вторая — при плоском напряженном состоянии. Вторая характеристика зависит от толщины образца [2, 4], и значения ее могут быть использованы лишь при соблюдении равенства между толщиной образца и рассчитываемого объекта.

Рамная пила в процессе работы испытывает плоское напряженное состояние, поэтому в данном случае определяем K_{Ic} . Как правило, вид деформации и форму образца принимают такими [4], для которых имеется решение механики разрушения.

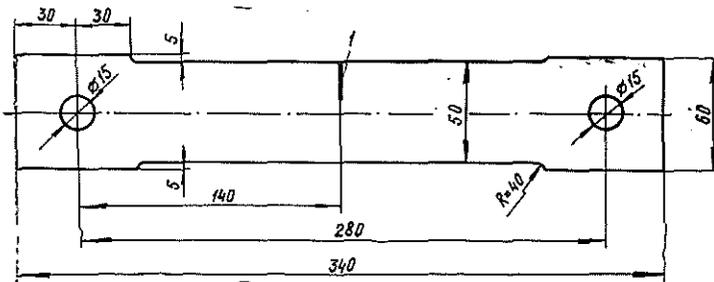


Рис. 1.

Принятые в данной работе форма и размеры образца из стали 9ХФ, используемой для изготовления рамных пил, представлены на рис. 1 (здесь l — сквозной надрез на глубину 20 мм). Искомую величину K_{Ic} определяли по формуле [4].

$$K_{Ic} = \frac{P\sqrt{\pi l}[1,11 + 5(l/B)^4]}{F(1 - l/B)},$$

где P — разрушающая нагрузка;
 F — площадь неослабленного сечения;
 B — ширина образца;
 l — критическая длина трещины, при которой разрушение происходит за счет накопленной упругой энергии.

Отношение l/B выбирали таким образом, чтобы в ослабленном сечении образца разрушающее напряжение не превосходило 0,8 от предела текучести материала [3]. Экспериментально определяли две величины: разрушающую нагрузку и критическую длину трещины.

Испытания проведены на 45 образцах. Образцы нагружали на машине ЦДМ-5. Разрушающую нагрузку фиксировали с точностью до 1 %, а длину трещины — с точностью до 0,01 мм. Значение K_c вычисляли для каждого образца, затем данные статистически обрабатывали по всей серии. Получены следующие результаты:

Среднее значение K_c	173 МПа · м ^{1/2}
Квадратичное отклонение σ	25,98 МПа · м ^{1/2}
Ошибка средней величины m	3,87 МПа · м ^{1/2}
Коэффициент вариации v	15,0 %
Показатель точности p	2,2 %

Разрушающее напряжение в сечении нетто для всех образцов оказалось не более 0,6 от предела текучести материала.

Химический и металлографический анализы выполнены для образцов с наибольшим отклонением K_c от среднего значения, а также для образца, имеющего значение $K_c = 171$ МПа · м^{1/2}, близкое к среднему. Результаты химического анализа представлены в таблице, а металлографического — на рис. 2 (увеличение в 450 раз).

Химический состав, %						
С	Si	Mn	Cr	Ni	V	Mo
0,82	0,25	0,56	0,6	0,20	0,22	0,22
0,82	0,14	0,56	0,66	0,15	0,20	—
0,82	0,23	0,56	0,5	1,15	0,20	—

Приведенные данные позволяют отметить, что химический состав стали всех образцов примерно совпадает и соответствует марке 9ХФ. Структура стали: мелкозернистые карбиды и троостит отпуска. Наибольшее влияние на вязкость разрушения, по-видимому, оказывает структурное строение материала. Так, в образце, имеющем наибольшее значение

$K_c = 218$ МПа · м^{1/2}, мелкие карбидные включения равномерно распределены по всей металлической основе (рис. 2, а). Образец, имеющий K_c , близкий к среднему, обладает также равномерным распределением более крупных карбидных включений (рис. 2, б). На рис. 2, в показано полосчатое распределение карбидов. Для этого образца вязкость разрушения оказалась наименьшей $K_c = 139$ МПа · м^{1/2}.

Следовательно, равномерное расположение мелкозернистых карбидов по металлической матрице наиболее благоприятно для повышения вязкости разрушения стали и соответственно усталостной прочности полотно рамных пил. Это обстоятельство подтверждается и другими исследованиями. В работе [1] указано, что увеличение размера зерна ведет к снижению динамического сопротивления разрушению и трещина распространяется легче.

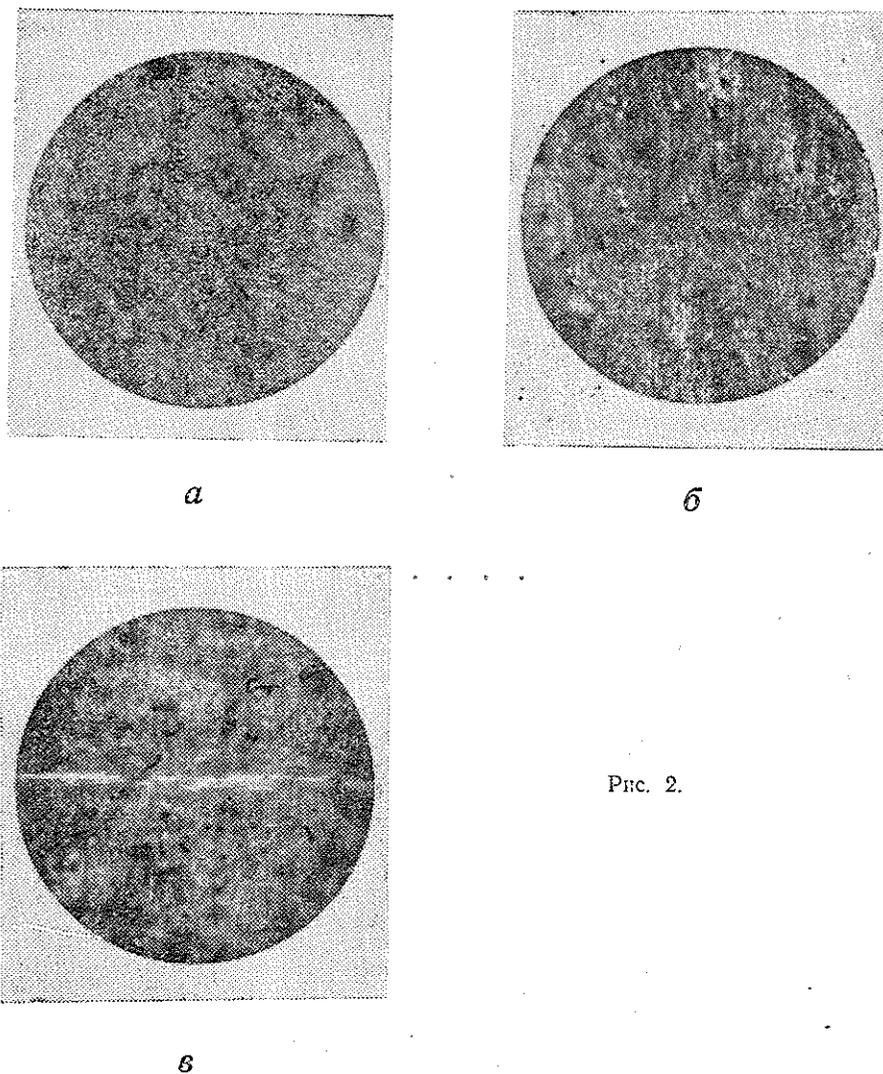


Рис. 2.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Буллок Дж., Смит Е. Влияние размера зерна и температуры на распространение и остановку разрушения обрывом в мягких сталях. — Новое в зарубежной науке. Сер. 25. Механика разрушения. — М.: Мир, 1981, с. 134—150. [2]. Нотт Дж. Ф. Основы механики разрушения. — М.: Металлургия, 1978. — 116 с. [3]. Партон В. З., Морозов Е. М. Механика упругопластического разрушения. — М.: Наука, 1974. — 416 с. [4]. Черепанов Г. П. Механика хрупкого разрушения. — М.: Наука, 1974. — 640 с.

Поступила 14 сентября 1981 г.

УДК 621.914.1 : 674.5

**К РАСЧЕТУ СИЛ УДАРА РЕЗЦА О ЗАГОТОВКУ
ПРИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ**

С. А. АПОСТОЛЮК, В. Е. ЮРИНЕЦ

Львовский лесотехнический институт,
Львовский государственный университет

При фрезеровании древесины значительный интерес для динамических исследований деревообрабатывающего оборудования представляет ударное воздействие резца о заготовку.

Цель нашей работы — аналитическое описание сил удара (импульсного удара), возникающего при контакте резца с заготовкой для случая фрезерования древесины. В качестве исследуемого объекта принят дереворежущий продольно-фрезерный станок С2Ф4.

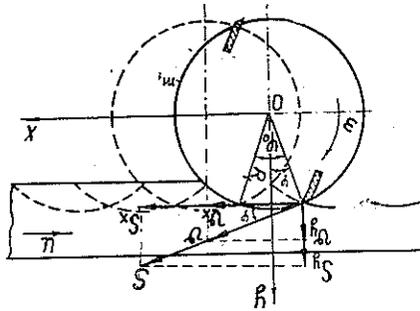


Рис. 1. Схема для расчета сил удара резца о заготовку.

Считая удар резца о заготовку неупругим и косым, на основании рис. 1 составим уравнения:

$$\begin{aligned}
 I_u(\omega_x - \omega'_x) &= S_x R_1; & I_u(\omega_y - \omega'_y) &= S_y R_1; \\
 M(u_x - u'_x) &= -S_x; & M(u_y - u'_y) &= -S_y; \\
 v'_x - u'_x &= k_0(v_x - u_x); & v'_y - u'_y &= k_0(v_y - u_y),
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

- где S_x, S_y — составляющие сил удара резца о заготовку, параллельные осям x и y ;
 R_1 — радиус инструмента;
 k_0 — коэффициент восстановления при косом ударе;
 $\omega_x, \omega_y, v_x, v_y$ — соответственно угловые и линейные скорости движения резца до удара;
 $\omega'_x, \omega'_y, v'_x, v'_y$ — соответственно угловые и линейные скорости движения резца после удара;
 u_x, u_y — составляющие скорости подачи заготовки до удара на оси x и y ;
 u'_x, u'_y — составляющие скорости подачи заготовки после удара, параллельные осям x и y ;
 M — общая масса заготовки и подающего приспособления;
 I_u — момент инерции режущего инструмента относительно центральной оси;

$$I_n = \frac{1}{2} m_1 R_1, \quad (2)$$

где m_1 — масса режущего инструмента.

По формуле [1]

$$k_0 = \left(1 - \frac{E_d}{E_p}\right) \operatorname{tg} \delta. \quad (3)$$

Здесь E_d — модуль упругости материала обрабатываемой заготовки (древесины);

E_p — модуль упругости материала резца;

δ — угол резания.

Поскольку подача заготовки происходит параллельно оси x , принимаем

$$u_x = u; \quad u_y = 0, \quad (4)$$

где u — скорость подачи заготовки.

С учетом выражений (2) и (4), уравнения (1) принимают вид

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} m_1 (v_x - v'_x) &= S_x & -\frac{1}{2} m_1 v_y &= S_y; \\ M(u - u'_x) &= -S_x; & -Mu'_y &= -S_y; \\ v'_x - u &= k_0 (v_x - u); & v'_y - u'_y &= k_0 v_y. \end{aligned} \quad (5)$$

В уравнениях (5) принято, что $v_x = \omega_x k_1$; $v_y = \omega_y k_1$. Из выражений (5) получаем составляющие сил удара, параллельные осям x и y

$$\begin{aligned} S_x &= \frac{m_1 M (1 - k_0) (v_x - u)}{2M + m_1}; \\ S_y &= \frac{m_1 M (1 - k_0) v_y}{2M + m_1}. \end{aligned} \quad (6)$$

Из рис. 1 определяем

$$\begin{aligned} v_x &= v \cos \varphi = \omega R_1 \cos \varphi; \\ v_y &= v \sin \varphi = \omega R_1 \sin \varphi, \end{aligned} \quad (7)$$

где ω — угловая скорость режущего инструмента;

$$\omega = \frac{\pi n_0}{30}. \quad (8)$$

Здесь n_0 — число оборотов инструмента;

φ — мгновенный угол поворота инструмента на дуге резания.

Поскольку ось y делит угол контакта резца с заготовкой φ_0 приблизительно пополам, принимаем $\varphi \approx \frac{\varphi_0}{2}$. С учетом выражения (2а) работы [3] получаем

$$\varphi = \frac{1}{2} \arcsin 2 \sqrt{\frac{H}{D}}, \quad (9)$$

где H — толщина снимаемого слоя древесины;

D — диаметр режущего инструмента.

Используя выражения (7)–(9), приведем уравнения (6) к виду:

$$S_x = \frac{m_1 M (1 - k_0) \left[\frac{\pi n_0}{30} R_1 \cos \left(\frac{1}{2} \arcsin 2 \sqrt{\frac{H}{D}} \right) - u \right]}{2M + m_1};$$

$$S_y = \frac{\pi n_0 m_1 M (1 - k_0) R_1 \sin \left(\frac{1}{2} \arcsin 2 \sqrt{\frac{H}{D}} \right)}{30 (2M + m_1)}.$$
(10)

Предварительные экспериментальные исследования показали, что из-за воздействия составляющих сил удара S_x и S_y вибрации заготовки и подающего приспособления возникают еще до начала резания. Поэтому при динамических исследованиях системы станок — инструмент — деталь в случае фрезерования древесины вместе с другими возмущающими силами следует учитывать и воздействие сил удара о заготовку. При изучении упругой системы станок — инструмент — деталь — приспособление (СИДП) более удобно пользоваться не силами удара, а импульсным ударом, возникающим при мгновенном контакте резца с обрабатываемой заготовкой.

Используя функцию Дирака [4], запишем составляющие импульсного удара, параллельные осям x и y , в виде:

$$S_{1x} = S_x \delta_1 (t - jt_0);$$

$$S_{1y} = S_y \delta_1 (t - jt_0),$$
(11)

где S_{1x} , S_{1y} — составляющие импульсного удара, параллельные осям x и y ;

$\delta_1 (t - jt_0)$ — функции Дирака;

j — количество ударов резца о заготовку;

t — текущее время;

t_0 — время между двумя ударами резца о заготовку;

t_2 — время холостого хода резца.

$$t_0 = t_1 + t_2.$$
(12)

Здесь t_1 — время резания одним резцом;

Из условия [1]

$$j = \begin{cases} 0 & \text{при } t < t_0; \\ \left[\frac{t}{t_0} \right] & \text{при } t \geq t_0. \end{cases}$$
(13)

Применяя уравнения Лагранжа II рода [2], получим уравнение колебательного движения динамической модели системы СИДП (рис. 2) под влиянием импульсного удара:

$$m_1 \ddot{x} + c_3 x = - S_x \delta_1 (t - jt_0);$$

$$m_1 \ddot{y} + c_1 y = - S_y \delta_1 (t - jt_0);$$

$$M \ddot{x}_1 - c_2 x_1 = S_x \delta_1 (t - jt_0) - \frac{M}{t_1} \dot{x}_1;$$
(14)

$$M \ddot{y}_1 - c_4 y_1 = S_y \delta_1 (t - jt_0) - \frac{M}{2t_1} \dot{y}_1;$$

$$m_1 R_1^2 \ddot{\Psi} = - S \delta_1 (t - jt_0) R_1,$$

где x , y , x_1 , y_1 — перемещения масс M и m_1 в вертикальном и горизонтальном направлениях;

c_1 , c_2 , c_3 , c_4 — вертикальные и горизонтальные жесткости систем инструмента и деталь — приспособление (рис. 2).

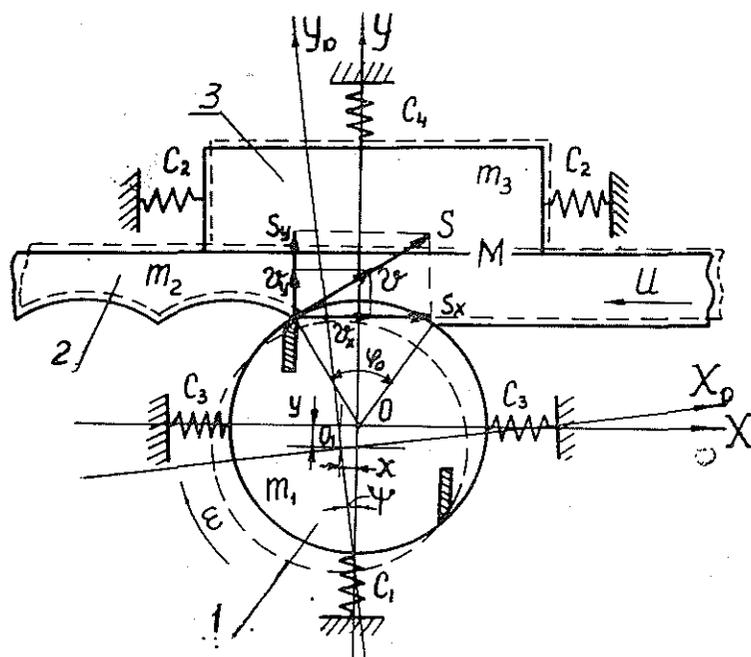


Рис. 2. Схема динамической модели системы СИДП.

1 — инструмент; 2 — обрабатываемая заготовка; 3 — подающее приспособление; m_1 — масса системы инструмента; m_2 — масса заготовки; m_3 — масса подающего приспособления; $M = m_2 + m_3$.

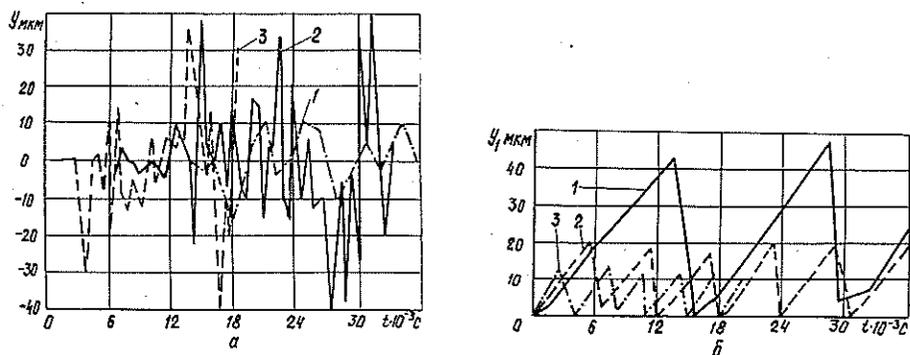


Рис. 3. График вертикальных вибраций систем инструмента (а) и деталь — приспособление (б), обусловленных импульсным ударом реза о заготовку при цилиндрическом фрезеровании древесины.

y — вибросмещения системы инструмента; y_1 — вибросмещения системы деталь — приспособление; t — время; 1 — 2000; 2 — 5000; 3 — 8000 об/мин.

Уравнения (10), (11) и (14) исследовали на ЭВМ М222.

Установлено, что силы удара реза о заготовку зависят от многих факторов, из которых основные число оборотов и масса основных узлов системы СИДП. С увеличением числа оборотов инструмента от 2000 до 8000 об/мин импульсный удар реза о заготовку возрастает в 4 раза, вследствие чего амплитуда вертикальных вибраций системы инструмен-

та увеличивается в 3,5 раза, а системы деталь — приспособление уменьшается почти в 2 раза. Под воздействием импульсного удара система деталь — приспособление, приподнявшись выше положения равновесия, колеблется с частотой $\frac{n_0 z}{60}$, обусловленной числом оборотов инструмента n_0 и числом соударяемых резцов z (рис. 3).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Апостолов С. А. К вопросу моделирования вибраций системы «станок—инструмент—деталь—приспособление» при фрезеровании древесины. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1978, № 6, с. 74—80. [2]. Б а б а к о в И. М. Теория колебаний. — М.: Наука, 1968. [3]. К р я ж е в Н. А. Фрезерование древесины. — М.: Гослесбумиздат, 1963. [4]. С т е п а н о в В. В. Курс дифференциальных уравнений. — М.: Физматгиз, 1959.

Поступила 1 декабря 1980 г.

УДК 624.001.4

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ

Л. А. ГУБЕНКО

Архангельский лесотехнический институт

В месте наличия порока (сучка) структура древесины значительно отличается от остальных участков. Вблизи сучка волокна искривлены (присучковый косослой). Исследования [1] показали, что при наличии сучка деревянный элемент с пороком можно разделить на три зоны: сучковую, присучковую и периферийную.

Необходимо оценить напряженное состояние элемента с учетом всех перечисленных особенностей строения древесины.

Точные методы решения задач о концентрации напряжений в районе различных включений, вырезов и подкреплений вокруг них не разработаны. Использование сеточных способов при сложной конфигурации элемента затруднено. Метод конечных элементов (МКЭ) — единственный пока метод, который проявляет «безразличие» к конфигурации, характеру краевых условий и законам изменения свойств среды.

Рассматриваемый элемент обладает криволинейной анизотропией, т. е. направление осей анизотропии меняется, и они могут ориентироваться под различными углами к главным осям координат.

Условная схема элемента с сучком показана на рис. 1.

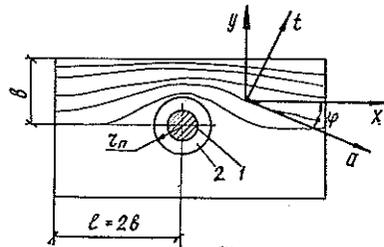


Рис. 1.

1 — сучок; 2 — присучковая зона.

Тангенс угла поворота продольного волокна к оси x определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = f(x, y) = \frac{(3x'/r_n)(y'/r_n)}{2(x'/r_n)^2 - (y'/r_n)^2 - 2(r'/r_n)^3},$$

где r_n — радиус присучковой зоны;

$$r' = \sqrt{(x')^2 + (y')^2};$$

$$x' = x; \quad y' = y_x + \left(\frac{y - y_x}{\zeta r_n}\right)^m \zeta r_n;$$

$$y_x = \begin{cases} \sqrt{r_n^2 - x^2}, & \text{если } x \leq r_n; \\ 0, & \text{если } x > r_n. \end{cases}$$

Пластину разбивали на конечные элементы с учетом неоднородности, наличия различных зон, криволинейной анизотропии. Число узлов — 770, элементов — 1428. Конечные элементы выбраны в виде треугольников, так как ими проще идеализировать область, имеющую криволинейные очертания.

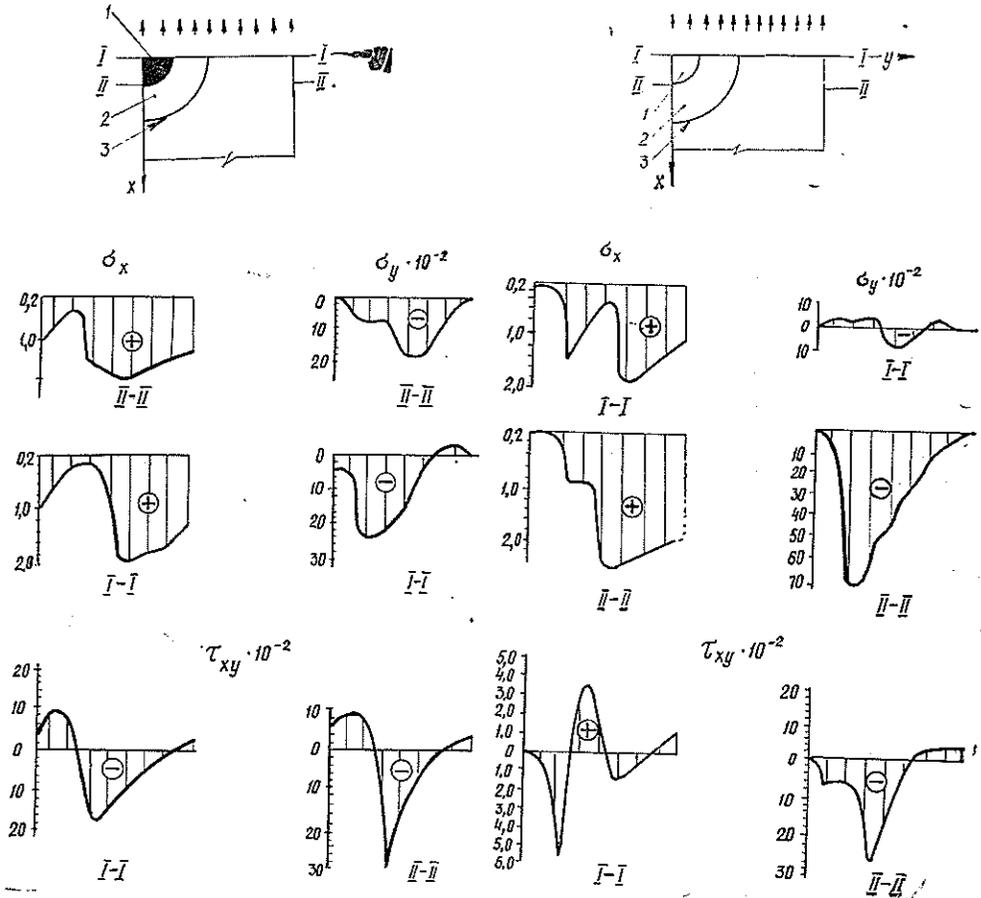


Рис. 2. Эпюры напряжений в элементе со сросшимся сучком.

1 — сросшийся сучок; 2 — присучковая зона; 3 — граница присучковой зоны.

Рис. 3. Эпюры напряжений в элементе с выпадающим сучком.

1 — выпадающий сучок; 2 — присучковая зона; 3 — граница присучковой зоны.

Числовые расчеты двух вариантов пластин со сросшимся и выпадающим сучками с относительными размерами $d_c/b = 1/4$ выполнены на ЭВМ ЕС-1030 с помощью типовой системы программ, в состав которой включена подпрограмма для определения угла φ искривления волокон.

В результате вычислений определены перемещения, деформации и напряжения во всех узлах и элементах системы. Эпюры напряжений σ_x , σ_y , τ_{xy} представлены на рис. 2, 3.

Из анализа эпюр следует, что учет криволинейности волокон и присучковой зоны дает отличную от традиционной картину распределения деформаций и напряжений. Максимальные напряжения смещаются от сучка, т. е. увеличиваются размеры области концентрации. Наличие присучковой зоны несколько сглаживает концентрацию напряжений.

Общий характер распределения напряжений в зоне сучка соответствует характеру разрушения сучковатого элемента. Исследования [2] показали, что разрушение элемента с сучком, как правило, происходит по присучковому косослою.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Губенко Л. А. Исследование твердости древесины с пороками. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 5, с. 133—134. [2]. Губенко Л. А. Оценка влияния некоторых пороков на несущую способность дощатых элементов строительных конструкций при растяжении: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. — Л.: ЛИСИ, 1980. — 18 с.

Поступила 16 февраля 1981 г.

УДК 674.049.2.001.57

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА БРИКЕТИРОВАНИЕ КОРЫ

П. М. КОЙКОВ, В. А. ТИМКИН

КирНИИЛП

В процессе прессования измельченных отходов окорки древесины в брикеты работа силы прессования расходуется на преодоление сил трения между материалом и стенками матриц, на деформацию частиц материала и на преодоление сил трения между частицами материала. Деформацию измельченных отходов окорки условно можно разделить на три этапа: 1) уплотнение прессуемого материала за счет ликвидации межчастичных пустот; 2) деформацию стенок клеток и сокращение объема пор; 3) деформацию древесинного вещества, которая при снятии давления моментально исчезает. Плотность брикетов ρ_b , кг/м³, может быть выражена следующим соотношением:

$$\rho_b = \frac{\rho_0}{1 - \epsilon_{отн}}, \quad (1)$$

где ρ_0 — плотность измельченных отходов окорки в насыпной мере, кг/м³;

$\epsilon_{отн}$ — относительная деформация.

Выражение (1) справедливо при условии равенства масс отходов окорки до прессования и готовых брикетов, что возможно при темпера-

туре нагрева прессуемого материала до 100 °С, т. е. до начала процесса пьезотермического разложения.

Плотность брикетов — основной показатель, определяющий качественную сторону процесса прессования, и является функцией многих переменных технологических факторов; последние взаимосвязаны и влияют на плотность комплексно. Поэтому для изучения режима прессования применен метод многофакторного планирования эксперимента с использованием плана типа B_5 , который на основании экспериментальных данных позволяет получить уравнение регрессии, отражающее зависимость плотности брикета от независимых переменных, в виде полинома второго порядка.

Исследования проводили на промышленном брикетном прессе Б-8230. Основные технические данные пресса: массовая подача — 1000—1400 кг брикетов в 1 ч; максимальное осевое усилие на пуансоне — 1 МН; максимальное удельное давление — 100 МПа; размер брикета — 160×68×30 мм; мощность привода — 55 кВт; масса пресса — 18 000 кг. В качестве независимых переменных выбраны следующие факторы: абс. влажность сырья; температура нагрева матриц; удельное давление прессования; длительность выдержки под давлением; размеры частиц сырья.

Уровни и интервалы варьирования независимых переменных установлены на основании результатов экспериментальных исследований, проведенных на лабораторном гидравлическом прессе ПГ-125. Методическая сетка лабораторных опытов приведена в табл. 1. Всего проведено 34 опыта.

Таблица 1

Исследуемый фактор	Численные значения исследуемого фактора	Численные значения постоянного фактора				
		Влажность сырья, %	Удельное давление прессования, МПа	Температура матриц, °С	Длительность выдержки под давлением, с	Средний размер частиц, мм
Влажность сырья, %	7; 10; 13; 16; 19; 22; 25; 28; 31; 34; 37; 40; 43	—	90	50	300	До 5
Удельное давление прессования, МПа	10; 30; 50; 70; 90	13	—	50	300	До 5
Температура матриц, °С	20; 50; 80	13	90	—	300	До 5
Длительность выдержки под давлением, с	60; 300; 600; 1800; 3600; 5400; 7200; 9000; 10 800	13	90	50	—	До 5
Средний размер частиц, мм	1,0; 3,5; 7,5; 20,0	13	90	50	300	—

В результате лабораторных исследований установлено, что брикеты плотностью выше 900 кг/м³ (при которой обеспечивается их транспортабельность) можно получить при варьировании независимых переменных в следующих пределах: влажность сырья — 6—22 %; удельное давление — выше 50 МПа; температура матриц — выше 20 °С; продолжительность выдержки под давлением — выше 300 с; размер частиц сырья — до 10 мм. Оптимальные значения этих факторов установлены в производственных условиях.

Уровни и интервалы варьирования независимых переменных при прессовании отходов на прессе Б-8230 приведены в табл. 2.

Влажность сырья измеряли при помощи переносного электрического влагомера ДИ-2М, тарированного по шкале «стружка». Температуру нагрева матриц пресса измеряли потенциометром типа КСПЗ и регулировали водяным охлаждением, предусмотренным конструкцией пресса.

Таблица 2

Показатель	Фактор				
	Влажность сырья, %	Удельное давление прессования, МПа	Температура матриц, °С	Продолжительность выдержки под давлением, с	Средний размер частиц, мм
Основной уровень (О)	20	70	50	300	7,5
Интервал варьирования (Е)	10	30	30	240	5,0
Верхний уровень (+1)	30	100	80	540	12,5
Нижний уровень (-1)	10	40	20	60	2,5

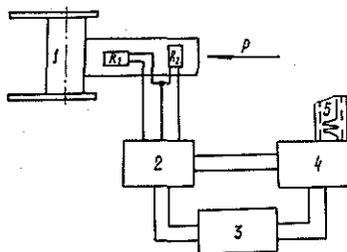
Давление прессования фиксировали установленными на шейке пуансона пресса тензодатчиками сопротивления типа ПБ, собранными в мостовую схему. Сигналы тензодатчиков воспринимались и усиливались универсальной тензометрической установкой УТС1-ВТ-12 и записывались светолучевым осциллографом НО41 на фотобумагу (рис. 1). Тарировку наклеенных на пуансон датчиков по величине сигнала в зависимости от осевого усилия производили на лабораторном гидравлическом прессе ПГ-125. В процессе испытаний удельное давление прессования (или осевое усилие) регулировали механизмом поджима верхней матрицы пресса.

Выдержку брикета под давлением осуществляли путем останова пресса в тот момент, когда исследуемый брикет находился на половине длины матричного канала пресса.

В процессе реализации выбранного плана выполнено 42 опыта. В каждом опыте 6 проб.

Рис. 1. Схема измерения осевых усилий на прессе Б-8230.

1 — пуансон; 2 — тензометрическая установка УТС1-ВТ-12; 3 — блок питания; 4 — осциллограф НО41; 5 — осциллограмма; R_1 и R_2 — тензорезисторы; P — осевое усилие.



По результатам опытов вычислена математическая модель процесса прессования, которая проверена на адекватность представления результатов по F-критерию Фишера при 5 %-ном уровне значимости и имеет вид:

$$\begin{aligned}
 y = & 864,2 - 57,8x_1 + 84,6x_2 + 66,0x_3 + 16,8x_4 - 36,4x_5 - \\
 & - 13,8x_1x_2 - 26,5x_1x_3 + 5,7x_1x_4 - 3,7x_1x_5 - 0,4x_2x_3 - 1,4x_2x_4 + \\
 & + 0,3x_2x_5 + 9,2x_3x_4 - 2,3x_3x_5 - 3,0x_4x_5 - 36,1x_1^2 - 75,1x_2^2 - \\
 & - 26,1x_3^2 - 5,6x_4^2 + 35,4x_5^2.
 \end{aligned} \quad (2)$$

Если брикеты предназначены для дальнейшего использования в качестве технологического сырья, то их не следует подвергать глубокой термической обработке с целью сохранения химического состава натурального исходного сырья (коры), и температура брикетируемого материала, а следовательно, и нагрева матриц, контактирующих с брикетами, не должна превышать 80—100 °С.

Из математической модели (2) видно, что наибольшее влияние на плотность брикетов оказывают влажность сырья и удельное давление прессования.

Совместное влияние влажности сырья x_1 и удельного давления прессования x_3 на плотность брикетов y исследовали на математической модели методом двумерных сечений. Все остальные переменные фиксировали на нулевых уровнях, т. е. температура нагрева матриц — 50 °С, длительность выдержки брикета под давлением — 300 с и средний размер частиц прессуемого сырья — 7,5 мм. Расчетное уравнение в кодированных обозначениях имело вид

$$y = 864,2 - 57,8x_1 + 66,0x_2 - 26,5x_1x_2 - 36,1x_1^2 - 26,1x_2^2. \quad (3)$$

Путем дифференцирования уравнения (3) и решения полученной системы уравнений определены координаты центра поверхности и показатель плотности в этом центре (рис. 2), который оказался равным 978,4 кг/м³. Далее уравнение (2) приводили к канонической форме, по нему построены линии в виде эллипсов, отражающие плотность брикетов (кг/м³).

Из рис. 2 видно, что оптимальное значение плотности (центр поверхности отклика) находится за пределами области исследований. Поэтому в этом центре следовало бы поставить серию опытов, но пресс Б-8230 развивает максимальное удельное давление только 100 МПа. Остальные двумерные сечения поверхности отклика по двум переменным факторам построены аналогичным образом.

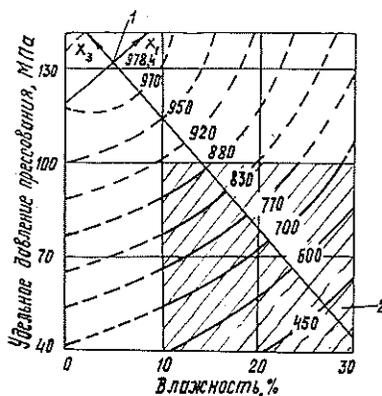


Рис. 2. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующей показатель плотности брикета, кг/м³, при температуре матриц 50 °С, длительности выдержки под давлением 300 с и среднем размере частиц 7,5 мм.

1 — центр поверхности отклика; 2 — область исследований.

Из анализа полученных двумерных сечений математической модели поверхности отклика установлены оптимальные переменные факторы: влажность — 11 %; температура нагрева матриц — 70 °С; удельное давление прессования — 100 МПа; длительность выдержки брикетов под давлением — 60 с; размер частиц — 2,5 мм.

Согласно полученной математической модели, при данных значениях переменных факторов должна получаться плотность брикетов, равная 1023,7 кг/м³.

По установленному режиму прессования проведены опытные заpressовки предварительно подсушенной до 11 % коры сплавной древесины ели на прессе Б-8230, работающем на поточной линии по производству брикетов из коры.

Получены следующие статистические показатели плотности брикетов: среднее арифметическое значение — 1013 кг/м³; число опытов — 17; среднее квадратичное отклонение — 45,9 кг/м³; средняя ошибка среднего арифметического — 11,3 кг/м³; коэффициент вариации — 4,53 %; показатель точности — 1,1 %.

Из полученных экспериментальных данных видно, что средняя плотность брикетов, спрессованных по заданному режиму, достаточно высока и близка к расчетной. Однако при проектировании новых конструкций брикетных прессов для брикетирования древесных материалов следует предусматривать более высокое значение удельного давления прессования.

Поступила 24 августа 1981 г.

УДК 630*812

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ НЕКОТОРЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВИДОВ И СОРТОВ ТОПОЛЕЙ В БЕЛОРУССИИ

И. К. ЯКУШЕНКО

Государственное заповедно-охотничье хозяйство «Беловежская пуца»

С 1961—1963 гг. в Белоруссии при нашем непосредственном участии ведутся работы по ведомственному сортоиспытанию тополей. На 12 участках, заложенных в различных почвенно-климатических районах республики [3], проходят испытание более 150 видов, форм, клонов и гибридов тополей советской и зарубежной селекции. В процессе сортоиспытания выделено около 20 перспективных видов и сортов. Особенно хорошо зарекомендовали себя в пойме рек Днепра и Припяти евроамериканские гибриды: брабантика клоны № 174, 175 и 176, тополь № 241, тополь № 415, робуста, бахелье, вернирубенс, мариландика клоны № 239 и 497 (из ГДР), гелерика и регенерата ф. эректа (из Венгрии), регенерата (из Польши), а также Вислицена (из Лесостепной опытной станции), гибрид А. С. Яблокова «Пионер»; средний годичный прирост в высоту всех этих тополей в 10-летнем возрасте составил 1,3—1,6 м.

За пределами речных пойм на пылевато-суглинистой почве, подстилаемой с глубины 0,8 м моренным суглинком (сортоиспытательный участок «Шемыслица»), наиболее быстрорастущими в 13-летнем возрасте (при среднем годичном приросте в высоту от 1,2 до 1,5 м) из секции черных тополей оказались: гелерика, робуста, бахелье, дельтовидный ф. виргинский, регенерата ф. эректа, гибрид черный × серотина 412/4 (из Венгрии) и гибрид «Пионер» (из ВНИИЛМа), а из секции бальзамических — гибрид ф. Копецкого волосистоплодный (латвийский клон).

Для исследования физико-механических свойств древесины новых перспективных селекционных сортов тополей мы отбирали модельные деревья и из них на высоте 1,3—3,3 м вырезали кряжи, из которых затем изготовляли образцы. Испытания проводили по ГОСТу 16483.0-22-70—73 на кафедре древесиноведения Белорусского технологического института (см. табл.).

Важный показатель, характеризующий быстроту роста по диаметру, — ширина годичных слоев; у разных видов и сортов тополей она колебалась в значительных пределах — от 7,3 до 11,5 мм. Тополь гелерика, регенерата ф. эректа, робуста, бахелье, дельтовидный ф. виргинский, гибриды волосистоплодный × корейский и черный × серотина имели особенно широкие годичные слои (от 8,4 до 11,5 мм). Осина, подмосковный и китайский тополя имели несколько меньшую (7,3—8,2 мм) ширину годичных слоев.

Физико-механические свойства древесины некоторых видов и сортов тополей и осины (при 15%-ной влажности)

Древесина	Число годовых слоев в 1 см	Плотность древесины, кг/м ³	Предел прочности, МПа				Сопротивление раскалыванию, 10 ³ Н/м			Статическая твердость, МПа				
			при сжатии вдоль волокон	при статическом изгибе	при скалывании в тангентальной плоскости	при скалывании в радиальной плоскости	в тангентальной плоскости	в радиальной плоскости	торцовая	тангентальная	радиальная			
Тополь:														
робуста	1,19	421 ± 4,7	31,2 ± 0,44	60,3 ± 0,66	7,0 ± 0,10	5,8 ± 0,10	8,2 ± 0,2	6,2 ± 0,2	20,4 ± 0,52	9,9 ± 0,61	8,9 ± 0,58			
бахелье	1,19	454 ± 4,2	36,5 ± 0,36	63,8 ± 1,11	9,1 ± 0,32	6,7 ± 0,12	8,6 ± 0,3	7,4 ± 0,2	25,2 ± 0,34	13,2 ± 0,98	12,3 ± 0,60			
дельговидный ф. виргинский	1,15	385 ± 5,1	30,0 ± 0,54	66,5 ± 1,07	7,1 ± 0,28	6,6 ± 0,10	9,4 ± 0,3	7,1 ± 0,3	19,7 ± 0,26	—	—			
черный X серотина	1,15	389 ± 3,4	26,7 ± 0,26	46,8 ± 1,18	7,0 ± 0,17	5,8 ± 0,15	7,2 ± 0,2	5,6 ± 0,1	17,4 ± 0,29	—	—			
регенерата ф. эректа	0,95	388 ± 1,6	24,0 ± 0,45	49,3 ± 0,93	7,6 ± 0,19	6,0 ± 0,14	9,0 ± 0,4	7,9 ± 0,3	23,5 ± 0,33	15,8 ± 0,70	15,0 ± 0,71			
гельрика	0,87	372 ± 3,7	22,1 ± 0,23	44,0 ± 0,40	6,6 ± 0,14	5,4 ± 0,11	7,3 ± 0,3	5,9 ± 0,1	20,5 ± 0,60	13,2 ± 0,91	11,3 ± 0,70			
волосистоплодный	1,10	370 ± 2,1	21,7 ± 0,41	39,2 ± 0,91	7,5 ± 0,24	5,9 ± 0,12	6,6 ± 0,2	5,3 ± 0,2	16,6 ± 0,20	8,3 ± 0,71	7,1 ± 1,00			
волосистоплодный X корейский	1,08	382 ± 4,2	25,6 ± 0,31	47,4 ± 0,72	5,4 ± 0,15	5,3 ± 0,16	5,8 ± 0,2	4,4 ± 0,1	18,0 ± 0,56	9,6 ± 1,74	8,8 ± 1,04			
подмосковный	1,30	390 ± 2,2	23,8 ± 0,23	46,3 ± 1,50	7,2 ± 0,29	4,9 ± 0,12	9,2 ± 0,7	7,3 ± 0,3	15,6 ± 0,29	—	—			
Максимовича	1,22	390 ± 2,1	26,5 ± 0,41	48,4 ± 0,74	6,4 ± 0,17	4,9 ± 0,10	7,5 ± 0,3	5,7 ± 0,2	18,5 ± 0,27	—	—			
китайский	1,28	430 ± 7,2	28,0 ± 0,45	54,2 ± 1,12	6,8 ± 0,19	5,6 ± 0,14	6,8 ± 0,2	5,0 ± 0,1	20,8 ± 0,72	9,5 ± 1,20	8,1 ± 1,86			
Осина	1,37	—	36,7 ± 0,53	55,6 ± 1,19	7,6 ± 0,16	—	8,9 ± 0,4	—	23,6 ± 0,71	—	—			

Плотность древесины также изменяется в связи с разновидностью тополя. У бахелье, робуста и китайского она на 7—12 % выше, чем у других видов и сортов (см. табл.).

Ряд авторов [6] в качестве эффективного критерия при отборе деревьев по физическим свойствам древесины предлагает использовать предел прочности ее при сжатии. По этому признаку на первом месте опять стоят бахелье, робуста, а также дельтовидный ф. виргинский. Этот показатель очень близок к пределу прочности для осины. У тополей секции бальзамических (волосистоплодный, гибрид волосистоплодный × корейский, подмосковный, Максимовича, китайский), а также у некоторых крупнослойных сортов секции черных (гельрика, регенерата ф. эректа, гибрид черный × серотина) эти показатели на 23—40 % ниже.

Для названных трех видов тополей предел прочности древесины при статическом изгибе на 10—41 % выше по сравнению с другими видами и сортами. Превышение над осинкой составляет от 7 до 16 %.

Предел прочности древесины при скалывании вдоль волокон в тангентальной плоскости наиболее высокий у следующих тополей: бахелье, регенерата ф. эректа, волосистоплодного, подмосковного, дельтовидного ф. виргинский, робуста и гибрида черный × серотина; в радиальной плоскости — у бахелье, дельтовидного ф. виргинский, регенерата ф. эректа, робуста и гибрида черный × серотина.

Наиболее высокое сопротивление раскалыванию вдоль волокон в тангентальной и радиальной плоскостях у древесины тополей: дельтовидного ф. виргинский, подмосковного, регенерата ф. эректа, бахелье и робуста.

Наибольшей статической твердостью как в торцовом, так в тангентальном и радиальном направлениях обладает древесина тополей: бахелье, регенерата ф. эректа, осины, гельрика, робуста и китайского.

Из приведенных показателей наименее изменчивы плотность (коэффициенты вариации — от 1,6 до 6,6 %), предел прочности при сжатии вдоль волокон (2,8—5,7 %), предел прочности при статическом изгибе (3,5—9,7 %); наиболее изменчивы скалывание и сопротивление раскалыванию в тангентальной и радиальной плоскостях и статическая твердость, коэффициенты вариации которых находились соответственно в пределах 5,9—12,1; 8,5—17,2 и 3,0—15,0 %.

Пределы прочности древесины тополей положительно коррелируют с плотностью. Коэффициент корреляции между плотностью и пределом прочности при сжатии вдоль волокон $r \pm m_r = 0,877 \pm 0,0667$ и между плотностью и пределом прочности при статическом изгибе $r \pm m_r = 0,653 \pm 0,1657$ и достоверен при отношении 13 и 4 к своей ошибке.

Исследованиями Д. Коларава [2] выявлено, что плотность древесины 10-летних тополей вернирубенс и бахелье в Болгарии на 19,8—23,6 % выше, а предел прочности на сжатие и изгиб — на 30,9—44,8 % выше, чем у других испытанных сортов. Причем на осушенных и сухих местообитаниях эти показатели несколько выше, чем на заливных.

Физико-механические свойства древесины изменяются также с возрастом. С увеличением возраста на два класса (с 10 до 30 лет) плотность и ряд других показателей древесины тополей канадского и черного повысились на 20 % [4].

Следовательно, исследования физико-механических свойств древесины 11 видов и сортов тополей и местной осины, выращиваемых на внепойменной пылевато-суглинистой почве, показали, что наиболее высо-

кокачественная древесина у евроамериканских тополей — бахелье, робуста, дельтовидного ф. виргинский. Обусловлено это наследственными особенностями, закодированными, как мы полагаем, в микроструктуре древесного волокна. Волокна этих тополей длиннее, с более плотными и упругими стенками. Различие сохраняется во всех исследованных возрастах. При этом наблюдается достоверное увеличение длины волокон с возрастом [1, 5]. По отдельным видам и сортам разница в длине в 2 и 10 лет составила от 0,45 до 0,73 мм. Наибольшей длиной волокна во всех исследованных возрастах выделяются робуста, бахелье, дельтовидный ф. виргинский, регенерата ф. эректа, евроамериканский № 214, волосистоплодный × корейский, гелърика. Осина (исключая деревья двухлетнего возраста) уступает им в длине волокна.

Кроме быстрого роста, повышенных физико-механических свойств древесины и увеличенной длины волокна эти тополя выделяются также более высоким содержанием в древесине целлюлозы (для тополя дельтовидного ф. виргинский — 53,6 %; робуста — 53,2; бахелье — 51,3; гибрида волосистоплодный × корейский — 52,1 %). Древесина осины и ели в тех же условиях местопроизрастания содержит целлюлозы соответственно 55,0 и 55,8 %.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Иванников С. П., Ростовцев С. А. Содержание целлюлозы и размеры древесного волокна у разных сортов тополей. — Лесн. хоз-во, 1965, № 5. [2]. Коларов Д. Структура и някои свойства на тополеватото дървесина. — Горско стопанство, 1975, 31, № 6 (болг.). [3]. Почвы Белорусской ССР. — Минск: Ураджай, 1974. [4]. Шаталов В. Г., Якимов И. В. Опыт разведения тополей и физико-механические свойства их древесины в условиях Цининского массива. — В кн.: Лесоводство, лесные культуры, охрана и защита леса. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1973. [5]. Якушенко И. К., Казанцев И. Я. Исследование длины волокна некоторых быстрорастущих древесных пород. — Лесохозяйств. информ., 1969, № 2. [6]. Harris J. Maddern, James R. N., Collins M. J. Case for improving wood density in radiata pine. — N. Z. J. Forest Sci., 1976, 5, N 3.

Поступила 7 января 1980 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 630*861.15

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ РАСХОДОМ СЕРЫ И САХАРА
НА ПОБОЧНЫЕ РЕАКЦИИ СУЛЬФИТНОЙ ВАРКИ ГЛЮКОЗЫ

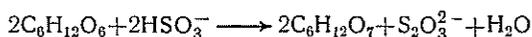
С. А. САПОТНИЦКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

При сульфитной варке древесины наряду с основными реакциями—сульфонированием и растворением лигнина, растворением и гидролизом гемицеллюлоз — протекают побочные реакции, в которых участвуют как соединения SO_2 , так и образующиеся моносахариды.

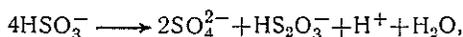
По данным Ю. Г. Бутко [1], расход серы на побочные реакции при сульфитной варке жесткой целлюлозы доходит до 13 % от общего ее содержания в шелоке, а при получении мягкой целлюлозы может увеличиться до 30 %.

Соединения SO_2 и моносахариды участвуют в побочных реакциях как совместно, например по схеме Хеглунда [4] (причем образующийся лабильный ион тиосульфата продуцирует ионы SO_4^{2-})

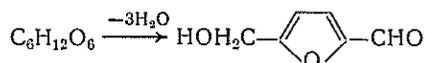


так и отдельно.

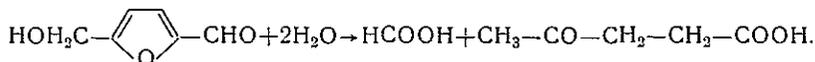
Например, для иона бисульфита [3, с. 274]



для гексоз при кислотной термообработке [2, с. 60]



и далее при достаточно агрессивных условиях



Образующаяся в последней реакции муравьиная кислота находится в растворе при равновесии кислотной и альдегидной форм и взаимодействует, как и сахара, по схеме Хеглунда [5]:



причем эта реакция протекает не только с ионом бисульфита, но и с любым соединением SO_2 .

Следовательно, на протяжении всего процесса сульфитной варки в растворе появляются различные новые соединения, в большинстве своем представляющие органические и минеральные кислоты.

Чтобы установить взаимосвязь между расходом серы и сахара на побочные реакции кислой сульфитной варки, мы провели варки глюкозы в стеклянных ампулах. Для композиционно-режимных параметров варок (см. табл.) характерны четыре переменных фактора: 1) природа оснований варочной кислоты — Na и Ca; 2) содержание связанного SO_2 — соответственно основанию 0,80 и 1,14 %; 3) температура варки — 120 и 140 °C; 4) продолжительность варки на конечной температуре — от 0 до 6 ч.

Характеристика раствора после сульфитной варки глюкозы

Продолжительность варки, ч	Содержание, %							
	глюкозы		непосредственно титруемого SO ₂		альдегидносвязанного SO ₂		суммы SO ₂	
	при температуре варки, °С							
	120	140	120	140	120	140	120	140
0	3,27	2,73	4,23	4,39	0,22	0,21	4,45	4,60
	2,90	2,47	4,09	4,27	0,34	0,31	4,43	4,58
2	2,92	1,83	4,09	2,98	0,22	0,15	4,31	3,13
	2,36	1,80	3,81	2,57	0,31	0,12	4,12	2,69
4	2,72	1,75	3,82	2,38	0,25	0,12	4,07	2,50
	2,16	1,64	3,72	2,10	0,30	0,12	4,02	2,22
6	2,47	1,62	3,72	1,89	0,25	0,12	3,97	2,01
	2,06	1,50	3,17	1,58	0,28	0,12	3,45	1,70

Примечание. В числителе данные для следующего исходного раствора: основание — Na, всего SO₂ — 5,4 %, связанного SO₂ — 0,8 %, глюкозы при 120 °С — 3,33 %, при 140 °С — 3,03 %; в знаменателе — для следующего исходного раствора: основание — Ca, всего SO₂ — 5,6 %, связанного SO₂ — 1,14 %, глюкозы — 3,00 %.

Содержание всего SO₂ в варочной кислоте составляло 5,4—5,6 %, глюкозы 3—3,33 %. Подъем до заданной температуры длился 30 мин. После окончания варки охлажденные ампулы вскрывали и в растворе определяли содержание оставшейся глюкозы, а также непосредственно титруемого (неиспользованного) и альдегидносвязанного SO₂. Разность между содержанием всего SO₂ в исходном растворе и суммой указанных соединений SO₂ в растворе после варки соответствовала расходу серы на побочные реакции.

Из данных таблицы следует, что во всех варках, кроме первой, проведенной в мягких условиях с одновалентным основанием, по мере увеличения продолжительности варки снижается содержание альдегидносвязанного SO₂.

На рис. 1 содержание альдегидносвязанного SO₂ выражено в функциональной зависимости от глюкозы, израсходованной на побочные реакции. При расходе сахара до 25—30 % сохраняется влияние природы основания варочной кислоты: в присутствии Ca-основания содержание SO₂ больше, чем в присутствии Na-основания. При этом в первом случае уже обнаруживается тенденция к падению, а во втором — к еще продолжающемуся возрастанию связывания глюкозы с ионами бисульфита.

При дальнейшем увеличении расхода глюкозы на побочные реакции происходит дестабилизация сахаробисульфитного соединения, которая вызвана резкой интенсификацией побочных реакций SO₂ и не зависит от природы основания варочной кислоты. Это видно, если в такой же функциональной зависимости выразить содержание SO₂, израсходованного на побочные реакции (рис. 2). В этом случае, несмотря на наличие четырех переменных факторов варки, все точки лежат в допустимой близости к нанесенной на график расчетной кривой, представляющей собой ветвь параболы. Для данных частных композиционно-режимных условий варок глюкозы эта парабола описывается уравнением

$$y = 0,02x^2 + 15.$$

Из этой зависимости следует, что для существенного снижения расхода серы на побочные реакции композиционно-режимные параметры кислой сульфитной варки должны обеспечить ограничение содержания

Рис. 1. Функциональная зависимость содержания альдегидносвязанного SO_2 в растворе после сульфитной варки глюкозы.

А — расход глюкозы на побочные реакции; Б — содержание альдегидносвязанного SO_2 ; 1 и 2 — для Na-основания варочной кислоты при температуре варки соответственно 120 и 140 °С; 3 и 4 — для Са-основания при температуре варки соответственно 120 и 140 °С.

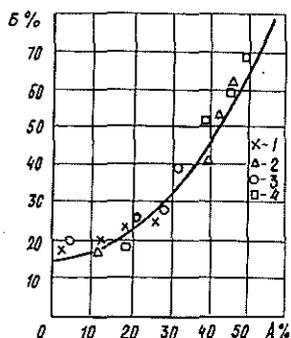
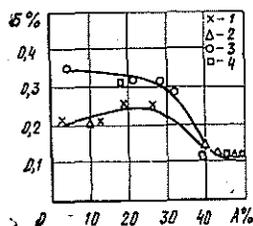


Рис. 2. Функциональная зависимость расхода SO_2 на побочные реакции сульфитной варки глюкозы.

А — расход глюкозы на побочные реакции; Б — расход SO_2 на побочные реакции; остальные обозначения те же, что и под рис. 1.

моносахаридов, участвующих в подобных реакциях, в пределах 25—30 % от присутствующих в растворе.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бутко Ю. Г. Разложение варочных растворов в процессе получения целлюлозы сульфитными способами: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. — Л., 1974. — 55 с.
 [2]. Корольков И. И. Перколяционный гидролиз растительного сырья. — М.: Лесн. пром-сть, 1978. — 263 с. [3]. Непенин Н. Н. Технология целлюлозы. Т. 1. — М.: Лесн. пром-сть, 1976. — 624 с. [4]. Hägglund E. Über den Einfluß von Bisulfit-Lösungen auf Zuckerarten bei höherer Temperatur. — Berichte, 1929, 62, S. 437—442.
 [5]. Hägglund E. Sulfitkochen mit Ablängen-Zurückführung. — Papier, 1953, N 3/4, S. 41—44.

Поступила 5 октября 1981 г.

УДК 678.6 : 541.127

КИНЕТИКА И МЕХАНИЗМ ОТВЕРЖДЕНИЯ КАРБАМИДНЫХ СМОЛ В ПРИСУТСТВИИ ИНИЦИАТОРОВ СВОБОДНО-РАДИКАЛЬНОГО ТИПА

Б. В. РОШМАКОВ, А. А. ЭЛЬБЕРТ

Ленинградская лесотехническая академия

При изучении кинетики и моделировании процесса отверждения карбамидных смол установлено [4], что лимитирующая стадия процесса — реакция взаимодействия метилольных групп, скорость которой можно увеличить, используя более эффективные катализаторы. В ра-

боте [6]) показано, что применение инициаторов свободнорадикального типа в качестве катализаторов ускоряет и углубляет процесс отверждения карбамидных смол по сравнению с хлористым аммонием.

Цель наших исследований — изучить кинетику и механизм отверждения карбамидоформальдегидных смол в присутствии инициаторов свободнорадикального типа.

Кинетику отверждения карбамидной смолы КФ-МТ исследовали по изменению количества метилольных групп и свободного формальдегида в процессе тепловой обработки при температурах 80 и 100 °С. В качестве катализатора использовали персульфат аммония в количестве 1 % от массы сухой смолы. Сумму метилольных групп и свободного формальдегида, содержание свободного формальдегида, а также порядок реакции и константы скорости реакций определяли по методикам, приведенным в работе [4].

Результаты приведены на рис. 1, 3. Количество метилольных групп в смоле (рис. 1) уменьшается с увеличением продолжительности тепловой обработки, количество же свободного формальдегида (рис. 3) сначала резко возрастает, а затем, достигнув максимума, снижается. Повышение температуры от 80 до 100 °С приводит к более резкому снижению как количества метилольных групп, так и свободного формальдегида.

Определение порядка реакции по метилольным группам (рис. 2) показало, что их количество уменьшается вначале по реакции первого порядка, а после первой и второй минут — по реакции второго порядка соответственно при 100 и 80 °С. Количество формальдегида после достижения максимального значения снижается по реакции второго порядка (рис. 4). По наклону прямых (рис. 2, 4) рассчитали экспериментальные константы скорости изменения количества метилольных групп и свободного формальдегида (табл. 1).

Таблица 1

Кинетические характеристики отверждения карбамидной смолы КС-68М в присутствии персульфата аммония

Реакция	Единица измерения	Константа скорости $K \cdot 10^{-2}$				E кДж/моль
		экспериментальная	теоретическая	экспериментальная	теоретическая	
$A \xrightarrow{K_1} 2C$	c^{-1}	0,36	0,35	0,922	0,917	58,2
$2C \xrightarrow{K_2} H$	л/моль · с	—	4,5	—	11,7	52,3
$A+A \xrightarrow{K_3} D$	„	0,05	0,05	0,151	0,157	62,7
$2C \xrightarrow{K_4} A$	„	0,56	0,56	2,00	2,00	69,7

Для моделирования процесса отверждения карбамидной смолы в присутствии персульфата аммония использовали полученные экспериментальные значения констант скорости и ранее разработанную [4] систему кинетических уравнений, описывающих процесс отверждения. В результате решения этой системы уравнений на аналоговой вычислительной машине МН-7 получили теоретические кривые изменения метилольных групп и свободного формальдегида при 80 и 100 °С (рис. 1, 3), определили теоретические константы скорости отдельных реакций процесса отверждения и на их основе рассчитали энергии активации этих реакций (табл. 1). Совпадение теоретических констант скорости и ки-

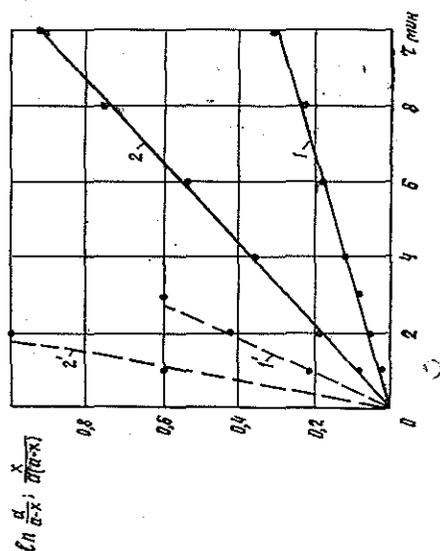


Рис. 2. Графическое определение порядка реакции и констант скорости изменения количества метилольных групп при отверждении карбамидной смолы.

$$1 \text{ и } 1' - 80^\circ\text{C}; 2 \text{ и } 2' - 100^\circ\text{C}; \dots 1' \text{ и } 2' - K = \frac{1}{\tau} \ln \frac{a}{a-x}; 1 \text{ и } 2 - K = \frac{1}{\tau} \frac{x}{a(a-x)}$$

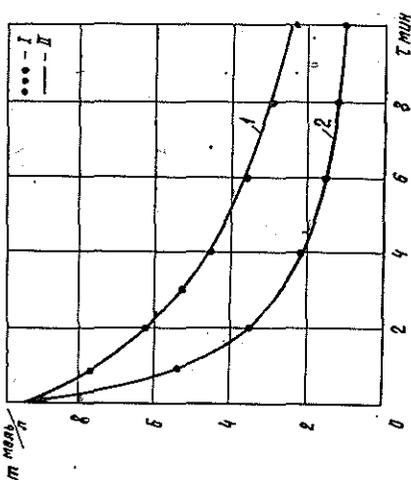


Рис. 1. Кинетические кривые изменения количества метилольных групп m при отверждении карбамидной смолы в зависимости от продолжительности обработки τ .

1 — 80 °C; 2 — 100 °C; I — результаты экспериментов; II — результаты решения на АВМ.

нетических кривых с экспериментальными данными доказывает возможность использования разработанной кинетической модели для изучения кинетики процесса отверждения карбамидных смол в присутствии персульфата аммония.

Сравнение значений констант скорости отдельных реакций (табл. 1) показало, что в этом случае, так же как и при использовании хлористого аммония [4], лимитирующая стадия процесса отверждения — реакция взаимодействия метилольных групп. Применение персульфата аммония увеличивает скорость этой реакции более чем в 1,5 раза и снижает энергию активации этой и остальных реакций процесса отверждения.

Увеличение скорости отверждения карбамидных смол при использовании персульфата аммония ряд авторов [1] объясняет более низким значением рН его раствора по сравнению с хлористым аммонием,

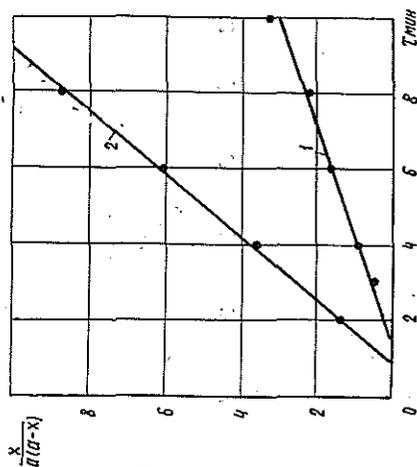


Рис. 4. Графическое определение порядка реакции и констант скорости изменения количества свободного формальдегида при отверждении карбамидной смолы.

$$1 \text{ и } 1' - 80^\circ \text{C}; 2 \text{ и } 2' - 100^\circ \text{C}; 1' \text{ и } 2' - K = \frac{1}{\tau} \ln \frac{a}{a-x}; 1 \text{ и } 2 - K = \frac{1}{\tau} \frac{x}{a(a-x)}$$

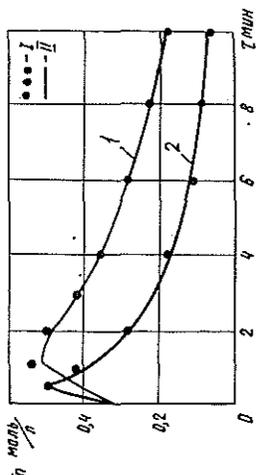


Рис. 3. Кинетические кривые изменения n количества свободного формальдегида при отверждении карбамидной смолы в зависимости от продолжительности обработки τ .

1 — 80 °С; 2 — 100 °С; I — результаты экспериментов; II — результаты решения на АВМ.

считая, что скорость отверждения зависит только от рН среды и практически не зависит от природы кислотного катализатора. При этом отмечается, что наибольшая зависимость скорости отверждения от рН среды наблюдается в интервале его значений от 3,5 и ниже. В то же время в работе [3] показано, что инициаторы свободнорадикального типа ускоряют реакцию конденсации карбамидных олигомеров и позволяют проводить ее в нейтральной и щелочной средах.

С целью изучения механизма действия персульфата аммония мы исследовали влияние рН его раствора на скорость отверждения карбамидной смолы КФ-МТ (табл. 2). Для изменения рН раствора использовали аммиачную воду.

Из данных табл. 2 следует, что изменение рН раствора персульфата аммония практически не влияет на продолжительность отверждения карбамидной смолы. Следовательно, более низкое значение рН не является причиной увеличения скорости отверждения.

Как известно, при введении в карбамидную смолу хлористого аммония рН связующего снижается в результате взаимодействия свобод-

Таблица 2

рН раствора персульфата аммония	Продолжительность желатинизации карбамидной смолы, с, в присутствии персульфата аммония, % от массы абс. сухой смолы,		
	1	2	3
1,7	42	38	36
6,0	41	37	35
7,0	41	37	35
8,0	44	38	35

ного формальдегида с катализатором. После достижения определенного значения рН начинается конденсация метилольных групп, приводящая к отверждению связующего. При этом устабовлено [2], что продолжительность отверждения определяется не начальным, а конечным значением рН связующего. Следовательно, причиной увеличения скорости отверждения может быть более резкое снижение рН связующего при взаимодействии персульфата аммония со свободным формальдегидом.

При изучении зависимости рН отвержденной смолы от продолжительности термообработки и вида катализатора (табл. 3) установлено, что в случае отверждения смолы с персульфатом аммония значение рН за одну минуту снижается с 6,02 до 3,15 и до 3,35 соответственно при 80 и 100 °С, а с хлористым аммонием — с 6,28 до 3,05 и до 3,26. Дальнейшее увеличение продолжительности термообработки приводит к повышению рН смолы как с персульфатом аммония, так и с хлористым аммонием.

Таблица 3

Продолжительность термообработки, мин	рН смолы, отвержденной с катализатором			
	$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$		NH_4Cl	
	при температуре, °С			
	80	100	80	100
0	6,02	6,02	6,28	6,28
1	3,15	3,35	3,05	3,26
2	3,18	3,41	3,03	3,27
4	3,20	3,40	3,02	3,28
6	3,23	3,48	3,04	3,34
8	3,25	3,62	3,05	3,37
10	3,30	3,72	3,06	3,40

Персульфат аммония в процессе отверждения взаимодействует со свободным формальдегидом как латентный кислотный катализатор, в результате чего происходит снижение рН связующего (табл. 3). Но это не является причиной увеличения скорости, так как рН связующего с хлористым аммонием имеет более низкое значение по сравнению с персульфатом аммония при одинаковой продолжительности термообработки.

Следовательно, увеличение скорости отверждения карбамидных смол в присутствии персульфата аммония можно объяснить тем, что последний, являясь перекисным инициатором радикального типа, в водных растворах при температуре 50—70 °С распадается с образованием свободных радикалов, благодаря чему при отверждении наряду с реакцией поликонденсации может проходить реакция полимеризации.

Для проверки этого предположения определяли продолжительность желатинизации карбамидной смолы в присутствии ингибиторов радикальной полимеризации и без

Таблица 4

Показатель	Значение показателя			
	без ингиби- тора	с ингибитором		
		пирокатехи- ном (рН 4,85)	пирогаллолом (рН 4,70)	резорцинном (рН 5,25)
Длительность желатиниза- ции, с	42	55	57	53
	54	56	55	53
рН раствора связующего	6,02	6,35	6,25	6,07
	6,28	6,45	6,30	6,16

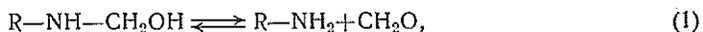
Примечание. В числителе данные при использовании в качестве катализатора персульфата аммония; в знаменателе — хлористого аммония.

них при использовании в качестве катализаторов персульфата аммония и хлористого аммония (табл. 4). Ингибиторы вводили в количестве 1 % от массы сухой смолы в виде 20 %-ных водных растворов.

Данные, приведенные в табл. 4, показывают, что при использовании хлористого аммония введение ингибиторов практически не влияет на продолжительность желатинизации связующего. При использовании же персульфата аммония введение ингибиторов резко увеличивает длительность желатинизации, при этом она становится равной длительности желатинизации связующего с хлористым аммонием. Следовательно, при отверждении карбамидных смол в присутствии персульфата аммония одновременно с реакцией поликонденсации метилольных групп происходит реакция полимеризации, которая может идти за счет дегидратации метилольных групп и образования азометиновых групп с их последующей полимеризацией благодаря наличию в системе свободных радикалов [5].

На основании проведенных исследований механизм отверждения карбамидных смол в присутствии персульфата аммония можно представить следующим образом.

На первой стадии процесса отверждения уменьшение количества метилольных групп происходит в результате гидролиза, при этом увеличивается количество свободного формальдегида в связующем:

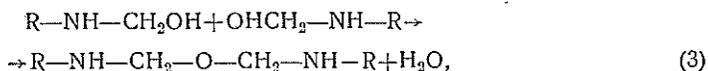


а также за счет реакции дегидратации, благодаря чему в системе возникают азометиновые группы [5]:

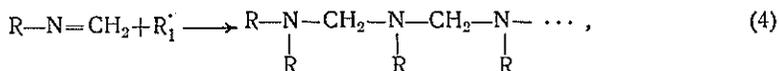


Одновременно с этими реакциями происходит взаимодействие персульфата со свободным формальдегидом, приводящее к снижению рН связующего, а также распад персульфата аммония на свободные радикалы.

На второй стадии процесса идут параллельно две реакции: поликонденсация метилольных групп [4], в результате которой при 80—100 °С образуются главным образом метиленэфирные связи:



а также полимеризация азометиновых групп, благодаря наличию в системе свободных радикалов [3, 5], с образованием метиленовых связей:



чем и объясняется увеличение скорости изменения метилольных групп в присутствии персульфата аммония по сравнению с хлористым аммонием. Снижение количества метилольных групп в процессе отверждения приводит к уменьшению количества формальдегида на второй стадии в результате смещения равновесия реакции (1) влево. При этом повышение скорости расхождения метилольных групп приводит к увеличению скорости уменьшения формальдегида в связующем, что позволяет получать полимеры с меньшей токсичностью.

В результате проведенных исследований установлено, что применение персульфата аммония в качестве катализатора приводит к увеличению скорости и снижению энергии активации реакций процесса отверждения; это объясняется участием метилольных групп одновременно в реакциях поликонденсации и полимеризации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Азаров В. И., Цветков В. Е., Тришин С. П. О механизме отверждения карбамидных олигомеров. — Деревообработ. пром-сть, 1979, № 6, с. 12—13. [2]. Вилков В. П. К механизму отверждения карбамидных смол на поверхности древесины. — Науч. тр./ВНИИДрев, 1966, вып. 1, с. 133—140. [3]. Горбунов В. Н., Яшина В. З. Образование карбамидных смол при повышенных температурах. — Пласт. массы, 1968, № 7, с. 23—27. [4]. О кинетике и моделировании процесса отверждения карбамидных смол/ Б. В. Рошмаков, А. А. Эльберт, А. И. Киприанов, Б. Н. Лебедев. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 3, с. 77—80. [5]. Превращения монометилолмочевины под действием перекисных инициаторов и синтез новых аминокформальдегидных смол/ В. Н. Горбунов, В. З. Яшина, И. Я. Слоним, Я. Г. Урман. — Пласт. массы, 1970, № 8, с. 28—32. [6]. Эльберт А. А., Рошмаков Б. В. Интенсификация процесса прессования древесностружечных плит. — Деревообработ. пром-сть, 1981, № 6, с. 8—9.

Поступила 9 ноября 1981 г.

УДК 543.544.2 : 678

К ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕЛЬ-ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОЛИМЕРОВ

Р. Д. ПРЕЛОВСКАЯ, Г. Г. РАСПУТИН, О. М. СОКОЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

Гель-проникающая хроматография (ГПХ) — эффективный современный метод определения молекулярно-массового распределения (ММР) полимеров. При интерпретации данных ГПХ на высоком уровне возрастает роль математического обеспечения метода [1].

Приближение с высокой точностью дискретной экспериментальной хроматограммы непрерывной функциональной зависимостью — важный этап в математической обработке результатов эксперимента по ГПХ. При изложении той или иной методики, применяемой для интерпретации данных ГПХ, обычно неявно предполагают, что этот этап выполнен [1, с. 210; 3], хотя получение хорошего приближения связано с рядом специфических трудностей. Об этих трудностях и путях их преодоления идет речь в настоящей статье.

Пусть экспериментальная хроматограмма задана таблицей

$$\{(v_i, d_i), i = 1, 2, \dots, n\},$$

где v_i — удерживаемые объемы полимергомологов;
 d_i — соответствующие значения оптической плотности.

В данной работе опробованы два метода приближения экспериментальных хроматограмм: 1) алгебраическими многочленами; 2) обобщенными многочленами — линейными комбинациями гауссовских функций (в обоих случаях коэффициенты многочлена определяли по методу наименьших квадратов).

Первый метод оказался непригодным по следующей причине. Экспериментальные хроматограммы требовалось приблизить с высокой точностью. Алгебраические многочлены малых степеней этому требованию не удовлетворяли. Увеличение степени приближающего многочлена (до 20—30) позволяло достигнуть желаемой точности приближения в экспериментальных точках v_i . Но это приводило к плохому соответствию с истинной хроматограммой в целом, которую естественно было считать сравнительно гладкой кривой. Графики же приближающих многочленов совершали резкие колебания на некоторых промежутках (v_i, v_{i+1}). Этого, вообще говоря, следовало ожидать, так как алгебраический многочлен высокой степени, построенный по методу наименьших квадратов, по своим свойствам становится близким к интерполяционному многочлену, а алгебраическое интерполирование не позволяет достигнуть хорошего равномерного приближения. Для построения приближающего многочлена высокой степени применяли многочлены Чебышева, ортогональные на дискретном множестве $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ [2]. И главное преимущество разложения приближающего многочлена по многочленам Чебышева в сравнении с разложением по степеням переменной состоит, на наш взгляд, не в том, что коэффициенты этого разложения легко вычислить, а в том, что при использовании этого разложения процесс вычисления приближающего многочлена более устойчив.

Второй метод — приближения гауссовскими функциями — технически сложнее, но он в большей мере учитывает специфику задачи, которая с математической точки зрения заключается в том, что приближаемая функция гладкая, неотрицательная и быстро стремится к нулю на бесконечности. Задача сводится к определению оптимальных коэффициентов \bar{A} (A_1, A_2, \dots, A_m) приближающего обобщенного многочлена:

$$d(v) \approx P_m(v) = \sum_{i=1}^m A_i \varphi_i(v), \quad (1)$$

где $\varphi_i(v) = G(v; v_{0,i})$; $G(v, y) = \sqrt{h(y)/\pi} \exp[-h(y)(v-y)^2]$;

$v_{0,1}; v_{0,2}; \dots; v_{0,m}$ — сетка узлов на отрезке фракционирования $[v_n, v_k]$;
 $h(v)$ — фактор разрешения хроматографии, определяемый экспериментально.

(По поводу физической интерпретации отдельных слагаемых в выражении (1) см. работу [1]).

Предположим первоначально, что выбор узлов $v_{0,i}$ осуществлен. В соответствии с методом наименьших квадратов вектор \bar{A} коэффициентов $P_m(v)$ выбирали так, чтобы минимизировать функцию

$$\Phi(\bar{A}) = \sum_{i=1}^n \left[P_m(v_i) - d_i \right]^2 = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m A_j \varphi_j(v_i) - d_i \right]^2.$$

Важным является вопрос о линейной независимости семейства функций $\varphi_i(v)$, $i = 1, 2, \dots, m$. В расчетах функцию $h(v)$ принимали линейной,

причем на отрезке $[v_n, v_k]$ $h(v) > 0$. В таком случае, рассматривая поведение $P_m(v)$ на бесконечности, нетрудно убедиться в том, что функции $\varphi_i(v)$ линейно независимы при любом выборе попарно различных узлов $v_{0,1}; \dots; v_{0,m}$ на отрезке $[v_n, v_k]$.

Для вычисления точки минимума $\bar{A}^*(A_1^*, A_2^*, \dots, A_m^*)$ функции $\Phi(\bar{A})$ применяли метод наискорейшего спуска. Из физических соображений ясно, что $A_1^*, A_2^*, \dots, A_m^* \geq 0$, поэтому итерации осуществляли так: в качестве начального приближения к \bar{A}^* выбирали нулевой вектор $\bar{A}_0(0, 0, \dots, 0)$; на каждом шаге с номером k контролировали знаки компонент k -того приближения \bar{A}_k , и отрицательные компоненты заменяли нулями. Таким образом удается избежать численной неустойчивости в процессе вычисления \bar{A}^* . Количество итераций определялось поведением величин $\Phi(\bar{A}_k)$. Счет прекращали, когда отношение $\nu = \Phi(\bar{A}_k) / \Phi(\bar{A}_{k+1})$ становилось достаточно близким к единице ($\nu_k \leq 1,01$). Требуемое число итераций сравнительно невелико ($\sim 10-20$), и стабилизация отношений ν_k сопровождалась удовлетворительной стабилизацией значений $P_m(v)$.

В действительности задача приближения (1) сложнее из-за имеющегося произвола в выборе числа и расположения точек $v_{0,i}$. На основании проведенных расчетов можно отметить следующее. Если истинная хроматограмма — весьма гладкая кривая, то достичь хорошего приближения (1) можно, выбирая точки $v_{0,1}; v_{0,2}; \dots; v_{0,m}$ равноотстоящими на отрезке $[v_n, v_k]$; при этом удается получить хорошее равномерное приближение на всем отрезке $[v_n, v_k]$, а не только в узлах $v_{0,i}$. Если хроматограмма имеет особенности («пилообразные» участки), то нужно вводить более густую сетку узлов $v_{0,i}$. Число m этих точек определяется требованием точности ϵ приближения, и для $\epsilon \sim 10^{-3}$ это число уже сравнительно велико ($\sim 50-70$).

Отметим еще один важный момент. Желание добиться хорошего приближения на отрезке $[v_n, v_k]$ в целом заставляет нас выбирать m большим, причем зачастую $m > n$. В этом случае теоретически задача о минимизации функции $\Phi(\bar{A})$ меняет свой характер. Точное значение минимума равно нулю, вектор оптимальных коэффициентов \bar{A}^* определяется неоднозначно; для каждого из них $\Phi(\bar{A}^*) = 0$, но соответствующие обобщенные многочлены $P_m(v)$, одинаково точно приближая экспериментальную хроматограмму, по-разному приближают истинную хроматограмму на $[v_n, v_k]$. Многочлены $P_m(v)$, коэффициенты которых определяли в соответствии с описанной выше методикой, при достаточно больших m позволяли получить хорошее равномерное приближение.

В результате исследований создана и отлажена Фортран-программа для реализации процесса приближения (1) на ЭВМ. Для проведения расчетов в качестве исходных данных использовали экспериментальные хроматограммы сульфатных щелочных лигнинов и лигносульфонатов. Фактор разрешения гель-хроматографии описывали уравнением $h(v) = 0,19 - 0,001136v$. Приведем результаты приближения одной из хроматограмм.

В табл. 1 указаны координаты экспериментальной хроматограммы и значения приближающего обобщенного многочлена $P_{50}(v)$, построенного по 50 равноотстоящим на отрезке $[v_n, v_k]$ точкам $v_{0,i}$. В табл. 2

Таблица 1

v_i	d_i эксперим.	d_i расчетная	v_i	d_i эксперим.	d_i расчетная
25,4	0,000	0,001	69,5	0,020	0,021
26,5	0,001	0,001	71,6	0,020	0,020
28,8	0,008	0,006	73,7	0,024	0,022
31,1	0,030	0,038	75,8	0,023	0,024
33,2	0,077	0,068	77,9	0,027	0,026
35,3	0,044	0,051	80,1	0,028	0,028
37,4	0,037	0,037	82,2	0,028	0,029
39,4	0,029	0,030	84,3	0,033	0,032
41,4	0,026	0,026	86,4	0,035	0,036
43,4	0,025	0,024	88,5	0,037	0,037
45,4	0,023	0,023	90,6	0,034	0,034
47,4	0,020	0,020	92,7	0,027	0,027
49,4	0,020	0,019	94,8	0,019	0,019
51,4	0,018	0,019	96,9	0,012	0,012
53,4	0,021	0,020	99,0	0,009	0,009
55,4	0,019	0,019	101,0	0,007	0,007
57,4	0,019	0,018	103,2	0,005	0,005
59,4	0,018	0,018	105,3	0,003	0,003
61,4	0,018	0,018	107,5	0,002	0,002
63,4	0,018	0,017	109,6	0,001	0,001
65,4	0,016	0,018	110,6	0,000	0,000
67,4	0,024	0,021			

приведены коэффициенты обобщенного многочлена $P_{50}(v)$, вычисленные в результате 20 итераций метода градиентного спуска. Многочлен $P_{50}(v)$ хорошо приближает хроматограмму на всем отрезке $[v_n, v_k]$; для контроля вычисляли значения $P_{50}(v_{ik})$, где $v_{ik} = v_i + kh_i$; $h_i = (v_{i+1} - v_i)/10$; $k = 0, 1, \dots, 10$. Некоторое расхождение наблюдается в области «пика» хроматограммы на отрезке $[v_3, v_6]$. Одна из причин в том, что четыре экспериментальные точки недостаточно хорошо описывают этот пик.

Таблица 2

i	A_i	i	A_i	i	A_i	i	A_i
1	0,00000	14	0,03322	27	0,02368	39	0,06066
2	0,00403	15	0,03144	28	0,03523	40	0,04506
3	0,00000	16	0,02878	29	0,04500	41	0,02800
4	0,00000	17	0,03819	30	0,03888	42	0,01613
5	0,16255	18	0,03653	31	0,04528	43	0,01355
6	0,17265	19	0,02935	32	0,05214	44	0,01482
7	0,02083	20	0,02930	33	0,04567	45	0,01249
8	0,05256	21	0,03325	34	0,04624	46	0,00730
9	0,06777	22	0,03585	35	0,03711	47	0,00423
10	0,03807	23	0,02201	36	0,06376	48	0,00349
11	0,03968	24	0,02200	37	0,06795	49	0,00108
12	0,04558	25	0,04935	38	0,06990	50	0,00000
13	0,03669	26	0,04375				

Расчеты показали, что экспериментальные кривые гель-хроматографии допускают хорошее равномерное приближение графиками рассматриваемых в работе обобщенных многочленов. Для получения хорошего приближения число базисных гауссовских функций должно быть сравнительно велико (в ряде расчетов m достигало 100). Избранный в работе способ построения приближающих обобщенных многочленов (1) обладает хорошей численной устойчивостью.

Метод приближения кривых гель-хроматографии гауссовскими функциями использован при расчете ММР и средних молекулярных масс лигнинов.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Беленький Б. Г., Виленчик Л. З. Хроматография полимеров. — М: Химия, 1978. [2]. Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. Численные методы анализа. — М: Физматгиз, 1963. [3]. Tung L. H. Method of Calculating Molecular Weight Distribution Function from Gel Permeation Chromatograms. — Journal of Applied Polymer Science, 1966, vol. 10, p. 375—385.

Поступила 4 мая 1981 г.

УДК 66.062.224

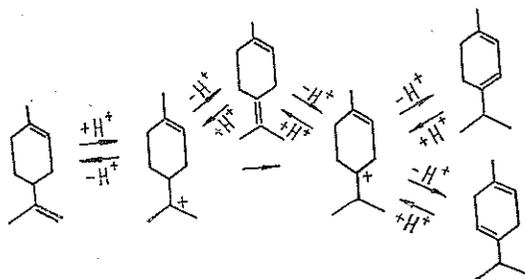
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИМЕРНЫХ ВЕЩЕСТВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПРОТОННЫХ КИСЛОТ НА МОНОЦИКЛИЧЕСКИЕ ТЕРПЕНЫ

Ю. П. КЛЮЕВ, А. И. ЛАМОТКИН

Белорусский технологический институт

Известно, что при действии на дипентен протонных кислот образуется целый ряд изомерных ему моноциклических терпенов, среди которых найдены α - и γ -терпинены, терпинолен и изотерпинолен. Допускалось, что вследствие взаимодействия этих веществ между собой образуются димерные вещества.

Ранее [2] нами была доказана справедливость предложенной Г. А. Рудаковым [3] схемы изомерных превращений моноциклических терпенов под действием протонных кислот.



Как видно из схемы, наиболее реакционноспособны ионы карбония, и образование димеров наиболее вероятно через них. Если это предположение справедливо, то следует ожидать, что: 1) димеры, полученные из дипентена (или другого моноциклического терпена), состоят только из одного продукта; 2) димеры, полученные из любого моноциклического терпена, идентичны. С целью определения характера образующихся димеров и выполнена настоящая работа.

Методика выделения исходных веществ и их характеристика, а также методика проведения каталитических опытов описаны нами ранее [1, 2]. В качестве объектов исследования использовали димерные вещества, выделенные из катализаторов дипентена и α -терпинена.

В табл. 1 приведены результаты хроматографического разделения димеров дипентена на окиси алюминия (числитель дроби) и димеров α -терпинена (знаменатель дроби).

Таблица 1

Номер фракции	Выход фракции, % от массы димеров, загруженных в колонку	Физико-химические свойства фракции		
		n_D^{20}	d_4^{20}	Количество двойных связей
1	0,64	1,5170	0,9320	3,00
1	1,90	1,5160	—	—
2	3,45	1,5170	0,9318	3,00
2	10,70	1,5170	0,9336	2,89
3	2,46	1,5170	0,9321	3,00
3	18,60	1,5170	0,9332	2,93
4	4,93	1,5170	0,9318	2,98
4	15,30	1,5170	0,9328	2,99
5	5,59	1,5170	0,9320	3,00
5	11,70	1,5170	0,9338	2,85
6	5,86	1,5170	0,9320	3,00
6	9,70	1,5172	0,9334	3,01
7	9,05	1,5170	0,9316	3,00
7	8,00	1,5172	0,9338	2,92
8	12,24	1,5170	0,9316	2,98
8	5,20	1,5200	0,9382	2,84
9	13,61	1,5170	0,9320	2,96
9	2,90	1,5200	—	—
10	13,85	1,5170	0,9318	3,00
10	4,20	1,5220	—	2,78
11	7,45	1,5170	0,9317	3,0
11	1,70	1,5240	—	—
12	7,49	1,5170	0,9317	3,0
12	10,10	1,5260	—	2,63
13	3,78	1,5170	0,9325	3,0
—	—	—	—	—
14	1,79	1,5182	—	2,6
—	—	—	—	—
15	0,53	1,5190	—	2,4
—	—	—	—	—
16	0,72	1,5190	—	—
—	—	—	—	—
17	0,42	1,5200	—	—
—	—	—	—	—
18	0,36	1,5220	—	—
—	—	—	—	—
19	5,25	1,5220	0,9810	2,1
—	—	—	—	—

Условия опыта: для димеров дипентена — колонка длиной 2200 мм, диаметром 20 мм, количество димеров 28,8 г, количество адсорбента 576 г, элюенты в порядке подачи на колонку: н-гексан, CCl_4 , бензол, этиловый спирт; для димеров α -терпинена —

на—колонка длиной 1000 мм, диаметром 22 мм, количество димеров 6,55 г, отношение адсорбата к адсорбенту как 1 : 20, элюенты те же, что и в предыдущем случае.

Как видно из табл. 1, фракции 1—14 (в числителе дроби) по константам вполне удовлетворительно совпадают между собой. На долю этих фракций падает 92,19 % подвергнутого хроматографии вещества. Для фракций 2 и 12 сняты ИК- и УФ-спектры поглощения, которые оказались идентичными. Следовательно, можно считать, что при действии H_3PO_4 на дипентен, в основном, образуется один димер.

Константы фракций 1—7 (в знаменателе дроби) хорошо совпадают между собой. На долю этих фракций падает 76 % подвергнутого хроматографии вещества. Это позволяет считать, что при действии H_3PO_4 на α -терпинен получается, в основном, также один димер. Константы этого димера и полученного в аналогичных условиях из дипентена (лимонена) близки между собой.

Физико-химические свойства димеров, полученных при действии H_3PO_4 на лимонен (дипентен), терпинолен и α -терпинен, приведены в табл. 2, из данных которой видно, что свойства димеров удовлетворительно совпадают между собой. Это, а также совпадение УФ-спектров полученных димеров говорит в пользу высказанной гипотезы.

Таблица 2

Исходный моноциклический терпен	Физико-химические свойства димера			
	n_D^{20}	d_4^{20}	Количество двойных связей	Относительная молекулярная масса
Лимонен (дипентен)	1,5170	0,9318 — 0,9321	2,96 — 3,0	274 — 284
Терпинолен	1,5180	0,9350	2,86 — 3,04	276
α -терпинен	1,5170	0,9332 — 0,9338	2,85 — 3,07	—

Из табл. 2 видно, что количество двойных связей составляет приблизительно 3 на 1 моль. Учитывая, что в исходных молекулах терпена содержалось по две двойные связи, а на образование димера пошло две молекулы, можно считать, что связывание мономеров в димер происходит за счет одной σ -связи. На основе строения ионов карбония при образовании димера связь образовалась между атомами C_8-C_8 исходных молекул монотерпена.

Исследованиями установлено, что димер способен образовывать твердый продукт с малеиновым ангидридом; следовательно, двойные связи димера конъюгированы.

Исходя из изложенного, а также из строения молекул исходных терпенов, димеру можно придать следующее строение:



Подтверждением указанного строения является то, что в продуктах дегидрирования обнаружены бензол, толуол, *n*-цимол.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ключев Ю. П., Ламоткин А. И. Исследование продуктов каталитических превращений дипентена под действием ортофосфорной кислоты. — В кн.: Общая и прикладная химия. Минск: Высшая школа, 1970, вып. 2, стр. 63—68. [2]. Ключев

Ю. П., Ламоткин А. И. Изомеризационные превращения моноциклических терпеновых углеводов в присутствии ортофосфорной кислоты. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1978, № 5, с. 109—114. [3]. О механизме гетерогенной каталитической изомеризации углеводов на кислых катализаторах/ Г. А. Рудаков, М. М. Шестаева, А. Т. Марчевский, З. С. Хоменко. — ЖОХ, 1954, 24, 8, с. 1452—1457.

Поступила 25 июня 1981 г.

УДК 547.992.3

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИГНИНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО МОЧЕВИНОЙ

Н. Н. БУРЕНИНА, В. А. ШАМАЕВ, Н. И. ПОПОВА, А. К. ВЕРХОВЕЦ

Воронежский лесотехнический институт, Донецкий физико-технический институт

Изучение ИК-спектров лигнина позволяет характеризовать его изменения в процессе химической реакции. В работах [1, 3] установлено, что при модифицировании лигнина мочевиной в гетерогенной среде в ИК-спектрах этих препаратов растет величина относительной оптической плотности (ВООП) полосы 1720 см^{-1} и уменьшается ВООП полосы 1660 см^{-1} . При изучении реакции взаимодействия в гомогенной среде установлено, что в модифицированном при оптимальных условиях (температура — $100\text{ }^\circ\text{C}$; продолжительность реакции — 5 ч) лигнине Пеппера ВООП полос поглощения 1040 и 1235 см^{-1} уменьшалась, а ВООП полосы 1640 см^{-1} (карбонильной группы) увеличивалась.

В данной работе получены и проанализированы ИК-спектры лигнина Пеппера, выделенного по стандартной методике [4], и ИК-спектры продуктов взаимодействия лигнина с мочевиной в гомогенной среде.

Лигнин Пеппера модифицировали мочевиной при температуре 50, 80, 100, 120, 140, 150, $160\text{ }^\circ\text{C}$ и длительности реакции 5 ч. Кроме того, проводили реакцию мочевины с лигнином Пеппера при температуре $100\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 1, 3, 5, 7 и 9 ч. Массовое соотношение лигнина и мочевины — 1 : 1. В качестве растворителя использовали диметилсульфоксид.

ИК-спектры препаратов лигнина снимали на спектрографе UR-20 в области $700\text{—}3700\text{ см}^{-1}$. Образцы лигнина после измельчения прессовали с КВч.

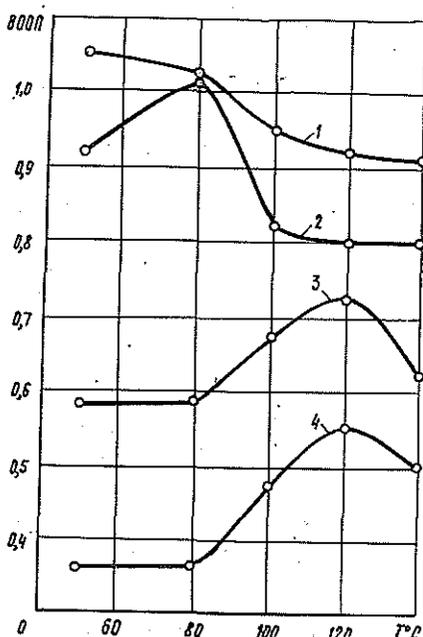
Количественно полосы поглощения сравнивали по ВООП [2]. Базисную линию проводили через минимумы $900\text{—}1850$, $850\text{—}1800\text{ см}^{-1}$. В качестве стандарта использовали колебание ароматического кольца, имеющего интенсивную полосу поглощения в области 1600 см^{-1} .

Сравнивали ВООП функциональных групп лигнинов, имеющих в ИК-спектрах полосы поглощения: ОН-фенольные — 1235 см^{-1} ; ОН-спиртовые — $1040\text{—}1100$; СО— $1640\text{—}1680$; СООН — $1710\text{—}1720\text{ см}^{-1}$.

Величина относительной оптической плотности поглощения функциональных групп лигнина зависит от температуры реакции (см. рис.). Из рисунка видно, что при температуре $100\text{ }^\circ\text{C}$ ВООП поглощения гидроксильных групп уменьшается, ВООП карбонильной и карбоксильной групп, наоборот, увеличивается. Следует отметить, что при температуре $100\text{ }^\circ\text{C}$ реакция лигнина с мочевиной дает максимальный выход модифицированного лигнина. Поскольку реакция проходит по гидроксильным группам лигнина [1], то ВООП этих групп снижается при $100\text{ }^\circ\text{C}$ и далее практически не меняется. Увеличение ВООП для карбонильных и карбоксильных групп объясняется тем, что модифицированный лигнин имеет повышенное содержание СО-групп за счет остатка мочевины (карбонильные группы мочевины имеют полосы поглощения 1640 и 1710 см^{-1} , т. е. последние совпадают с полосами поглощения СО- и СООН-групп лигнина).

Зависимость величин относительной оптической плотности функциональных групп лигнина от температуры реакции.

— ОН-фенольные — 1235 см^{-1} ; 2 — ОН-спиртовые — 1040—1100; 3 — СО — 1640; 4 — СООН — 1710—1720 см^{-1} .



Полученные данные говорят о корреляции изменения ВООП поглощения основных функциональных групп лигнина с остатком мочевины в модифицированном лигнине. В то же время для зависимости ВООП поглощения этих же групп лигнина от длительности модифицирования наблюдается противоположный порядок изменения (см. табл.).

Функциональная группа лигнина	Длина волны, см^{-1}	ВООП при длительности модифицирования, ч				
		1	3	5	7	9
ОН-спиртовая	1040—1100	0,91	1,10	1,22	1,06	0,83
СО	1640—1680	0,83	0,75	0,76	0,84	0,88
ОН-фенольная	1235	1,11	1,29	1,32	1,25	0,96
СООН	1710—1720	0,48	0,37	0,32	0,45	0,60

Данные таблицы свидетельствуют, что при длительности модификации 5 ч для ВООП карбонильных и карбоксильных групп наблюдается минимум, а для ВООП гидроксильных групп — максимум.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Исследование древесины осины, модифицированной мочевиной/ В. А. Шамаев, А. К. Верховец, Н. И. Попова, Л. С. Сердюк. — Химия древесины, 1977, № 4, с. 101—105. [2]. Карлинь В. Б. ИК- и УФ-спектроскопия древесины и лигнина. — Тез. докл. Всесоюз. семинара. Рига, 1977. — 217 с. [3]. Шамаев В. А., Попова Н. И., Берзиньш Г. В. Химические изменения древесины при модифицировании ее мочевиной. — Химия древесины, 1976, № 4, с. 34—38. [4]. Pepper J. M., Wood P. D. The isolation of a representative lignin fraction from wood and straw meals. — *Canad. J. Chem.*, 1962, vol. 40, N 5, p. 1026—1029.

Поступила 24 августа 1981 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630*903 + 630*908

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ХОЗЯЙСТВА В КОЛХОЗНЫХ ЛЕСАХ

Ю. Ю. ТУНЫЦЯ, И. Г. БИЛИНСКИЙ

Львовский лесотехнический институт

С развитием научно-технического прогресса и стремительным ростом интенсификации использования природных ресурсов все большее значение приобретает одновременно экологическая и экономическая функции лесов. В жизни современного общества очень трудно определить соотношение их значимости. В одних случаях на первый план выдвигаются экономические функции, в других — экологические. Однако между ними существуют взаимосвязи, и приоритет общественной значимости этих функций постоянно перемещается, хотя внешне этот процесс длительное время может оставаться незамеченным [3].

Сегодня, как подчеркивается в решениях XXVI съезда КПСС, очень важным становится постепенный переход лесного хозяйства на принципы непрерывного и рационального лесопользования. Это возможно лишь при соблюдении в равной степени экономических и экологических требований. Вместе с тем, в условиях все возрастающего вмешательства человека в природные процессы и обострения проблем охраны окружающей среды возрастает роль взаимосвязей сельского и лесного хозяйства [1].

Определенную роль в развитии эколого-экономических взаимосвязей сельского и лесного хозяйства играют колхозные леса, общая площадь которых, по учету лесного фонда на 1 января 1978 г., в целом по стране составляет 20,2 млн. га, с запасом древесины на корню — 1,9 млрд. м³.

Колхозные леса, как указано в «Основах лесного законодательства Союза ССР и союзных республик», являются частью единого государственного лесного фонда. Хозяйство в них ведется на землях лесного фонда, являющегося общенародной собственностью, но с применением средств производства колхозно-кооперативной собственности и труда колхозников. Продукция, получаемая в результате ведения хозяйства в колхозных лесах, поступает в полное распоряжение колхоза, поэтому леса колхозов не являются объектом государственного лесного дохода [2].

Экономические проблемы ведения хозяйства в колхозных лесах состоят, прежде всего, в четкой постановке и решении вопросов экономических взаимоотношений между колхозами и государственными лесными предприятиями, с одной стороны, и между колхозами, государственными лесными предприятиями и государством, с другой стороны. Для наглядности эти взаимоотношения можно изобразить в виде схемы (рис. 1).

Определяющими в данном случае являются, естественно, отношения по вертикали, т. е. между колхозами, государственными лесными предприятиями и государством. Однако важны также и горизонталь-

ные экономические взаимоотношения. Дело в том, что решать сегодня проблему улучшения хозяйства в колхозных лесах практически невозможно без решения вопросов взаимовыгодной, или по крайней мере взаимоприемлемой, кооперации между государственными лесными предприятиями и колхозами, связанной, кстати, с развитием специализации.

Исходя из этой предпосылки, экономические проблемы колхозных лесов необходимо решать комплексно, во взаимосвязи всех трех видов интересов. Следовательно, перед нами стоит триединая задача, решение которой имеет весьма важное практическое и научное значение. Задача довольно сложная, поскольку интересы звеньев треугольника далеко не совпадают.

Исходными являются интересы общественные. С их учетом необходимо регулировать взаимоотношения между колхозами и государственными лесными предприятиями. Следует сделать так, чтобы интересы колхозов, государственных лесных предприятий и вместе взятые интересы тех и других в максимальной степени совпадали с общенародными.

В решении столь сложной задачи нельзя обойтись без рациональных компромиссов. Рассматриваемая задача изображена в виде равнобедренного треугольника с условным обозначением трех звеньев по его углам, поэтому сугубо упрощенно компромиссность решения задачи можно представить в виде точки $O_{пт}$, тяготеющей к вершине треугольника (интересы общественные). Идеальным было бы такое решение, при котором интересы всех трех звеньев системы совпадают и находятся в вершине $ИО$, изображающей общенародные интересы. Система интересов $ИК—ИО—ИП$ с центром $ИО$ представляет собой идеальный вариант решения поставленной задачи.

В действительности такой монолитной системы, как правило, нет, и она почти невозможна. Элементы $ИК$, $ИО$, $ИП$ находятся на различном расстоянии друг от друга в зависимости от объективных и субъективных условий окружающего мира. Чем дальше друг от друга элементы $ИК$, $ИО$, $ИП$, тем, следовательно, хуже ведется хозяйство в колхозных лесах, тем хуже экономические и социальные результаты такого хозяйствования.

В рациональном использовании и воспроизводстве лесных ресурсов, закрепленных за колхозами, заинтересованы не только колхозы как лесопользователи, наделенные особыми правами и обязанностями. Государственные лесные предприятия ответственны за квалифицированное ведение лесного хозяйства на всей территории страны, и им не безразлично, как ведется хозяйство в колхозных лесах. Неудовлетворительное ведение хозяйства в колхозных лесах сказывается определенным образом и на ухудшении состояния государственного лесного фонда в целом, а следовательно, и экологической обстановки.

Одна из важных экологических и экономических проблем совершенствования хозяйства в колхозных лесах — интенсификация использования и расширенного воспроизводства лесных ресурсов, в первую очередь, улучшение качественного состава и повышение продуктивности лесов, поскольку около 50 % всего лесного фонда колхозов страны

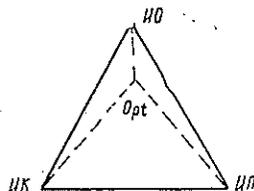


Рис. 1. $ИК$ — интересы колхозов; $ИП$ — интересы государственных лесных предприятий; $ИО$ — интересы государства (общественные).

представлено мягколиственными насаждениями, а средний запас древесины на 1 га лесопокрытой площади составляет 90 м³.

Важное звено в решении ряда экономических и экологических вопросов рационального использования, охраны и воспроизводства лесных ресурсов — комплексное использование маломерной древесины и отходов от рубок главного и промежуточного пользования, включая древесину от реконструктивных рубок [3]. Из этого сырья производится щепа, хвойно-витаминная мука и другие виды продукции.

С технологической и экономической сторон технологическая щепа — полуфабрикат. Но для межхозяйственных лесхозов это конечный продукт, который может быть эффективно потреблен лишь государственными лесными предприятиями. Поэтому наращивание выпуска технологической щепы в межхозяйственных лесхозах выгодно как колхозам, так и государственным лесным предприятиям-потребителям.

Между тем, для изготовления технологической щепы сырьевой потенциал колхозных лесов используется еще недостаточно. Так, например, в колхозных лесах Львовской области УССР заготавливается ежегодно около 16 тыс. м³ (31 % общего объема заготовок) маломерной древесины и отходов лесозаготовок — сырья, пригодного для производства технологической щепы. В целом по стране межхозяйственные лесхозы ежегодно заготавливают около 4,0 млн. м³ древесины, из которой можно изготовить более 3,0 млн. м³ щепы для производства древесных плит и целлюлозы.

Особого внимания заслуживает также вопрос рационального использования земельных ресурсов. Только в колхозах Львовской области, например, общая площадь малопродуктивных лесных и сельскохозяйственных угодий, а также непригодных земель составляет 47 тыс. га, или 4 % земельных ресурсов колхозов области. Чтобы более рационально использовать земельные угодья, не нарушая экологического баланса, целесообразно на компенсационной основе трансформировать малопродуктивные лесные и сельскохозяйственные земли в более продуктивные. Под компенсационной основой понимается такая трансформация лесных угодий в сельскохозяйственные и наоборот, при которой не имеет места потеря экологического или экономического потенциала. Они взаимно перекрывают друг друга.

Есть немало других проблем, связанных с улучшением ведения хозяйства в колхозных лесах.

Нами предпринята попытка классификации этих проблем и одновременного определения основных путей их решения (рис. 2). Схема подтверждает наличие взаимосвязей между экономическими и экологическими проблемами совершенствования хозяйства в колхозных лесах с учетом интересов колхозов, государственных лесных предприятий и самого государства (общества).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Болотов Н. А. Совершенствование межотраслевых взаимосвязей сельского и лесного хозяйства. — Вестн. с.-х. науки, 1980, № 6. [2]. Мухин А. И., Крывда С. А. Леса колхозов и совхозов и ведение хозяйства в них. — М.: Лесн. пром-сть, 1976. [3]. Тупыця Ю. Ю. Экологические проблемы комплексного использования и охраны лесных ресурсов: Вопросы теории. — Львов: Вища школа, 1976.

Поступила 10 сентября 1981 г.

УДК 630*652.003.13

**О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ****Л. И. ИЛЬЕВ, Ф. Ф. БУРАК*

Гомельский государственный университет

В лесном хозяйстве, как и в сельском, главным средством производства является земля. Но лесохозяйственное производство обладает специфическими особенностями, которые создают определенные трудности применения ряда экономических категорий, широко применяемых в сельском хозяйстве.

В лесном хозяйстве весьма мала связь результатов деятельности текущего года с затратами труда на создание, уход и выращивание насаждений, что не может не отразиться на показателях экономической эффективности лесохозяйственного производства. Именно по этой причине в курсах экономической статистики и официальных указаниях по статистике лесного хозяйства отсутствуют рекомендации по учету статистических показателей эффективности лесохозяйственного производства.

Эта и другие присущие лесному хозяйству особенности не должны, на наш взгляд, приводить к попыткам разработать совершенно оригинальные приемы и методы оценки экономической эффективности лесохозяйственного производства. Только при наличии единых критериев и показателей эффективности можно говорить о месте и роли лесного хозяйства как отрасли материального производства в общей системе народного хозяйства страны.

В основу общих критериев эффективности должны быть положены единые принципы и методы оценки. В этой связи представляют интерес разработанные научным советом АН СССР и Институтом экономики АН СССР «Временная методика определения экономической эффективности затрат в мероприятия по охране окружающей среды» (1980), «Методика определения экономической эффективности капитальных вложений», раздел «Определение эффективности капитальных вложений в охрану окружающей среды» (1981) и «Временная методика определения эффективности затрат в непромышленную сферу» (1981). Эти документы утверждены Госпланом СССР и Госстроем СССР и рекомендованы к практическому использованию.

Поскольку большая часть лесохозяйственных мероприятий — природоохранные работы, то и их можно оценить с позиций охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

Применение в лесном хозяйстве рекомендованных приемов и методов расчета экономической эффективности [1, 4, 5] требует предварительного решения ряда практических вопросов, связанных с использованием экономических понятий.

Во-первых, в указанных методиках используются понятия первичного и конечного эффекта средозащитных затрат, социальной и экономической эффективности, общей (абсолютной) и сравнительной эконо-

* Печатается в порядке постановки вопроса.

мической эффективности капитальных вложений, сопряженных капитальных вложений, учета фактора времени, ряд нормативных коэффициентов и другие показатели. Очевидно, что в лесном хозяйстве требуют уточнения не только понятия, но и экономического содержания. По многим показателям учеными и практическими работниками предложены довольно оригинальные разработки, и требуется лишь узаконить их соответствующими компетентными органами Гослесхоза СССР.

Во-вторых, расчеты эффекта и эффективности, например, использования лесных земельных угодий, основываются на данных экономической оценки как составной части лесного кадастра. Необходимость форсирования работ по созданию кадастров природных ресурсов на единой методологической основе подтверждена решениями XXVI съезда КПСС. Это означает, что от дискуссий следует перейти к практической апробации различных методологических подходов и разработке единой методики создания лесного кадастра страны.

В-третьих, в практику лесохозяйственного производства должны быть внедрены показатели, отражающие уровень его интенсивности, выход конечной продукции, объем полезных свойств и функций, предоставляемых в распоряжение общества.

Не претендуя на оригинальность, а лишь резюмируя имеющиеся предложения, мы считали бы целесообразным в качестве результативного показателя уровня использования лесных ресурсов использовать выход сырья с единицы площади — древесины и недревесных продуктов в натуральном и стоимостном выражении, независимо от того, кем используется эта продукция (лесными организациями, потребительской кооперацией, колхозами, совхозами и др.).

Ассортимент лесной продукции и ее объем связаны с возрастной и качественной структурой древостоев. Современный уровень учета комплексной продуктивности единицы площади леса, проводимый лесостроительством, позволяет иметь фактические и потенциальные показатели продуктивности леса, которые могут быть учтены с помощью поправочных коэффициентов к продуктивности, например, единицы площади спелого леса.

Экономическая оценка лесных земель в ходе составления лесного кадастра позволит еще более обстоятельно решать вопросы учета выхода продукции с единицы площади лесных угодий и на этой основе иметь предлагаемый показатель интенсивности лесопользования.

Особо следует отметить необходимость учета и оценки полезных свойств и функций леса (почвозащитных, водорегулирующих, санитарно-гигиенических, рекреационных и др.).

Наличие многочисленных полезных свойств леса и необходимость их учета никем не оспаривается. Различные точки зрения высказываются лишь по поводу методов оценки и включения полезных свойств в состав продукции, получаемой с единицы площади леса.

При экономической оценке лесов исследователи учитывают многие свойства, оценивают их различными способами и полученные показатели включают в состав лесного кадастра (ВНИИЛМ, литовские лесоводы и др.).

Принимая во внимание специфику выполнения лесами полезных функций и практически полную независимость этих полезностей от трудовых усилий общества, оценивать их следует отдельно и классифицировать как элемент природных богатств первого класса [3, с. 469—470]. Такой подход позволит учитывать и оценивать все потребительские стоимости, которые дает лес, и одновременно, но отдельной строкой, учитывать свойства и функции леса.

В этой связи представляют интерес высказывания ученых смежных наук. Известный эконом-географ Ю. К. Ефремов, подчеркивая множественность значений лесов, отмечал: «Было бы неверно признавать хозяйственное значение лишь одних признаков, а другие отнести к «невесомым полезностям», как это иногда делают лесохозяйственники. В опосредствованном виде для хозяйства важны и водоохранное, и ползащитное, и многие другие влияния леса, в их числе и культурно-эстетическое. Даже это последнее приобретает экономический вес при использовании леса как места отдыха и туризма.

«Цена» одной и той же сосны в лесхозе и в охраняемом памятном парке не должна быть одинаковой: за «невесомую полезность» ее историко-мемориальной ценности нужна достаточно весомая надбавка, тем большая, чем непоправимей возможный ущерб» [2, с. 8]. Совершенно аргументированное высказывание не требует особых комментариев.

Дальнейшее совершенствование общественного производства в целом и лесохозяйственного, в частности, объективно приведет к повсеместному созданию комплексных лесных предприятий, прообразы которых уже многие годы успешно функционируют на Украине, в Прибалтике, ряде областей Российской Федерации и др.

Для комплексных лесных предприятий показателем уровня хозяйствования должен служить выход товарной (конечной) продукции в натуральном и стоимостном выражении на единицу заготовленного сырья (выход конечной продукции с 1 м³ заготовленной древесины, с 1 т заготовленных ягод, грибов, соков и т. д.). Выход конечной продукции должен определяться и на 1 р. сырья. Подобный подход дает возможность также выявить уровень относительного плодородия лесных земель, который характеризуется количеством получаемой продукции на единицу затрат. В качестве факториальных показателей могут быть приняты общий объем валовой и товарной продукции, расход операционных средств и среднегодовая стоимость производственных фондов. При этом основные показатели (общий объем производства, объем товарной продукции и др.) должны относиться не только на 1 га площади, но и на единицу затрат.

Использование указанных показателей позволит, на наш взгляд, более объективно отразить уровень интенсивности лесохозяйственного производства в использовании главного средства производства — земли. Проиллюстрируем это положение на примере деятельности ряда лесхозов Гомельской области за 1980 г. (см. табл.).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что результаты хозяйственной деятельности, отнесенные к единице затрат, более объек-

Лесхоз	Объем производства			Товарная продукция		
	общий, тыс. р.	на 1 га площади	на 1 р. затрат	объем, тыс. р.	на 1 га площади	на 1 р. затрат
		р.			р.	
Буда-Кошелевский	352,5	10,19	1,37	344,0	9,95	1,33
Комаринский	304,3	5,71	1,42	303,0	5,69	1,42
Копаткевичский	333,3	4,95	1,40	343,0	5,09	1,44
Лельчицкий	376,5	3,52	1,51	349,0	3,26	1,39
Мозырьский	678,5	9,20	1,48	682,0	9,26	1,49
Озаричский	400,3	5,72	1,72	331,0	4,73	1,42
Петриковский	653,5	9,42	1,40	631,0	9,10	1,36
Речицкий	657,3	9,52	1,22	675,0	10,09	1,30
Среднее		7,07	1,40		6,76	1,34

тивны, чем отнесенные к единице площади. Отклонения от среднего значения по общему результату на 1 р. затрат составляют от -18 до $+12$ % и различаются (в целом по области) в 1,3 раза, в то время как по этому же показателю на 1 га площади отклонения составляют от -5 до $+45$ % и отличаются друг от друга почти в 3 раза.

Например, Буда-Кошелевский лесхоз на 1 га леса дает товарной продукции на сумму 9 р. 95 к., или в 3 с лишним раза больше, чем Лельчицкий. На 1 р. затрат последний дает продукции на 4,5 % больше. Отнесение объема продукции к произведенным затратам более реально отражает уровень достигнутой интенсификации, ибо продукция создается, в конечном счете, в результате производственной деятельности, а не функционирования гектара земли. В условиях комплексных лесных предприятий связь товарной продукции с лесной площадью носит чисто символический характер.

Еще большее несоответствие реальному положению дел при использовании показателя выхода товарной продукции на 1 га лесной площади выявляется при привлечении данных, например, по лесокombинатам Карпатского региона. Так, крупнейший в Карпатах Свалявский лесокombинат Закарпатской области при площади лесов 29,7 тыс. га дает товарной продукции на сумму более 28 млн. р., или 962 р. на 1 га леса, на 1 р. затрат — на сумму 1,69 р.; Мукачевский лесокombинат имеет цифры соответственно 207 и 1,10 р.; Ивано-Франковский — 134 и 1,16 р. и т. д.

Совершенствование показателей эффекта и эффективности в тесной увязке с действующими общими методологическими принципами и положениями оценки природных ресурсов и эффективности капитальных вложений в природоохранные мероприятия будет способствовать более объективной оценке хозяйственной деятельности лесных предприятий и полностью соответствовать современным задачам, поставленным перед лесным хозяйством как отраслью материального производства.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Временная методика определения эффективности затрат в непронизованную сферу. — Экономич. газ., 1981, № 27. [2]. Ефремов Ю. К. Учет множественности значений природных ресурсов в географических аспектах. — Вопросы географии, 1968, № 78. [3]. Казаченок А. Г. Экономическая статистика. — Минск, Высшая школа, 1976. [4]. Методика определения экономической эффективности капитальных вложений. — Экономич. газ., 1981, № 2—3. [5]. Эффективность затрат на охрану окружающей среды. — Экономич. газ., 1980, № 33.

Поступила 24 августа 1981 г.

УДК 630*79

ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ ФОРМ ОРГАНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

В. А. БЕРЕСЛАВСКАЯ

Марийский политехнический институт

Проблема форм организации предприятий встала с особенной остротой в последние 10—15 лет. Она включает совершенствование организации действующих предприятий в целях их постоянной и планомерной адаптации к изменяющимся социально-экономическим условиям,

к развитию техники производства, исчерпанию лесосырьевых ресурсов; неизбежность трансформации множества предприятий лесной промышленности и лесного хозяйства.

Выявление характера качественных изменений типов лесных предприятий позволяет сделать обобщения и на их базе выдвинуть гипотезы развития реально действующих лесных предприятий.

Теоретической базой исследования выступает концепция стадийного развития предприятий лесной промышленности и лесного хозяйства, предложенная проф. Т. С. Любовиковым в 60-х годах, в дальнейшем развитая и подтвержденная работами ее автора и ряда других исследователей. Согласно этой концепции, процесс последовательного освоения и воспроизводства лесных ресурсов проходит ряд стадий, характерных изменением содержания, форм и соотношения лесопромышленных и лесохозяйственных функций и сменой экстенсивных форм ведения хозяйства на интенсивные в объективно обусловленные моменты времени [2, 3].

Проявление тенденций развития лесозаготовительных и лесохозяйственных предприятий Горьковской области, Марийской и Чувашской АССР изучено по 12 типичным предприятиям и иллюстрируется здесь на примере Козиковского лесокомбината и Мушмаринского мехлесхоза Министерства лесного хозяйства Марийской АССР. Исследование развития лесных предприятий позволяет выделить ряд характерных этапов за время их функционирования (с 30—40-х годов до настоящего времени), которые характеризуются различным соотношением объемных параметров лесопромышленной и лесохозяйственной деятельности. Это этапы экстенсивного развития, конверсии экстенсивных форм хозяйства в интенсивные и начальный период этапа интенсивных форм. Этап экстенсивного освоения лесных ресурсов представлен двумя периодами: ростом объемов лесозаготовок и их стабилизацией на некотором расчетном уровне. На всем протяжении этого этапа лесохозяйственные работы характеризовались относительно замедленными, но постепенно возрастающими среднегодовыми темпами роста. Этапу конверсии свойственны сокращение объемов лесозаготовок и ускоренный рост объемов лесохозяйственного производства. После завершения конверсии объемы лесозаготовок и лесохозяйственного производства развиваются на некоторых взаимосогласованных уровнях*.

Динамичный характер развития лесопромышленной и лесохозяйственной деятельности вызвал соответствующие изменения в развитии типов предприятий. Совместное изучение процесса развития лесохозяйственных предприятий и лесозаготовительных, эксплуатирующих лесные ресурсы этих лесхозов, позволило выявить общие тенденции в развитии комплекса «лесхоз + леспромхоз», действующего на одной территории. На рис. 1 и 2 представлены схемы процесса развития «комплекса» по типобразующим факторам** для двух предприятий.

На стадии экстенсивного развития существовало раздельное ведение лесного хозяйства и лесной промышленности. В первом периоде

* Анализ объемных характеристик изложен ранее [4]. Наряду с объемными показателями, изучалась динамика среднегодовой стоимости основных промышленно-производственных фондов, комплексной выработки, фондоотдачи, численности рабочих.

** В предложенной проф. Т. С. Любовиковым классификации типов лесных предприятий характеристики типов представлены по следующим типобразующим факторам: формам концентрации лесопользования, характеру транспортных связей с потребителями лесопроductии, степени и формам специализации предприятий, формам комбинирования производств, формам концентрации производства, видам транспорта на вывозке леса [1].

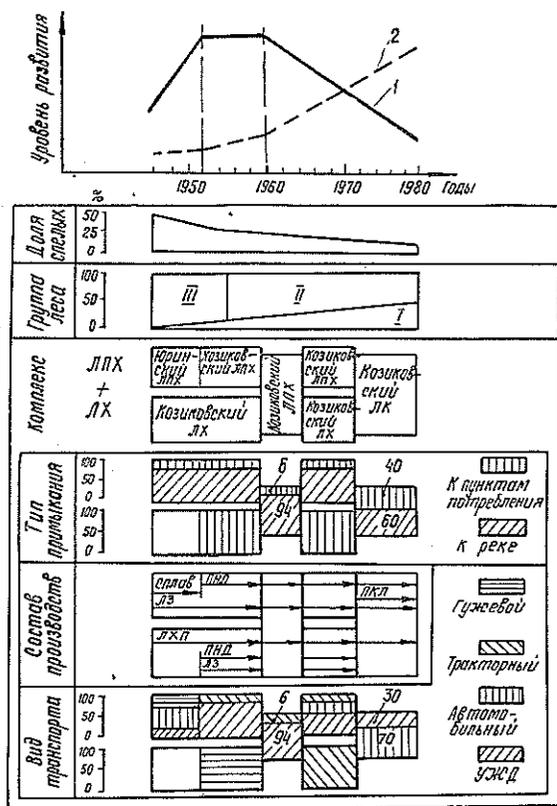


Рис. 1. Схема процесса развития Козиковского лесокомбината.

ЛЗ — лесозаготовки; ЛХП — лесохозяйственное производство; ЛНД — переработка некондиционной древесины; ПКЛ — переработка кондиционных лесоматериалов; 1 — объем лесозаготовок; 2 — объем лесохозяйственного производства.

(этап роста) предприятия развивались в условиях преобладания спелых насаждений. Деятельность лесохозяйственных предприятий заключалась в устройстве лесов, их охране и защите; объемы воспроизводства лесных ресурсов были незначительны. В лесной промышленности также преобладали специализированные лесозаготовительные предприятия. Лишь немногие, в том числе Юринский ЛПХ на базе Козиковского лесхоза, комбинировали лесозаготовки с лесосплавными работами. Для деятельности лесозаготовительных предприятий были характерны высокая концентрация лесозаготовительного производства, отсутствие переработки древесины. Быстрорастущая эксплуатация была направлена на форсированное освоение избытков спелого и перестойного леса. По характеру транспортных связей с потребителями лесопроизводства Тюмшинский мехлесопункт имел прижелезнодорожное примыкание, Юринский ЛПХ — приречное; по виду применяемого транспорта на вывозке леса: первый — на базе гужевого, второй — смешанного вида транспорта.

Следовательно, первой стадии экстенсивного развития были свойственны преимущественно специализированные лесозаготовительные

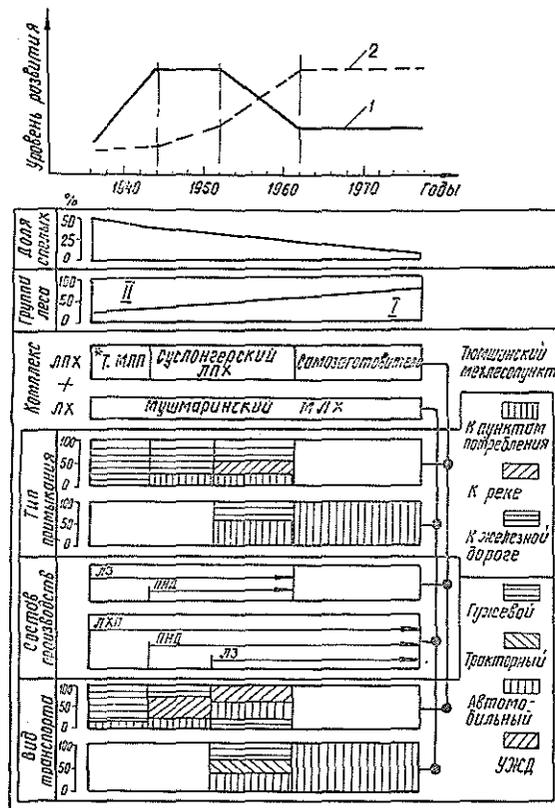


Рис. 2. Схема процесса развития Мушмаринского мехлесхоза. Обозначения те же.

и лесохозяйственные предприятия. В этот период отсутствовали условия для интеграции лесного хозяйства и лесной промышленности.

На стадии стабилизации наметились некоторые тенденции к комплексному ведению хозяйства. В организации деятельности предприятий усматривались следующие отличительные особенности. В Мушмаринском МЛХ и Козиковском ЛХ небольшой объем рубок главного пользования и все возрастающий объем рубок промежуточного пользования побудили развивать переработку древесной зелени и некондиционной древесины (производство древесного угля, ивового корья, драги штукатурной). В лесозаготовительных предприятиях получила развитие переработка древесины; гужевой транспорт все в большей мере вытеснялся механизированным. Указанные направления в развитии леспромхозов и лесхозов под влиянием развития техники, технологии, экономики обусловили появление новых типов предприятий, трансформирующихся из прежней качественной формы организации.

Интенсификация процесса лесовыращивания и лесопользования на базе ускоренного развития производств по переработке древесины и мер по интенсивному воспроизводству лесных ресурсов определили второй этап их развития — конверсии экстенсивных форм ведения хозяйства в интенсивные. Комплекс «Козиковский ЛХ + Козиковский ЛПХ» переживает перемены, которые отражают сущность конверсии. Так, начало конверсии определило совершенно новую форму Козиковского ЛХ,

который был объединен с Козиковским ЛПХ на базе последнего (в этот период лесная промышленность и лесное хозяйство были объединены в системе совнархозов). В комплексном предприятии были сосредоточены производства по выращиванию лесов, их эксплуатации и переработке. Леспромхоз имел приречное примыкание, организован преимущественно на базе узкоколейного железнодорожного транспорта. В дальнейшем наблюдался краткий возврат к разделному существованию, вскоре вновь сменившийся объединением. Трансформация специализированных лесозаготовительного и лесохозяйственного предприятий в комплексное обусловлена экономическими и социальными факторами; комплексный тип предприятий в условиях сокращения лесосырьевых ресурсов, где спрос на древесину значительно превышает возможности эксплуатации, признан наиболее целесообразным. В настоящее время Козиковский ЛК имеет смешанный характер примыкания; в условиях с ограниченными ресурсами спелых и перестойных насаждений (11,1 % в покрытой лесом площади) совершенно закономерна тенденция роста объемов вывозки древесины к пунктам потребления и объемов товарной продукции перерабатывающих производств. Мушмаринский МЛХ в периоде конверсии ускоренно развивал лесопромышленную деятельность. Возросли объемы лесозаготовок (15—20 тыс. м³), переработки некондиционной древесины. Лесозаготовительный процесс организован на базе автомобильного и тракторного и частично — гужевого транспорта. Существенные перемены переживает и Суслонгерский ЛПХ на базе Мушмаринского МЛХ. Изменение режима лесопользования, заключающееся в увеличении лесов I группы, сокращение ресурсов спелой и перестойной древесины (31 % на начало конверсии, 17,3 % на конец конверсии) вызвали преобразования в составе комбинирующих производств, характере технологии, виде транспорта на вывозке леса.

Итак, особенностями переходного периода от экстенсивных форм хозяйства к интенсивным явились: ограничение лесопользования, возросшие темпы развития производств по переработке древесины, рост объемов лесохозяйственного производства.

Завершение конверсии выводит лесное хозяйство и лесную промышленность в очередной этап развития; развитие этих отраслей осуществляется при ведущем значении первого и подчиненном положении лесоэксплуатации. Начальный период этапа интенсивных форм вызвал качественные изменения в развитии Мушмаринского МЛХ. В современных условиях мехлесхоз функционирует в условиях ограниченных ресурсов спелой древесины (10,9 %), осуществляет весь комплекс лесохозяйственных работ, вывозку древесины и ее переработку для собственных нужд, заготовку живицы; с 1962 г. в лесосырьевой базе этого мехлесхоза заготовку и вывозку древесины производят также мелкие лесозаготовители различных министерств и ведомств.

Охарактеризованный процесс развития изучаемых предприятий протекает в соответствии с общеэкономическим процессом развития народного хозяйства. На этапе экстенсивного развития деятельность предприятий подчинялась задачам наиболее полного и быстрого удовлетворения потребностей народного хозяйства в древесине, в периоде конверсии создаются возможности для более глубокой переработки древесины, дальнейшая интенсификация лесопользования при имеющихся производственных мощностях требует усиленного лесовыращивания — начальный период этапа интенсивного развития предприятий.

Из изложенного следует, что процесс последовательного освоения лесных ресурсов влечет за собой трансформацию типов предприятий.

На каждой стадии развития складываются определенные цели хозяйства, объемы и пропорции развития лесного хозяйства и лесной промышленности, типы предприятий, отражающие особенности техники и организации производства на данном этапе. Выявленные закономерности в динамике лесного фонда предприятий доказывают очевидность процесса развития лесных предприятий по пути интенсификации использования и воспроизводства лесных ресурсов. Эти закономерности в развитии состояния лесного фонда и подтвержденные тенденции стадийного развития лесных предприятий делают возможным управление этим процессом с учетом общеэкономической обстановки. Повышение качества управления процессом развития лесных предприятий достигается своевременной трансформацией предприятий экстенсивного типа в предприятия интенсивного типа. В перспективе комплексный тип предприятий, самый различный по размерам, структуре, представляется как наиболее рациональный тип предприятий исследуемого региона.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лобовиков Т. С. Опыт классификации типов лесозаготовительных предприятий. — Науч. докл. высш. школы. Лесинженерное дело. 1958, № 1, с. 57—60. [2]. Лобовиков Т. С. Общая концепция развития форм лесного хозяйства и лесной промышленности. — В кн.: Лесн. хоз-во и лесн. пром-сть. М.: Лесн. пром-сть, 1972, с. 61—69. [3]. Лобовиков Т. С. Лесные предприятия будущего и воспроизводство лесных ресурсов. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1977, № 4, с. 18—25. [4]. Лобовиков Т. С., Береславская В. А. О динамике соотношения лесопромышленной и лесохозяйственной деятельности в лесных предприятиях. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 4, с. 117—120.

Поступила 22 сентября 1981 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*232.31

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОЖАЯ ЕЛИ ПО ТРЕМ МУТОВКАМ КРОНЫ

А. И. БАРАБИН

Архангельский лесотехнический институт

Чтобы правильно прогнозировать урожай ели по числу женских почек, необходимо знать приуроченность их к определенным мутовкам кроны. Это очень важно также для выявления достоверности прогноза при количественном учете шишек на единице площади.

Лесоводами давно установлено, что у ели шишки сосредоточены главным образом в верхней трети кроны, но в литературе до сих пор нет данных о точном распределении генеративных почек в кроне. Определение границ сексуализации женских органов [1, 3] показало, что урожай шишек в кроне можно определять по числу их на первых пяти мутовках, считая от вершины. Можно использовать также данные учета урожая на 6—10-й мутовках, как рекомендуют и казахские ученые [4], но этот способ более трудоемок и менее точен. Определение урожая на пяти первых мутовках позволит подойти к оценке семеношения на растущих деревьях, т. е. к вопросу еще не решенному [5].

Но производство нуждается и в более простых способах прогнозирования и количественного учета урожая. В 1978 и 1980 гг. была сделана попытка определить урожай на всей кроне дерева по урожаю только первых трех мутовок, считая сверху. Шишки подсчитывали на плодоносящих деревьях, срубленных в процессе лесозаготовок в Вельском опытно-показательном механизированном лесхозе. Семеношение ели в 1978 г. оценивали баллом 5 по шкале Каппера, в 1980 г. — баллом 3.

Таксационные характеристики ельников близки: тип леса — ельник-черничник, полнота 0,7, класс возраста VII—VIII, средний диаметр ели 24 см.

Общий урожай в кроне дерева можно определять путем подсчета числа шишек на первых пяти [2] и даже на первых трех мутовках кроны (см. табл.). При обильном семеношении переводные коэффициенты соответственно близки к 4 и 12, при более слабом — к 5 и 20. Исключения составили лишь деревья диаметром 16 см, что связано, по-видимому, с освещением их крон. Связь урожая индикаторных мутовок с общим урожаем очень тесная. Правда, для первых трех мутовок она несколько слабее, но отношение $\frac{r}{m_r} > 3$. Исключения составили только деревья диаметром 16 и 20 см в 1980 г.

Сравнение показывает, что чем ниже балл урожая, тем выше коэффициенты пересчета урожая с первых трех мутовок дерева на всю крону. Видимо, при более слабом семеношении на первых трех мутовках кроны заложится еще меньше женских почек и значение переводного коэффициента резко возрастет.

На основании изложенного можно сказать, что чем выше балл урожая, тем более тесная зависимость между урожаем на индикаторных мутовках и общим урожаем шишек в кроне дерева. При прогнозировании и фактическом определении урожая можно использовать подсчет женских почек и шишек только на первых трех мутовках кроны дерева, ибо между урожаем на них и на всей кроне при обильном и хорошем урожае обнаруживается почти всегда тесная зависимость. Видимо, она будет уменьшаться при оценке урожая 1-м и 2-м баллами шкалы Каппера.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Барабин А. И. Выбор веток из кроны ели для подсчета зачатков соцветий при прогнозировании семеношения. — Бюл. МОИП, отд. биол. наук, 1968, т. 73, вып. 1, с. 155—158. [2]. Барабин А. И. Прогнозирование и учет урожая семян в ельниках Архангельской области: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. — Свердловск, 1974. — 20 с. [3]. Барабин А. И., Войчаль П. И. Женская и мужская сексуализация в кроне ели при малом урожае. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1978, № 6, с. 145—147. [4]. Медведев А. Н., Пальгов И. А. К вопросу о прогнозировании семеношения ели Шренка по генеративным почкам. — Вестн. с.-х. науки (Алма-Ата), 1971, № 1, с. 85—89. [5]. Молчанов А. А. География плодородия главных древесных пород в СССР. — М.: Наука, 1967. — 103 с.

Зависимость урожая шишек в кроне дерева от урожая на индикаторных мутовках

Диаметр елл, см	Число деревьев в опыте	Урожай шишек, шт.			Переводный коэффициент на всю крону с индикаторных мутовок		Коэффициент корреляции урожая на кроне с урожаем на индикаторных мутовках					
		на 1-3-й мутовках	на 1-5-й мутовках	на всей кроне	1-3-й		1-5-й		$r \pm m_r$	$\frac{r}{m_r}$	$r \pm m_r$	$\frac{r}{m_r}$
					1-3-й	1-5-й						
16	$\frac{20}{20}$	$\frac{5,0 \pm 0,9}{5,7 \pm 1,5}$	$\frac{12,0 \pm 1,0}{17,6 \pm 3,3}$	$\frac{26,0 \pm 1,6}{30,5 \pm 3,9}$	$\frac{5,2}{5,4}$	$\frac{2,2}{1,7}$	$\frac{0,84 \pm 0,06}{0,43 \pm 0,18}$	$\frac{14}{2,4}$	$\frac{0,94 \pm 0,03}{0,84 \pm 0,07}$	$\frac{31,3}{12}$		
20	$\frac{20}{20}$	$\frac{9,0 \pm 0,6}{2,1 \pm 0,8}$	$\frac{22,0 \pm 0,8}{8,3 \pm 1,6}$	$\frac{101 \pm 4,4}{30,1 \pm 4,9}$	$\frac{11,2}{14,3}$	$\frac{4,6}{3,6}$	$\frac{0,74 \pm 0,10}{0,43 \pm 0,18}$	$\frac{7,4}{2,4}$	$\frac{0,82 \pm 0,08}{0,77 \pm 0,09}$	$\frac{10,3}{8,6}$		
24	$\frac{20}{20}$	$\frac{10 \pm 0,6}{1,2 \pm 0,6}$	$\frac{26,0 \pm 1,1}{8,5 \pm 1,7}$	$\frac{111 \pm 3,7}{42,6 \pm 5,8}$	$\frac{11,1}{35,5}$	$\frac{4,3}{5,0}$	$\frac{0,74 \pm 0,10}{0,69 \pm 0,12}$	$\frac{7,4}{5,7}$	$\frac{0,85 \pm 0,06}{0,67 \pm 0,12}$	$\frac{14,2}{5,6}$		
28	$\frac{20}{20}$	$\frac{11,0 \pm 0,6}{2,6 \pm 0,7}$	$\frac{31,0 \pm 1,1}{13,0 \pm 1,9}$	$\frac{120 \pm 3,6}{50,3 \pm 5,2}$	$\frac{10,9}{19,3}$	$\frac{3,9}{3,9}$	$\frac{0,61 \pm 0,14}{0,71 \pm 0,11}$	$\frac{4,4}{6,5}$	$\frac{0,80 \pm 0,08}{0,69 \pm 0,12}$	$\frac{10,0}{5,7}$		
32	$\frac{15}{15}$	$\frac{13,3 \pm 0,7}{3,6 \pm 0,6}$	$\frac{37,0 \pm 1,2}{12,9 \pm 1,6}$	$\frac{142 \pm 3,1}{66,5 \pm 6,0}$	$\frac{10,7}{18,5}$	$\frac{3,8}{5,2}$	$\frac{0,52 \pm 0,12}{0,62 \pm 0,16}$	$\frac{4,3}{3,9}$	$\frac{0,84 \pm 0,07}{0,71 \pm 0,13}$	$\frac{12,0}{5,5}$		
36	$\frac{15}{15}$	$\frac{11,7 \pm 0,3}{4,1 \pm 1,5}$	$\frac{42,0 \pm 0,8}{16,9 \pm 3,0}$	$\frac{158 \pm 5,6}{91,3 \pm 15,1}$	$\frac{13,5}{22,3}$	$\frac{3,8}{5,4}$	$\frac{0,84 \pm 0,08}{0,86 \pm 0,07}$	$\frac{10,5}{12,3}$	$\frac{0,78 \pm 0,10}{0,79 \pm 0,10}$	$\frac{7,8}{7,9}$		
40 (1978 г.)	15	$12,1 \pm 0,7$	$40,0 \pm 1,6$	$149 \pm 5,9$	12,3	3,7	$0,68 \pm 0,14$	4,9	$0,89 \pm 0,05$	17,8		

Примечание. В числителе данные 1978 г., в знаменателе — 1980 г.

УДК 632.4 : 630*16

**ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ СТУПЕНЧАТОГО РАКА
В ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ ЛИСТВЕННИЦЫ**

В. Н. ФЕДОРОВ

Институт экспериментальной ботаники АН БССР

В системе мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов важное место занимает проблема повышения продуктивности лесов, одним из основных путей решения которой является внедрение в лесные посадки быстрорастущих и хозяйственно ценных древесных пород.

Первой из хвойных в Белоруссии интродуцирована лиственница (*Larix Mill.*). Наибольшее распространение в республике получила лиственница сибирская (*Larix sibirica Ldb.*). Общая площадь лесных культур с участием этой породы составляет в настоящее время около 12 тыс. га [4]. Дальнейшее внедрение лиственницы сибирской в лесные культуры является задачей, которую необходимо решать в ближайшее время. Одним из основных факторов, ограничивающих распространение лиственницы, является сумчатый гриб *Dasyscypha Willkommii* Hart. (синонимы: *Trichoscyphella Willkommii* (Hart.) Nannf., *Lachnellula Willkommii* Dep.).

Ступенчатый рак — болезнь ветвей и стволов деревьев с 5—6 до 80 лет и старше. Молодые пораженные деревья в насаждениях отмирают в течение 3—5 лет. В древостоях старшего возраста болезнь носит хронический характер и может продолжаться несколько десятилетий. Кроны больных деревьев сильно изрежены, сужены; длина многолетних раковых язв в нижней части стволов достигает 0,3—0,5 м, ширина — до 0,3 м. Средняя скорость распространения поражения по окружности ствола 5 мм в год, по длине ствола — 8 мм в год. Плодовые тела *D. Willkommii* образуются обычно на сухих ветвях лиственницы, а при сильном развитии заболевания и на живых ветвях вокруг раковых язв. Спороношение гриба происходит во влажные периоды в течение всего года; зимой на опавших ветвях под снегом [5].

Результаты детального фитопатологического обследования лесных культур лиственницы, проведенного на площади 251,2 га, отражены в табл. 1.

Таблица 1

Группа возраста	Площадь, га	Встречаемость, %	Распространенность рака, %			
			Средняя	В том числе по полнотам		
				0,5—0,6	0,7—0,8	выше 0,8
Молодняки	150,5	87,3	17,3	10,6	7,6	35,6
Средневозрастные	70,6	100,0	13,6	23,0	14,9	12,1
Приспевающие и спелые	30,1	86,3	12,5	17,8	10,5	—
Итого	251,2	90,7	15,7	13,4	9,9	26,2

Как видно из табл. 1, наибольшую опасность болезнь представляет для молодых посадок, распространенность рака в которых максимальна. С возрастом пораженность лиственницы постепенно снижается, однако остается на высоком уровне в течение всей жизни древостоев. Распространенность заболевания в обследованных парковых посадках лиственницы незначительна (2,2 %).

Существенных различий в устойчивости разных видов лиственницы обнаружено не было, хотя некоторые исследователи считают лиственницу европейскую менее восприимчивой породой [6, 7]. Эта ошибка, вероятно, вызвана тем, что в Белоруссии лиственница европейская встречается, главным образом, в декоративных посадках, где распространенность рака значительно меньше, чем в лесных культурах.

При изучении влияния полноты на пораженность деревьев в насаждениях четкой закономерности установить не удалось. Как видно из данных табл. 1, в хорошо проветриваемых низко- и среднеполнотных молодняках распространенность болезни невысокая, в перегушенных древостоях она резко возрастает. В средневозрастных, приспевающих и спелых культурах зависимость противоположная: с увеличением полноты пораженность лиственницы снижается. Частично это можно объяснить тем,

что с уменьшением полноты в таких древостоях создаются благоприятные условия для развития густого подлеска и подроста, способствующих повышению влажности и застою воздуха под пологом насаждений. При этом в нижней части стволов деревьев образуется много преимущественно мелких раковых язв. В целом распространенность ступенчатого рака лиственницы наименьшая в среднеполнотных древостоях.

Исследование распространенности заболевания по типах леса в молодняках позволило установить снижение пораженности лиственницы с ухудшением условий произрастания (кисличном — 20,0%, мшистом — 18,9%, черничном — 4,6%).

Существенное влияние на устойчивость лиственницы к раку в лесных культурах оказывает также тип смешения и доля участия ее в составе насаждений. Из приведенных в табл. 2 данных видно, что слабее были поражены смешанные насаждения с мягколиственными породами. Промежуточное положение занимают лиственничные насаждения и смешанные с сосной. Наиболее сильно поражены дубово-лиственничные и елово-лиственничные насаждения. Исследователи, занимающиеся изучением биологических особенностей развития лиственницы в северо-западных областях СССР, считают наиболее перспективными елово-лиственничные культуры, в которых создаются благоприятные условия для успешного роста обеих пород и увеличивается общий запас древесины [1—3, 7]. Уде-Андерсен [8], анализируя ряд литературных источников, относит чистые лиственничные древостой к более устойчивым, чем с елью обыкновенной. Учитывая нецелесообразность (с лесохозяйственной точки зрения) выращивания лиственницы с мягколиственными породами, предпочтение следует отдавать чистым лиственничным древостоям и с примесью ели до трех единиц в составе насаждений. Полнота насаждений не должна превышать 0,8.

Таблица 2

Тип насаждений	Участие лиственницы, ед.	Площадь, га	Распространенность рака, %				
			Средняя	В том числе с язвами на стволах			
				Мелкими	Средними	Крупными	Итого
Сосновые	1—2	76,1	10,1	3,6	1,7	2,6	7,9
	3—4	1,7	13,6	—	0,5	0,9	1,4
	Итого	77,8	10,2	3,6	1,7	2,6	7,8
Еловые	1—2	32,7	44,6	8,8	0,9	0,1	7,8
	3—4	16,9	15,1	5,5	1,0	0,2	6,7
	Итого	49,6	34,5	7,7	1,0	0,1	7,4
Дубовые Мягколиственные Лиственничные	1—2	13,7	32,5	7,8	1,4	0,3	9,5
	1—2	45,8	5,3	2,2	0,1	—	2,3
	4—6	54,8	11,3	5,6	2,3	1,2	9,1
	7—8	4,6	5,3	2,9	0,1	—	3,0
	9—10	4,9	7,4	1,9	1,3	0,8	4,0
	Итого	64,3	10,6	5,1	2,1	1,1	8,3
Всего	251,2						

Анализируя данные табл. 2, касающиеся распределения пораженных деревьев по типам язв, можно видеть, что образование раковых язв на стволах происходит довольно редко, гораздо чаще отмечается поражение ветвей. Количество ран средних и крупных размеров также невелико и колеблется от 0,1% в смешанных насаждениях лиственницы с мягколиственными породами до 4,3% — в смешанных насаждениях с сосной. Практически все деревья со средними и крупными язвами на стволах имеют признаки ослабления ростовых процессов.

Из других факторов, оказывающих влияние на появление и развитие ступенчатого рака, одним из важнейших является наличие обильного спороношения патогена на ветвях деревьев, что создает высокую инфекционную нагрузку и способствует сильному поражению близко расположенных молодых культур. Без применения мер защиты таких посадок болезнь принимает характер эпифитотий и вызывает массовое отмирание деревьев.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Павес Х. К. Две опасные болезни лиственницы. — Лесн. хоз-во, 1966, № 11, с. 45—47. [2]. Рахтеенко И. Н., Иванченко В. М., Русалович А. М.

О взаимодействии ели обыкновенной и лиственницы сибирской в смешанных насаждениях. — В кн.: Экспериментальная ботаника. Минск, 1962, с. 97—104. [3]. Рахтеенко И. Н., Капитула А. Н. Рост и развитие ели обыкновенной и лиственницы сибирской в чистых и смешанных культурфитоценозах. — В кн.: Формирование эталонных насаждений. Ч. 2. «Риса III». Каунас — Гирионис, 1979, с. 151—161. [4]. Саутин В. И. Лиственница сибирская — ценный экзот в лесах БССР. — Лесн. хоз-во, 1971, № 9, с. 30—33. [5]. Федоров В. Н. К фитопатологической характеристике посадок лиственницы в Белоруссии. — В кн.: Болезни сельскохозяйственных культур и леса. Рига, 1976, с. 206—208. [6]. Шкутко Н. В. Хвойные экзоты в Белоруссии и их хозяйственное значение. — Минск, 1970. [7]. Янушко А. Д. Грибное заболевание культур лиственницы в Белоруссии. — В кн.: Ботаника. Исследования. Минск, 1963, вып. 5, с. 218—223. [8]. Yde-Andersen A. Infection process and the influence of frost damage in *Lachnellula Willkommii*. — Eur. J. Forest Pathol., 1980, N. 1, 10, p. 28—36.

УДК 684.59 : 667.61

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ПОЛИЭФИРНОГО ЛАКА ПО МОЛЬНОЙ РЕФРАКЦИИ

В. И. ОНЕГИН, В. А. ЕГОРОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Для выявления декоративных качеств древесины, и прежде всего объемности ее текстуры, необходима некоторая прозрачность древесины хотя бы в поверхностных слоях. Этого можно достигнуть, если в поверхностном слое вытеснить из пор воздух, заменив его прозрачным материалом, показатель преломления которого был бы близок к показателю преломления древесины. К таким материалам относятся лакокрасочные. Следовательно, важно знать показатели преломления лакокрасочных материалов.

Экспериментальное определение показателя преломления связано с определенными трудностями. Намного быстрее и удобнее определять его расчетным путем, для слабо поглощающих сред, таких как полиэфирные лаки, — через мольную рефракцию.

Для органических соединений мольная рефракция — аддитивная величина, равная сумме инкрементов рефракции, содержащихся в молекуле атомов, их группировок и связей.

Мольная рефракция по Лорентц—Лоренцу R_{LL} [1, 4, 5], основанная на электромагнитной теории света, определяется из выражения (1):

$$R_{LL} = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{\rho}, \quad (1)$$

где M — молярная масса соединения;

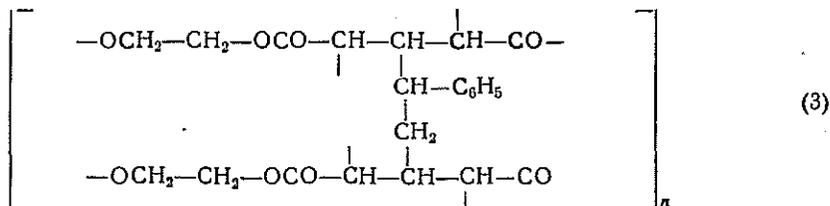
ρ — плотность;

n — показатель преломления.

В литературе [2] известно и эмпирическое соотношение Гладстона — Дейли

$$R_{GD} = (n - 1) \frac{M}{\rho}. \quad (2)$$

Приведенные соотношения используем для определения показателя преломления полиэфирного лака ПЭ-246, имеющего структурную формулу (3) [2]:



Используя таблицы, приведенные в работах [3], определим мольную рефракцию по структурному звену (см. табл.):

$$R_{[LLGD]} = \sum_{i=1}^5 R_{[LLGD]}^{[i]}(-CH_2-) + \sum_{i=1}^2 R_{[LLGD]}^{[i]}(-COO-) + \sum_{i=1}^7 R_{[LLGD]}^{[i]}(-\overset{|}{CH}-) + \\ + \sum_{i=1}^2 R_{[LLGD]}^{[i]}(-O-) + \sum_{i=1}^2 R_{[LLGD]}^{[i]}(\text{>CO=O}) + R_{[LLGD]}^{[i]}(-\text{C}_6\text{H}_4-). \quad (4)$$

Вклад групп в мольную рефракцию [3]

Рефракция	-O-	-CH ₂ -	-COO-		>C=O	
R_{LL}	1,77	4,65	6,71	25,52	5,09	3,62
R_{GD}	2,81	7,831	10,47	44,63	2,82	6,8

После подстановки численных значений получим

$$R_{LL} = 102,87 \text{ см}^3/\text{моль}; \quad R_{GD} = 175,585 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

Выразим показатель преломления в явном виде

$$n_{LL} = \left[\frac{M + 2R_{LL}\rho}{M - R_{LL}\rho} \right]^{0,5}; \quad (5)$$

$$n_{GD} = 1 + \frac{R_{GD}\rho}{M}. \quad (6)$$

Используя формулы Лорентц — Лоренца (5) и Гладстона — Дейли (6), определим расчетным путем показатель преломления для лака ПЭ-246 с $\rho = 1,23 \text{ г/см}^3$ и $M = 388 \text{ г/моль}$: $n_{LL} = 1,566$; $n_{GD} = 1,556$. Экспериментальное значение показателя преломления для этого лака $n_{ПЭ} = 1,571$. Как видно из примера, расчетное значение имеет вполне приемлемую точность.

Таким образом, показатель преломления для лакокрасочных материалов с достаточной степенью точности можно определить расчетным путем, что значительно упрощает задачу.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Киреев В. А. Курс физической химии. — М.: Химия, 1975. — 776 с.
 [2]. Gladstone J. H., Dale T. P. Trans. Roy. Soc. — London, 1858, A 148. — 887 p.
 [3]. Goedhart D. J. Communication Gel Permittion Chromotography International Seminar. — Monaco, 1969, oct., p. 12—15. [4]. Lorentz H. A. — Wied. Ann. Phys., 1880, 9, p. 641. [5]. Lorenz L. V. — Wied. Ann. Phys., 1880, 11, p. 70.

УДК 674.815

СМЕШИВАНИЕ ПОРОШКООБРАЗНОГО СВЯЗУЮЩЕГО С ДРЕВЕСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ

Ю. С. БАРАНОВ, В. Н. ВОСТРОВ, А. А. ВАИС

Сибирский технологический институт

Применение порошкообразного связующего вместо жидкого в производстве древесностружечных плит (ДСП) значительно упрощает технологию их производства и дает значительный экономический эффект.

Известный метод нанесения порошкообразного связующего в «кипящем слое» довольно сложен и энергоемок [5]. Некоторые авторы для смешивания частиц древесины

и порошка используют обычный смеситель [4]. В этих работах приведены прочностные показатели ДСП, но не рассматривается адгезия частиц порошка с частицами древесины, а следовательно, и миграция порошка по толщине сформированного ковра.

Прочностные показатели плит во многом зависят от того, насколько равномерно распределены частицы связующего на поверхности стружки, и от их адгезии. Во избежание миграции частиц порошка в нижнюю зону ковра необходимо, чтобы они прочно удерживались на древесных частицах. Частицы порошкообразного связующего, соприкасаясь с поверхностью древесины, удерживаются на ней не только за счет молекулярных сил, но и под действием капиллярных сил жидкости, конденсирующейся в зазоре между контактирующими телами, а также под действием двойного электрического слоя, образующегося в зоне контакта, и кулоновского взаимодействия [3].

Теоретическое изучение вопроса применения сильных электрических полей в различных технологических процессах показало, что эти поля могут быть использованы и для нанесения порошкообразного связующего на древесные частицы [2]. В связи с этим нами поставлена задача увеличения адгезии частиц порошка к древесине за счет кулоновской силы и исследован процесс смешивания частиц порошкообразного связующего с древесными частицами с помощью сил электростатического поля.

Анализ сил, влияющих на адгезию частиц порошка с древесиной, показал, что молекулярные, капиллярные и электрические силы не управляемы и действуют постоянно при одинаковых условиях. Сила кулоновского взаимодействия зависит от величины зарядов частиц порошка и древесины, следовательно, она управляема, так как заряды частиц можно менять по величине и знаку.

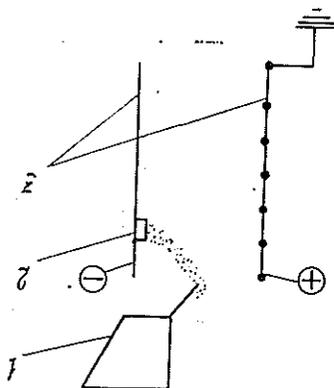
Заряд, приобретаемый частицей в поле коронного разряда, зависит от ее физического состояния и параметров электрического поля.

Для опытов мы брали древесные частицы размером $10 \times 5 \times 0,2$ мм, влажностью $W = 12\%$. В качестве порошкообразного связующего использовали мочевино-формальдегидную смолу УКС-11, которая имела следующие физико-химические свойства: рН 60 %-ного водного раствора — 7 %; плотность — $1,4 \text{ г/см}^3$; влажность — 2—3 %; дисперсность — 50 мкм.

Частицы порошкообразного связующего и древесины заряжались в поле коронного заряда по схеме, приведенной на рис. 1.

Рис. 1. Принципиальная схема зарядки частиц порошкообразного связующего и древесины.

1 — бункер с порошкообразным связующим; 2 — древесная частица; 3 — электроды, между которыми создается поле высокого напряжения.



Во время опыта древесную частицу закрепляли на сплошном электроде; для увеличения контактного сопротивления между ней и сплошным электродом прокладывали бумагу.

В результате контакта с электродом на поверхности частицы появлялся заряд за счет электростатической индукции. Продолжительность заряда частиц составляла 0,1—0,3 с в зависимости от влажности и напряженности электрического поля. Частицы связующего, пролетая через поле положительной короны, получали ионную зарядку и осаждались на древесной частице. Значение заряда частиц менялось в зависимости от напряженности поля, которая варьировала в пределах 0—4 кВ/см. Расстояние между электродами составляло 8 см.

Для оценки сил адгезии частиц порошка применяли вибрационный метод. Стружку с напыленным порошкообразным связующим испытывали на специальном стенде. С этой целью ее закрепляли на вибропластине, которой сообщалась вибрация определенной частоты. Амплитуда колебаний пластины оставалась постоянной. Начало отрыва частиц порошка соответствовало минимальной частоте, а при удалении частиц порошка на 90—95 % определяли максимальную частоту.

Результаты опытов по определению относительной силы адгезии после статистической обработки приведены в таблице. Предварительные результаты исследований показали, что кулоновская сила принимает участие в создании адгезии между частицами, причем эту силу можно регулировать, меняя заряд частиц.

Зависимость относительной силы адгезии от напряженности поля

Напряженность поля E , кВ/см	Частота отрыва, Гц	
	минимальная	максимальная
0	5,0	7,5
2	7,4	12,4
3	10,4	17,0
4	18,4	77,2

Как видно из таблицы, с увеличением напряженности поля возрастают минимальная и максимальная частоты отрыва.

Для получения смеси древесных частиц со связующим изготовлена экспериментальная установка (рис. 2) с двумя системами электродов, на которые подавали высокое полярное напряжение от источников питания АКИ-50 и В-140-23, дающих напряжение 50 и 140 кВ, соответственно мощности источников 0,5 и 2 кВа. Частицы связующего и древесины, пролетая через поле короны, заряжались разноименно и смешивались [1].

На процесс смешивания порошкообразного, связующего с древесной большое влияние оказывает влажность окружающей среды. При повышении влажности от 40 до 90 % электрические силы, действующие на частицу, уменьшаются в 2,5—3 раза. Поэтому наиболее благоприятные условия для электросмешивания получаются при наименьшей влажности окружающей среды [3].

По технологии после смешивания сформированный стружечный пакет подвергается транспортировке, в процессе которой возникает миграция порошкообразного связующего по толщине стружечного пакета. Для изучения миграции имитировали процесс транспортировки пакета и определяли количество выпавшего на поддон связующего.

Результаты исследования показали, что при транспортировке смеси, полученной в электрическом поле, на поддон выпадало до 9 % связующего от общего числа, находящегося в пакете. Качество смешивания оценивали по физико-механическим показателям готовых плит. Для изготовления плит использовали стружку Красноярского ДОКа. Стружечная масса состояла из 80 % древесины сосны и 20 % древесины лиственницы сибирской. Влажность древесных частиц составляла $13 \pm 0,5$ %. В качестве связующего использовали порошкообразную мочевино-формальдегидную смолу марки УКС-11 с добавлением в качестве отвердителя 1 % порошкообразного хлористого аммония. В камере экспериментальной установки (рис. 2) связующее с отвердителем в количестве 10 % от стружечно-клеевой массы наносили на древесные частицы. Полученную стружечно-клеевую массу помещали в прессформу, подпрессовывали и полученный таким образом брикет помещали в горячий пресс. Прессование проводили на прессе ПГ-10 при температуре плит пресса $160 \pm 1,5$ °С. Расчетная плотность плиты

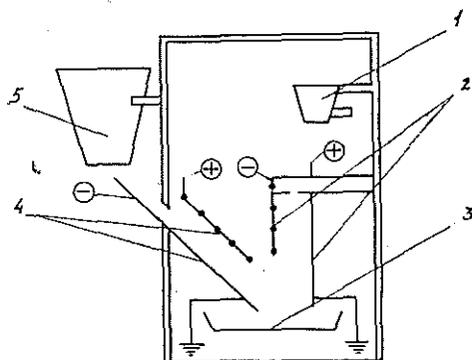


Рис. 2. Экспериментальная установка для смешивания частиц древесины со связующим.

1 — бункер с порошкообразным связующим; 2 — система электродов для зарядки связующего; 3 — поддон, где собирается готовая стружечная смесь; 4 — система электродов для зарядки древесных частиц; 5 — бункер с древесными частицами.

$\gamma = 600-700 \text{ кг/м}^3$. Готовые древесно-стружечные плиты имели предел прочности при статическом изгибе $\sigma_{н} = 17,3-25,5 \text{ МПа}$ и предел прочности перпендикулярно пласти $\sigma_{\perp} = 0,48 \text{ МПа}$.

Проведенные исследования показали, что с помощью сил электростатического поля можно значительно увеличить адгезию между древесными частицами и связующим и, следовательно, получать ДСП высокого качества при применении сухого связующего. Электросмеситель может быть смонтирован под формирующей машиной, что позволит исключить дополнительное пересыпание стружечно-клеевой массы и возможность осыпания порошкообразной смолы с древесных частиц. Безопасность работы на электросмесителе создается благодаря надежной механической и электрической блокировке электродов и других токоведущих частей и применению искропредупреждающих устройств.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. с. 642212 (СССР). Устройство для смешивания древесных частиц со связующим/ В. Н. Востров, А. А. Вайс, Ю. С. Баранов. — Оpubл. в Б. И., 1979, № 2. [2]. Вайс А. А., Востров В. Н. Ориентация древесных частиц в электрическом поле. — Реф. информ., 1972, № 1 (ВНИПИЭИлеспром. Фанера и плиты). [3]. Зимои А. Д. Адгезия пыли и порошков. — М.: Химия, 1976. [4]. Изготовление стружечного ковра с порошкообразным связующим/ И. М. Гольдберг, Ю. В. Ефремов, Ю. Г. Лапшин, Я. Н. Цыпин. — Деревообаб. пром-сть, 1976, № 11. [5]. Лютгер Г. Нанесение порошкообразного фенольного клея на древесную стружку. Holztechnologie, 1972, № 3.

УДК 630*854 : 539.4

О ВИЗУАЛЬНОЙ СОРТИРОВКЕ БРУСЬЕВ ПО ПРОЧНОСТИ

А. М. БОРОВИКОВ, Г. П. ХАБАРОВА

ЦНИИМОД, Архангельский лесотехнический институт

Машины «Компьютерматик» (Австралия) и «Тимградер» (Финляндия) предназначены для сортировки по прочности пиломатериалов толщиной не более 76 мм. Сортировку брусев по прочности пока можно выполнить лишь визуально по биологическим признакам.

Строители предъявляют требования к форме пиломатериалов (ограничивая обзол, деформации и дефекты, подобные отщепу, сколу и вырыву) исходя из условия соединения элементов в конструкции. В итоге ограничения по этим порокам жестче, чем если бы они регламентировались только с учетом их влияния на прочность пиломатериалов. Биоповреждения также нормируют преимущественно не из-за влияния гнилей и повреждений насекомыми на прочность пиломатериалов, а с целью исключения интенсивного биологического разрушения деревянных конструкций. Биологическими признаками прочности пиломатериалов считаются сучки, наклон волокон и (по некоторым зарубежным стандартам) плотность или ширина годичных слоев, причем преобладает влияние сучков на прочность.

Визуальная сортировка пиломатериалов по прочности получила широкое распространение в Канаде, США и Англии. Комитет по лесоматериалам ЕЭК (Европейская экономическая комиссия) рекомендовал для стран европейского рынка стандарт на правила сортировки хвойных пиломатериалов по прочности [5]. В нем визуальный способ сортировки принят наряду с сортировкой на машинах. Визуальную прочностную сортировку осуществляют по ширине годичных слоев, наклону волокон и двум параметрам КАР и КАМ сучков (КАР — относительная площадь проекций сучков худшего участка на поперечное сечение сортимента; КАМ — доля площади проекций, приходящихся на прикромочную зону размером $\frac{1}{4}$ ширины сортимента).

Возможность прочностной сортировки брусев по параметрам КАР и КАМ (в дальнейшем площадь проекций и доля площади проекций) мы проверили по результатам испытаний [6] на изгиб при нагружении на кромку сосновых брусев по ГОСТу 8486—57* влажных (более 30 % влажности) сечением 100×100 , 100×150 и 100×200 мм и сухих (влажностью около 8 %) сечением 100×150 мм. Для суждения о возможности прочностной сортировки по площади и доле площади проекций сучков достаточно знать коэффициент корреляции предела прочности на изгиб с

* В настоящее время это ГОСТ 8486—66 (после незначительных изменений).

этими параметрами. Чем больше коэффициент корреляции, тем точнее способ сортировки. Граничные для сортов значения параметров сучков устанавливаются с учетом уравнения регрессии. Если совокупности пиломатериалов, подвергаемых сортировке, неоднородны по регрессионным показателям, то нормативы по сучкам должны отличаться. Расчет параметров сучков участков разрушения пиломатериалов и регрессионный анализ связи предела прочности с параметрами сучков выполнили на ЭВМ «Напри-С» с использованием программ [2, 3]. Об однородности выборок брусев по регрессионным показателям судили по статистикам [4].

Выявлены следующие закономерности для сосновых брусев.

1. Зависимость предела прочности от площади и доли площади проекций сучков наиболее точно аппроксимируется показательной или логарифмической функцией, но степень уточнения незначительна по сравнению с уравнением прямой. Теснота связи с площадью проекций больше, чем с прикромочными долями площади проекций (для досок, испытанных таким же образом, наблюдается обратная закономерность [1]). Связь становится теснее, если вместо площади проекций брать значение квадратного корня из этой величины.

Совместный учет площади и прикромочных долей площади проекций сучков практически не увеличивает тесноту связи из-за высокой корреляции между этими параметрами сучков у брусев.

2. По эмпирическим оценкам коэффициента линейной корреляции значения выборок брусев (кроме сечения 100×200 мм) могут быть отнесены к одной совокупности. Для связей предела прочности с площадью проекций и значением квадратного корня площади гипотетические коэффициенты корреляции при 95 %-ных доверительных интервалах равны соответственно $0,615 < 0,667 < 0,713$ и $0,691 < 0,734 < 0,773$. Этой тесноты связи достаточно для визуальной сортировки по прочности. Для брусев сечением 100×200 мм теснота связи меньше (эмпирический коэффициент корреляции не превышает 0,5) и точность прогнозирования их прочности по площади проекций сучков хуже.

3. По эмпирическим оценкам регрессионных показателей однородны только выборки влажных брусев сечением 100×100 и 100×150 мм. Гипотетические уравнения регрессии $\sigma = -0,435S + 40,2$ и $\sigma = -3,48 \sqrt{S} + 46,5^*$. Эмпирические оценки показателей регрессии в той же последовательности равны $-0,347$ и $33,5$; $-2,34$ и $36,9$ для влажных брусев сечением 100×200 мм и $-0,781$ и $49,7$; $-5,66$ и $58,7$ для сухих брусев сечением 100×150 мм.

Для прочности влажных σ_{30} и сухих σ_8 брусев сечением 100×150 мм, имеющих на участке разрушения сучки, одинаковые по значению квадратного корня из их площади проекций, справедлива зависимость: $\sigma_{30} = 0,68 \sigma_8 + 6,8$.

Выводы

1. Прочность на изгиб сосновых брусев коррелирует с площадью проекций сучков худшего участка. Теснота связи достаточно для организации визуальной сортировки брусев по прочности. В отличие от правил ЕЭК визуальной сортировки пиломатериалов по прочности для брусев не надо учитывать прикромочные доли площади проекций сучков.

2. При сортировке по прочности нормативы по площади проекций сучков для брусев сечением 100×200 мм должны отличаться от нормативов для брусев сечением 100×100 и 100×150 мм. При одинаковых нормативах брусья одного сорта, но разных сечений отличаются по прочности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Боровиков А. М. Значимость параметров сучков по британскому стандарту БС 4978—73. — В кн.: Межвуз. сб. науч. тр. Л.: ЛИСИ, 1977, № 1 (132). Исследования конструкций из клееной древесины и пластмасс, с. 135—142. [2]. Боровиков А. М. Расчет геометрических параметров сучков на ЭВМ. — В кн.: Науч. тр. Архангельск: ЦНИИМОД, 1978. Контроль и управление качеством продукции, с. 80—88. [3]. Боровиков А. М. Многофакторный регрессионный анализ на ЭВМ «Напри». — Архангельск, 1979. — 4 с. (ЦНТИ. Информ. листок. № 172). [4]. Закс Л. Статистическое оценивание/ Пер. с нем. М.: Статистика, 1976. — 598 с. [5]. Рекомендованный ЕЭК стандарт для сортировки пиломатериалов хвойных пород по направлению: Европейский бюллетень по лесоматериалам. — Женева, ЕЭК/ФАО ООН, 1977, т. 30, доп. 2. — 15 с. [6]. Савков Е. И. Прочность пиломатериалов. — М.: Гослесбумиздат, 1962. — 88 с.

* σ — предел прочности, МПа; S — сумма площадей проекций сучков, % от площади поперечного сечения сортимента.

ЮБИЛЕИ

НИКОЛАЮ ВАСИЛЬЕВИЧУ НИКИТИНУ — 75 ЛЕТ

15 февраля 1982 г. исполнилось 75 лет Николаю Васильевичу Никитину — члену редколлегии «Лесного журнала» со дня его основания.

Трудовая биография Н. В. Никитина началась в 15 лет, когда он пришел рабочим на лесозавод. Затем рабфак, учеба в Архангельском лесотехническом институте, аспирантура... В 1937 г. Н. В. Никитину присуждены ученая степень кандидата наук и звание доцента. В течение 36 лет он заведовал кафедрой экономики и организации производства АЛТИ, 10 лет был проректором по научной работе. При активном участии Н. В. Никитина при АЛТИ была открыта проблемная химическая лаборатория, проведен ряд крупномасштабных конференций, начато издание «Лесного журнала». Им опубликовано около 50 книг и статей по вопросам экономики лесобработывающей промышленности.

Более полувека — с 1928 г. — Н. В. Никитин в рядах Ленинской партии. Его трудовая и общественная деятельность отмечена орденами Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», медалями.

Коллектив АЛТИ, общественность г. Архангельска, многочисленные ученики тепло поздравили Николая Васильевича с большим юбилеем.

Редколлегия и редакция «Лесного журнала» присоединяются к этим поздравлениям и желают Николаю Васильевичу доброго здоровья и дальнейшего активного участия в работе журнала.

ВАЛЕНТИНУ ВАСИЛЬЕВИЧУ ЩЕЛКУНОВУ — 70 ЛЕТ

27 апреля 1982 г. исполнилось 70 лет со дня рождения профессора, члена редколлегии «Лесного журнала» Валентина Васильевича Щелкунова.

В 1934 г. В. В. Щелкунов окончил лесинженерный факультет Архангельского лесотехнического института. Свою педагогическую деятельность он начал с 1935 г., сначала в должности преподавателя, затем доцента, с 1942 г. по 1981 г. — заведующего кафедрой сухопутного транспорта леса АЛТИ. В настоящее время он является профессором этой кафедры.

За время работы в институте В. В. Щелкунов зарекомендовал себя способным педагогом, высокоэрудированным научным работником. Им опубликовано более 80 научных работ, он является соавтором учебника по сухопутному транспорту леса. За успехи в работе он награжден шестью правительственными наградами, в том числе тремя орденами «Знак Почета».

Среди студентов, преподавателей и сотрудников института В. В. Щелкунов пользуется высоким и заслуженным авторитетом.

Редколлегия и редакция «Лесного журнала» поздравляют Валентина Васильевича Щелкунова со славным юбилеем, сердечно благодарят его за большую и плодотворную работу, которую он в течение почти 25 лет осуществляет как член редколлегии журнала.

ПАМЯТИ УЧЕНЫХ ЛЕСНОЙ НАУКИ

ИВАН МИХАЙЛОВИЧ БОХОВКИН

К 70-летию со дня рождения

До своего семидесятилетия ректор АЛТИ, профессор Иван Михайлович Боховкин не дожил трех лет. Он скончался 6 февраля 1979 г., открывая спартакиаду преподавателей и сотрудников лесных вузов. Как ни печально это событие, оно ярко характеризует И. М. Боховкина как неустанного труженика, отдававшего всего себя делу, которому он посвятил свою жизнь.

Иван Михайлович родился 16 февраля 1912 г. в селе Барятино Калужской губернии. Он окончил Рязанский пединститут, прошел аспирантуру при Воронежском университете, заведовал кафедрой в Красноярском пединституте, служил в Советской Армии. В 1939 г. вступил в КПСС.

С 1940 г. его жизнь, работа, партийная и общественная деятельность связаны с Архангельским лесотехническим институтом, где он работал последовательно заведующим кафедрой, деканом химико-технологического факультета, проректором по учебной работе и с 1966 г. ректором.

Профессор И. М. Боховкин был крупным педагогом, ученым, организатором. Он всегда умело увязывал преподавание с научными исследованиями, требовал того же от других и учил этому. Свыше 220 печатных работ И. М. Боховкина в области физической химии и смежных с нею наук, по проблемам охраны окружающей среды и высшему образованию и ныне не утратили своего значения.

Благодаря энергии Ивана Михайловича Архангельский лесотехнический институт превратился в крупный учебный и научный центр. И. М. Боховкин неоднократно избирался членом Архангельского областного и городского комитетов партии, депутатом областного Совета народных депутатов; ему было присвоено звание почетного гражданина города Архангельска.

С 1966 г. И. М. Боховкин был ответственным редактором «Лесного журнала». Он много сделал для повышения научного уровня журнала, развития его как единого комплексного печатного органа высшей школы по всем отраслям науки о лесе и древесине.

Большие заслуги И. М. Боховкина были отмечены орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», многими медалями.

Светлая память об Иване Михайловиче Боховкине — замечательном педагоге, ученом, руководителе, коммунисте живет в плодах его труда, в памяти его соратников и учеников.

Ректорат Архангельского лесотехнического института, редколлегия «Лесного журнала»

НЕКРОЛОГИ

**ГАЛЬПЕРИН
МИХАИЛ ИСААКОВИЧ**

(1923—1982)

19 января 1982 г. на 59-м году жизни скончался заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства Уральского лесотехнического института, доктор сельскохозяйственных наук, профессор Михаил Исаакович Гальперин — член КПСС, участник Великой Отечественной войны.

М. И. Гальперин родился 13 июня 1923 года в с. Чемеровцы Хмельницкой области Украинской ССР в крестьянской семье. Любовь к лесу, к родной природе, а также жажда знаний привели его после окончания средней школы в Брянский технологический институт. По окончании института М. И. Гальперин начал трудовую деятельность старшим инженером отдела лесоустройства Главлесоохраны при СНК СССР, а после реорганизации Главлесоохраны — старшим инженером управления лесоустройства Министерства лесного хозяйства СССР.

Окончив аспирантуру в Ленинградской лесотехнической академии и защитив кандидатскую диссертацию по «Основам организации хозяйства в лесах зеленой зоны г. Ленинграда» под руководством известного ученого А. А. Бэйтина, он стал доцентом Ворошиловградского, а затем Башкирского сельскохозяйственных институтов. В течение последних 18 лет он бессменный заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства Уральского лесотехнического института.

Профессор М. И. Гальперин — крупный ученый в области теории и практики лесоустройства. Его глубокие теоретические исследования по «Основам ландшафтного метода устройства пригородных лесов» явились темой докторской диссертации. После успешной защиты диссертации он продолжает научные исследования, развивающие вопросы ведения лесного и лесопаркового хозяйства в пригородных лесах. Перу М. И. Гальперина принадлежит более 50 работ, известных широкому кругу специалистов и включенных в специальную учебную и научную литературу. Под его руководством разработан ряд научно-исследовательских тем, результаты которых используются в производстве.

Многое сделал М. И. Гальперин для подготовки инженерных и научно-педагогических кадров лесного хозяйства. Он известен как пылкий исследователь, опытный педагог и воспитатель. Под его руководством защищено шесть кандидатских диссертаций. Он успешно совмещал большую научно-педагогическую работу с общественной: неоднократно избирался членом парткома и председателем комиссии партийного контроля института, членом комиссии по охране природы УНЦ АН СССР, членом комиссии ВАСХНИЛ по использованию леса. За боевые и трудовые заслуги М. И. Гальперин удостоен шести государственных наград.

Большое трудолюбие и добросовестное отношение к выполняемой работе, принципиальность и требовательность к себе и другим, простота и скромность, чуткое отношение к людям снискали М. И. Гальперину глубокое уважение, высокий авторитет и любовь всех, кто с ним работал.

Светлая память о Михаиле Исааковиче Гальперине навсегда сохранится в наших сердцах.

С. В. Соколов, И. Ф. Коростелев, В. И. Шагин,
Б. С. Фимушин, В. А. Галако, А. А. Николин и др.
Уральский лесотехнический институт

СОДЕРЖАНИЕ

- И. С. Мелехов.* Использование и воспроизводство древесного сырья для целлюлозно-бумажной промышленности 3

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- П. Н. Львов, А. И. Орлов.* Динамика лесных ресурсов в Архангельской области, перспектива их использования и воспроизводства 10
- А. С. Яковлев.* Влияние многолетнего лупина на биологическую активность почвы и рост культур дуба черешчатого 13
- С. А. Денисов.* Рост в высоту берез бородавчатой и пушистой как их биологическая особенность 17
- Ю. М. Алесковский, А. Л. Гутман, А. А. Нечаев, В. В. Успенский.* К вопросу о зависимости радиального прироста деревьев от количества осадков 20
- В. Н. Егоров.* Ход роста полезащитных лесных полос из клена ясенелистного в Центрально-Черноземной полосе 23
- Ю. Г. Санников, А. С. Баранцев.* Влияние механизированной заготовки осмола на рост сосновых молодняков 26
- В. Е. Кулаков.* Анатомические особенности смоляных ходов кедра сибирского после подсочки 30

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Ю. Д. Силуков, Н. П. Дергунов, В. И. Моськов.* К вопросу о корреляционном анализе возмущений от дороги при различных скоростях движения автомобиля 33
- С. И. Морозов.* Об устойчивости температурно-напряженного пути на кривой 37
- Я. В. Слодкевич, Н. А. Белоусов, А. А. Брагчиков.* Исследования сопротивления качению и скорости движения лесосечной гусеничной машины 42
- Г. М. Анисимов.* К определению собственных частот трелевочной системы 47
- Г. А. Гребенщиков.* О продольной динамике лесовозного автопоезда седельного типа с дополнительной грузонесущей осью 52
- Д. И. Станчев.* Основы оптимизации выбора конструкционных материалов для лесных и сельскохозяйственных машин 56
- Ю. И. Архипов, Н. В. Мурашкин.* Прогнозирование долговечности изделий с помощью номограмм 59

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- Б. Н. Уголев.* О расчете напряжений в пиломатериалах при асимметричном распределении влажности в процессе сушки 66
- В. К. Лобастов.* К вопросу обоснования применения циклоидальных исполнительных механизмов в приводах деревообрабатывающих станков 70
- В. В. Соловьев, А. Р. Михайлова.* К вопросу о прочности рамных пил 77
- С. А. Апостолов, В. Е. Юринцев.* К расчету сил удара резца о заготовку при цилиндрическом фрезеровании древесины 81
- Л. А. Губенко.* Теоретическое исследование методом конечных элементов напряженного состояния древесины при одноосном растяжении 85
- П. М. Койков, В. А. Тимкин.* Исследование влияния технологических факторов на брикетирование коры 87
- И. К. Якушенко.* Основные показатели физико-механических свойств древесины некоторых перспективных видов и сортов тополей в Белоруссии 91

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- С. А. Сапотницкий.* Взаимосвязь между расходом серы и сахара на побочные реакции сульфитной варки глюкозы 95
- Б. В. Рошмаков, А. А. Эльберт.* Кинетика и механизм отверждения карбамидных смол в присутствии инициаторов свободнорадикального типа 97

Р. Д. Преловская, Г. Г. Распутин, О. М. Соколов. К интерпретации результатов гель-хроматографического анализа полимеров	103
Ю. П. Кловев, А. И. Ламоткин. Исследование димерных веществ, полученных при действии протонных кислот на моноциклические терпены	107
Н. Н. Буренина, В. А. Шамаев, Н. И. Попова, А. К. Верховец. Спектроскопическая характеристика лигнина, модифицированного мочевиной	110

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Ю. Ю. Туныця, И. Г. Билинский. Эколого-экономические проблемы совершенствования хозяйства в колхозных лесах	112
Л. И. Ильев, Ф. Ф. Бурак. О совершенствовании показателей эффективности лесохозяйственного производства	116
В. А. Береславская. Тенденции развития форм организации предприятий лесной промышленности и лесного хозяйства	119

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

А. И. Барабин. Определение урожая ели по трем мутовкам кроны	125
В. Н. Федоров. Влияние экологических факторов на распространенность ступенчатого рака в лесных культурах лиственницы	127
В. И. Онегин, В. А. Егоров. Определение показателя преломления полиэфирного лака по мольной рефракции	129
Ю. С. Баранов, В. Н. Востров, А. А. Вайс. Смешивание порошкообразного связующего с древесными частицами	130
А. М. Боровиков, Г. П. Хабарова. О визуальной сортировке брусьев по прочности	133

ЮБИЛЕИ

Николаю Васильевичу Никитину — 75 лет	135
Валентину Васильевичу Щелкунову — 70 лет	135

ПАМЯТИ УЧЕНЫХ ЛЕСНОЙ НАУКИ

Ректорат Архангельского лесотехнического института, редколлегия «Лесного журнала». Иван Михайлович Боховкин. К 70-летию со дня рождения	136
---	-----

НЕКРОЛОГИ

С. В. Соколов, И. Ф. Коростелев, В. И. Шастин, Б. С. Фимушин, В. А. Галако, А. А. Николин и др. Михаил Исаакович Гальперин (1923—1982)	137
--	-----

Рефераты	142
--------------------	-----

CONTENTS

<i>I. S. Melekhov.</i> Utilization and reproduction of wood raw material for cellulose-paper industry	3
---	---

FORESTRY

<i>P. N. Lvov, A. I. Orlov.</i> Dynamics of forest resources in the Archangel Region and the prospect of their utilization and reproduction	10
<i>A. S. Yakovlev.</i> Influence of perennial lupine on biological activity of soil and growth of common oak cultures	13
<i>S. A. Denisov.</i> Hight growth of birches, european and pubescens, as their biological peculiarity	17
<i>Yu. M. Aleshkovsky, A. L. Gutman, A. A. Nechaev, V. V. Uspensky.</i> On the question of relationship between radial increments of trees and rainfall	20
<i>V. N. Egorov.</i> Growing process of ash-leaved maple forest belts in the central Black-Earth region	23
<i>Yu. G. Sannikov, A. S. Barantsev.</i> Influence of mechanized collection of stumpwood upon the young pine forests' growth	26
<i>V. E. Kulakov.</i> Anatomical peculiarities of Siberian cedar resin canals after boxing	30

FOREST EXPLOITATION

<i>Yu. D. Silukov, N. P. Dergunov, V. I. Moskov.</i> On the question of using correlation analysis of road disturbances at different car movement speeds	33
<i>S. I. Morosov.</i> On the stability of temperature-strained way on the curve	37
<i>Ya. V. Stodkevich, N. A. Belousov, A. A. Bratchikov.</i> Investigations of rolling resistance and speed of motion of a cutting area caterpillar vehicle	42
<i>G. M. Anisimov.</i> On determination of base frequencies of skidding system	47
<i>G. A. Grebenshchikov.</i> On longitudinal dynamics of saddle-type logging autotrain with an additional load carrying axis	52
<i>D. I. Stanchev.</i> The basis of optimisation of choosing constructive materials for forest and agricultural machines	56
<i>Yu. I. Arkhipov, N. V. Murashkin.</i> Articles durability prognosis with the help of nomographs	59

MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

<i>B. N. Ugolev.</i> On calculation of drying stresses in lumber with asymmetrical moisture distribution	66
<i>V. K. Lobastov.</i> On the problem of basing the use of cycloidal carrying out devices in the drives of woodworking machines	70
<i>V. V. Soloviev, A. R. Mikhailova.</i> On the problem of frame saws strenght	77
<i>S. A. Apostolyuk, V. E. Yurinets.</i> Calculation of impact forces of a cutter at cylindrical wood cutting	81
<i>L. A. Gubenko.</i> Theoretical investigation of stressed wood conditions under oneaxial tension by final elements method	85
<i>P. M. Koikov, V. A. Timkin.</i> Research of technological factor's effect upon briquetting bark	87
<i>I. K. Yakuschenko.</i> Fundamental indices of physico-mechanical properties of wood of some perspective species and sorts poplas in Byelorussia	91

CHEMICAL WOODWORKING

<i>S. A. Sapotnitsky.</i> Interconnection between the expenditure of sulphur and sugar for by-reactions of glucose sulphite cooking	95
<i>B. V. Roshmakov, A. A. Elbert.</i> Kinetics and process of curing urea-formaldehyde resins in the presence of free-radical type initiators	97
<i>R. D. Prelouskaya, G. G. Rasputin, O. M. Sokolov.</i> On the interpretation of the results of polymers, gel-chromatographic analysis	103
<i>Yu. P. Klyuev, A. I. Lamotkin.</i> Inves'igation of dimeric substances received at the action of proton acids on monocyclic terpens	107

- N. N. Burenina, V. A. Shamaev, N. I. Popova, A. K. Verkhovets.* Spectroscopic characteristic of lignin modified with urea 110

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF PRODUCTION

- Yu. Yu. Tunitsya, I. G. Bilinsky.* Ecologo-economic problems of improving collective farm forestry 112
- L. I. Iliev, F. F. Burak.* On improving the indices of effectiveness of forestry production 116
- V. A. Bereslauskaya.* Tendencies of developing form of organizing enterpris in forest industry and forestry 119

SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

- A. I. Barabin.* Determination spruce crop by three churn-staffs of the crown . . 125
- V. N. Fedorov.* Influence of ecological factors on spreading stepped canker in forest cultures of larch 125
- V. N. Fedorov.* Influence of ecological factors on spreading stepped canker in forest cultures of larch 127
- V. I. Onegin, V. A. Egorov.* Determination of refractive index of polyester lacquer by mole refraction 129
- Yu. S. Baranov, V. N. Vostrov, A. A. Wais.* The mixing of powderlike abhesive with wood particles 130
- A. M. Borovikov G. P. Khabarova.* On visual of bars by durability 133

JUBILEES

- N. V. Nikitin* — 75 years old 135
- V. V. Shchelkunov* — 70 years old 135

TO THE MEMORY OF SPECIALISTS IN WOOD SCIENCE

- Rectorat of the Archangelsk Forest Engineering Institute, editorial board of "Forest magazine".* To Ivan Michailovich Bokhovkin's 70th anniversary birthday 136

NECROLOGY

- S. V. Sokolov, I. F. Korostelev, V. I. Shastin, B. S. Fimushin, V. A. Galako, A. A. Nikolín etc.* Michail Isaakovich Galperin (1923 — 1982) 137

- Referates* 142

РЕФЕРАТЫ

УДК 630*612:676.002.3

Использование и воспроизводство древесного сырья для целлюлозно-бумажной промышленности. МЕЛЕХОВ И. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 3.

УДК 630*611

Динамика лесных ресурсов в Архангельской области, перспектива их использования и воспроизводства. ЛЬВОВ П. Н., ОРЛОВ А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 10.

Показано изменение лесного фонда под воздействием рубок главного пользования и состояние воспроизводства лесных ресурсов. Отмечено большое хозяйственное значение лесов и необходимость их ускоренного восстановления. Табл. 1. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630*232:674.031.632.264.2(470.343)

Влияние многолетнего люпина на биологическую активность почвы и рост культур дуба черешчатого. ЯКОВЛЕВ А. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 13.

Приводятся результаты изучения влияния многолетнего люпина на биологическую активность дерново-среднеподзолистой суглинистой почвы при использовании его как предшествующего, так и сопутствующего растения в культурах дуба в условиях северо-восточных плакорных дубрав Марийской АССР. В вариантах с люпином продуцирование CO_2 происходит более интенсивно, чем без него. Установлены лучший рост и возрастание массы органического вещества дуба черешчатого в 5-летних культурах. Табл. 4. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 674.031.632.134.3 + 674.031.632.134.4

Рост в высоту берез бородавчатой и пушистой как их биологическая особенность. ДЕНИСОВ С. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 17. Береза бородавчатая в отличие от пушистой обладает более быстрым ростом в высоту в молодости. Это проявляется как у семенных, так и у порослевых экземпляров. Данное явление может быть использовано в практике лесного хозяйства. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*561.24

К вопросу о зависимости радиального прироста деревьев от количества осадков. АЛЕКСОВСКИЙ Ю. М., ГУТМАН А. Л., НЕЧАЕВ А. А., УСПЕНСКИЙ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 20.

Исследована корреляционная связь радиального прироста сосны с количеством осадков. Выявлено влияние длительности периода усреднения, а также значимость осадков в различные периоды года. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630*266

Ход роста полезительных лесных полос из клена ясенелистного в Центрально-Черноземной полосе. ЕГОРОВ В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 23.

Рассматривается ход роста и состояние лесных полос из клена ясенелистного на обыкновенных черноземах при ширине 14—20 м и размещении посадочных мест $1,5 \times 0,7$ м. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*281:630*561

Влияние механизированной заготовки осмола на рост сосновых молодняков. САННИКОВ Ю. Г., БАРАНЦЕВ А. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 26.

Исследовано влияние заготовки осмола машинной АКП-1 на рост сосновых молодняков. Установлено, что в зонах до 3 м от волоков и подценных ям увеличивается прирост по диаметру и объем. Предлагается способ заготовки осмола манипуляторными машинами в молодняках I—II классов возраста рассматривать как упрощенные рубки ухода. Ил. 1. Табл. 5. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*811.1:630*284

Анатомические особенности смоляных ходов недр сибирского после подсочки. КУЛАКОВ В. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 30.

Приводятся данные о размерах и числе продольных смоляных ходов, образовавшихся у недр сибирского после подсочки. Устанавливается соотношение между площадью поперечных сечений смоляных ходов и выходом живицы. Делается вывод, что живица поступает в полость канала после повреждения смоляного хода, в частности после перерезания при подсочке. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 629.11.012.814:517

К вопросу о корреляционном анализе возмущений от дороги при различных скоростях движения автомобиля. СИЛУКОВ Ю. Д., ДЕРГУНОВ Н. П., МОСКОВ В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 33.

Рассматривается методика расчета корреляционной функции микропрофиля дороги. Учитывается только тот спектр возмущений, который, с одной стороны, представляет интерес для расчета колебаний автомобиля или нагруженности его деталей, и, с другой, удовлетворяет по точности определения ординат корреляционной функции. Получен новый результат для различных скоростей движения автомобиля. Ил. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 625.31.001.24

Об устойчивости температурно-напряженного пути на кривой. МОРОЗОВ С. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 37.

Рассматривается влияние на устойчивость температурно-напряженного пути УЖД в кривых малых радиусов разрядки продольных сил и упрочнения балласта, вызванных поперечным смещением рельсо-шпальной решетки при повышении температуры рельсов после укладки. Ил. 2. Табл. 2.

УДК 629.1.032.001.2

Исследования сопротивления качению и скорости движения лесосечной гусеничной машины. СЛОДКЕВИЧ Я. В., БЕЛОУСОВ Н. А., БРАТЧИКОВ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 42.

Рассмотрена физическая сущность процесса деформации поверхностей движения гусеницей, предложено аналитическое выражение для определения скорости поступательного движения машины и силы сопротивления качению с учетом угла дифферента опорной поверхности. Установлена связь между

коэффициентами сопротивления качению и буксованием. Полученные уравнения могут быть использованы при анализе общего случая движения машины и решении вопросов тяговой динамики тракторов. Ил. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*375

К определению собственных частот трелевочной системы. АНИСИМОВ Г. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 47.

Предложенная модель системы двигатель — трансмиссия — подвеска — трактор — пачка позволяет проводить анализ собственных частот колебательных контуров с учетом свойств подвески и пачки леса. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 629.11.012.814

О продольной динамике лесовозного автопоезда седельного типа с дополнительной грузонесущей осью. ГРЕБЕНЩИКОВ Г. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 52.

Выявлены причины, ухудшающие продольную динамику и плавность хода лесовозных седельных автопоездов с дополнительной грузонесущей осью. Теоретически обоснованы и подтверждены эксплуатационными испытаниями способы, улучшающие продольную динамику и плавность хода, заключающиеся в применении подвижно-поворотного коника сменной оси и жесткой фиксации рамы сменной оси относительно опорной плиты седельного устройства. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 621.81.004.18: 631.3

Основы оптимизации выбора конструкционных материалов для лесных и сельскохозяйственных машин. СТАНЧЕВ Д. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 56.

Изложены результаты применения математической модели линейного программирования и экспертных оценок для обоснования целесообразности производства и применения конструктивных сплавов. Приведены результаты внедрения новых износостойких чугунов, где, помимо снижения металлоемкости, повышена надежность и эффективность использования машин. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 657.474.52:629.114.2-19

Прогнозирование долговечности изделий с помощью номограмм. АРХИПОВ Ю. И., МУРАШКИН Н. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 59.

Дано описание упрощенного метода прогнозирования ресурса изделий с применением номограмм при количестве отказавших изделий в выборке от 3 до 50 %. Приведены ключ пользования номограммой и практический пример. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 674.047: 630*812

О расчете напряжений в пиломатериалах при асимметричном распределении влажности в процессе сушки. УГОЛЕВ Б. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 66.

Получены формулы для расчета напряжений при аппроксимации полей влажности по толщине досок ломаными линиями. Проведен сравнительный анализ напряжений в чисто ядровых, заболонных и смешанных досках. Получена общая формула для пошагового расчета напряжений при любом распределении влажности по толщине пиломатериалов. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 674.05/59

К вопросу обоснования применения циклоидальных исполнительных механизмов в приводах деревообрабатывающих станков. ЛОБАСТОВ В. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 70.

В статье приведены схемы бесшатунной лесопильной рамы и шпонострогольного станка с приводом рабочих органов от планетарных гипоциклических механизмов. Даны аналитические зависимости для определения основных кинематических и динамических характеристик приводов деревообрабатывающих станков. Проведен сравнительный анализ механизмов резания деревообрабатывающих станков с приводом от циклоидальных исполнительных механизмов и станков, созданных на основе кривошипно-ползунных механизмов, позволивший сделать заключение о целесообразности применения планетарных гипоциклических механизмов в приводах станков. Ил. 4. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 620.192.7

К вопросу о прочности рамных пил. СОЛОВЬЕВ В. В., МИХАЙЛОВА А. Р. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 77.

В условиях плоского напряженного состояния на образцах толщиной 2,2 мм определен критический коэффициент интенсивности напряжений стали марки 9ХФ. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 621.914.1: 674.5

К расчету сил удара реза о заготовку при цилиндрическом фрезеровании древесины. АПОСТОЛЮК С. А., ЮРИНЕЦ В. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 81.

В работе сделана попытка аналитически определить силы удара реза о заготовку (импульсный удар) при цилиндрическом фрезеровании древесины, создать математическую модель вибрационных процессов, происходящих в системе станок — инструмент — деталь — приспособление. Ил. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 624.001.4

Теоретическое исследование методом конечных элементов напряженного состояния древесины при одноосном растяжении. ГУБЕНКО Л. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 85.

Метод конечных элементов (МКЭ) — единственный на сегодня метод, который проявляет «безразличие» к конфигурации элемента, характеру краевых условий, законам изменения свойств среды. В то же время при соответствующей разбивке он позволяет учесть особенности строения (неоднородность, криволинейную анизотропию) такого сложного материала, как древесина. Ил. 3. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 674.049.2.001.57

Исследование влияния технологических факторов на брикетирование коры. КОЙКОВ П. М., ТИМКИН В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 87.

На основании результатов реализации многофакторного плана получена математическая модель процесса прессования, исследование которой методом двумерных сечений позволило теоретически установить оптимальный режим прессования при заданных условиях. Проверка полученного режима на про-

мышленной установке подтвердила согласие теоретических и практических данных. Ил. 2. Табл. 2.

УДК 630*812

Основные показатели физико-механических свойств древесины некоторых перспективных видов и сортов тополей в Белоруссии. ЯКУШЕНКО И. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 91.

Изучены рост и продуктивность новых для СССР видов и сортов тополей, из них выделены перспективные для лесовыращивания и исследованы основные показатели физико-механических свойств их древесины. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*861.15

Взаимосвязь между расходом серы и сахара на побочные реакции сульфитной варки глюкозы. САПОТНИЦКИЙ С. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 95.

При сульфитной варке имеет место расход соединений SO_2 и моносахаридов на побочные реакции. Для выявления взаимосвязи между этими реакциями проведены сульфитные варки глюкозы с кислотой на Na- и Ca-основаниях при различном содержании связанного SO_2 , меняющейся температуре и продолжительности. В этих условиях затраты SO_2 на побочные реакции находятся в параболической зависимости от расхода глюкозы на подобные реакции. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 678.6: 541.127

Кинетика и механизм отверждения карбамидных смол в присутствии инициаторов свободнорадикального типа. РОШ-МАКОВ Б. В., ЭЛЬБЕРТ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 97.

Приведены результаты использования персульфата аммония в качестве катализатора отверждения карбамидных смол. Изучены кинетика и механизм процесса отверждения. Ил. 4. Табл. 4. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 543.544.2: 678

К интерпретации результатов гель-хроматографического анализа полимеров. ПРЕЛОВСКАЯ Р. Д., РАСПУТИН Г. Г., СОКОЛОВ О. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 103.

Изложена методика приближения экспериментальных кривых гель-хроматографии гауссовскими кривыми, позволяющая учитывать эффект приборного уширения при определении молекулярно-массового распределения и средних молекулярных масс полимеров по данным гель-хроматографии. Табл. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 66.062.224

Исследование димерных веществ, полученных при действии протонных кислот на моноциклические терпены. КЛЮКОВ Ю. П., ЛАМОТКИН А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 107.

Показано, что при действии ортофосфорной кислоты на моноциклические терпены (дипентен, терпинолен, α - и α -терпинены) образуется, в основном, один и тот же димер. Предложены механизм полимеризации и структура образующегося димера. Табл. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 547.982.3

Спектроскопическая характеристика лигнина, модифицированного мочевиной. БУРЕНИНА Н. Н., ШАМАЕВ В. А.,

ПОПОВА Н. И., ВЕРХОВЕЦ А. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 110.

Получены и проанализированы ИК-спектры продуктов взаимодействия лигнина Пеппера с мочевиной в растворе ДМСО. Значение относительной оптической плотности поглощения функциональных групп модифицированного лигнина зависит от температуры реакции. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*903 + 630*908

Эколого-экономические проблемы совершенствования хозяйства в колхозных лесах. ТУНЫЦА Ю. Ю., БИЛИНСКИЙ И. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 112.

Показано наличие взаимосвязей между экономическими и экологическими проблемами совершенствования хозяйства в колхозных лесах с учетом интересов колхозов, государственных лесных предприятий и государства. Предпринята попытка классификации этих проблем и одновременного определения основных путей их решения. Ил. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*652.003.13

О совершенствовании показателей эффективности лесохозяйственного производства. ИЛЬЕВ Л. И., БУРАК Ф. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 116.

На основе действующих основных положений по определению экономической эффективности предлагается внедрить в практику лесохозяйственного производства показатели: выход сырья с единицы площади леса, выход продукции на единицу заготовленного сырья, объем валовой и товарной продукции на 1 р. затрат, расход операционных средств и среднегодовая стоимость производственных фондов. Использование этих показателей будет ориентировать производство на учет деятельности по конечному хозяйственному результату. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*79

Тенденции развития форм организации предприятий лесной промышленности и лесного хозяйства. БЕРЕСЛАВСКАЯ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 119

На примере предприятий Марийской АССР установлен стадийный характер развития лесозаготовительных и лесохозяйственных предприятий с закономерной сменой экстенсивных форм ведения хозяйства интенсивными в объективно обусловленные моменты времени. Ил. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*232.31

Определение урожая ели по трем мутновкам кроны. БАРАВИН А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 125.

Связь между урожаем на первых трех мутновках кроны с общим урожаем на дереве довольно тесная, хотя и меньше, чем при определении по первым пяти мутновкам кроны. Чем выше урожай, тем теснее эта связь. При прогнозировании и количественном определении урожая ели можно подсчитывать число женских почек и шишек только на первых трех мутновках дерева, считая от вершины, с последующим пересчетом на всю крону. С уменьшением балла семеношения ели значение переводных коэффициентов возрастает. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 632.4:630*16

Влияние экологических факторов на распространенность ступенчатого рака в лесных культурах лиственницы. ФЕДОРОВ В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 127.

Исследованы симптомы и характер развития раковой болезни лиственницы в лесных культурах БССР. Установлена высокая пораженность деревьев в высокополнотных древостоях в оптимальных условиях произрастания. В лиственничных древостоях и смешанных с мягколиственными породами отмечена меньшая распространенность рака по сравнению со смешанными дубово-лиственничными и елово-лиственничными культурами. Табл. 2. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 684.59:667.61

Определение показателя преломления полиэфирного лака по мольной рефракции. ОНЕГИН В. И., ЕГОРОВ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 129.

Рассматривается способ определения показателя преломления слабо поглощающих сред расчетным путем на примере полиэфирного лака ПЭ-246, широко применяемого при отделке изделий из древесины высокого качества. Показано, что для органических соединений подобного типа, используя мольную рефракцию, с достаточной для практических целей точностью можно опреде-

лить показатель преломления расчетным путем, не прибегая к эксперименту. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 674.815

Смешивание порошкообразного связующего с древесными частицами. БАРАНОВ Ю. С., ВОСТРОВ В. Н., ВАПС А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 130.

Рассмотрено влияние различных сил на адгезионное взаимодействие между древесными частицами и порошкообразным связующим. Приведена принципиальная схема установки, позволяющей производить смешивание в электрическом поле. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*854:539.4

О визуальной сортировке брусьев по прочности. БОРОВИКОВ А. М., ХАБАРОВА Г. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 133.

С целью проверки справедливости для брусьев правил ЕЭК визуальной сортировки пиломатериалов по прочности для четырех выборок сосновых брусьев исследована связь предела прочности на изгиб с площадью и долей площади проекций сучков участка разрушения на поперечное сечение сортимента. Теснота связи достаточна для организации визуальной сортировки сосновых брусьев по прочности. В отличие от правил ЕЭК для брусьев не надо нормировать долю площади проекций сучков. Библиогр. список: 6 назв.