

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

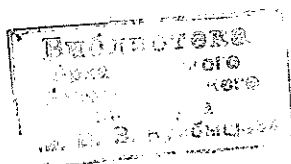
---

*Лесной журнал*

Журнал основан в 1957 году

5

1981



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. И. Львов, проф. Н. В. Маковский, доц. Н. В. Никитин, д-р с.-х. наук А. Р. Родин, проф. П. С. Сергеевский, 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 сотрудников вузов 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, преподавателей вузов, студентов старших курсов лесотехнических институтов.

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1981.

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

---

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5

---

Сдан в набор 11/VIII 1981 г. Подписан к печати 4/XII 1981 г.  
Форм. бум. 70×100/16. Печать высокая. Услови. печ. л. 12,95. Уч. изд. л. 14,24.  
Ст. 01354. Тираж 1950 экз. Заказ 7420. Цена 1 руб.  
Типография им. Склепина издательства Архангельского обкома КПСС,  
г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

## ЛЕС: НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И ЭКОЛОГИЯ

Среди важнейших народнохозяйственных задач восьмидесятих годов и нынешней пятилетки XXVI съезд КПСС особо выделил интенсификацию экономики, всемерное повышение эффективности общественного производства.

По своим историческим масштабам, значению и последствиям осуществляемый перевод нашего народного хозяйства на рельсы интенсивного развития по праву может быть поставлен в один ряд с таким глубочайшим преобразованием, как социалистическая индустриализация, которая коренным образом изменила облик страны. Решению задачи интенсификации экономики, обеспечению более высоких результатов производства при меньших затратах и ресурсах, как отмечал Генеральный секретарь ЦК КПСС тов. Л. И. Брежнев на XXVI съезде КПСС, должно быть подчинено все — ускорение научно-технического прогресса, совершенствование структуры общественного производства, улучшение планирования и управления, повышение уровня хозяйствования.

Для этого необходимо, прежде всего, рациональнее использовать материальные, трудовые и финансовые ресурсы, создавать необходимые резервы, достигать более высоких конечных результатов. Предстоит более экономно расходовать лес, цветные металлы, цемент, шире вовлекать в хозяйственный оборот вторичные материальные и топливно-энергетические ресурсы, снижать потери продукции.

Коммунистическая партия Советского Союза считает необходимым придать еще больший размах развертыванию всенародного движения за рациональное использование ресурсов, сокращение различных потерь и отходов, непроизводительных расходов, искоренение бесхозяйственности и расточительства. Это с новой силой было подчеркнуто в постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении работы по экономии и рациональному использованию сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов».

Наша страна — одно из первых государств мира, узаконивших охрану природы. Всего через шесть месяцев после победы Октября, в мае 1918 г. В. И. Ленин и Я. М. Свердлов подписали «Основной закон о лесах». В первые годы Советской власти по указаниям В. И. Ленина было издано свыше 230 декретов и постановлений, определявших использование ресурсов природы. Только за последние годы в СССР появилось 50 государственных нормативных актов, связанных с охраной природы.

И все же и ныне проблема использования лесных ресурсов страны стоит остро. Беречь, приумножать и рационально использовать наши лесные ресурсы — задача большой государственной важности. Решать ее следует на практике комплексно, с учетом всей совокупности экономических и экологических факторов.

Лес — это возобновляемый природный ресурс; в этом его уникальность. Сложное искусство обращения с «зеленым чудом» заключается в том, чтобы, извлекая пользу из одного его достоинства, не навредить другому.

В нашей стране сосредоточена четвертая часть мировых запасов леса. Больше, чем в других странах, у нас и объем лесозаготовок. И в то же время постоянно не хватает сырья для целлюлозно-бумажной промышленности. По выпуску бумаги и картона мы пока существенно отстаем от потребностей. Дефицит древесины имеет место и в строительстве. В то же время сфера применения и объемы использования древесины постоянно расширяются. Если в годы первой пятилетки в СССР каждый день заготавливалось двести тысяч кубометров, то сегодня — в пять раз больше. При нынешнем уровне переработки ежегодное потребление составляет около 400 миллионов кубометров древесины. Чтобы обеспечить народное хозяйство, ежегодно вырубается 2,4 миллиона гектаров леса.

Расчеты ученых показали: если не улучшить сложившуюся структуру производства и потребления, то в ближайшие 15—20 лет объем лесозаготовок придется увеличить почти в два раза. Поспеет ли за такими темпами лесовосстановление? Обостряется проблема: как удовлетворить потребности народного хозяйства, не нанеся при этом ущерба экологическому равновесию? Можно ли разрешить диалектическое противоречие между природой и хозяйственной необходимостью?

Пути решения проблемы указывают принятые XXVI съездом КПСС Основные направления экономического и социального развития СССР на одиннадцатую пятилетку и до 1990 года. В этом документе определена необходимость организовать комплексные предприятия по лесовыращиванию, заготовке и переработке древесины; значительно повысить комплексность переработки древесного сырья. Поставлена задача полнее использовать лесосырьевые ресурсы в европейской части страны без ущерба окружающей среде.

Решение этих задач может быть достигнуто на путях совершенствования управления и планирования производства, преодоления ведомственных барьеров.

Существенное значение имеет переход к ведению лесного хозяйства на принципах непрерывного и рационального лесопользования, предусматривающего концентрацию и специализацию производства, безотходную технологию. Первостепенное значение имеет расширение и укрепление материально-технической базы лесохозяйственных предприятий.

Новые крупномасштабные проблемы встают перед конструкторами в деле разработки, создания и выпуска системы специализированных машин для всех видов лесных работ.

Особенно велика и ответственна роль науки в реализации целевой комплексной программы по созданию в Европейско-Уральской зоне СССР постоянной лесосырьевой базы для целлюлозно-бумажной промышленности за счет выращивания леса на специальных плантациях. Это новый вид искусственных насаждений, предполагающий индустриальную технологию, использование комплекса приемов интенсификации роста молодых лесов.

Лес становится лучше, если заботливо обращаться с ним. По объему лесовосстановительных работ СССР не имеет себе равных в мире. Труженики «зеленого цеха» многое делают для охраны и приумножения природных богатств страны.

Социалистическое природопользование по своей сути гуманно, устремлено в будущее. Социализму чуждо хищническое отношение к природе ради сиюминутной выгоды.

Совершенствование социалистического природопользования — важная задача целого комплекса естественных, технических и общественных наук. Необходимо выявить глубинные связи природы и общества, человека и окружающей среды.

Профессорско-преподавательский состав, партийные и комсомольские организации вузов могут и должны сделать гораздо больше в решении благородной задачи — улучшения экологического образования будущих специалистов народного хозяйства.

Советские люди горячо одобряют слова тов. Л. И. Брежнева: «Хозяйское, рачительное использование естественных ресурсов, забота о земле, о лесе, о реках и чистом воздухе, о растительном и животном мире — все это наше кровное коммунистическое дело. Мы должны сохранить и украсить нашу землю для нынешних и будущих поколений советских людей».

---

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 631.524

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТРОДУКЦИИ  
ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В СОЗДАНИИ ЛЕСОВ БУДУЩЕГО

К. К. КАЛУЦКИЙ, Г. В. КРЫЛОВ, Н. А. БОЛОТОВ

Гослесхоз СССР, ЦНИИЛГиС

Одной из задач народного хозяйства, поставленных XXVI съездом КПСС, является повышение качества выпускаемой продукции. Главная продукция лесной отрасли — будущие леса, их качественный состав и продуктивность, рекреационные свойства лесных насаждений вокруг городов и населенных пунктов страны. В успешном решении этой задачи значительную роль может сыграть интродукция лесных пород.

Интродукция древесных растений имеет давнюю историю, но ранее носила стихийный характер. В настоящее время разработана стройная теория интродукции растений, в том числе и лесных пород, которая позволяет планомерно осуществлять эту работу с наибольшим экономическим эффектом для лесного хозяйства [6].

Мы знаем много примеров удачного выращивания лесных насаждений из экзотов в различных растительных зонах. За два века интродукции древесных пород в нашей стране ботаническими садами и дендрариями накоплен богатый опыт первичного испытания. Однако многие специфические лесоводственные вопросы не могут быть решены на этапе первичной интродукции. К их числу относятся: особенности роста интродуцента в лесной культуре; взаимоотношения экзота с местными лесообразователями и пути введения его в существующие ценозы; оптимальные лесорастительные условия, позволяющие получать наибольший экономический эффект от массового внедрения и др.

Вопросы лесоводственной интродукции привлекают все большее внимание лесоводов [7—9].

Для успешного решения задач по лесовосстановлению, стоящих перед лесным хозяйством страны, в том числе путем использования перспективных интродуцентов, Государственным комитетом Совета Министров СССР по науке и технике и Гослесхозом СССР в 1971 г. был организован Центральный научно-исследовательский институт лесной генетики и селекции (ЦНИИЛГиС), который уже в течение 10 лет является головной организацией, объединяющей усилия 14 региональных научно-исследовательских учреждений, работающих по проблеме лесной интродукции.

Используя богатый опыт первичного интродукционного испытания, накопленный ботаническими садами системы АН СССР, ряда НИИ и предприятий лесного хозяйства, эти учреждения изучают специфические лесоводственные аспекты лесной интродукции. Научные исследования лесообразующих пород-интродуцентов ведутся по единой программе от Дальнего Востока до Калининграда и от субтропиков Кавказа до архангельской северной тайги. Особенно важны эти исследования в Европейско-Уральской зоне СССР в связи с предстоящим переходом лесного хозяйства на интенсивные методы ведения хозяйства,

обеспечение плантационного лесоразведения с ускоренным оборотом рубки хвойных пород. Помимо этого, самостоятельной и важнейшей задачей становится создание искусственных лесных фитоценозов, более устойчивых к неблагоприятным абиотическим факторам, выдерживающих большие рекреационные нагрузки, чем местные. В условиях европейской части СССР обе поставленные цели скорее всего и с наименьшими затратами могут быть достигнуты методами лесной интродукции.

За истекшие 10 лет сотрудниками ЦНИИЛГиСа совместно с другими учреждениями проведены экспедиции на Дальний Восток, Кавказ, в Среднюю Азию, Крым, центральные и северо-западные районы европейской части СССР, Закарпатье, Прикарпатье, Прибалтику и др. Во время экспедиционных исследований выполнен большой объем полевых работ. Обследовано более 400 участков высокопродуктивных местных и интродуцированных пород с закладкой пробных площадей и почвенных разрезов. На пробных площадях проведен комплекс исследований, включающих, помимо общепринятой закладки пробных площадей и взятия модельных деревьев, картирование полога, отбор почвенных образцов на исследование степени требовательности интродуцентов к почвенному плодородию, взяты образцы растений, описаны подрост, подлесочные и травянистые синузии, изучен световой режим под пологом и т. д.

Указанные работы проводили как в культурах ценных экзотов, так и в насаждениях местных древесных растений, принятых за эталон. Наиболее полно исследованы насаждения сосны Муррея, веймутовой, горной, обыкновенной, кедровой сибирской и кедровой корейской; ели сибирской, пихты бальзамической, сибирской, цельнолистной, сахалинской, белокорой; псевдотсуги Мензиева зеленой и серой; туи гигантской, тсуги канадской, дуба бореального и др.

Осуществление многочисленных комплексных экспедиций ЦНИИЛГиСа в различные районы интродукции СССР, проводившихся в 1971—1980 гг., и обработка собранных данных позволили получить много дополнительного оригинального научного материала для лесоводственной характеристики наиболее перспективных интродуцентов. Для ряда видов (псевдотсуги, сосен веймутовой и Муррея, дуба бореального, туи гигантской) были подробно изучены особенности роста в культуре в пределах оптимального ареала и определены количественные характеристики роста по объемным таблицам стволов и хода роста насаждений.

Первоначальной задачей, решение которой предопределяет все дальнейшие этапы интродуцированных исследований, являлась разработка детального районирования территории европейской части СССР для основных лесообразующих интродуцентов, которая может быть успешно решена только при условии обеспечения преемственности многолетних работ по первичной интродукции лесных пород, выполненных ботаническими садами, НИИ лесного хозяйства и дендрариями СССР.

В связи с этим лабораторией интродукции был обобщен весь опыт интродукции таких родовых комплексов, как пихты, сосны, лиственницы, ели, псевдотсуги, туи и частично дуба. Специально для этой цели на примере обобщения опыта интродукции рода пихты был разработан и апробирован на других видах комплексный метод обобщения итогов интродукции лесообразующих пород [1, 2]. Применение этого метода дало возможность не только получить количественные характеристики биоэкологических показателей наиболее испытанных видов, но и составить достоверный прогноз первичной интродукции еще не испытан-

ных видов. В результате в ряде родовых комплексов вскрыт значительный резерв первичной интродукции перспективных видов.

Из шести изученных видов псевдотсуги только псевдотсуга Мензиеза имеет достаточно широкие возможности для внедрения в массовые культуры, а из пяти видов рода туи только туя гигантская может быть использована для массовой лесной интродукции в Прибалтийских республиках, Западной Белоруссии и Украине. Дуб бореальный оказался наиболее перспективным в западных областях СССР.

Для достоверно испытанных в лесных культурах видов интродуцентов комплексная обработка количественных климатических характеристик вместе с полученными оптимальными почвенными моделями и анализом роста в культуре позволила разработать детальное районирование их ареалов. Появилась возможность не только оптимизировать искусственный ареал интродуцента, но и соотнести его с ареалом экологически замещаемой местной породы. В результате этой работы были выявлены ареалы, в которых: экономический эффект от интродукции наибольший; возможно совместное применение интродукции и результатов селекции местного вида; наибольший эффект обеспечивается селекционным улучшением местного лесообразователя. Для группы темнохвойных экологически замещаемых видов в пределах европейской части СССР эти ареалы представлены на рисунке.

Подробное дифференцированное районирование выполнено и для ряда сосен (веймутовой, Муррея и обыкновенной). При этом искусственные ареалы интродуцентов оказываются достаточно характерными и обособленными от ареалов сосны обыкновенной. Так, сосна Муррея наиболее перспективна в культурах на северо-западе европейской части СССР. В то же время сосна веймутова занимает юго-западный ареал. Остальная территория остается для перспективного улучшения лесов методами селекции сосны обыкновенной.

Такая постановка исследований позволяет хорошо разграничить применимость методов лесной интродукции и селекции. Результаты подобных исследований могут быть непосредственно использованы при прогнозе лесов будущего и учитываться при планировании лесокультурных мероприятий в европейской части СССР.

Полученные оптимальные ареалы интродуцентов по комплексу признаков разделяются на ареалы, перспективные для зеленого строительства и лесного хозяйства.

Массовое внедрение интродуцента в лесную культуру без экономического обоснования невозможно, а оно, в свою очередь, трудно выполнимо без анализа качества древесины экзота. Исследования лаборатории анатомии ЦНИИЛГиСа по анатомическим и техническим свойствам наиболее ценных интродуцентов подтвердили известные ранее выводы, что в районе интродукции технические качества древесины в основном сохраняются.

Так, древесина дуба бореального по качеству во многом сходна с древесиной дуба черешчатого, но отличается большей водопроницаемостью, что исключает применение экзота в изготовлении бочарной клепки. Древесина псевдотсуги Мензиеза, наоборот, мало отличаясь по прочности от древесины лиственницы, имеет более равномерное строение, что открывает возможности ее применения в изготовлении высококачественной фанеры и ряда других сортиментов, где древесина лиственницы не применяется. Древесина сосны Муррея, во многом аналогичная древесине сосны обыкновенной, отличается одним важным свойством: при сульфатном и сульфитном способе варки из нее получается высококачественная целлюлоза. Это обстоятельство свидетельствует о целесообразности плантационного выращивания сосны Муррея в районах, прилегающих к крупным целлюлозно-бумажным комбинатам в европейской части СССР. Однако, как правильно отмечает И. С. Мелехов, в некоторых таежных районах *Pinus contorta* Dougl. var. *murrayana* неоднородна; различают несколько географиче-



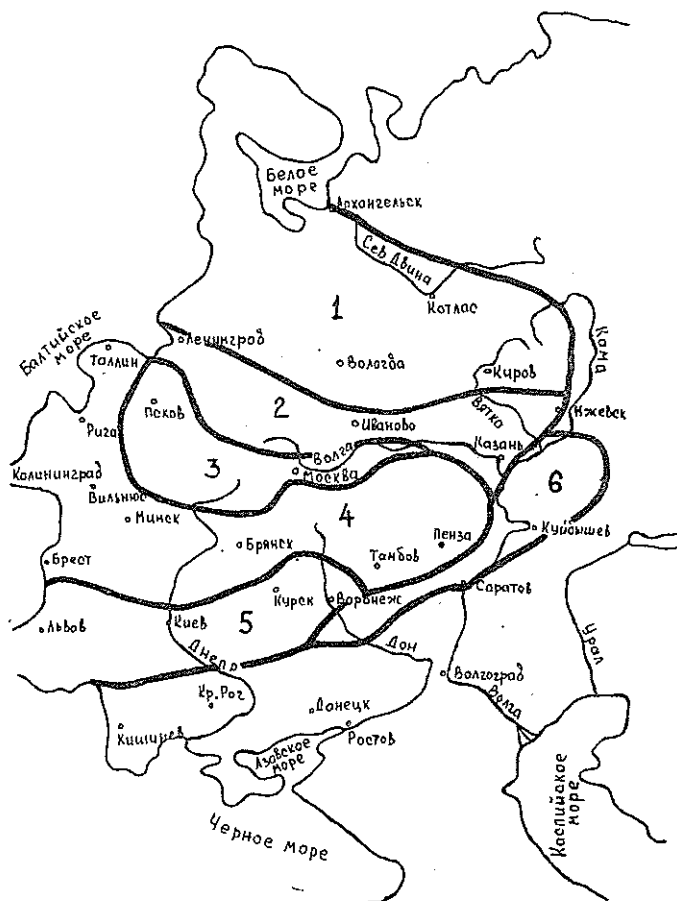


Схема районов оптимальной лесоводственной культуры темнохвойных интродуцентов.

1 — район селекции ели обыкновенной; 2 — район интродукции пихты бальзамической и сибирской, а также селекции ели обыкновенной; 3 — район интродукции пихты сибирской, бальзамической и псевдотсуги Мензиеза; 4 — район интродукции псевдотсуги Мензиеза; 5 — район интродукции пихты Фразера, одноцветной и псевдотсуги Мензиеза; 6 — район интродукции ели колючей.

ческих ее разновидностей, имеющих различную продуктивность древостоя; поэтому необходимо интродуцировать лишь те разновидности, которые отличаются наиболее быстрым ростом и имеют древесину лучшего качества [8—1972, 9].

Древесина сосны веймутовой во многом отличается от древесины сосны обыкновенной. Она менее прочна, но более легка, имеет очень малый коэффициент усушки во всех направлениях, очень легко обрабатывается, прекрасно держит краски и лаки. Это предопределяет использование ее для получения ряда специфических сортиментов, в частности, дефицитного карандашного кряжа. Видимо, плантационные лесные культуры сосны веймутовой в будущем могут заменить медленно растущую сосну кедровую сибирскую, что позволит сохранить естественные кедровники в другом основном своем качестве — орехоплодных древостоев.

Туя гигантская по качеству древесины — порода уникальная, не имеющая аналогов в местных лесах. Ее древесина наиболее легкая из всех хвойных, отличается очень малой анизотропностью, практически безусадочна при высыхании, легко обрабатывается по всем направлениям и колется. Все это открывает возможность получения из нее специфических дефицитных сортиментов, таких как карандашная дощечка и др. К тому же туя гигантская абсолютно устойчива к действию дереворазрушающих грибов типа домового губки и может быть использована для приготовления шпона под красное дерево.

С учетом технических свойств древесины экономический эффект от внедрения в массовую культуру ряда интродуцентов (по расчетам, выполненным в лаборатории интродукции ЦНИИЛГиСа) может составлять 160 % и более по сравнению с однотипными культурами местных видов, при значительном 20—30 %-ном сокращении оборота рубки. Массовое внедрение интродуцентов требует фундаментальных теоретических разработок самого процесса внедрения нового вида в сложившихся фитоценозах, чтобы избежать возможных и трудно поправимых ошибок, известных в прошлом из истории интродукции. В этих целях в ЦНИИЛГиСе детально исследуются взаимоотношения и особенности роста интродуцированных и местных пород в имеющихся лесных культурах.

Внедрение интродуцентов в массовые озеленительные культуры вокруг крупных промышленных центров — самостоятельная и очень важная задача. Дело в том, что отобранные перспективные виды в определенных районах оказываются значительно более декоративными и газоустойчивыми и выдерживают большую рекреационную нагрузку, чем местные виды. Однако для массового внедрения их в смешанные культуры необходимо предварительно решить ряд конкретных задач по взаимоотношениям интродуцента с основными местными лесообразователями, с которыми ему придется произрастать в одном фитоценозе.

Комплексное изучение взаимоотношений интродуцентов в искусственных фитоценозах с местными лесообразователями, проведенное в ЦНИИЛГиСе по оригинальной методике [5], позволило установить суммарный аллелопатический, биофизический и механический эффект взаимовлияния. По результирующей этого эффекта со статистической достоверностью 75—95 % можно рекомендовать опытно-производственные смешанные культуры интродуцента с местными лесообразователями, которые дадут устойчивые, способные к длительному существованию и достаточно продуктивные фитоценозы. Количественная характеристика эффекта смешения требует еще значительной опытной проверки, но качественная составляющая этого процесса выявляется уже на современном этапе интродукции. Можно с уверенностью сказать, что чем ближе интродуцент в систематическом и биоэкологическом отношении к местной породе, тем однотипнее их отношение к одним и тем же лесообразователям. Здесь речь идет об общем эффекте взаимоотношений: ингибирующем, индифферентном или стимулирующем, количественные же различия, даже у близкородственных видов, в некоторых случаях могут быть очень значительными. Примером могут служить сравнительные взаимоотношения с местными породами дуба борéalного и дуба черешчатого. Интродуцент в смешанной культуре оказывается много агрессивней дуба черешчатого, которого он, кстати, угнетает при совместном произрастании. Однако качественные характеристики взаимоотношений с одними и теми же породами (елью, березой, лиственницей) у них одинаковы.

Продолжение исследований в этом направлении позволит подобрать к основному лесообразующему интродуценту сопутствующие и подлесочные породы, которые находились бы между собой в наиболее благоприятных взаимоотношениях. А это обеспечило бы создание не только максимально устойчивых смешанных насаждений, но и повысило бы их общую продуктивность и скорость роста. В перспективе возможно создание полностью натурализовавшихся ценозов с участием интродуцентов, которые будут обладать способностью к самовозобновлению, но отличаться от ценозов местных видов повышенной долговеч-

ностью, устойчивостью к антропогенным воздействиям, большим декоративным и бальнеологическим эффектом.

Селекционное изучение интродукционных объектов позволяет сделать ряд важных выводов. Все изученные и отобранные в природе насаждения дуба бореального, псевдотсуги Мензиеза, сосны веймутовой и других пород уже послужили маточниками для создания культур второго и третьего поколения. А если учесть, что сами эти маточники в большинстве своем происходят из культурных насаждений Западной Европы, то можно считать, что они во втором — четвертом поколениях достоверно сохраняют преимущество в энергии роста перед местными экологически замещаемыми породами. Поэтому популяционный сбор семян интродуцентов с этих маточников должен обеспечивать, по нашим данным, увеличение продуктивности интродуцентов на 30—60 % в сравнении с культурами местных видов.

Лабораторией интродукции ЦНИИЛГиСа в Орловской, Курской и Калининградской областях РСФСР выделено в природе и передано в Госреестр более 100 плюсовых деревьев и насаждений интродуцентов. Все они в возрасте 80—110 лет представлены древостоями высотой более 31 м, а некоторые 40—45 м. Изучение репродукционных характеристик этих маточников продолжается в ЦНИИЛГиСе [3]. Предварительные данные позволяют заключить, что периодичность семенения интродуцентов примерно такая же, как и у местных экологически замещаемых видов. А некоторые виды (дуб бореальный и др.) плодоносят даже чаще местных. Всхожесть семян хвойных интродуцентов значительно колеблется по годам в пределах 15—70 %.

Точная оценка общего количества возможной семенной продукции выделенных маточников требует длительного времени. По имеющимся данным, урожай семян с плюсовых деревьев явно недостаточен для создания лесных культур интродуцентов на больших площадях. Выходом из этого положения может быть только создание лесосеменных плантаций основных видов интродуцентов. Проводимые в ЦНИИЛГиСе исследования показывают, что в агротехнике создания семенных плантаций интродуцентов и местных экологически замещаемых видов принципиальных различий нет. Есть разница в агротехнике выращивания подвойного материала некоторых видов, способах прививки, но способы и схемы размещения клонов на плантации одинаковы.

В данный момент в ВНПО «Союзлесселекция» начато создание семенных плантаций наиболее перспективных видов (псевдотсуги, ливственницы, дуба бореального, сосны веймутовой и др.) клонами наилучших маточных насаждений, выявленных в 1976—1980 гг. Основной способ — прививка черенков плюсовых деревьев на подвой того же вида. Исключением составляет туя гигантская, хорошая укореняемость зеленых черенков которой позволяет создавать корнесобственные плантации. Создаваемые плантации имеют не только непосредственное бесспорное практическое значение (производство улучшенного семенного материала в больших количествах), но используются также для испытания маточников по потомству и, кроме того, являются своеобразным архивом ценнейшего интродукционного материала, прошедшего жесткий естественный и искусственный отбор и доказавшего свою пользу для лесной интродукции.

Подобный коллекционно-маточный участок создается ЦНИИЛГиСом на Семилукском питомнике. Здесь на начало 1980 г. уже имелось более 220 видов и форм, в том числе 77 видов хвойных, на общей площади 15 га. В перспективе необходимо создать целую сеть таких плантаций для обеспечения семенами крупных лесорастительных

районов. Кроме непосредственного создания семенных плантаций видов, предназначенных для массового размножения, более практическое и теоретическое значение имеет организация сети зональных научных лабораторий с коллекционно-маточными лесными питомниками и дендрариями. Целевое назначение экспериментальных дендрариев заключается, прежде всего, в испытании интродуцированных, хозяйственно ценных растений, а также вновь полученных форм и разновидностей в условиях чистых культур или приближенных к естественным биоценотическим группировкам. Основными научными объектами в таких дендрариях являются крупные массивы интродуцированных лесообразующих пород и ценотические группировки, включающие, наряду с основными лесообразующими породами, деревья нижних ярусов, подлесок и другие характерные компоненты воссоздаваемого леса. Вместе с этим в них будет экспонироваться большое число видов и форм древесных растений и кустарников, подлежащих интродукционному испытанию и представляющих интерес для селекционно-генетической работы.

Первый экспериментальный дендрарий подобного рода создается при ЦНИИЛГиСа в Воронеже. Опыт его проектирования и строительства будет иметь большое значение в предстоящей организации сети специализированных дендрариев при зональных лабораториях института [4].

Научные исследования, проводимые учеными в области интродукции древесных пород, встречают все возрастающую поддержку и интерес со стороны лесохозяйственного производства. Так, во многих лесхозах под методическим руководством ученых закладываются коллекционно-маточные дендрарии, семенные плантации экзотов, опытно-производственные культуры и т. д. Все это содействует решению проблемы повышения продуктивности и качества наших лесов.

Примером может служить Моховской мехлесхоз Орловской области, где сотрудники лаборатории интродукции ЦНИИЛГиСа по договору о творческом сотрудничестве закладывают плантации псевдотсуги на площади 2 га. Лесхоз по их рекомендациям осуществляет ряд селекционно-семеноводческих мероприятий по развитию семенной базы сосны веймутовой и дуба бореального на генетической основе.

Особенно широко творческое сотрудничество ученых и практиков проявляется в лесхозах Калининградской области. Здесь научные выводы находят прямое отражение в практической деятельности. Так, по итогам обследования экзотов в Калининградской области, выполненным лабораторией ЦНИИЛГиСа, Союзгипролесхоз подготовил необходимую проектную документацию, по которой уже закладываются в лесхозах области культуры из экзотов. Сотрудники лабораторий интродукции и Калининградской лаборатории ЦНИИЛГиСа проводят селекционную оценку маточников, участвуют в закладке семенных плантаций, выделении постоянных лесосеменных участков.

За время исследований по тематике ЦНИИЛГиСа составлены зональные рекомендации [10, 11] по внедрению интродуцентов, районированию территории европейской части СССР и агротехнике разведения псевдотсуги, сосны веймутовой и Муррея, туи гигантской, дуба бореального.

Для сохранения максимальной информативности собранных материалов по всем аспектам лесной интродукции, а также в целях оперативной их обработки в лаборатории интродукции ЦНИИЛГиСа создана специальная картотека интродуцентов. В ней шифруется вся информация о местонахождении интродуцента, его биоэкологических и лесохозяйственных особенностях в форме, удобной для быстрой обработки на ЭВМ. Со временем эта работа должна привести к созданию банка данных, хранящего исчерпывающую информацию о лесообразующих интродуцентах СССР.

Применение ЭВМ дает возможность оперативно организовать поиск и статистическую обработку информации, постоянное ее накопление и обновление. Эта работа планируется к проведению в тесном контакте с аналогичными мероприятиями Главного ботанического сада АН СССР. Такое сотрудничество способствует получению оперативной и полной информации о новом первичном опыте интродукции лесообразующих экзотов, что, в свою очередь, ускорит введение нового экзота в цикл исследований лесной интродукции, а в конечном итоге — его внедрение в лесное хозяйство.

В одиннадцатой пятилетке научные исследования будут спланированы таким образом, чтобы обеспечить преемственность достигнутого и дальнейшее расширение и углубление работ по лесной интродукции. В связи с этим совершенно очевидна необходимость сохранения основных направлений, обеспечивающих весь комплекс исследований. Это расширение ассортимента видов, пригодных для лесной интродукции, в направлении изучения новых родовых комплексов по итогам первичной интродукции и более детального анализа наиболее перспективных видов, имеющих достаточно обширный ареал и приемлемый уровень генотипической пластичности, для испытания наиболее ценных экотипов и популяций; непосредственное интродукционное испытание выявленных наиболее ценных видов и форм, как максимально приближенное к условиям лесной интродукции, так и с применением методов активной акклиматизации (искусственного мутагенеза и гибридизации) для получения новых форм с ценными лесохозяйственными признаками; селекция имеющихся маточников по ряду ценных лесохозяйственных признаков. Проверенные по потомству наилучшие маточники интродуцентов требуют быстрого размножения, для чего необходимо дальнейшее исследование способов ускоренного семенного и вегетативного размножения интродуцентов с применением современных достижений науки, в частности, культуры тканей соматических клеток и др.

Заключительным этапом является введение экзотов в массовую культуру. Здесь необходимо продолжить исследования, специфически связанные с биоэкологическими особенностями интродуцентов применительно к потребностям лесного хозяйства в создании чистых культур интродуцентов, смешанных устойчивых культур многоцелевого назначения из интродуцентов и местных лесообразователей, плантационных культур из интродуцентов со значительно ускоренным оборотом рубки.

Уникальность маточных насаждений интродуцентов и их чрезвычайная разбросанность и малочисленность в пределах оптимальных ареалов лесной культуры делает необходимым для наиболее полного внедрения научных разработок в производство создать крупные базисные интродукционные питомники, способные обеспечить массовое выращивание посадочного материала интродуцентов для обеспечения потребности в нем больших регионов.

На первых порах намечено создать пять таких питомников: в Калининградском управлении лесного хозяйства на базе большого числа имеющихся собственных маточников для обеспечения северо-западного региона европейской части СССР; в Закарпатье на базе Карпатского филиала УкрНИИЛХа для снабжения посадочным материалом юга-западного региона; в Моховском лесхозе Орловской области на базе собственных маточников и маточников Липецкой ЛОСС — для центрального и восточного региона европейской части СССР; в Абхазской научно-исследовательской лесной опытной станции (г. Очамчыра) и Кавказском филиале ВНИИЛМ (г. Сочи) — для субтропических районов Кавказа.

Следует остановиться на процессе мобилизации исходного посадочного материала. Этот процесс распадается на два взаимосвязанных этапа: экспедиционный (работы в районах предполагаемого сбора ма-

териала) и карантинный, связанный с прохождением карантина и практическим размножением собранного материала в новом районе. Экспедиционный этап является одной из основных форм получения заранее исследованного, предположительно лучшего интродукционного материала в определенных местах естественного ареала. Методически он не отличается от ботанических экспедиционных методов, лишь проводится на популяционном уровне, т. е. отбираются наиболее нужные популяции.

Однако самые успешные результаты экспедиционных сборов как внутри страны, так и за рубежом могут быть сведены на нет отсутствием специальной лесной карантинной службы, так как большинство собранного материала погибает в фумигационных камерах при вынужденной обработке. В целях получения доброкачественного и чистого от вредителей посадочного материала интродуцентов следует развить сеть лесных интродукционно-карантинных питомников. Первый из них — Калининградский — уже создан в системе ВНПО «Союзлеселекция» в комплексе с исследовательской лабораторией. Подобные питомники следует создавать в других пунктах на путях наибольшего обмена посадочного материала: во Владивостоке, в Мукачево, в Ивантеевке Московской области и других пунктах.

Таким образом, глубокое изучение опыта лесной интродукции в европейской части СССР, выполненное за истекшее время ЦНИИЛГиСом и рядом других институтов и ботанических садов, позволило провести поэтапные научно-исследовательские разработки, которые завершены конкретными рекомендациями по ассортименту перспективных видов, детальному районированию искусственных ареалов, ускоренному способу создания и выращивания лесных культур и лесосеменных плантаций. На основании этих разработок и рекомендаций становится возможным практическое планирование и создание лесных культур экзотов в массовом масштабе, а также значительное улучшение ассортимента древесных пород для рекреационных зон и озеленения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Болотов Н. А. Метод комплексной оценки итогов интродукции основных лесообразующих пород. — Бюл. Гл. бот. сада АН СССР, 1976, вып. 101, с. 38—43. [2]. Болотов Н. А. Комплексная оценка биологических особенностей интродуцентов рода *Abies* Mill. и их районирование в европейской части СССР: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Киев, 1977, с. 23. [3]. Болотов Н. А., Лукни А. В., Мельситов В. П. Особенности отбора плюсовых деревьев в насаждениях интродуцированных лесообразующих пород. — В кн.: Генетика, селекция, семеноводство и интродукция лесных пород. Воронеж, 1978, с. 79—82. [4]. Калущий К. К., Касюков А. Г., Леонтьев П. В. Экспериментальный дендрарий ЦНИИЛГиС в г. Воронеже. — Бюл. Гл. бот. сада АН СССР, 1977, вып. 104, с. 44—53. [5]. Колесниченко В. М., Болотов Н. А., Андрющенко Г. С. Методика изучения взаимодействия в лесных культурах интродуцированных пород. — Делон. в ЦБНТИ-лесхоз, 1978, № 9 — лд. 9 с. [6]. Лапин П. И., Калущий К. К., Калущкая О. И. Интродукция лесных пород. — М.: Лесн. пром-сть, 1979. — 224 с. [7]. Мелехов И. С. Состояние и задачи таежного лесоводства. — В кн.: Лесоводство и агролесомелиорация. М.: Госсельхозиздат, 1959. [8]. Мелехов И. С. Лесоведение и лесоводство. — М.: МЛТИ, 1970, 1972. [9]. Мелехов И. С. Лесоведение. — М.: Лесн. пром-сть, 1980. [10]. Рекомендации по разведению быстрорастущих хозяйственно ценных интродуцированных древесных пород в субтропиках СССР. — Воронеж, 1977. — 64 с. [11]. Рекомендации по внедрению быстрорастущих и хозяйственно ценных интродуцированных пород в лесные культуры на территории Центрально-Черноземных областей РСФСР. — Воронеж, 1977. — 56 с.

УДК 630\*181.36

**ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ КОРНЕЙ СОСНЫ И ДУБА В СМЕШАННЫХ СОСНОВО-ДУБОВЫХ КУЛЬТУРАХ**

*М. И. КАЛИНИН, В. К. ТИУНЧИК, В. С. ЛАНТУХ*

Львовский лесотехнический институт

Проведение агротехнических уходов в лесных культурах неизбежно вызывает определенные механические повреждения корневых систем древесных пород. От скорости и интенсивности восстановления их после повреждений во многом зависит дальнейшее состояние и рост культур. Исследование процесса восстановления корневых систем после механических повреждений позволяет обосновать технологию агротехнических уходов и определить особенности взаимоотношений древесных пород в корнеобитаемом горизонте в процессе формирования культур. Корни древесных пород обладают сложным и мобильным биологическим аппаратом, обеспечивающим образование новых ответвлений по всей длине [1, 2]. Естественно, что при повреждении корня на оставшейся неповрежденной его части образуются новые корни.

Важно определить способность древесных пород восстанавливать корневую систему непосредственно в зоне, где корни уничтожаются и повреждаются под влиянием рыхлений. Изучение этого явления позволяет установить степень биологической устойчивости древесных пород и их взаимоотношения в корнеобитаемом горизонте почвы.

Мы изучали восстановительную способность корневых систем сосны обыкновенной и дуба черешчатого в смешанных сосново-дубовых культурах учебно-производственного лесхозага ЛЛТИ. Их лесоводственно-таксационная характеристика приведена в табл. 1.

Таблица 1

Тип лесорастительных условий	Состав культур	Средние		Возраст, лет	Полнота	Число стволов на 1 га	Сумма площадей сечений стволов, м <sup>2</sup> /га	Запас, м <sup>3</sup> /га				
		диаметр, см	высота, м									
Свежая суборь (В <sub>2</sub> )	9С1Д			20	0,96	2580	23,86	140				
	С	11,6	11,3						0,76	1960	20,68	126
	Д	8,0	9,0						0,20	620	3,18	14
Свежая судубрава (С <sub>2</sub> )	6Д2С2Б			23	0,75	1524	16,18	111				
	Д	11,5	13,1						0,48	960	9,92	68
	С	18,6	13,7						0,10	108	2,95	22
	Б	9,6	13,1						0,17	456	3,31	21

Использовали разработанный нами метод регенерационных траншей. На каждой пробной площади закладывали две регенерационные траншеи, каждая из трех почвенных блоков размером 50×50 см. Раскопку и анализ монолитов проводили по горизонтам почвы до глубины проникновения корней.

После извлечения корней из почвенных блоков фиксировали их границы, затем засыпали почвой по соответствующим горизонтам и утрамбовывали. Через год произведена повторная раскопка тех же почвенных монолитов. Сравнение интенсивности корненаселенности траншей при первой и второй раскопках позволило определить активность восстановления корневых систем по горизонтам почвы в монолитах в исследованных лесорастительных условиях.

Траншеи закладывали в июне — после весеннего периода активного роста корней. При анализе полученных данных использованы средние показатели по шести монолитам для каждой пробной площади.

Таблица 2

Горизонт почвы, см	Корненаселенность в год закладки траншей				Корненаселенность через год после закладки траншей			
	Сосна		Дуб		Сосна		Дуб	
	Масса корней, г/м <sup>2</sup>	% к общей массе	Масса корней, г/м <sup>2</sup>	% к общей массе	Масса корней, г/м <sup>2</sup>	% к общей массе	Масса корней, г/м <sup>2</sup>	% к общей массе
Свежая суборь								
0—10	68,1	40,9	7,3	4,8	8,9	31,3	7,6	20,3
10—20	29,2	17,4	36,2	23,7	6,5	23,2	8,9	23,7
20—30	14,7	8,8	24,7	16,2	7,5	26,4	3,3	8,7
30—45	14,8	8,8	43,0	24,2	2,4	8,5	8,2	22,0
45—60	18,2	10,9	40,3	26,4	1,6	5,7	4,3	11,6
60—75	20,1	12,0	1,0	0,7	0,6	2,0	3,2	8,4
75—90	1,9	1,1	—	—	0,5	1,9	1,3	3,6
90—105	0,1	0,1	—	—	0,3	1,0	0,6	1,7
105—120	0,03	0,01	—	—	—	—	—	—
Итого	167,1	100	152,5	100	28,3	100	37,4	100
Свежая судубрава								
0—10	26,6	32,4	30,5	3,4	1,2	16,5	7,2	4,4
10—20	8,2	10,0	221,4	24,5	1,8	24,2	60,8	36,9
20—30	19,9	24,2	419,8	46,4	2,1	28,2	51,6	31,5
30—45	5,1	6,2	163,0	18,0	1,6	21,4	31,5	19,2
45—60	5,9	7,1	41,9	4,6	0,7	9,7	10,3	6,3
60—75	10,6	13,0	15,8	1,7	—	—	2,4	1,5
75—90	3,5	4,3	6,5	0,7	—	—	0,3	0,2
90—105	2,3	2,8	5,4	0,6	—	—	—	—
105—120	—	—	0,8	0,1	—	—	—	—
Итого	82,1	100,0	905,1	100,0	7,4	100,0	164,1	100,0

В свежей субори на дерново-подзолистых почвах при значительном преобладании сосны в составе культур глубина проникновения ее корней до постановки эксперимента намного превышала глубину проникновения корней дуба (табл. 2). Однако общая масса корней дуба в монолите в пересчете на 1 м<sup>2</sup> лишь на 10 % ниже массы корней сосны. Иным было соотношение массы тонких и толстых корней этих пород. Так, корней сосны диаметром менее 2 мм в монолите было 81,2 г, а дуба только 31,9 г, корней более толстых фракций — соответственно 85,7 и 120,6 г. Это говорит о том, что до начала эксперимента в исследуемом насаждении сосна обыкновенная по сравнению с дубом черешчатым использовала объем почвенного пространства намного интенсивнее, насыщая его физиологически активными корнями. Наибольшее количество корней сосны расположено в верхнем 10-сантиметровом слое почвы, где их масса превышает массу корней дуба в 9,3 раза. Однако в горизонтах от 10 до 60 см явно преобладают корни дуба. Масса корней дуба, расположенных в этом слое, превышает массу корней сосны в 1,9 раза. В более глубоких слоях почвы (60—120 см) вновь преобладают корни сосны, что объясняется ее способностью образовывать глубоко проникающие вертикальные ответвления от горизонтальных корней [1, 2].

Через год после закладки траншей корни в почвенных блоках были учтены повторно. Исследования показали, что более интенсивно восстанавливаются корни дуба. Их масса составила 132 % от массы восстановившихся корней сосны. Масса восстановившихся корней дуба равна 24,4 % первоначального количества, а сосны — только



16,9 %. Все восстановившиеся корни имели диаметр менее 2 мм. Глубина проникновения корней сосны и дуба стала одинаковой. Корни сосны наиболее интенсивно восстановились в горизонтах почвы 0—30 см, дуба — 0—20 см.

Приведенные данные показывают, что рыхление дерново-подзолистых почв, особенно глубоких горизонтов, способствует более интенсивному образованию корней дуба по сравнению с сосной. Это явление позволяет регулировать взаимоотношение исследуемых пород в корнеобитаемом горизонте почвы.

В условиях свежей судубравы на серых лесных почвах глубина проникновения корней дуба несколько больше, чем сосны (табл. 2). Масса корней дуба до постановки эксперимента в 11 раз превышала массу корней сосны, при этом масса корней толщиной менее 2 мм у дуба составляла 85,5 г, а у сосны 13,8 г. Особенно большое количество корней дуба наблюдается на глубине 10—45 см.

В свежей судубраве корненошенность значительно интенсивнее, чем в свежей субори. Так, общая масса корней сосны и дуба в пересчете на монолит сечением 1 м<sup>2</sup> в первом случае составила 319,6 г, а во втором 987,2 г. Средний ежегодный прирост корневой массы равен соответственно 16,0 и 42,9 г на 1 м<sup>2</sup>.

Через год после закладки регенерационных траншей характер корненошенности монолитов в свежей судубраве изменился более существенно. Основную массу восстановившихся корней составили корни дуба. Глубина проникновения восстановившихся корней уменьшилась, особенно у сосны. Диаметр всех восстановившихся корней также был менее 2 мм.

Таким образом, в данных лесорастительных условиях глубокое рыхление почвы обеспечило абсолютное биологическое преимущество дуба. Масса восстановившихся корней дуба в 22,3 раза больше, чем сосны.

Восстановление корней дуба в регенерационной траншее составило за один год 18,1 %, а сосны — 8,1 %, что значительно меньше, чем в условиях свежей субори (24,4 и 16,9 %). Это говорит о том, что глубокое рыхление почвы эффективнее для менее благоприятных лесорастительных и почвенных условий.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Биологические взаимоотношения сосны и дуба в корнеобитаемом горизонте почвы складываются по-разному в зависимости от почвенных и лесорастительных условий. В свежей субори на дерново-подзолистых почвах почвенное пространство преимущественно осваивает сосна, в свежей судубраве на серых лесных почвах — дуб.

Интенсивность освоения почвенных горизонтов после их рыхления у сосны обыкновенной и дуба черешчатого различна. В 20—23-летних культурах после повреждения быстрее восстанавливаются корни дуба черешчатого.

Глубокое рыхление почвы вызывает изменение характера ее корненошенности, усиливая интенсивность корненошенности верхнего горизонта почвы корнями дуба и увеличивая глубину проникновения корней дуба по сравнению с корнями сосны. Под влиянием рыхления почвы биологическая устойчивость дуба черешчатого по сравнению с сосной обыкновенной в культурах исследованного возраста увеличивается.

Приведенные данные подтверждают целесообразность глубокого рыхления почвы для направленного регулирования взаимоотношений древесных пород в культурах.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Калинин М. И. Корневые системы деревьев и повышение продуктивности леса. — Львов: Львов. гос. ун-т, 1975. [2]. Калинин М. И. Моделирование лесных насаждений. — Львов: Львов. гос. ун-т, 1978.

Поступила 23 марта 1981 г.

УДК 630\*12:630\*174.754

### О ВЫЧИСЛЕНИИ ПОВЕРХНОСТИ ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В КУЛЬТУРАХ НА ПЛОЩАДЯХ ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО ФОНДА

В. И. БИРЮКОВ, В. М. ИВОНИН, Г. И. ВАСЕНКОВ

Брянский технологический институт,  
Западно-Сибирский филиал ВНИАЛМИ

Одна из перспективных пород в защитном лесоразведении на площадях гидрографического фонда — сосна обыкновенная. Изучение особенностей роста и развития ее на различных категориях земель овражно-балочных систем необходимо для разработки дифференцированных технологий создания и выращивания здесь защитных лесных насаждений.

Важнейший показатель роста и развития сосны — характеристика листового аппарата. Однако определение площади ассимиляционной поверхности хвои затруднено. Обычно, измерив длину, ширину и толщину хвоинок, площадь их поверхности определяют по формулам:

Иванова [1]

$$S = \pi Rl; \quad (1)$$

Лобанова [2]

$$S = Rl(\pi + 2); \quad (2)$$

Тирена [3]

$$S = \frac{\pi}{2} l(1,137a + b) \cdot 0,9, \quad (3)$$

где  $S$  — площадь поверхности хвоинки, мм<sup>2</sup>;

$R$  — радиус хвоинки, мм;

$l$  — длина хвоинки, мм;

$a$  и  $b$  — ширина и толщина хвоинки, мм.

Применение этих формул основано на положении о том, что площадь поперечного сечения хвоинки соответствует половине площади круга радиусом  $R$  и по ее длине не меняется. Форма поперечного сечения остается неизменной независимо от местоположения хвоинок в кроне (нижняя, средняя и верхняя части).

По нашим наблюдениям, у сосны обыкновенной в культурах на овражно-балочных землях форма поперечного сечения хвоинок по длине не постоянна и далеко не всегда соответствует половине площади круга. Кроме того, размер и форма поперечного сечения хвоинок заметно меняется в зависимости от их местоположения в кроне. Таким образом, зависимости (1) — (3), справедливые для равнинных условий, неприемлемы для расчетов площади поверхности хвои сосны в культурах на площадях гидрографического фонда, особенно в степной зоне, где онтогенез растений ускорен, что, наряду со значительной пе-

Место взятия модели	Часть кроны	Параметры модели	Коэффициенты корреляции	Теоретическая площадь поверхности хвоинок, мм <sup>2</sup>	Ошибка определения		Коэффициент вариации, %
					мм <sup>2</sup>	%	
Ровный склон	Нижняя	$lgS = 1,463lgI - 0,3554$	$0,97 \pm 0,037$	119,4	8,8	7,1	30,1
	Средняя	$lgS = 0,921lgI + 0,575$	$0,91 \pm 0,041$	156,1	3,8	2,5	10,5
	Верхняя	$lgS = 1,099lgI + 0,342$	$0,83 \pm 0,072$	241,8	11,3	4,6	19,7
Водопродвижная ложбина	Нижняя	$lgS = 1,099lgI + 0,2604$	$0,87 \pm 0,051$	140,9	5,2	3,6	15,5
	Средняя	$lgS = 1,075lgI + 0,307$	$0,91 \pm 0,039$	186,9	6,1	3,3	13,8
	Верхняя	$lgS = 2,164lgI - 1,734$	$0,93 \pm 0,032$	364,7	15,9	4,4	18,5

стротой абиотических факторов среды обитания (почва, литология, гидрогеология, микроклимат овражно-балочных систем), видимо, и вызывает фитометрическое разнообразие листового аппарата.

В этом случае для расчетов целесообразно иметь систему уравнений связи площади поверхности хвоинок с таким признаком, измененные которого в натуре давало бы наименьшую среднюю квадратичную ошибку. Исследования показали, что наилучшим образом этому требованию отвечает длина хвоинок.

Мы проводили исследования в сомкнувшихся культурах сосны на балочном склоне южной экспозиции, крутизной 7—9°, с неразвитой темно-каштановой почвой (Волгоградская область) и на балочном склоне с темно-серой лесной почвой (Алтайский край). Таксационная и фитометрическая характеристика средних модельных деревьев насаждений на ровном участке склона и водопродвижающей ложбине соответственно следующая: возраст — 13 и 13 лет; высота — 3,5 и 4,4 м; диаметр на высоте груди — 4,7 и 7,9 см; общая сырая фитомасса — 10,8 и 16,0 кг; в том числе по фракциям: ствол — 5,2 и 9,9 кг; скелет кроны — 2,4 и 2,3 кг; хвоя — 3,2 и 3,8 кг.

Анализ показывает, что лучшие таксационные и фитометрические характеристики наблюдаются у средней модели насаждений на водопродвижающей ложбине. Если фитомасса скелета кроны у модели насаждений на ровном склоне больше, чем у модели насаждений на ложбине, то фитомасса хвои — меньше. Это объясняется тем, что при более благоприятном водном режиме почвы на ложбине, по сравнению с участком ровного склона, сосна формирует свою ассимиляционную поверхность в основном не за счет роста числа хвоинок, а за счет увеличения их размеров.

Для проведения измерений и расчетов у каждой модели со средних ветвей в верхней, средней и нижней частях крон отбирали по 100 хвоинок и измеряли длину каждой из них с точностью до 0,1 мм. В дальней-

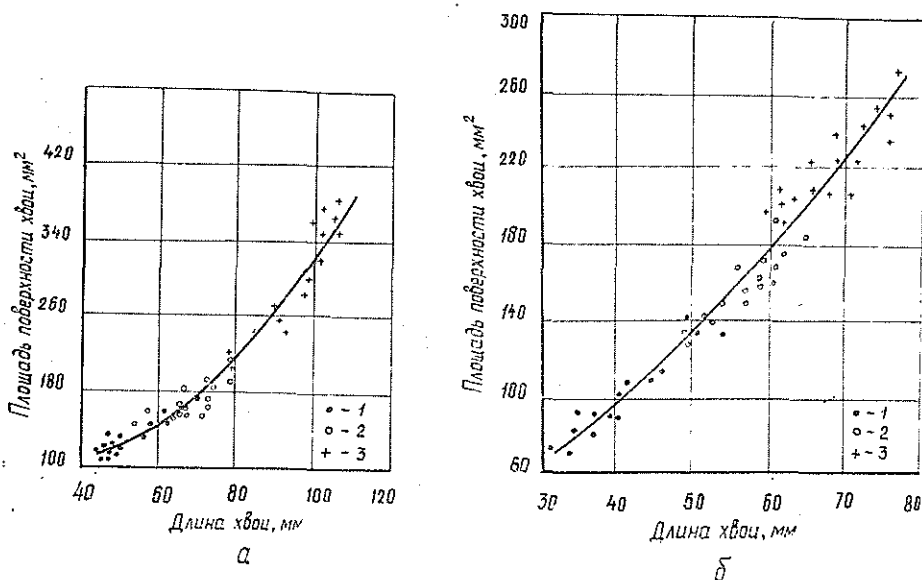
шем при помощи окуляр-микроскопа определяли форму, толщину и ширину поперечных срезов в нескольких местах по длине хвоинок.

В результате обработки полученных данных установлена связь между площадью поверхности и длиной хвоинок (см. рис.), которая аналитически может быть представлена в виде

$$S = ml^n, \tag{4}$$

где  $m$ ,  $n$  — коэффициенты, характеризующие комплекс экологических условий среды произрастания сосны.

Параметры уравнения (4), применительно к району наших исследований, можно представить в виде логарифмических выражений (см. табл.).



Связь между площадью поверхности и длиной хвои в различных частях кроны при разных местоположениях культур.

а — на водопроницающей ложбине; б — на ровном склоне. 1 — нижняя часть кроны; 2 — средняя часть кроны; 3 — верхняя часть кроны.

Данные таблицы указывают на очень тесную связь между площадью поверхности и длиной хвои. Поэтому, используя легко измеряемую в природе длину хвоинок, можно с достаточной точностью определить площади их поверхности.

Адекватность теоретических площадей поверхности хвоинок натурным значениям для различных частей кроны может быть оценена ошибкой предлагаемых уравнений регрессии (см. табл.). При расчетах площадей поверхности на каждом варианте определяли среднюю длину хвоинки по 100 замерам.

Ошибка в определениях колеблется от 2,5 до 4,6 %, что является гарантией хорошего соответствия теоретических значений площадей поверхности хвоинок натурным значениям. Ошибка 7,1 % для хвоинок нижней части кроны на ровном склоне объясняется большой вариабельностью параметров хвои при худших лесорастительных условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Иванов Л. А. Водный режим древесных пород зимой. — Изв. Леннингр. лесн. ин-та, 1925, вып. 32. [2]. Лобанов Н. В. Микрофитность древесных растений. — М.: Лесн. пром-сть, 1971. [3]. Tiren L. Om barrytans hos tabebestand über die Grosse der Nadelfläche einiger Kiefer bestände. — Medd. Statens skogsforskningsinst, 1927, N 2—3.

Поступила 11 февраля 1981 г.

УДК 630\*812:630\*232.11

## К ВОПРОСУ О СТРОЕНИИ, ПЛОТНОСТИ И ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В КАЗАНСКИХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ

А. Н. АСТРАТОВА, В. И. ПЧЕЛИН

Татарская ЛОС, Марийский политехнический институт

Повышение продуктивности лесов — важнейшая задача лесного хозяйства. В ее решении большое значение имеет изучение влияния происхождения семян на рост, устойчивость и качество древесины выращиваемых насаждений. На это неоднократно указывали крупнейшие лесоводы и древесиноведы нашей страны ([1, 3] и др.).

Изучение свойств древесины 60-летних казанских географических культур сосны обыкновенной проведено нами в 1974 г. Измерения выполнены в лаборатории кафедры лесоводства и дендрологии МарПИ.

Казанские географические культуры сосны обыкновенной расположены в кварталах 57—58 Зеленодольского лесничества Зеленодольского опытно-показательного мехлесхоза Татарской АССР. Они были созданы в 1915—1916 гг. по инициативе и методике проф. В. Д. Огневского, под руководством лесничего А. А. Юницкого двухлетними сеянцами на вырубке 1910—1911 гг. Сеянцы были выращены на местном питомнике из семян, полученных из 22 губерний европейской части России.

Территория Зеленодольского опытно-показательного мехлесхоза, согласно физико-географическому районированию Среднего Поволжья, входит в Западно-Казанский террасово-долинный район сосновых лесов. Рельеф участка изучаемых культур всхолмленный (вторая надлуговая терраса р. Волги). Почва дерново-подзолистая песчаная на песках, мощность гумусового горизонта 10—12 см. Тип условий местопрорастания А<sub>2</sub>, тип леса сосняк мшистый, в понижениях переходный к сосняку-брусничнику. Подлесок очень редкий, представленный можжевельником и рябиной, подрост практически отсутствует. Общая площадь под географическими культурами 8 га, площадь отдельных вариантов опыта 0,14—0,34 га.

Изучали строение, плотность и прочность древесины сосновых культур разного происхождения: сувалкских (Польша), новгородских, пермских, черниговских, таврических (Крым), карских (Турция); контролем служили местные, казанские культуры.

Наибольшие средние высоты и диаметры имеют деревья сувалкского и карского происхождения, а наименьшие — пермского. В процессе естественного изреживания больше отпало деревьев в культурах карского и таврического происхождения; лучшая сохранность деревьев оказалась в местных казанских и пермских культурах. Основные таксационные показатели древостоев в казанских географических культурах сосны исследованы сотрудниками Татарской лесной опытной станции [2].

На каждом участке деревья разделяли на группы от тонких к толстым. Из каждой группы в качестве модельного выбирали среднее по диаметру. Ограниченное число срубаемых деревьев связано с необходимостью обеспечения сохранности и целостности данных опытных культур.

На участках отобрали 21 модельное дерево (табл. 1). Из каждого модельного дерева вырезали по два кряжа длиной 1—1,5 м: первый на расстоянии 1,3 м, второй — на 7 м от шейки корня. Сердцевинные доски от кряжей распиливали на брусья, из которых после подсушки изготавливали образцы для испытания. Число испытанных образцов древесины: на плотность — 560, на прочность при сжатии вдоль волокон — 627, на прочность при статическом изгибе — 680. Испытания проведены с учетом требований ГОСТов 16483.1—73, 16483.3—73 и 16483.10—73. Показатель ошибки точности опыта ( $P$  %) равен: при испытании древесины на плотность 0,93—1,82 %, на прочность при сжатии вдоль волокон — 1,49 — 3,35 % и статическом изгибе 2,75 — 5,00 %.

Для вычисления процентного соотношения ранней и поздней древесины было замечено более 6 тыс. годовичных слоев; для каждого образца рассчитывали среднюю величину, которую затем включали в статистическую обработку (при  $P = 4—5$  %):

Таблица 1

Происхождение культуры	Номер дерева	Высота, м	Диаметр, на 1,3 м, см	Протяженность живой кроны, м	Диаметр кроны, м
Черниговские	1	21,8	24,0	11,1	3,5
	2	17,2	17,0	4,5	2,3
	3	16,1	13,0	5,3	1,6
Сувалкские	1	23,8	24,0	11,0	2,5
	2	19,3	18,0	5,8	2,1
	3	18,2	13,5	7,0	2,2
Казанские	1	20,1	19,3	5,4	3,5
	2	19,2	17,5	4,8	2,3
	3	18,4	13,7	3,8	1,6
Новгородские	1	18,0	21,4	8,6	2,8
	2	18,1	16,5	9,1	2,5
	3	13,9	13,0	3,3	1,2
Карские	1	21,4	22,9	11,9	2,8
	2	20,1	17,5	5,5	1,8
	3	18,3	15,1	5,1	2,2
Таврические	1	20,3	24,7	3,2	3,7
	2	21,2	17,8	10,4	2,4
	3	17,5	15,6	5,4	2,2
Пермские	1	17,4	19,0	8,3	3,1
	2	16,3	14,2	4,6	2,1
	3	15,3	13,1	4,2	1,8

Таблица 2

Происхождение культуры	Содержание поздней древесины		Плотность древесины		Предел прочности древесины			
					при сжатии вдоль волокон		при статическом изгибе	
	$M \pm m \%$	$t$	$M \pm m \text{ кг/м}^3$	$t$	$M \pm m \text{ МПа}$	$t$	$M \pm m \text{ МПа}$	$t$
Казанские	$28,2 \pm 1,3$	—	$515 \pm 9,4$	—	$54,4 \pm 1,8$	—	$90,0 \pm 4,2$	—
	$22,2 \pm 1,4$	—	$447 \pm 6,0$	—	$47,8 \pm 1,3$	—	$81,6 \pm 3,0$	—
Сувалкские	$35,6 \pm 1,5$	3,8	$606 \pm 6,9$	7,3	$61,2 \pm 1,4$	3,0	$100,8 \pm 3,9$	1,9
	$24,8 \pm 1,3$	1,4	$501 \pm 5,4$	7,0	$55,4 \pm 1,3$	4,0	$95,4 \pm 3,2$	3,1
Новгородские	$28,8 \pm 1,1$	0,4	$508 \pm 6,0$	0,6	$52,5 \pm 1,5$	0,8	$85,4 \pm 3,4$	0,9
	$21,8 \pm 0,8$	0,3	$450 \pm 4,2$	0,4	$47,6 \pm 0,7$	0,1	$75,6 \pm 2,4$	1,6
Таврические	$27,0 \pm 1,5$	0,6	$538 \pm 8,1$	1,9	$54,3 \pm 1,7$	0,4	$90,0 \pm 4,5$	0,7
	$24,2 \pm 1,0$	1,3	$484 \pm 4,8$	4,8	$50,2 \pm 1,3$	1,3	$88,7 \pm 2,9$	1,7
Карские	$26,8 \pm 1,2$	0,8	$506 \pm 7,3$	0,8	$51,3 \pm 1,7$	1,3	$81,8 \pm 3,7$	1,5
	$23,0 \pm 1,5$	0,4	$478 \pm 5,2$	3,9	$52,1 \pm 1,2$	2,5	$87,9 \pm 3,5$	1,4
Пермские	$26,2 \pm 1,3$	0,6	$512 \pm 6,5$	0,3	$51,8 \pm 1,6$	1,1	$84,8 \pm 4,1$	0,9
	$21,6 \pm 0,9$	0,4	$470 \pm 4,2$	3,3	$48,2 \pm 1,2$	0,2	$86,9 \pm 2,9$	1,3
Черниговские	$25,1 \pm 1,2$	1,8	$513 \pm 5,3$	0,3	$51,2 \pm 1,3$	1,5	$79,0 \pm 3,7$	2,0
	$19,3 \pm 0,9$	1,8	$454 \pm 4,8$	0,8	$47,7 \pm 1,0$	0,1	$76,4 \pm 2,1$	1,4

Примечание. В числителе данные для древесины на высоте 1,3 м от шейки корня; в знаменателе — на высоте 7 м.

Наиболее сильно развита поздняя древесина у сосны сувалкской, слабее — у черниговской и пермской. С увеличением процента поздней древесины повышается ее плотность и прочность, что вполне согласуется с данными табл. 2. Предел прочности древесины при сжатии

вдоль волокон и статическом изгибе заметно выше у деревьев сосны сувалкской. Во всех других рассматриваемых случаях по данным показателям, как и по проценту поздней древесины, существенных различий не выявлено.

Сосны пермского происхождения по скорости роста и производительности на много уступают всем прочим, и по качеству древесины они также не превосходят местную. При отборе образцов возрастным буровом на участке с пермскими соснами были встречены деревья (разного диаметра) с гнилой сердцевинной. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что сосны более северного происхождения не имеют преимуществ перед местными при выращивании их в более южном районе. Это же отметил В. П. Тимофеев при анализе географических культур сосны в Подмоскowie [4].

Сосны сувалкского происхождения, имеющие лучшие технические показатели древесины, относятся к лучшим и по продуктивности, поэтому они являются ценным объектом для дальнейшего изучения и, возможно, для использования при создании лесосеменных плантаций.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Вихров В. Е. Древесиноведение как наука и основные направления ее развития. — В кн.: Тез. докл. Всесоюз. конф. по современным проблемам древесиноведения. Минск, 1971. [2]. Мурзов А. И., Камалтинов Г. Ш., Аспратова А. Н. Сохранность, рост и продуктивность 55-летних казанских географических культур сосны обыкновенной. — В кн.: Генетика, селекция, семеноводство и интродукция лесных пород. М., 1975. (Сб. науч. тр.). [3]. Полубояринов О. И. Влияние лесохозяйственных мероприятий на качество древесины. — Л.: ЛТА, 1974. [4]. Тимофеев В. П. Старейший опыт географических культур сосны обыкновенной. — Лесн. хоз-во, 1974, № 8.

Поступила 24 апреля 1980 г.

УДК 630\*416.16

### СОСТОЯНИЕ И ПРИЧИНЫ ОСЛАБЛЕНИЯ МОЛОДНЯКОВ СОСНЫ НА БЕЛОМОШНЫХ ВЫРУБКАХ

Э. А. ИВАНОВА

Архангельский лесотехнический институт

В последние годы на территории некоторых лесхозов Коми АССР, в частности в Усть-Немском, наблюдается резкое ослабление и усыхание сосны, имеющие практически повсеместный характер в пределах беломошных типов леса. Усыхание началось 5—6 лет назад, и к настоящему времени молодняки, возникшие на концентрированных вырубках военных лет (1943—1945 гг.), практически полностью расстроены. Причины усыхания не могут быть названы однозначно, и нет оснований объяснять их только лесопатологическими факторами. Установление причин возможно лишь на основе тщательного анализа структуры самих молодняков, представленных деревьями, различными по высоте и возрасту. Эти показатели существенно влияют на жизненное состояние деревьев.

Были заложены 3 пробные площади. Число деревьев сосны составило 1600—2400 шт. на 1 га. Возраст деревьев, определенный по мутовкам и поперечным срезам, различался всего на 1—2 года, поэтому в дальнейшем при пересчетах возраст каждого дерева устанавливали по мутовкам.

Возраст деревьев последующего происхождения колеблется от 3 до 35 лет, а высота — от 0,2 до 4 м (табл. 1).

Таблица 1

Возраст, лет	Число деревьев, шт./га, по категориям высоты, м								Итого	
	до 0,5	0,6-1,0	1,1-1,5	1,6-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0	3,1-3,5	3,6-4,0	шт.	%
1-5	36	—	—	—	—	—	—	—	36	2,2
6-10	364	52	4	—	—	—	—	—	420	25,6
11-15	72	196	48	24	—	—	—	—	340	20,7
16-20	8	80	132	88	60	20	8	—	396	24,2
21-25	—	—	4	68	32	44	48	20	216	13,2
26-30	—	—	4	24	64	32	44	36	204	12,4
31-35	—	—	—	—	—	8	16	4	28	1,7
Итого шт.	480	328	192	204	155	104	116	60	1640	100,0
%	29,4	20,0	11,7	12,4	9,4	6,3	7,1	3,7		

Преобладают деревья в возрасте 6—20 лет и высотой до 1 м. Более молодые и соответственно мелкие экземпляры составляют 2,2 %, а более высокие и старые — 14,1 %. Таким образом, в настоящее время процесс естественного возобновления вырубki практически не идет.

Сосна предварительного происхождения имеет высоту более 4 м, диаметр от 6 см и возраст старше 35 лет. Количество ее составляет 32 % от всех деревьев.

В зависимости от высоты и возраста деревьев меняется и их жизненное состояние. Так, среди деревьев возраста до 5 лет большинство экземпляров погибло. Доля участия сосны этой возрастной категории составляет всего 2,2 % (рис. 1). В подавляющем большинстве усохли деревья в возрасте 6—15 лет, которые и преобладают в составе молодняка. Среди деревьев возраста 21—30 лет доля необратимо ослабленных не превышает 23—28 %, причем в этих же категориях повышается доля деревьев, сохранивших жизнеспособность или условно здоровых. Среди деревьев старше 30 лет преобладают условно здоровые и жизнеспособные, причем необратимо ослабленных и усохших экземпляров в этой категории нет.

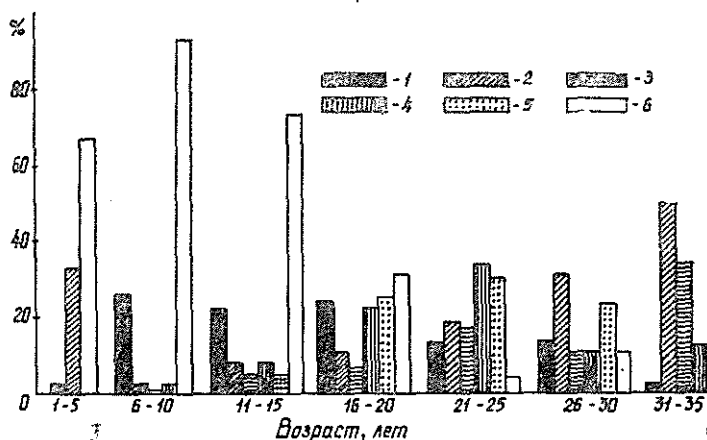


Рис. 1. Распределение деревьев сосны разного жизненного состояния в пределах возрастных категорий, %.

1 — доля участия деревьев данной возрастной категории; 2 — условно здоровые деревья; 3 — жизнеспособные; 4 — ослабленные; 5 — необратимо ослабленные; 6 — усохшие.



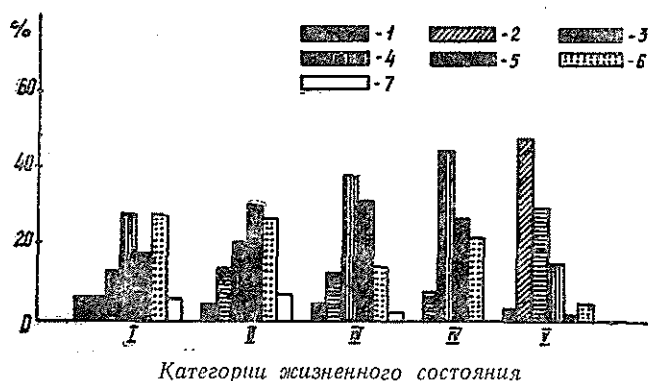


Рис. 2. Распределение деревьев сосны разных возрастных категорий по жизненному состоянию, %.

I — условно здоровые; II — жизнеспособные; III — ослабленные; IV — необратимо ослабленные; V — усохшие; 1 — 1—5 лет; 2 — 6—10; 3 — 11—15; 4 — 16—20; 5 — 21—25; 6 — 26—30; 7 — 31—35 лет.

Как видим из рис. 2, среди необратимо ослабленных экземпляров практически нет 6—10-летних деревьев, но среди усохших на их долю приходится почти половина (48,1%). Среди условно здоровых и жизнеспособных деревьев преобладают экземпляры в возрасте 11—30 лет. Деревья в возрасте до 5 лет в основном погибли, а в возрасте старше 30 лет сохранили жизнеспособность, однако общей картины состояния молодняков они не меняют, так как в составе очень мало деревьев этих возрастных категорий.

Жизнеспособность деревьев закономерно возрастает по мере увеличения их высоты, а доля усохших экземпляров снижается (рис. 3). Но поскольку общая тенденция пропорциональности возраста и высоты прослеживается четко, можно считать, что чем старше деревья, тем больше среди них жизнеспособных. Ослаблению и усыханию подвергаются главным образом низковозрастные и мелкие экземпляры.

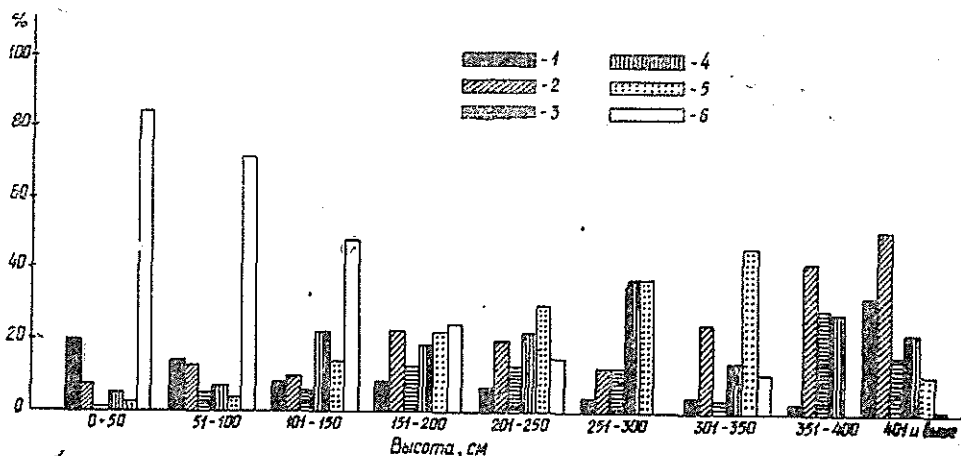


Рис. 3. Распределение деревьев сосны разного жизненного состояния по категориям высот, %.

1 — доля деревьев данной категории высоты; 2 — условно здоровые; 3 — жизнеспособные; 4 — ослабленные; 5 — необратимо ослабленные; 6 — усохшие.

Обращает на себя внимание последовательное возрастание количества необратимо ослабленных, т. е. практически нежизнеспособных деревьев в категориях высоты до 3,5 м. Комплекс неблагоприятных условий среды, начиная с 1973 г., в наибольшей степени отрицательно сказался на деревьях «среднего» поколения, имеющих высоту от 1,5 до 3,5 м.

Данные лесопатологического обследования свидетельствуют, что на всех деревьях имеются следы повреждений многими насекомыми и различными возбудителями грибных заболеваний. Почвенные раскопки показали, что в настоящее время хруща в молодняках практически нет (заселенность не более 0,1 личинки на 1 м<sup>2</sup>). Но в прошлые годы хрущ здесь был, так как корневые системы почти всех усохших деревьев повреждены им в различной степени (табл. 2).

Таблица 2

Высота, см	Распределение усохших деревьев сосны, шт., в зависимости от степени повреждения корневой системы			Итого	
	Слабая	Средняя	Сильная	шт.	%
0-50	15	10	69	94	49,5
51-100	24	12	23	59	31,1
101-150	12	15	6	23	12,1
151-200	6	2	—	8	4,2
201-250	5	—	—	5	2,6
250 и выше	1	—	—	1	0,5
Итого шт.	63	29	98	190	—
%	33,2	15,3	51,5	—	100

Очевидно, с деятельностью хруща связано почти полное отсутствие живых деревьев в возрасте до 5 лет и высотой до 0,5 м, поскольку у большинства деревьев этой высоты сильно повреждены корни. На деревьях других категорий высоты также есть следы повреждений, но преимущественно слабой степени, так что их усыхание непосредственно с хрущом не связано.

Стволовые насекомые встречаются единично, даже на деревьях, относящихся к категории необратимо ослабленных. Попыток поселения короедов нет, и лишь на единичных отмечены поселения точечной смолевки в корневой части. Таким образом, нет оснований связывать усыхание этих молодняков с деятельностью подкорového энтомокомплекса.

Снежное шютте присутствует практически на всех деревьях. Именно ему, наряду с майским хрущом, принадлежит ведущая роль в отпаде деревьев высотой до 1 м. Однако этот возбудитель не приводит к гибели деревьев выше 1 м.

В обследованных молодняках широко представлен сумчатый гриб *Crumenula abietina* Lager. Он хорошо известен по работам ряда авторов для условий Карелии [1, 2], а также зарубежных [3, 4]. Практически на всех необратимо ослабленных и усохших деревьях, а также усыхающих побегах ослабленных экземпляров имеются в большом количестве апотеции этого гриба. Но его также нельзя считать причиной ослабления деревьев и распада молодняков по следующим соображениям. Все авторы единодушно относят его к факультативным сапрофитам, поселяющимся на деревьях, ослабленных по другим причинам. Некоторые зарубежные исследователи [3, 4] считают, что массовое

распространение круменулы связано с воздействием низких температур. Однако сосна принадлежит к весьма холодостойким древесным породам, и, очевидно, сами по себе сильные морозы или весенние заморозки не могут отрицательно сказаться на ее жизненном состоянии. Возможно сочетание различных экстремальных метеорологических факторов, которое мы наблюдали в 1978—1979 гг. Лето 1978 г. было крайне холодным и дождливым почти на всем Европейском Севере. Побег сосны оказались неподготовленными к зимовке и в условиях экстремально низких температур (до  $-45^{\circ}\text{C}$ ) погибли.

В 1979 г. в большинстве молодняков сосны, практически во всех типах леса, имело место усыхание побегов предыдущего года. В этих случаях *Crumenula abietina* Lager может поселиться на усыхающих побегах, что мы и наблюдали.

Как показали замеры прироста деревьев, резкое его снижение началось с 1974 г., т. е. после крайне засушливого 1973 г. По данным метеостанции пос. Усть-Нем, температура воздуха и дефицит влажности в апреле 1973 г. были в 3 раза, а в мае — на 20 % выше средних многолетних. Ниже были и суммы осадков. Эти условия, видимо, и послужили толчком к началу резкого и необратимого ослабления деревьев, которое усугубилось чрезвычайной бедностью почв, в первую очередь, фосфором и калием, в сочетании с очень большой сухостью.

Таким образом, причины ослабления и усыхания молодняков следует усматривать в неблагоприятном сочетании абиотических (метеорологических и почвенных) факторов.

Распространение круменулевого некроза является вторичным, и гриб, вероятно, продвигается вниз по стволу по мере его отмирания. Вместе с тем возбудитель, по-видимому, ускоряет отмирание сильно ослабленных побегов, поселяясь на них до полной потери жизнеспособности. Непосредственной причиной гибели деревьев высотой до 0,5 м послужили в прошлом майский жук и снежное шютте, чем и объясняется малое количество таких деревьев в составе молодняков.

Вопрос радикальной защиты молодняков можно решить только комплексно, сочетая меры по подавлению вредителей и болезней с лесохозяйственными, направленными на улучшение почвенно-грунтовых условий.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Крутов В. И. О паразитарной микрофлоре искусственных фитоценозов сосны на вырубках Карельской АССР и Мурманской области. — Микология и фитопатология, 1979, т. 13, вып. 4, с. 342—349. [2]. Шубин В. И., Крутов В. И. Грибы Карелии и Мурманской области. — Л.: Наука, 1979. [3]. Pomerleau R. Considerations on the cause of conifer damage in plantations attributed to the *Scleroderris* canker. — Eur. J. Forest. Pathol., 1971, vol. 1, N 2. [4]. Siepmann R. *Scleroderris lagerbergii* Gr. als schwachparasit in gesunden Schworzkiefernbeständen (*Pinus nigra* Arnold). — Eur. J. Forest. Pathol., 1975, vol. 5, N 3.

Поступила 22 декабря 1980 г.

УДК 630\*587.2

**СВЯЗЬ МЕЖДУ СРЕДНЕЙ ВЫСОТОЙ, ДИАМЕТРОМ КРОНЫ  
И ДИАМЕТРОМ НА ВЫСОТЕ ГРУДИ В ДРЕВОСТОЯХ**

Г. М. ДАВИДОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Основное средство дистанционного определения лесных ресурсов — материалы аэрофотосъемки. Их использование для целей лесоинвентаризации характеризуется применением различных методов и технологий [1, 3, 4]. Все эти методы имеют свои достоинства и недостатки и позволяют с той или иной точностью получить материалы, необходимые для лесоустройства. Главное место в процессе получения информации о лесных ресурсах занимает лесотаксационное дешифрирование аэрофотоснимков.

Современное состояние вопроса о возможностях измерительного дешифрирования производственных аэрофотоснимков масштаба 1:15 000 довольно противоречиво. Наряду с отработанной технологией определения среднего диаметра кроны, сомкнутости полога, практическое определение этих показателей связано с некоторыми трудностями. Основываясь на опыте работ Северо-Западного лесоустроительного предприятия, можно сказать, что определение среднего диаметра кроны на аэрофотоснимках указанного масштаба весьма проблематично [2], так как одна и та же крона в разных частях аэрофотоснимка имеет разные размеры, форму и ориентацию. Кроме того, мелкий масштаб также затрудняет точность измерений, несмотря на возможность увеличения изображения. Реальные измерения диаметров крон лишь на крупномасштабных аэрофотоснимках. Что касается сомкнутости полога, то для достоверного определения этого показателя в натуре точечным способом надо не менее 400 измерений, а на аэрофотоснимке при мелком масштабе не все промежутки между кронами получают изображение, что снижает достоверность определения этого показателя. Практически сомкнутость полога определяется путем анализа стереомодели, основанного на опыте дешифровщика. Хотя этот метод и нельзя признать научным, тем не менее он дает неплохие результаты. Лишь измерение средней высоты древостоя по разности продольных параллаксов позволяет определить среднюю высоту древостоя без поправки на аэрофотоснимок, так как ошибка измерений лежит в пределах точности работы стереоприборов. Исходя из сказанного реально говорить о возможных взаимосвязях только между средней высотой древостоя и диаметром на высоте груди, и средним диаметром кроны (для крупномасштабных аэрофотоснимков), так как все другие показатели либо субъективны, либо определяются по совокупности косвенных признаков в сочетании с различными таблицами и шкалами.

Для исследования связи между средней высотой древостоя и диаметром на высоте груди был использован обширный полевой материал 298 пробных площадей, заложенных в Ленинградской и Новгородской областях Г. Г. Самойловичем, Л. Н. Яновским и автором. Обработка материала позволила составить таблицы взаимосвязи между средней высотой преобладающей породы и ее диаметром, а также между средними высотами и диаметрами составляющих пород. Таблицы предлагаемого типа удобны. Достаточно определить лишь среднюю высоту

преобладающей породы, а ее диаметр, высоты и диаметры составляющих пород берут сразу из таблицы. Приводим фрагмент из указанных таблиц.

Связь между средней высотой и диаметром преобладающей и составляющих пород (фрагмент)

Преобладающая порода		Составляющие породы						2-й ярус			
Сосна		Ель		Береза		Осина		Ель		Береза	
H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D

I класс бонитета

10	10,3	—	—	11,5	7,6	—	—	6,8	4,4	—	—
15	15,6	—	—	15,2	11,3	—	—	10,7	10,0	—	—
20	21,2	17,2	17,5	19,0	15,4	20,6	24,8	14,2	13,9	13,3	9,5
25	27,6	22,7	23,9	22,8	18,8	24,0	27,8	17,3	17,5	17,7	14,3
30	33,6	28,2	30,4	26,5	22,0	30,2	36,0	20,0	20,8	22,0	18,1

II класс бонитета

10	10,4	—	—	—	—	—	—	4,1	4,3	—	—
15	14,6	—	—	14,8	10,9	—	—	9,2	7,8	9,4	8,4
20	19,8	17,4	15,5	18,7	16,1	—	—	13,4	11,5	13,7	13,0
25	27,6	23,0	22,1	22,0	21,7	24,8	25,2	17,6	15,8	18,2	15,6
30	37,4	—	—	24,9	27,1	29,2	38,0	21,8	20,7	—	—

III класс бонитета

10	7,7	8,4	8,8	8,9	7,5	10,1	10,1	—	—	—	—
15	13,2	13,2	14,2	13,6	11,6	14,7	15,0	—	—	—	—
20	20,5	18,0	19,6	18,2	16,2	19,4	20,0	12,1	13,0	13,0	11,2
25	28,4	—	—	—	—	24,0	25,1	14,4	15,6	—	—

IV класс бонитета

10	11,2	7,4	7,4	10,0	9,4	—	—	—	—	—	—
15	17,3	—	—	16,2	14,6	—	—	—	—	—	—
20	23,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

V—Va класс бонитета

10	11,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	17,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблицы такого типа, составленные для сосны, ели, березы и осины с градацией через 1 м, прошли опытно-производственную проверку в Северо-Западном лесоустроительном предприятии и получили одобрение.

Средние диаметры преобладающих пород вычисляли по уравнениям:

для сосны I класса бонитета

$$D = 0,01H^2 + 0,75H + 2,2; \quad (1)$$

II класса

$$D = 0,04625H^2 - 0,5475H + 12,3; \quad (2)$$

III класса

$$D = 0,0325H^2 + 0,31H + 1,3; \quad (3)$$

IV класса

$$D = 1,21H - 0,9; \quad (4)$$

V—Va классов

$$D = 0,015H^2 + 0,765H + 2,7; \quad (5)$$

для ели I класса бонитета

$$D = 0,01687H^2 + 0,565H + 1,4; \quad (6)$$

II класса

$$D = 1,1275H - 2,7; \quad (7)$$

III класса

$$D = 0,046875H^2 + 0,0725H + 2,6; \quad (8)$$

IV класса

$$D = 1,125H - 0,8; \quad (9)$$

для березы I класса бонитета

$$D = 0,03125H^2 + 0,015H + 2,3; \quad (10)$$

II класса

$$D = 0,01475H^2 + 0,567H - 0,8; \quad (11)$$

III класса

$$D = 0,875H - 1; \quad (12)$$

для осины I класса бонитета

$$D = 0,055625H^2 - 0,5475H + 5,1; \quad (13)$$

II класса

$$D = 0,04875H^2 - 0,3475H + 5,4. \quad (14)$$

При наличии крупномасштабных аэрофотоснимков, на которых легко измерить средний диаметр кроны ( $D_k$ ), лучше всего пользоваться уравнениями с двумя переменными, которые обеспечивают высокую точность определения среднего диаметра древостоя, независимо от его класса бонитета. Как показали наши исследования, определение среднего диаметра древостоя по средним диаметрам видимых на аэрофотоснимке крон приводит к некоторому завышению результата, так как не все кроны получают изображение на аэрофотоснимке, и нужен поправочный коэффициент (0,9 для сосны, независимо от высоты стояния солнца, 0,8 для березы при высоте солнца менее 35° и 0,9 — при большей высоте, 0,6 для ели 2-го яруса при высоком стоянии и 0,5 при низком)

Для сосны I—V классов бонитета

$$D = 0,64H + 5,65D_k - 6,3; \quad (15)$$

для ели I—IV классов

$$D = 0,016H^2 + 0,75H; \quad (16)$$

для березы I—III классов

$$D = 0,53H + 2,5D_k - 1,3; \quad (17)$$

для осины I—II классов

$$D = 7,36D_k - 1,5. \quad (18)$$

В уравнениях (16), (18) использованы парные взаимосвязи, так как они дают лучшую аппроксимацию результатов, чем множественные.

Уравнения (15)—(18) позволяют производить вычисления со средней квадратической ошибкой  $\pm(8,6—12)$  % как для преобладающей, так и для составляющих пород. Уравнения (1)—(14) дают среднюю квадратическую ошибку результата  $\pm 11$  % для преобладающей породы, а для составляющих примерно вдвое больше.

Приведенные уравнения связи и таблицы рекомендуются для практического определения среднего диаметра древостоя в условиях Ленинградской и Новгородской областей.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Дворяшин М. В., Карамзин А. У. Лесная крупномасштабная аэрофотосъемка с вертолетов. — М.: Лесн. пром-сть, 1978. — 70 с. [2]. Егоров А. Е. Определение средних диаметров древостоев при дешифрировании аэроснимков в условиях северной таежной зоны. — В кн.: Совершенствование учета лесов, организации хозяйства и воспроизводства лесных ресурсов. Л.: НГО лесн. пром-сти, 1971. (Тез. докл. к науч.-произв. конф., июнь 1971 г.). [3]. Подмаско Б. И. Методические указания по инвентаризации лесов путем сочетания статистического метода учета лесного фонда и камерального дешифрирования аэрофотоснимков. — Пушкино: ВНИИЛМ, 1975. [4]. Сухих В. И., Гусев Н. Н., Данюлис Е. П. Аэрометоды в лесоустройстве. — М.: Лесн. пром-сть, 1977. — 185 с.

Поступила 13 февраля 1981 г.

УДК 537.213 : 630\*232.11

## ОСОБЕННОСТИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ РАСТОЧЬЯ

З. Ю. ГЕРУШИНСКИЙ, Р. Т. ГУТ, Г. Т. КРИНИЦКИЙ,  
Р. Ф. КУЗИВ

Львовский лесотехнический институт

Изучению внутривидовой изменчивости сосны обыкновенной в географических культурах уделяется значительное внимание ([6, 7, 9] и др.). Однако большинство исследований посвящено анатомо-морфологической характеристике географических культур. Их физиолого-биохимические показатели исследованы крайне слабо. В частности, определенный интерес представляет изучение биоэлектрических потенциалов (БЭП) географических культур, выступающих интегральным показателем жизнедеятельности организма и достоверно характеризующих его жизнеспособность ([1, 3, 5] и др.).

Наша задача заключалась в изучении метаболических электропотенциалов [4, 8] 6-летних географических культур сосны обыкновенной на Расточье Львовской области. Культуры заложены в 1975 г. по специально разработанной союзной программе. Семена взяты из 36 пунктов страны. Общая площадь культур — 16,2 га, тип лесорастительных условий — В<sub>2</sub>, почва — дерново-слабоподзолистая супесчаная.

Исследования проводили на вариантах сосны, области естественного произрастания которых размещены в направлении с запада на восток и с юго-запада на северо-восток (табл. 1). Основные биометрические показатели этих вариантов приведены в табл. 2.

Биоэлектрическую активность средних модельных растений изучали экспресс-методом и способом длительной записи по методике Н. М. Горшенина, Г. Т. Криницкого [2]. В первом случае для проведения опытов брали статистически достоверное число растений (25—30 шт.), во втором — по три модели на каждый вариант. В качестве регистрирующего прибора использовали высокоомный милливольтметр. Роль связующего звена между прибором и растением выполняли неполяризующиеся хлорсеребряные

Таблица 1

Географическое происхождение (область)	Географические координаты места сбора семян	
	Широта	Долгота
Львовская	50°5'	24°0'
Северо-восточное направление		
Ровенская	51°32'	26°36'
Гомельская	52°14'	31°40'
Московская	55°32'	38°57'
Кировская	58°49'	50°6'
Восточное направление		
Киевская	50°21'	31°0'
Сумская	52°01'	34°0'
Воронежская	51°38'	39°28'
Саратовская	52°5'	47°21'
Оренбургская	52°47'	52°15'
Кустанайская	52°50'	63°50'
Семипалатинская	50°40'	80°38'

Таблица 2

Географическое происхождение (область)	Высота, см		Прирост по высоте за 1979 г., см		Диаметр у корневой шейки, мм	
	$M \pm m$	$t_{\phi}$	$M \pm m$	$t_{\phi}$	$M \pm m$	$t_{\phi}$
Львовская	95,8±1,56	—	27,9±0,94	—	32,0±0,72	—
Северо-восточное направление						
Ровенская	66,9±1,32	14,15	18,6±1,02	6,71	22,7±0,81	8,57
Гомельская	81,8±1,32	6,85	26,1±0,96	0,99	28,2±0,87	3,36
Московская	84,3±1,33	5,61	23,4±0,78	3,69	28,5±0,73	3,41
Кировская	55,9±1,11	20,85	14,3±0,74	11,38	16,8±0,75	14,61
Восточное направление						
Киевская	77,2±1,31	9,13	23,9±0,74	3,34	28,6±0,84	3,07
Сумская	79,6±1,25	8,11	24,9±0,92	2,28	28,5±0,71	3,46
Воронежская	74,0±1,02	11,72	23,5±0,98	3,24	23,4±0,59	9,23
Саратовская	72,3±1,78	9,93	20,1±1,03	5,60	24,9±0,96	5,91
Оренбургская	64,2±1,78	13,35	15,3±1,13	8,58	21,5±0,95	8,80
Кустанайская	46,7±1,27	24,42	13,5±0,73	12,11	16,0±0,50	18,23
Семипалатинская	37,4±0,86	32,80	7,6±0,48	19,26	11,0±0,50	29,93

Примечание.  $t_{\phi}$  — существенность разности между показателями местного и других климатипов. Теоретическое значение критерия существенности на 95%-ном уровне вероятности равно 2,06.

электроды. Точки присоединения электродов — корневая шейка и вершина прироста по высоте последнего года.

Результаты исследований представлены в табл. 3 и на рис. 1 и 2.

Наибольшие биоэлектрические потенциалы наблюдаются у сосны местного происхождения и из Гомельской области (табл. 3). Между значениями потенциалов этих сосен существенных различий нет. Биоэлектрическая активность всех других вариантов сосны значительно ниже. Причем наблюдается такая закономерность: чем дальше на северо-восток и восток находится область происхождения семян, тем меньше БЭП. Так, по сравнению с львовской сосной биопотенциалы у ровенского варианта оказались в 1,4 раза меньше, московского — в 1,6, ки-



Таблица 3

Географическое происхождение (область)	Биоэлектрические потенциалы, мВ			
	20 августа 1979 г.		14 сентября 1979 г.	
	$M \pm m$	$t_{\Phi}$	$M \pm m$	$t_{\Phi}$
Львовская	$56,8 \pm 1,91$	—	$26,8 \pm 0,71$	—
Северо-восточное направление				
Ровенская	$41,9 \pm 0,87$	7,10	$16,2 \pm 0,71$	10,56
Гомельская	$56,6 \pm 1,28$	0,09	$26,6 \pm 1,13$	0,15
Московская	$35,2 \pm 1,23$	9,51	$12,4 \pm 0,62$	15,28
Кировская	$28,7 \pm 1,10$	12,70	$0,8 \pm 0,06$	36,49
Восточное направление				
Киевская	$45,2 \pm 1,48$	4,80	$23,7 \pm 1,11$	2,35
Сумская	$41,1 \pm 1,66$	6,20	$17,5 \pm 0,85$	8,34
Воронежская	$40,9 \pm 1,38$	6,75	$27,9 \pm 0,46$	1,30
Саратовская	$35,4 \pm 1,40$	9,04	$17,9 \pm 0,70$	8,93
Оренбургская	$31,1 \pm 1,13$	11,58	$11,8 \pm 0,60$	16,14
Кустанайская	$21,8 \pm 1,04$	16,09	$0,2 \pm 0,01$	37,46
Семипалатинская	$6,8 \pm 0,43$	25,53	$-5,5 \pm 0,22$	43,45

Примечание.  $t_{\Phi}$  — существенность разности между величинами биопотенциалов местного и других вариантов сосны. Теоретическое значение критерия существенности на 95%-ном уровне вероятности равно 2,06—2,10.

ровского — в 2 раза (северо-восточное направление); у киевского в 1,3, сумского — в 1,4, воронежского — в 1,4, саратовского — в 1,6, оренбургского — в 1,8, кустанайского — в 2,6 и семипалатинского — в 8,4 раза (восточное направление). Нарушают установленную закономерность только результаты, полученные по гомельской сосне.

В конце вегетационного периода у всех вариантов наблюдается резкий спад значения БЭП, что свидетельствует о существенном пони-

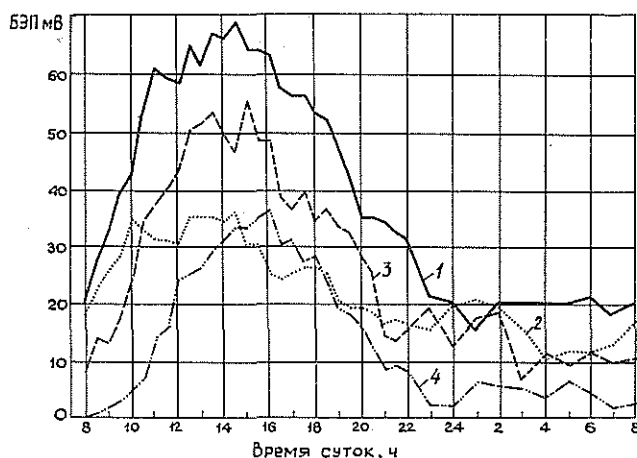


Рис. 1. Суточная динамика биоэлектрических потенциалов сосны обыкновенной различного географического происхождения (северо-восточное направление).

1 — Львовская область; 2 — Ровенская; 3 — Гомельская; 4 — Московская.

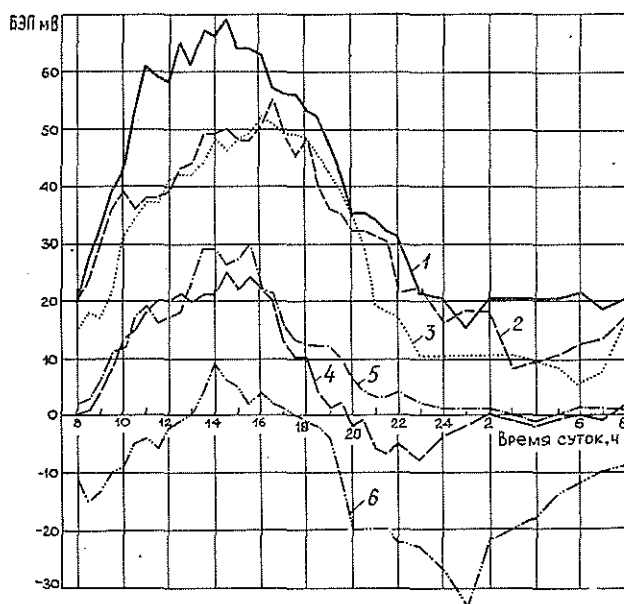


Рис. 2. Суточная динамика биоэлектрических потенциалов сосны обыкновенной различного географического происхождения (восточное направление).

1 — Львовская область; 2 — Сумская; 3 — Воронежская; 4 — Оренбургская; 5 — Саратовская; 6 — Семипалатинская.

жении интенсивности метаболических процессов у сосенок и постепенном их переходе к состоянию покоя. Однако интенсивность спада биоэлектрической активности у различных вариантов оказалась неодинаковой. Если у сосны местного происхождения значение потенциалов уменьшилось в 2,1 раза, то, например, у воронежской — в 1,5, саратовской — в 1,8, московской — в 2,8, кировской — в 35,9, кустанайской — в 109 раз, а у семипалатинской в середине сентября наблюдается уже инверсия знака БЭП.

В целом, результаты исследований позволяют утверждать, что чем дальше на северо-восток и восток находится область происхождения семян, тем больше интенсивность спада его биоэлектрической активности к концу вегетации. Следовательно, и характер изменения метаболических процессов у сосен различного происхождения неодинаков. Только у гомельского варианта изменение БЭП оказалось практически таким же, как и у львовского. Следует также отметить высокую биоэлектрическую активность в конце вегетации воронежской сосны, что свидетельствует о медленном понижении у нее метаболических процессов и более продолжительном периоде активной жизнедеятельности, чем у других инорайонных вариантов (табл. 3).

Анализ данных, представленных на рис. 1 и 2, показывает, что наибольшие значения БЭП в течение всего дня генерирует сосна львовского, гомельского, сумского и воронежского происхождения. Дневная динамика биопотенциалов этих вариантов характеризуется хорошо выраженными фазами подъема и спада и дневным плато, что может служить показателем их высокой жизнеспособности [5]. У культур сосны московского, саратовского и оренбургского происхождения (т. е. вариантов более северо-восточных и восточных районов) значение БЭП в утренние и вечерние часы близко к нулю, а у семипалатинской сосны (наи-

более крайняя точка восточного направления) положительные значения потенциалов наблюдаются в середине дня (рис. 1, 2).

Установлена очень тесная корреляционная связь БЭП, генерируемых вариантами сосны во второй половине вегетационного периода, с географической долготой района происхождения семян ( $r = -0,989 \pm \pm 0,004$ ). Математическая модель этой связи представляет собой уравнение прямой:

$$y = 72,499 - 0,808x,$$

где  $y$  — БЭП, мВ;

$x$  — географическая долгота, град.

Сравнительный анализ биоэлектрических потенциалов и биометрических показателей географических культур сосны свидетельствует о их тесной корреляции. Так, корреляционное отношение, характеризующее связь БЭП с высотой вариантов сосны, равно  $0,888 \pm 0,146$ , с приростом по высоте —  $0,915 \pm 0,127$  и с диаметром у корневой шейки —  $0,888 \pm 0,146$ . Однако в отдельных случаях эта корреляция нарушается (табл. 2 и 3). Так, у сосны московского и сумского происхождения по сравнению с другими вариантами биопотенциалы ниже, чем биометрические показатели, что можно объяснить особенностями соотношения между уровнями процессов обмена веществ в точках снятия БЭП. Дальнейшие исследования покажут, какие из тестов (биометрические показатели или БЭП) окажутся более надежными при селекционной оценке древесных растений.

Таким образом, проведенные биоэлектрические исследования 6-летних географических культур сосны обыкновенной на Расточье свидетельствуют о значительной дифференциации изучаемых вариантов по уровню жизнедеятельности. Наиболее высокой жизненностью отличаются сосны львовского и гомельского происхождения, наиболее низкой — Кировского, Кустанайского и Семипалатинского.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гагрские беседы. Т. 1. Биоэлектрические потенциалы. — Тбилиси: АН ГрузССР, 1949. [2]. Горшенин Н. М., Криницкий Г. Т. Методика измерения метаболических электропотенциалов подростка древесных растений. — В кн.: Методы физиологических, биохимических и биофизических исследований древесных растений. Воронеж, 1979. — Рукопись деп. в ЦБНТИлесхоз 22 ноября 1979, № 2; 5 — лд. [3]. Гунар И. И. Регуляторная система растений. — В кн.: Тез. докл. на юбилейной науч. конф. ТСХА (Пленарное заседание). — М., 1965. [4]. Изаков В. Я., Рыбин И. А. Биоэлектрические явления у животных и растений. — В кн.: Основы электробиологии. Ч. 1. Свердловск: Урал. гос. ун-т, 1973. [5]. Криницкий Г. Т. Исследование связи метаболических электропотенциалов с жизненностью подростка древесных растений: Автореф. дис. . . . канд. с.-х. наук. — Львов, 1976. [6]. Обновленский В. М. Географическая изменчивость древесных пород и ее использование при селекционных работах и в лесном семеноводстве. — Науч. тр./Ин-т леса АН СССР, 1951, № 8. [7]. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная. — М.: Наука, 1964. [8]. Рубинштейн Д. Л. Общая физиология. — М.: Медгиз, 1947. [9]. Самофал С. А. Климатические расы обыкновенной сосны и их значение в организации семенного хозяйства. — Тр. по лесн. опытному делу. М., 1925.

Поступила 29 апреля 1981 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 629.114.3.001

ОБЩАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ  
ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА ПРИ ПОВОРОТЕ

А. В. ЖУКОВ, А. И. КИРИЛЬЧИК

Белорусский технологический институт

Положение лесовозного или любого длиннобазового автопоезда на повороте будет вполне определенным, если известны траектория тягача (обычно задаются траекторией середины задней оси тягача  $y = f(x)$ ), база автопоезда  $L_0$ , способ соединения тягача с тележкой прицепного звена (задана угловая характеристика  $\beta = f(\delta)$ , где  $\delta$  и  $\beta$  — соответственно передний и задний углы складывания автопоезда), а также найден закон изменения переднего угла складывания  $\delta = f(x)$ . Именно в нахождении этого закона и заключается известная сложность определения взаимного положения звеньев автопоезда на повороте.

В работах [2, 3] было получено дифференциальное уравнение для определения  $\delta$  автопоезда, соединенного прямой сцепкой с тележкой прицепа:

$$\frac{\sin \delta}{L_0} = \frac{1}{\rho} - \frac{d\delta}{dS}, \tag{1}$$

где  $\rho$  — радиус кривизны траектории;  
 $dS$  — путь, пройденный тягачом за время  $dt$ .

Ось колес тележки прицепа при прямой сцепке установлена под прямым углом к продольной оси полуприцепа, т. е.  $\beta = 0$ .

Дифференциальное уравнение (1) довольно точно описывает закон изменения переднего угла складывания автопоезда, но для участков траектории с постоянной кривизной. Для участков с переменной кривизной уравнение (1) может быть решено только численными методами или приближенно. Как известно из работ Я. Х. Закина [1], траектория входа и выхода автопоезда из поворота в общем случае имеет вид кубической параболы, поэтому применение выражения (1) в данном случае в известной степени затруднено.

Составим дифференциальное уравнение для определения  $\delta = f(x)$  при прямой сцепке, не учитывая бокового увода шин и их поперечного скольжения.

Первоначально автопоезд расположен в отрезке  $OB$  (рис. 1, а). За малый промежуток времени  $\Delta t$  тягач переместится по траектории  $y = f(x)$  на расстояние  $\Delta S$  из точки  $B$  в точку  $B'$ , тогда точка  $O$  (центр тележки) переместится в точку  $O'$ .

При  $\Delta t \rightarrow 0$   $\Delta(S) \rightarrow dS$ , а перемещение  $OO'$  мало по сравнению с  $BB'$ , и им можно пренебречь. Рассмотрим полученный треугольник  $BB'O$ . Угол  $BOB'$

$$\alpha_1 + \delta - \alpha'_1 - \delta' = \Delta\alpha + \Delta\delta,$$

где  $\alpha_1, \alpha'_1$  — угол наклона касательной к траектории тягача соответственно в точках  $B$  и  $B'$ .

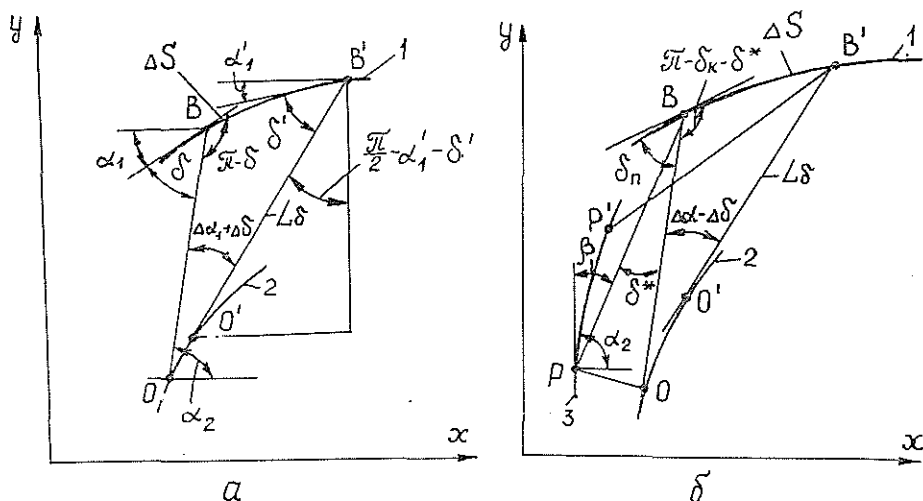


Рис. 1. Траектория звеньев автопоезда при прямой (а) и произвольной (б) сцепках.

1 — траектория задней оси тягача; 2, 3 — траектория тележки прицепного звена (2 — сцепка прямая, 3 — сцепка произвольная).

Угол  $OBV'$  равен  $\pi - \delta$ . Из треугольника  $OBV'$  по теореме синусов имеем

$$\frac{\Delta S}{\sin(\Delta\alpha_1 + \Delta\delta)} = \frac{L_\delta}{\sin(\pi - \delta)}. \quad (2)$$

При  $\Delta t \rightarrow 0$

$$\sin(\Delta\alpha_1 + \Delta\delta) \rightarrow \sin(d\alpha_1 + d\delta) \approx d\alpha_1 + d\delta,$$

а

$$\sin(\pi - \delta) = \sin \delta.$$

Угол наклона касательной к траектории тележки в точке  $O$  равен  $\alpha_2 = \alpha_1 + \delta$ .

Выражение (2) перепишем в виде:

$$-\frac{dS}{d\alpha_1 + d\delta} = \frac{L_\delta}{\sin \delta}, \quad (3)$$

где

$$dS = \sqrt{1 + y'^2} dx = \sqrt{1 + f'^2(x)} dx;$$

$$d\alpha_1 = \frac{y''}{1 + y'^2} dx = \frac{f''(x)}{1 + f'^2(x)} dx.$$

Подставив данные выражения в уравнение (3) и выполнив соответствующие преобразования, получим:

$$\sin \delta (1 + f'^2(x))^{3/2} + L_\delta f''(x) + L_\delta (1 + f'^2(x)) \frac{d\delta}{dx} = 0. \quad (4)$$

Решая нелинейное дифференциальное уравнение (4), можно найти зависимость  $\delta = f(x)$  при любой траектории движения тягача, соединенного прямой сцепкой с тележкой прицепа.

Большое значение имеет определение взаимного положения звеньев автопоезда на повороте при различных способах их соединения, т. е. при различных угловых характеристиках  $\beta = f(\delta)$ . Данный вопрос рассматривался в работе [4], однако полученные зависимости не наглядны и относятся к частным случаям, что ограничивает их использование.

Траектория тележки прицепа при наличии у автопоезда крестообразной или другой сцепки, угловая характеристика которой  $\beta = f(\delta)$ , будет смещена относительно траектории тележки, соединенной прямой сцепкой, на величину отрезка  $OP$  (рис. 1, б). Очевидно, что угол  $\delta_k$  — переднего складывания автопоезда с угловой характеристикой  $\beta = f(\delta)$  отличается от угла  $\delta_n$  — переднего складывания автопоезда с прямой сцепкой на величину  $\delta^*$ , т. е.

$$\delta_n - \delta_k = \delta^*. \quad (5)$$

Угол  $\delta^*$  можно определить из следующих уравнений:

$$\alpha_2 = \delta_n + \alpha_1; \quad (5)$$

$$\alpha_2 - \beta = \alpha_1 + \delta_k. \quad (6)$$

Вычитая уравнение (6) из уравнения (5), получим

$$\beta = \delta_n - \delta_k = \delta^*.$$

С учетом того, что

$$\angle OBB' = \pi - \delta_k - \delta^* = \pi - (\delta_k + \beta),$$

запишем дифференциальное уравнение движения:

$$-\frac{dS}{dx_1 + d\delta} = \frac{L_\delta}{\sin(\delta + \beta)}, \quad (7)$$

которое после соответствующих подстановок и преобразований примет вид:

$$\sin(\delta + f(\delta)) (1 + f'^2(x))^{3/2} + L_\delta f''(x) + L_\delta (1 + f'^2(x)) \frac{d\delta}{dx} = 0. \quad (8)$$

Дифференциальное уравнение (8) является общим уравнением движения автопоезда на повороте, по которому можно определить функциональную зависимость переднего угла складывания автопоезда, двигающегося по любой траектории и с различными способами соединения тягача с тележкой прицепного звена. Дифференциальное уравнение (4) является частным случаем уравнения (8) при  $\beta = 0$ .

Зная зависимость  $\delta = f(x)$ , можно получить координаты тележки прицепа при движении автопоезда на повороте, задаваясь координатами задней оси тягача. Угол наклона касательной к оси  $x$  (рис. 2), проведенной в горизонтальной точке  $A$ , взятой на траектории тягача, определится следующим образом:

$$\operatorname{tg} \alpha = y' = f'(x),$$

откуда

$$\alpha = \operatorname{arctg} [f'(x)].$$

Запишем уравнение касательной к точке  $A$ :

$$y - y_1 = k(x - x_1), \quad (9)$$

где  $y_1$  и  $x_1$  — текущие координаты тягача;

$k$  — угловой коэффициент наклона касательной;  $k = f'(x)$ .

Аналогично запишем уравнение прямой, проходящей через линию базы автопоезда:

$$y - y_1 = k_L(x - x_1), \quad (10)$$

где  $k_L$  — угловой коэффициент линии, проходящей через базу автопоезда:

$$k_L = \operatorname{tg}(\alpha \pm \delta(x)) = \operatorname{tg}[\operatorname{arctg} f'(x) \pm \delta(x)].$$

Для определения координат тележки прицепа автопоезда необходимо решить совместно систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} (y_2 - y_1)^2 + (x_2 - x_1)^2 &= L_0^2; \\ y_2 - y_1 &= k_L(x_2 - x_1), \end{aligned} \right\}$$

где  $y_2$  и  $x_2$  — координаты тележки прицепа автопоезда.

При решении данной системы уравнений получаем:

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= \pm x_1 + L_0(k_L^2 + 1)^{-1/2}; \\ y_2 &= \pm y_1 + L_0 k_L(k_L^2 + 1)^{-1/2}. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Если уравнение траектории тягача  $y = f(x)$  — функция монотонно возрастающая, то в выражениях (11)  $x_1$  и  $y_1$  являются положительными, при монотонно убывающей функции знаки при  $x_1$  и  $y_1$  отрицательные.

Таким образом, задаваясь траекторией движения задней оси тягача и получив по уравнениям (11) траекторию движения тележки прицепа, можно путем элементарных графических построений [1] определить  $R_n$  и  $R_{вн}$  — наружный и внутренний радиусы движения автопоезда на повороте, а также габаритную полосу движения  $S$  при круговом движении автопоезда:

$$S = R_n - R_{вн}.$$

Для проверки теоретических выкладок была изготовлена модель полуприцепа, выполненная в масштабе 1:10. База полуприцепа составляла 12,6 м, а угловая характеристика  $\beta = 0,75 \delta$ . Модель испытывали при движении по окружности радиусом  $R = 1$  м с дальнейшим переходом на прямую выхода из поворота (рис. 3). Теоретические значения  $\delta$  при изменении текущей координаты  $x$  определены по формуле (8) с применением ЭЦВМ.

Данные теоретического расчета и экспериментальной проверки на модели сведены в табл. 1.

Как видно из таблицы, расхождения между экспериментальными и теоретическими данными незначительны (ошибка не превышает 5%), что подтверждает справедливость полученных уравнений.

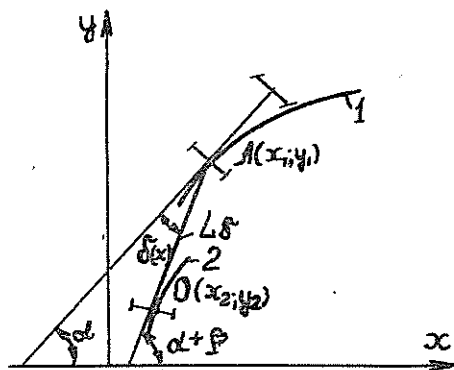


Рис. 2. Расчетная схема для определения координат тележки прицепного звена.

1 — траектория задней оси тягача; 2 — траектория тележки.

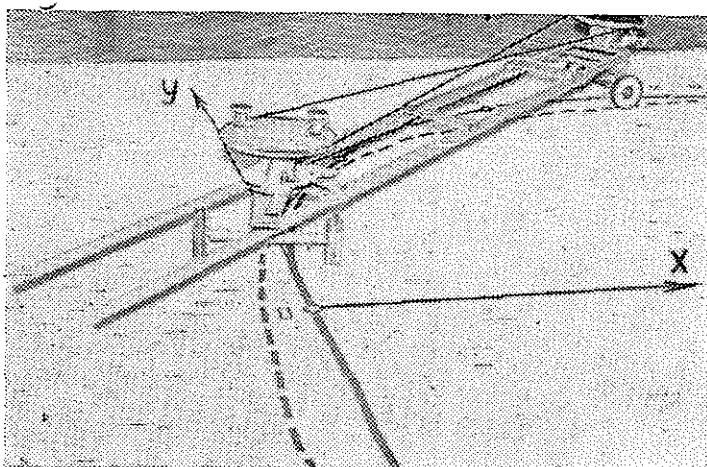


Рис. 3. Экспериментальная модель лесовозного автопоезда.

Таблица 1

$x$ м	$\delta^{\circ}_{\text{теор}}$	$\delta^{\circ}_{\text{эксп}}$	$x$ м	$\delta^{\circ}_{\text{теор}}$	$\delta^{\circ}_{\text{эксп}}$	$x$ м	$\delta^{\circ}_{\text{теор}}$	$\delta^{\circ}_{\text{эксп}}$
0,1	19,2	20	0,9	36,0	36,5	1,7	15,0	15
0,2	24,4	22	1,0	36,6	37	1,8	13,2	12,5
0,3	27,6	26	1,1	32,6	34	1,9	11,5	10,5
0,4	29,9	28,5	1,2	28,9	31	2,0	10,0	9,0
0,5	31,6	31	1,3	25,5	27	2,1	8,7	7,5
0,6	33,0	32	1,4	22,5	23	2,2	7,7	6,0
0,7	34,1	33,5	1,5	19,7	20	2,3	6,6	5,0
0,8	35,1	35,5	1,6	17,2	17	2,4	5,7	4,5

Кроме этого, теоретические данные сравнивали по величине габаритной полосы движения с данными Минского автозавода, полученными при натурном испытании автопоезда. В качестве тягача использовали автомобиль КраЗ-258 с полуприцепом полной массой 10,3 т. Испытания проводили без груза на сухой горизонтальной асфальтированной площадке. Согласно ТУ 37.160.092—77 и ТУ 37.160.096—77, ширина коридора автопоезда при повороте на  $90^{\circ}$  с наружным габаритным радиусом 25 м не должна превышать 8,5 м.

Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сравниваемые данные	$R_{\text{н}}$	$R_{\text{вн}}$	$s$	$S$ м по ТУ
	по замеру, м			
Экспериментальные:				
КраЗ-258-99851	13,1	7,1	6,0	8,5
Модель	12,6	7,2	5,4	—
Теоретические	12,88	7,16	5,72	—

Таким образом, предлагаемый метод расчета достаточно точен и позволяет определять взаимное положение звеньев автопоезда на повороте, траекторию движения прицепного звена и габаритную полосу движения лесовозного автопоезда при различных способах соединения прицепа с тягачом,двигающимся по любой траектории.



## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Закин Я. Х. Прикладная теория движения автопоезда. — М.: Транспорт, 1967. [2]. Зисман Л. М., Гинцбург Л. Л. Методика аналитического определения взаимного положения прицепного звена и тягача на поворотах. — Автомоб. пром-сть, 1973, № 10, с. 15—16. [3]. Клычков П. Д. О криволинейном движении автопоезда. — Автомоб. пром-сть, 1979, № 1, с. 15—16. [4]. Крышень Н. И. Аналитический метод определения угла складывания автопоезда. — Автомоб. пром-сть, 1979, № 3, с. 24—26.

Поступила 13 апреля 1981 г.

УДК 629.11.012.814 : 512.831

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПАКЕТА ХЛЫСТОВ ПЕРЕМЕННОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

Н. И. БИБЛЮК

Львовский лесотехнический институт

Пакет хлыстов, погруженных комлями в одну сторону, можно рассматривать как стержень переменного поперечного сечения с изменяющимися по длине массой и жесткостью [4].

Для исследования колебаний автопоезда с пакетом хлыстов переменного поперечного сечения нами предложен алгоритмический метод расчета, основанный на использовании матричного метода начальных параметров [1]. При этом пакет представлен в виде ступенчатого стержня, распределенная масса и жесткость которого изменяются скачками при переходе от одного участка к другому.

Дальнейшее упрощение расчетной модели пакета хлыстов может быть достигнуто путем замены распределенных масс пакета сосредоточенными. Этот метод основан на идее приближенной замены системы с бесконечным числом степеней свободы системой с конечным чис-

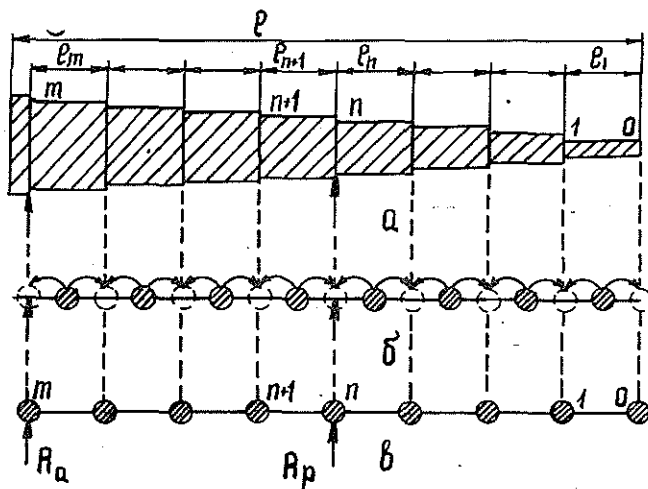


Рис 1 Расчетные схемы пакета хлыстов

$a$  — в виде ступенчатого стержня;  $b$  — с сосредоточенными массами, приведенными к центру тяжести участков;  $в$  — с сосредоточенными массами, приведенными к границам участков.

лом степеней свободы [2]. Пакет разбивают на участки (рис. 1, а), и на каждом из них распределенную массу заменяют сосредоточенной, которую приводят к центру масс участка (рис. 1, б). Затем сосредоточенные массы приводят к границам участков (к точкам пересечения линии центров тяжести поперечных сечений с поперечными плоскостями, разделяющими стержень на участки). При этом получается более простая колебательная система с меньшим числом степеней свободы (рис. 1, в), что позволяет несколько упростить расчеты.

Структуру алгоритма расчета параметров колебаний пакета хлыстов, в соответствии с изложенным в работе [1], представим в виде уравнений:

$$\left. \begin{aligned} Z_m &= M_m G_m \dots M_{n+1} G_{n+1} Z_n + D_a; \\ Z_n &= M_n G_n \dots M_1 G_1 Z_0 + D_p; \\ Z_0 &= M_0 (F_1 z_0 + F_2 l \varphi_0), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $Z_m$ ,  $Z_n$  и  $Z_0$  — матрицы-столбцы параметров в  $m$ -м,  $n$ -м и нулевом сечениях пакета хлыстов;

$G_i$  и  $M_i$  — переходные матрицы жесткости и сосредоточенной массы  $i$ -того участка, заключенного между  $i-1$ -м и  $i$ -тым сечениями;

$$G_i = \begin{vmatrix} 1 & \beta_i & \frac{\beta_i^2}{2\alpha_i} & \frac{\beta_i^3}{6\alpha_i} \\ 0 & 1 & \frac{\beta_i}{\alpha_i} & \frac{\beta_i^2}{2\alpha_i} \\ 0 & 0 & 1 & \beta_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}; \quad M_i = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \frac{\nu_i l^3}{EI} & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix};$$

$D_a$  и  $D_p$  — матрицы реакций опор;

$$D_a = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ d_a \end{vmatrix}; \quad D_p = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ d_p \end{vmatrix}; \quad F_1 = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}; \quad F_2 = \begin{vmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix};$$

$z_0$  и  $\varphi_0$  — амплитуды прогиба и угла поворота в нулевом сечении;

$$\alpha_i = \frac{EI_i}{EI}; \quad \beta_i = \frac{l_i}{l}; \quad \nu_i = m_i \omega^2;$$

$$d_a = R_a \frac{l^3}{EI}; \quad d_p = R_p \frac{l^3}{EI};$$

$R_a$  и  $R_p$  — реакции опор;

$EI_i$  и  $l_i$  — изгибная жесткость и длина  $i$ -того участка стержня;

$EI$  и  $l$  — произвольно выбранные значения изгибной жесткости и длины, вводятся для достижения одинаковой размерности;

$m_i$  — сосредоточенная масса  $i$ -того участка;

$\omega$  — круговая частота.

Представим выражения для матриц  $Z_m$  и  $Z_n$  в виде:

$$Z_m = \begin{pmatrix} 0 \\ \varphi_m l \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{1m} \\ a_{2m} \\ a_{3m} \\ a_{4m} \end{pmatrix} z_0 + \begin{pmatrix} b_{1m} \\ b_{2m} \\ b_{3m} \\ b_{4m} \end{pmatrix} \varphi_0 l + \begin{pmatrix} c_{1m} \\ c_{2m} \\ c_{3m} \\ c_{4m} \end{pmatrix} d_p + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} d_a; \quad (2)$$

$$Z_n = \begin{pmatrix} 0 \\ \varphi_n l \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{1n} \\ a_{2n} \\ a_{3n} \\ a_{4n} \end{pmatrix} z_0 + \begin{pmatrix} b_{1n} \\ b_{2n} \\ b_{3n} \\ b_{4n} \end{pmatrix} \varphi_0 l + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} d_p,$$

где  $a, b, c$  с индексами — элементы матриц-столбцов, получаемые в результате перемножения переходных матриц в соответствии с алгоритмом расчета (1).

Из матричных уравнений (2) получим три однородных алгебраических уравнения относительно трех известных, в результате решения которых получаем частотные уравнения:

$$(a_{3m} c_{1m} - a_{1m} c_{3m}) b_{1n} - (b_{3m} c_{1n} - b_{1n} c_{3m}) a_{1n} = 0 \quad (3)$$

и выражение для определения относительных амплитуд (форм)

$$z_i = [(a_{1i} b_{1n} - a_{1n} b_{1i}) c_{1n} - (a_{1m} b_{1n} - a_{1n} b_{1m}) c_{1i}] / (a_{1n} b_{1n}). \quad (4)$$

На основании выражений (1) — (4) была составлена программа на алгоритмическом языке ФОРТРАН IV и произведены вычисления с использованием ЭЦВМ ЕС-1022 собственных частот и форм пакета хлыстов при следующих его характеристиках: масса = 16,5 т, длина — 25 м, модуль упругости древесины [3] — 13 ГПа, плотность — 700 кг/м<sup>3</sup>, диаметр хлыста в  $i$ -том сечении — по таксационным данным объема и сбега стволов ели II разряда. Коэффициент увеличения жесткости пакета в связи с наличием сил трения между хлыстами принят равным 1,36 [4]. В процессе вычислений изменялись расстояние между опорами и число участков, на которые условно разделяли пакет. На рис. 2 приведена зависимость собственных частот пакета хлыстов от расстояния между опорами, а в табл. 1 — отклонения в процентах значений частот, вычисленных для различного числа участков  $m$ , от значений частот при  $m = 24$  (расстояние между опорами принято равным 12 м).

Расстояние между кониками (рис. 2) существенно влияет на значения собственных частот пакета.

Так, при изменении расстояния между кониками в реальном (имеющем место на практике) диапазоне с 9 до 15 м собственная

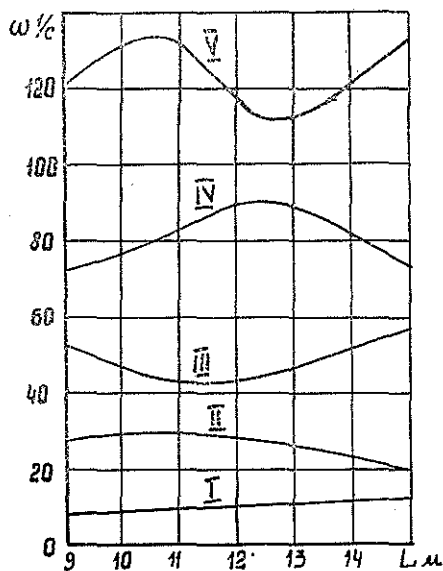


Рис. 2. Зависимость собственных частот колебаний пакета хлыстов  $\omega$  от расстояния между кониками  $L$  (I . . . V — порядок частот).

Таблица 1

Число участков	Отклонение, %, для порядков частот				
	I	II	III	IV	V
12	0,0	-0,5	-0,4	-5,4	-3,0
10	+1,0	-0,2	-2,1	-13,7	-6,0
8	+2,0	-0,3	-3,8	-19,9	-7,9
6	+2,5	-1,7	-12,1	-28,5	-7,6
4	+6,1	-9,9	-28,1	—	—

частота I порядка изменяется в 1,56, II — в 1,32, III — в 1,15, IV — в 1,23 и V — в 1,1 раза.

Как видно из табл. 1, с точностью до 6 % могут быть вычислены: при разбивке пакета на число участков  $m = 4$  только I частота, при  $m = 6$  — I и II частоты, при  $m = 8$  — I, II и III частоты, при  $m = 10$  — I, II, III и V частоты, при  $m = 12$  — все пять частот, лежащих в диапазоне  $\omega = 0 \dots 120$  1/с.

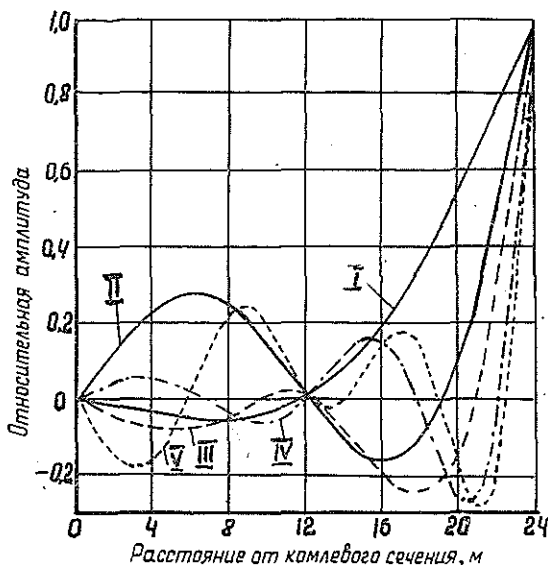


Рис. 3. Собственные формы колебаний пакета хлыстов (I . . . V — порядок форм).

Относительные амплитуды (формы) пакета хлыстов при расстоянии между опорами 12 м показаны на рис. 3 (левая опора расположена на расстоянии 1 м от комлевого сечения, правая — 13 м). Значения

Таблица 2

Число участков	Погрешность, %, для форм колебания пакета			
	I	II	III	IV
12	-1,2	-1,5	-5,8	-32,7
10	+1,6	-6,9	+19,3	-46,4
8	-3,5	-10,7	-25,1	-55,9
6	+2,6	-24,4	-41,7	+223
4	-5,2	-60,9	+232	—

максимальной погрешности в определении относительных амплитуд при числе участков, меньшем 24, приведены в табл. 2.

Как и следовало ожидать (рис. 3), число узлов собственной формы каждого главного колебания пакета равно номеру порядка, уменьшенному на единицу. Так, когда пакет совершает первое главное колебание, собственная форма не имеет узлов (неподвижные точки на опорах в их счет не входят). Вторая форма колебаний имеет один узел (на консоли), третья — два (один в пролете и один на консоли), четвертая — три (один в пролете и два на консоли), пятая — четыре (один в пролете и три на консоли). Форма колебаний шестого порядка имеет два узла в пролетной части и три в консольной и т. д. С увеличением порядка наблюдается сдвиг узлов в пролетной части — влево (к комлю), в консольной части — вправо (к вершине).

Как следует из рис. 2, в диапазон частот колебаний подрессоренных и не подрессоренных масс подвижного состава попадают три или четыре частоты пакета хлыстов. Для воспроизведения первых трех главных колебаний с погрешностью до 6 % (табл. 1 и 2) достаточно разделить пакет хлыстов на равные двухметровые участки (в данном случае на 12 участков). Если нет потребности в точном воспроизведении второй и последующих форм колебаний, то можно ограничиться меньшим числом участков (дискретных масс).

И, наконец, если необходимо обеспечить требуемую точность расчетной модели при ограниченном числе дискретных масс, можно воспользоваться, для каждого конкретного случая, методикой моделирования систем с дискретными параметрами, изложенной в работе [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Библиюк Н. И. Применение матричного метода начальных параметров для расчета колебаний лесовозного автопоезда. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1977, № 3. [2]. Бидерман В. Л. Прикладная теория механических колебаний. — М.: Высш. школа, 1972. [3]. Билюк Б. В., Перетятко Б. Т. К вопросу о методике определения модуля упругости древесины хлыстов как объекта транспортирования. — В кн.: Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность. Киев, Будівельник, 1974, вып. 4. [4]. Гастев Б. Г., Мельников В. И. Основы динамики лесовозного подвижного состава. — М.: Лесн. пром-сть, 1967. [5]. Перетятко Б. Т., Билюк Б. В. Выбор параметров дискретных моделей механических систем. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1976, № 5.

Поступила 5 мая 1981 г.

УДК 630\*323.13.002.5

### ЗАГОТОВКА ЛЕСА С СОРТИРОВКОЙ ХЛЫСТОВ В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ ДЕРЕВЬЕВ ОТ СУЧЬЕВ

В. Г. КОЧЕГАРОВ, В. М. ДЕРБИН

Ленинградская лесотехническая академия

Сортировка леса в процессе лесосечных работ возможна при выполнении различных операций. Она производится при валке и пакетировании деревьев, разгрузке пачек на погрузочных пунктах и очистке деревьев от сучьев. При этом снижается производительность лесозаготовительных машин по сравнению с работой без сортировки. Кроме того, повышается энергоемкость заготовки леса.

В процессе очистки деревьев от сучьев возможна сортировка хлыстов по разным признакам и на различное число компонентов. Схемы работы сучкорезных машин типа ЛП-30 с сортировкой хлыстов пред-

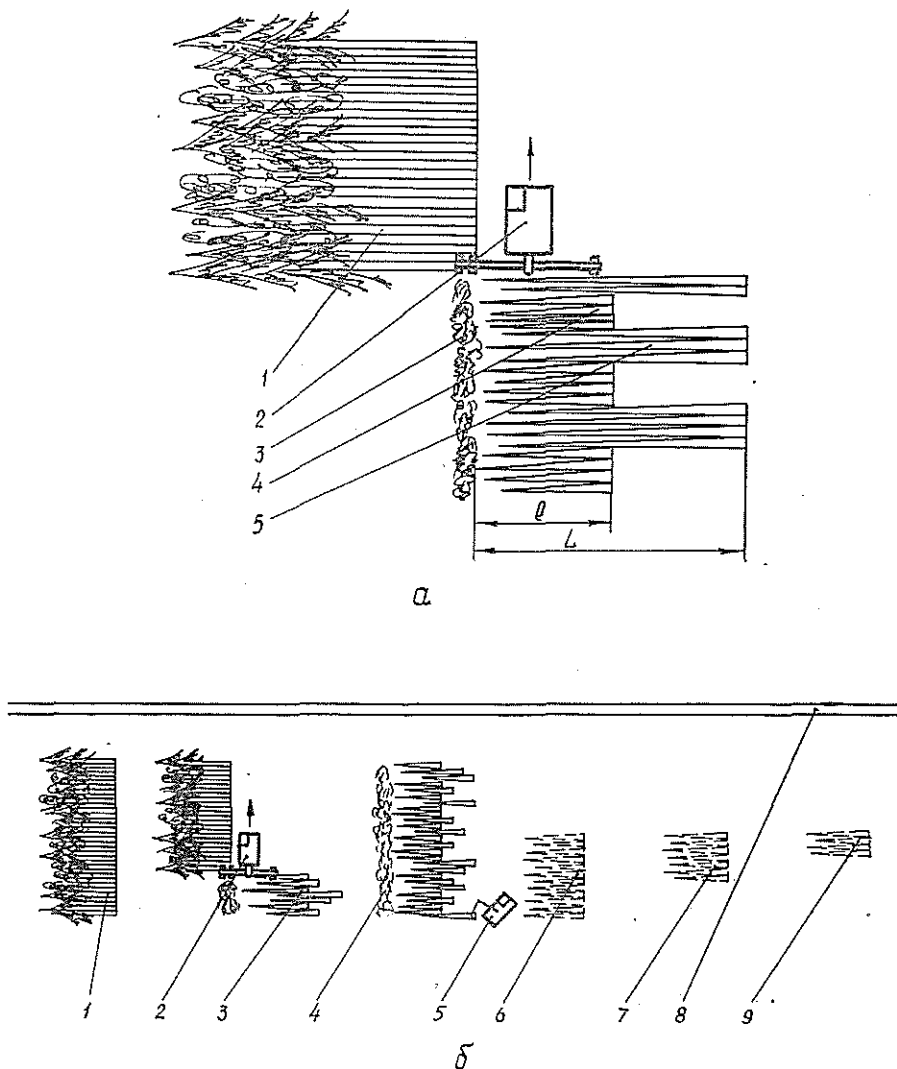


Рис. 1. Схема работы сучкорезной машины с сортировкой хлыстов.

*a* — по длинам; 1 — штабель деревьев; 2 — сучкорезная машина; 3 — вал обрезанных сучьев; 4 — короткомерные хлысты; 5 — длинномерные хлысты; *b* — на четыре компонента с применением трелевочного трактора; 1 — штабель деревьев; 2 — сучкорезная машина; 3 — штабель хлыстов, сформированный сучкорезной машиной; 4 — вал обрезанных сучьев; 5 — трелевочный трактор; 6 — штабель хлыстов третьего компонента; 7 — штабель хлыстов второго компонента; 8 — ус лесовозной дороги; 9 — штабель хлыстов первого компонента.

ставлены на рис. 1. При работе по схеме на рис. 1, *a* хлысты сортируют по длинам (длинномерные и короткомерные). Длинномерные хлысты (первого компонента) протаскивают на расстояние  $L$ , равное максимальному по длине хлысту, а короткомерные (второго компонента) — на расстояние  $l: l = L - (8-10 \text{ м})$ . В результате торцы хлыстов первого компонента оказываются выровненными в одну линию, второго — в другую с расстоянием между ними 8—12 м в зависимости от размеров хлыстов. Погрузку леса выполняют челюстные лесопогрузчики. Сначала грузят хлысты первого компонента, затем — второго. Сортировка хлыстов на три компонента и более по длине и другим

признакам без изменения рабочего оборудования сучкорезных машин затруднена.

Машиной с удлиненной стрелой возможна сортировка хлыстов на два компонента по породам, на три и более — по породам и другим признакам. В последнем случае хлысты получаемых компонентов оттаскивают трелевочным трактором в отдельные штабели. На рис. 1, б представлена схема работы сучкорезной машины при сортировке хлыстов на четыре компонента с разбегом комлей 1,5—2,0 м. Для повышения производительности сучкорезной машины и трелевочного трактора, а также снижения энергоемкости процессов оттаскивания хлыстов и очистки деревьев от сучьев хлысты большего по объему компонента протаскивают на меньшее расстояние, а меньшего — на большее. С увеличением разбега комлей до 10 м возможна сортировка хлыстов на два компонента без оттаскивания хлыстов.

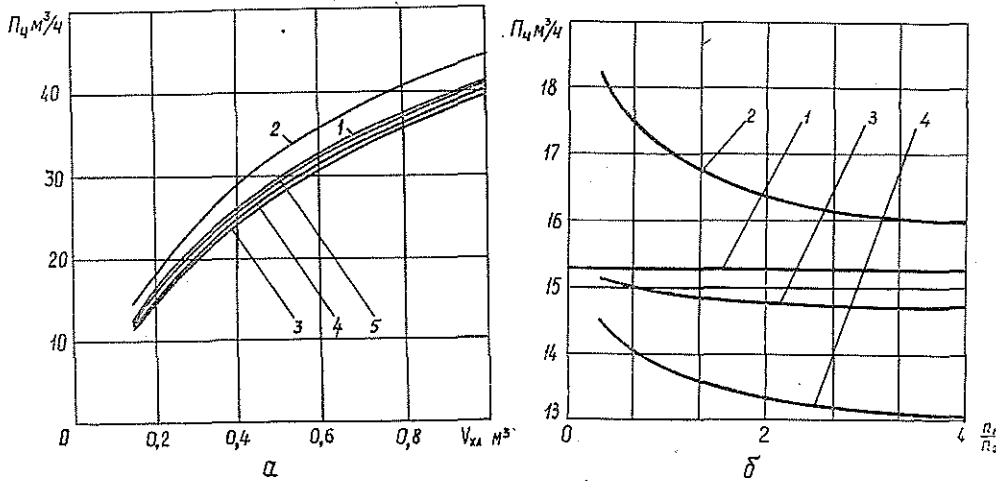


Рис. 2. Графики зависимости производительности сучкорезной машины.

$a$  —  $P_c = f(V_{кл})$ ; 1 — при работе без сортировки хлыстов; 2 — с сортировкой по длинам; 3 — с сортировкой на два компонента (разбег между комлями хлыстов разных компонентов 10 м); 4 — с сортировкой на два компонента (разбег 2 м); 5 — с сортировкой на четыре компонента (разбег 2 м); б —  $P_c = f\left(\frac{R_1}{R_2}\right)$ ; 1 — при работе без сортировки хлыстов; 2 — с сортировкой по длинам; 3 — с сортировкой на два компонента (разбег 2 м); 4 — с сортировкой на два компонента (разбег 10 м).

Производительность сучкорезной машины при работе по схеме на рис. 2, а с сортировкой хлыстов по длинам (кривая 2) выше, чем при работе без сортировки (кривая 1). Это объясняется уменьшением общего расстояния протаскивания хлыстов. С увеличением среднего объема хлыста производительность сучкорезной машины увеличивается менее интенсивно, так как во времени цикла обработки дерева есть постоянные составляющие, например время наводки сучкорезной головки на ствол дерева, захват дерева и др.

Из сравнения кривых 3, 4 и 5 видно, что производительность сучкорезных машин при работе с сортировкой хлыстов зависит от числа компонентов сортировки и разбега комлей.

При сортировке хлыстов на два компонента предпочтительнее вариант без применения трелевочного трактора, поскольку в этом случае производительность труда выше.

Производительность сучкорезных машин при работе с сортировкой хлыстов следует рассчитывать с учетом соотношения числа деревьев отдельных компонентов сортировки. Из графика на рис. 2, б видно, что производительность машины уменьшается с ростом отношения числа деревьев, протаскиваемых на большее расстояние, к числу деревьев, протаскиваемых на меньшее расстояние.

Затраты энергии — комплексный показатель, учитывающий природно-климатические условия, применяемую технологию, а также конструктивные и технологические особенности машин.

Методикой энергетической оценки технологических процессов и машин предусмотрено определение составляющих затрат энергии. В общем виде затраты энергии на процессе очистки деревьев от сучьев машинами типа ЛП-30 можно представить как функцию многих переменных:

$$\mathcal{E} = \psi (V_{хл}, S, P_{пр}, \mu_c, \mu_n, l_1, h \dots),$$

где  $V_{хл}$  — средний объем хлыста;  
 $S$  — суммарная площадь среза сучьев;  
 $P_{пр}$  — среднее усилие прижима ножей к стволу дерева;  
 $\mu_c, \mu_n$  — среднее значение коэффициентов трения ствола дерева о ножи, соответственно, сучкорезной и приемной головок;  
 $l_1$  — расстояние между ножами сучкорезной и приемной головок;  
 $h$  — расстояние по вертикали от середины высоты штабеля деревьев до продольной оси хлыста, удерживаемого ножами сучкорезной и приемной головок в горизонтальном положении.

Для удобства и простоты сопоставления различных схем технологического процесса или работы машин энергетическая оценка производится по удельным затратам энергии. Для процесса очистки деревьев от сучьев таким показателем является отношение общих затрат энергии к объему обработанного леса (кДж/м<sup>3</sup>) или к количеству обработанных деревьев (кДж на одно дерево).

Удельные затраты энергии на процессе очистки деревьев от сучьев в общем виде выражаются уравнением

$$g_o = g_{т.о} + g_{р.о.м},$$

где  $g_{т.о}$  — удельные затраты энергии на выполнение технологической работы;  
 $g_{р.о.м}$  — удельные затраты энергии на движение рабочих устройств и машины.

Из табл. 1 видно, что основную долю составляют удельные затраты энергии на выполнение технологической работы ( $g_{т.о}$ ). Для различных схем работы сучкорезных машин они различаются незначительно и максимальны при работе без сортировки хлыстов. Объяснить это можно, анализируя составляющие:

$$g_{т.о} = g_{т.р} + g_{т.с.г} + g_{т.п.г} + g_{т.к} + g_{т.г} + g_{т.в} + g_{т.о.1} + g_{т.о.2},$$

где  $g_{т.р}$  — удельные затраты энергии на срезание сучьев;  
 $g_{т.с.г}$  — на преодоление сил трения ствола дерева о ножи сучкорезной головки;  
 $g_{т.п.г}$  — на преодоление сил трения ствола дерева о ножи приемной головки;



Таблица 1

Схема работы сучкорезной машины	Удельные затраты энергии, кДж, при разных $V_{хл}$ м <sup>3</sup>								
	$g_{т.о}$			$g_{р.о.м}$			$g_0$		
	0,2	0,3	0,5	0,2	0,3	0,5	0,2	0,3	0,5
Без сортировки хлыстов	169	204	275	38	55	89	207	259	364
	$\frac{843}{792}$	$\frac{631}{642}$	$\frac{550}{512}$	$\frac{188}{184}$	$\frac{182}{179}$	$\frac{177}{165}$	$\frac{1033}{974}$	$\frac{862}{821}$	$\frac{727}{677}$
С сортировкой хлыстов по длинам	158	193	256	37	54	83	195	246	329
	$\frac{792}{789}$	$\frac{642}{633}$	$\frac{512}{518}$	$\frac{184}{203}$	$\frac{179}{195}$	$\frac{165}{191}$	$\frac{974}{992}$	$\frac{821}{828}$	$\frac{677}{709}$
С сортировкой хлыстов на два компонента (разбег комлей 10 м)	158	193	256	41	59	95	198	249	354
	$\frac{789}{794}$	$\frac{633}{638}$	$\frac{518}{523}$	$\frac{203}{202}$	$\frac{195}{195}$	$\frac{191}{189}$	$\frac{992}{996}$	$\frac{828}{83}$	$\frac{709}{712}$
С сортировкой хлыстов на четыре компонента (разбег комлей 2 м)	159	191	261	40	59	95	199	25	356
	$\frac{794}{794}$	$\frac{638}{638}$	$\frac{523}{523}$	$\frac{202}{202}$	$\frac{195}{195}$	$\frac{189}{189}$	$\frac{996}{996}$	$\frac{83}{83}$	$\frac{712}{712}$

Примечание. В числителе удельные затраты энергии в расчете на одно обрабатываемое дерево; в знаменателе — на 1 м<sup>3</sup> леса. Состав древостоя 6Е4Б.

$g_{т.к}$  — на преодоление сил сопротивления, возникающих во втулках катков каретки от веса хлыста;

$g_{т.г}$  — на перемещение хлыста в горизонтальной плоскости при его укладке;

$g_{т.в}$  — на перемещение хлыста в вертикальной плоскости;

$g_{т.о.1}$  — на перемещение вершинной части дерева при отделении его от штабеля;

$g_{т.о.2}$  — на перемещение комля по земле или нижележащим хлыстам.

Составляющие удельных затрат энергии на выполнение технологической работы  $g_{т.о}$  для различных схем работы сучкорезной машины ЛП-30 приведены в табл. 2. Значения  $g_{т.п.г}$  и  $g_{т.о.2}$  при работе сучкорезной машины с сортировкой хлыстов по длинам меньше, чем при работе без сортировки. При сортировке хлыстов по другим схемам указанные составляющие удельных затрат энергии также снижаются вследствие меньшего расстояния протаскивания хлыстов через ножи приемной головки и перемещения комлей хлыстов по земле или нижележащим хлыстам.

Таблица 2

Схема работы сучкорезной машины	Удельные затраты энергии, кДж/м <sup>3</sup> , при $V_{хл} = 0,3$ м <sup>3</sup>							
	$g_{т.р}$	$g_{т.с.г}$	$g_{т.п.г}$	$g_{т.к}$	$g_{т.г}$	$g_{т.в}$	$g_{т.о.1}$	$g_{т.о.2}$
Без сортировки хлыстов	17,2	488,0	30,9	9,0	0,1	9,5	74,4	5,2
С сортировкой хлыстов по длинам	17,2	488,0	15,4	6,4	0,1	9,5	74,4	20,1
С сортировкой хлыстов на два компонента (разбег комлей 10 м)	17,2	488,0	15,4	15,6	0,1	9,5	74,4	11,2
С сортировкой хлыстов на четыре компонента (раз- бег комлей 2 м)	17,2	488,0	22,5	13,2	0,1	9,5	74,4	14,0

При сортировке хлыстов в процессе очистки деревьев от сучьев при небольшом разбеге комлей необходимо применение трелевочного трактора. Удельные затраты энергии на оттаскивание хлыстов трактором ТБ-1 при сортировке на два компонента составляют 1,0 МДж/м<sup>3</sup>, а при сортировке на четыре компонента — 1,6 МДж/м<sup>3</sup>. Оттаскивание хлыстов разных компонентов в разные штабели — процесс энергоемкий. Поэтому при сортировке хлыстов на два компонента предпочтительнее схема работы сучкорезной машины с разбегом комлей хлыстов, обеспечивающим погрузку разных компонентов без дополнительного оттаскивания их в отдельные штабели.

УДК 625.156.6

### ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК В УСЛОВИЯХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ КОЛЕИ 750 ММ

Б. Б. ДЕМИДОВСКИЙ

Архангельский лесотехнический институт

Совершенствование тормозных систем для тягового и подвижного состава — необходимое условие дальнейшего повышения скоростей движения и масс поездов лесовозных УЖД. Основным рабочим элементом тормозных систем является фрикционный узел колодка — колесо. До настоящего времени на лесовозных УЖД в узле трения применяются чугунные тормозные колодки, которые быстро изнашиваются, обладают незначительным коэффициентом трения, сильно меняющимся от скорости и нажатия.

Тормозную эффективность эксплуатируемых тормозных систем можно значительно увеличить, применяя тормозные колодки с повышенным коэффициентом трения, мало зависящим от скорости движения.

В настоящее время в СССР 80 % единиц подвижного состава дорог нормальной колеи оборудованы композиционными колодками из асбофрикционного материала на каучуковой связующей основе. Результаты эксплуатации показали, что их износостойкость в 3—4 раза выше, чем чугунных колодок, и они обладают высокой тормозной эффективностью. Положительный опыт эксплуатации неметаллических тормозных колодок на дорогах нормальной колеи можно использовать в узлах трения подвижного состава лесовозных УЖД, однако работа фрикционных узлов на лесовозных УЖД обуславливается особенностями пути и подвижного состава.

Одностороннее направление грузового потока позволяет применять на УЖД большие руководящие подъемы в порожняковом направлении, но они же являются спусками в грузовом направлении и ограничивают вес состава по тормозным средствам.

Соппротивление движению на УЖД значительно выше, чем на дорогах нормальной колеи. У узкоколейных вагонов сила инерции вращающихся масс значительно меньше.

Скорости движения подвижного состава на лесовозных дорогах практически не превышают 30—35 км/ч. Меньшие массы и скорости поездов снижают их кинетическую энергию, что имеет важное значение для процесса торможения поезда.

Нагрузка на ось у различных единиц подвижного и тягового состава на УЖД колеблется в пределах 20—60 кН, на дорогах же нормальной колеи достигает 240 кН.

Учитывая положительный опыт эксплуатации неметаллических тормозных колодок на дорогах нормальной колеи МПС\*, сотрудники кафедры тяговых машин АЛТИ провели применительно к условиям лесовозных УЖД исследования тормозной эффективности колодок из асбестфрикционных материалов 6КВ-10, 5-6-60, 7-30А-64, 8-1-66 и чугуново-капронового прессматериала. Материалы исследовали в сравнении с чугуном в эксплуатационных условиях, на Конецгорской и Липаковской УЖД объединения Архангельсклеспром.

При опытах отцеп из пассажирского вагона и вагона-сцепы ЦНИИМЭ — АВЗ разгоняли тепловозом до скорости 40—45 км/ч. Перед входом на контрольный участок тепловоз отставал, а отцеп тормозился с начала участка до полной остановки. На ленту осциллографа записывали: число оборотов колеса сцепы за тормозной путь, время (через 0,1 с) и давление в тормозном цилиндре.

С учетом возможного изменения тормозной эффективности колодок в результате попадания влаги на поверхности трения были проведены опыты при смачивании водой фрикционного контакта колеса и колодки. Воду подавали через жиклеры с пропускной способностью 350 мл/мин из емкостей, установленных на сцепе. Размер колодок — 210×60 мм, давление в тормозном цилиндре изменялось от 0,15 до 0,5 МПа. Суммарное нажатие колодок, нажатие на колодку и удельное давление от колодки на колесо определяли расчетом.

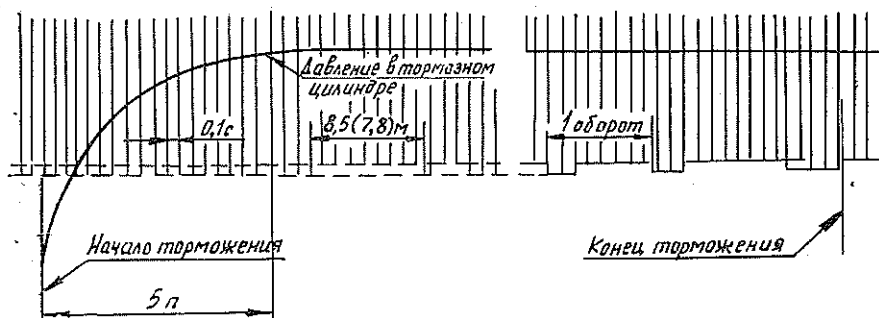


Рис. 1. Осциллограмма опытного торможения.

Всего было сделано 530 заездов. Осциллограммы (рис. 1), полученные в результате опытных торможений, обрабатывали следующим образом. Исключали подготовительный путь  $S_{п}$ . На каждом участке пути, равном 8,5 или 7,8 м (что соответствует пяти оборотам колеса сцепы диаметром 542 и 500 мм), по отметкам времени через 0,1 с определяли среднюю скорость движения заторможенных вагонов. Для каждого опыта строили кривую  $V = f(t)$ , которую разбивали на элементы через 1—3 км/ч (для определенного нажатия выбирали один интервал скорости). Предполагали, что в пределах каждого элемента замедление состава оставалось постоянным, как и значение коэффициента трения, и определяли уменьшение скорости  $\Delta V = V_{н} - V_{к}$ .

Коэффициенты трения тормозных колодок подсчитывали для скорости  $\frac{V_{н} + V_{к}}{2}$  по формуле

$$\omega_k + b_T \pm i = -30 \frac{\Delta V}{\Delta t} \frac{120}{\xi}; \quad (1)$$

где 
$$b_T = - \frac{\pi d^2}{4} \frac{pn\eta}{Q} \varphi_k,$$

$30 \frac{120}{\xi}$  — коэффициент пропорциональности;

\* Вуколов Л. А. Изыскание оптимальной длины вагонных тормозных колодок. — Науч. тр. ВНИИЖТ, 1957, вып. 127, с. 108.

- $w_k$  — удельное сопротивление вагонов, Н/кН;  
 $b_T$  — тормозная сила на 1 кН веса состава;  
 $\varphi_k$  — коэффициент трения с учетом КПД рычажной передачи;  
 $\frac{\Delta V}{\Delta t}$  — среднее ускорение, км/ч, за время  $\Delta t$  с;  
 $\eta$  — КПД рычажной передачи (согласно правилам тяговых расчетов, принимается равным 0,9);  
 $d$  — диаметр тормозного цилиндра, см;  
 $p$  — давление воздуха в тормозном цилиндре, МПа;  
 $n$  — передаточное число тормозной рычажной передачи;  
 $Q$  — вес состава, кН;  
 $i$  — уклон участка, ‰;  
 $\xi$  — ускорение поезда, км/ч<sup>2</sup>, при удельной силе, равной 1 Н/кН.

Из приведенных формул находим

$$\varphi_k = \frac{Q \left( -30 \frac{\Delta V}{\Delta t} \frac{120}{\xi} - w_k \pm i \right)}{\frac{\pi d^2}{4} p n \eta} \quad (2)$$

Удельное основное сопротивление движению опытных составов определяли по такой же методике. Величину  $w_k$  находили по формуле (1) при  $b_T = 0$ :

$$w_k = -30 \frac{\Delta V}{\Delta t} \frac{120}{\xi} \pm i \quad (3)$$

Результаты испытаний обрабатывали методами математической статистики на ЭЦВМ «Минск-32» и «Проминь-2». Данные по  $w_k$  приведены в таблице.

УЖД	Число графиков	Число показателей	Среднее квадратичное отклонение по		Уравнение линии	Корреляционное отношение	Показатель точности опытов, % по	
			$w_k$	$V$			$w_k$	$V$
Конецгорская	12	37	0,89	0,77	$w_k = 4,24 - 0,20V + 0,0096V^2$	0,81	5,6	1,90
Липаковская	12	34	0,50	0,36	$w_k = 7,69 - 0,58V + 0,016V^2$	0,85	3,1	0,95

При определении  $\varphi_k$  экспериментальные данные для каждого опыта ( $V = \text{const}$ ) аппроксимировали уравнением гиперболы, отнесенной к ее асимптотам:

$$\varphi_k = \frac{100}{a + bV} \quad (4)$$

где  $a, b$  — опытные коэффициенты, постоянные для данной силы нажатия.

На рис. 2 представлены зависимости коэффициентов трения испытанных материалов от скорости движения при одинаковых или близких нажатиях на колодку. Графики наглядно характеризуют тормозную эффективность материалов при работе колодок по стальным колесам всухую и при подаче воды на фрикционный узел.

Зависимости коэффициентов трения чугуно-капроновых тормозных колодок по стальным колесам от скорости при различных нажа-

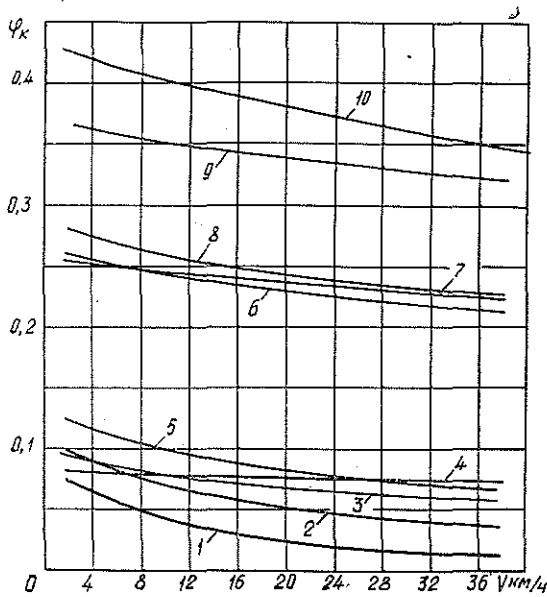


Рис. 2. Коэффициенты трения тормозных колодок из разных материалов.

1, 2 — (8-1-66) и (7-30А-64) при нажатии на колодку  $K = 6,96$  кН; 3 — (5-6-60) при  $K = 7,55$  кН; 4, 5 — чугуи при  $K = 7,75$  кН; 6, 7 — чугуино-капроновый пресс материал при  $K = 7,75$  кН; 8 — (7-30А-64) при  $K = 7,8$  кН; 9 — (8-1-66) при  $K = 6,96$  кН; 10 — (5-6-60) при  $K = 7,8$  кН. Графики 1, 2, 3, 4, 5 и 6 построены по опытным данным при смачивании поверхностей трения.

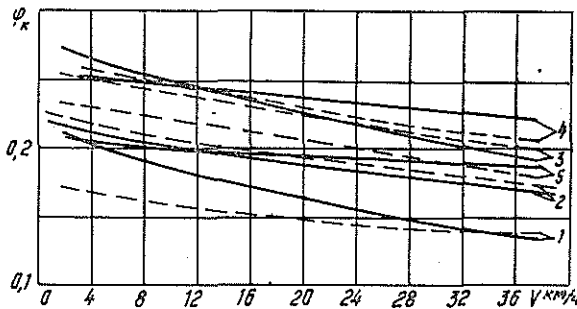


Рис. 3. Зависимости коэффициентов трения чугуино-капроновых тормозных колодок по стальным колесам от скорости.

1 — при нажатии на колодку  $K=2,65$  кН; 2 — при  $K=4,22$  кН; 3 — при  $K=5,78$  кН; 4 — при  $K=7,75$  кН; 5 — при  $K=9,12$  кН.

тиях на колодку приведены на рис. 3. Эти зависимости аппроксимированы уравнением

$$\varphi_k = \frac{29,5 + 18,96K - 11,93K^2}{446 + 3,54V} \quad (5)$$

Расчетные значения  $\varphi_k$  нанесены штриховыми линиями. Значения коэффициентов трения, полученные экспериментальным путем и рассчитанные по формуле (5), совпадают с достаточной точностью.

На основе анализа полученных данных можно сделать следующие выводы и рекомендации.

1. Асбофрикционные материалы на каучуковой связующей основе имеют фрикционные характеристики, по абсолютным значениям коэффициентов трения в 3—4 раза выше, чем для чугуна.

2. Колодки из асбофрикционных материалов резко снижают тормозную эффективность при попадании влаги на фрикционный контакт, что по условиям безопасности движения поездов на лесовозных УЖД исключает их применение, особенно в зимний период.

3. Из исследованных материалов наиболее подходящим для тормозных колодок тягового и прицепного состава лесовозных дорог колеи 750 мм оказался чугунно-капроновый прессматериал. Он обладает стабильной тормозной характеристикой: коэффициенты трения мало изменяются при изменении скорости и удельных давлений, и в 2—2,5 раза выше, чем у чугунных колодок. Однако увеличение удельных давлений от колодки на колесо свыше 0,5 МПа ведет к снижению тормозной эффективности. Поэтому на тормозных единицах подвижного состава, имеющих нажатие на колодку более 7,75 кН, при ее размере 210×60 мм, рекомендуется изменять передаточное число рычажной передачи или регулировочные характеристики воздухораспределителей.

4. Смачивание фрикционного контакта чугунно-капронового прессматериала незначительно влияет на его тормозные свойства, что обеспечивает надежную работу тормозных устройств в различных погодных условиях.

5. Значения полученных коэффициентов трения для колодок из чугунно-капронового прессматериала по стальным колесам в зависимости от скорости движения и нажатия на колодку с достаточной точностью описывается уравнением (5), которое можно рекомендовать для определения коэффициентов трения при нажатии до 9 кН.

6. Применение тормозных колодок из чугунно-капронового прессматериала обеспечит увеличение эффективности тормозных средств тягового и подвижного состава лесовозных УЖД, улучшит безопасность движения, будет способствовать освоению повышенных скоростей и снизит эксплуатационные затраты на тормозное оборудование.

Поступила 13 мая 1981 г.

УДК 631.432

## ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ ОТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ГРАДИЕНТА В ТОРФАХ

О. И. ДАНЧЕНКО

Архангельский лесотехнический институт

В основе многих фильтрационных расчетов при проектировании осушения торфяников для сельскохозяйственных, лесохозяйственных и лесотранспортных целей лежит зависимость между скоростью фильтрационного потока ( $V$ ) и действующим градиентом напора ( $I$ ). Исследованию фильтрационных свойств посвящено значительное число работ ([3, 4, 7, 8, 10, 12] и др.), в которых высказываются два мнения: фильтрационный поток в торфах подчиняется закону Дарси; в торфяных почвах наблюдаются фильтрационные аномалии.

В связи с большими объемами гидромелиоративных работ возникла необходимость более конкретно исследовать водопроницаемость тор-

фяных грунтов, а именно зависимость  $V(I)$ . Важно также установить характер зависимости  $V(I)$  в различные моменты времени с начала фильтрации. Для исследования использовали фильтрационную установку, показанную на рис. 1.

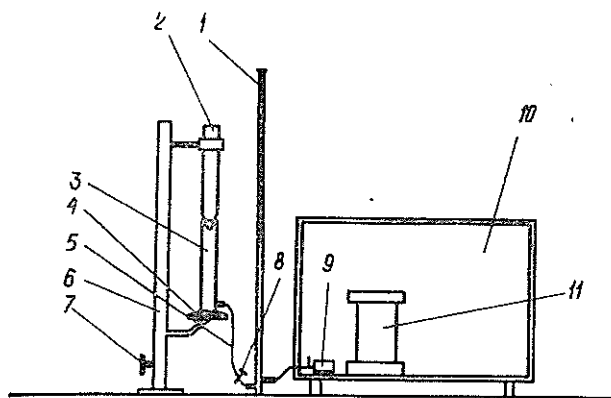


Рис. 1. Фильтрационная установка.

1 — тарированный пьезометр; 2 — мариоттов сосуд; 3 — цилиндрический резервуар; 4 — подъемный столик; 5 — трубка подачи воды; 6 — штатив; 7 — суппорт; 8 — краник; 9 — вспомогательный резервуар; 10 — термостатирующая камера; 11 — фильтрационный прибор.

Фильтрационная установка состоит из закрепленного на стойке тарированного пьезометра 1, в который поступает жидкость из мариоттова устройства 2 и цилиндрического резервуара 3, расположенных на столике 4, который при помощи суппорта 7 перемещают по вертикальному штативу 6 для создания необходимого градиента напора ( $I$ ).

В фильтрационный прибор 11, находящийся в термостатирующей камере 10, поступает жидкость по толстостенным прозрачным пластмассовым трубкам 5, снабженным краниками 8, через вспомогательный резервуар 9. Температура в термостатирующей камере 10 поддерживается автоматически.

Опыты могут быть проведены по схеме с переменным и постоянным градиентом напора. При постоянном градиенте напора краник 8 открыт, постоянный уровень поддерживается при помощи мариоттова устройства, при переменном градиенте напора краником 8 перекрывают поступление жидкости из цилиндрического резервуара 3.

Методика отбора образцов и подготовка к опытам описана в работе [2]. Характеристики исследованных образцов торфа представлены в табл. 1.

Известно, что при длительных исследованиях фильтрационных свойств торфа водопроницаемость испытываемых образцов уменьшается. Объясняется это следующими причинами: а) деформацией торфа под воздействием гидродинамических сил напорного грунтового потока, что вызывает увеличение активной пористости торфа и коэффициента фильтрации в начальный момент времени; при длительной фильтрации повышается количество связанной воды, уменьшается активная пористость и замедляется фильтрация [1]; б) постепенным набуханием отдельных частиц торфа, что приводит к снижению активной пористости, а следовательно, и водопроницаемости, коагуляции порового пространства мелкими частицами торфа и пузырьками заземленного воздуха [3, 4, 6].

В работах [5, 6, 13] установлено, что нестабильность фильтрации во времени в неравновесной системе «среда—фаза» связана с перестройкой структуры торфа в результате ионообменных процессов.

Торф	Глубина отбора $H_{отб}, м$	Содержание частиц, %, размером, мм		
		> 0,25	> 0,1	< 0,1
Лесотопляной	0,50—0,60	43—24	15,0—43,0	46,0—32,0
	0,8 —1,00	47—26,0	26—18,0	25—30
Лесной	1,30—1,40	—	—	—
	1,60—1,70	47,0—37,0	8,0—10,0	52,0—44,0

Во всех этих и других опытах через образцы исследуемого торфа в течение длительного промежутка времени фильтровалась жидкость при постоянных градиентах напора, поэтому ответственными за уменьшение фильтрационных расходов могут быть все эти факторы. Опыты мы проводили таким образом, чтобы исключить влияние того или иного фактора на ход опыта.

В эксперименте высоту исследуемых образцов торфа поддерживали постоянной. Образцы располагали между жестко закрепленными дренажными устройствами фильтрационного прибора. В таком случае возрастание градиента напора вызывает увеличение давления в поровой жидкости, что приводит к изменению напряженного состояния скелета образца. В торфяных грунтах, где связи между частицами незначительны, могут происходить деформации по микрообъемам, вызывающие изменение пористости. При этом может нарушаться прямая пропорциональная зависимость между скоростью фильтрации и градиентом напора.

Кроме того, в наших опытах исследовалось влияние изменения пористости на характер кривой  $V(I)$ . Для этого фильтрационные исследования проводили на образцах с различной пористостью, а также на образцах с одинаковой пористостью на 10-е и 30-е сутки от начала опыта (табл. 2).

Известно, что в торфяных грунтах в результате постоянно идущих анаэробных процессов непрерывно выделяется и накапливается газ. На скорость процессов газообразования большое влияние оказывает температура и продолжительность опыта ([9, 11] и др.). Поэтому для образцов с различной пористостью опыты проводили в течение 6 ч при температуре 280 К (точность термостатирования  $\pm 0,2$  °С), что снижало влияние процессов газообразования на фильтрационный процесс, т. е. обеспечивалась двухфазная система на протяжении всего опыта.

При определении характера изменения кривой  $V(I)$  во времени дегазированные образцы торфа в фильтрационных приборах устанавливали в термостатирующей камере 10. Опыт проводили при  $T = 280$  К. По окончании опыта температуру в камере поднимали до  $T = 293$  К. Краник  $\delta$  и сливное отверстие верхнего бьефа фильтрационного прибора при повышении температуры были закрыты. По подъему столба жидкости в тарированном пьезометре  $I$  определяли объемное расширение системы «фильтрационный прибор — вспомогательный резервуар». После этого открывали сливное отверстие верхнего бьефа фильтрационного прибора, гидростатическое давление в образце торфа устанавливали равным нулю, т. е. движение фильтрующейся жидкости отсутствовало. В таком положении фильтрационный прибор с исследуемым образцом оставляли на несколько суток. Затем в термостатирующей камере снова устанавливали температуру  $T = 280$  К, при этом до стабилизации температуры системы «камера — образец» гидростатическое давление поддерживали равным нулю. После этого определяли зависимость  $V(I)$  на данном этапе времени. Такие циклы повторяли несколько раз с периодичностью 8—10 дн. За промежуток времени 30 сут объемное расширение системы «фильтрационный прибор — вспомогательный резервуар» изменилось с 0,5 до 6,2 см<sup>3</sup>, что говорит о выделении газовой составляющей и изменении геометрии порового пространства. Объемное расширение оставалось постоянным в системе с образцами, обработанными раствором фенола.



Таблица 1

Степень разложения $R$ , %	Естественная влажность $W$ , %	Объемная масса $\gamma_0$ , кг/м <sup>3</sup> · 10 <sup>3</sup>	Объемная масса скелета $\gamma_{ск}$ , кг/м <sup>3</sup> · 10 <sup>3</sup>	Коэффициент пористости $\epsilon$	Удельная масса $\gamma_y$ , кг/м <sup>3</sup> · 10 <sup>3</sup>
35—20	750—900	1,0—1,03	0,10—1,12	13,4—10,9	1,44—1,46
20	750—900	1,0—1,03	0,10—1,12	14,0—11,3	1,50—1,54
—	510—550	1,03—1,05	0,17—1,16	9,09—8,29	1,60
50	405—440	1,06—1,09	0,19—1,21	7,15—6,40	1,60

На рис. 2, 3 представлены характерные зависимости  $V(I)$ . Они нелинейны и указывают на отклонение от закона Дарси.

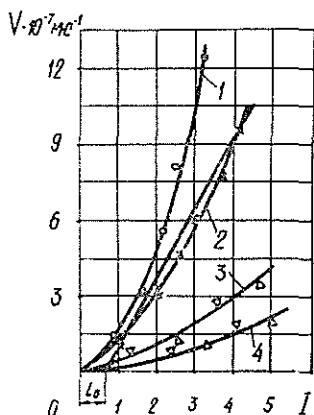


Рис. 2. Характер зависимости  $V(I)$  для образцов торфов, представленных в табл. 2.

1 — для образца № 5; 2 — № 8; 3 — № 1; 4 — № 2.

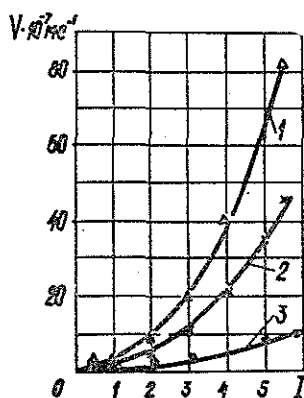


Рис. 3. Характер изменения зависимости  $V(I)$  во времени для образцов торфов, представленных в табл. 2.

1 — для дегазированного образца № 13; 2 — для того же образца через 10 сут; 3 — через 30 сут.

Полученные зависимости могут интерпретироваться прямыми

$$V = a + bI. \quad (1)$$

В этом случае расчетные прямые отсекают нанесенные на рис. 2 на оси абсцисс участки, которые интерпретируются как  $i_0$ . Тогда зависимость между скоростью фильтрации и действующим градиентом напора имеет вид:

$$V = k_0(I - i_0), \quad (2)$$

где  $k_0$  — коэффициент фильтрации при  $I$ , равном единице;  
 $i_0$  — начальный градиент напора.

Значения  $i_0$  для некоторых исследованных образцов торфов представлены в табл. 2.

Формула (2) является одним из случаев интерпретации  $V(I)$ .

Кривые, показанные на рис. 2, 3, спрямляются в координатах  $\ln V$  от  $\ln I$ . Это позволяет представить зависимость  $V(I)$  в виде

$$V = k_0 I^m. \quad (3)$$

Таблица 2

Торф	Но- мер образ- ца	Н <sub>отб</sub> М	Ш %	γ <sub>о</sub>	ε	Содержание частиц, %, разностей, мк			i <sub>о</sub>	m	k · 10 <sup>-7</sup> м · с <sup>-1</sup>
						> 0,25	> 0,1	< 0,1			
Лесной	1	1,5-1,7	427	1,074	6,805	37,15	10,71	52,14	0,3	1,177	0,558
	2	1,5-1,7	394	1,102	6,175	37,15	10,71	52,14	0,26	1,107	0,27
	3	1,6-1,7	468	1,057	7,59	39,37	9,25	48,62	0,64	1,277	1,676
	4	1,60	405	1,091	6,405	46,92	8,25	44,83	0,25	1,25	0,876
Лесотопляной	5	0,7-0,8	906	1,007	13,48	24,54	43,15	32,31	0,40	1,50	2,04
	6	0,5	850	1,026	12,33	43,07	25,76	31,47	0,75	1,49	0,136
	7	0,6-0,7	721	0,996	10,869	27,86	25,69	46,45	0,57	1,30	1,200
	8	0,9-1,0	762	1,028	11,58	36,34	26,19	37,37	0,48	1,47	1,69
Образец лесного торфа нарушен- ной структуры, обработанный фенолом	9	1,60	668	1,031	10,85	35,08	17,6	47,32	0,7	1,20	1,437
	10	1,60	585	1,035	3,53	35,08	17,6	47,32	0,6	1,15	0,614
	11	1,60	528	1,032	8,62	35,08	17,6	47,32	0,53	1,12	0,221
	12	1,60	469	1,04	7,69	35,08	17,6	47,32	0,12	1,10	0,07
Лесной	13	1,60	579	1,01	9,75	29,7	24,3	46,0	—	2,18	1,84
		1,60	579	1,01	9,75	29,7	24,3	46,0	—	1,90	1,58
		1,60	579	1,01	9,75	29,7	24,3	46,0	0,5	1,48	0,77

Такая же зависимость получена на основании опытных данных в работе [12].

Здесь постоянными являются  $k_0$  и  $m$ . При  $I = 1$ ,  $V = k_0(\text{м}\cdot\text{с}^{-1})$  — коэффициент фильтрации, который строго определяется при  $I = 1$ . Значения  $k_0$  и параметры  $m$  для некоторых исследованных торфов представлены в табл. 2.

При  $m \rightarrow 1$  уравнение (3) выражает закон Дарси.

Как следует из опытных данных, с увеличением содержания частиц мельче 0,1 мм (более 40 %) и плотности торфяных грунтов коэффициент  $m \rightarrow 1$ . Для торфяных грунтов небольшой плотности, уплотняющихся в процессе осушения, в фильтрационных расчетах следует учитывать нелинейную зависимость между скоростью фильтрации ( $V$ ) и гидравлическим градиентом ( $I$ ).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Адзерихо С. Я. О коэффициенте фильтрации в торфе. — Сб. науч. работ. Минск: Бел. гос. ун-т, 1958, вып. 9, с. 275—279. [2]. Бондаренко Н. Ф., Данченко О. И., Коваленко Н. П. Исследование природы неустойчивости фильтрационного потока в торфах. — Почвоведение, 1975, № 10, с. 137—140. [3]. Брусиловский Ш. И. Применение закона Дарси к расчетам фильтрации воды в торфяных грунтах. — В кн.: Мелиорация и использование осушенных земель. Минск: Урожай, 1967, т. 15, с. 68—84. [4]. Винокуров Ф. А., Тетеркин А. Е., Питерман М. А. Строительные свойства торфяных грунтов. — Минск: АН БССР, 1962. [5]. Волярович М. П., Гамаюнов Н. И., Пантелей К. С. Изменение структуры торфа при фильтрации водных растворов кислот и солей. — Коллоидн. журн., 1970, т. 32, вып. 5, с. 672—677. [6]. Волярович М. П., Горавский М. А., Чураев Н. В. Влияние состава дисперсионной среды на фильтрацию в торфах. — Коллоидн. журн., 1964, т. 26, вып. 1, с. 22—27. [7]. Головач А. А. Влияние градиента напора на изменение пористой структуры и водных свойств верховых мало-разложившихся торфов. — В кн.: Конференция молодых ученых. Ч. 1. Гидротехника и мелиорация торфяных почв. Минск: БелНИИ мелиорации и водного хозяйства, 1969, с. 205—211. [8]. Ковальчук П. С. Влияние гидравлических градиентов на водопроницаемость торфа нарушенной структуры. — Сб. науч. работ. Минск: АН БССР, 1952, вып. 4, с. 77—88. [9]. Кот Н. А., Бакшанский В. И., Нашкевич Н. С. Газовыделение из затопленного монолита торфа. — В кн.: Физические, технологические и химические свойства торфа. Минск: Наука и техника, 1973, с. 39—40. [10]. Лундин К. П. Водные свойства торфяной залежи. — Минск: Урожай, 1964. — 211 с. [11]. Молкин Г. С. Основные вопросы всплывания торфа. — В кн.: Природа болот и методы их исследований. Л.: Наука, 1967, с. 223—226. [12]. Пантелей К. С. Исследование фильтрационно-компрессионных свойств торфяных грунтов. — В кн.: Гидротехника, мелиорация и использование осушенных земель. Минск, 1968, с. 117—125. [13]. Чураев Н. В. Влияние структурообразовательных процессов на фильтрацию воды в дисперсных системах. — Коллоидн. журн., 1963, т. 25, вып. 6, с. 718—721.

Поступила 27 мая 1980 г.

УДК 629.114.3

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ХЛЫСТОВ ПРИ КРУЧЕНИИ

А. А. БОЙКО, Н. И. БИБЛЮК, И. Л. МИРЕЦКИЙ

Львовский лесотехнический институт

При теоретических исследованиях колебаний лесотранспортных машин необходимо знать колебательные характеристики пакета хлыстов. Основная из них — жесткость поперечного сечения, определяемая как произведение модуля упругости древесины на момент инерции сечения.

Установлено [6], что на модуль упругости древесины существенное влияние оказывает масштабный фактор (размеры образца), в связи с чем не представляется возможным выполнить условия подобия по всем определяющим параметрам. Поэтому прямое использование результатов определения модулей упругости, полученных по методикам, принятым в древесиноведении (на чистых образцах малых размеров), для исследования динамики реальных хлыстов с присущими им пороками, влажностью, размерами и т. п., может привести к существенным ошибкам. Сказанное подтверждается известными исследованиями модуля упругости древесины хлыстов при изгибе без нарушения их целостности [3, 4]. Но в литературе до сих пор нет сведений об изучении модуля упругости древесины цельных хлыстов на кручение.

Задача данного исследования — разработка методики и экспериментальное определение модуля упругости древесины по длине хлыста при кручении без нарушения его целостности.

Для определенного участка ствола дерева закономерность изменения физико-механических свойств соответствует схеме цилиндрической анизотропии с тремя плоскостями симметрии: поперечной, радиальной и тангенциальной [6].

Поскольку модули упругости кручения в радиальной и тангенциальной плоскостях различаются мало, древесину хлыстов можно рассматривать как материал поперечно-изотропный и модуль упругости при кручении определять по «изотропной» формуле [1].

Рассмотрим хлыст как брус переменного по длине сечения, жестко закрепленный одним концом и нагруженный крутящим моментом (рис. 1).

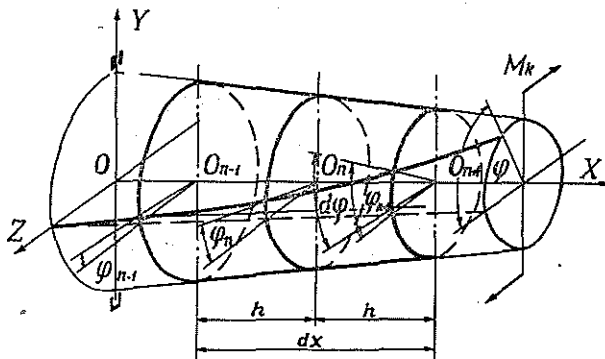


Рис. 1. Расчетная схема упругих перемещений хлыста при нагружении крутящим моментом.

Полагая, что перемещения сечений хлыста малы и для него справедливы принцип независимости действия сил и гипотеза плоских сечений, запишем уравнение упругих перемещений в виде:

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{M_k}{G(x) I_p(x)}, \quad (1)$$

где  $\varphi$  — угол закручивания хлыста;  
 $x$  — абсцисса центра тяжести сечения хлыста;  
 $M_k$  — крутящий момент;  
 $G(x)$  — модуль упругости при кручении, переменный по длине хлыста;

$I_p(x) = \frac{\pi D^4(x)}{32}$  — полярный момент инерции поперечного сечения;  
 $D(x)$  — диаметр поперечного сечения хлыста.

Под действием момента  $M_k$  хлыст закручивается на угол  $\varphi$ . Для  $n$ -го сечения хлыста угол  $\varphi$  зависит от изменения жесткости хлыста по его длине.

Угол относительного смещения двух сечений хлыста на расстоянии  $d(x)$  — рис. 1 — определяется уравнением

$$\varphi_{n+1} - \varphi_{n-1} = \int_{x_{n-1}}^{x_{n+1}} \frac{M_k dx}{G(x) I_p(x)}. \quad (2)$$

Так как жесткость хлыста изменяется по его длине и правая часть уравнения (2) не может быть выражена через элементарные функции, то целесообразно применить конечно-разностный метод [4]. Учитывая, что функция  $f(x) = 1/G(x)I_p(x)$  непрерывна по длине хлыста, согласно формуле Симпсона, уравнение (2) представим в виде:

$$\varphi_{n+1} - \varphi_{n-1} = \frac{M_k h}{3} \left( \frac{1}{G_{n-1} I_{p(n-1)}} + \frac{4}{G_n I_{pn}} + \frac{1}{G_{n+1} I_{p(n+1)}} \right); \quad (3)$$

Допустим, что на участке  $2h$  модуль  $G(x)$  изменяется незначительно. Тогда из уравнения (3) получим выражение для вычисления модуля упругости при кручении:

$$G_n = \frac{M_k h}{3(\varphi_{n+1} - \varphi_{n-1})} \left( \frac{1}{I_{p(n-1)}} + \frac{4}{I_{pn}} + \frac{1}{I_{p(n+1)}} \right). \quad (4)$$

Таким образом, для определения среднего значения модуля упругости при кручении на элементе хлыста длиной  $2h$  достаточно знать диаметры поперечного сечения хлыста и углы их относительного смещения от приложенного крутящего момента.

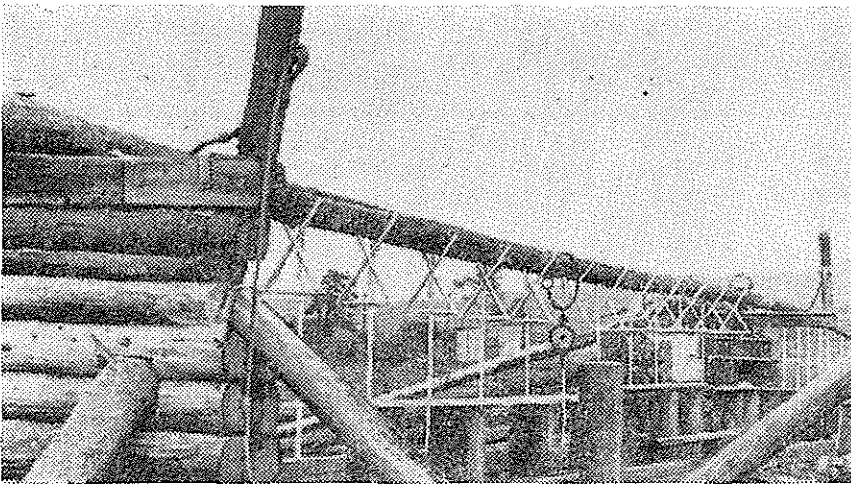


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки.

Экспериментальные исследования по определению модуля упругости древесины хлыстов при кручении с использованием изложенной методики проводили летом 1979 г. на установке (рис. 2), смонтированной на территории Славского ЛХЗ Львовской области. Схема закрепления и нагружения хлыстов соответствовала расчетной (рис. 1).

Из 69 хлыстов карпатской ели при помощи таблицы случайных чисел [5] были выбраны 5 хлыстов диаметром на высоте груди 24—32 см и длиной 24—26 м. Режим нагрузки и условия регистрации результатов измерений (шаг аппроксимации  $h$ , число замеров, темп приложения нагрузки) были приняты в соответствии с методикой, изложенной в работе [2]. При этом диаметры поперечных сечений (с интервалом 1 м по длине хлыста) определяли по периметру, который измеряли гибкой лентой, а угловые смещения сечений находили при помощи специальных угломеров с ценой деления 10'. Усилия, создающие закручивающий момент, прикладывали в плоскости промежуточной опоры и регистрировали динамометрами растяжения ДУ-200, ДУ-500.

На рис. 3 представлены результаты определения модуля упругости в различных сечениях хлыстов в зависимости от отношения расстояния  $x$  к полной длине хлыста  $L$ .

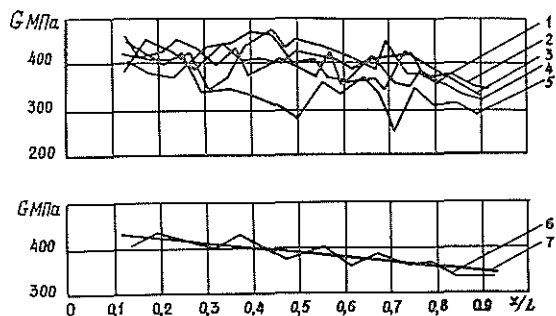


Рис. 3. Результаты экспериментального определения модуля упругости при кручении по длине хлыста.

1 — хлыст № 34; 2 — хлыст № 28; 3 — хлыст № 6; 4 — хлыст № 47;  
5 — хлыст № 15; 6 — средние значения; 7 — график корреляционного уравнения.

Результаты экспериментальных исследований обрабатывали методами математической статистики [5]. Было установлено, что ряд распределения модуля упругости карпатской ели при кручении хорошо аппроксимируется кривой нормального распределения (критерий согласия Пирсона  $P(\chi^2) > 0,5$ ). Показатель точности исследований составил 1,07 %. Ряд распределения модуля упругости при кручении имеет следующие статистические характеристики: среднее значение —  $(387,69 \pm \pm 4,12)$  МПа; среднее квадратичное отклонение  $(40,81 \pm 2,94)$  МПа; коэффициент вариации —  $(10,52 \pm 0,75)$  %; мера косости —  $(0,52 \pm \pm 0,25)$ ; мера крутости —  $(0,309 \pm 0,50)$ .

Закон изменения модуля упругости по длине хлыста установлен с помощью чисел Чебышева в виде корреляционного уравнения

$$G\left(\frac{x}{L}\right) = 433,4 - 93,4 \frac{x}{L} \text{ МПа}$$

с основной ошибкой 12,56 МПа. При этом теоретический показатель тесноты связи составил  $\eta_r = 0,523$ .

Полученные значения величины и характера изменения модуля упругости по длине хлыста для карпатской ели могут быть использованы при аналитических исследованиях статике и динамики хлыстов (пакетов) как объекта работы лесозаготовительных, лесотранспортных и нижнескладских машин и механизмов.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ашкенази Е. К. Анизотропия древесины и древесных материалов. — М.: Лесн. пром-сть, 1978. [2]. Билык Б. В., Перетятко Б. Т. К вопросу о методике определения модуля упругости древесины хлыстов как объекта транспортирования. — В. кн.: Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность. Киев: Будівельник, 1974, вып. 4, с. 17—21. [3]. Коротяев Л. В. Исследование прогиба хлыстов при трелевке. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1978, № 6, с. 42—49. [4]. Микеладзе Ш. Е. Некоторые задачи строительной механики. — М.—Л.: ОГИЗ — Гостехиздат, 1948. [5]. Митропольский А. К. Элементы математической статистики. — Л., 1969. [6]. Соболев Ю. С. Древесина как конструкционный материал. — М.: Лесн. пром-сть, 1979.

---

Поступила 23 марта 1981 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 630\*323

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПИЛЬНЫХ УЗЛОВ  
СЛЕШЕРНОЙ УСТАНОВКИ

Г. С. МИРОНОВ, В. И. КОНДРАТЬЕВ

Сибирский технологический институт

Одна из основных задач, связанных с расчетом параметров многопильной раскряжевочной установки слешерного типа, — выбор мощности электропривода пил. Известные методики расчетов не отражают специфики условий раскряжевки непрерывно перемещающегося хлыста. Имеющиеся работы теоретического характера не подтверждены опытными исследованиями, особенно для условий крупномерного леса, характерного для районов Сибири и Дальнего Востока, где наиболее экономически эффективны линии с поперечной подачей.

Для определения некоторых характерных явлений, возникающих при раскряжевке хлыстов на слешере, проведены экспериментальные исследования работы пильных узлов. Прежде всего разработан и установлен на слешере привод пил, способный обеспечить полную передачу больших величин крутящего момента от электродвигателя большой мощности к пильному диску [4].

Основная цель работы — найти максимальную мощность при пилении хлыстов разных диаметров (объемов) наиболее загруженным пильным блоком, где чаще всего возникает заклинивание пильного диска в суженном пропиле.

Исследования проводили в Б.-Муртинском леспромхозе Красноярского края [2] на слешере поточной линии СТИ-3, выпиливающим бревна длиной 13; 6,5 и 6 м пилами, расположенными по схеме «углом вперед». На основании ранее проведенных наблюдений за работой слешера установлено, что почти половина заклиниваний пильных дисков приходится на пилу, выполняющую первый пропил в средней части хлыста [3], и что порода древесины не оказывает существенного влияния на число заклиниваний.

Методика предполагала подготовку пильных узлов согласно требованиям ГОСТа, установку измерительной аппаратуры, определение необходимого числа замеров.

Активную мощность, развиваемую электродвигателем привода дисковой пилы, записывали с помощью осциллографа Н-117. Для этого использовали преобразователь мощности П004, подключаемый в силовую цепь электродвигателя через трансформатор тока УТТ-5 и трансформаторы напряжения УТН-1. Возникающий на выходе преобразователя постоянный ток прямо пропорционален мгновенному значению активной мощности трехфазной цепи переменного тока измеряемой системы.

Скорость вращения диска пилы в процессе пиления хлыста измеряли посредством тахогенератора, выходной ток которого зависит от оборотов ротора, кинематически связанного с пильным валом. Сигнал от тахогенератора через выпрямитель и блок потенциометров подавался на вход осциллографа.

К измеряемым параметрам хлыстов относили объем ствола, длину, диаметр в месте распиливания (на расстоянии 13 м от комля). Измерения проводили на эстакаде поперечного транспортера ЛТ-53. На обмеренном хлысте в комлевой части ставили порядковый номер, и полученные данные заносили в специальный журнал.

Исследования проводили в зимний период при температуре воздуха ниже  $-22^{\circ}\text{C}$ . Результаты обрабатывали с применением ЭВМ «Наирн-К».

На рис. 1 изображены фрагменты осциллограмм, показывающие изменения исследуемых параметров (угловой скорости пильного диска и активной мощности пиления) по мере увеличения диаметра ствола в месте пропила. В табл. 1 приведены количественные показатели процесса пиления для этих осциллограмм.



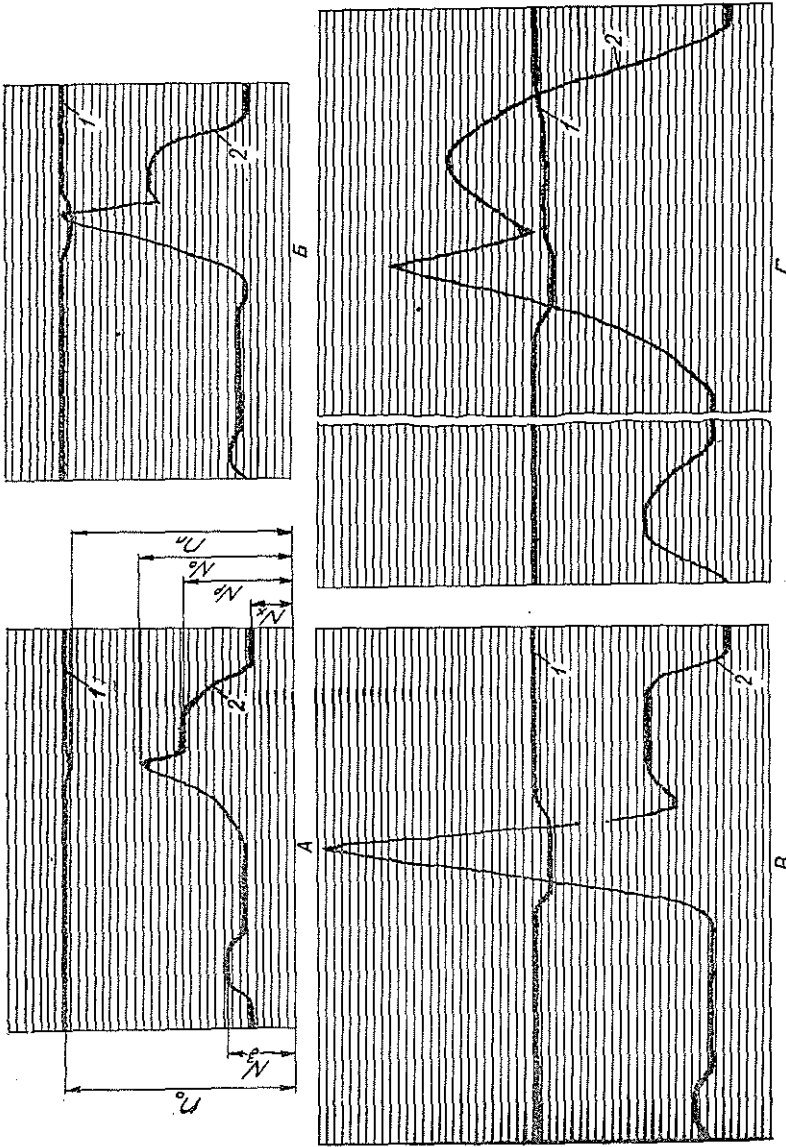


Рис. 1. Фрагменты осциллограмм.

1 — изменение угловой скорости пыльного диска; 2 — изменение активной мощности пыления;  
 $N_0$  — мощность холостого хода электродвигателя;  $N_p$  — мощность чистого пыления;  $N_0$  — пиковая мощность;  $N_3$  — мощность пыления обратной стороной пыльного диска;  $n_0$  — обороты пыльного вала;  $n_3$  — минимальные обороты пыльного вала.

Таблица 1

Параметр	Единица измерения	Численные значения параметра для фрагмента осциллограммы			
		А	Б	В	Г
$d$	см	12	24	28	40
$V$	м <sup>3</sup>	0,49	0,54	0,99	2,38
$N_0$	кВт	19,98	31,32	58,32	52,11
$N_p$	—	14,58	17,82	17,55	44,01
$K_0 = N_0/N_p$	—	1,37	1,78	3,32	1,18
$N_3$	кВт	9,72	8,04	11,07	17,60
$K_3 = N_3/N_p$	—	0,67	0,51	0,63	0,40
$n_{п}$	об/мин	725	710	680	700

Полученные записи показывают, что изменение мощности характеризуется тремя основными периодами:

пиление хлыста без смещения образуемых отрезков ствола (условно можно назвать чистым пилением);

бросок мощности, особенно заметный для диаметров хлыста более 20 см в месте пропила;

пиление обратной стороной пильного диска смещенных отрезков хлыста.

При статистической обработке данных эксперимента определено уравнение регрессии, показывающее зависимость изменения мощности чистого пиления  $N_p$  от диаметра в месте пропила  $d$ :

$$N_p = 15,62 - 0,27d + 0,023d^2. \quad (1)$$

Эта кривая с достаточной точностью описывает изменения мощности пиления без смещения образуемых отрезков ствола. На рис. 2 показана кривая  $N_p$ , построенная по уравнению (1), и прямая  $I$ , построенная расчетным путем по формуле, предложенной Б. Г. Залегаллером [1] для условий, аналогичных условиям эксперимента (скорость подачи  $U = 0,19$  м/с; ширина пропила  $b = 8$  мм; подача на зуб  $U_z = 0,21$  мм; поправочный коэффициент на низкую температуру  $\alpha_t = 1,5$ ; коэффициент затупления зубьев  $\alpha_p = 1,1$ ), с учетом потерь в механической передаче. Сравнивая расчетные значения мощности с опытными данными, можно отметить их идентичность. Некоторые отличия расчетных значений, изменяющихся по линейному закону, объясняются нелинейным изменением высоты пропила для каждой из ступеней толщины хлыста.

По осциллограммам определены наибольшие значения мощности для каждой из ступеней толщины. В результате статистической обработки выведены средние значения пиковых мощностей для разных диаметров в месте пропила и подобрано уравнение регрессии, показывающее зависимость между пиковой мощностью  $N_0$  и диаметром в месте пропила  $d$ :

$$N_0 = -17 + 3,42d - 0,042d^2. \quad (2)$$

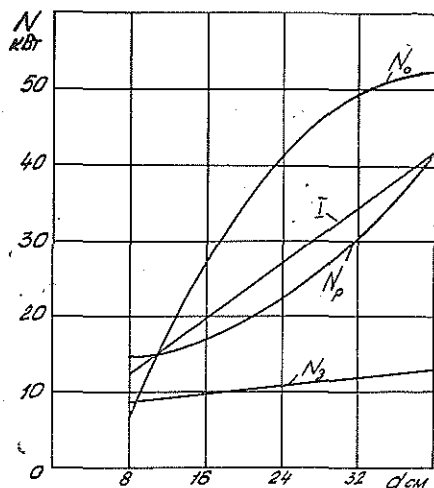


Рис. 2.

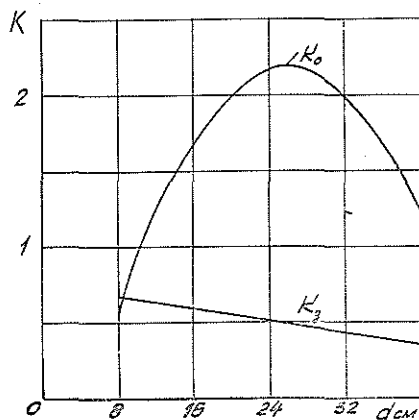


Рис. 3.

Из анализа выражения (2), а также по характеру кривой  $N_0$  (рис. 2) можно заметить, что пиковые нагрузки интенсивно возрастают до диаметра  $d = 40$  см, где отмечается максимум  $N_0 = 52,6$  кВт.

Исследования позволили выявить закономерность изменения отношения пиковой мощности  $N_0$  к мощности чистого пиления  $N_p$ . Для каждого диаметра определен коэффициент  $K_0 = N_0/N_p$  и составлено уравнение регрессии

$$K_0 = -1,17 + 0,26d - 0,005d^2. \quad (3)$$

На рис. 3 показана кривая  $K_0 = f(d)$ . Коэффициент  $K_0$  достигает наибольшего значения при  $d = 24-28$  см и в точке максимума равен 2,21. Экспериментальные исследования позволили определить мощностные параметры такого специфического для раскряжевки на слесере явления, как пиление обратной стороной пильного диска в условиях смещения отрезков хлыста. Уравнение регрессии, связывающее мощность пиления  $N_3$  при выходе отрезков ствола за зону пильного диска и диаметр хлыста  $d$ , имеет следующий вид:

$$N_3 = 7,54 + 0,14d. \quad (4)$$

Как видно из выражения (4), изменение мощности имеет линейный характер, значения  $N_3$  в процессе эксперимента изменялись от 9,0 до 16 кВт. На рис. 2 дана графическая интерпретация функции  $N_3 = f(d)$ . Определено отношение  $K_3 = N_3/N_p$  и получено уравнение регрессии (рис. 3)

$$K_3 = 0,76 - 0,01d. \quad (5)$$

В табл. 2 сведены статистические характеристики уравнений регрессии (1)–(5).

Таблица 2

Функция	Статистический показатель			
	$\pm\sigma$	$\pm m$	$v\%$	$p\%$
$N_0=f(d)$	5,66	1,89	15,55	5,18
$N_p=f(d)$	3,03	1,01	13,0	4,34
$N_3=f(d)$	1,62	0,54	14,82	4,94
$K_0=f(d)$	0,42	0,14	26,9	8,98
$K_3=f(d)$	0,051	0,017	10,02	3,37

Проведенные нами экспериментальные исследования позволили получить полную картину процесса изменения активной мощности пиления в условиях раскряжевки хлыстов на слесере. Определены количественные значения показателей: пиковой мощности, необходимой для преодоления сил повышенного трения в условиях суженного пропила, а также мощности пиления обратной стороной пильного диска. Найденный опытным путем коэффициент  $K_0$  отношения пиковой мощности к мощности чистого пиления, вводимый в известные формулы для определения параметров приводов пил слесера, позволит подобрать оптимальную мощность электродвигателя, обеспечивающую стабильную работу без заклиниваний пильного диска.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Залегаллер Б. Г. Расчет пильных механизмов раскряжевочных установок. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. [2]. Кондратьев В. И., Дегерменджи Г. А., Миронов Г. С. Слесерные линии на раскряжевке хлыстов. — М.: Лесн. пром-сть, 1979. [3]. Миронов Г. С. Анализ работы пильных узлов слесера. —

Реф. информ., 1979, № 16 (ВНИПИЭИлеспром, Лесозэксплуатация и лесосплав). [4].  
Миронов Г. С., Рудковский Ю. Н., Матус В. М. Жесткий привод пил  
слешера. — Реф. информ., 1980, № 11 (ВНИПИЭИлеспром, Лесозэксплуатация и ле-  
сосплав).

Поступила 20 ноября 1980 г.

УДК 621.933.6

## КОНТРОЛЬ НАТЯЖЕНИЯ РАМНЫХ ПИЛ ПО ЧАСТОТЕ ИХ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ

В. В. ДУНАЕВА

Архангельский лесотехнический институт

Во многих отраслях народного хозяйства, например в строительстве, контроль натяжения стержней, канатов, струн осуществляется по частоте их изгибных колебаний на основе следующей зависимости:

$$f = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{N}{m}}, \quad (1)$$

где  $f$  — частота собственных изгибных колебаний упругого объекта;

$n$  — номер гармоники этой частоты по отношению к основной частоте;

$N$  — сила натяжения объекта;

$l$  — длина объекта;

$m$  — масса единицы длины объекта.

Для такого вида контроля разработаны и серийно выпускаются приборы [2] ИПН-6, ИНА-3, ИНА-5П, ЭСИН-1Д. Однако ни один из этих приборов по ряду причин не нашел применения в лесопильно-деревообрабатывающей промышленности.

Во-первых, рамная пила представляет собой узкую полосу, в которой возбуждаются как изгибные, так и крутильные колебания. Однако только частоты изгибных колебаний являются характеристикой сил натяжения пил. При применяемых силах натяжения частоты крутильных колебаний находятся в пределах изменения частот изгибных колебаний. В указанных приборах не предусмотрена отстройка от крутильных колебаний.

Во-вторых, эти приборы измеряют частоту колебаний не только основного тона, но и его гармоник; необходимо определять гармоники, что является дополнительной операцией.

Указанные недостатки устранены в приборе контроля натяжения рамных пил ИПН-1, разработанном в ЦНИИМОДе под руководством автора этой статьи. Этот прибор измеряет частоту изгибных колебаний основного тона рамной пилы, натянутой в пильной рамке. При увеличении (уменьшении) силы натяжения пилы показания прибора плавно возрастают (снижаются), что позволяет использовать его для контроля непосредственно в процессе натяжения пил.

Измеренные прибором ИПН-1 частоты сравнивают с их нормативными значениями, рассчитанными по допустимым напряжениям. Теоретически зависимость между частотой изгибных собственных колебаний пилы основного тона  $F$  и силой ее натяжения  $N$  выражается следующей формулой [1, 3]:

$$F = \frac{\pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m} \left(1 + \frac{Nl^2}{\pi^2 EI}\right)}, \quad (2)$$

где  $EI$  — жесткость пилы на изгиб.

Рамная пила длиной  $L$  при обжиме ее межпильными прокладками рассматривается как шарнирно закрепленная полоса прямоугольного сечения со свободной длиной  $l$ .

Допустимое значение силы натяжения  $[N]$  определяем по формуле

$$[N] = [\sigma]_{\text{ср}} sb. \quad (3)$$

Здесь  $s$  — толщина пилы;

$b$  — ширина пилы;

$[\sigma]_{\text{ср}}$  — среднее допустимое напряжение.

Значение  $[\sigma]_{\text{ср}}$  принято равным 180 МПа. Оно соответствует пределу прочности стали 85ХФ — 1,6ГПа, коэффициенту запаса прочности — 5, относительному эксцентриситету линии натяжения —  $0,1 \div 0,2$ .

Поскольку

$$FI = \frac{Ebs^3}{12}$$

и

$$m = \rho bs$$

(где  $\rho$  — плотность единицы длины пилы),

то

$$F = \frac{\pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{Es^2}{12\rho} \left(1 + \frac{12[\sigma]_{\text{ср}} l^2}{\pi^2 Es^2}\right)}. \quad (4)$$

Следовательно, частоты изгибных колебаний рамной пилы не зависят от ее ширины.

Расчеты частот по формуле (2) показали, что при постоянной свободной длине пил для всех их толщин, предусмотренных ГОСТом 5524—75 «Пилы для вертикальных лесопильных рам», частоты изгибных колебаний пил отличаются менее чем на 4 %.

На основе этих положений составлена таблица нормативных значений частот изгибных колебаний (основного тона) рамных пил при натяжении их силами  $[N]$ .

Свободная длина пилы, мм	Нормативная частота изгибных колебаний пилы основного тона, Гц	Свободная длина пилы, мм	Нормативная частота изгибных колебаний пилы основного тона, Гц
900	$85 \pm 6$	1250	$60 \pm 3$
1000	$75 \pm 4$	1300	$58 \pm 3$
1100	$70 \pm 4$	1400	$55 \pm 3$
1150	$65 \pm 3$	1500	$50 \pm 3$
1200	$63 \pm 3$	1600	$47 \pm 2$

Поскольку частоты изгибных собственных колебаний натянутых рамных пил зависят также от шага и числа зубьев, начального напряженного состояния пил и условий их установки в пильную рамку (эксцентриситета, уклона, расположения межпильных прокладок), то нами проведены экспериментальные исследования по оценке влияния этих факторов на нормативные значения частот.

Все линейные размеры, кроме толщины пилы и прогиба ее, измеряли линейкой с миллиметровыми делениями, толщину пилы — микрометром, силу натяжения — динамометром ДС-5. Начальное напряженное состояние пилы оценивали по прогибу ее при изгибе по дуге радиуса  $R = 1,75$  м. Прогиб измеряли линейкой с индикатором часового типа (для проверки степени вальцевания рамных пил), частоту изгибных собственных колебаний основного тона натянутой рамной пилы — с помощью прибора ИНП-1. Пределы изменения переменных выбирали в соответствии с режимом РИ 01—00 «Подготовка рамных пил» и ГОСТом 5524—75.

В результате экспериментов установлено:

коэффициент корреляции сил натяжения пил и частот их изгибных колебаний основного тона равен 0,99;

при изменении начального напряженного состояния рамных пил на 45 % значения частот изгибных колебаний натянутых пил не меняются;

влияние эксцентриситета линии натяжения на частоты не превышает 5 %;

с уменьшением ширины полотна на 18 мм частоты увеличиваются на 1,3 % вследствие возрастания среднего напряжения за счет уменьшения поперечного сечения пилы;

смещение прокладок по ширине пилы до 30 % от ширины не оказывает влияния на частоты;

при изменении шага зубьев от 32 до 52 мм с соответственным уменьшением числа зубьев от 30 до 18 значения частот меняются не более чем на 4 %; это объясняется различным распределением напряжений по ширине пилы: коэффициент концентрации напряжений на границе межзубной впадины у пилы с меньшим шагом больше, поэтому средние напряжения и частоты у такой пилы больше.

Результаты показали, что расчетные и экспериментальные частоты изгибных колебаний натянутых рамных пил отличаются не более чем на 5 % при силах натяжения  $(3 \div 5) \cdot 10^4$  Н, эксцентриситете линии натяжения 0,1—0,2. В эти 5 % входят и отклонения, вызванные принятыми допущениями при выводе расчетной формулы.

Экспериментальные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1) частоты изгибных колебаний натянутых рамных пил при натяжении их силами, согласно режиму РИ 01—00, почти линейно зависят от силы натяжения и могут служить характеристикой последних;

2) прибор ИНП-1 с достаточной для производственных условий точностью ( $\pm 5$  %) позволяет измерять частоты изгибных собственных колебаний основного тона натянутых рамных пил;

3) предлагаемые нормативные значения частот достаточно стабильны ( $\pm 5$  %) относительно возможных в производственных условиях отклонений в начальном напряженном состоянии пил, в их геометрических размерах, в условиях установки пил в пыльную рамку. Более подробное составление таблицы не требуется.

Нормативные значения частот рассчитаны по критерию прочности, сводящему до минимума возможность обрыва натянутых пил. В производственных условиях конечной оценкой является качество пилопродукции.

В связи с этим сравнены нормативные частоты с частотами пил в пыльной рамке, натянутых рамками в зимних условиях, на двух лесопильных комбинатах г. Архангельска (ЛДК № 2 и ЭПЗ «Красный Октябрь»). Общее число наблюдений — 100.

Результаты сравнения таковы: 29 % пил имели частоты, близкие к нормативным (отклонение не превышало 5 %), 15 % — ниже нормативных и остальные 56 % пил — выше нормативных, причем превышение достигало 40 %. Зарегистрирован обрыв полотна пилы в случае, когда частота ее была выше нормативной.

Все это говорит о необходимости контроля натяжения рамных пил в пильной рамке.

Производственная проверка нормативных частот и работы прибора ИМП-1 показала следующее.

1. Предлагаемые расчетные значения частот могут действительно служить нормативными для контроля натяжения рамных пил в зимних условиях (для летних условий рекомендуются несколько повышенные частоты).

2. Показания прибора ИМП-1 не зависят от внешних воздействий, например, вибраций от соседних работающих лесопильных рам.

3. Контроль натяжения не требует увеличения времени, отводимого на перебивку пил; натяжение 8 пил поставка контролируется не более чем за 1,5 мин.

4. Для эксплуатации прибора не требуется высокой квалификации обслуживающего персонала.

Расчетный годовой экономический эффект от применения прибора на предприятиях Минлеспроба СССР составляет 2,6 млн. р. Он определяется прежде всего улучшением использования оборудования за счет уменьшения внутрисменных простоев (на 5 тыс. рамо-ч) в результате того, что сводят до минимума обрыв полотен пил. Это влечет за собой увеличение производительности рамных потоков (на 0,033 %), снижение себестоимости продукции (на 0,02 р. на 1 м<sup>3</sup> пиломатериалов), увеличение объема производства пиломатериалов при сохранении производственных мощностей (стоимость дополнительной продукции составит около 2 млн. р.), сокращение расхода рамных пил (на 42,6 тыс. шт.).

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Дерягин Р. В., Сидорков В. М. Экспериментальная установка для исследования частот собственных колебаний и прогибов рамных пил. — В кн.: Науч. тр. Архангельск: ЦНИИМОД, 1969, вып. 23, с. 208—211. [2]. Контроль натяжения арматуры предварительно напряженных конструкций: Справ. пособие/ Под ред. Н. М. Богина. — М.: Стройиздат, 1976. — 96 с. [3]. Санников А. А. Применение прибора ИНА-3 для контроля натяжения рамных пил по частоте их собственных колебаний. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1968, № 3, с. 77—80.

Поступила 14 ноября 1980 г.

УДК 630\*812.7

## О ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

Ю. М. ИВАНОВ

ЦНИИ строительных конструкций

В опубликованной недавно в Канаде статье Барретта и Фоши [8] на основании помещенных в «Лесном журнале» данных Н. Л. Леонтьева [4] и Ю. М. Иванова [3] сделаны выводы, не соответствующие содержащимся в статьях [3, 4] экспериментальным материалам и результатам их анализа. Ввиду того, что искажения, допущенные Барреттом и Фоши, имеют принципиальное значение для дальнейшей разработки проблемы длительной прочности древесины, мы приводим ряд возражений по этому вопросу.

1. В статье [8] приведены данные Леонтьева [4] о длительных испытаниях образцов древесины ели на скалывание вдоль волокон, но отсутствуют данные того же автора [5] о таких же испытаниях на изгиб, проводившихся при тех же уровнях напряжений, одновременно

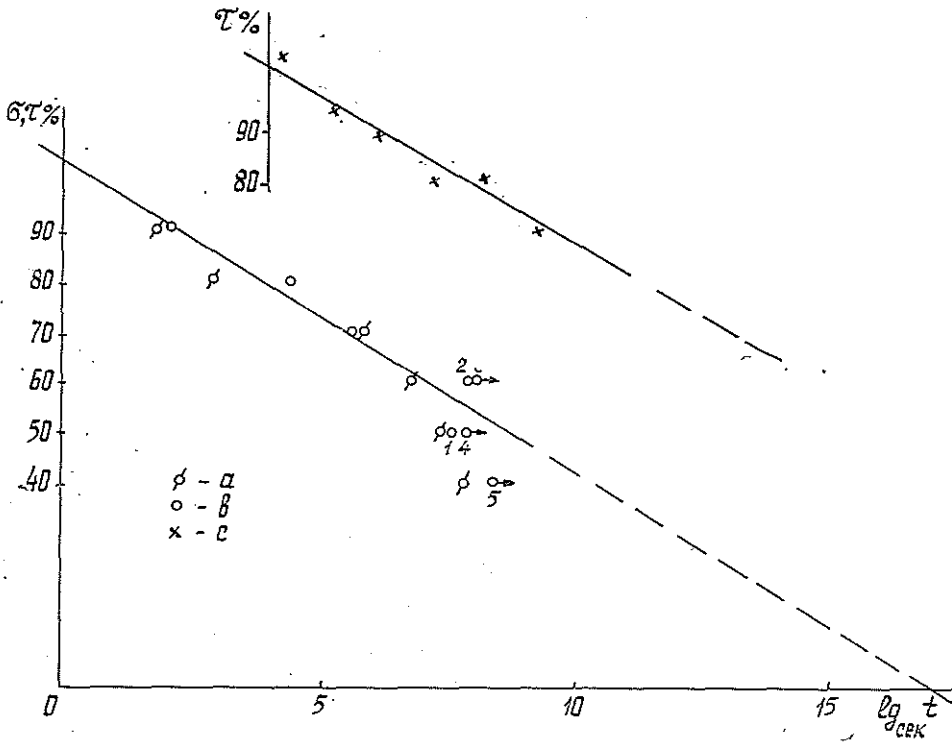


Рис. 1. Результаты испытаний.

$a$  — длительной нагрузкой древесины ели на скалывание вдоль волокон [4] и  $\sigma$  — на изгиб [5];  
 $c$  — ступенчатой нагрузкой древесины лжетсуги тиссолистной на сдвиг (после приведения  $t_1$  к  $t$ ) [10].

в том же лабораторном помещении. Сопоставление результатов обоих испытаний особенно важно потому, что результаты длительных испытаний на изгиб существенно отличаются от приведенных в статье Барретта и Фоши [8]; данные тех и других нанесены нами на рис. 1,  $a$ ,  $\sigma$  и проведена прямая длительной прочности древесины [2, 3] по уравнению:

$$\lg t = 17,1 - 0,166\sigma, \quad (1)$$

где  $\sigma$  — напряжение, % к временному сопротивлению  $\sigma_{ар}$  при  $\lg_{сек} t = -0,290$ .

Из рис. 1,  $a$  видно отклонение вниз от прямой (1) опытных точек для скалывания, которое указывает на укороченное время до разрушения у этих образцов, отмеченное Барреттом и Фоши [8], тогда как при тех же уровнях напряжения образцы на изгиб (рис. 1,  $\sigma$ ) не разрушились: для  $\sigma = 50\%$  — из 5 не разрушились 4 (показаны стрелкой и цифрой 4); для  $\sigma = 40\%$  — все 5 образцов не разрушились (показаны стрелкой и цифрой 5), хотя находились под неизменным действием напряжения в течение  $8,24 \cdot 10^4$  ч ( $\lg_{час} t = 4,916$  на рис. 2) или 9,4 года.

Следовательно, подчеркиваемое Барреттом и Фоши [8] укорочение времени до разрушения в результатах длительных испытаний на скалывание не подтверждается опубликованными позже (и возможно неизвестными авторам статьи [8]) результатами длительных испытаний на изгиб [5].



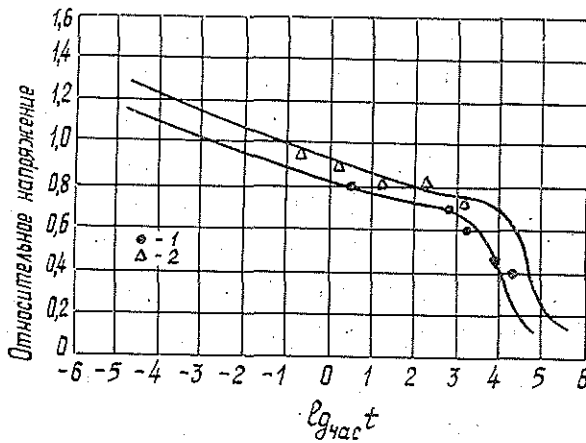


Рис. 2. Результаты испытаний древесины длительной [4] (1) и ступенчатой (2) нагрузкой (рис. 6 из работы [8]).

Полученные Леонтьевым [4] в частном случае данные длительных испытаний на скалывание малых чистых образцов, очевидно, не могут распространяться на работу древесины в конструкциях. С другой стороны, данные длительных испытаний на изгиб согласуются с прямой длительной прочностью древесины по уравнению (1) при указанной выше длительности нагрузки, обнаруживая необоснованность делаемого авторами статьи [8] общего вывода о каком-то «пороге разрушения» (creep rupture threshold), за которым якобы прогрессирует укорочение времени до разрушения. В действительности, согласно кинетической концепции прочности твердых тел [6], существует некоторый порог, но за ним происходит не уменьшение, а возрастание времени до разрушения, объясняемое тем, что при низких напряжениях (менее  $\sim 20\%$  от  $\sigma_{\text{вр}}$ ) доля актов восстановления валентных связей, ответственных за прочность, возрастает с уменьшением напряжения, уравниваясь с долей актов их распада и исключая вызываемое последним накопление повреждений [6].

2. На рис. 2 (в статье Барретта и Фоши [8] — это рис. 6), по данным испытаний Леонтьева [4] на скалывание, точки имеют в качестве абсцисс логарифмы времени до разрушения при неизменной нагрузке, а по данным испытаний Б. Мэдсена на сдвиг, абсциссы точек являются логарифмами общей продолжительности ступенчатого нагружения вплоть до момента разрушения. Следовательно, абсциссы точек для этих двух видов испытаний имеют разный масштаб времени. Оценим эту разницу.

Время до разрушения под действием постоянного напряжения  $\sigma$  определяется уравнением

$$t = Ae^{-\sigma\sigma}, \quad (2)$$

если исходить из молекулярного процесса накопления повреждений, как это, вопреки утверждению авторов статьи [8, с. 506], осуществляется в наших работах, начиная с 1972 г. [2].

При действии напряжения  $\sigma$  в течение промежутка времени  $\Delta t$  относительная доля уменьшения времени до разрушения составит  $\Delta t/Ae^{-\sigma\sigma}$ ; при непрерывном изменении напряжения в функции времени условие разрушения имеет вид [7, 1]:

$$\int_0^{t_p} \frac{dt}{t(\sigma)} = 1, \quad (3)$$

где  $t(\sigma) = A e^{-\alpha \sigma}$  (далее  $t_p$  обозначено через  $t$ ).

В случае испытания с постоянной скоростью роста напряжения  $\bar{\omega}$  из выражения (3) находят время до разрушения [1]

$$t = \frac{1}{\alpha \bar{\omega}}, \quad (4)$$

где  $\bar{\omega} = \frac{\sigma_{вр}}{t'_1}$ ;

$t'_1$  — продолжительность испытания при возрастании напряжения от 0 до  $\sigma_{вр}$  (см. также работу [9]);

на основании формул (1) и (4) можно перейти от  $t'_1$  к  $t$  по формуле

$$t = \frac{t'_1}{2,3(\lg A - \lg t)}, \quad (5)$$

решаемой последовательными приближениями (для древесины, согласно прямой (1) [3], при обычной температуре  $\lg A = 17,1$ ).

Ступенчатое нагружение при достаточном числе ступеней можно приближенно принять за непрерывное с постоянной средней скоростью. Для приводимого ниже примера выражение (5) можно упростить (с ошибкой  $\sim 3\%$ )

$$t \approx \frac{t'_1}{2,3 \cdot 17,1} \approx \frac{t'_1}{39,3}; \quad (6)$$

$$\lg t \approx \lg t'_1 - \lg 39,3 \approx \lg t'_1 - 1,594. \quad (7)$$

Следовательно, абсциссы  $\lg t'_1$  для ступенчатого нагружения должны быть уменьшены на 1,594 с целью приведения их к одному масштабу времени с  $\lg t$ . Для иллюстрации нами на рис. 1, с нанесены точки по данным испытаний Мэдсена [10] ступенчатым нагружением трубочатых образцов древесины лжетсуги тиссолистной на сдвиг при кручении (мы не располагали работой Мэдсена, по данным которой нанесены точки на рис. 6 в статье [8] с абсциссами  $\lg t'_1 - 1,594$ , которые размещаются близко к прямой по уравнению (1) (доверительный интервал  $\pm 5,59\%$  при доверительной вероятности 0,95), т. е. около прямой, построенной по точкам с абсциссами  $\lg t$  для неизменной длительной нагрузки (например при изгибе — рис. 1, в).

Таким образом, обособления результатов испытаний при ступенчатом нагружении от испытаний неизменной нагрузкой (какое принято в статье Барретта и Фоши [8]) фактически не наблюдается. Напротив, данные испытаний при обоих режимах нагружения (если их представить в одном масштабе времени) близко согласуются с прямой (1) при той величине отклонений, которая соответствует точности проведения прямой [2, 3], указывая на подчинение древесины уравнению (1) независимо от режима нагружения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Журков С. Н., Томашевский Э. Е. Временная зависимость прочности при различных режимах нагружения. — В кн.: Некоторые проблемы прочности твердых тел. — М.—Л.: АН СССР, 1959, с. 63—75. [2]. Иванов Ю. М. Длительная прочность древесины. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1972, № 4, с. 76—82. [3]. Иванов Ю. М. Влияние влажности на длительную прочность древесины. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1975, № 5, с. 90—97. [4]. Леонтьев Н. Л.

Длительное сопротивление древесины ели при скалывании вдоль волокон. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1961, № 4, с. 122—124. [5]. Леонтьев Н. Л. Исследование сопротивления древесины ели под длительным действием нагрузки. — В кн.: Вопросы стандартизации продукции лесозаготовок и испытаний древесины. — Химки: ЦНИИМЭ, 1967, вып. 84, с. 135—152. [6]. Регель В. Р., Слущкер А. И., Томашевский Э. Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. — М.: Наука, 1974. — 560 с. [7]. Bailey J. An attempt to correlate some tensile strength measurements of glass. — Glass Industry, 1939, vol. 20, N 3, p. 95—99. [8]. Barrett J. D., Foschi R. O. Duration of load and probability of failure of wood. Part 1. Modelling creep rupture. — Can. J. of Civil Engineering, 1978, vol. 5, N 4, p. 505—514. [9]. Иванов Ю. М. Evaluation of long-term bearing capacity of wood structures by their performance under short-time loading. — The First International Conference on Wood Fracture. Banff, Alberta, Canada, August 1978. [10]. Madsen B. Duration of load tests for dry lumber subjected to shear. — Forest Products J., 1975, vol. 25, N 10, p. 44—52.

Поступила 27 января 1981 г.

УДК 621.935

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ

Т. С. ИСУПОВА

Архангельский лесотехнический институт

Точность обработки сырья на ленточнопильных станках во многом определяется устойчивостью полотна ленточных пил. До настоящего времени критерием работоспособности ленточных пил считается критическая сила  $P_{кр}$ .

Известно, что усилие натяжения ленточной пилы периодически изменяется в процессе работы станка. Это позволяет предположить возможность возникновения параметрических колебаний ветвей полотна пилы, т. е. в данном случае можно говорить о динамической устойчивости упругого равновесия полотна ленточной пилы [1].

Существует целый спектр частот изменения внешней силы, при которых возможно параметрическое возбуждение колебаний ленточной пилы; в пространстве параметров эти значения заполняют сплошь некоторые области, которые называют областями динамической неустойчивости.

Рассмотрим расположение границ главной области динамической неустойчивости полотна ленточной пилы, нагруженного периодически изменяющейся продольной нагрузкой  $N(t)$ , приложенной с эксцентриситетом  $e_y$  в плоскости наибольшей жесткости, и поперечной на-

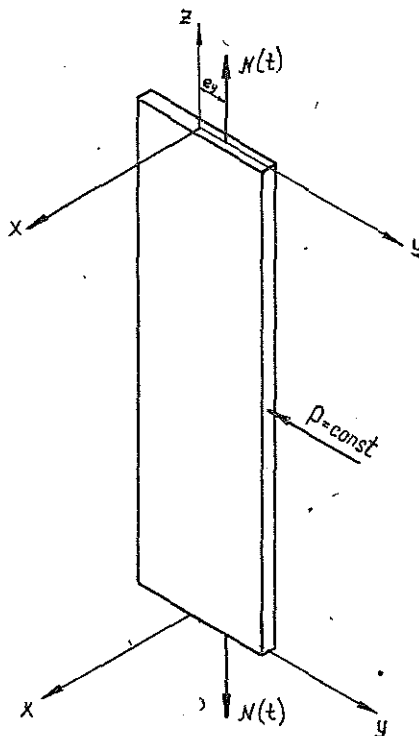


Рис. 1.

грузкой  $P = \text{const}$ , приложенной в плоскости наибольшей жесткости. Расчетная схема представлена на рис. 1.

Согласно работе [2], полотно ленточной пилы рассматриваем как тонкостенный стержень. Ось  $Oz$  направлена вдоль стержня, оси  $Ox$  и  $Oy$  совпадают с главными центральными осями инерции сечения. Считаем, что поперечное сечение ленточной пилы имеет форму прямоугольника. В этом случае координаты центра изгиба совпадают с координатами центра тяжести сечения. Уравнения колебаний полотна пилы [1, 2] имеют вид

$$\begin{aligned} m \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + EI_y \frac{\partial^4 u}{\partial z^4} - N(t) \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + e_y N(t) \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} - M_x \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} &= 0; \\ mr^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} - GI_d \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} - N(t) r^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} + e_y N(t) \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - M_x \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $u$  — перемещение центра сечения полотна ленточной пилы в направлении оси  $Ox$ ;

$\varphi$  — угол закручивания поперечного сечения;

$EI_y$  и  $GI_d$  — изгибная и крутильная жесткости сечения;

$e_y$  — эксцентриситет приложения продольной нагрузки;

$r$  — радиус инерции сечения;

$m$  — погонная масса полотна пилы;

$$M_x = P \frac{l}{2}.$$

Здесь  $P$  — поперечная сила, приложенная в плоскости наибольшей жесткости;

$l$  — расстояние между опорами (межцентровое расстояние).

Граничные условия принимаем эквивалентными шарнирному закреплению стержня по концам [3]

$$\begin{aligned} u(0, l) = \varphi(0, l) &= 0; \\ \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}(0, l) = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2}(0, l) &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Известно [1], что удовлетворить этим граничным условиям можно, положив

$$\begin{aligned} u(z, t) &= \sum_{k=1}^{\infty} U_k(t) \sin \frac{k\pi z}{l}; \\ \varphi(z, t) &= \sum_{k=1}^{\infty} \Phi_k(t) \sin \frac{k\pi z}{l}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $U_k, \Phi_k$  — некоторые функции времени.

Подстановка выражений (3) в формулы (1) приводит к дифференциальным уравнениям вида

$$\begin{aligned} m \frac{d^2 U_k}{dt^2} + EI_y \lambda^4 U_k + N(t) U_k \lambda^2 - \lambda^2 \Phi_k [N(t) e_y - M_x] &= 0; \\ mr^2 \frac{d^2 \Phi_k}{dt^2} + GI_d \lambda^2 \Phi_k + N(t) r^2 \lambda^2 \Phi_k - \lambda^2 U_k [N(t) e_y - M_x] &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь  $\lambda = \frac{k\pi}{l}$ .

Согласно работе [1], границы главных областей динамической неустойчивости можно определить из выражения:

$$\left| \bar{R}_k + \left( N_0 \pm \frac{1}{2} N_t \right) \lambda^2 \bar{S}_k - \frac{1}{4} m \Theta^2 \bar{F}_k \right| = 0,$$

где  $N_0$  — постоянная составляющая продольной нагрузки  $N(t)$ ;  
 $N_t$  — переменная составляющая продольной нагрузки  $N(t)$ ;  
 $\Theta$  — частота изменения возмущающей силы;

$$\bar{R}_k = \begin{vmatrix} EI_y \lambda^4 & \lambda^2 M_x \\ \lambda^2 M_x & GI_d \lambda^2 \end{vmatrix}; \quad \bar{F}_k = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & r^2 \end{vmatrix};$$

$$\bar{S}_k = \begin{vmatrix} 1 & -e_y \\ -e_y & r^2 \end{vmatrix}.$$

Обозначим, согласно работе [1],

$$N_x = \lambda^2 EI_y; \quad \omega_x = \lambda^2 \sqrt{\frac{EI_y}{m}}; \quad \omega_\varphi = \frac{\lambda}{r} \sqrt{\frac{GI_d}{m}};$$

$$\frac{N_0}{N_x} = \mu; \quad \frac{N_t}{2N_x} = \nu; \quad \frac{\Theta^2}{4\omega_x^2} = n^2; \quad \frac{\omega_x}{\omega_\varphi} = \gamma.$$

Здесь  $\omega_x$  и  $\omega_\varphi$  — парциальные частоты соответственно изгибных и крутильных колебаний;

тогда получим уравнение вида

$$\begin{vmatrix} 1 + (\mu \pm \nu) - n^2 & -(\mu \pm \nu) e_y + \frac{M_x}{N_x} \\ -(\mu \pm \nu) e_y + \frac{M_x}{N_x} \gamma \frac{1}{r^2} & 1 + (\mu \pm \nu) \gamma - n^2 \gamma \end{vmatrix} = 0. \quad (6)$$

Решая выражение (6) относительно  $n^2$  и принимая во внимание, что  $\Theta^2 = 4\omega_x^2 n^2$ , находим

$$\Theta = 2\omega_x \sqrt{(\mu \pm \nu) + \frac{1 + \gamma}{2\gamma}} \pm \sqrt{\frac{(\gamma - 1)^2}{4\gamma^2} - \left[ -(\mu \pm \nu)^2 \frac{e_y^2}{r^2} + 2 \frac{M_x}{N_x} \frac{e_y}{r^2} - \left( \frac{M_x}{N_x} \right)^2 \right] \frac{1}{r^2}}. \quad (7)$$

Полученное выражение (7) позволяет оценить граничные значения частот возмущающей силы. Результаты вычислений даны на рис. 2, 3.

Анализируя выражение (7), можно сделать следующие выводы.

1. С увеличением амплитудного значения переменной составляющей  $N_t$  возрастает вероятность потери полотно ленточной пилы динамической устойчивости упругого равновесия.

2. Без поперечной нагрузки с увеличением эксцентриситета  $e_y$  приложения продольной нагрузки  $N(t)$  граничные значения частот уменьшаются, т. е. возрастает вероятность потери полотно ленточной пилы динамической устойчивости упругого равновесия.

3. Поперечная нагрузка  $P = \text{const}$ , приложенная в плоскости наибольшей жесткости, оказывает значительное влияние на расположение границ главной области динамической неустойчивости пил. Как видно из рис. 2, при  $P = 200$  Н,  $e_y = 0$  и частоте возмущающей силы 10 Гц полотно ленточной пилы может потерять динамическую устойчивость при  $\mu_* = \frac{N_t}{N_0} = 0,13$ .

4. При загрузке полотна пилы поперечной нагрузкой  $P = \text{const}$  влияние эксцентриситета  $e_y$  приложения продольной нагрузки  $N(t)$  на граничные значения частот только в том случае положительно, если линия приложения нагрузки сдвинута в сторону режущей кромки.

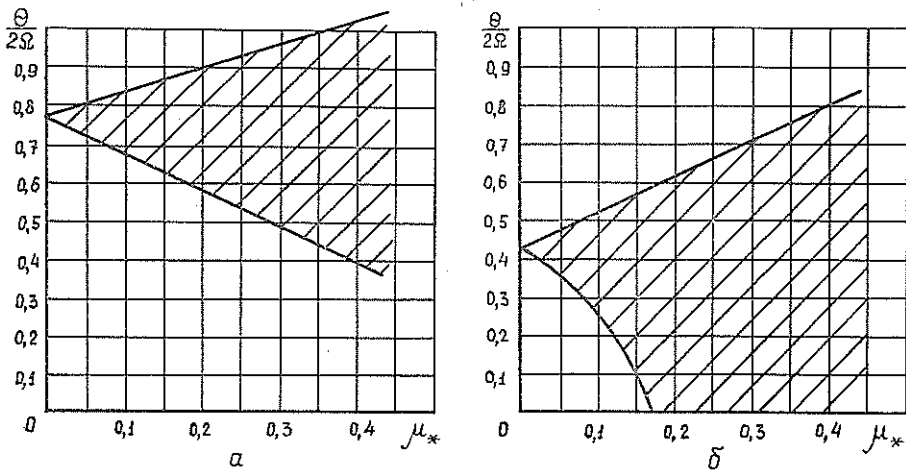


Рис. 2. Главные области динамической неустойчивости (заштрихованы).  
 а —  $e_y = 0$ ,  $P = 100$  Н; б —  $e_y = 0$ ,  $P = 200$  Н;  $\Omega$  — частота изгибных колебаний ленточной пилы, нагруженной силой  $N_0$ .

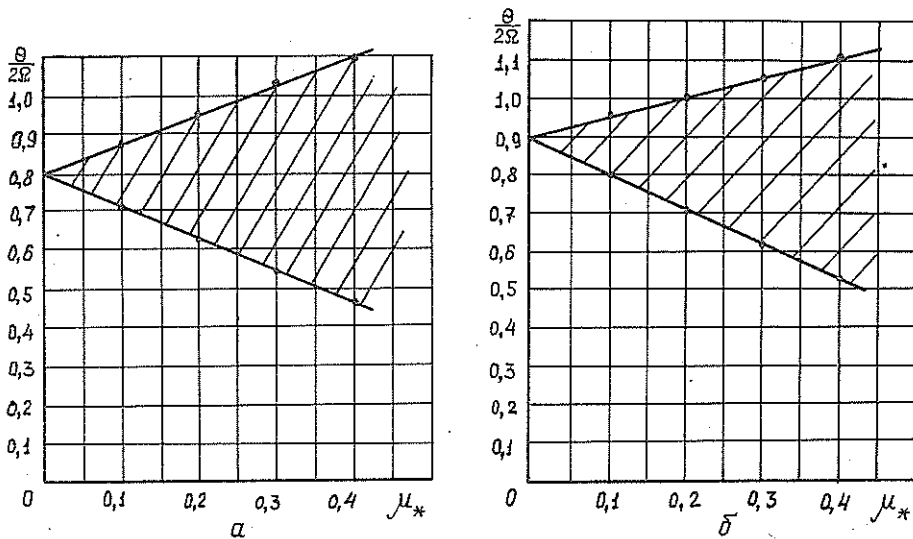


Рис. 3. Главные области динамической неустойчивости (заштрихованы).  
 а —  $e_y = 2 \cdot 10^{-3}$  м,  $P = 200$  Н; б —  $e_y = 5 \cdot 10^{-3}$  м,  $P = 200$  Н.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Болотин В. В. Динамическая устойчивость упругих систем. — М.: ГИТТЛ, 1956. — 600 с. [2]. Власов В. З. Тонкостенные упругие стержни. — М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1950. — 566 с. [3]. Малышев Ю. В. Исследование некоторых условий, обеспечивающих рациональную эксплуатацию ленточных делительных пил с твердым сплавом для распиловки древесины: Автореф. дис.... канд. техн. наук. — Л., 1974.

Поступила 19 января 1981 г.

УДК 51.001.57:62-493.002.5:620.192.5

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛНОДРЕВЕСНОСТИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ

Д. Д. МАЦКЕВИЧ, А. П. ШЛЯПНИКОВ

ВНПОбумпром

Полнодревесность технологической щепы представляет собой долю содержания древесины в насыпном объеме щепы и характеризуется коэффициентом полнодревесности

$$k = \frac{Q}{Q_n}, \quad (1)$$

где  $Q_n$  — насыпной объем технологической щепы;

$Q$  — плотный объем древесины, содержащейся в насыпном объеме.

Технологическую щепу учитывают, согласно ГОСТу 15815—70, в единицах плотного объема древесины. Для перехода от насыпного объема к плотному пользуются переводным коэффициентом, который идентичен коэффициенту полнодревесности. Этот коэффициент зависит от многих факторов: породы, влажности, фракционного состава щепы, способа ее загрузки или засыпки в емкость для транспортировки или в кучу для хранения, а также от вида и дальности транспортировки или длительности и условий хранения.

В ГОСТе 15815—70 приведено всего три значения коэффициента: одно ( $k = 0,36$ ) при погрузке щепы в транспортные емкости до отправки потребителю и два ( $k = 0,40$  и  $k = 0,42$ ) при приемке щепы после транспортировки железнодорожным и автомобильным транспортом на расстояния соответственно до 50 км и более. Кроме того, известно, что для пневмотранспортной погрузки щепы коэффициент имеет несколько большее значение.

Однако указанные значения коэффициентов, как показывает практика, недостаточно учитывают все многообразие условий и приводят к большим погрешностям, достигающим 10 и даже 15 %.

Поэтому актуальна задача уточнения и определения коэффициентов для всего комплекса указанных выше факторов. Детальный подсчет показал, что должны быть найдены коэффициенты по меньшей мере для 256 сочетаний факторов и условий. Чтобы обеспечить статистическую представительность средних значений коэффициентов, необходимо не менее 30—50 частных наблюдений для каждого из сочетаний условий, т. е. всего должно быть замерено порядка 10 000 транспортных емкостей со щепой.

Существенно сократить огромный объем работ по определению переводных коэффициентов, а также облегчить их применение на практике можно путем нахождения закономерности процесса уплотнения технологической щепы в виде единой функциональной зависимости с нанесением реперной сетки соответствующих условий транспортировки и факторов, характеризующих щепу и способы ее загрузки. Для данного фракционного состава и геометрических характеристик частиц щепы коэффициент полнодревесности может принимать значения только внутри интервала между наименьшим и наибольшим граничными значениями:  $\inf k$  и  $\sup k$ .

В соответствии с физической природой щепы как сыпучего тела коэффициент полндревесности в первом приближении должен изменяться внутри интервала от  $\inf k$  до  $\sup k$  по экспоненциальному закону в зависимости от времени хранения или времени воздействия вибрации фиксированных параметров

$$k = \sup k - (\sup k - \inf k) e^{-\alpha \tau}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  — коэффициент реологического поведения щепы, характеризующий форму экспоненциальной кривой или скорость уплотнения массы щепы и определяемый физическими и геометрическими свойствами ее частиц;

$\tau$  — независимая переменная (время или дальность транспортировки щепы при фиксированных характеристиках транспорта и пути транспортировки).

Коэффициент реологического поведения щепы можно найти в виде среднего значения из частных значений  $\alpha_i$

$$\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i \quad (3)$$

путем экспериментального нахождения  $\alpha_i$  по формуле

$$\alpha_i = -\frac{1}{\tau} \ln \frac{\sup k - k_i}{\sup k - \inf k}, \quad (4)$$

получаемой из уравнения (2).

Граничные значения  $\inf k$  и  $\sup k$  зависят от плотности древесины щепы и других ее физических и геометрических характеристик, а также от способа засыпки щепы в емкость.

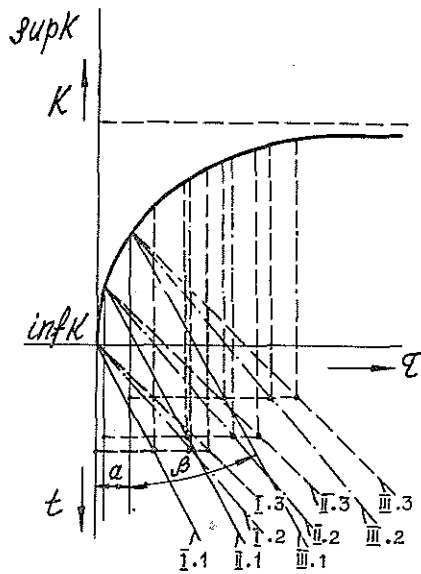
Граничные значения коэффициента полндревесности можно определить, поставив лабораторные опыты по засыпке щепы в гладкую вертикальную трубу. Диаметр трубы и материал стенок должны быть таковы, чтобы практически исключить влияние распорных сил и трения щепы о стенки на процесс уплотнения. Для нахождения  $\inf k$  щепу следует засыпать в трубу так, чтобы обеспечить свободное витание частиц, а для нахождения  $\sup k$  следует непрерывно уплотнять щепу вибрацией и, возможно, легкой трамбовкой. Параметры вибрации, обеспечивающей наибольшую степень уплотнения, можно определить экспериментально в процессе опытов.

В производственных условиях начальная полндревесность  $k_0$  щепы непосредственно после засыпки ее в емкость  $k_0 \geq \inf k$  и конкретное значение  $k_0$  определяется способом засыпки (загрузки) щепы. Можно предположить, что для данного фракционного состава и данной плотности щепы  $\sup k \approx \text{const}$ , а различные значения  $k_0$ , определяемые способом засыпки, соответствуют смещению этой точки по единой кривой  $k = f(\tau)$  по уравнению (2), как представлено на рисунке.

Это смещение по кривой может быть выражено сдвигом начала отсчета независимой переменной  $\tau$  по оси абсцисс на некоторую постоянную  $a$ , определяемую способом и интенсивностью засыпки. Различная же скорость уплотнения щепы, определяемая параметрами вибрации, при транспортировке может быть выражена изменением масштаба связи переменной  $\tau$  со временем  $t$ , т. е. углом  $\beta$  наклона лучей этой связи к оси  $t$ . Тогда, очевидно,

$$\alpha = a + t \operatorname{tg} \beta. \quad (5)$$





Графическое представление процесса уплотнения технологической щепы при загрузке и транспортировке.

*I* — засыпка свободным витанием; *II* — из бункерной галереи; *III* — пневмотранспортом; *I* — хранение в покое; *2* — транспортировка при слабой тряске (ж. д.); *3* — транспортировка при сильной тряске (автотранспорт).

Подставив выражение (5) в уравнение (2), получим

$$k = \text{sup } k - (\text{sup } k - \text{inf } k) \exp [-\alpha (a + t \text{tg } \beta)]. \quad (6)$$

При транспортировке щепы время  $t$  воздействия вибрации с параметрами  $A$  (амплитуда) и  $\omega$  (угловая частота) рационально выразить через дальность  $L$  и скорость  $v$  транспортировки

$$t = \frac{L}{v}. \quad (7)$$

Тогда математическую модель процесса уплотнения щепы в процессе ее транспортировки можно окончательно представить в следующем виде:

$$k = \text{sup } k - (\text{sup } k - \text{inf } k) \exp \left[ -\alpha \left( a + \frac{\text{tg } \beta}{v} L \right) \right]. \quad (8)$$

Здесь  $\text{sup } k$  и  $\text{inf } k$  можно найти в процессе сравнительно простого, описанного выше лабораторного эксперимента;  $\alpha$  и  $\beta$  — на весьма ограниченном числе натуральных замеров;  $\beta$  — на основе измерения вибрационных параметров каждого из видов транспорта;  $v$  — в виде средней, характерной для данного вида транспорта скорости движения.

С помощью графика, представленного на рисунке, на практике можно легко определять коэффициенты полндревесности для любых способов погрузки, любых видов транспорта и любых дальностей и условий транспортировки без постановки дополнительных экспериментальных исследований.

Интерполяционное определение коэффициентов по графику по сравнению с постоянными коэффициентами обеспечит существенно меньшую погрешность при учете количества щепы.

Поступила 30 января 1981 г.

УДК 674.093.6-413.82

## ВЛИЯНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОГО УГЛА ВСТРЕЧИ НА СИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ВСТРЕЧНОМ И ПОПУТНОМ ПИЛЕНИИ

З. Я. ЕСАФОВА, В. Д. ЕСАФОВ

Архангельский лесотехнический институт

Использование попутного пиления при продольной распиловке древесины круглыми пилами в станках циклического действия позволит создать станки-автоматы, обладающие высокой производительностью.

Аналитические исследования геометрии и динамики попутного пиления [1—3] позволили наметить методику экспериментального исследования влияния направления резания на процесс продольной распиловки древесины.

Эксперименты проведены на стенде, имитирующем работу промышленного оборудования, в лаборатории кафедры механизации лесоразработок ЛТА под руководством проф. Б. Г. Залегаллера [2, 3].

Условия опытов: диаметр пилы  $D = 700$  мм; толщина пилы  $s = 2,2$  мм; ширина пропила  $b = 3,2$  мм; скорость резания  $v = 53$  м/с; порода древесины — ель; высота пропила  $h = 120$  мм; режим механизма подачи  $u = \text{const}$ . Величина кинематического угла встречи изменялась в диапазоне от  $42$  до  $67^\circ$  ступенчато, с интервалом в  $5^\circ$ . Опыты данной серии проведены при следующих скоростях подачи:  $u = 1,143; 0,200; 0,370; 0,550$  м/с.

Влияние кинематического угла встречи на силовые параметры резания исследовали в четырех квадрантах пилы в условиях как встречного, так и попутного пиления.

После обработки экспериментальных данных методом вариационной статистики получены корреляционные уравнения зависимости силовых параметров резания от кинематического угла встречи [3].

Анализ графиков, построенных по экспериментальным данным, позволяет сделать следующие выводы.

1. При встречном пилении с увеличением кинематического угла встречи удельная работа резания  $K_x$  возрастает, причем темп роста увеличивается по мере повышения скорости подачи (рис. 1, а). При малых скоростях подачи  $u = 0,1—0,2$  м/с в диапазоне угла встречи  $\Theta = 42—67^\circ$  удельная работа резания меняется незначительно. При  $u = 0,55$  м/с удельная работа резания в указанном диапазоне увеличивается на 14—15 %.

Отклонение экспериментальных данных от теоретических не превышает 5 %. Экспериментальные данные (в отличие от теоретических) показали, что при любых условиях работы станка с увеличением кинематического угла встречи не наблюдается снижения удельной работы резания.

2. При попутном пилении (рис. 1, б) картина меняется на обратную: с увеличением кинематического угла встречи удельная работа резания уменьшается, функциональная кривая имеет выпуклость вверх, спрямление функциональной кривой происходит по мере снижения скорости подачи. Характер функциональных кривых аналогичен графическим зависимостям, полученным в работах американских

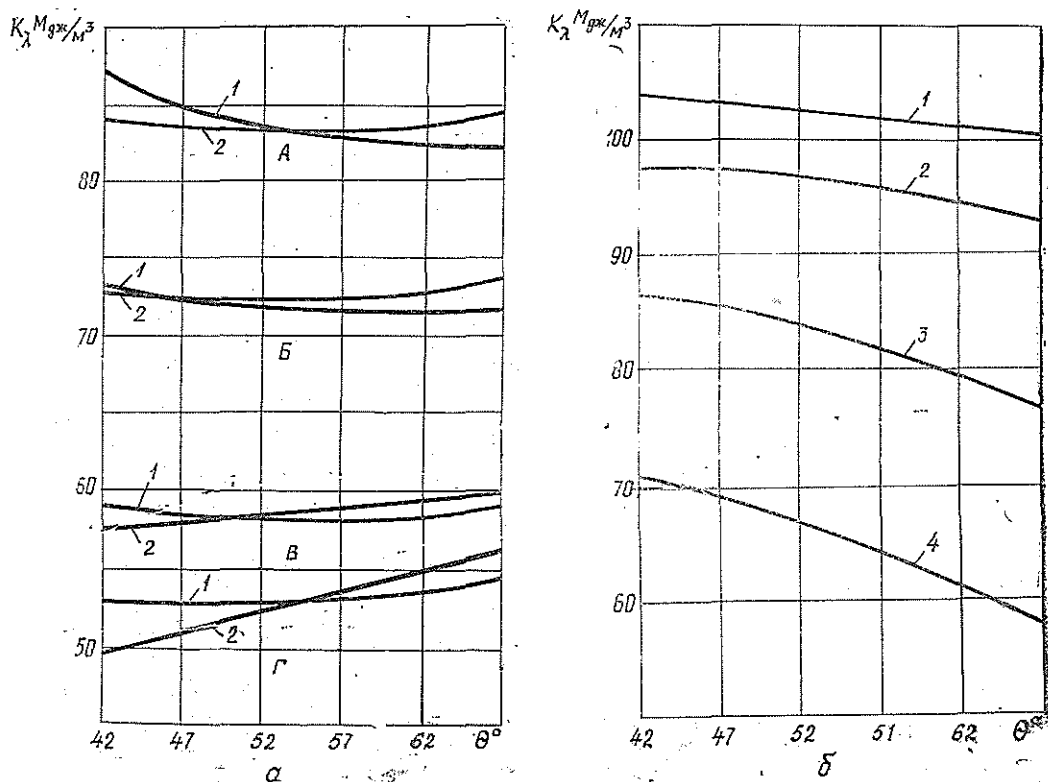


Рис. 1. Зависимость удельной работы резания от кинематического угла встречи.

$a$  — при встречном пиленнии: 1 — теоретические кривые; 2 — экспериментальные кривые; А — при  $u = 0,143$  м/с; Б — 0,200; В — 0,370; Г — 0,550 м/с; б — при попутном пиленнии: 1 — при  $u = 0,143$  м/с; 2 — 0,220; 3 — 0,370; 4 — 0,550 м/с.

ученых Ч. Макмиллана и Дж. Любкина [4, 5] при попутном пиленнии клена.

3. При попутном пиленнии усилие резания и соответственно мощность резания (рис. 2) выше, чем при встречном на 10—25%. Разница увеличивается с возрастанием скорости подачи. При  $u = 0,2$  м/с мощность резания с изменением кинематического угла встречи меняется незначительно.

С повышением скорости подачи  $u > 0,2$  м/с темп изменения мощности резания увеличивается при встречном пиленнии в сторону возрастания, при попутном — в сторону уменьшения (наблюдается сходимость функциональных кривых; точка пересечения этих кривых находится, очевидно, в зоне угла  $\theta = 90^\circ$ , где понятия «встречное» и «попутное» пиление утрачивают свой смысл).

4. С увеличением кинематического угла встречи горизонтальная составляющая усилий резания  $S_r$  уменьшается как при встречном, так и при попутном пиленнии. В случае встречного пиления это снижение пропорционально углу встречи и значительно по величине. Так, с увеличением  $\theta$  от 42 до 67° при скорости подачи  $u = 0,143$  м/с значение  $S_r$  уменьшается в 2 раза, а при  $u = 0,550$  м/с — в 3 раза. Примерно такие же соотношения наблюдаются и при попутном пиленнии (рис. 3).

5. С увеличением кинематического угла встречи значение вертикальной составляющей усилий резания  $S_v$  возрастает при встречном

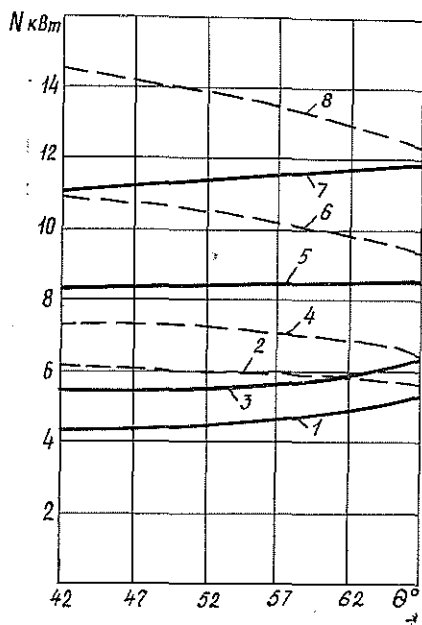


Рис. 2. Зависимость мощности резания от кинематического угла встречи. Кривые 1, 3, 5, 7 — для встречного пиления; 2, 4, 6, 8 — для попутного пиления; 1 и 2 — при  $u = 0,143$  м/с; 3 и 4 — 0,200; 5 и 6 — 0,370; 7 и 8 — 0,550 м/с.

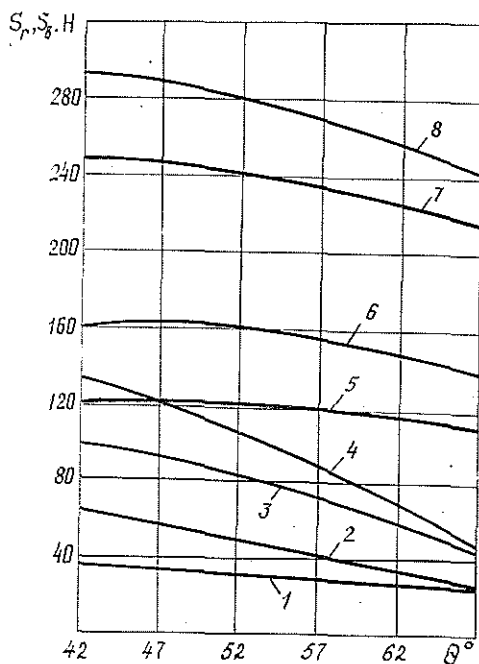


Рис. 3. Зависимость составляющих усилий резания от кинематического угла встречи при попутном пилении.

$S_r$  — горизонтальная составляющая усилий резания;  $S_v$  — вертикальная составляющая; кривые 1, 2, 3, 4 — для  $S_r$  при  $u$ , равном соответственно 0,143; 0,200; 0,370; 0,550 м/с; кривые 5, 6, 7, 8 — для  $S_v$  при  $u$ , равном соответственно 0,143; 0,200; 0,370; 0,550 м/с.

и снижается при попутном пилении. Темп изменения этой составляющей пропорционален увеличению скорости подачи.

6. С увеличением кинематического угла встречи в диапазоне  $\theta = 42-67^\circ$  мощность резания при встречном пилении возрастает, при попутном — снижается (рис. 2).

Проведенные эксперименты подтвердили теоретические предпосылки. Сделанные выводы можно использовать в качестве практических рекомендаций при попутном пилении, а также при определении динамических параметров основных механизмов станка.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Есафова З. Я. Определение некоторых параметров стружкообразования при продольном пилении круглыми пилами при встречном и попутном пилении. — В кн.: Сб. тр. науч.-техн. конф. Хабаровск: ХабПИ, 1970, вып. 21. Машиностроение, с. 138—145. [2]. Есафова З. Я. Попутное пиление на круглопильных станках для продольной распиловки древесины. — В кн.: Сб. тр. науч.-техн. конф. Хабаровск: ХабПИ, 1971, вып. 26. [3]. Есафова З. Я., Есафов В. Д. Влияние направления резания на процесс продольной распиловки древесины дисковыми пилами. — В кн.: Межвуз. сб. науч. тр. по мех. технол. древесины. Красноярск: СибТИ, 1974, вып. 2, с. 135—141. [4]. Кох Петер. Процессы механической обработки древесины/ Пер. с англ. канд. техн. наук В. В. Амадицкого. М.: Лесн. пром-сть, 1969.—328 с. [5]. Хасдан С. М., Ярема Г. С. Механическая обработка древесины за рубежом. — М.: Гослесбумиздат, 1963.

УДК 681.817.061.6

## ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ НА АКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗОНАНСНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

И. С. ВИНТОНИВ, С. С. МЕРГЕЛЬ, Е. А. ШИБРИК

Львовский лесотехнический институт

Качество музыкальных инструментов в значительной степени зависит от резонансных свойств древесины. Наиболее высокие требования предъявляются к древесине ели, предназначенной для сводов дек и доньев. Резонансное сырье отбирают по макропризнакам, что не всегда отвечает условиям акустики. При помощи современных приборов, определяющих акустические характеристики резонансной дощечки, можно прогнозировать качество будущих музыкальных инструментов [1].

В работе [2] отмечено, что для производства высококачественных музыкальных инструментов применяют древесину, выдержанную в течение многих лет. В процессе длительной выдержки происходит «старение» древесины, что положительно влияет на ее акустические характеристики. Однако большинство музыкальных предприятий не имеет возможности создавать большие запасы резонансного сырья на длительный период.

По данным работы [1], улучшить акустические свойства резонансной древесины ели можно склеиванием сводов дек в установке поля токов высокой частоты. Но при этом способе зафиксированы нарушения клеточных оболочек в зоне ранней древесины ели.

Можно предположить, что при длительной выдержке древесины происходит разложение экстрактивных веществ и их удаление в процессе сушки и увлажнения. В выдержанной древесине частично уменьшается усушка и увеличивается жесткость.

Для ускорения процесса старения резонансной древесины ели нами предпринята попытка удалить из нее экстрактивные вещества. Исследования проводили в лаборатории древесиноведения ЛЛТИ. Для экспериментов образцы древесины брали из дек толщиной 3—5 мм на Львовской опытно-экспериментальной фабрике народных инструментов. Часть образцов экстрагировали в эфире от 4 до 6 ч, вторую часть выдерживали в воде в течение 5 сут. Экспериментальный материал после экстрагирования выдерживали в условиях, приближенных к производственным, и влажность доводили до 6—8 %.

Акустические свойства древесины до и после экстракции оценивали по акустической константе излучения  $K$ , предложенной акад. Н. Н. Андреевым:

$$K = \sqrt[3]{\frac{E_p}{\rho^3}}, \quad (1)$$

где  $E_p$  — резонансный модуль упругости;  
 $\rho$  — плотность древесины.

Резонансный модуль упругости определяли по формуле [3]

$$E_p = 0,0789C l^4 f^2 t^{-2} \rho \text{ Н/м}^2. \quad (2)$$

Здесь  $l$  — длина образца, м;

$f$  — резонансная частота поперечных колебаний образца, Гц;

$\rho$  — плотность при данной влажности, кг/м<sup>3</sup>;

$i$  — радиус инерции поперечного сечения прямоугольного образца;

$C$  — поправочный коэффициент, зависящий от отношения радиуса инерции  $i$  к длине  $l$ .

$и$	$c$
0,00	1,00
0,01	1,01
0,02	1,03
0,03	1,08

Произведение  $0,0789 C l i^{-2}$  выражаем коэффициентом  $B$ , тогда формула (2) приобретает вид:

$$E_p = B f^2 \rho \text{ Н/м}^2. \quad (3)$$

Экспериментальные значения акустических показателей резонансной древесины ели приведены в табл. 2. Данные табл. 2 подтверждают положительный эффект экстрагирования резонансной древесины с заметным увеличением динамического модуля упругости. Эти изменения приводят к существенному повышению константы излучения.

Таблица 2

Продолжительность экстрагирования, ч	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Динамический модуль упругости $E$ , ГПа	Константа излучения $K$ , м <sup>3</sup> /кг · с
В воде			
120	448	8,4	10,2
—	450	9,6	10,3
В эфире			
4	440	11,5	11,6
—	445	9,6	10,4
4	418	10,0	11,6
—	425	8,4	10,5
6	423	11,4	12,2
—	433	9,2	10,6

Примечание. В числителе — показатели резонансной древесины ели при влажности 8—9 % после экстрагирования; в знаменателе — показатели той же древесины до экстрагирования.

Результаты исследований позволяют сделать вывод, что экстрагированием резонансного сырья можно повысить качество звучания музыкальных инструментов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Макарьева Т. А. Исследование акустических характеристик древесины, используемой для музыкальных инструментов, и разработка методов их контроля в условиях производства: Автореф. дис. . . . канд. техн. наук. — М., 1975. — 24 с.  
 [2]. Пищик И. И. Исследование свойств древесины длительной выдержки как материала для музыкальных инструментов: Дис. . . . канд. техн. наук. — М., 1973. — 220 с.  
 [3]. Kuhtik J. Nedestruktivni zkouseni dreva rezonancni metodom. — Drevo, ros. 25, 1970, N 7. — 183 s.

Поступила 20 декабря 1980 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 630\*861.14

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ЩЕПЫ ИЗ ТОНКОМЕРНОЙ ДРЕВЕСИНЫ  
НА ВЫХОД И КАЧЕСТВО  
СУЛЬФАТНОЙ ЛИСТВЕННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Т. К. ЛЫСЯК, Ю. Н. НЕПЕНИН, В. А. ЖАЛИНА, Э. П. ЭЙКСТЕР

ВНПОбумпром, Ленинградская лесотехническая академия

В связи с дефицитом древесного сырья все чаще возникает проблема переработки низкокачественной древесины, в том числе тонкомерной и древесины целого дерева. Такая проблема встает и перед целлюлозно-бумажной промышленностью [1]. В данной работе с помощью униформ-ротатбельного плана Бокса — Хантера изучено влияние добавок щепы из целых деревьев тонкомерной древесины на выход и качество сульфатной целлюлозы.

В экспериментах использовали щепу из смеси тонкомерных деревьев березы и осины с диаметром ствола на уровне груди от 4 до 8 см и высотой 4—10 м. Возраст деревьев — от 8 до 32 лет. Диаметр ствола 45-летнего балансового дерева осины составлял 18 см. Химический состав используемого древесного сырья представлен в табл. 1.

Таблица 1

Компонент	Численное значение компонента, % от абс. сухой древесины, в щепе		
	из целых тонкомерных деревьев		из балансовой древесины осины
	березы	осины	
Целлюлоза Кюршнера	37,1	38,1	50,2
Лигнин	26,2	23,9	21,3
Пентозаны	22,0	14,6	22,8
Зола	0,65	2,25	0,26
Вещества, экстрагируемые:			
горячей водой	5,2	9,6	3,5
дихлорэтаном	3,1	5,9	—
1 %-ным раствором NaOH	16,4	22,3	—

Согласно плану, проведены 32 сульфатные варки смеси щепы из балансовой и тонкомерной древесины лиственных пород. Добавку щепы тонкомерной древесины варьировали в пределах от 10 до 50 %, причем соотношение березы и осины в этой щепе составляло 50 % : 50 %.

В варках, помимо количества добавляемой щепы из тонкомерной древесины, переменными величинами являлись: расход активной щелочи на варку, конечная температура варки, продолжительность нагрева автоклава до конечной температуры и Н-фактор, по величине которого вели фиксирование момента окончания варки. Уровни факторов и интервалы варьирования приведены в табл. 2, а результаты опытов — в табл. 3.

Показатели механической прочности полученных целлюлоз во всем исследованном диапазоне изменения факторов варки находились на достаточно высоком уровне (разрывная длина 8010—10110 м, сопротивление излому 1530—3290 двойных перегибов, сопротивление продавливанию 310—430 кПа), что обеспечивает широкую возможность их практического применения.

В качестве функции отклика выбраны выход целлюлозы и степень ее делигнификации.

Таблица 2

Переменный фактор	Уровень фактора					Интервал варьирования
	-2	-1	0	1	2	
Добавка тонкомерной древесины $x_1$ , %	10	20	30	40	50	10
Расход активной щелочи $x_2$ , % Na <sub>2</sub> O	15	16	17	18	19	1
H-фактор $x_3$	400	500	700	850	1000	150
Температура варки $x_4$ , °C	155	160	165	170	175	5
Продолжительность нагрева до температуры варки $x_5$ , мин	90	110	130	150	170	20

Таблица 3

Номер опыта	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	Выход целлюлозы, %	Свойства целлюлозы			
							Степень делигнификации, ед. Каппа	Разрывная длина, м	Сопротивление	
									излому, число двойных перегибов	продавливанию, кПа
1	-1	-1	-1	-1	-1	47,4	32,6	10110	2030	430
2	1	-1	-1	-1	-1	46,9	25,7	9400	2500	400
3	-1	1	-1	-1	-1	46,4	25,3	8950	2220	320
4	1	1	-1	-1	-1	44,8	23,9	8830	1790	430
5	-1	-1	-1	-1	-1	46,2	24,0	8700	2010	400
6	1	-1	1	-1	1	46,8	23,6	8960	1460	370
7	-1	1	1	-1	1	43,9	21,1	8340	1770	330
8	1	1	1	-1	-1	43,8	20,5	8130	1660	350
9	-1	-1	-1	1	-1	47,7	27,7	9300	2280	420
10	1	-1	-1	1	1	46,7	28,6	9990	2190	410
11	-1	1	-1	1	1	46,4	23,6	8940	2650	340
12	1	1	-1	1	-1	42,3	22,7	8010	1400	300
13	-1	-1	1	1	1	46,9	25,1	8980	2060	380
14	1	-1	1	1	-1	45,1	24,4	8170	1770	320
15	-1	1	1	1	-1	43,6	22,2	8500	2130	350
16	1	1	1	1	1	44,2	21,0	8900	1950	360
17	-2	0	0	0	0	47,6	22,7	8740	2500	350
18	2	0	0	0	0	45,8	21,6	8250	1940	300
19	0	-2	0	0	0	48,0	27,5	9300	2390	420
20	0	2	0	0	0	44,3	19,3	8110	1810	310
21	0	0	-2	0	0	46,3	27,9	8760	2710	390
22	0	0	2	0	0	45,7	20,2	8170	1530	360
23	0	0	0	-2	0	46,2	24,5	8900	1500	320
24	0	0	0	2	0	44,9	23,8	8700	1420	350
25	0	0	0	0	-2	46,4	24,0	9100	1550	400
26	0	0	0	0	2	46,1	27,7	9080	1660	380
27	0	0	0	0	0	45,5	23,2	8120	2230	340
28	0	0	0	0	0	46,0	22,9	8070	1950	310
29	0	0	0	0	0	45,4	21,9	8050	1620	320
30	0	0	0	0	0	46,6	22,4	8370	3290	380
31	0	0	0	0	0	46,6	22,4	8360	2290	350
32	0	0	0	0	0	45,8	21,7	8100	2140	350

На основании полученных опытных данных с помощью ЭВМ «Минск-32» вычислены коэффициенты уравнений регрессии и определена значимость групп коэффициентов при членах первого и второго порядка. Полученное уравнение регрессии имеет вид:

для выхода целлюлозы

$$y_1 = 45,822 - 0,479x_1 - 1,071x_2 - 0,387x_3 + 0,406x_1x_3 + 0,369x_4x_5; \quad (1)$$



для степени делигнификации

$$y_1 = 23,915 - 2,117x_2 - 1,942x_3 + 0,725x_5. \quad (2)$$

Анализ уравнений регрессии показывает, что на выход целлюлозы наибольшее влияние оказывают расход активной щелочи на варку и количество добавляемой тонкомерной древесины, на степень делигнификации — расход активной щелочи и продолжительность варки.

Проверка уравнений регрессии с помощью критерия Фишера показала, что полученная математическая модель адекватно описывает процесс варки сульфатной целлюлозы из балансовой березовой древесины с добавками смеси щепы из целых тонкомерных деревьев березы и осины.

Зависимости выхода целлюлозы и степени делигнификации от основных параметров варки представлены соответственно на рис. 1 и 2, из которых видно, что выход целлюлозы снижается с увеличением добавки тонкомерной древесины, расхода активной щелочи на варку и Н-фактора, а степень делигнификации повышается при возрастании Н-фактора и расхода активной щелочи на варку и уменьшается при увеличении продолжительности подъема температуры до конечной вследствие сокращения общей длительности варки.

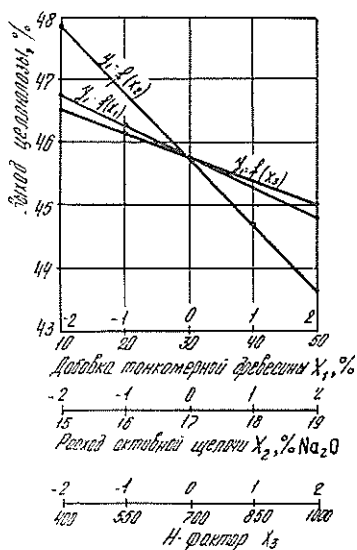


Рис. 1.

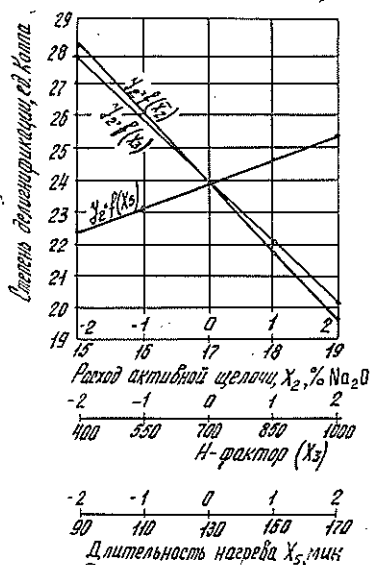


Рис. 2.

Зависимость выхода целлюлозы от добавки тонкомерной древесины при различных расходах активной щелочи представлена на рис. 3, из которого видно, что при постоянном расходе щелочи увеличение добавки щепы от 10 до 50 % приводит к снижению выхода целлюлозы. С увеличением расхода активной щелочи от 15 до 19 %  $\text{Na}_2\text{O}$  выход целлюлозы снижается на 1,1 % на каждый процент расхода щелочи.

Показано изменение выхода целлюлозы при варьировании Н-фактора варки и добавок щепы из тонкомерной древесины березы и осины. Совместное увеличение Н-фактора от 400 до 1000 и добавки тонкомерной древесины от 10 до 30 % снижают выход. При добавке 50 % и с

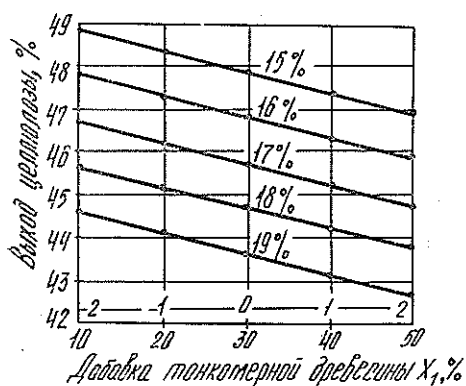


Рис. 3.

торе ухудшает степень провара, так как это ведет к сокращению времени варки на конечной температуре.

Увеличение добавки щепы из целого дерева тонкомерной древесины от 10 до 50% снижает выход (на 1,9%) и несколько замедляет делигнификацию; прочностные показатели снижаются незначительно.

Результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать использовать тонкомерную листовую древесину в смеси с балансовой при производстве сульфатной целлюлозы, предназначенной для выработки различных видов бумаг. Это позволит значительно расширить сырьевые ресурсы отрасли за счет привлечения ранее не используемого сырья.

### Выводы

1. Выход целлюлозы снижается на 1,9% с увеличением добавки щепы из тонкомерных деревьев от 10 до 50%, на 4,3% — с повышением расхода щелочи от 15 до 19% Na<sub>2</sub>O и на 1,5% — с увеличением Н-фактора от 400 до 1000.

2. Степень провара целлюлозы увеличивается на 8,5 ед. Каппа при повышении расхода активной щелочи на варку от 15 до 19% Na<sub>2</sub>O и на 7,8 ед. Каппа — при увеличении Н-фактора от 400 до 1000. Увеличение времени нагрева до температуры варки при одинаковом Н-факторе приводит к ухудшению делигнификации (на 2,9 ед. Каппа).

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гребенев Л. В. Перспективность научных исследований в области химии лигнина в соответствии с планом развития целлюлозно-бумажной промышленности на десятую пятилетку. — Химия древесины, 1977, № 1, с. 3—7. [2]. Forest residues as a source of pulpwood Northern New South. Wales/V. Balodis, H. G. Higgins, F. H. Phillips, I. Ward. — Appita, 1978, v. 32, N 1, p. 34—44.

Поступила 6 июля 1981 г.

УДК 630\*892.6 : 674.032.471.4

## СОСТАВ МОНОТЕРПЕНОВ ЭФИРНОГО МАСЛА ХВОИ КЛОНОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ИХ СЕМЕННОГО ПОТОМСТВА

В. М. МАКСИМОВ, Р. И. ДЕРЮЖКИН, Ю. П. ЕФИМОВ,  
Р. Д. КОЛЕСНИКОВА

Воронежский лесотехнический институт, ЦНИИЛГиС

Вопросам изучения состава монотерпенов хвойного эфирного масла (ЭМ) сосны обыкновенной посвящен ряд работ [1, 6, 7, 9]. Выяснено, что эфирное масло сосны содержит 18 монотерпенов. Основные из них:  $\alpha$ -пинен,  $\beta$ -пинен,  $\Delta^3$ -карен, мирцен, лимонен и др.

Исследователи [10, 13] пришли к выводу, что синтез некоторых компонентов ( $\Delta^3$ -карена и  $\beta$ -пинена) в составе терпентинных масел находится под генетическим контролем. Установлена отрицательная корреляция содержания в ЭМ  $\alpha$ -пинена и  $\Delta^3$ -карена [9]. Высокая коррелятивная связь отмечается между содержанием  $\alpha$ -пинена, *n*-цимола и камфена [2].

Однако экспериментальных данных о характере наследования состава хвойного эфирного масла сосны очень мало [11]. Недостаточно разработаны также вопросы извлечения эфирного масла из хвои сосны. Наиболее распространенный способ извлечения этого масла из хвои сосны — отгонка с водяным паром в аппаратах Клевенджера — требует специального оборудования, громоздок и длителен в исполнении.

Объектом исследования послужили клоны сосны на лесосеменной плантации в Сомовском лесхозе Воронежской области, заложенной в 1961—1963 гг., на которой в 1974 г. сотрудниками лаборатории лесного семеноводства ЦНИИЛГиСа проведены реципрокные скрещивания. Контролем служило свободное опыление. Однолетние сеянцы, выращенные в теплице, в 1977 г. высажены на лесокультурной площади в Давыдовском лесхозе. С 4-летних (1+3) растений осенью 1979 г. проведен отбор хвои для извлечения эфирного масла. Пробы отбирали также от трех деревьев каждого из четырех материнских клонов (3, 4, 22, 27), на которых непосредственно проводили реципрокное скрещивание, и от деревьев соседних клонов, являющихся наиболее вероятными опылителями при свободном опылении (2, 5, 10, 16, 21).

ЭМ из хвои выделяли методом экстрагирования диэтиловым эфиром по методике, разработанной в Воронежском лесотехническом институте [5]. Качественный состав ЭМ изучали методом газо-жидкостной хроматографии по ранее разработанной методике [3, 4].

Полученные данные о составе ЭМ обрабатывали методами математической статистики [12]. Определены коэффициенты парной корреляции и коэффициенты пропорционального сходства, проведен кластерный анализ для определения меры близости многомерных объектов. Рассчитывали критерий Д. А. Родионова [8] для классификации выборок и определения границ между классами (однородными группами).

Изучением состава ЭМ клонов семенной плантации подтверждено, что монотерпеновая фракция состоит из 13 компонентов: трициклен (1),  $\alpha$ -пинен (2), камфен (3),  $\beta$ -пинен (4), мирцен (5),  $\Delta^3$ -карен (6),  $\alpha$ -терпинен (7), лимонен (8),  $\beta$ -фелландрен (9), 1,8-цинеол (10),  $\gamma$ -терпинен (11), *n*-цимол (12), терпинолен (13).

Анализ данных о составе монотерпеновой фракции с расчетом коэффициента парной корреляции и группового коэффициента связи между всеми компонентами ЭМ исследуемой фракции показал, что по уровню и направлению связи во всех вариантах компоненты состава распределились на три группы (табл. 1) со следующими групповыми коэф-

Таблица 1

## Уровни связи между компонентами монотерпеновой фракции ЭМ у саженцев (сибсов и полусибсов) сосны обыкновенной

Схема скрещивания	Номер компонента (в числителе) и коэффициент парной корреляции (в знаменателе) для группы			Коэффициент связи	
	I	II	III	между ближайшими группами	между группами
27*	$\frac{7,8,9,6,12,13,1}{0,86-0,36}$	$\frac{10,11,4}{0,83-0,48}$	$\frac{3,5,2}{0,43-0,34}$	0,17(I—II)	—0,7 (II—III)
27×22	$\frac{7,8,9,6,13,1}{0,89-0,29}$	$\frac{10,11,12}{0,64-0,39}$	$\frac{2,5,4,3}{0,43-0,24}$	0,11(I—II)	—0,14 (I, II—III)
27×3	$\frac{7,8,9,6,13,5}{0,86-0,36}$	$\frac{10,11,12}{0,74-0,54}$	$\frac{1,3,4,2}{0,67-0,28}$	0,22(I—II)	—0,58 (I, II—III)
27*	$\frac{8,9,7,6,3}{0,93-0,53}$	$\frac{12,10,11,13,1}{0,72-0,56}$	$\frac{2,5,4}{0,65-0,54}$	0,25(I—II)	—0,11 (I, II—III)
22×27	$\frac{7,8,9,3,2,4}{0,90-0,20}$	$\frac{10,11,12}{0,68-0,46}$	$\frac{1,6,13}{0,73-0,54}$	0,30(I—II)	—0,58 (I, II—III)
22×3	$\frac{8,9,7,10,6,1}{0,84-0,80}$	$\frac{12,13,11}{0,51-0,22}$	$\frac{2,5,4,3}{0,36-0,17}$	0,30(I—II)	—0,32 (I, II—III)
3*	$\frac{8,9,7,12,2,13}{0,96-0,52}$	$\frac{10,11,6}{0,64-0,41}$	$\frac{4,5,3}{0,65-0,44}$	0,19(I—II)	—0,14 (I, II—III)
3×22	$\frac{7,8,12,9,2}{0,68-0,32}$	$\frac{10,11,6,13}{0,61-0,17}$	$\frac{4,5,1,3}{0,51-0,30}$	0,24 (II—III)	—0,57 (I—II, III)
4*	$\frac{8,9,6,7}{0,87-0,58}$	$\frac{10,11,12,13}{0,80-0,44}$	$\frac{2,5,13,4}{0,56-0,20}$	0,25(I—II)	—0,39 (I, II—III)
3×27	$\frac{7,8,9,1,12,13,2}{0,98-0,45}$	$\frac{10,11,6}{0,77-0,46}$	$\frac{4,5,3}{0,75-0,46}$	0,21 (II—III)	—0,20 (I—II, III)
4×22	$\frac{11,12,10,9,13,6,7,8}{0,76-0,22}$	$\frac{2,4}{0,49}$	$\frac{1,5,3}{0,40-0,18}$	0,19(II—III)	—0,46 (I—II, III)

Примечание. Звездочкой здесь и далее обозначено свободное опыление.

коэффициентами связи: I группа — 0,98—0,20 с тремя постоянными компонентами состава ( $\alpha$ -терпинен, лимонен,  $\alpha$ -фелландрен); II группа — 0,86—0,17 с двумя постоянными компонентами состава (1,8-цинеол, терпинолен); III группа — 0,73—0,17 с двумя постоянными компонентами (камфен, мирцен).

Установлены коэффициенты связи между группами. Между I и II группами связь невысокая положительная (0,3—0,11). Такая же связь наблюдается между II и III группами (0,3—0,18). Но если между I и II группами существует связь, то связь этих групп с III обязательно отрицательная с коэффициентом — 0,7 ÷ —0,11; аналогично при связи II и III групп связь их с I группой также отрицательная (—0,57 ÷ —0,20).

Установлено, что основные компоненты ( $\alpha$ -пинен и  $\Delta^3$ -карен) всегда находятся в группах, имеющих отрицательную корреляцию (—0,8 ÷ —0,6).

Для  $\beta$ -пинена не установлено устойчивой однотипной корреляции с другими компонентами состава, но отмечено, что из 11 изученных вариантов  $\beta$ -пинен и  $\Delta^3$ -карен не попадают в одну группу с соответствующим для нее уровнем связи. Трициклен, *n*-цимол и терпинолен определенных связей не показали. Доля их в составе монотерпенов ЭМ незначительна (до 3—5 %).

Основную часть монотерпеновой фракции ЭМ составляют  $\alpha$ -пинен и  $\Delta^3$ -карен (от 50 до 90 %). С учетом рассчитанного критерия Родинова можно разделить клоны в зависимости от содержания основных компонентов в составе фракции на следующие типы биосинтеза: 1 — собственнопиненистый ( $\alpha$ -пинена — 54 % и более,  $\Delta^3$ -карена — 12 % и менее); 2 — пиненистый ( $\alpha$ -пинена —  $42 \pm 5$  %,  $\Delta^3$ -карена —  $24 \pm 5$  %); 3 — промежуточный ( $\alpha$ -пинена —  $36 \pm 5$  %,  $\Delta^3$ -карена —  $36 \pm 5$  %); 4 — каренистый ( $\alpha$ -пинена —  $18 \pm 5$  %,  $\Delta^3$ -карена —  $36 \pm 5$  %); 5 — собственнокаренистый ( $\alpha$ -пинена — 12 % и менее,  $\Delta^3$ -карена — 54 % и более).

В связи с этим исследуемые клоны распределились следующим образом: 27 и 4 — пиненистые; 22<sup>б</sup> — промежуточный (22<sup>б</sup> — дерево в клоне с другим по составу ЭМ привоем); 22<sup>а, в</sup> — каренистые; 3 — собственнопиненистый. Из числа клонов окружения: 16 и 19 — пиненистые; 21 — промежуточный; 2, 10 и 5 — собственнопиненистые.

Таблица 2

Схема скрещивания	Распределение сибсов сосны, %, по классам							
	12 (9-14)	18 (15-21)	24 (22-27)	30 (28-33)	36 (34-39)	42 (40-45)	48 (46-51)	54 (52-57)
27*	7	7	28		14	37	7	
27×22	2	4	14	20	25	17	9	9
27×3		3	18	18	7	21	24	9
22*		30		30	10	10		10
22×3		7	7	22	22	35		7
22×27	10	10	10	20	40	10		
3*			20	10	20	30	20	
3×22			9	9	19	36	25	
3×27			8	22	16	8	16	30
4*		13	6	33	13	13	13	9
4×22		8	9	10	13	13	9	8

Примечание. Распределение по классам — на основе критерия Родинова по  $\alpha$ -пинену.

Таблица 3

Схема скрещивания	Распределение сибсов сосны, %, по классам						
	6 (4-8)	12 (9-14)	18 (15-21)	24 (22-27)	30 (28-33)	36 (34-39)	42 (40-45)
27*	21	14	37	14	7	7	
27×22	14	14	23	20	20	9	
27×3	41	27	27	3	4		
22*		10	30	35	25		
22×27		10	10	30	20	20	10
22×3	7	28	37	21	7		
3*	11	26	39	13	11		
3×22	19	31	19	19	12		
3×27	38	30	23		9		
4*	40	20	27		7	6	
4×22	13	14	18	14	32	4	

Примечание. Распределение по классам — на основе критерия Родинова по  $\Delta^3$ -карену.

Показатели состава ЭМ монотерпеновой фракции хвои саженцев и распределение их по классам приведены в табл. 2, 3. Распределение саженцев по классам проводили с учетом содержания основных ком-

понентов —  $\alpha$ -пинена и  $\Delta^3$ -карена. Эти же компоненты использованы при расчете критерия Родиснова и при кластерном анализе.

Анализ состава компонентов монотерпеновой фракции ЭМ хвойных саженцев, полученных от реципрокного скрещивания и от свободного опыления, и их распределение по классам показывают, что количество растений с однородным содержанием основных компонентов, а также количество саженцев, которое наследует состав монотерпенов ЭМ материнских клонов, не превышает 40 % от всего числа анализируемых растений (табл. 4) при групповом коэффициенте связи 0,95—0,87 и расстоянии  $g_{ccos}$ , равном 0,14—0,51.

Таблица 4

Схема скрещивания	Содержание $\alpha$ -пинена	Количество саженцев с однородным составом $\alpha$ -пинена	Содержание $\alpha$ -пинена в группе	Содержание $\Delta^3$ -карена	Количество саженцев с однородным составом $\Delta^3$ -карена	Содержание $\Delta^3$ -карена	Наследуемый состав потомства, %
27 <sup>a</sup>	40,2	37	42	23,3	37	18	37
27×22	38,4/20,2	25	36	26,6/34,7	23	18	25
27×3	41,4/56,1	24	46	19,3/3,8	41	6	24
22 <sup>a</sup>	20,2	30	18	34,7	35	24	15
22 <sup>b</sup> ×27	35,4/40,2	36	40	33,9/23,3	30	24	40
22 <sup>b</sup> ×3	15,7/56,1	35	42	31,0/3,8	37	18	7
3 <sup>a</sup>	56,1	30	42	3,8	39	18	—
3×22	55,9/20,2	36	42	3,2/34,7	31	12	—
3×27	55,9/40,2	30	54	3,2/23,3	38	6	30
4 <sup>a</sup>	36,9	33	30	24,0	40	6	16
4×22	37,3/20,2	40	30	26,8/34,7	32	30	13

Примечание. В числителе данные для материнского клона; в знаменателе — для отцовского клона.

Поскольку исследуемые клоны плантации, за исключением 22<sup>a, b</sup>, являются пиненистыми и собственнопиненистыми, то вполне справедливо предположение, что полусибсовое потомство клонов 27, 2, 3 и 4 получено от опыления пыльцой, несущей в основном наследственность пиненистого типа.

Изучение распределения полусибсов клонов 27 (пиненистого) по типам биосинтеза терпенов показывает, что 37 % растений относятся к пиненистому типу биосинтеза монотерпеновой фракции, что в свою очередь является и максимальным количеством саженцев с однородным составом монотерпенов.

В полусибсовом потомстве клонов 22<sup>a</sup> (каренистого) только 15 % саженцев имеют состав монотерпенов, аналогичный составу материнского дерева, 35 % саженцев содержат  $\Delta^3$ -карена — 18 % и 30 % саженцев содержат  $\alpha$ -пинена — 18 %. В потомстве клонов 3 (собственнопиненистого) не обнаружено растений, наследующих состав ЭМ материнского клонов. Здесь максимальное количество саженцев (39 %) с содержанием  $\Delta^3$ -карена — 18 % и 30 % — с содержанием  $\alpha$ -пинена — 42 %.

Среди саженцев от свободного опыления клонов 4 (пиненистого) 16 % унаследовали состав ЭМ материнского дерева; максимальное количество саженцев (40 %) содержат  $\Delta^3$ -карена — 6 % и 33 % саженцев содержат  $\alpha$ -пинена — 30 %.

Характеристика основных групп потомства клонов сосны обыкновенной при различных вариантах опыления дана в табл. 4. В потомстве от скрещивания 27 (пиненистого) × 22<sup>a</sup> (каренистого) клонов

25 % саженцев имеют такой же состав монотерпенов, как у материнского клона. С содержанием  $\alpha$ -пинена 36 % обнаружено 25 % саженцев, а с содержанием  $\Delta^3$ -карена 18 % — 23 % саженцев.

Потомство от скрещивания 27 (пиненистого)  $\times$  3 (собственнопиненистого) клонов имеет 24 % саженцев с составом монотерпенов, аналогичным составу ЭМ материнского клона. Здесь 24 % саженцев содержат  $\alpha$ -пинена — 46 % и 41 % содержит  $\Delta^3$ -карена — 6 %.

В потомстве от скрещивания 22<sup>б</sup> (промежуточного)  $\times$  27 (пиненистого) клонов получено 40 % саженцев с составом монотерпенов, соответствующим составу материнского клона. Выделена группа растений (36 %) с содержанием  $\alpha$ -пинена — 40 % и 30 % — с содержанием  $\Delta^3$ -карена — 24 %, что соответствует составу монотерпенов материнского клона.

При скрещивании 22<sup>в</sup> (каренистого)  $\times$  3 (собственнопиненистого) клонов в потомстве получено 7 % саженцев, унаследовавших состав монотерпенов материнского клона. Установлена группа саженцев (37 %) с содержанием  $\Delta^3$ -карена — 18 %, а также 35 % саженцев с содержанием  $\alpha$ -пинена — 42 %.

В потомстве от скрещивания 3 (собственнопиненистого)  $\times$  22<sup>а</sup> (каренистого) клонов нет саженцев с составом, аналогичным материнскому дереву. Здесь выделена группа саженцев (36 %) с содержанием  $\alpha$ -пинена — 42 % и 31 % саженцев — с содержанием  $\Delta^3$ -карена — 12 %.

Потомство от скрещивания 3 (собственнопиненистого)  $\times$  27 (пиненистого) имеет 30 % саженцев состава монотерпенов материнского клона. По содержанию  $\alpha$ -пинена выделена группа саженцев (30 %) с содержанием  $\alpha$ -пинена — 54 % и 38 % саженцев — с содержанием  $\Delta^3$ -карена — 6%, что соответствует составу монотерпенов материнского клона.

В потомстве от скрещивания 4 (пиненистого)  $\times$  22<sup>а</sup> (каренистого) клонов 13 % саженцев унаследовали состав монотерпеновой фракции ЭМ материнского клона. Выделена группа растений (40 %) с содержанием  $\alpha$ -пинена — 30 % и 32 % — с содержанием  $\Delta^3$ -карена — 30 %.

В связи с выявленными особенностями наследования состава монотерпеновой фракции ЭМ у сосны обыкновенной при реципрокном скрещивании клонов с определенным типом биосинтеза терпенов можно планировать получение определенного количества растений с требуемым качеством по содержанию  $\alpha$ -пинена и  $\Delta^3$ -карена. Для этого необходимо устанавливать тип биосинтеза ЭМ монотерпеновой фракции скрещиваемых клонов.

Для получения 35—40 % саженцев пиненистого или промежуточного типов с составом ЭМ монотерпеновой фракции, соответствующим составу материнского клона ( $\pm 5$  %), следует проводить контролируемое скрещивание клона промежуточного типа ( $\alpha$ -пинена —  $36 \pm 5$  %,  $\Delta^3$ -карена —  $36 \pm 5$  %) или клона пиненистого типа ( $\alpha$ -пинена —  $42 \pm 5$  %,  $\Delta^3$ -карена —  $24 \pm 5$  %) с клоном пиненистого типа.

Чтобы получить 30—35 % саженцев собственнопиненистого типа, необходимо проводить контролируемое скрещивание клона собственнопиненистого типа ( $\alpha$ -пинена — 54 % и более,  $\Delta^3$ -карена — 12 % и менее) с клоном пиненистого типа ( $\alpha$ -пинена —  $42 \pm 5$  %,  $\Delta^3$ -карена —  $18 \pm 5$  %).

Для получения 30—35 % саженцев пиненистого типа ( $\alpha$ -пинена —  $42 \pm 5$  %,  $\Delta^3$ -карена —  $18 \pm 5$  %) следует проводить контролируемое скрещивание клона каренистого типа ( $\alpha$ -пинена —  $18 \pm 5$  %,  $\Delta^3$ -карена —  $36 \pm 5$  %) с клоном собственнопиненистого типа ( $\alpha$ -пинена —

54 % и более,  $\Delta^3$ -карена — 12 % и менее) или клона собственнопиненистого типа ( $\alpha$ -пинена — 54 % и более,  $\Delta^3$ -карена — 12 % и менее) с клоном каренистого типа ( $\alpha$ -пинена —  $24 \pm 5$  %,  $\Delta^3$ -карена —  $36 \pm 5$  %).

Таким образом, для получения 35—40 % саженцев потомства собственнопиненистого и промежуточного типов биосинтеза монотерпеновой фракции ЭМ необходимо установить типы биосинтеза родительских клонов и провести контролируемое скрещивание клонов с определенным содержанием  $\alpha$ -пинена и  $\Delta^3$ -карена.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Акимов Ю. А. Состав и изменчивость эфирного масла сосны юга Украины и перспективы его применения: Автореф. дис. . . . канд. биол. наук. — М., 1972. — 23 с. [2]. Дрочнев Я. Г. Изменчивость состава живичного скипидара сосны обыкновенной. — Растит. ресурсы, 1979, т. 15, вып. 2, с. 184—192. [3]. Краснобаярова Л. В., Латыш В. Г., Колесникова Р. Д. Газохроматографический анализ эфирного масла лиственницы. — Гидролизн. и лесохим. пром-сть, 1976, № 6, с. 9—11. [4]. Состав эфирных масел некоторых кавказских и крымских видов сосен/ Р. Д. Колесникова, А. И. Чернопудов, В. Г. Латыш и др. — Растит. ресурсы, 1977, т. 12, вып. 2, с. 351—357. [5]. Максимов В. М. Изучение состава эфирного масла хвой сосны обыкновенной, извлеченного методом экстрагирования и с водяным паром. — В кн.: Рациональное и комплексное использование лесных ресурсов: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. М., 1980, с. 179—182. [6]. Пигулевский Г. В. Образование и превращение эфирных масел у хвойных. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1939. — 127 с. [7]. Полтавченко Ю. А., Ткач Т. И., Рудаков Г. А. Динамика распределения монотерпенов в обыкновенной сосне *Pinus silvestris* L. — В кн.: Биологические науки: Науч. докл. высш. школы, 1968, № 10, с. 71—77. [8]. Родионов Д. А. Статистические методы разграничения геологических объектов по комплексу признаков. — М.: Недра, 1968, с. 120—126. [9]. Чернопудов А. И., Дерюжкин Р. И., Колесникова Р. Д. Состав эфирного масла и скипидара индивидуальных деревьев сосны обыкновенной. — Гидролизн. и лесохим. пром-сть, 1978, № 2, с. 11. [10]. Чудный А. В. Изменчивость состава терпентинных масел сосны обыкновенной. — Растит. ресурсы, 1977, т. 13, вып. 2. — 291 с. [11]. Чудный А. В. Расчет генотипического состава клонов на лесосеменных плантациях сосны. — М., 1977, №2. — 15 с. — (Экспресс-информ. Сер. Лесоразведение и лесомелиорация). [12]. У. Крамбейн, М. Кауфман, М. Мак-Кеммон. Модели геологических процессов. — М.: Мир, 1973. — 149 с. [13]. Napover U. W. Inheritance of 3-carene concentration of *Pinus monticola*. — Forest Science, 1966, 14, № 4.

Поступила 8 июня 1981 г.

УДК 630\*86

### О ПРИЧИНАХ ПОНИЖЕННОЙ ПРОЧНОСТИ НА РАЗРЫВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ

Р. З. ПЕН, Б. А. ПИЯДИНА

Сибирский технологический институт

Известно, что целлюлоза из древесины лиственницы обладает меньшей прочностью на разрыв в сравнении с целлюлозой из других хвойных пород, независимо от способа получения. Это наводит на мысль, что различия обусловлены главным образом морфологическими особенностями волокон лиственницы. Лиственничные трахеиды имеют примерно такие же размеры (длину и ширину по наружному обмеру), что и трахеиды сосны и ели, но обладают более толстыми клеточными стенками и меньшим сечением люмена. Поскольку с этим связана меньшая гибкость волокон лиственничной целлюлозы в жидкой среде (что установлено экспериментально), то большинство исследователей именно жесткостью волокон объясняют меньшую прочность отливок [1, 2,



4]. Выполненный нами анализ заставил усомниться в справедливости такого объяснения и позволил указать иную точку зрения.

Предположим, что образец целлюлозы массой  $G$  и площадью  $S$ , состоящий из идентичных по физической природе и геометрическим характеристикам прямолинейных волокон длиной  $h$  и шириной  $d$ , разрушается под действием силы  $P$ , причем разрыв происходит по линии  $M$ , перпендикулярной направлению действия силы.

Разрушение отливок при испытаниях на разрыв происходит, как правило, без повреждения основной массы волокон, поэтому сопротивление разрыву не может лимитироваться прочностью волокон (если последние не подверглись заметной деструкции в процессе выделения и обработки). Это утверждение особенно справедливо в отношении целлюлозы из лиственницы, так как преобладающая доля толстостенных осенних трахеид обуславливает более высокую среднюю прочность целлюлозных волокон лиственницы в сравнении с волокнами других хвойных пород.

Если волокна при испытании не разрушаются, а только выдерживаются по обе стороны от  $M$ , то прочность образца  $P$  не может быть больше суммарной прочности некоторого множества контактов между волокнами на площади  $hM$ , включающей линию разрыва, т. е.

$$\sup P = K_{hM} \omega W, \quad (1)$$

где  $K_{hM}$  — среднее число контактов, разрушающихся при разрыве;

$\omega$  — площадь одного контакта;

$W$  — адгезионная прочность контактов.

Теоретическая оценка числа контактов  $K_{hM}$  получена В. Я. Андрейченко [3], который рассматривал бумажный лист как состоящий из большого числа элементарных слоев:

$$K_{hM} = \frac{\sqrt{2}}{4\pi} K \frac{hM}{S}, \quad (2)$$

где  $K$  — общее число контактов между волокнами в образце;

$$K = \frac{4}{\pi} \frac{G G_0}{g_0^2 S}. \quad (3)$$

Здесь  $G_0$  — масса элементарного слоя в образце;

$g_0$  — масса единицы длины волокон.

Средняя площадь геометрического контакта между волокнами равна средней площади пересечения двух волокон; при  $h \gg d$  в первом приближении

$$\omega = \frac{\pi}{2} d^2. \quad (4)$$

Из выражений (1) — (4) следует, что прочность отливок в существенной степени определяется геометрическими размерами волокон. Значения  $h$  и  $d$  определены нами путем прямого обмера волокон среднежесткой сульфатной целлюлозы из лиственницы и ели с одинаковой степенью делигнификации; для каждого образца объем выборки  $N = 100$ . В дальнейшем обозначениям всех величин присвоены индексы «л» или «е» для целлюлозы соответственно из лиственницы и ели.

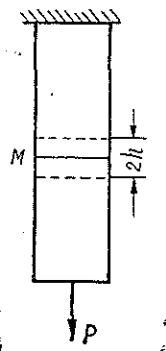


Схема определения прочности бумажного листа на разрыв.

Результаты измерений и статистической обработки приведены в таблице. Анализ с применением критериев Колмогорова, Стьюдента и Фишера показал, что для длин волокон целлюлозы из лиственницы и ели распределения нормальные, средние одинаковы, дисперсии равны; для диаметров (ширин) волокон распределения также нормальные, средние одинаковы, но дисперсии разные ( $s^2\{d\}_л > s^2\{d\}_е$ ). В то же время разрывная длина отливок из лиственничной целлюлозы значительно ниже, чем из еловой, следовательно, причины меньшей прочности листа из лиственничной целлюлозы следует искать не в размерах трахеид лиственницы.

Показатели	Единицы измерения	Значения показателей для целлюлозы из		Вычисленные значения критериев Стьюдента (t) и Фишера (F)
		лиственницы	ели	
Длина волокна $h$	мм	3,646	3,488	$t = 1,49$
Ширина волокна $d$	"	0,0501	0,0460	$t = 1,90$
Число волокон в 1 г $n$	"	$0,1885 \cdot 10^7$	$0,2288 \cdot 10^7$	$t = 8,60$
Максимальная одномерная проекция волокна $H$	мм	3,070	3,223	$t = 2,16$
Разрывная длина целлюлозы $L$	м	$0,76 \cdot 10^4$	$0,97 \cdot 10^4$	$t = 10,21$
Выборочные дисперсии:				
$s^2\{h\}$		0,483	0,454	$F = 1,06$
$s^2\{d\}$		$0,240 \cdot 10^{-3}$	$0,115 \cdot 10^{-3}$	$F = 2,09$
$s^2\{n\}$		$0,103 \cdot 10^{12}$	$0,136 \cdot 10^{12}$	$F = 1,32$
$s^2\{H\}$		1,526	1,498	$F = 1,02$
$s^2\{L\}$		$0,218 \cdot 10^6$	$0,280 \cdot 10^6$	$F = 1,28$

Примечание. Теоретические значения статистических критериев:  $t_{0,05} = 1,96$ ;  $F_{0,05} = 1,39$ .

Рассмотрим отношение верхних границ прочности отливок, воспользовавшись выражением (1):

$$\frac{\sup P_л}{\sup P_е} = \frac{K_{hM_л} \omega_л W_л}{K_{hM_е} \omega_е W_е} \quad (5)$$

Произведя подстановки в выражение (5) в соответствии с формулами (2) — (4) и сократив одинаковые по величине члены, получим:

$$\frac{\sup P_л}{\sup P_е} = \frac{K_л}{K_е} = \frac{G_{0л} g_{0е}^2}{G_{0е} g_{0л}^2} \quad (6)$$

Обозначим через  $n_0$  число волокон в элементарном слое  $G_0$ , а через  $g$  — массу одного волокна. Естественно, что  $G_0 = gn_0$ . Поскольку структура элементарного слоя зависит только от геометрических размеров входящих в него волокон, то из равенств  $h_л = h_е$  и  $d_л = d_е$  следует равенство  $n_{0л} = n_{0е}$ . Поэтому

$$\frac{G_{0л}}{G_{0е}} = \frac{g_л n_{0л}}{g_е n_{0е}} = \frac{g_л}{g_е}; \quad (7)$$

кроме того,  $g_0 = g/h$ . Следовательно,

$$\frac{g_{0е}}{g_{0л}} = \frac{g_е h_л}{g_л h_е} \quad (8)$$

Подставив (7) и (8) в выражение (6), получим:

$$\frac{\sup P_{\text{л}}}{\sup P_{\text{е}}} = \frac{g_{\text{л}} g_{\text{е}}^2 h_{\text{л}}^2}{g_{\text{е}} g_{\text{л}}^2 h_{\text{е}}} = \frac{g_{\text{е}}}{g_{\text{л}}}. \quad (9)$$

Общее число волокон  $n$  в отливке массой  $G$  можно найти из выражения  $G/g$ , поэтому

$$\frac{g_{\text{е}}}{g_{\text{л}}} = \frac{G/n_{\text{е}}}{G/n_{\text{л}}} = \frac{n_{\text{л}}}{n_{\text{е}}}. \quad (10)$$

Из выражений (9) и (10) окончательно имеем

$$\frac{\sup P_{\text{л}}}{\sup P_{\text{е}}} = \frac{K_{hM_{\text{л}}}}{K_{hM_{\text{е}}}} = \frac{n_{\text{л}}}{n_{\text{е}}}. \quad (11)$$

Этот результат означает, что при стандартных условиях определения прочности на разрыв (т. е. при постоянных значениях  $G$ ,  $S$  и  $M$ ) число контактов в зоне разрушения, лимитирующее прочность листа, пропорционально числу волокон в образце (или в единице массы образца).

Поскольку для лиственничной целлюлозы характерно значительное количество толстостенных осенних трахеид, то естественно предположить, что обусловленное этим меньшее значение  $n_{\text{л}}$  (в сравнении с целлюлозами других хвойных пород) — причина пониженной прочности. Для проверки этого предположения подсчитали число волокон в образцах лиственничной и еловой целлюлоз (см. табл.). Объем выборки составил 180 проб для лиственницы и 80 — для ели.

Как и предполагалось, число волокон в 1 г лиственничной целлюлозы меньше, чем в 1 г еловой. Подставив найденные значения в уравнение (11), получим  $\sup P_{\text{л}}/\sup P_{\text{е}} = 0,824$ . Эта величина близка к практически наблюдавшемуся отношению разрывных длин отливок  $L_{\text{л}}/L_{\text{е}} = 0,784$ .

Уравнение (2) справедливо для случая, когда оси волокон в отливке — прямолинейные отрезки. В действительности же волокна имеют более или менее искривленную форму, вследствие чего площадь участка, на котором происходит разрушение связей, оказывается меньше  $hM$ . При обобщении результатов для волокон с произвольной формой продольной оси в выражении (2) длину волокон  $h$  следует заменить величиной  $H$ , равной максимальной одномерной проекции оси волокна. Существует зависимость между  $H$  и расстоянием между концами волокна  $\eta$  [3]

$$H = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \eta_{ii}^2 \right)^{1/2}.$$

Для экспериментальной оценки последнего показателя от подготовленной к отливу суспензии отбирали небольшую часть волокон, интенсивно окрашивали их конго красным и присоединяли к остальной суспензии. Изображения окрашенных волокон, четко выделяющихся на фоне отливок, проектировали на экран с помощью эпидиаскопа и производили необходимые измерения (см. табл.: объем выборки  $N = 600$  для каждого образца).

Различие между  $H_{\text{л}}$  и  $H_{\text{е}}$  статистически значимо, хотя и невелико. После замены  $h$  на  $H$  в выражении (2) отношение (11) становится равным

$$\frac{\sup P_{\text{л}}}{\sup P_{\text{е}}} = \frac{K_{\text{НМ}_{\text{л}}}}{K_{\text{НМ}_{\text{е}}}} = \frac{n_{\text{л}} H_{\text{л}}}{n_{\text{е}} H_{\text{е}}} = 0,824 \cdot \frac{3,070}{3,223} = 0,785,$$

что очень близко к фактически наблюдавшемуся отношению прочностей отливок. Вопреки сложившемуся мнению, в наших опытах листовенничные волокна в отливках оказались более искривленными по сравнению с еловыми волокнами, что послужило причиной дополнительного небольшого снижения прочности отливок из листовенничной целлюлозы.

Таким образом, основная причина пониженной прочности на разрыв бумажного листа из листовенничной целлюлозы заключается в меньшей по сравнению с целлюлозами других хвойных пород суммарной прочности межволоконных связей в листе. Толстостенные осенние трахеиды обладают большей прочностью, но не обеспечивают необходимого числа контактов между собой в расчете на единицу массы листа. Количественной мерой указанных особенностей служит число волокон в 1 г целлюлозы. Роль других морфологических особенностей листовенничных волокон менее существенна.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Андреев В. И., Прокопьев Н. С. Свойства целлюлозных волокон даурской листовенницы. — Сб. науч. тр. ЦНИИБ, 1969, вып. 4, с. 68. [2]. Андреев В. И. Характеристика волокон целлюлозы из древесины листовенницы. — Бум. пром-сть, 1971, № 7, с. 7. [3]. Андрейченко В. Я. Структура и механические свойства бумажного листа. — Тр. ВНИИБ, 1971, вып. 58, с. 80. [4]. Получение сульфатной лебеленой и беленой листовенничной целлюлозы для бумаги и картона / Ю. А. Гугнин, Е. Д. Перминов, М. И. Буйницкая, Г. Н. Абакина. — В кн.: Применение листовенницы в качестве сырья для ЦБП: Материалы сов.-фин. симпозиума. Л., 1971, с. 59.

Поступила 25 июня 1979 г.

УДК 630\*813.14

### ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ГЕМИЦЕЛЛЮЛОЗ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ МОНОСУЛЬФИТНОГО ЩЕЛОКА РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Е. В. НОВОЖИЛОВ, Л. А. МИЛОВИДОВА, Г. Ф. ПРОКШИН

Архангельский лесотехнический институт

Один из основных компонентов отработанного моносультитного щелока — частично разрушенные гемицеллюлозы. В ряде работ [1, 4—7] приведены результаты изучения состава и свойств гемицеллюлоз, выделенных из моносультитного щелока. Однако имеющиеся данные не всегда согласуются между собой, а иногда прямо противоположны. Так, по данным Квика [6] степень полимеризации (СП) гемицеллюлоз, переходящих в щелока в процессе моносультитной варки, увеличивается, а по данным Шмицу и Самуэльсона [7] — уменьшается.

Указанное несоответствие, по-видимому, может быть вызвано, во-первых, различиями в способах выделения гемицеллюлоз из моносультитного щелока и, во-вторых, некоторыми отличиями в проведении процесса варки (температура, расход химикатов, продолжительность варки, порода древесины и т. д.).

Цель нашей работы — уточнить имеющиеся данные о составе и свойствах гемицеллюлоз моносультитного щелока и сравнить различные способы выделения гемицеллюлоз. Сопоставлены три метода вы-

деления полисахаридов из моносультитного щелока: Квика (метод А) [6]; Эриксона и Самуэльсона (метод В) [3] (авторы использовали его в работе [7]); модифицированный метод Эриксона и Самуэльсона (метод В), примененный нами ранее [1].

В работе использовали моносультитные щелока Архангельского и Котласского ЦБК, которые имели следующие показатели: рН 6,75 и 8,26; плотность — 1,045 и 1,028 г/см<sup>3</sup>; содержание сухого остатка — 96,8 и 64,4 г/л; содержание органических веществ — 57,6 и 39,7 г/л.

Выделение гемицеллюлоз по методу А проводили следующим образом. Фильтрат, полученный после декатионирования щелока смолой КУ-2, нейтрализовали раствором Ва(ОН)<sub>2</sub> до рН 4,5, после чего нерастворимые соли бария отделяли на центрифуге. Затем фугат упаривали под вакуумом при температуре 50 °С. Соли бария, которые выделялись при упаривании, также отделяли на центрифуге. Для осаждения гемицеллюлоз к раствору добавляли 1500 мл 96 %-ного этанола, смесь выдерживали в течение 48 ч, после чего осадок отделяли центрифугированием, промывали три раза этанолом, три раза серным эфиром, а затем высушивали в вакууме над фосфорным ангидридом.

При выделении гемицеллюлоз по методу В их осаждали непосредственно из фильтрата, полученного после декатионирования щелока смолой КУ-2. Осаждение вели 9 объемами этанола в присутствии NH<sub>4</sub>Cl при концентрации последнего 1 г/л. После 48-часового отстаивания осадок отделяли декантацией и центрифугированием, трижды промывали 96 %-ным этанолом и растворяли в 100 мл воды. Затем проводили повторное осаждение гемицеллюлоз. Полученный осадок вновь трехкратно промывали этанолом, серным эфиром и высушивали в вакууме над фосфорным ангидридом.

Выделение гемицеллюлоз по методу В проводили аналогично осаждению их по методу Б, но для осаждения использовали 4 объема этанола (вместо 9 по методу Б); кроме того, полученный осадок промывали сначала смесью вода: этанол в соотношении 1 : 4, затем — этанолом и эфиром.

В выделенных осадках гемицеллюлоз определяли общее содержание углеводов по окислению бихроматом калия [2, с. 191], а также содержание лигнина [8], золы (ГОСТ 18461—73) и пентозанов (ГОСТ 10820—75). Остальные анализы и делигнификацию гемицеллюлоз проводили как описано в работе [1].

Таблица 1

Характеристика образцов гемицеллюлоз, выделенных из моносультитного щелока Архангельского и Котласского ЦБК различными методами

Щелок	Метод выделения гемицеллюлоз	Количество выделенного осадка, %			Содержание углеводов по окислению бихроматом, %	Содержание лигнина, %	Зольность, %	Характеристическая вязкость, см <sup>3</sup> /г	Степень полимеризации
		в щелоке	от сухого остатка щелока	от органической части щелока					
Архангельского ЦБК	А	4,26	46,0	77,3	55,6	26,7	34,8	13,8	25
	Б	2,06	22,2	37,3	84,4	10,9	0,3	42,3	95
	В	1,97	21,3	35,8	82,2	8,3	0,5	40,9	92
Котласского ЦБК	А	2,34	37,2	60,5	44,2	32,3	48,1	12,5	23
	Б	1,09	17,3	28,2	84,6	12,0	0,6	38,1	84

Как видно из данных табл. 1, количество осадка полисахаридов, выделенного по методу А, для обоих видов щелока более чем в 2 раза выше, чем выделенного по методам Б и В, и составляет 60—77 % от всех органических веществ, присутствующих в щелоке. Образцы А содержат мало углеводов (44—55 % по окислению бихроматом калия) и значительно загрязнены лигнином и золой. Высокая зольность образцов А (35—48 %) свидетельствует о неполном удалении бариевых солей лигносульфоновых кислот при центрифугировании. Характеристическая вязкость и степень полимеризации образцов гемицеллюлоз, выделенных по этому методу, существенно ниже по сравнению с образцами Б и В.

Количество гемицеллюлоз, выделенных по методам Б и В, для одного образца щелока примерно одинаково (35—37 %), т. е. увеличение концентрации этанола в растворе с 76,8 до 86,4 % практически не влияет на осаждение гемицеллюлоз. Показатели гемицеллюлоз, выделенных по методам Б и В, также близки между собой.

Из данных табл. 1 видно, что содержание гемицеллюлоз в процентах от сухого остатка и в процентах от органических веществ выше в щелоке Архангельского ЦБК, что объясняется различными условиями варки полуцеллюлозы на этих комбинатах [1]. Однако показатели образцов гемицеллюлоз, выделенных по одному и тому же методу, для обоих видов моносультитного щелока различаются незначительно. Несомненно, что основной причиной появления в литературе противоречивых данных являются различные условия выделения полисахаридов.

Для более полной характеристики состава гемицеллюлоз все образцы, полученные из моносультитного щелока Архангельского ЦБК, подвергали гидролизу 2 %-ной соляной кислотой. В гидролизатах обнаружены галактоза, манноза, глюкоза, арабиноза и ксилоза. Основной компонент — ксилоза: ее количество составляет 67—80 % от общего содержания углеводов. В гидролизатах идентифицированы также урновые кислоты, однако количественного определения их содержания не проводили.

Далее гемицеллюлозы, выделенные из моносультитного щелока Архангельского ЦБК, делигнифицировали двуокисью хлора. После этой обработки наибольшее количество гемицеллюлоз выделено из образца А — 25,8 % от сухого остатка щелока. Для образцов Б и В количество гемицеллюлоз составило соответственно 20,2 и 19,0 % от сухого остатка щелока или 83—86 % от образца А (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика состава и свойств различных образцов гемицеллюлоз, выделенных из моносультитного щелока Архангельского ЦБК и обработанных двуокисью хлора

Метод выделения	Выход гемицеллюлоз после делигнификации, %	Содержание			Характеристическая вязкость, см <sup>3</sup> /г	Степень полимеризации
		делигнифицированных гемицеллюлоз, % от сухого остатка щелока	углеводов по окислению бихроматом, % от навески	пентозанов, % от навески		
А	56,3	25,8	81,5	66,3	45,3	103
Б	90,8	20,2	90,0	79,8	44,7	102
В	89,5	19,0	91,5	88,9	46,0	105

Потери были наибольшими при делигнификации образца А — 43,7 % от выделенного из щелока осадка. Тем не менее, этот образец наиболее загрязнен посторонними примесями: содержание углеводов в нем составило 81,5 % по сравнению с 90,0—91,5 % в образцах Б и В. Удаление лигнина и минеральных солей при отбелке и последующем осаждении гемицеллюлоз привело к значительному повышению степени полимеризации образца А.

Как видно из данных табл. 2, средняя степень полимеризации всех образцов гемицеллюлоз после делигнификации практически одинакова.

Таким образом, обычный и модифицированный методы Эриксона и Самуэльсона отличаются простотой и позволяют без отбелки получить относительно чистые образцы гемицеллюлоз с низким содержанием лиг-

нина и золы. Наибольшее количество гемицеллюлоз может быть выделено по методу Квика, который следует использовать только в сочетании с делигнификацией полученного осадка полисахаридов. Состав и свойства образцов гемицеллюлоз, выделенных указанными методами, после удаления лигнина близки между собой.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Новожилов Е. В., Богомолов Б. Д., Хабаров Ю. Г. О деградации гемицеллюлоз, перешедших в щелок при моносльфитной варке полуцеллюлозы. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 2, с. 88—91. [2]. Практические работы по химии древесины и целлюлозы / А. В. Оболенская, В. П. Щеголев, Г. Л. Аким и др. — М.: Лесн. пром-сть, 1965. — 411 с. [3]. Eriksson E., Samuelson O. Isolation of hemicellulose from sulfite cooking liquors. Part 2. Bisulfite cooking. — Svensk papperstidn., 1963, а. 66, N 10, s. 407—411. [4]. Lea D. An orienting study of the effect of the neutral sulphite semichemical cook on the hemicelluloses of aspenwood. — TAPPI, 1954, vol. 37, N 9, p. 393—399. [5]. Nelson P. An examination of hemicellulose precipitated from eucalypt neutral sulphite liquor. — Appita, 1969, vol. 22, N 4, p. 97—102. [6]. Quick R. A study of the hemicellulose removed during a neutral sulphite semichemical cook of aspenwood. — TAPPI, 1956, vol. 39, N 6, p. 357—366. [7]. Shimizu K., Samuelson O. An examination of hemicellulose precipitated from spruce neutral sulphite liquor. — Svensk papperstidn., 1973, а. 76, N 4, s. 156—161. [8]. Sjöström E., Enström B. Spectrophotometric determination of the residual lignin in pulp after dissolution in cadoxen. — Svensk papperstidn., 1966, а. 69, N 15, s. 469—476.

---

Поступила 6 мая 1980 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 674.02.001.57

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ПРОФИЛЯ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ  
ПРИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ  
С УЧЕТОМ ВИБРАЦИЙ СИСТЕМЫ СПИД

С. А. АПОСТОЛЮК, В. Е. ЮРИНЕЦ

Львовский лесотехнический институт  
Львовский государственный университет

В настоящей работе сделана попытка создать математическую модель профиля обработанной поверхности при цилиндрическом фрезеровании древесины с учетом вибраций динамической системы станок — приспособление — инструмент — деталь (СПИД) и на основании этой модели изучить зависимость шероховатости обработанной поверхности от вибраций системы.

Проведены теоретические и экспериментальные исследования. В качестве объекта взят дереворежущий продольно-фрезерный станок С2Ф4, на основании которого создана динамическая модель системы СПИД. Для упрощения расчетной схемы в конструкции станка условно выделены две колебательные дискретные автономные массы подсистем: инструмента и детали — приспособления.

На первом этапе исследований предполагали, что в системе СПИД нет вибраций и других факторов, из-за которых возникают неровности разрушения и упругого восстановления. В этих условиях на обработанной поверхности образуются лишь кинематические неровности в виде циклоиды [2].

При наличии вибраций системы СПИД относительные колебательные движения инструмента и обрабатываемой заготовки, накладываясь на кинематические неровности, образуют сложный профиль, который описывается параметрическими уравнениями следующего вида:

$$\begin{aligned} x_0 &= x_y(t) + x(t) + x_1(t); \\ y_0 &= y_y(t) + y(t) + y_1(t), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $x_0, y_0$  — векторы горизонтальной и вертикальной составляющих волны;

$x_y, y_y$  — горизонтальная и вертикальная декартовы координаты циклоиды;

$x(t), y(t), x_1(t), y_1(t)$  — горизонтальные и вертикальные вибро смещения подсистем: инструмента и детали — приспособления (определяемые в работе [1]).

В результате теоретических исследований изучены условия образования вибронероностей (рис. 1).

Высоту вибронероностей обработанной поверхности с учетом вертикальных и горизонтальных вибро смещений системы СПИД определяли из выражения

$$H_n = y_0 [t(x_0)]. \quad (2)$$



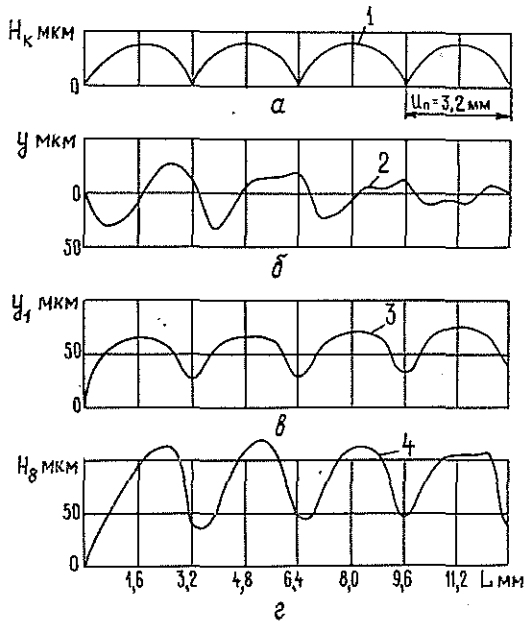


Рис. 1. Условия образования профиля обработанной поверхности с учетом вибраций системы СПИД.

1 — кинематические неровности; 2 — траектория вибраций подсистемы инструмента; 3 — траектория вибраций подсистемы деталь — приспособление; 4 — суммирующий профиль (профиль поверхности с учетом вибраций);  $H_k$  — высота кинематических неровностей;  $y$  и  $y_1$  — вертикальные вибро смещения;  $H_B$  — высота вибронерывностей;  $a$  —  $H_{k, \text{cp}} = 30$  мкм;  $b$  —  $U_{\text{cp}} = m_x = 31$  мкм;  $\delta$  —  $y_{1 \text{cp}} = m_x = 79$  мкм;  $z$  —  $H_{\text{p, cp}} = R_{z \text{max}} = 125,5$  мкм.

Определяя из первого уравнения равенств (1)  $t$  как функцию от  $x_0$  и подставляя во второе уравнение для  $y_0$ , находим зависимость  $y_0$  от  $x_0$  в различных точках профиля обработанной поверхности. Однако, учитывая, что уравнения (1) трансцендентны относительно времени  $t$ , не представляется возможным исключить из первого уравнения  $t$  и выразить  $y_0$  как функцию от  $x_0$  в аналитическом виде. Поэтому зависимость  $y_0$  от  $x_0$  исследовали численными методами (методами хорд и касательных) [3] на ЭВМ М-222 по следующей методике: для  $x_0$  задавали возрастающие от нуля значения, что соответствует движению заготовки относительно режущего инструмента; из первого уравнения (1) методом хорд и методом касательных (для сопоставления) определяли время  $t$ , которое затем подставляли во второе уравнение (1), и таким образом находили зависимость  $y_0$  от  $x_0$ .

Результаты теоретических и экспериментальных исследований представлены на рис. 2, 3.

При экспериментальных исследованиях амплитуду вибраций системы СПИД измеряли при помощи пьезоэлектрических датчиков Д-13 и Д-14. Профиль обработанной поверхности записывали профилографом 201-Б-02-02.

Анализируя результаты исследований, можно сделать следующие выводы.

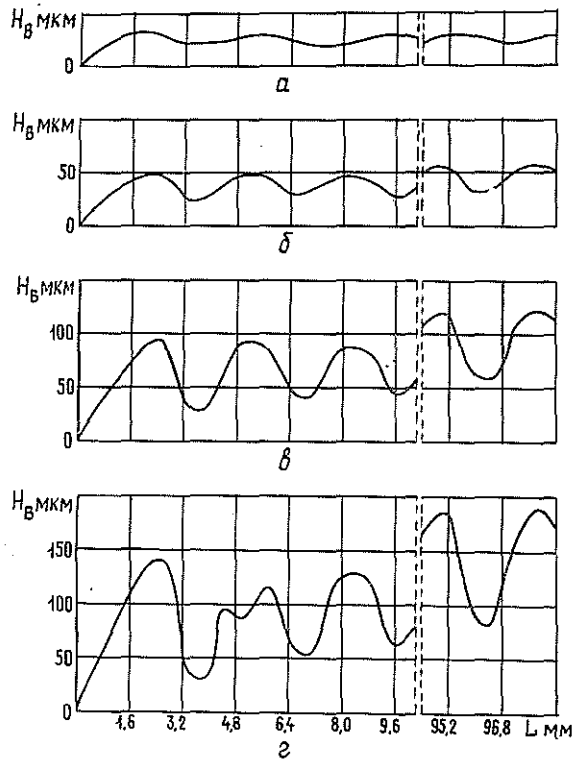


Рис. 2. Характер вибронеровностей при различной амплитуде относительных вибраций системы СПИД.

- а —  $R_{zmax} = 32,5$  мкм;  $y_{отн} = 27,5$  мкм;  $m, e_1 = 41,6$  г. см;  
 б —  $R_{zmax} = 52,5$  мкм;  $y_{отн} = 47,5$  мкм;  $m, e_1 = 125$  г. см;  
 в —  $R_{zmax} = 105,0$  мкм;  $y_{отн} = 97,5$  мкм;  $m, e_1 = 375$  г. см;  
 г —  $R_{zmax} = 160,7$  мкм;  $y_{отн} = 150,7$  мкм;  $m, e_1 = 625$  г. см.

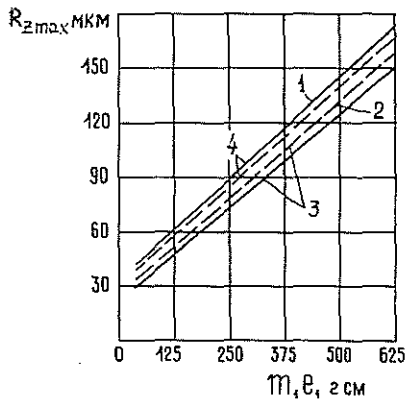


Рис. 3. Зависимость шероховатости поверхности  $R_{zmax}$  от дисбаланса инструмента  $m, e_1$ .

- 1 — теоретическая кривая; 2 — экспериментальная;  
 3 — при  $u = 24$  м/мин; 4 — при  $u = 8$  м/мин;  
 $n_0 = 5000$  об/мин;  $z = 1$ ;  
 $H = 2,5$  мм.

1. Уравнения (1) представляют математическую модель вибронеровностей на обработанной поверхности при фрезеровании древесины.

2. На высоту вибронеровностей доминирующее влияние оказывают относительные колебания подсистем: инструмента и детали — приспособ-

собления, обусловливаемые силами инерции от дисбаланса и числа оборотов инструмента.

3. При значительном дисбалансе инструмента (что имеет место при изломе или выщербливании резца) вибронеровности в несколько раз превышают кинематические.

4. С увеличением амплитуды вибраций в пять раз во столько же раз возрастает высота вибронеровностей (шероховатость поверхности).

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Апостолюк С. А. К вопросу моделирования вибраций системы «станок — инструмент — деталь — приспособление» при фрезеровании древесины. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1978, № 6. [2]. Кряжев Н. А. Фрезерование древесины. — М.: Гослесбумиздат, 1963. [3]. Степанов В. В. Курс дифференциальных уравнений. — М.: Физматгиз, 1959.

Поступила 6 июля 1981 г.

УДК 630\*31.001.57

### ЭВРИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

*П. М. МАЗУРКИН, Ю. А. ШИРНИН, С. М. ГОРДЕЕВ*

Марийский политехнический институт

Один из этапов создания АСУТП — разработка функционально-алгоритмической структуры системы [10, с. 10]. Данные о структуре и функционировании системы можно получить на основе пассивного эксперимента для последующей разработки моделей технологического процесса [6]. Наиболее сложен процесс моделирования целенаправленных систем [9], какими являются эрготические системы человек — машина [7].

Эффективным методом при моделировании систем человек — машина, к которым относится рассматриваемая в статье система оператор — ЛП-19, является функциональный подход к анализу действий, выполняемых как человеком, так и машиной. Такой анализ осуществляется эвристическими методами. В чистом виде математические методы моделирования не могут быть объективными, так как при их создании приходится изобретать много допущений [3, с. 6]. Особенно много эвристик в эрготической системе.

В соответствии с теорией управления по целям [2, с. 18] проблема структуризации лесозаготовительного процесса состоит в том, что на основе системного анализа сложившейся ситуации и исходя из опыта функционирования отдельных элементов системы (на уровне технологических операций) необходимо построить интуитивную (эвристическую) модель. В дальнейшем на основе мысленных моделей можно перейти к математической модели [9, с. 23].

Подсистема оператор — ЛП-19 используется для реализации операций валка и пакетирование. Результаты анализа эвристической модели можно использовать для достижения следующих целей: повышение производительности работы, совершенствование конструкции машины, улучшение процесса обучения оператора [1, с. 10], а также при поиске новых технических решений [8].

В соответствии со схемой на рис. 1 мы должны описать реальный процесс по определенной методике мысленного эксперимента [4, с. 365]

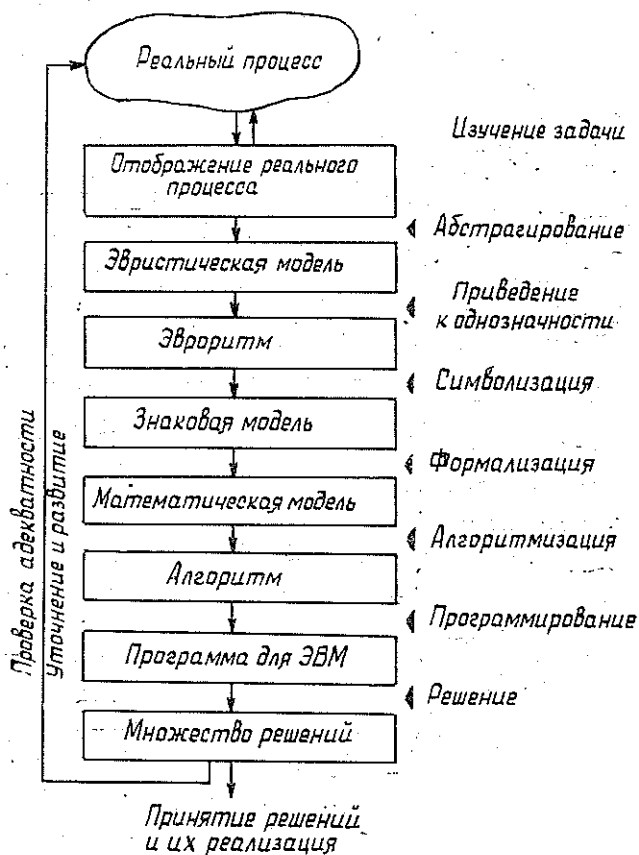


Рис. 1. Схема решения инженерных задач с использованием ЭВМ.

путем последовательного изучения и уяснения задачи (целей и особенностей отражаемого процесса). Далее при использовании общепринятых понятий [4, с. 393] происходит абстрагирование от реального процесса и путем словесного описания формируется эвристическая модель. Однако модель, построенная на основе интуитивной работы исследователя, неоднозначна. Другой исследователь может понять эту модель по-своему, что зависит от полноты уяснения задачи, объема и числа понятий, а также выявления множества связей между понятиями.

Для повышения однозначности необходимо составить эвритм, т. е. алгоритм в интуитивном смысле [5, с. 6]. Наиболее наглядно эвритм можно представить в виде блок-схемы (рис. 2), в общем случае он включает различные виды операндов, используемых в теории алгоритмов.

Основная трудность при разработке эвритмов — структурно-логическое выявление элементов (актов) деятельности оператора машины [11]. Действия, относящиеся к машине, описаны наиболее полно и в большинстве случаев формализованы. Это связано с тем, что уже в проекте машины известны функции отдельных ее элементов и особенности конструктивных связей между узлами и деталями.

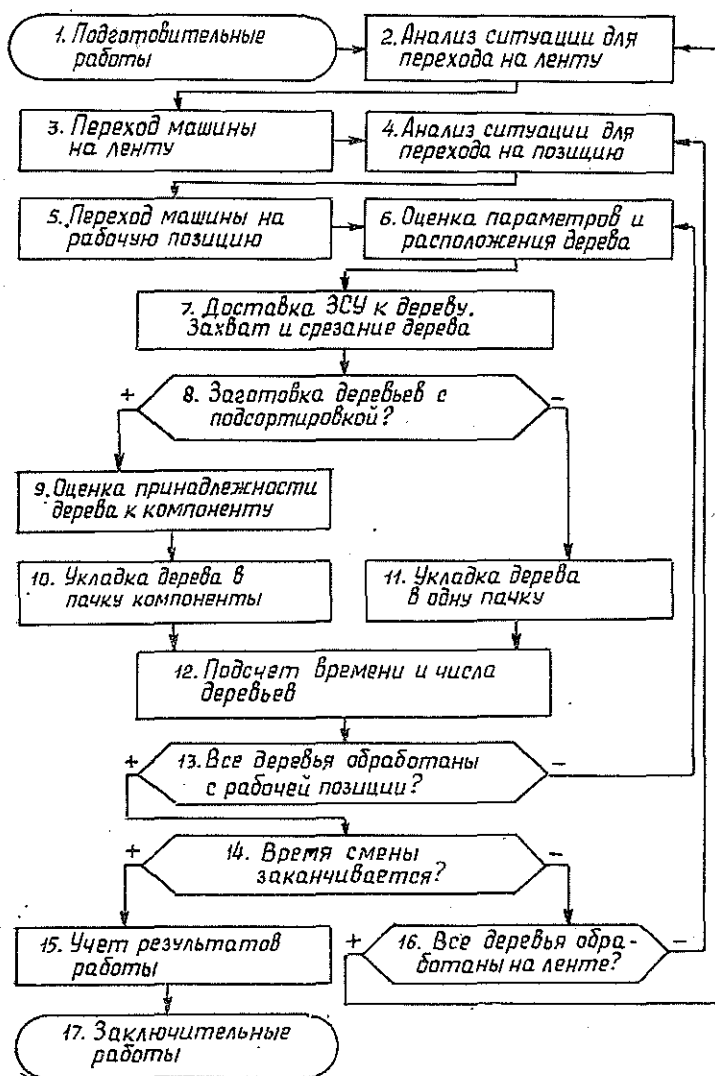


Рис. 2. Блок-схема функционирования системы оператор — машина для валочно-пакетирующей машины ЛП-19 в режимах валки с подсортировкой и без подсортировки леса.

Анализ показывает, что действия оператора можно разделить на следующие группы:

- 1) оценочные действия, необходимые для изучения сложившейся ситуации и дальнейшего принятия правильных решений;
- 2) механические действия, необходимые для включения в работу отдельных узлов технического объекта;
- 3) контролирующие действия, необходимые для проверки результата от выполненных как оператором, так и машиной действий.

Существующие лесозаготовительные машины ориентированы прежде всего на замену тяжелого ручного труда. Человек взаимодействует с предметом труда косвенно, путем включения в работу отдельных уз-

лов машины. По схеме на рис. 2 блоки 3, 5, 7, 10 и 11 выполняются валочно-пакетирующей машиной ЛП-19 при включении оператором тех или иных рычагов управления. Блоки 2, 4, 6 и 9 в схеме соответствуют умственным действиям человека при необходимости изучения сложившейся ситуации и соответствующей ее оценки для принятия решения о характере действия.

Оператору для выполнения механических действий необходимо осмотреться, изучить форму и размеры дерева, представить технологическую схему освоения лесосеки, учесть состояние грунта и подроста. После принятия решения оператор должен предугадать возможные варианты последствий и действий управляемой им машины. Кроме того, оператор постоянно следит за состоянием своей машины, за работой других функционально связанных машин и при необходимости принимает другие вспомогательные решения (например, ремонт, очистка, дозировка, смазка, замена инструмента и т. д.), которые не показаны на рис. 2.

Оценочные действия труднее поддаются механизации. Относительно легче с помощью соответствующих датчиков механизировать выполнение контролирующих действий по блокам 8, 13, 14, 16.

Обычно при существующей методике анализа технологических процессов оценочные и контролирующие действия кажутся само собой разумеющимися. По мере накопления опыта и навыков работы многие из действий оператор выполняет автоматически, интуитивно. Дальнейшее улучшение условий работы ЛП-19 и повышение производительности труда возможны в следующих направлениях:

1) автоматизация ряда механических действий, как например, в блоке 9 доставка ЗСУ к дереву выполняется при включении рычага управления, а захват, срезание и укладка дерева выполняются самой машиной (в ЦНИИМЭ создан экспериментальный образец такой машины);

2) поиск и разработка соответствующих приборов, датчиков и приспособлений, позволяющих оператору быстрее, точнее и качественнее произвести оценку различных ситуаций (например, изменение скорости подачи пильной цепи в зависимости от диаметра срезаемого дерева и т. д.); при необходимости введение датчиков, контролирующих действия оператора (по максимальным значениям усилия натягивания дерева при срезании, мощности привода пильной цепи, физиологического состояния оператора и т. д.);

3) поиск и разработка регистрирующих приборов для автоматического учета итогов работы и простоев, маркировки деревьев, а также состояния важнейших узлов машины для их своевременной профилактики (смазка, замена пильной цепи, усилие натяжения пильной цепи и т. д.).

Блоки 12, 14 и 15 соответствуют расчетным действиям. Исходная информация для расчетов поступает: от блоков 2, 4, 6 и 9 — о параметрах предмета труда; от блоков 3 и 5 — о передвижении машины по лесосеке (траектория и характер движения); от блоков 7, 10 и 11 — о движении отдельных узлов машины. Указанные расчетные действия лучше поручить автоучетчику.

Основная часть эвритма — совокупность действий, относящихся к блокам 7 и 10 (7 или 11), которые соответствуют главным функциям ВПМ ЛП-19. Для схемы на рис. 2 возможны два варианта технологии работы (с подсортировкой деревьев или без подсортировки). В общем случае можно построить обобщенный эвритм для всего класса валочно-пакетирующих машин. Кроме того, каждый блок можно

расчленив на отдельные элементарные действия. В итоге возможна детальная проработка процесса функционирования человек — машина в конкретных условиях.

После объединения эвристик конкретных систем машин в более обобщенную схему появляется возможность абстрагирования от конструктивных особенностей и проведения анализа различных вариантов технологических процессов. Это позволит выделить наиболее характерные и значимые элементарные действия, которые в дальнейшем можно использовать при синтезе новых технологических решений. Одновременно для заданного варианта технологического процесса, полученного на основе синтеза из наиболее эффективных действий, можно провести поиск новых конструктивных решений.

Эвристическое моделирование лесозаготовительного процесса позволит разработать более эффективные математические модели оптимизации параметров систем машин. Кроме того, результаты анализа эвристических моделей и эвристик могут найти применение:

- 1) для разработки эффективных экономико-математических моделей с целью использования в АСУТП;
- 2) для разработки теории поискового проектирования технологии и техники лесозаготовок;
- 3) при модернизации существующего оборудования;
- 4) в исследованиях эргономических условий работы оператора;
- 5) для улучшения процесса обучения студентов с использованием функционального подхода, а также при подготовке операторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бьялюк Я. О. Вопросы повышения эффективности работы человека-оператора в автоматизированной системе проектирования: Дис. . . . канд. техн. наук. — Киев: ИК АН УССР, 1977. — 191 с. [2]. Грамп Е. А. Управление по целям: теория и практика. — М.: Информэлектро, 1976. — 56 с. [3]. Ивахненко А. Г., Зайченко Ю. П., Димитров В. Д. Принятие решений на основе самоорганизации. — М.: Сов. радио, 1976. — 280 с. [4]. Кондаков Н. И. Логический словарь. — М.: Наука, 1971. — 656 с. [5]. Крилицкий Н. А. Алгоритмы вокруг нас. — М.: Наука, 1977. — 224 с. [6]. Лисковская М. А. Об основных принципах создания автоматизированной системы проектирования алгоритмического обеспечения АСУТП и средствах их реализации. — В кн.: Системный анализ промышленного производства. Киев: ИК АН УССР, 1979, с. 24—38. [7]. Мейстер Д. Эргономические основы разработки сложных систем. — М.: Мир, 1979. — 456 с. [8]. Половинкин А. И., Соболев А. Н., Мазуркин П. М. Разработка специализированного эвристического метода поиска новых технических решений. — В кн.: Применение математических методов и ЭВМ в управлении лесной промышленностью: Сб. науч. тр. М., 1980, с. 140—146. [9]. Системный анализ и структурное моделирование целенаправленных систем. — М.: Информэлектро, 1978. — 56 с. [10]. Скурихин В. Н., Дубровский В. В., Шифрин В. Б. АСУ ТП. Предпроектная разработка алгоритмов управления. — Киев: Наукова думка, 1980. — 296 с. [11]. Цветков В. Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. — Минск: Наука и техника, 1979. — 264 с.

Поступила 16 января 1981 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630\*226 : 630\*31 (470.342)

О ПУТЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ ТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ  
В БОЛЕЕ ПРОДУКТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ

Т. С. ЛОБОВИКОВ, В. К. РЕЗАНОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Возможности удовлетворения возрастающих потребностей в древесине и других полезностях леса определяются не только современным состоянием лесов, но и эффективностью воспроизводства лесных ресурсов в целом.

Леса многолесных районов европейской части страны, в частности Кировской области, характеризуются пониженной продуцирующей способностью в силу значительной доли спелых и перестойных насаждений, в которых прирост практически балансируется с отпадом\*. Эффективность воздействия на такие насаждения в целях повышения их продуктивности ограничена вследствие их слабой реакции на эти меры.

Для последующего эффективного продуцирования и использования лесов, снижения потерь в ходе эксплуатации необходимо их омоложение, «достигаемое путем форсированной рубки спелых и перестойных древостоев» [1, с. 32].

Эксплуатация лесов только сплошными рубками влечет, как правило, значительные негативные последствия. Это потери на приросте в период возобновления, нередкая смена пород (особенно в ельниках), развитие эрозийных процессов на вырубках, прямые потери в виде оставления неликвидной древесины на лесосеках, уничтожение и повреждение значительного количества подроста и тонкомера; при большом масштабе сплошных вырубок возможно общее снижение роли леса как средозащитного фактора.

Несплошные рубки в существенной степени свободны от таких последствий. Леса, пройденные разумно форсированной и оптимальной по интенсивности несплошной рубкой, обретают способность чутко отзываться увеличением прироста [2].

Средством разрешения противоречия между современным состоянием лесного фонда и возможностью удовлетворения потребностей народного хозяйства в древесине является трансформация лесов со значительным избытком спелых и перестойных насаждений. Она заключается в рациональном сочетании сплошных и несплошных рубок главного пользования, обеспечивающих омоложение лесов, улучшение их состава и структуры, с лесохозяйственными мероприятиями по управлению ходом роста и развития насаждений.

Трансформация должна быть направлена на достижение желательного состояния лесов, фиксируемого надлежаще обоснованными моделями программных лесов.

\* Так, в ельниках Кировской области (их доля 31 %) спелые и перестойные древостои занимают 46 % лесопокрытой площади; в Шабурском, Опаринском, Синегорском и Нагорском лесхозах (север области) соответственно 63, 56, 55 и 45 %.



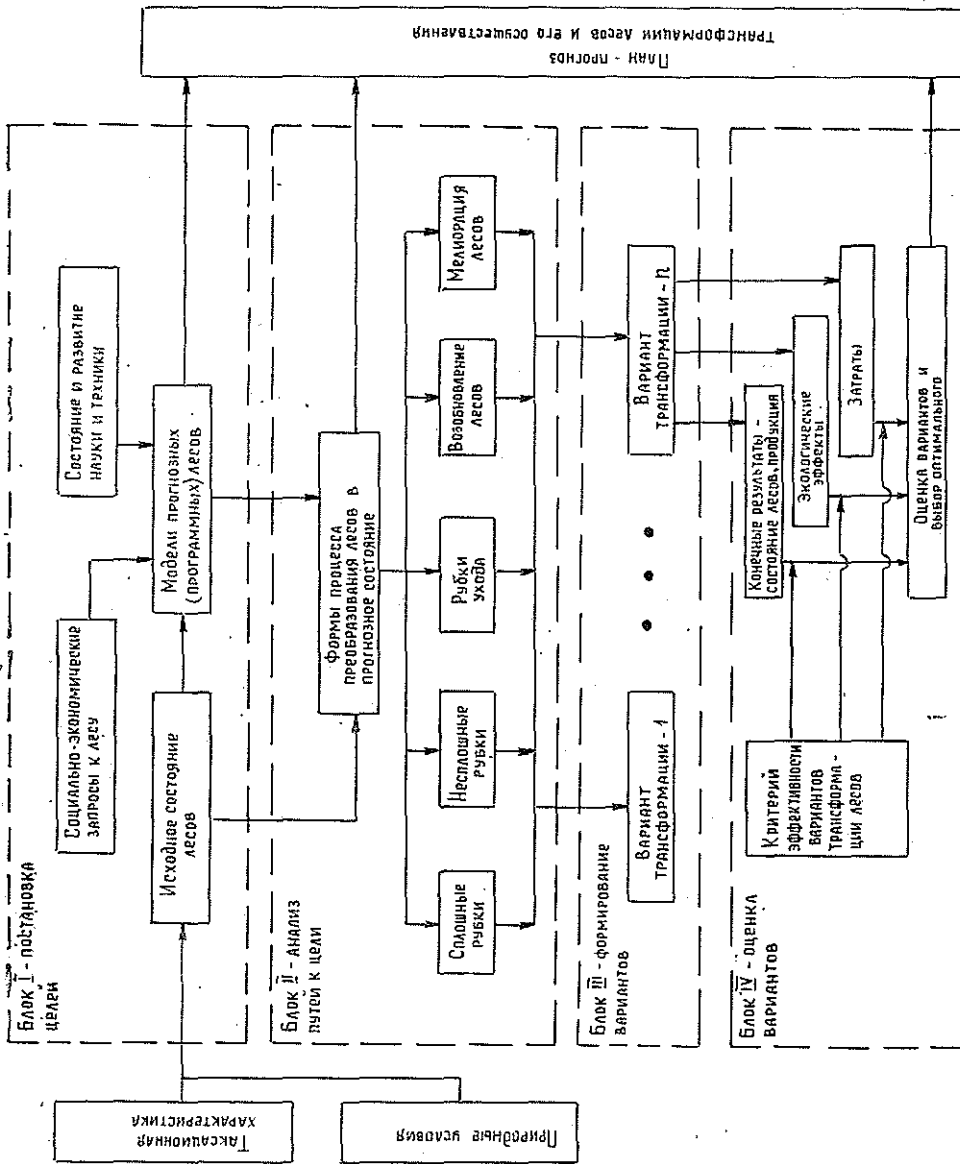


Рис. 1.

Сочетание рубок и других мероприятий должно обеспечить ускоренное поспевание насаждений с максимальным приближением их к моделям программных (эталонных) лесов.

На наш взгляд это единственно правильный и наиболее экономичный путь развития лесного хозяйства и лесопользования [2]. Учитывая длительность лесовыращивания и ограниченность резервов лесопользования в европейской части страны, эту проблему необходимо решать уже сейчас. Очевидно, что возникает задача достаточно углубленного анализа возможных путей трансформации и оценки их эффективности.

Приведенная на рис. 1 системограмма наглядно раскрывает рекомендуемый подход к решению задачи.

Формируя варианты трансформации, необходимо закладывать в них такие мероприятия, которые существенным образом отличают их друг от друга по продуктивности, формам и степени воздействия на лесной фонд.

По нашему мнению, подлежат рассмотрению следующие основные варианты: 1) сочетание сплошных и несплошных рубок (в различных соотношениях), которые, дополняясь рубками ухода, перерастают в комплексные; 2) применение только сплошных рубок, отражающее преимущественные в наше время формы освоения лесов. Рассмотрение этих форм обеспечит оценку современной эксплуатации и перспектив изменения лесного фонда и даст базу для сравнения и оценки других вариантов.

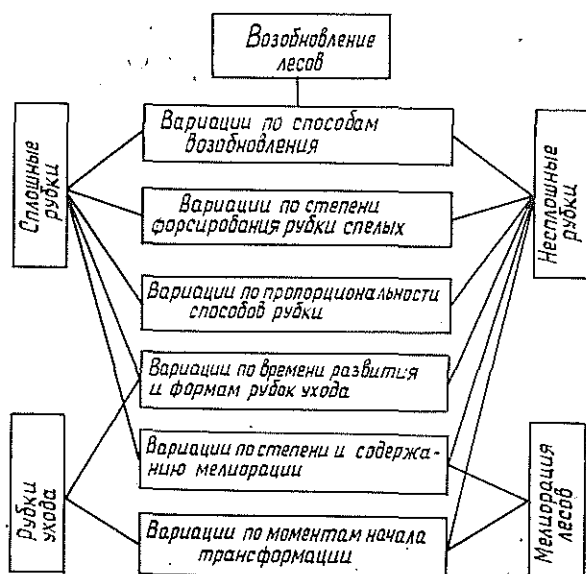


Рис. 2.

Каждый из этих основных вариантов надлежит развернуть в систему вариаций второго порядка (рис. 2), различающихся долей тех или иных способов возобновления, объемами и видами рубок ухода, масштабами осушения и применения удобрений. Кроме того, подварианты должны различаться степенью форсирования рубок спелых и перестойных насаждений (задается параметрически годовыми объемами заготовок), а также моментами начала тех или иных мероприятий.

В процессе трансформации происходит качественное и количественное изменение состояния лесов, растет их продуктивность и реализуется определенное количество древесины, неодинаковое по вариантам.

В критерии эффективности трансформации должны быть учтены как оценка прогнозного состояния насаждений, так и оценка реализуемой в ходе трансформации продукции.

Должно быть принято во внимание, что сплошная вырубка спелых и перестойных древостоев обеспечивает более рациональное преобразование и повышение качества будущих лесов при условии искусственного восстановления элитным посадочным материалом, с расчетом на

достижение оптимальных структур будущих насаждений. Но с нею связаны: 1) растягивание процесса трансформации на период, в течение которого предполагается вырубка современных спелых лесов; 2) отсутствие пригодных для рубки насаждений в течение всего периода созревания леса на вырубках; 3) необходимость значительных затрат на искусственное восстановление и последующий уход за молодняками.

При рациональном сочетании сплошных и несплошных рубок, обеспечивающих не вырубку, а омолаживание лесов и перевод их в наиболее продуцирующие в относительно короткие сроки, может быть получено большое количество древесины с каждого гектара площади в течение оборота рубки (оборота хозяйства) и в большей степени гарантируется непрерывность лесопользования.

Критерий эффективности должен включать в себя и изменение экологических эффектов (как отрицательных, так и положительных) и определяться как отношение суммарного эффекта преобразования лесов к приведенным затратам за весь период трансформации.

Вопрос экономической оценки лесного фонда (насаждений) при построении критерия представляет особую проблему, которая в данной статье не затрагивается.

Наряду с основными надлежит использовать и дополнительные критерии. Одним из них может быть показатель, характеризующий степень приближения достигнутых по вариантам параметров лесного фонда к моделям программных лесов. Этот показатель может выступать в качестве мерила потерь от неполного использования потенциальных возможностей лесных земель и связанных с этим «скрытых» потерь общества.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Анучин Н. П., Лопухов Е. И. Об основах лесоустройства. — Лес, 1946, № 5—6, с. 24—35. [2]. Лобовиков Т. С. Экономические проблемы прогнозирования лесопользования. — Тез. докл. по второму совещ. лесничих Ленинградской области (апрель 1968 г.). Л., 1968, с. 14—22.

Поступила 22 апреля 1981 г.

УДК 630\*61 : 630\*79

### ОПТИМИЗАЦИЯ ОБЪЕМОВ, СТРУКТУРЫ И РАЗМЕЩЕНИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ В НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. ЗАЗЕ, М. А. ЛОБОВИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Повышение эффективности использования древесного сырья достигается, в частности, выбором рациональных форм организации деревоперерабатывающих производств, что приобретает особо важное значение при организации комплексных лесных предприятий в районах с интенсивным ведением лесного хозяйства. В леспромхозах и лесхозах таких районов имеются значительные ресурсы древесного сырья, получаемого главным образом при проведении рубок ухода. Организация его переработки должна основываться на оптимизационных расчетах. В этих целях предлагается экономико-математическая модель определения наиболее целесообразных, с точки зрения народного хозяйства,

объемов, структуры и размещения деревоперерабатывающих производств, выработки разных видов продукции из древесного сырья. Критерием оптимальности модели принята расчетная прибыль [1], устанавливаемая с учетом транспортных расходов на доставку сырья.

В современной литературе имеется немало разработок по названной проблеме. Однако предлагаемый подход к ней имеет ряд особенностей. Во-первых, авторы считают, что вопросы загрузки существующих и вновь создаваемых мощностей целесообразно решать отдельными экономико-математическими моделями. Во-вторых, для решения задачи используются пакеты прикладных программ современных ЭВМ, позволяющие устранить повторные итерационные расчеты [2]. В-третьих, необходим учет ущерба от возможной недогрузки производственных мощностей; дело в том, что требование полной загрузки оборудования в ряде случаев влечет неоправданные транспортные издержки, снижающие общий экономический эффект по совокупности рассматриваемых предприятий.

С учетом сказанного построим экономико-математическую модель, введя обозначения:

- $i$  — предприятия-поставщики сырья или отходов;
- $j$  — размерно-качественная группа сырья или отходов;
- $k$  — предприятия-потребители сырья или отходов;
- $l$  — вид продукции;
- $m$  — типовые мощности.

Для расчета экономико-математической модели должны быть известны следующие величины:

- $p^I$  — прибыль с учетом транспортных затрат, р./м<sup>3</sup> сырья;
- $p^{II}$  — прибыль от переработки вторичного сырья, р./м<sup>3</sup> вторичного сырья;
- $p^{III}$  — прибыль от реализации сырья в круглом виде, р./м<sup>3</sup> сырья;
- $p^{IV}$  — плата за производственные фонды, р./м<sup>3</sup> мощности;
- $p^V$  — убытки от недогрузки оборудования, р./м<sup>3</sup> недогрузки по сырью;
- $A$  — объем сырья, м<sup>3</sup>;
- $B$  — типовая мощность, м<sup>3</sup> сырья;
- $K$  — лимит по капитальным вложениям, р.;
- $q$  — капитальные вложения, р./цех;
- $\gamma$  — норма образования отходов при переработке первичного сырья;
- $\alpha$  — коэффициент приведения нормы расхода сырья в сопоставимый вид.

Для искомым величин введем следующие обозначения:

- $x^I$  — объем переработки, м<sup>3</sup>;
- $x^{II}$  — объем переработки отходов, м<sup>3</sup>;
- $x^{III}$  — объем вывоза древесины из рассматриваемых предприятий, м<sup>3</sup>;
- $x^{IV}$  — кратность типовой мощности;
- $x^V$  — неиспользованный резерв мощности, м<sup>3</sup>.

Сформулированная задача является задачей линейного программирования и сводится к определению неизвестных величин  $x$ , для которых значение целевой функции

$$Z = \sum_{ijlmk} p_{ijlmk}^I x_{ijlmk}^I + \sum_{ijlmk} p_{ijlmk}^{II} x_{ijlmk}^{II} + \sum_{ij} p_{ij}^{III} x_{ij}^{III} - \sum_{lmk} p_{lmk}^{IV} x_{lmk}^{IV} - \sum_{lmk} p_{lmk}^V x_{lmk}^V \quad (1)$$

достигает максимума.

Необходимо учесть также следующие ограничительные условия.

1. Объем первичного сырья может быть переработан на создаваемых мощностях ( $x^I$ ) или реализован в круглом виде вне рассматриваемых предприятий ( $x^{III}$ ), если общий объем капитальных вложений недостаточен для организации его переработки:

$$A_{ij} = \sum_{lmk} x_{ijlmk}^I + x_{ij}^{III}. \quad (2)$$

2. При переработке первичного сырья образуются отходы ( $x^{II}$ ), которые снова могут поступить в переработку:

$$0 = \sum_{lmk} x_{ijlmk}^I \gamma_{jm} - \sum_{lmk} x_{ijlmk}^{II}. \quad (3)$$

3. Объем переработки, состоящей из первичного сырья и отходов, должен быть кратен одной из типовых мощностей ( $x^{IV}$ ) с учетом резервной мощности от недогрузки оборудования ( $x^V$ ):

$$0 = \sum_{ij} x_{ijlmk}^I \alpha_{jmk} + \sum_{ij} x_{ijlmk}^{II} \alpha_{jmk} - B_{lmk} x_{lmk}^{IV} + x_{lmk}^V. \quad (4)$$

4. Объем использованных капитальных вложений должен быть меньше или равен лимиту капитальных вложений:

$$K \geq \sum_{lmk} x_{lmk}^{IV} q_{lmk}. \quad (5)$$

Структура исходной матрицы приводится в табл. 1.

Таблица 1

Структура симплекс-матрицы задачи

Ограничения			$p_{ijlmk}^I$	$p_{ijlmk}^{II}$	$p_{ij}^{III}$	$p_{lmk}^{IV}$	$p_{lmk}^V$
Вид	Величина	Тип					
Ресурсы сырья	$A_{ij}$	=	[1]		[1]		
Загрузка оборудования	0	=	[ $\gamma$ ]	[ $-1$ ]			
Объемы вторичного сырья	0	=	[ $\alpha$ ]	[ $\alpha$ ]			
Лимит капитальных вложений	$K$	>				[ $B$ ]	[1]

Исследование работоспособности модели и экспериментальные расчеты проводили на примере одного лесхоза и двух работающих на его территории леспромхозов Новгородской области. При этом рассматривали организацию производств технологической щепы, пиломатериалов и тары в объемах, согласованных с типовыми мощностями ведущего оборудования. Расстояние между предприятиями — от 15 до 40 км. Поставки сырья осуществляются автомобильным транспортом.

Исходное сырье подразделяется по видам на деловую древесину, технологические дрова и лесосечные отходы. Удельная расчетная прибыль устанавливается на основе затрат по соответствующим типовым проектам с учетом транспортных расходов на перевозку сырья с одного предприятия на другое.

Результаты решения задачи в указанной постановке приведены в табл. 2.

Таблица 2

Предприятие-поставщик	Вид сырья	Объем сырья, тыс. м <sup>3</sup>	Объем переработки										Объем отходов по предприятиям, тыс. м <sup>3</sup>		Вывозка в круглом виде, тыс. м <sup>3</sup>	
			Анциферовский ЛПХ		Песский ЛПХ		Хвойнинский ЛХ		Песский ЛПХ	Хвойнинский ЛХ	—	—	—			
			щепы	пиломатериалы	щепы	щепы	щепы	щепы						щепы		щепы
			Типовые мощности, тыс. м <sup>3</sup> сырья										—	—		—
			11	37	11	29	20	11	20							
Анциферовский ЛПХ	Деловая древесина	5,0		9,0									1,8			
	Технологические дрова	15,0				5,0							2,5	5,0		
	Лесосечные отходы	7,0											—	—		
Песский ЛПХ	Деловая древесина	20,0		20,0									4,0			
	Технологические дрова	35,0				35,0							17,5			
	Лесосечные отходы	15,0			11,0								—	—		
Хвойнинский ЛХ	Деловая древесина	9,0		8,0									1,6			1,0
	Технологические дрова	10,0											—	5,0		
	Лесосечные отходы	8,0									8,0		—	—		
	Баланс отходов	—				27,4				10,0			27,4	10,0		
	Количество типовых мощностей, шт.	—	1	1	1	2				2			—	—		
	Недогрузка мощностей	—			1,6					4,0			—	—		

Установлено, что месторасположение Песского леспромхоза и относительно высокий уровень концентрации сырья в нем благоприятны для создания мощностей по лесопилению, таропилению и производству технологической щепы. В Анциферовском леспромхозе и в Хвойнинском лесхозе целесообразно организовать таропиление и производство щепы. Вне рассматриваемых предприятий следует перерабатывать 1,0 тыс. м<sup>3</sup> деловой древесины, отгружаемой Хвойнинским лесхозом в круглом виде. Отходы всех видов вследствие их низкой транспортабельности целесообразно перерабатывать на месте.

Таблица 3

## Основные показатели деятельности группы предприятий

Показатели	Объем вывозки, тыс. м <sup>3</sup>	Товарная продукция	Прибыль	Основные фонды	Объем переработки, тыс. м <sup>3</sup>		
					Пило-материалы	Тара	Щепа
тыс. р.							
До проведения оптимизации по предприятиям:							
Анциферовский ЛПХ	105	1325	- 232	2352	5,5	3,6	—
Песский ЛПХ	245	6785	729	4636	55,8	2,8	—
Хвойнинский ЛХ	48	967	389	428	4,5	1,3	—
Итого	398	9077	886	7416	65,8	7,7	—
Вновь организуемые мощности	128	3125	525	1583	26,0	30,0	64,0
Всего	526	12202	1411	8999	91,8	37,7	64,0

Расчеты показывают, что отнюдь не во всех случаях надлежит стремиться к полной загрузке мощности; небольшая недогрузка их нередко влечет меньше потерь, чем транспортные издержки по доставке недостающего количества сырья. В таких случаях показатель расчетной прибыли по совокупности предприятий снижается. В табл. 3 представлены некоторые технико-экономические показатели рассматриваемых предприятий до и после организации деревоперерабатывающих производств. При осуществлении предложенных мероприятий товарная продукция увеличивается на 36 % и балансовая прибыль возрастает на 60 %. Срок окупаемости составит около трех лет.

Полученные данные свидетельствуют, что применение методов оптимизации в перспективном планировании дает значительный экономический эффект.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Петров А. П. Организация комплексного использования лесных ресурсов. — М.: Лесн. пром-сть, 1978. — 184 с. [2]. Петров А. П., Гейзлер П. С. Модель оптимизации комплексного использования древесного сырья в лесоперерабатывающей промышленности. — Экономика и математические методы, 1976, т. 12, вып. 6.

Поступила 15 июня 1981 г.

УДК 630\*79+630\*6(571.12)

### ПРИРОДНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ ЛЕСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПОСТОЯННОГО ДЕЙСТВИЯ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

В. Н. МОНОКИН, Л. И. КУЗНЕЦОВА, Г. В. СТОЛЯРОВА

Тюменский НИИПлесдрев

Тюменская область занимает площадь 146,4 млн. га. С севера на юг она простирается на 2 тыс. км, с запада на восток — на 1,4 тыс. км [1].

Лесной фонд области составляет 94,54 млн. га с запасом древесины на корню 5,68 млрд. м<sup>3</sup>. Сосредоточен он в различных лесорастительных и экономических условиях. Согласно схемам лесорастительного районирования Западной Сибири ([2, 3, 4] и др.), лесоэксплуатацион-

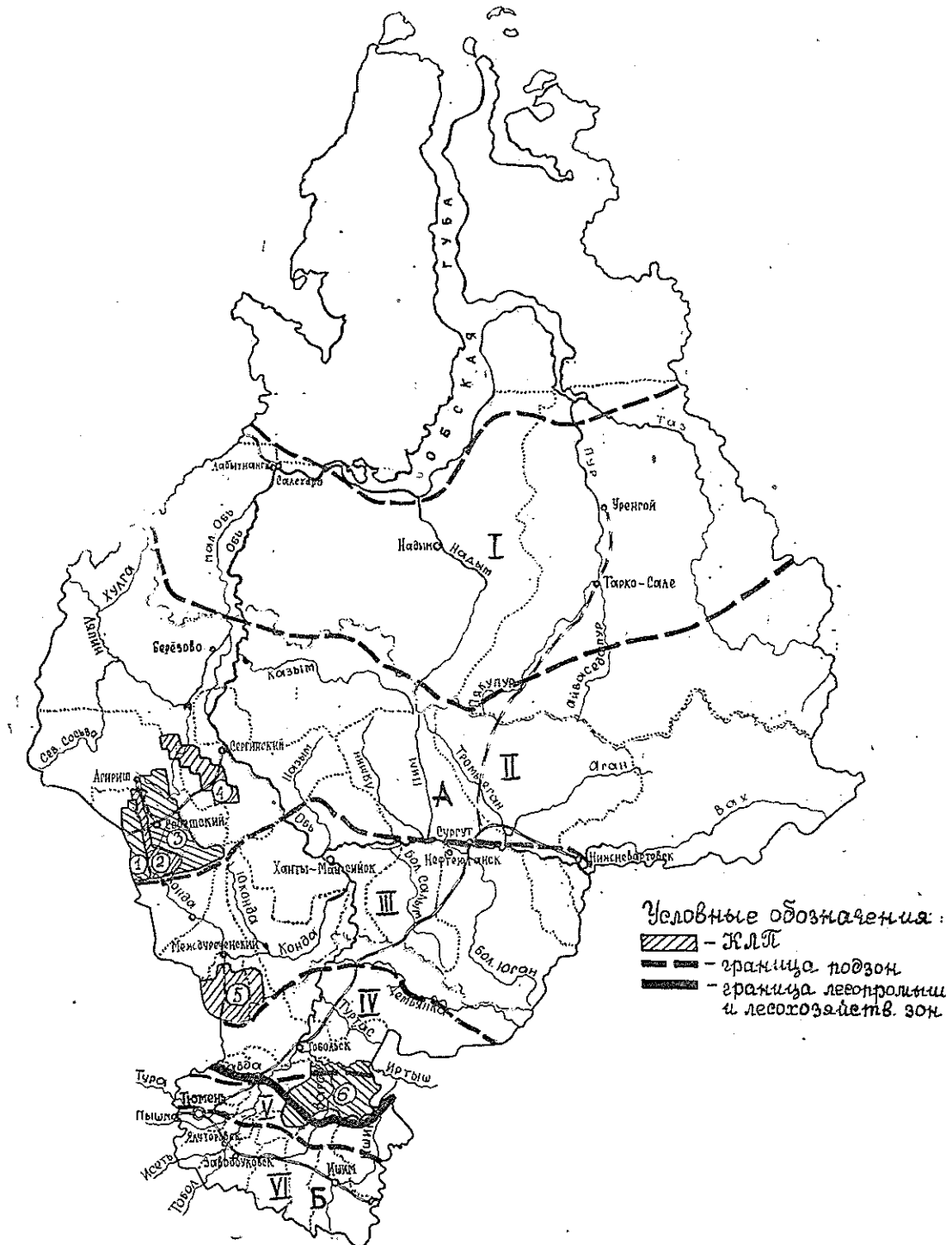


Схема природно-экономического районирования.

А — лесопромышленная зона; Б — лесохозяйственная зона; подзоны лесной зоны: I — предлесотундровых лесов; II — северной тайги; III — средней тайги; IV — южной тайги; V — предлесостепная; VI — лесостепная; комплексные предприятия: 1 — Пионерский; 2 — Комсомольский; 3 — Советский; 4 — Ун-Юганский; 5 — Куминский; 6 — Таповский.



ные леса Тюменской области относятся в основном к трем природно-растительным подзонам — северной, средней и южной тайги, а также лесостепной подзоне (см. рис.).

Из общей лесопокрытой площади около 90 % приходится на подзоны северной и средней тайги. В северных районах области (Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий округа) сосредоточено 80 % всей годичной лесосеки главного пользования. В этих районах, ввиду значительного переувлажнения почв и наличия большого количества болот (более 20 % от общей площади лесов), преобладают насаждения IV и V классов бонитета (по сосне класс бонитета IV,3, ели — IV,5).

На юге области в большинстве лесхозов лесные массивы значительно истощены, в составе лесонасаждений преобладают лиственные породы (береза, осина) — до 65 % по составу.

При обосновании выбора, территориального размещения и организации комплексных лесных предприятий постоянного действия в Тюменской области нами было проведено районирование территории по однородности природно-экономических признаков. Из природных факторов были приняты следующие:

наличие эксплуатационных (спелых и перестойных) насаждений, % от общего запаса;

средний запас эксплуатационных насаждений на 1 га лесопокрытой площади;

средний прирост на 1 га лесопокрытой площади;

средний состав лесонасаждений и наличие лиственных пород, %.

В качестве экономических факторов приняты:

1. Концентрация на 1 га общей площади: а) товарной продукции, р.; б) основных фондов, р.; в) себестоимости товарной продукции, р.; г) трудозатрат (на всех видах работ), чел.-дн.

2. Фактическая вырубка древесины с 1 га лесопокрытой площади.

3. Доля деревообрабатывающих производств в общем объеме товарной продукции, %.

По показателям природных факторов были выделены две зоны — малолесная (лесохозяйственная) и многолесная (лесопромышленная). Средние показатели природных факторов по зонам приведены в табл. 1. Каждая зона имеет специфические особенности.

Лесопромышленную зону характеризуют:

1. Высокая концентрация лесозаготовительного производства. В Тюменьлеспроме по отчету за 1980 г. лесозаготовками занимались 18 предприятий, в пяти объем вывозки превысил 500 тыс. м<sup>3</sup>, в семи — 400 тыс. м<sup>3</sup> и только шесть леспромхозов (33,3 % от общего количества предприятий) заготовили менее 400 тыс. м<sup>3</sup> каждый. Из общего количества вывезенной древесины по объединению 86,9 % заготовлено в Ханты-Мансийском автономном округе, т. е. в северной части области.

2. Наличие большого количества самозаготовителей. Так, в Пионерском лесокомбинате (бывшем лесхозе) работают три леспромхоза Министерства сельского хозяйства, один леспромхоз Министерства транспортного строительства и два леспромхоза Министерства лесной и деревообрабатывающей промышленности. Ведомственная разобщенность отрицательно влияет на использование заготовленной древесины, ведет к расстройству лесосырьевых баз, усложняет условия лесоэксплуатации, в связи с чем ежегодно увеличивается среднее расстояние вывозки древесины. Следствием ведомственной разобщенности является отставание лесовосстановления от рубки леса.

Зона	Площадь			общий, млн. м <sup>3</sup>
	лесопок- ртая, тыс. га	лесоэксплуатационная		
		тыс. га	% от лесопок- рытой	
Малолесная	121,7	28,8	23,7	9,4
Многолесная	2103,1	1691,1	80,4	250,9

3. Преобладание спелых и перестойных насаждений. В целом по лесосырьевым базам предприятий Тюменьлеспрома доля спелых и перестойных насаждений в общем запасе составляет 66,2 %. По отдельным леспромхозам (особенно расположенным у железных дорог Тавда — Сотник и Тюмень — Тобольск — Сургут) она превышает 80 %.

4. Низкий уровень развития лесного хозяйства. Расходы лесного хозяйства на 1 га лесной площади составляют по многолесной зоне от 0,1 до 1,5 р., в то время как по малолесной зоне эти расходы значительно выше.

В малолесную зону были отнесены лесхозы со следующими значениями природных факторов: наличие спелых насаждений до 30 % по площади и до 50 % по запасу; средний запас эксплуатационных насаждений до 100 м<sup>3</sup> на 1 га лесопокрываемой площади; средний прирост 1,7 м<sup>3</sup> и выше на 1 га лесопокрываемой площади; наличие в составе насаждений более 50 % лиственных пород.

При районировании по экономическим показателям внутри зон выделены более мелкие единицы — районы. По уровню развития производства в каждой зоне выделено три района: с низким уровнем (I), средним (II) и высоким (III). Интервалы значений экономических факторов при выделении районов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тип района	Товарная продукция, р.	Основные фонды, р.	Себестоимость товарной продукции, р.	Трудовые затраты, чел.-дн.	Вырубается с 1 га лесопокрываемой площади, м <sup>3</sup>	Доля деревообработки в объеме товарной продукции, р.	Затраты на ведение лесного хозяйства, к.
------------	------------------------	--------------------	--------------------------------------	----------------------------	---	--	--

## Многолесная зона

I	До 10	До 10	До 5	До 0,1	До 0,5	До 20	До 1,0
II	10—20	10—35	5—20	0,1—0,5	0,5—1,0	20—30	1,0—2,0
III	Свыше 20	Свыше 35	Свыше 20	Свыше 0,5	Свыше 1,0	Свыше 30	Свыше 2,0

## Малолесная зона

I	До 1	До 2	До 1	До 0,05	До 1	До 1	До 1
II	1—10	2—10	1—10	0,05—0,5	1—2	—	1,5

В первый район вошли предприятия, тяготеющие к сплаву (Сургутский, Нижневартовский леспромхозы), специализированные в основном на лесозаготовках, а также предприятия, не набравшие проектной мощности (Торский леспромхоз).

В район со средним уровнем интенсивности включены все производственные объединения (Тобольсклес, Туртаслес, Ханты-Мансийсклес, Сергинолес и два леспромхоза — Няганский и Ю-Кондинский), осуществляющие лесозаготовки, лесопиление, прочие виды переработки. Почти на всех предприятиях имеется вывозка древесины для сплава.

Таблица 1

Запас		Средний запас на 1 га лесопокрытой площади, м³	Средний прирост на 1 га лесопокрытой площади, м³	Состав лесонасаждений, %	
лесоэксплуатационный				хвойных	лиственных
млн. м³	% от общего				
3,8	40,3	77,3	2,0	35,0	65,0
189,6	75,6	119,3	1,16	76,9	23,1

Остальные предприятия Тюменьлеспрома включены в район с высоким уровнем развития производства. Это леспромхозы, примыкающие к железным дорогам Ивдель — Обь, Тавда — Сотник и расположенные на юге области. Все они имеют по одному нижнему складу с грузооборотом не менее 400 тыс. м³ древесины в год, одному лесопункту, лесопильные двухрамные цеха и узлы по переработке низкокачественной древесины и отходов.

Таблица 3

Тип района	Предприятия Тюменьлеспрома	Концентрация на 1 га лесопокрытой площади				Вырубается с 1 га лесопокрытой площади, м³	Доля деревообработки в объеме товарной продукции, %
		Товарная продукция, р.	Основные фонды, р.	Себестоимость товарной продукции, р.	Трудовые затраты, чел.-дн.		
I	Нижневартовский ЛПХ	10,5	9,5	9,6	0,2	0,8	1,6
	Сургутский »	7,7	5,7	6,1	0,1	0,6	—
	Торский »	5,1	9,6	6,4	0,01	0,2	19,1
II	Среднее по району	7,3	8,2	6,6	0,1	0,5	6,2
	Тобольсклес	11,7	25,8	11,1	0,4	0,9	22,8
	Туртаслес	8,8	30,6	9,5	0,3	0,7	3,7
	Ханты-Мансийсклес	13,9	29,6	14,7	0,2	0,5	64,3
	Сергинолес	14,2	71,1	16,5	0,5	0,9	25,2
	Няганьский ЛПХ	13,2	22,6	12,7	0,2	0,6	22,4
	Ю-Кондинский »	16,7	44,3	16,7	0,4	1,1	19,8
III	Среднее по району	13,0	35,2	13,4	0,3	0,7	23,6
	Кондинский ЛПК	23,9	42,4	24,6	0,3	1,0	38,8
	Советский »	37,6	46,3	37,9	0,5	1,8	26,0
	Зеленоборский ЛПХ	48,6	72,3	49,1	0,8	1,9	29,7
	Комсомольский »	79,6	94,6	70,3	0,8	2,7	46,0
	Куминский »	43,0	75,0	38,8	1,0	2,5	25,0
	Пионерский »	45,6	56,0	44,8	0,5	1,7	42,3
	Самзасский »	32,6	57,0	29,8	0,5	1,4	20,0
	Таповский »	19,2	65,0	21,0	0,5	1,1	39,4
	Ун-Юганский »	33,0	52,4	31,5	0,5	1,4	26,7
	Среднее по району	34,0	54,6	33,3	0,5	1,4	35,0
	Среднее по объединению	18,3	33,6	18,0	0,3	0,9	28,7

Из табл. 3 видно, что по району с высоким уровнем развития производства выпуск товарной продукции на 1 га лесопокрытой площади составил 34 р., что в 2,6 раза больше, чем по району со средним уровнем развития и почти в 5 раз больше, чем по району с низким уровнем развития.

Съем древесины с 1 га по III району равен 1,4 м³, что в 2 раза больше, чем по II, и в 2,8 раза больше, чем по I району.

Уровень комбинирования производств (доля переработки древесины в объеме товарной продукции) по III району почти в 6 раз больше, чем по I.

Проведенное районирование позволило выделить достаточно однородные в природном и экономическом отношении районы, установить очередность перевода лесхозов и леспромхозов на непрерывное пользование лесом и определить тип комплексного лесного предприятия.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Комплексное районирование лесов Тюменской области: Методические рекомендации. — Свердловск: Ин-т экологии растений и животных УНЦ АН СССР, 1980. — 86 с. [2]. Крылов Г. В., Потапович В. М., Кожеватова Н. Ф. Типы леса Западной Сибири. — Новосибирск, 1958. — 207 с. [3]. Смолоногов Е. П., Никулин В. И. Природные и экономические условия эксплуатации лесов в южной части Уральского Приобья. — Свердловск, 1963. — 119 с. [4]. Информационный бюллетень Научного совета по комплексному освоению таежных территорий. — Иркутск: СО АН СССР, 1969. — 126 с.

Поступила 30 мая 1981 г.

УДК 658.27.003.13

### АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ ЛЕСОПИЛЬНО-ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

С. Д. БАДМАЕВА

Ленинградская лесотехническая академия

Применяемые в настоящее время методы анализа не позволяют установить основные направления совершенствования технологических процессов и машинной техники, обеспечивающих повышение фондоотдачи. Это предопределяет необходимость в нахождении аналитических выражений, оценивающих эффективность использования производственных фондов и вскрывающих производственно-физическую сущность выполняемого технологического процесса.

Показатель фондоотдачи (ФО) не всегда отражает интенсивность использования фондов. Так, например, увеличение объема товарной продукции за счет изменения ее материалоемкости и улучшения качества повышает фондоотдачу, не являясь результатом более интенсивного использования оборудования. Изменение стоимости фондов также не всегда характеризует их производственный потенциал.

В настоящей статье рассматриваются основные факторы, влияющие на эффективность использования активной части фондов. Выражение, устанавливающее значение фондоотдачи (активной части фондов), имеет вид:

$$FO = \frac{ТП}{\Phi_{ак}}$$

где ТП — объем товарной продукции;

$\Phi_{ак}$  — стоимость активной части фондов.

Объем товарной продукции (ед. (р.)/год) может быть установлен через часовую производительность предприятия ( $П_{чп}$ ), годовой фонд времени одного рабочего ( $\Phi_{р.в}$ ) в часах и коэффициент сменности ( $K_{см}$ ), т. е.

$$ТП = П_{чп} \Phi_{р.в} K_{см}. \quad (1)$$

По аналогии с рациональной формулой производительности труда [1] часовая производительность предприятия (ед.(р.)/ч) может быть выражена как

$$П_{чн} = \frac{\Phi_n \Sigma N_n}{g_э}, \quad (2)$$

где  $\Phi_n$  — фактор интенсивности использования оборудования;  
 $\Sigma N_n$  — суммарная номинальная мощность оборудования, кВт;  
 $g_э$  — удельная энергоемкость продукции, кВт·ч/ед. (р.).

Особый интерес представляет фактор интенсивности использования оборудования, характеризующий степень использования его энергетического потенциала во времени [2]. Он определяется как произведение коэффициента полезного использования времени ( $\eta_t$ ) и коэффициента использования номинальной мощности оборудования ( $\eta_N$ ), т. е.

$$\Phi_n = \eta_t \eta_N.$$

Фактор интенсивности использования оборудования объективно характеризует степень его загрузки во времени. Рисунок иллюстрирует этот показатель.

Как видно из рисунка, площадь  $F$ , равная произведению суммарной мощности оборудования  $\Sigma N_n$  и его планового фонда рабочего времени  $T$ , определяет номинальный энергетический потенциал, а площадь  $f$ , равная произведению фактически реализованной мощности  $\Sigma N$  и отработанного рабочего времени  $t$ , представляет фактический расход энергии за рассматриваемый период.

Проведенные исследования [3] позволили установить значения фактора интенсивности использования различных видов головного лесопильного оборудования: лесопильных рам РД75-6, ленточнопильных станков ЛБ-150 и линий агрегатной переработки бревен ЛАПБ. Наибольшие значения  $\Phi_n$  характеризуют интенсивность использования ЛАПБ (0,44), что объясняется непрерывностью процесса пиления на этих агрегатах; наименьшие значения соответствуют ленточнопильным станкам (0,07). Для лесопильных рам эта величина равна 0,29.

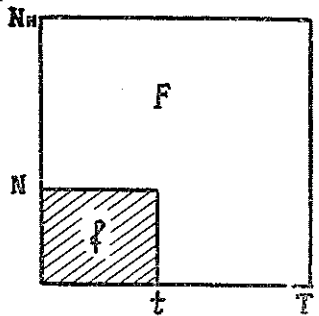
С учетом приведенных выражений (1) и (2) фондоотдача может быть определена как

$$\Phi O = \frac{\Phi_n \Sigma N_n \Phi_{р.в} K_{см}}{g_э \Phi_{ак}} = \frac{\Sigma \mathcal{E}_{год}}{g_э \Phi_{ак}}. \quad (3)$$

Как видно, числитель выражения (3) представляет фактический суммарный годовой расход энергии предприятием. При известных значениях суммарной номинальной мощности оборудования и его планового фонда рабочего времени фактор интенсивности  $\Phi_n$  определяется по формуле

$$\Phi_n = \frac{\Sigma \mathcal{E}_{год}}{\Sigma N_n \Phi_{р.в} K_{см}}. \quad (4)$$

Приведенное выражение показывает, что фактор интенсивности использования оборудования — основной показатель, характеризую-



Фактор интенсивности использования оборудования

$$\Phi_n = \frac{f}{F}.$$

щий степень использования номинальных мощностей установленного оборудования и планового фонда времени.

Второй показатель, определяющий значения фондоотдачи, — удельная энергоемкость  $g_3$ , кВт·ч/ед.(р.), характеризующая количество энергии, расходуемой на единицу произведенной продукции. Этот показатель может быть установлен по формуле

$$g_3 = \frac{\Sigma \mathcal{E}_{\text{год}}}{T\Pi} . \quad (5)$$

Третий показатель, входящий в выражение для определения фондоотдачи (3), — стоимость активной части фондов  $\Phi_{\text{ак}}$ . Анализ этого показателя должен включать определение показателя удельной мощности, отнесенной к стоимости фондов  $N_{\text{ф}}$  (кВт/тыс. р.). Этот показатель обуславливается степенью энергонасыщенности оборудования, выражаемой его удельной мощностью, отнесенной к массе оборудования  $N_{\text{уд}}$  (кВт/т), и удельно-стоимостным показателем  $C_G$  (р./т), характеризующим стоимость 1 т конструкционной массы оборудования. Выражение показателя удельной мощности, отнесенной к стоимости фондов (кВт/тыс. р.), имеет следующий вид:

$$N_{\text{ф}} = \frac{10^3 N_{\text{уд}}}{C_G} . \quad (6)$$

Значения этого показателя могут быть установлены как для отдельных групп, так и для всего оборудования рассматриваемого предприятия.

В качестве примера в таблице приведены значения названных показателей для лесопильных рам.

Марка оборудования	Масса $G_r$ , т	Номинальная мощность $N_n$ , кВт	Стоимость, р.	Удельная мощность, отнесенная к массе $N_{\text{уд}}$ , кВт/т	Стоимость 1 т массы $C_G$ , р./т	Удельная мощность, отнесенная к стоимости фондов $N_{\text{ф}}$ , кВт/тыс. р.
РД50-3	16	114	12600	7,1	787	9,06
РД75-6	16,8	90	12300	5,3	732	7,27
РД75-7	15,9	110,9	11500	6,98	721	9,72
РД110-2М	21,3	145	15500	6,8	727	9,37

Как видно из приведенных данных, современный уровень машиностроения характеризуется стабильностью показателя  $C_G$ , определяющего стоимость 1 т конструкционной массы лесопильных рам. Такое же положение имеет место и в других отраслях машиностроения при выпуске освоенных образцов. При заданном значении показателя  $C_G$  удельная мощность, отнесенная к стоимости оборудования, обуславливается степенью его энергонасыщенности, т. е. удельной мощностью, отнесенной к массе. Из таблицы видно, что среднее значение  $N_{\text{уд}}$  для лесопильных рам РД50-3, РД75-7 и РД110-2М составляет примерно 7 кВт/т. Его снижение до 5,3 кВт/т у лесопильной рамы РД75-6 уменьшает значение показателя  $N_{\text{ф}}$ .

Стоимость активной части фондов (р.) может быть выражена для каждой группы оборудования через суммарную массу оборудования данной группы и стоимость 1 т конструкционной массы:

$$\Phi_{ак} = \Sigma G_i C_G. \quad (7)$$

Подставляя выражение (7) в (3), находим

$$\Phi O = \frac{\Phi_{и} \Sigma N_{и} \Phi_{р.в} K_{см}}{g_э \Sigma G_i C_G}.$$

Учитывая, что  $\Sigma N_{и} / \Sigma G_i = N_{уд}$ , а  $\Phi_{р.в} K_{см} = T$ , получаем

$$\Phi O = \frac{\Phi_{и} N_{уд} T}{g_э C_G}.$$

Поскольку  $N_{уд} / C_G = N_{ф}$ , то фондоотдача может быть представлена в следующем виде:

$$\Phi O = \frac{\Phi_{и} N_{ф} T}{g_э}. \quad (8)$$

Полученное выражение вскрывает производственно-физическую сущность показателя фондоотдачи и устанавливает основные направления повышения эффективности использования фондов. Этими направлениями являются:

повышение значений фактора интенсивности использования оборудования, т. е. использования его энергетического потенциала во времени ( $\Phi_{и}$ );

увеличение фондов машинного времени оборудования ( $T$ );

совершенствование оборудования в направлении увеличения его энергонасыщенности ( $N_{уд}$ ,  $N_{ф}$ );

совершенствование технологических процессов в направлении повышения их энергетической экономичности, т. е. снижения удельной энергоемкости ( $g_э$ ).

Величины, входящие в выражение (8), могут быть легко установлены в производственных условиях, а их анализ позволяет определить имеющиеся резервы повышения эффективности использования фондов.

Приведенный метод анализа эффективности использования активной части основных фондов вскрывает производственно-физическую сущность выполняемых технологических процессов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бадмаева С. Д. Анализ резервов повышения производительности лесопильного оборудования. — В кн.: Технология и оборудование деревообрабатывающих производств. Л., 1978, с. 3—9. (Межвуз. сб. науч. тр.; Вып. 7). [2]. Бадмаева С. Д., Прохоров В. Б. О частных, комплексных и критериальных показателях эффективности использования машин. — В кн.: Машины и орудия для механизации лесозаготовок и лесного хозяйства. Л., 1978, с. 74—77. (Межвуз. сб. науч. тр.; Вып. 7). [3]. Песоцкий А. Н., Бадмаева С. Д. Об энергетических показателях лесопильного процесса. — Деревообаб. пром-сть, 1980, № 7, с. 18—19.

Поступила 21 июля 1981 г.

## ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

УДК 06.091

**М. В. ЛОМОНОСОВ И ИСТОКИ НАУКИ О ЛЕСЕ  
И ЛЕСНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ**

(к 270-летию со дня рождения М. В. Ломоносова)

*И. С. МЕЛЕХОВ*

Московский лесотехнический институт

«В результате огромной, напряженной работы ученых разных специальностей — естествоиспытателей, историков и литературоведов — за советские годы творческий образ Ломоносова раскрылся с поразительной полнотой».

*С. И. Вавилов*

Великий русский ученый-энциклопедист М. В. Ломоносов (1711—1765 гг.), широко известный как химик, физик, геолог и историк, а также как поэт и художник, не обошел своим вниманием и области лесной науки и лесного образования. А. С. Пушкин писал о нем: «Соединяя необыкновенную силу воли с необыкновенной силой понятия, Ломоносов обнял все отрасли просвещения».

Известно, что М. В. Ломоносов уделял огромное внимание обучению и подготовке национальных кадров. По его инициативе открыт Московский университет; при этом М. В. Ломоносовым были разработаны учебный план и программы, подобраны преподаватели. По известному выражению А. С. Пушкина, Ломоносов сам был нашим первым университетом.

Многие мысли М. В. Ломоносова по педагогике, советы ученикам не утратили большого воспитательного значения для студенческой аудитории и сегодня. Обращаясь к слушателям, Ломоносов говорил: «Испытание природы трудно, . . . , однако приятно, полезно, свято» [6]; он предостерегал против «самохвальства, хвастовства, а паче всего лганья», призывал не терять «золотое молодых лет время» и посвятить его освоению наук [6, т. 9].

М. В. Ломоносов стоял и у истоков лесного образования в нашей стране.

В 1752 г. по указанию императрицы Елизаветы Петровны в Академию наук на заключение была направлена рукопись сочинения по лесоводству «лесного знателя» Фокеля (рис. 1)\*. Имя Фокеля вошло в историю русского лесоводства. Четверть века (с 1735 г. по 1760 г.) он проработал на лесном поприще в России. Его книга «Описание естественного состояния растущих в северных Российских странах лесов с различными примечаниями и наставлениями как оные разводить» сыграла положительную роль в подготовке лесных специалистов и для последующего развития русского лесоводства. Однако до того, как она вышла в свет, рукопись ее рассматривалась Академией наук, в соот-

\* Фотокопия письма была любезно предоставлена Г. И. Редько.



Вспомогательный текст, написанный в нескольких столбцах. В начале документа имеется дата: 1752. В конце документа присутствует подпись: *Ломоносов* и фраза: "По распоряжению..."

Основной текст документа, состоящий из нескольких абзацев. В начале документа имеется дата: 1752. В конце документа присутствует подпись: *Ломоносов*.

Рис. 1.

ветствии с упомянутым выше распоряжением. И прежде всего судьба книги Фокеля была определена М. В. Ломоносовым, который вместе с ботаником С. П. Крашенинниковым детально ознакомился с этой рукописью.

М. В. Ломоносов высказал свои взгляды на написание учебника по лесоводству, дал соображения о подготовке специалистов лесного дела в России. Он представил доклад в Академию наук, о чем свидетельствует протокольная запись от 4 мая 1752 г. на латинском языке [13]. Сопоставление дат направления рукописи Фокеля (18 апреля 1752 г.) и ее официального рассмотрения в Академии (4 мая 1752 г.) показывает, что процедура прохождения ее в Академии заняла всего две недели (но на русском языке труд Фокеля был опубликован в 1766 г.).

4 Maii. Praesentibus Prof. Richmann, Prof. Lomonosoff, Prof. Krascheninnikoff, Prof. Grischoff, Prof. Popoff, Adj. Kleinfeld.

1) Cl. Academici perfecti domi Cl. Kratzenstcini itineris sui Archangelopolin suscipendi ratione in Conventu declararunt, quod ob defectum temporis hac in re aliquid statuere amplius non liceat. De quo decreto Cancellaria referendum est.

2) Mandato IMPERATORIAE MAJESTATIS hodie cum Cl. Academicis communicato iisdem Cl. Viris committitur, saluam Fockelii silviculturam Russiae examini subijcere, dicereque an ea ad edocendos discipulos idonea sit? et quid in hoc tractatu monendum ducant? Cum autem haec silvicultura Ampl. Lomonosowio Citoque Krascheninnikowio jam communicata et ab his examinata fuit, hic quoque Conventui scripto sententiam suam tradidit: idcirco Cl. Academici iudicio Ampl. Lomonosowii et Krascheninnikowii confidentes steterunt, dictam silviculturam non solum ad edocendos in hac scientia discipulos aptam, sed et dignam esse quae imprimatur: loca autem quaedam uti § 181, 182, 192 etc., quas ad scopum ab auctore sibi propositum in describendis arboribus non pertinent ideoque superflua aestimantur, efficienda sunt, illisque monendum, ut autographum Germanicum ad inquirendum in versionem Russicam exhibeat Academiae.

G. W. Richmann, M. Lomonosoff, Степанъ Крашенинниковъ, Никита Поповъ, M. Kleinfeld.

Рис. 2.

Протокольная запись от 4 мая 1752 г. (рис. 2) гласит:

«4 мая. В присутствии проф. Рихмана, проф. Ломоносова, проф. Крашенинникова, проф. Гришова, проф. Попова, адъюнкта Клейнфельда.

1) . . .

2) По поручению императорского величества сегодня с прославленными академиками в том же самом составе подвергнуть обсуждению труд лесничего Фокеля Лесоводство России и сказать пригодно ли оно для изучения учащимися, и что они в этом трактате извлекут для себя поучительного. После того как это Лесоводство уже было принято прославленными академиками Ломоносовым и Крашенинниковым и ими исследовано, он (Фокель. — И. М.) также передал вышеуказанному собранию свое мнение.



Ввиду этого прославленные академики согласно постановили в соответствии с мнением Ломоносова и Крашенинникова указанное Лесоводство не только принять для обучения в этой науке учеников, но и признать его достойным быть изданным.

Некоторые же места, как § 181, 182, 192 и др., которые не касаются задач, поставленных автором перед собой — описание деревьев, и поэтому считаются излишними, должны быть исключены, и его предупредили, чтобы он предъявил Академии немецкий текст для рассмотрения его в русском переложении.

*Г. Б. Рихман, М. Ломоносов, Степан Крашенинников, Никита Попов, М. Клейнфельд».*

Текст доклада, представленного М. В. Ломоносовым, к сожалению, неизвестен до сих пор. Отзыв же С. П. Крашенинникова (рис. 3) нам удалось разыскать в архиве Академии наук СССР [1]. С. П. Крашенинников критиковал язык рукописи Фокеля («Слог в книге так темен, что местами разумети нельзя»), отмечал ошибки в ботанической классификации древесных пород и, в частности, указал, что «...сочинитель во многих местах вступает не в свое дело, как например, в рассуждение о разности родов и о цветах, показывает тем, что оного дела не знает основательно. В § 181 и 182 доказывает он, что ильм и вяз не одного рода». Указав и на другие недостатки рукописи Фокеля, С. П. Крашенинников подчеркнул вместе с тем важность разработанной в ней темы и необходимость подобных книг, «которые однакож в рассуждении недостатка лесов во многих местах весьма надобны».

Лес был объектом внимания М. В. Ломоносова; он интересовал его как ученого. В собственноручном перечне предполагавшихся работ М. В. Ломоносова значится тема «О лесах». Эта же тема фигурирует в его записке «Мнение о учреждении государственной коллегии» (1760) [5, с. 284, 315]. М. В. Ломоносова глубоко интересовала проблема сбережения лесов путем их рационального использования (разрядка всюду наша. — *И. М.*). О ней он упоминает, в частности, когда поднимает вопрос об использовании торфа в России.

В труде «О слоях земных» М. В. Ломоносов пишет: «Что turf есть в России... Есть у нас не хуже Голландских луга, болота, топи, валежники, оброслые мхами... Но о сем пространнее должно изъясниться в нарочном рассуждении о збережении лесов, вместо коих служат на многих местах горные уголья» [4, с. 246]. В названном труде среди объектов его научного интереса значатся леса, тундры, болота, степи. Это выдающееся научное произведение, не утратившее интереса и в наши дни, М. В. Ломоносов назвал очень скромно, как дополнение к его труду по металлургии («Прибавление Второе к металлургии»). В этом одна из причин того, что оно не было замечено своевременно.

Ломоносов предвосхитил важные положения учения о лесе. Его всеобъемлющий гений успел проявиться в вопросах, близких для лесной науки, — о воздушном питании растений, о почве (особенно о гумусе), даже о роли различных древесных пород в образовании гумуса и др.

В своем капитальном сочинении «О слоях земных» («Прибавление Второе к металлургии») М. В. Ломоносов берет сосну в качестве одного из объектов для рассуждения о происхождении чернозема: «Откудуж новой сок сосны собирается и умножает их возраст; о том не будет спрашивать, кто знает, что многочисленные иглы нечувствительными скважинками почерпают в себя с воздуха жирную влагу, которая

тончайшими жилками по всему растению расходится и разделяется, обращаясь в его пищу и тело» [3].

Эти строки вместе с тем показывают, что на примере сосны М. В. Ломоносов затрагивает и другой важнейший вопрос науки — воздушное питание растений, причем он не сомневается в существовании воздушного питания, хотя и не в том виде, в каком оно было раскрыто наукой позднее (в конце XVIII в. — начале XIX в.) в виде фотосинтеза.

М. В. Ломоносов задумывался над вопросом воздействия электричества на растения. Он писал: «Электрическая сила, сообщенная к сосудам с травами, рращение их ускоряет». Эксперименты последних десятилетий, в том числе с древесными растениями, показывают большую перспективность его использования в растениеводстве. Таким образом, М. В. Ломоносов за 200 лет не только предвосхитил появление электрофизиологии растений, но и близко подошел к практической стороне этой проблемы.

Особенно большой интерес для лесоводственной науки представляют рассуждения М. В. Ломоносова о влиянии леса на почву. Так, он пишет: «В лесах, кои стоят всегда зелены и на зиму листа не роняют (т. е. хвойных. — И. М.), обыкновенно бывает земля песчаная; каковы в наших краях сосняки и ельники. Напротив того, в березниках и в других лесах, кои лист в осень теряют, больше преобладает чернозем. А как известно, что лист на земли согнивает и в навоз перетлевает; то не дивно, что чрез них пески, глины и другие подобны черною землею покрываются... Сосновые, еловые и других подобных дерев иголы спадают в малом количестве, и для того не могут с листьями сравниться» [6, т. 5, с. 582].

Известно, что песчаные почвы нетипичны для еловых лесов. Лесоводственная литература до недавнего времени вообще исключала возможность существования еловых лесов на песчаных почвах. Возможно, конечно, что Ломоносов понимал песчаные почвы в широком смысле, т. е. имел в виду не только чисто песчаные почвы, но и почвы, называемые теперь супесчаными.

Однако надо отметить и то, что у нас на Севере ельники нередко произрастают не только на легких супесчаных, но даже и на песчаных почвах. Это мы наблюдали многократно, например при наших исследованиях в бассейне р. Северной Двины, особенно при исследованиях в лесах б. Холмогорского уезда, т. е. на родине М. В. Ломоносова.

Следует отметить в дополнение, что местные жители б. Архангельского и Холмогорского уездов обычно называют бором не только сосновый лес, как это принято в более южных районах и в литературе, а вообще повышенное более или менее сухое место, которое может быть занято и елью; никогда северный крестьянин не назовет бором сосняк на мокрых почвах, тем более сосну по болоту.

Таким образом, указания М. В. Ломоносова о произрастании «в наших краях» на песчаных почвах не только сосны, но и ели действительно отражают довольно характерные случаи.

Между тем, за последующие полтора столетия эти факты не стали предметом должного внимания лесоводов, хотя к началу XX столетия и был получен некоторыми русскими лесоводами-практиками дополнительный материал. Лишь в XX столетии в нашей лесоводственной литературе начали появляться указания о том, что песчаные почвы не всегда бедны, при этом заметная часть этих указаний делалась в виде ссылок на иностранные источники.

В приведенной выше цитате под названием «чернозем» надо понимать гумус. Противопоставление М. В. Ломоносовым песчаных почв

хвойных лесов «чернозему» березняков можно рассматривать и как сопоставление изменений в соотношении минеральной и органической частей почвы в связи с различиями в составе леса (насаждения).

Главный интерес для лесоводственной науки представляют воззрения М. В. Ломоносова по вопросу влияния различных древесных пород на образование органического вещества почвы — гумуса, не утратившие значения и до настоящего времени.

«Когда ж где и есть чернозем в ельнике, то конечно от близости и соседства других (лиственных. — И. М.) деревьев», — пишет М. В. Ломоносов [3, с. 529—530].

О положительном влиянии примеси лиственных пород, прежде всего березы, к хвойным и именно к ели ученые начали догадываться в XIX в., а заговорили полным голосом только в XX столетии после экспериментального изучения свойств различных подстилок. Теперь береза (наряду с рядом других пород) — общепризнанная почвоулучшающая порода. Данный вывод мог бы быть сделан лесоводственной наукой значительно раньше, если бы своевременно были замечены и развиты эти идеи Ломоносова.

Природная наблюдательность М. В. Ломоносова, впечатления детства, проведенного на севере среди рек, лугов, лесов, а также совершенные в это время дальние поездки в море, знание северного народа, его вековой мудрости позволили Ломоносову впоследствии дать в своих сочинениях, хотя и попутно, ряд четких определений и описаний, касающихся северной растительности.

М. В. Ломоносовым дано первое определение тундры: «Тундрами называются места мхами зарослые, кроме болот в лесу, каковыми заняты на большей части берега Северного Океана» [6, т. 5, с. 541]. Этот факт представляет огромный интерес для ботанической науки, особенно для молодой ее ветви — геоботаники. При всей краткости данного определения, с точки зрения современной науки о растительности, оно четко отделяет, например, тундру от болота, хотя смешение этих двух понятий в практике довольно широко распространено еще и теперь.

Ломоносову были знакомы явления вывала ветром «множества дерев с корнями и с землею, в которой они выросли», эти явления он рассматривал, как один из видов обнажения почвы [3, с. 495]. Примером острой наблюдательности служат описания подмывания берегов и, между прочим, следующие строки, характеризующие положение деревьев на этих берегах: «...иные деревья торчат горизонтально, и то еще дивно, что остаются немалое время зелены» [3, с. 497].

Говоря о роли огня в отношении недр земных, М. В. Ломоносов проявляет широкое понимание экономического вреда от лесных пожаров: «Производя опустошение, иногда земное недро обнажает великими пожарами лесов, кои пользе человеческой вредны, лишая употребления дерева, и сверх того ловли звериной» [6, т. 5, с. 568]. Считаясь с лесными пожарами как с геологическим фактором, он вместе с тем не переоценивает этой роли лесных пожаров (как и других видов «наружного», по отношению к недрам, огня), указывая, что «наружного огня сила простирающаяся только по некоторому расстоянию земной поверхности в сравнении подземного жару, за ничто почесться может» [3, с. 495]. К пониманию геологической роли пожаров наука только начинает подходить. Лишь недавно, полвека назад, выявлено значение лесных пожаров и палов в деградации вечной мерзлоты через послепожарные изменения растительного покрова.



Рис. 4.

М. В. Ломоносову были известны противцинготные свойства некоторых северных растений, в том числе морошки и даже сосны. Использование последней он рекомендовал в виде изготавливаемой из нее «сосновой водки», упоминает он также о противцинготных свойствах сосновых шишек, которые рекомендует употреблять во время вынужденной зимовки на Севере. Теперь доказано содержание витамина С в хвое и некоторых других частях сосны.

М. В. Ломоносов, много сделавший для развития экспедиционных исследований в России, тем самым предопределил дальнейшее изучение природных ресурсов, в частности растительности, в том числе и лесной. В своей работе «Краткое описание разных путешествий по Северным морям и показание возможного проходу Сибирским океаном в Восточную Индию» (1763 г.) М. В. Ломоносов указывал на важное экономическое значение леса в связи с проблемой освоения богатств дальневосточных окраин России. Уже после смерти Ломоносова начали осуществляться некоторые его планы географического изучения России: в 1768—1774 гг. Академия наук снарядила ряд экспедиций, возглавлявшихся П. С. Палласом, И. И. Лепехиным и др. Таким образом, истоки научного познания леса в России тесно связаны с эпохой Ломоносова.

Научные идеи Ломоносова, касающиеся леса, науки о лесе, к сожалению, долго оставались незамеченными. Но ведь та же судьба постигла Ломоносова и во многих других науках — даже в химии; лишь в начале этого века, благодаря Б. Н. Меншуткину [11], мир узнал, что закон сохранения вещества был открыт впервые Ломоносовым, на 20 лет раньше, чем Лавуазье.

Лишь в конце сороковых — начале пятидесятих годов XX столетия удалось установить прямое отношение Ломоносова к лесной науке, раскрыть его бесспорный приоритет в весьма важных лесоводственных положениях, огромное значение его идей для развития науки о лесе ([7—10] и др.).

Научные идеи М. В. Ломоносова о различной роли древесных пород в почвообразовании почти на полтора столетия опередили свое время. Только недавно в свете новейших данных лесоводственной науки и науки о почве стала понятной глубина этих идей Ломоносова, великая сила его научного предвосхищения. За последние три-четыре десятилетия появился ряд работ, значительно расширивших наши представления и о «традиционно-известном Ломоносове», т. е. в области физики, химии, истории и др. [2, 12, 14].

Отмечая 270-летие со дня рождения великого ученого и плодотворность его идей для развития различных отраслей знания, мы с чувством признательности должны помнить, что он не прошел мимо и проблем, связанных с лесом, — важнейшим природным ресурсом нашей страны.

Наш великий северянин оказал непосредственное влияние на зарождение науки о лесе и лесного образования. Вполне правомерно и символично, что памятник ему в Архангельске стоит перед зданием лесного вуза, на берегу родной реки (рис. 4).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Архив АН СССР. Ф. 1, оп. 2, № 1, 1752, [2]. Вавилов С. И. Ломоносов и русская наука. — М., 1947. [3]. Ломоносов М. В. Сочинения. Т. 2. — Спб., 1847. [4]. Ломоносов М. В. Сочинения. Т. 7/ Под ред. Б. Н. Меншуткина. — М.—Л., 1934. [5]. Ломоносов М. В. Избранные философские сочинения/Под ред. Г. Васецкого.— М.: Соцэкгиз, 1940. [6]. Ломоносов М. В. Полное собрание сочинений/ Гл. ред. С. И. Вавилов. Т. 1—10. — М.—Л., 1950—1959. [7]. Мелехов И. С. Ломоносов и лесная наука. — Архангельск: АЛТИ, 1947. [8]. Мелехов И. С. Научные воззрения М. В. Ломоносова на лес. — В кн.: Выдающиеся деятели отечественного лесоводства. М., 1950. [9]. Мелехов И. С. Очерк развития науки о лесе в России.— М.: АН СССР, 1957. [10]. Мелехов И. С. Ломоносов и наука о лесе (к 250-летию со дня рождения Ломоносова). — Архангельск: Кн. изд-во, 1961. [11]. Меншуткин Б. Н. Михайло Васильевич Ломоносов. — 3-е изд. — Спб., 1911. [12]. Морозов А. А. Михаил Васильевич Ломоносов. — Л.: Лениздат, 1952. [13]. Протоколы заседаний конференций Императорской академии наук. Т. 2. 1744—1770. [14]. Фруменков Г. Г. М. В. Ломоносов — историк нашей родины. — Перераб. и доп. изд. — Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1970.

Поступила 13 июля 1981 г.



## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630\*284(049.3)

## КНИГА О ПОДСОЧКЕ ДЕРЕВЬЕВ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД\*

Подсочку деревьев рассматривают как одно из направлений многоцелевого использования леса. Лесной наукой наиболее изучена, а производством достаточно хорошо освоена подсочка хвойных пород в целях добычи живицы. О подсочке же лиственных пород до сих пор имелись лишь разрозненные научные данные, хотя прижизненное использование березовых и кленовых насаждений имеет немаловажное значение.

Доценты Львовского лесотехнического института В. П. Рябчук и Ю. Ф. Осипенко сделали попытку на основе литературных советских и зарубежных исследований, а также личных многолетних опытов обобщить материал о добыче, свойствах и переработке сока лиственных деревьев.

Книга состоит из девяти глав. В ней детально описывается техника и технология подсочки лиственных пород. Авторы приводят необходимые термины и определения в области подсочки лиственных деревьев. Заслуживает внимания теоретический метод определения расовой нагрузки деревьев подсочными каналами, разработанный В. П. Рябчуком. Много ценного смогут почерпнуть производители из описания оборудования для сбора сока, часть которого сконструирована авторами книги.

Оригинален способ добычи березового сока из пней, разработанный авторами совместно с производителями Хмельницкого областного управления лесного хозяйства и лесозаготовок. При этом способе полностью исключается нанесение ранений на деревьях, а сокопродуктивность пней значительно выше, чем растущих деревьев.

Детально рассматривается состав древесных соков, которые содержат сахар, дубильные вещества, органические кислоты и другие сложные соединения. Становится понятным, почему в народной медицине березовый сок применяют против многих болезней. Отмечается, что березовый и кленовый соки могут широко использоваться для приготовления различных продуктов питания, в частности напитков, кваса, сиропов, сахара и т. п.

Подробно рассмотрены вопросы, касающиеся влияния подсочки на жизнедеятельность деревьев, на физические и механические свойства древесины.

По материалам зарубежных авторов в книге освещается опыт добычи и переработки сока лиственных деревьев в других странах.

Книга написана простым и доходчивым языком, иллюстрирована рисунками, схемами и фотографиями. Имеется подробный список литературы и предметный указатель.

Несомненный интерес и практическое значение представляют приложения гидравлических параметров сокопроводов, фенологических показателей соковыделения у березы, продолжительности соковыделения и других данных.

К сожалению, в книге есть некоторые недостатки. Например, на наш взгляд, авторам при приведении терминов в области подсочки лиственных пород (соковыделение, сокопродуктивность, выход сока и др.) было бы целесообразно дать для них определения с учетом аналогичных терминов и определений, приведенных в ОСТ 13—80—79 по подсочке сосны. Оставляет желать лучшего также авторское оформление некоторых рисунков (например, рис. 18, с. 40).

Тем не менее, сказанное не снижает достоинств книги в целом. Следует выразить удовлетворение ее выходом. Научный уровень книги достаточно высок. Она по достоинству будет оценена преподавателями и студентами лесных вузов и техникумов, а также инженерно-техническим персоналом лесного хозяйства, лесной и пищевой промышленности, работниками потребительской кооперации.

\* Рябчук В. П., Осипенко Ю. Ф. Подсочка деревьев лиственных пород.— Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1981. — 184 с.

В. И. Суханов

Архангельский институт леса и лесохимии

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>С. Н. Коган.</i> Лес: научно-технический прогресс и экология . . . . .	3
---	---

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>К. К. Калуцкий, Г. В. Крылов, Н. А. Болотов.</i> Опыт и перспективы интродукции древесных пород в создании лесов будущего . . . . .	6
<i>М. И. Калинин, В. К. Тиунчик, В. С. Лянтух.</i> Восстановительная способность корней сосны и дуба в смешанных сосново-дубовых культурах . . . . .	15
<i>В. И. Бирюков, В. М. Ивонин, Г. И. Васенков.</i> О вычислении поверхности хвон сосны обыкновенной в культурах на площади гидрографического фонда . . . . .	18
<i>А. Н. Астратова, В. И. Пчелин.</i> К вопросу о строении, плотности и прочности древесины сосны обыкновенной в казанских географических культурах . . . . .	21
<i>Э. А. Иванова.</i> Состояние и причины ослабления молодняков сосны на бело-мошных вырубках . . . . .	23
<i>Г. М. Давидов.</i> Связь между средней высотой, диаметром кроны и диаметром на высоте груди в древостоях . . . . .	28
<i>З. Ю. Герушинский, Р. Т. Гут, Г. Т. Крилицкий, Р. Ф. Кузиев.</i> Особенности био-электрической активности сосны обыкновенной в географических культурах Расточья . . . . .	31

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>А. В. Жуков, А. И. Кирилльчик.</i> Общая методика оценки траектории движения лесовозного автопоезда при повороте . . . . .	36
<i>Н. И. Библюк.</i> Исследование свободных колебаний пакета хлыстов переменного поперечного сечения . . . . .	41
<i>В. Г. Кочегаров, В. М. Дербин.</i> Заготовка леса с сортировкой хлыстов в процессе очистки деревьев от сучьев . . . . .	45
<i>Б. Б. Демидовский.</i> Исследование коэффициентов трения неметаллических материалов тормозных колодок в условиях лесовозных дорог колеи 750 мм . . . . .	50
<i>О. И. Данченко.</i> Зависимость скорости фильтрации от гидравлического градиента в торфах . . . . .	54
<i>А. А. Бойко, Н. И. Библюк, И. Л. Мирецкий.</i> Определение модуля упругости древесины хлыстов при кручении . . . . .	59

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>Г. С. Миронов, В. И. Кондратьев.</i> Исследование работы пильных узлов слешерной установки . . . . .	64
<i>В. В. Дунаева.</i> Контроль натяжения рамных пил по частоте их изгибных колебаний . . . . .	68
<i>Ю. М. Иванов.</i> О длительной прочности древесины . . . . .	71
<i>Т. С. Исупова.</i> Прогнозирование работоспособности ленточных пил . . . . .	75
<i>Д. Д. Мацкевич, А. П. Шляпников.</i> Математическое моделирование полнодревесности технологической щепы . . . . .	79
<i>З. Я. Есафова, В. Д. Есафов.</i> Влияние кинематического угла встречи на силовые параметры при встречном и попутном пилении . . . . .	82
<i>И. С. Винтонив, С. С. Мергель, Е. А. Щибрик.</i> Влияние экстрагирования на акустические свойства резонансной древесины . . . . .	85

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Т. К. Лысяк, Ю. Н. Непенин, В. А. Жалина, З. П. Эйкстер.</i> Влияние добавок щепы из тонкомерной древесины на выход и качество сульфатной лиственной целлюлозы . . . . .	87
<i>В. М. Максимов, Р. И. Дерюжкин, Ю. П. Ефимов, Р. Д. Колесникова.</i> Состав монотерпенов эфирного масла хвон клонов сосны обыкновенной и их семенного потомства . . . . .	91

<i>Р. З. Пен, Б. А. Пяядина.</i> О причинах пониженной прочности на разрыв целлюлозы из древесины лиственницы . . . . .	96
<i>Е. В. Новожилов, Л. А. Миловидова, Г. Ф. Прокшин.</i> Изучение состава и свойств гемнцеллюлоз, выделенных из моносльфитного щелока различными методами . . . . .	100

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

<i>С. А. Апостолок, В. Е. Юринец.</i> К вопросу моделирования профиля обработанной поверхности при цилиндрическом фрезеровании древесины с учетом вибраций системы СПИД . . . . .	104
<i>П. М. Мазуркин, Ю. А. Ширнин, С. М. Гордеев.</i> Эвристическое моделирование лесозаготовительного процесса . . . . .	107

**ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

<i>Т. С. Лобовиков, В. К. Резанов.</i> О путях трансформации таежных лесов в более продуктивное состояние . . . . .	112
<i>В. Заззе, М. А. Лобовиков.</i> Оптимизация объемов, структуры и размещения деревообрабатывающих производств в Новгородской области . . . . .	115
<i>В. Н. Монокин, Л. И. Кузнецова, Г. В. Столярова.</i> Природно-экономические условия и районирование территории при организации комплексных лесных предприятий постоянного действия в Тюменской области . . . . .	119
<i>С. Д. Бадмаева.</i> Анализ эффективности использования основных фондов лесопильно-деревообрабатывающих предприятий . . . . .	124

**ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ**

<i>И. С. Мелехов, М. В. Ломоносов</i> и истоки науки о лесе и лесного образования в России (к 270-летию со дня рождения М. В. Ломоносова) . . . . .	128
---	-----

**КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ**

<i>В. И. Суханов.</i> Книга о подсочке деревьев лиственных пород . . . . .	137
Рефераты . . . . .	142

## CONTENTS

S. N. Kogan. Forest: scientific and technical progress and ecology . . . . .	3-
--	----

### FORESTRY

K. K. Kalutsky, G. V. Krylov, N. A. Bolotov. Experience and prospects of tree species introduction in creating the forests of the future . . . . .	6
M. I. Kalinin, V. K. Tiunchik, V. S. Lantukh. Recovering ability of pine and oak roots in mixed pine-oak cultures . . . . .	15
V. I. Biryukov, V. M. Ivonin, G. I. Vasenkov. On the common pine needles surface calculation in the cultures on hydrographical fund area . . . . .	18
A. N. Astratova, V. I. Pchelín. On the structure, density and durability of pine ( <i>Pinus silvestris</i> ) wood in Kazan geographical cultures . . . . .	21
E. A. Ivanova. Condition and reasons of pine weakness on white moss cuttings	23
G. M. Davydov. Connection between the average height, crown diameter, and breast height diameter in stands . . . . .	28
Z. Ju. Gerushinsky, R. T. Gut, G. T. Krinitsky, R. F. Kuziv. Bioelectrical activity of common pine in geographical cultures of Rastochye . . . . .	31

### FOREST EXPLOITATION

A. V. Zhukov, A. I. Kirilchik. General method of evaluation a log autotrain moving trajectory at the turn . . . . .	36
N. I. Biblyuk. Investigation of free fluctuations of variable cross-section tree-length packages . . . . .	41
V. G. Kochegarov, V. M. Derbin. Logging along with sorting of tree lengths in the process of branching . . . . .	45
B. B. Demidovsky. Investigating the coefficient of friction of non metallic materials of brake shoes in conditions of 750 mm gauge logging railroads .	50
O. I. Danchenko. Dependence of filtration speed on hydraulic gradient in peats	54
A. A. Boiko, N. I. Biblyuk, I. L. Miretsky. Determining the modulus of elasticity of tree lengths when twisting . . . . .	59

### MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

G. S. Mironov, V. I. Kondratiev. Investigation of the work of sawing units of a slasher . . . . .	64
V. V. Dunaeva. The control of tension of frame saws by the frequency of their bending oscillations . . . . .	68
Ju. M. Ivanov. On the long-term strength of wood . . . . .	71
T. S. Isupova. Prognosis of band saws efficiency . . . . .	75
D. D. Matskevich, A. P. Shlyapnikov. Mathematical modelling of technological chip wood full volume . . . . .	79
Z. Ja. Esafova, V. D. Esafov. Influence of kinematic angle of impact on force parameters when sawing in the same or opposite directions . . . . .	82
I. S. Vintoniv, S. S. Mergel, E. A. Schibrík. Influence of extraction on acoustic properties of resonance wood . . . . .	85

### CHEMICAL WOODWORKING

T. K. Lysyak, Yu. N. Nepentn, V. A. Zhalina, Z. P. Etkster. Influence of adding chips from small-sized wood on yield and quality of hardwood sulphate pulp . . . . .	87
V. M. Maximov, R. I. Deryuzhkin, V. P. Efimov, R. D. Kolesnikova. Composition of monoterpenes in essential oil of needles of <i>Pinus silvestris</i> klons and their seed posterity . . . . .	91

- R. Z. Pen, B. A. Piyadina.* On the reasons of reduced break strength of wood larch cellulose . . . . . 96
- E. V. Novozhilov, L. A. Milovidova, G. F. Prokshin.* Studying of the composition and properties of hemicelluloses isolated from monosulphite liquor by different methods . . . . . 100

*COMPLEX MECHANIZATION AND AUTOMATION  
OF PRODUCTION PROCESSES*

- S. A. Apostolyuk, V. E. Yurinets.* On the question of modelling the worked surface profile at the cylindrical milling of wood taking into account SPID system vibrations . . . . . 104
- P. M. Mazurkin, Yu. A. Shirnin, S. M. Gordeev.* The heuristic modelling of logging process . . . . . 107

*ECONOMICS AND ORGANIZATION OF PRODUCTION*

- T. S. Lobovikov, V. K. Rezanov.* The ways of transformation of taiga forests into the more productive state . . . . . 112
- V. Zazze, M. A. Lobovikov.* Optimization of volumes, structure and distribution of woodworking productions in the Novgorod region . . . . . 115
- V. N. Monokin, L. I. Kuznetsova, G. V. Stolyarova.* Nature-economy conditions and division of the territory into districts when organizing complex forest enterprises of permanent activity in the Tyumen region . . . . . 119
- S. D. Badmaeva.* Analysis of effective using ground funds of woodworking enterprises . . . . . 124

*FROM HISTORY OF SCIENCE*

- I. S. Melekhov.* M. V. Lomonosov and sources of forest science and forest education in Russia (to the 270<sup>th</sup> M. V. Lomonosov's birthday) . . . . . 128

*CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY*

- V. I. Sukhanov.* The book on tapping trees of deciduous species . . . . . 137

## Р Е Ф Е Р А Т Ы

**Лес: научно-технический прогресс и экология.** КОГАН С. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 3.

УДК 631.524

**Опыт и перспективы интродукции древесных пород в создании лесов будущего.** КАЛУЦКИЙ К. К., КРЫЛОВ Г. В., БОЛОТОВ Н. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 6.

Приводится история интродукции древесных пород в России, подчеркивается развитие этих работ в советский период под руководством акад. Н. И. Вавилова, Н. В. Цицина и др. Отражено состояние ряда дендрариев, опытных лесных культур и других объектов, заложённых высокопродуктивными экзотами, намного превышающими приросты местных пород. Приведены рекомендации по внедрению интродуцентов в лесные культуры для повышения продуктивности и качественного состава лесов будущего. Ил. 1. Библиогр. список: 11 назв.

УДК 630\*181.36

**Восстановительная способность корней сосны и дуба в смешанных сосново-дубовых культурах.** КАШНИН М. И., ТИУНЧИК В. К., ЛАНТУХ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 15.

Приводятся экспериментальные данные регенерационной способности корней сосны и дуба в смешанных сосново-дубовых культурах. Установлено, что под влиянием рыхления почвы биологическая устойчивость дуба черешчатого по сравнению с сосной обыкновенной увеличивается. Табл. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*12:630\*174.754

**О вычислении поверхности хвои сосны обыкновенной в культурах на площадях гидрографического фонда.** БИРЮКОВ В. И., ИВОНИН В. М., ВАСЕНКОВ Г. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 18.

Изучены длина, ширина и толщина хвоек сосны в зависимости от положения культур по элементам гидрографической сети, а также от положения хвоек в кроне. Установлена связь между площадью поверхности и длиной хвоек. Предложены новые уравнения для определения площади ассимиляционной поверхности хвои сосны обыкновенной в насаждениях, расположенных на овражно-балочных землях лесостепной зоны. Определены наиболее продуктивные культуры по накоплению ими фитомассы. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*812:630\*232.11

**К вопросу о строении, плотности и прочности древесины сосны обыкновенной в казанских географических культурах.** АСТРАТОВА А. Н., ПЧЕЛИН В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 21.

Излагаются результаты изучения строения и физико-механических свойств древесины разных климатипов сосны: пермского, казанского, новгородского, сувальского, черниговского, таврического и карского. Более высокий процент поздней древесины, сопротивление сжатию вдоль волокон и при статическом изгибе отмечены у сосны сувальского происхождения. Табл. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*416.16

**Состояние и причины ослабления молодняков сосны на беломошных вырубках.** ИВАНОВА Э. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 23.

На основе детального обследования описывается жизненное состояние молодняков сосны, видовой состав вредителей и грибных болезней. Общий характер ослабления, снижение прироста, наблюдающееся у деревьев условно здоровых и повреждённых насекомыми и грибами, не даёт основания считать эти факторы главенствующими. Ослабление и усыхание молодняков представляет собой длительный и прогрессирующий процесс, начавшийся в 1974 г.

Общее ослабление деревьев, как повреждённых, так и неповреждённых, даёт основание считать, что первопричиной являются почвенно-грунтовые условия. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*587.2

**Связь между средней высотой, диаметром кроны и диаметром на высоте груди в древостоях.** ДАВИДОВ Г. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 28.

Связь между средней высотой и диаметром на высоте груди можно использовать для дешифрирования аэрофотоснимков масштаба 1:15 000. При наличии крупномасштабных аэрофотоснимков лучше использовать связь между средней высотой, средним диаметром кроны и диаметром на высоте груди. Приводятся уравнения указанных взаимосвязей. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 537.213:630\*232.11

**Особенности биоэлектрической активности сосны обыкновенной в географических культурах Расточья.** ГЕРУШИНСКИЙ З. Ю., ГУТ Р. Т., КРИНИЦКИЙ Г. Т., КУЗНЕВ Р. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 31.

Установлены существенные различия в биоэлектрической активности культур сосны различного географического происхождения. Чем дальше на северо-восток и восток находится область происхождения климата, тем меньше его биопотенциал. Значительные изменения наступают также в суточной ритмике биоэлектрических потенциалов. Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 629.114.3.001

**Общая методика оценки траектории движения лесовозного автопоезда при повороте.** ЖУКОВ А. В., КИРИЛЬЧИК А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 36.

Приводится аналитическое исследование траектории движения лесовозного автопоезда на повороте. Получено дифференциальное уравнение для определения закона изменения переднего угла складывания автопоезда, учитывающее способ соединения прицепа с тягачом. Справедливость полученных аналитических выражений подтверждена экспериментальной проверкой на модели и на натурном автопоезде. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 629.11.012.814:512.831

**Исследование свободных колебаний пакета хлыстов переменного поперечного сечения.** БИБЛЮК Н. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 41.

Изложен метод расчета свободных колебаний пакета хлыстов, основанный на использовании матричного метода начальных параметров и замене распределенной массы пакета сосредоточенными. Приведен пример расчета собственных частот и форм пакета хлыстов и даны рекомендации по выбору числа сосредоточенных масс. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*323.13.002.5

Заготовка леса с сортировкой хлыстов в процессе очистки деревьев от сучьев. КОЧЕГАРОВ В. Г., ДЕРВИН В. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 45.

Рассмотрены схемы работы сучкорезных машин типа ЛП-30 с сортировкой хлыстов по разным признакам и на различное число компонентов. Даны графики зависимости производительности сучкорезной машины ЛП-30 от среднего объема хлыста и соотношения числа хлыстов разных компонентов сортировки. Анализируются составляющие удельных затрат энергии на выполнение технологической работы для различных способов сортировки хлыстов в процессе очистки деревьев от сучьев. Ил. 2. Табл. 2.

УДК 625.156.6

Исследование коэффициентов трения неметаллических материалов тормозных колодок в условиях лесовозных дорог колеи 750 мм. ДЕМИДОВСКИЙ Б. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 50.

Приведены результаты исследований тормозной эффективности пяти неметаллических материалов тормозных колодок в сравнении с чугуном при сухом трении и смазывании фрикционного контакта водой. Выбран материал с наиболее стабильной тормозной характеристикой и даны рекомендации по его применению в тормозных системах лесовозных узкоколейных железных дорог. Ил. 3. Табл. 1.

УДК 631.432

Зависимость скорости фильтрации от гидравлического градиента в торфах. ДАНЧЕНКО О. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 54.

Показано, что на изменение характера зависимости скорости фильтрации ( $V$ ) от градиента напора ( $I$ ) существенное влияние оказывает изменение геометрии порового пространства как за счет изменения коэффициента пористости при приложении нагрузок, так и за счет газовой составляющей. Установлено, что при фильтрационных расчетах осушаемых торфяников следует учитывать нелинейную зависимость  $V$  ( $I$ ). Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 13 назв.

УДК 629.114.3

Определение модуля упругости древесины хлыстов при кручении. БОЙКО А. А., БИБЛЮК Н. И., МИРЕЦКИЙ И. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 59.

Изложена методика расчетно-экспериментального определения модуля упругости древесины хлыстов при кручении без нарушения их целостности. Приведены результаты определения величины и закона изменения модуля упругости при кручении по длине для хлыстов карпатской ели. Ил. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*323

Исследование работы пильных узлов слесерной установки. МИРОНОВ Г. С., КОНДРАТЬЕВ В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 64. В статье изложены результаты экспериментальных исследований работы пильного узла слесерной установки в условиях жесткого привода повышенной мощности. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 621.933.6

Контроль натяжения рамных пил по частоте их изгибных колебаний. ДУНАЕВА В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 68.

Предложен метод контроля натяжения рамных пил в пильной рамке по частоте изгибных колебаний (основного тона) натянутой пилы и разработан прибор ИПП-1. Производственная проверка прибора и нормативной базы подтвердила применимость такого вида контроля для лесопильно-древеснообрабатывающих предприятий. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*812.7

О длительной прочности древесины. ИВАНОВ Ю. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 71.

Путем сопоставления более полных данных об испытаниях древесины длительной нагрузкой на скалывание вдоль волокон и изгиб доказано, что вывод Барретта и Фоши о существовании «порога разрушения» опытом не подтверждается; показано также, что результаты испытаний как длительной, так и ступенчатой нагрузкой описываются одной прямой длительной прочности в полулогарифмических координатах. Ил. 2. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 621.935

Прогнозирование работоспособности ленточных пил. ИСУПОВА Т. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 75.

В статье представлены зависимости, позволяющие теоретически оценить влияние некоторых факторов на работоспособность ленточных пил. Ил. 5. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 51.001.57:62-493.002.5:620.192.5

Математическое моделирование полноты древесины технологической щепы. МАЦКЕВИЧ Д. Д., ШЛЯПНИКОВ А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 79.

Дана математическая модель процесса уплотнения технологической щепы, охватывающая различные условия ее загрузки, хранения и транспортировки. Модель необходима при нахождении и использовании системы коэффициентов перевода сыпного объема щепы в плотный объем древесины. Ил. 1.

УДК 674.093.6-413.82

Влияние кинематического угла встречи на силовые параметры резания при встречном и попутном пилении. ЕСАФОВА З. Я., ЕСАФОВ В. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 82.

Влияние кинематического угла встречи на силовые параметры резания исследовали в четырех квадрантах пилы в условиях встречного и попутного пиления. Приведены результаты экспериментальных исследований; сделанные выводы могут быть использованы в качестве

практических рекомендаций при попутном пилении для определения динамических параметров основных механизмов станка: Ил. 4. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 681.817.061.6

**Влияние экстрагирования на акустические свойства резонансной древесины.** ВИНТОНОВ И. С., МЕРГЕЛЬ С. С., ЦИВРИК Е. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 85.

В работе дан анализ существующих методов улучшения резонансных свойств древесины. Предложен способ улучшения резонансных свойств древесины посредством экстрагирования ее в эфире. Положительный эффект предложенного способа подтвержден сравнительной оценкой константы излучения резонансной древесины до и после экстрагирования. Табл. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*861.14

**Влияние добавок щепы из тонкомерной древесины на выход и качество сульфатной лиственной целлюлозы.** ЛЫСЯК Т. К., НЕПЕНИН Ю. Н., ЖАЛИНА В. А., ЭРИКСТЕР З. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5 с. 87.

В данной статье с помощью униформротатабельного плана Бокса—Хантера при  $m = 5$  изучено влияние добавок смеси щепы из целых деревьев тонкомерной древесины березы и осины от рубок ухода за лесом к балансовой березовой древесине на выход и качество сульфатной целлюлозы. Показано, что основные факторы варки — расход активной щелочи и Н-фактор. Показатели механической прочности находятся на достаточно высоком уровне. Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*892.6:674.032.471.4

**Состав монотерпенов эфирного масла хвои клонов сосны обыкновенной и их сезанного потаества.** МАКСИМОВ В. М., ДЕРЮЖКИН Р. И., ЕФИМОВ Ю. П., КОЛЕСНИКОВА Р. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 91.

На основе анализа монотерпеновой фракции эфирного масла (ЭМ) установлены уровень и направление связи 13 компонентов состава, выделено 5 хемотипов сосны с учетом основных компонентов состава ( $\alpha$ -пинена и  $\Delta^8$ -нарена).

Состав монотерпенов растений, полученных от реципропного скрещивания и свободного опыления, показывает, что количество саженцев с однородным содержанием монотерпенов, а также количество саженцев, которое наследует состав монотерпенов ЭМ материнских клонов, не превышает 40% от всего числа анализируемых саженцев. Табл. 4. Библиогр. список: 13 назв.

УДК 630\*86

**О причинах пониженной прочности на разрыв целлюлозы из древесины лиственницы.** ПЕН Р. З., ПИЯДИНА Е. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 96.

Экспериментально установлено, что основная причина пониженной прочности на разрыв бумажного листа из лиственной целлюлозы — меньшая по сравнению с целлюлозами других пород суммарная прочность межволоконных связей в листе. Количественной мерой указанных особенностей служит число волокон в 1 г. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*813.14

**Изучение состава и свойств гемицеллюлоз, выделенных из моносультитного щелока различными методами.** НОВОЖИЛОВ Е. В., МИЛОВИДОВА Л. А., ПРОКШИИ Г. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 100.

Сравнение различных методов выделения гемицеллюлоз из моносультитного щелока показало, что состав и свойства образцов гемицеллюлоз после удаления лигнина близки между собой. Гемицеллюлозы имели степень полимеризации 102—105 и составляли от 19,0 до 25,8% от сухого остатка моносультитного щелока. Табл. 2. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 674.02.001.57

**К вопросу моделирования профиля обработанной поверхности при цилиндрическом фрезеровании древесины с учетом вибрации системы СПИД.** АПОСТОЛЮК С. А., ЮРИНЕЦ В. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 104.

Создана приближенная математическая модель профиля обработанной поверхности при цилиндрическом фрезеровании древесины с учетом вибрационных процессов, происходящих в динамической системе станок—приспособление—инструмент—деталь, изучена зависимость качества обработки (шероховатости) от вибрации данной системы. Ил. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*31.001.57

**Эвристическое моделирование лесозаготовительного процесса.** МАЗУРКИН П. М., ШИРНИН Ю. А., ГОРДЕЕВ С. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 107.

Приведена методика составления эвристических моделей функционирования технических объектов, используемых на лесозаготовках, на основе применения системного подхода и теории алгоритмов. Описан пример эвристического функционирования ВПМ ЛП-19 с учетом интуитивных действий оператора в режимах работы с подсортировкой и без подсортировки леса. Ил. 2. Библиогр. список: 11 назв.

УДК 630\*226:630\*31(470.342)

**О путях трансформации таяющих лесов в более продуктивное состояние.** ЛЮБОВИКОВ Т. С., РЕЗАНОВ В. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 112.

Обосновывается понятие и необходимость трансформации таяющих лесов; рассматриваются основные пути преобразования лесов и приводятся систематическая программа и варианты решения проблемы. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*61:630\*79

**Оптимизация объемов, структуры и размещения деревоперерабатывающих производств в Новгородской области.** ЗАЗЕ В., ЛЮБОВИКОВ М. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 115.

Излагается методика обоснования организации деревоперерабатывающих производств. Приводятся результаты экспериментальных расчетов на основе данных леспромхозов и лесхозов Новгородской области. Табл. 3. Библиогр. список: 2 назв.



УДК 630\*79+630\*6(571.12)

**Природно-экономические условия и районирование территории при организации комплексных лесных предприятий постоянного действия в Тюменской области.** МОНОКИН В. Н., КУЗНЕЦОВА Л. И., СТОЛЯРОВА Г. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 119. При обосновании выбора, территориального размещения и организации комплексных предприятий постоянного действия авторами проведено районирование территории Тюменской области по однородности природно-экономических признаков. По показателям природных факторов выделены две зоны: малолесная (лесохозяйственная) и многолесная (лесопромышленная). Дана характеристика каждой зоны, приводится группировка предприятий по природным и экономическим факторам. Проведенное районирование позволяет выделить достаточно однородные в природном и экономическом отношении районы, установить очередность перевода предприятий на непрерывное лесопользование. Ил. 1, Табл. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 658.27.003.13

**Анализ эффективности использования основных фондов лесопильно-деревообрабатывающих предприятий.** БАДМАЕВА С. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 124.

Анализируется показатель фондоотдачи, влияющий на уровень эффективности производства, и рассмотрена методология его формирования. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 06.091

**М. В. Ломоносов и истоки науки о лесе и лесного образования в России (к 270-летию со дня рождения М. В. Ломоносова).** МЕЛЕХОВ И. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 128.

УДК 630\*284(049.3)

**Книга о подсочке деревьев лиственных пород.** СУХАНОВ В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 137.