

КОМИТЕТ ПО ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Издается с февраля 1958 г.

Выходит 6 раз в год

2

1992



АРХАНГЕЛЬСК

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

Главный редактор — акад. **И. С. Мелехов**.
 Заместители главного редактора: чл.-кор. **О. М. Соколов**,
 проф. **Е. С. Романов**, проф. **С. И. Морозов**.

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Канд. техн. наук **Н. Г. Багаев**, проф. **Ю. Г. Бутко**, проф. **А. В. Веретенников**, проф. **Е. Д. Гельфанд**, проф. **И. И. Гусев**, проф. **Р. Е. Калитеевский**, проф. **А. Н. Кириллов**, проф. **Н. П. Коваленко**, проф. **Э. Д. Левин**, проф. **Е. Г. Мозолевская**, доц. **О. А. Неволин**, проф. **А. Н. Обливин**, проф. **А. Р. Родин**, д-р биол. наук **Л. П. Рысин**, проф. **В. П. Рябчук**, проф. **Е. Д. Сабо**, проф. **В. И. Санев**, канд. с.-х. наук **С. Г. Сеницын**, проф. **Н. И. Федоров**, проф. **В. Я. Харитонов**, канд. с.-х. наук **Г. А. Чибисов**, проф. **Г. М. Шутов**, проф. **В. В. Щелкунов**, проф. **А. А. Эльберт**,

Ответственный секретарь **Р. В. Белякова**,

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
 «ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2

Редакторы **Н. П. Бойкова**, **Л. С. Окулова**. Корректор **Л. Л. Аксенова**.

Сдан в набор 04.03.92. Подписан в печать 23.06.92.
 Форм. бум. 70 × 108^{1/2}. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.
 Усл. печ. л. 12,775. Усл. кр.-отг. 12,775. Уч.-изд. л. 15,51. Тираж 1 150 экз. Заказ 2418. Цена 1 р. 40 к.
 Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт
 им. В. В. Куйбышева

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

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

УДК 338. 26 : 674.093

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МАРКЕТИНГА В ЛЕСОПИЛЕНИИ

Р. Е. КАЛИТЕЕВСКИЙ

Лесотехническая академия (г. Санкт-Петербург)

К маркетингу относятся вопросы управления, планирования деятельности предприятия, направленные на рост прибылей, полное удовлетворение заказчиков и потребителей. Маркетинг подразумевает не только философию, логику предпринимательского мышления и подхода к решению тех или иных проблем, но и создание системы управления (структуры), которая обеспечивает взаимодействие всех остальных структур с окружающей средой.

Современную эпоху можно охарактеризовать как эпоху кардинального решения экологических вопросов. Человечество опасалось утраты невозобновляемых ресурсов — руды, нефти, угля. В действительности под угрозой оказалась как раз «возобновляемая» часть — лес, природные воды и др. Поэтому сегодня проблема истощения природы может быть решена только путем совершенствования технологий и ликвидации технологической отсталости. Необходим переход к высоким технологиям, позволяющим в условиях неистощительного ведения лесного хозяйства экономить примерно 1/4 древесного сырья, используемого в настоящее время в лесопилении.

Лесные запасы России составляют 80 млрд м³, т. е. около 1/4 мировых, из них хвойные породы — 60 млрд м³ или примерно половину.

В то же время эксплуатационные запасы наиболее продуктивных и высококачественных хвойных лесов в Европе, на Урале и вблизи железных дорог Сибири и Дальнего Востока истощены. Десятилетиями доминировали сплошные, концентрированные рубки. Временные леспромхозы вырубали только высококачественные хвойные насаждения. При этом потери древесины доходили до 40 %.

В экологическом плане большое значение имеют притундровые северные леса, защищающие более южные районы от вторжения холодных арктических воздушных масс. Значительная часть их растет на почвах с вечной мерзлотой, которая занимает около 50 % лесной площади. Восстановление лесов в этих экстремальных условиях — проблема чрезвычайно трудная. Притундровые леса отнесены к лесам I группы, что исключает их промышленную эксплуатацию. Однако их освоение рядом отраслей народного хозяйства не прошло бесследно.

Отечественное лесопиление не избежало самых негативных последствий распределительной системы. Именно через лесопиление проходит подавляющая часть всей заготавливаемой в России древесины. От того, как оно организовано, зависит высокоэффективное использование наиболее ценных в экономическом плане природных лесных ресурсов. Если подавляющее большинство не только мелких, но и средних, крупных лесопильных предприятий в промышленно развитых странах созданы на определенных сырьевых базах в условиях экологически чистых технологий и неистощительного ведения лесного хозяйства при рациональной и экономически выгодной вертикальной и горизонтальной интеграции,

то у нас господствовала концепция безграничности лесных ресурсов. Это привело к тому, что объемы производства пиломатериалов определялись не обоснованными возможностями лесосырьевых баз, техническим уровнем предприятий, местом лесопиления в лесном комплексе, а спецификой ведомственных интересов. Главным был выпуск наибольших объемов пиломатериалов, без учета уровня их спецификационности и использования сырья. Десятки миллионов кубометров древесины распиливали на необрезные доски. В результате возникали, с одной стороны, тысячи мелких, но отнюдь не малых в современном понимании лесопильных установок и цехов, с примитивными технологиями на базе одноэтажных лесопильных рам, а с другой — гиганты лесопиления типа Братского и Усть-Илимского ЛПК без должного снабжения их сырьем в запланированных объемах и качестве.

В современных условиях хозяйствования необходима выработка новых приоритетов с максимальным использованием и совершенствованием ресурсного, технологического и научного потенциала. В настоящее время наблюдается резкое повышение (в 10 и более раз) цен на пиловочник и пилопродукцию. Поставщики отечественной лесопроизводства экспортируют ее при разных условиях отчисления валюты в госбюджет, зависящих от форм собственности и пр. Однако следует иметь в виду, что ни рынок, ни регулируемые рыночные отношения не являются панацеей от всех кризисных явлений лесного комплекса. Сегодня среди стран с рыночной экономикой одни процветают, другие бедствуют. Необходима продуманная стратегия развития основных концептуальных положений, резко возрастающих в цене именно в условиях рынка и позволяющих решать экологические, технологические и экономические вопросы в комплексе, так как без этого не бывает ни современного маркетинга, ни современного инжиниринга.

К основным концептуальным положениям отечественного лесопиления следует отнести следующие.

1. Удовлетворение внутренних потребностей в специфицированной пилопродукции и ее экспорт должны осуществляться в условиях экологически чистых технологий лесозаготовок и лесопиления при неистощительном лесопользовании.

В настоящее время полемизируются несколько различных тенденций управления отечественными лесами.

Во-первых, выдвигаются региональные программы возрождения русского леса, направленные на организацию лесного хозяйства, схожего с дореволюционным.

Во-вторых, предлагается в комплексных лесных предприятиях технологически объединить все работы, от посева семян до переработки древесины, в одно целое, создать обратную связь между вырубкой и лесовозобновлением, а все затраты на выращивание леса и его охрану включить в себестоимость лесопроизводства и др.

В основе этой полемики лежит вопрос о контроле за состоянием лесов России. Даже при частном лесовладении в США, Швеции, Финляндии и других странах функции контроля за лесовыращиванием и состоянием лесов выполняют государственные органы лесного хозяйства — лесная служба, департаменты, министерства. В условиях общественной собственности на леса они не только владеют и распоряжаются лесами (как имуществом государства), но и контролируют результаты деятельности пользователей. При этом все уровни управления — как верхние, так и нижние, освобождены от выполнения производственных функций, которые осуществляются сферой бизнеса на основании арендных договоров или лицензий.

2. Особое значение в экологическом, а в конечном итоге, и экономическом планах имеет лесопиление. Сегодня во всех странах с раз-

витыми технологиями максимальное приближение лесопиления к сырьевым базам является практически исходным положением, не подлежащим обсуждению.

Чрезвычайно важная проблема отечественного лесопиления — освоение ресурсосберегающих высоких технологий, оптимизирующих раскрой индивидуально каждого хлыста, бревна, бруса, доски. Это обеспечивают специальные программы, включенные в контур управления оборудованием и позволяющие увеличивать не только выход, но и качество выпускаемой пиломатериальной продукции. Как показывают наши исследования и практика, без этого современное оборудование для лесопиления практически не окупается. Использование же «вчерашних» типов оборудования приводит не только к низкой производительности труда, но, что не менее важно, значительно снижает выход пиломатериальной продукции из сырья.

Следует иметь в виду, что настоящий бизнес это серьезная наука. Прибыль на Западе формируется прежде всего за счет научно-технического прогресса. Поэтому реконструкция существующих и строительство новых предприятий на базе передовых для нас, но «вчерашних» для стран с развитым лесопилением технологий могут обеспечить сиюминутный скачок вперед, а в перспективе это лишь уменьшит конкурентоспособность наших предприятий. Имеющийся опыт показывает малую эффективность закупки отдельных видов лесопильного оборудования без соответствующей технологической подготовки производства, а также проведения предварительных исследований на базе предприятий, для которых планируется закупка оборудования. До сих пор руководители предприятий технический прогресс зачастую ошибочно видят только в приобретении нового оборудования, не задумываясь над его влиянием на весь производственный процесс и необходимостью выявления тех вопросов и задач, без решения которых планируемого эффекта достичь невозможно.

3. Мировая практика показывает, что уровень сегодняшних научных исследований — это уровень производства завтрашнего дня. Борьба за высокое качество продукции в процессе производства, а тем более на стадии маркетинга — это «ушедший поезд». Сегодня передовые фирмы главное усилие должны концентрировать на стадии разработки.

Очевидно, что необходима четкая государственная техническая политика в области технологии, оборудования и систем управления в лесопильном производстве. Ее отсутствие в настоящее время самым негативным образом сказывается на экологии и экономике отечественного лесопиления. Сегодня наглядно видны недостатки типового «валового» проектирования как лесопильных цехов, так и оборудования для них. В основе прогрессивных технологий лесопиления, с точки зрения конструкций применяемого оборудования, должен лежать модульный принцип его создания. Это касается не только фрезерно-пильного оборудования для раскроя бревен на пиломатериалы, но и всех основных типов машин и линий для раскроя хлыстов, окорки и сортировки пиловочника, фрезерно-обрезных станков, а также линий для сортировки сырых пиломатериалов и их окончательной обработки после сушки.

Например, фрезерно-ленточнопильные станки, которые позволяют производить поднастройку режущих органов перед каждым бревном для его оптимального раскроя на основе информации, получаемой от датчиков величин диаметров, сбега, длины, кривизны и эллиптичности, могут быть использованы не только на крупных, но и на средних и малых лесопильных предприятиях. В последнем случае на фрезерно-ленточнопильном станке осуществляется несколько проходов при раскросе одного бревна с последующим возвратом выпиленных из него брусков. При этом достигается оптимизация раскроя по критерию макси-

мального выхода спецификационных пиломатериалов без предварительной сортировки бревен, т. е. из процесса исключаются склады рассортированного сырья, линии его сортировки и др.

Следует иметь в виду, что если сегодня отечественное машиностроение идет по пути повышения в 10 и более раз цен на лесопильное оборудование, то уже встает вопрос о конкурентоспособности не только лесопильных заводов.

4. К важнейшим концептуальным положениям отечественного лесопиления также относится рациональная организация производства пилопродукции по объемам выпилки на предприятиях различной мощности с учетом характера сырья, назначения пилопродукции и других признаков при оперативной вертикальной и горизонтальной интеграции.

Естественно, что инжиниринг — высокоэффективная реконструкция существующих и проектирование новых предприятий с высокой технологией, предусматривающей глубокую переработку древесины, практически невозможен без применения автоматизированных систем технологической подготовки производства и проектирования.

5. В настоящее время обеспечить высокие экономические показатели, да и просто иметь рентабельное производство пиломатериалов невозможно без максимального и экономически выгодного использования всех так называемых отходов лесопиления: коры, горбылей, реек, обрезков, опилок и древесной пыли. Экономический анализ и международная практика показывают, что уменьшение доли древесных отходов, т. е. увеличение выхода основной продукции лесопиления, является первостепенной задачей, решение которой позволяет получать наибольший экономический эффект. При этом капитальные вложения непосредственно в процессе производства пилопродукции окупаются в самые короткие сроки. В экономическом плане повышение на 2...8 % выхода пилопродукции из тех же объемов сырья равнозначно увеличению производительности труда примерно в два раза.

6. Особое внимание следует обратить на подготовку и переподготовку научных, инженерно-технических и рабочих кадров отрасли, способных обеспечить прогресс лесопиления в новых условиях хозяйствования.

Решение этих вопросов позволит в условиях неистощительного ведения лесного хозяйства сэкономить, как уже отмечалось, примерно 1/4 древесного сырья, используемого в лесопилении, с соответствующим увеличением его ресурсов, обеспечить народное хозяйство и экспортные поставки пилопродукции в условиях высокой конкурентоспособности отечественного лесопиления и снять вопрос о нашей стране как о сырьевом придатке.

Сегодня мы не просто начинаем жить в условиях перехода от командно-распределительной системы к рыночной экономике, мы должны мыслить по-новому, а это куда труднее.

Очевидно, что директивные методы в области совершенствования отечественного лесопиления и снять вопрос о нашей стране как сырьеразумная налоговая политика, преимущества при распределении инвестиций, кредитов, выгодные условия приватизации, вплоть до безвозмездной передачи основных фондов. Эти льготы должны предоставляться только тем предприятиям, деятельность которых соответствует основным концептуальным положениям развития отечественного лесопиления, начиная с экологически чистых и высоких технологий и кончая созданием отечественного модульного оборудования для лесопиления, обеспечивающего оптимизацию раскроя древесины. Осуществление этой технической политики требует как создания специальных независимых экспертных комиссий при лесном департаменте России из

высококвалифицированных ученых и практиков технологического, экономического профиля и др., так и проведения фундаментальных исследований в области переработки леса, развитии теории и организации отечественного лесопиления.

Естественно, в рамках журнальной статьи невозможно осветить все вопросы, стоящие перед отечественным лесопилением, пути и методы их решения. Этому посвящена наша книга «Теория и организация лесопиления», выпуск которой планируется издательством «Экология» в 1992 г.

Поступила 11 февраля 1992 г.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*161.4.001.572

**ИНФОРМАЦИОННО-РЕСУРСНАЯ МОДЕЛЬ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ
С САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ СТРУКТУРОЙ****Г. Т. КРИНИЦКИЙ, Л. С. СИКОРА, Н. Л. ГИРНЫК, И. М. СОГОР,
А. И. МАРТЫНЕНКО**Львовский лесотехнический институт
ВНПО Союзавтоматстром.

Институт физиологии растений и генетики АН Украины

Одна из ключевых проблем исследования многомерных развивающихся систем с изменяющейся структурой — их идентификация. В настоящей работе проанализированы методические подходы к идентификации древесных растений как систем управления.

Ввиду сложности и стохастичности протекания физиологических процессов методы построения детерминированных математических моделей жизнедеятельности деревьев оказываются малоэффективными. В этих условиях наиболее целесообразно использовать адаптивные методы идентификации древесных растений как систем усложняющегося поведения, в основе функционирования которых лежит концепция самоорганизации.

Исследуемая система может быть представлена в виде многомерного объекта с заданной структурой иерархического управления. На ее низшем уровне находится собственно система регулирования с заданной структурой и стратегией управления *Strat U*, которая включает объект управления, наблюдающую систему NS_u , источник ресурсов *IR*, процессор принятия решений *PPR* на основе набора гипотез H_i , характеризующих допустимые траектории динамического состояния древесного объекта. Система высшего уровня определяет цели управления C_u на основе банка знаний, сформированного по иерархическому принципу. При этом наблюдающая система содержит следующие статистические оценки траектории параметра состояния x : математическое ожидание, функцию и плотность распределения вероятности, спектральную и корреляционную функции. На основании представленной оценки фазового состояния с помощью процессора оценки статистических характеристик траектории x , характерного для каждой породы и уровня жизнедеятельности дерева, формируется образ динамической ситуации и его положение в целевом пространстве динамической системы.

В соответствии с принципом самоорганизации жизнедеятельности растения разработана концептуальная, информационно-ресурсная модель функционирования древесного организма (рис. 1). При этом информационная подструктура отображает движение потоков информации в исследуемое растение как объект управления, последующее формирование образа динамической ситуации и его поведение во временном пространстве изменения жизненных процессов. В качестве информационных характеристик физиологического состояния деревьев использованы активные (биоэлектрические потенциалы корневой шейки БЭП₁ и вершины БЭП₂ растения, разность потенциалов между ними) и пассивные (импеданс Z , поляризационная емкость C) электрофизиологи-

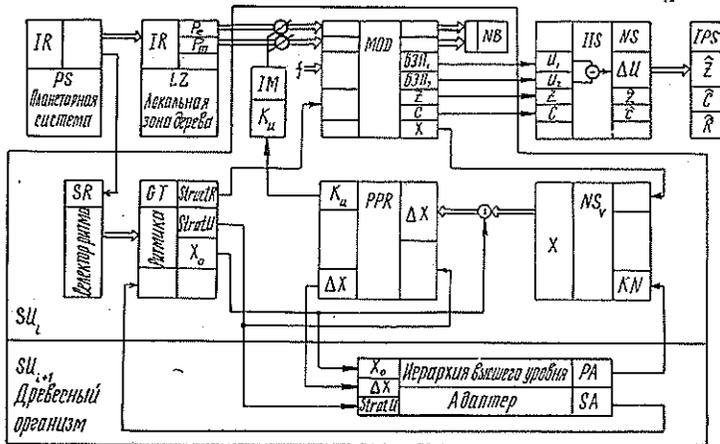


Рис. 1. Концептуальная, информационно-ресурсная модель функционирования дерева: Z, C, \hat{Z}, \hat{C} — импеданс, поляризационная емкость и их статистические оценки; $U_1, U_2, \Delta U$ — биоэлектрические потенциалы корневой шейки, вершины и разность между ними; $X, X_0, \Delta X$ — реальная, требуемая траектории жизнедеятельности (БЭП) растения и оценка их рассогласования; *Struct R* — структура, определяющая механизм взаимодействия физико-химических и энергетических ресурсов; *MOD* — модель физико-химических и биологических процессов жизнедеятельности растения; *IM* — исполнительный механизм; K_u — команды управления; i — возмущения; *IPS* — индикатор параметров состояния древесного организма; R — активная составляющая БЭП; KN — коррекция наблюдающей системы по параметрам оценки физиологического состояния древесного растения; *PA, SA* — параметрическая и структурная адаптация; SU_i, SU_{i+1} — система управления нижнего и высшего иерархического уровня

ческие показатели внешней информационно-измерительной системы *IIS*.

Ресурсная подструктура обобщенной модели основана на исследовании траекторий движения материальных и энергетических ресурсов и отображает их физико-химические преобразования в процессе жизнедеятельности.

При разработке модели учтено, что жизнедеятельность древесного организма задается генотипом *GT*, а приспособляемость определяется условным механизмом адаптера, в котором заложен алгоритм функционала качества с учетом целевой функции. При этом исследуемое растение существует в условиях ритмозадающей планетарной системы *PS* с источником глобальных ресурсов IR_n , обеспечивающим ритмику физиологических процессов при наличии селектора ритма *SR*. В соответствии с разработанной моделью воздействия на древесное растение энергетических P_e и материальных P_m потоков изучались вопросы влияния средообразующих факторов (температура и влажность воздуха, освещенность, суммарная и рассеянная радиация) на биоэлектрическую активность контролируемых объектов различного физиологического состояния [1]. Результаты исследований свидетельствуют о внешней согласованности физиологических функций организма, обеспечивающей его адаптацию к условиям внешней среды посредством синхронизации метаболических процессов с периодически изменяющимися средообразующими факторами (синхронизаторами). Изучение парных и частных коэффициентов корреляции показало [1], что для хорошо развитых древесных растений таким синхронизатором является температура, а для ослабленных — освещенность.

Идентификация древесного организма как многомерной системы обусловила необходимость описания его динамического состояния в виде дифференциального уравнения баланса ресурсных потоков:

$$\frac{dx(t)}{dt} = A_{xp}(t, \tau) \left[\sum_i P_i \downarrow(t) - \sum_j P_j \uparrow(t) \right],$$

где $A_{xp}(t, \tau)$ — импульсная переходная функция, определенная уравнением формирующего фильтра по параметру состояния;

$P_j \downarrow(t)$ — управляемые входные потоки энергетических и материальных ресурсов;

$P_j \uparrow(t)$ — неуправляемые выходные потоки энергетических и материальных ресурсов.

Траектория выраженного через БЭП состояния хорошо развитого древесного растения по выбранному информативному параметру (температуре t) представлена интегральным уравнением

$$x(t) = \int A_{xp}(t, \tau) \left[\sum_i P_i \downarrow(t) - \sum_j P_j \uparrow(t) \right] dt + x_0,$$

где x_0 — начальное значение параметра БЭП древесного организма.

При проведении модельных исследований рассмотрены управляемые $P_i \downarrow(t)$ и неуправляемые $P_j \uparrow(t)$ потоки ресурсов:

$$P_i \downarrow(t) = P_0^u(t) + P_e \downarrow(t);$$

$$P_j \uparrow(t) = P_0(t) + P_e \uparrow(t).$$

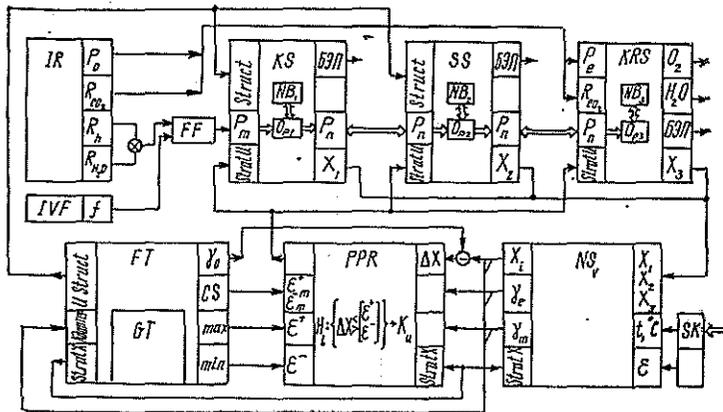


Рис. 2. Информационно-управляющая схема функционирования древесного организма: R_h, R_{H_2O}, R_{CO_2} — химические, водные и газообразные ресурсы; ϵ^+, ϵ^- , CS — граничные параметры и условия целостности структуры адаптивного древесного организма; γ_e, γ_m — оценка энергетических и материальных ресурсов; $Strat X$ — стратегия жизнедеятельности древесного растения; $U Strat$ — управление структурообразованием древесной ткани; GT — генотип растения как высший уровень иерархической, самоорганизующейся системы; NB_i — накопитель биомассы в элементарных подструктурах дерева; SK — система контроля средообразующих факторов; $Strat U$ — стратегия управления; $Struct$ — органическая структура составляющих частей дерева (корень, ствол, крона); IVF — источник возмущений; FF — формирующий фильтр физико-химических превращений; K_u — команды управления; $\epsilon_m^+, \epsilon_m^-$ — граничные значения параметрической управляемости древесного организма в экстремальных условиях внешней среды; ϵ — совокупность исследуемых параметров физиологического состояния дерева; γ_0 — опорные параметры состояния, которые определяют генотип растения; P_0 — поток солнечной радиации

раметра БЭП, а уровень стабилизации $\delta_c(T_n)$ определяется соотношением

$$\delta_c(T_n) = D_x(t|T_n)^{1/2} / m_x(t|T_n),$$

где $m_x(t|T_n)$ — математическое ожидание параметра состояния.

При повышении температуры воздуха в пределах исследуемого спектра от 6 до 60 °С, но фиксированных значениях освещенности (30 тыс. лк) и относительной влажности (65...70 %) величина БЭП на уровне корневой шейки синхронно изменяется в сторону положительных значений (рис. 4). Такой характер динамики параметра жиз-

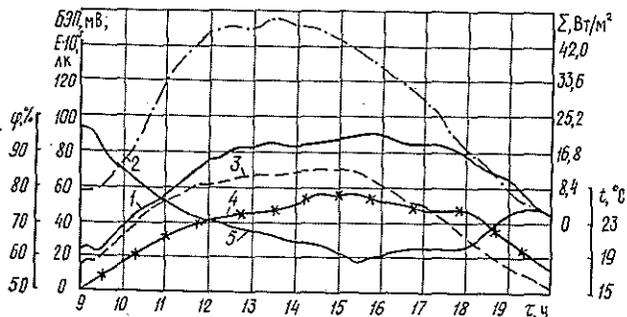


Рис. 4. Изменение биоэлектрического потенциала в зависимости от средообразующих факторов: 1 — БЭП растения; 2 — суммарная солнечная радиация Σ ; 3 — освещенность; 4 — температура воздуха; 5 — относительная влажность воздуха

недеятельности древесного растения объясняется слабо выраженными электрокинетическими процессами, стабилизацией структур дифференцировавшихся в ткани клеток и метаболических процессов. В этих условиях выявлена периодичность траектории БЭП дерева на уровне его вершины, обусловленная большой изменчивостью электрокинетических потенциалов, образующихся током воды, восходящим по микрокапиллярам ксилемы. При этом характер регулирования БЭП изменяется за счет транспортного опаздывания.

Таким образом, для описания стохастических, но ритмически повторяющихся жизненных процессов у древесных растений, может быть использована информационно-ресурсная модель, основанная на изменении активных и пассивных электрофизиологических показателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Криницкий Г. Т. Биоэлектрический метод определения жизнеспособности древесных растений на начальных этапах онтогенеза. — Баку: НПО космических исследований, 1990. — 61 с. [2]. Страшкраба М., Гнаук А. Пресповодные экосистемы. Математическое моделирование. — М.: Мир, 1989. — 376 с.

Поступила 16 октября 1990 г.

УДК 630*232.318

ЗАВИСИМОСТЬ КАЧЕСТВА СЕМЯН СОСНЫ И ЕЛИ ОТ ОБИЛИЯ УРОЖАЯ

А. И. БАРАБИН

Архангельский лесотехнический институт

Общезвестно, что повышение продуктивности лесов невозможно без использования высококачественных семян. Вопросы определения их посевных качеств освещаются в печати явно недостаточно и только для малых площадей. Для больших регионов их оценкой постоянно занимаются зональные лесосеменные станции, но обобщенного материала и выводов в научных изданиях не представляют.

Основными источниками сбора семян сосны и ели на Европейском Севере (Архангельская, Вологодская области и Коми ССР), как и 20...30 лет назад, являются лесосеки и ВЛСУ. Особый интерес представляет вопрос о качестве семян хвойных пород, заготавливаемых предприятиями лесного хозяйства в различные по семеношению годы.

Общие данные о качестве семян хвойных пород за 25 лет в регионе дают право сказать, что масса семян 1-го класса, как и нестандартных, значительно больше при обильных урожаях, чем при слабых [1, 2]. В урожайные годы в управлениях (ЛХТПО)* заготавливают до 2,0...3,5 т семян сосны 1-го класса, 28,0...142,3 т — ели, нестандартных соответственно 1...2 и 2...5 т; в малоурожайные годы семян 1-го класса 0,1...2,0 и 0,04...1,00 т, нестандартных — 0,05...0,30 и 0,1...1,0 т. Следовательно, необходимо обратить особое внимание на сбор качественных семян ели в урожайные годы и, вероятно, на ежегодную заготовку семян сосны. Это определяется большим соответствием между объемами заготовки семян 1-го класса и нестандартных семян сосны по всем управлениям.

Как уже неоднократно отмечалось нами, выполнение плана по заготовке семян обеспечивается за счет преобладающей породы Севера — ели. Качество ее семян в различные по обилию семеношения годы показано в табл. 1.

При максимальном поступлении семян ели на контрольно-семенные станции в год обильного урожая (часто в следующем за ним) масса получаемых семян 1-го класса очень велика. Так, в Архангельской области в 1974 г. (от урожайного 1973 г.) она составила 63,9 %, в Вологодской области и Коми ССР — 75,6 и 6,8 %, масса нестандартных семян соответственно лишь 5,3; 0,3 и 2,0 %. Еще более качественные семена получены в Архангельской области и Коми ССР в 1985 г. после урожайного 1984 г. При сверхобильном урожае в 1989 г., когда лесосеменными станциями апробирована максимальная масса семян ели 243 957 кг, семян 1-го класса в Архангельской области оказалось 91,5, Вологодской — 85,0, Коми ССР — 91,4 %, нестандартных семян соответственно 0,2; 0,2 и 0,2 %.

В малоурожайные годы семян 1-го класса очень мало и резко возрастает масса нестандартных семян. Например, по данным 1969 г., в

* В дальнейшем дается ссылка на управления лесного хозяйства, существовавшие до 1989 г.

Таблица 1

Урожай	Год поступления семян на анализ	Масса апробированных семян, ели, кг	Качество семян, % по классам			
			1-й	2-й	3-й	Нестандартные
Архангельская область						
Максимальный	1966	94 647	42,6	37,3	14,7	5,4
	1971	40 092	70,5	18,0	9,7	1,8
	1974	89 947	63,9	19,5	11,3	5,3
	1979*	18 008	5,6	16,2	59,9	15,3
	1981	15 398	76,8	17,9	4,8	0,5
	1983	33 449	38,0	52,7	9,2	0,1
	1985	56 289	78,8	19,8	1,3	0,1
	1990	155 722	91,5	7,3	1,0	0,2
Минимальный	1968	760	22,2	38,2	10,5	29,1
	1969	3 227	10,6	20,4	44,8	24,2
	1970	500	37,2	20,2	37,6	5,0
	1976	712	41,9	26,0	25,3	6,8
	1986	2 739	67,8	28,9	3,3	—
Вологодская область						
Максимальный	1966	48 731	58,7	27,8	9,6	3,9
	1972	27 060	74,6	18,6	5,8	1,0
	1974	35 480	75,6	17,5	6,6	0,3
	1979	16 685	72,9	23,4	3,7	—
	1990	53 258	85,0	12,0	2,8	0,2
Минимальный	1969	1 898	38,6	30,9	24,1	6,1
	1971	2 104	42,1	37,9	14,2	5,8
	1977	296	36,1	21,6	36,4	5,9
	1984	254	7,9	23,6	68,5	—
	1987	85	94,1	2,4	—	3,5
Коми ССР						
Максимальный	1972	13 475	51,5	17,3	17,5	13,5
	1974	40 847	68,0	21,0	9,0	2,0
	1981	11 141	29,3	60,4	6,2	4,1
	1983	43 535	30,1	56,2	11,2	2,5
	1985	30 343	78,2	17,9	2,3	1,6
	1990	34 977	91,4	7,7	0,7	0,2
Минимальный	1967	525	2,0	48,7	25,3	24,0
	1968	126	16,1	57,2	14,2	11,5
	1969	475	7,7	29,1	24,2	30,0
	1977	149	4,0	26,3	69,7	—
	1979*	1 278	0,2	13,1	25,2	61,5
	1988	472	34,9	54,5	10,6	—

* В 1979 г. семена ели не вызрели.

Архангельской области получено семян 1-го класса 10,6, нестандартных 24,2 %, в Вологодской области и Коми ССР соответственно 38,6 и 6,1; 7,7 и 30,0 %. Хороший урожай шишек ели был в 1978 г., но в Архангельской области и Коми ССР шишки были мелкими и семена в массе не вызревали. Нестандартных семян получено 15,3 и 61,5 %. В среднем за последние 25 лет (1966—1990 гг.) семян ели 1-го класса качества в регионе было более 50, нестандартных — менее 5 %.

Между обилием семенного материала и качеством семян сосны четкой закономерности не выявлено (табл. 2). Например, при максимальном поступлении семян в 1966 г. масса семян 1-го класса составила от 4,0 до 11,4 %, нестандартных — от 13,6 до 36,5 %. Подобные данные имеются по 1969 и 1970 гг. При малом поступлении семян на апробацию масса семян 1-го класса может быть значительно выше. Например, по

Таблица 2

Урожай	Год поступления семян на анализ	Масса апробированных семян, сосны, кг	Качество семян, %, по классам			
			1-й	2-й	3-й	Нестандартные
Архангельская область						
Максимальный	1966	6733	4,0	24,1	37,6	34,3
	1967	4476	23,0	39,8	23,4	13,8
	1970	4860	2,3	16,4	39,2	42,1
	1973	8119	30,7	35,8	27,6	5,9
	1978	6887	48,5	39,8	11,5	0,2
	1979*	1978	6,7	19,5	22,2	51,6
	1980	7784	30,9	33,0	29,2	6,9
	1986	1924	58,0	29,1	10,3	2,6
Минимальный	1968	394	25,6	24,4	29,7	20,3
	1972	365	15,6	29,3	36,2	18,9
	1974	326	18,4	25,1	31,4	25,2
	1975	128	7,0	9,4	79,7	3,9
	1977	595	54,4	27,8	11,2	6,6
	1981	30	36,7	—	46,7	16,6
	1983	327	21,7	51,1	21,4	5,8
	1985	125	11,2	86,4	—	2,4
	1989	220	90,0	6,8	—	3,2
	1990	63	34,9	17,5	3,2	44,4
	Вологодская область					
Максимальный	1966	8524	11,4	35,4	39,6	13,6
	1970	9681	21,1	32,2	41,5	5,2
	1973	6771	29,4	47,8	21,9	0,9
	1978	5472	60,4	27,0	12,6	—
	1986	3206	33,4	43,5	15,9	7,2
Минимальный	1972	800	30,1	26,8	39,3	3,8
	1975	852	26,9	59,3	13,8	—
	1979	300	24,3	72,3	0,4	—
	1981	229	36,7	44,5	18,8	—
	1983	113	9,7	2,6	48,8	38,9
	1984	100	12,0	30,0	50,0	8,0
	1985	780	29,7	55,3	14,6	0,4
	1990	127	9,4	50,4	13,4	26,8
Коми ССР						
Максимальный	1966	3025	10,0	15,3	38,2	36,5
	1967	2312	34,4	26,2	28,8	10,6
	1969	2875	6,0	4,2	36,3	53,5
	1973	3641	46,0	25,0	22,9	6,1
	1978	3918	49,9	27,2	16,1	6,8
	1979*	2487	0,6	2,3	33,9	63,2
	1980	4101	1,7	23,4	54,8	20,1
	1984	1134	46,3	29,8	15,4	8,5
Минимальный	1968	222	13,1	10,8	55,4	20,7
	1971	208	23,6	19,7	36,5	20,2
	1972	195	30,8	22,5	24,2	22,5
	1974	82	4,8	37,9	53,7	3,6
	1975	295	15,2	19,8	50,8	14,2
	1983	103	57,3	—	—	42,7
	1986	76	25,0	57,9	—	17,1
	1990	518	91,3	5,2	—	3,5

* В 1979 г. семена сосны не вызрели.

данным 1977 г. для Архангельской области она составила 54,4 %, нестандартных — 6,6 %. Подобная закономерность наблюдалась в 1981 г. для Вологодской области и особенно в 1990 г. для Коми ССР. В целом в регионе за последние 25 лет (1966—1990 гг.) семян сосны 1-го клас-

са получено около 25, нестандартных — 15 %. Как видно из табл. 2, семена сосны чаще были нестандартными в Коми ССР и сравнительно редко в Вологодской области. Вероятно, это можно объяснить тем, что семена в основном не вызревали, что зафиксировано нами в 1978 г., т. е. даже в год хорошего семеношения.

Анализ качества заготовленных семян хвойных пород в регионе (Архангельская, Вологодская области и Коми ССР) за последние 25 лет позволяет сделать следующие выводы.

1. В урожайные годы качество семян ели очень высокое, в малоурожайные очень мало семян 1-го класса и резко возрастает масса некондиционных. В целом семян 1-го класса в регионе получено более 50, нестандартных — около 5 %.

2. Между качеством семян сосны и обилием семеношения четкая закономерность не проявляется. За 25 лет масса заготовленных семян 1-го класса составила более 25 %, нестандартных — около 15 %.

3. На предприятиях лесного хозяйства следует отказаться от заготовки семян ели в малоурожайные годы. Заготовку шишек сосны целесообразно проводить постоянно при наличии урожая семян в природе. Особое внимание необходимо обратить на разработку более совершенной технологии хранения семян хвойных пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Барабин А. И. Семеношение ели на Европейском Севере / Арханг. лесотехн. ин-т.— Архангельск, 1986.— 181 с.— Деп. в ЦБНТИлесхоз 24.11.86, № 537-ЛХ.
[2]. Барабин А. И. Закономерность семеношения ели на Европейском Севере и основы лесосеменного прогнозирования: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук.— М., 1990.— 35 с.

Поступила 3 декабря 1991 г.

УДК 630*425 : 630*453

ЛЕСОЭНТОМОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ЗОНАХ ИНТЕНСИВНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

А. В. СЕЛИХОВКИН

Лесотехническая академия (г. Санкт-Петербург)

Промышленное загрязнение воздуха — один из важнейших антропогенных факторов, приводящих к изменениям в лесных экосистемах, снижению их продуктивности, ослаблению и гибели древостоев. Техногенные экосистемы, возникшие в результате воздействия аэрополлютантов, являются специфическими структурами. Сообщества насекомых-дендрофагов здесь могут принципиально отличаться по видовому составу и численности от аналогичных энтомокомплексов в естественных ценозах ([2, 3, 5, 6—9] и др.). Очевидно, что в зоне сильного загрязнения для формирующихся древостоев наиболее опасны виды насекомых, имеющие адаптивную реакцию на техногенное воздействие, т. е. такие, плотность популяций которых увеличивается с ростом интенсивности загрязнения [4, 6]. Можно предполагать, что среди них будут преобладать скрытоживущие насекомые, питающиеся фазы которых защищены от воздействия вредных веществ. Особенности фенологии (ранние сроки развития питающихся фаз) могут также являться преадаптивной структурой, обеспечивающей выживание вида, так как в начале вегетационного сезона в корме содержится меньше загрязняющих веществ [4].

Свои особенности могут иметь и виды, наиболее опасные в зонах менее интенсивного загрязнения, имеющие, в частности, квазиадаптивный тип динамики численности. В связи с этим лесоэнтомологический мониторинг аэротехногенных лесных экосистем должен учитывать специфику энтомокомплексов дендрофагов для зон с разным уровнем и составом загрязнения.

Рассмотрим ситуацию, сложившуюся в зоне промышленного загрязнения Братского района под влиянием выбросов алюминиевого завода и лесопромышленного комплекса (фтористых и сернистых соединений соответственно). Леса, испытывающие воздействие промышленных эмиссий, были разделены на несколько зон в зависимости от интенсивности загрязнения и степени деградации лесных экосистем. Зона интенсивного загрязнения (I) была разделена на две подзоны: I^a, в которой преобладали фтористые выбросы, и I^b, где доминировали сернистые соединения.

При интенсивном промышленном загрязнении исключается возможность формирования хвойных древостоев и восстанавливаются только лиственные породы. Следовательно, в зоне I имеют значение вредители лиственных, в том числе подлесочных пород, способных выдерживать высокий уровень выбросов.

Проведенные в 1981—1990 г. исследования позволили выделить виды и группы насекомых, которые представляют или могут представлять существенную опасность для древесной растительности зоны интенсивного загрязнения и являются приоритетными объектами лесо-

Насекомые-филлофаги — объекты энтомониторинга интенсивного загрязнения

Семейство	Вид	Повреждаемая порода	Приоритетная подзона
Экзобионты			
<i>Geometridae</i>	Березовая пяденица — <i>Biston betularia</i> L.	Ива, осина	I ^a
<i>Notodontidae</i>	Березовый вилохвост — <i>Cerura bicuspis</i> Bkh. и <i>Cerura</i> sp.	Береза, осина	I ^a , I ^b
»	Кисточница — <i>Pygaera</i> sp.	Осина	I ^b
<i>Pteridae</i>	Боярышница — <i>Aporia crataegi</i> L.	Черемуха	I ^a
Эндобионты			
<i>Eriocraniidae</i>	—	Береза	I ^b
<i>Gracillariidae</i>	—	Береза, тополь	»
<i>Gelechiidae</i>	Осиновая проворная моль — <i>Anacamptis populella</i> Cl.	Береза, осина	»
	Тополевая выемчатокрылая моль — <i>Gelechia pinquinnella</i> Tr.	Ива, тополь	»
<i>Tortricidae</i>	<i>Pseudosciaphila branderiana</i> L.	Ива, осина, тополь	»
<i>Tenthredinidae</i>	Розанная листовертка — <i>Archips rosana</i> L.	Береза	»
	Большой и малый минирующий пилильщики — <i>Scolineura betuleti</i> Kl., <i>Fenusa pusilla</i> Lap. и др.		
	Осиновый минирующий пилильщик — <i>Phyllostoma ochropoda</i> Kl.	Осина, тополь	»
<i>Attelabidae</i>	Черный березовый трубокверт — <i>Deporaus betulae</i> L.	Береза	I ^a , I ^b
	Многоядный и осиновый трубокверты — <i>Byctiscus betulae</i> L. и <i>B. populi</i> L.	Осина, тополь	I ^b
<i>Curculionidae</i>	Березовый семяед — <i>Apion simile</i> Krbu.	Береза	»
	Топольный слоник-блошка — <i>Rynchaenus populi</i> L.	Осина, тополь	»

энтомологического мониторинга. Приведем их список (см. таблицу). В нем преобладают скрытоживущие виды и группы насекомых. В отдельные годы плотность их популяций была очень высока. Так, в подзоне I⁶ в 1982 г. и I^a в 1983 г. минирующие пилильщики повреждали до 100 % листьев березы; березовый семяед при дополнительном питании на значительной части подзоны I^a объедал все листья березы; мины *Eriocrania* sp. в подзоне I⁶ встречались на 73 % листьев берез; осиноя проворная моль и листовертки в 1990 г. повреждали до 87 % листьев осины и ив и т. д. В таежных экосистемах эти виды не имеют существенного значения, но в зоне интенсивного загрязнения, где листовые существуют на пределе своих возможностей, эндобионтные насекомые выступают как значимый фактор экологического стресса.

Однако наиболее опасно увеличение численности экзобионтных чешуекрылых. Плотность популяции березовой яденицы, не характерной для Братского района, в отдельные годы достигала 135... 140 экз. на одно дерево при среднем диаметре и высоте 0,3 см и 1,7 м. На ивах наблюдалось полное объедание листьев. Одной из причин увеличения плотности популяций этого вида в зоне интенсивного загрязнения явилось уменьшение биотического пресса за счет превентивной гибели паразитов под влиянием фтористых соединений [3, 4]. Вероятно также наличие преадаптивных структур или возникновение физиологических адаптаций к воздействию вредных веществ. Показать наличие последних в эксперименте пока не удалось [4].

Среди перечисленных видов боярышница и черный березовый трубкаверт в значительной степени индифферентны к загрязнению. Их численность возрастала и вне зоны выбросов, и на ее территории.

В зоне загрязнения средней интенсивности (II) плотность популяций насекомых, как правило, значительно ниже, чем в предыдущей. Однако эта зона весьма неоднородна. В части, прилегающей к зоне I, на склонах и вершинах возвышенностей, подверженных наибольшему выбросам, доминируют вредители, характерные для зоны интенсивного загрязнения. В остальной части приоритетными объектами надзора являются виды, обычные для данного района.

Специфическими объектами надзора здесь могут являться листоеды (сем. *Chrysomelidae*), в том числе ольховый *Melasoma aenea* L. (ольха, реже береза), двадцатиточечный *M. vigintipunctata* L. (ива козья), малый ивовый *Phyllodecta vulgatissima* L. (осина) и ряд других видов. Их численность высока и имеет тенденцию к росту.

В этой зоне максимальна плотность популяций ржаво-бурой кисточкицы *Pygaea anastomosis* L. (сем. *Notodontidae*), повреждающей осину. Листоеды и кисточница являются видами с выраженной квази-адаптивной реакцией на загрязнение, плотность популяций которых достигает максимума при некотором среднем уровне загрязнения [4].

В зоне II возможно формирование смешанных древостоев с участием лиственницы и сосны. Наиболее серьезными вредителями сосны здесь являются большой сосновый слоник *Hyllobius abietis* L. и побеговьюны р. *Rhyacionia* Hbn., повреждающие возобновление и молодняки.

В зоне загрязнения малой интенсивности (III) сохраняются энтомокомплексы дендрофагов, близкие к естественным. Здесь надзор следует вести за традиционными для данного района объектами.

Наблюдения за динамикой численности и другими популяционными и биологическими характеристиками наиболее многочисленных видов стволовых вредителей в Братском районе позволили прийти к выводу, что потенциальную опасность для древостоев II и III зон могут представлять только сосновые лубоеды *Tomicus minor* Hart. и *T. pini-perda* L. и стенограф *Ips sexdentatus* L. в годы, когда сумма эффективных температур за 3 летних месяца превышает 680 °С (нижний порог

развития принят равным 9 °С). При повторении годов с высокой температурой во время вегетационного сезона возможно формирование очага стволовых вредителей. Это характерно для южнотаежных экосистем, подверженных воздействию промышленных эмиссий [1].

Специфичность групп вредителей, характерных для зоны интенсивного загрязнения, определяет и ряд особенностей организации лесознтомологического мониторинга. Лесопатологические обследования в этой зоне целесообразно проводить в два этапа. Рекогносцировочное (по маршрутным ходам) должно дать информацию о наличии участков с повышенной плотностью листогрызущих вредителей. Его можно проводить визуально, так как высота лиственных в зоне интенсивного загрязнения редко превышает 10 м и повреждения ассимиляционного аппарата хорошо заметны. Прокладываемые маршрутные ходы должны проходить через склоны возвышенностей различных экспозиций, так как плотность популяций может сильно варьировать в зависимости от их ориентации.

Численность скрытоживущих и скручивающих листья насекомых, характерных для зоны интенсивного загрязнения, целесообразно оценивать по двум показателям — встречаемости (доля деревьев с повреждениями данного вида) и интенсивности (доля поврежденных листьев, определенная с учетом только тех деревьев, на которых встречаются повреждения). В случае, если интенсивность повреждений превышает 20 %, а встречаемость составляет не менее 70 %, следует проводить детальное обследование.

Выводы

1. Зоны промышленного загрязнения являются специфическими объектами лесознтомологического мониторинга, в которых служба надзора должна быть ориентирована на виды и группы насекомых в соответствии с уровнем и составом загрязнения.

2. Приоритетность объектов лесознтомологического мониторинга в значительной степени определяется их ответными реакциями на воздействие аэрополлютантов. Первоочередными объектами надзора в аэротехногенных лесных экосистемах являются насекомые-дендрофаги, имеющие адаптивный или квазиадаптивный тип динамики численности по отношению к уровню загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Катаев О. А., Селиховкин А. В. Опыт количественного анализа факторов экологического стресса в техногенных лесных экосистемах // Проблемы лесоведения и лесной экологии: Тезисы докладов. Ч. 2.— М., 1990.— С. 541—542. [2]. Козлов М. В. Ответные реакции популяций насекомых на антропогенные воздействия.— Красноярск, 1987.— 60 с. [3]. Селиховкин А. В. Влияние промышленного загрязнения воздуха на хвоелистогрызущих насекомых: Автореф. дис... канд. биол. наук.— Л., 1985.— 15 с. [4]. Селиховкин А. В. Влияние промышленного загрязнения воздуха на насекомых-филлофагов // Докл. на тридцать девятом ежегодном чтении памяти Н. А. Холодковского.— Л.: Наука, 1988.— С. 3—48. [5]. Яновский В. М., Вшивкова Т. А. Оценка изменений группировок лесных насекомых как элемент диагностики состояния лесов // Диагностика состояния насаждений, подверженных действию техногенных выбросов тепловых электростанций.— Красноярск: Ин-т леса и древесины СО АН СССР. 1990.— 36 с. [6]. Führer E. Air pollution and the incidence of forest insect problems // Z. angew. Entomol.— 1985.— Bd. 99, N. 4.— S. 371—377. [7]. Sierpinski Z. Wplyw gasow i dymow przemyslowych na dynamike populacji niekorych szkodnikow pierwotnych sosny // Prace Inst. badaw. leśn.— 1968.— N 365.— P. 139—150. [8]. Villemanant C. Influence de la pollution atmospherique sur les microlepidopteres du pin et forêt de Roumare (Seine-Maritime) // Acta oecol. applic.— 1980.— Vol. 1, N 2—P. 139—160. [9]. Villemanant C. Influence de la pollution atmospherique sur les population d'aphides du pin sylvestre en forêt de Roumare (Seine-Maritime) // Environnement. Pollut., Ser. A.— 1981.— Vol. 24,— N 4.— P. 245—262.

УДК 630*443

ФАУТНОСТЬ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКОВ

С. В. КОЛТЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Пороки древесных стволов оказывают значительное влияние на сортиментную и товарную структуру древостоев, снижают выход деловой древесины и сортность лесоматериалов. Правильный учет фаутности имеет большое значение для рационализации использования лесного фонда, корректирования расчетных лесосек, получения достоверных нормативов таксации сортиментной и товарной структуры древостоев.

В целях установления закономерных связей пороков древесины северотаежных ельников с таксационными показателями, степени их распространения в насаждениях было заложено 35 пробных площадей с рубкой 2305 деревьев (из них 5 проб со сплошной рубкой) и 912 круговых площадок; на свежих вырубках — 4 пробные площади и 315 статистических учетных площадок с замером 3560 пней (табл. 1).

Таблица 1

Опытные материалы

Разряд высот	Насаждение		Свежая вырубка	
	Пробные площади	Круговые площадки	Пробные площади	Статистические учетные площадки
III	4	48	—	8
IV	12	312	2	85
V	15	444	2	180
VI	4	108	—	42
Итого	35	912	4	315

Методика закладки пробных площадей в насаждениях изложена в работе [5]. У каждого срубленного дерева описывали пороки на всей длине ствола. Протяженность гнилей определяли по стадиям путем откомлевки гнилой части через 0,5 м. Для анализа закономерностей распределения сучьев по длине ствола проводили их перечет по диаметру оснований и качественному состоянию (растущие, сухие) у 417 деревьев на различных пробах. Встречаемость внешних пороков стволов в насаждениях оценивали с помощью реласкопических круговых площадок. На каждой из них отмечали суммы площадей сечений деловых, дровяных деревьев, сухостоя, описывали пороки, влияющие на выход сортиментов.

На свежих вырубках закладывали пробные площади с замером 250...300 пней. У каждого пня определяли высоту от шейки корня, диаметр среза, возраст, а при наличии гнили — ее вид, размеры, стадию. Аналогичные замеры проводили на статистических учетных площадках размером 10 × 10 м, размещенных равномерно по площади вырубок.

При изучении фаутности древостоев важно установить встречаемость того или иного порока, которая, согласно данным большинства исследователей, зависит от лесорастительных условий. Группировка опытных материалов по типам леса и разрядам высот (шкала разрядов наша [5]) дает близкие результаты (табл. 2, 5). Четкая зависимость прослеживается для гнилей, многовершинности, сучьев. Встречаемость остальных пороков в значительной степени варьирует. Многие из них присутствуют на деревьях одновременно.

Таблица 2

Фаутность северотаежных ельников,
% от общего числа деревьев

Порок	Ельник черничный свежий	Ельник долгомошный	Ельник сфагновый
Гниль	35,3	28,6	13,1
Рак	1,7	1,1	0,7
Кривизна ствола	2,1	8,1	3,9
Трещина	1,0	1,0	1,1
Сухобокость	0,5	0,5	0,3
Пасынок	2,6	2,1	0,4
Сучки	2,8	0,3	—
Многовершинность	5,5	7,5	13,1
Суховершинность	2,8	1,1	1,8

Такие пороки, как многовершинность, пасынок, язвенный рак, в зависимости от места образования могут снижать выход деловой древесины до 30 % и существенно влиять на сортность лесоматериалов. Кривизна ствола, особенно связанная с потерей вершины, может вызвать большой переход деловой древесины в дровяную (до 85 %). Доля таких деревьев колеблется от 1 до 6 % и с понижением разряда высот несколько возрастает. Простое искривление ствола компенсируется разделкой на более короткие сортменты. Наличие сучьев больших диаметров оказывает влияние на сортность лесоматериалов.

С увеличением возраста встречаемость всех пороков возрастает. Наиболее четкая зависимость от возраста обнаружена для гнилей. Доля остальных пороков сильно варьирует и не зависит от среднего диаметра древостоя и суммы площадей сечений. С увеличением диаметра деревьев отмечается рост числа экземпляров с многовершинностью (от 4 до 18 %) и язвенным раком (от 1 до 5 %). Пасынки, сухобокость, облом вершин встречаются с одинаковой вероятностью у деревьев разной толщины и возраста.

Более четкие закономерности отмечены для сучьев — одного из основных сортообразующих пороков древесных стволов. Анализировали распределение сучьев по стволам на относительных длинах, что позволило исключить влияние разряда высот [11]. Исследование показало, что средний процент сучьев всех учетных диаметров (от 0,5 см и более) и качественного состояния практически не зависит от толщины деревьев ($r = -0,06$; $\eta = 0,11$). Исходя из этого были составлены средние ряды распределения сучьев разной толщины и качественного состояния по относительным длинам ствола (0,1 — от 0,05 до 0,14 длины ствола; 0,2 — от 0,15 до 0,24 и т. д.). Ряды распределения выравнивали с помощью вероятностных моделей Шарлье типа А и Пирсона-I (табл. 3).

Следует отметить, что наиболее толстые сучья (диаметром 3... 5 см), являющиеся показателем сортности лесоматериалов, встречаются на деревьях толщиной 32 см и более (табл. 4). Этим обуславливается довольно низкий процент деревьев, которые можно отнести к

Таблица 3

Структура кроны ели

Отно- ситель- ная длина ство- ла	Процент живых сучьев				
	всех диа- метров	диаметром, см			
		1	2	3	4...5
0,1	1,0	0,5	1,0	3,2	1,8
0,2	3,5	1,5	4,0	9,8	9,8
0,3	6,2	2,9	7,5	16,1	20,5
0,4	9,4	4,0	11,0	19,8	23,6
0,5	11,8	6,0	14,5	19,5	21,0
0,6	14,0	9,9	17,0	16,2	13,5
0,7	17,2	22,0	18,0	10,2	8,0
0,8	19,9	29,6	17,5	4,4	1,8
0,9	17,0	23,6	9,5	0,8	0,0

Таблица 4

Средние диаметры сучьев, см,
на относительных длинах стволов

Ступень толщины, см	Относительные длины				
	0,2	0,4	0,6	0,8	Сред- нее
12	1,06	1,47	1,41	1,16	1,27
20	1,40	1,89	1,74	1,25	1,51
28	1,60	2,59	2,17	1,73	1,93
36	2,34	2,60	2,36	1,75	2,07
44	3,50	4,00	2,55	1,85	2,34
52	3,80	5,10	2,90	1,92	2,55
Среднее	1,59	2,14	1,89	1,42	—

сучковатым. Наличие отдельных, сравнительно тонких деревьев с сучьями большого диаметра объясняется длительным их угнетением в молодом возрасте или повреждениями [8].

Средние диаметры сухих сучьев составляют 0,6 от диаметров живых, причем для тонкомерных деревьев разница средних диаметров меньше, чем для толстомерных. Это говорит об отмирании в основном более тонких сучьев. Этот процесс идет преимущественно в нижней части ствола.

Влияние диаметра ствола на диаметр сучьев составило 65...71 %, разряда высот — 29...31 % от общей суммы факторов. Высота прикрепления первого живого и сухого сучьев не зависит от разряда высот и выражается уравнениями:

для живых сучьев

$$y = 0,535 + 0,257D - 0,004D^2, \quad m = 0,34; \quad (1)$$

для сухих сучьев

$$y = 0,25 + 0,02D, \quad m = 0,17, \quad (2)$$

где y — высота прикрепления сучьев, м;

D — диаметр ствола на высоте 1,3 м.

Из всех встречающихся пороков наибольшее влияние на выход сортиментов оказывают гнили. Основными дереворазрушающими грибами северотаежных ельников являются: корневая губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), трутовик Швейнитца (*Polyporus Schweinitzii* Fr.), еловая губка (*Trametes abietis* Sacc.) северный трутовик

(*Polyporus borealis* (Wahl.) Fr.), опенок осенний (*Armillariella mellea* (Fr. ex Vahl.) Karst. Видовой состав дереворазрушающих грибов зависит от лесорастительных условий (табл. 5).

Таблица 5

Видовой состав дереворазрушающих грибов северотаежных ельников

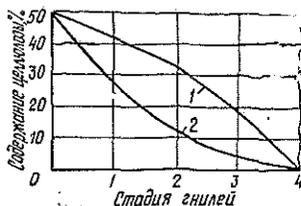
Разряд высот	Корневая губка	Трутовик Швейнитца	Еловая губка	Северный трутовик	Опенок осенний	Всего деревьев
III	29,1	4,9	1,4	1,2	1,9	38,5
	75,6	12,8	3,6	3,0	5,0	100,0
IV	26,5	5,2	0,9	0,7	2,0	35,0
	75,4	14,6	2,6	1,7	5,7	100,0
V	21,5	4,9	0,5	—	1,7	28,6
	75,2	17,0	1,7	0	5,9	100,0
VI	9,8	2,3	0,2	—	0,8	10,5
	74,0	18,0	1,5	0	6,5	100,0

Примечание. В числителе — % от общего числа деревьев; в знаменателе — % от числа пораженных.

Из всех видов дереворазрушающих грибов доля корневой губки остается практически постоянной для разных условий (74...76%), несколько увеличиваясь с улучшением условий роста. Аналогичные закономерности отмечены для еловой губки и северного трутовика. Доля трутовика Швейнитца и оленка осеннего возрастает с понижением разряда высот древостоев. Опенок осенний вызывает заболонную гниль, приводящую к усыханию деревьев. Этим объясняется возрастание доли сухостоя в общем запасе древостоя с понижением разряда высот от $5,8 \pm 0,45$ % для IV разряда до $10,9 \pm 1,9$ % для VI разряда.

Для всех видов дереворазрушающих грибов характерна средняя степень декомпозиции древесины. Средняя стадия гнилей — 2,9 (дупло — 4 стадии) (табл. 6). Для определения границы явной гнили были исследованы образцы разных стадий на содержание целлюлозы. Выход целлюлозы находили путем делигнификации древесины смесью спирта и концентрированной азотной кислоты в соотношении 4/1 по объему (метод Кюршнера [7]). Деструктивные гнили (трутовик Швейнитца) по этому признаку являются явными, начиная с первой стадии. Содержание целлюлозы в них 31,2 %, тогда как в здоровой древесине ели 48...55 %. В коррозионных гнилях (корневая, еловая губка) целлюлоза составляет 42 % для первой стадии, 32,2 % — для второй, 18,9 % — для третьей (см. рисунок). Границей явной гнили можно считать вторую стадию, поскольку древесина с содержанием целлюлозы менее 40 % пригодна лишь для технологической переработки. Доля деревьев, пораженных гнилями разных стадий, при изменении лесора-

Содержание целлюлозы в коррозионных (1) и деструктивных (2) гнилях



стительных условий и увеличении диаметра остается постоянной (табл. 6).

Таблица 6
Стадии гнилей, %, северотаежных ельников
(на срезе пня)

Стадия гнили	Корневая губка	Трутовик Швейница	Еловая губка	Северный трутовик	Опенок осенний	Среднее
1	10	11	8	5	6	10
2	17	12	40	28	65	17
3	42	54	38	47	29	44
4	31	26	14	20	—	29
Средняя стадия	3,0	2,5	2,5	2,8	2,2	2,9

Поражаемость деревьев гнилями возрастает с увеличением диаметра деревьев и разряда высот. Существенное влияние оказывает возраст деревьев (48...87 % от общей суммы факторов).

Одним из важных моментов является определение размерных характеристик гнилей: их диаметра на пне, протяженности, формы. Эти показатели определяли без подразделения по видам дереворазрушающих грибов. Относительная протяженность гнилей увеличивается с повышением разряда высот. Диаметр деревьев не оказывает существенного влияния на этот показатель. Средняя относительная протяженность гнилей для IV разряда высот составила $0,13 \pm 0,02$ от длины ствола, для V — $0,08 \pm 0,015$, для VI — $0,06 \pm 0,01$. Относительная протяженность гнилей по стадиям равна: 1 — $0,33 \pm 0,03$; 2 — $0,27 \pm 0,02$; 3 — $0,22 \pm 0,02$; 4 — $0,18 \pm 0,03$.

Абсолютная протяженность гнилей растет с увеличением диаметра гнили на пне, разряда высот, диаметра дерева на высоте груди. Связь протяженности гнили с ее диаметром более тесная ($\eta = 0,85 \pm 0,07$), чем с диаметром деревьев ($\eta = 0,45 \pm 0,05$). Влияние возраста меньше ($\eta = 0,23 \dots 0,42$) и значительно варьирует. Протяженность гнилей учитывали только для деревьев, пораженных комлевыми гнилями. Стволовые гнили, вызываемые еловой губкой, учитывали отдельно. Средняя протяженность гнили, вызванной еловой губкой (как правило, совместно с корневой губкой), составила $7,9 \pm 0,7$ м.

Диаметр гнили на пне имеет аналогичные связи с таксационными показателями. Для древостоев IV разряда высот средний диаметр гнили составил $12,0 \pm 0,51$; V — $8,2 \pm 0,36$; VI — $6,5 \pm 0,25$. Влияние таксационного диаметра на диаметр гнили значительное ($\eta = 0,57 \pm 0,04$), возраста — умеренное ($\eta = 0,48 \pm 0,05$), что во многом объясняется его приближенным определением.

Форма гнилей по числовому выражению близка к форме ствола. Образующую гнилей описывали полиномом третьей степени.

Объем гнилей $V_{гн}$ определяли интегрированием образующей на протяжении от 0 до h :

$$V_{гн} = \frac{\pi}{4} \int_0^h d_E^2 dx; \quad (3)$$

где h — длина гнили, м;

d_E — значение полинома, характеризующего форму гнили.

Объемы гнилей и абсолютные видовые числа выравнивали с помощью регрессионных моделей (табл. 7). Видовые числа гнилей имеют тенденцию к уменьшению с ростом диаметра гнили на пне. При одном и том же диаметре гнили с понижением разряда высот видовые числа также уменьшаются (табл. 8).

Таблица 7

Характеристики гнилей северотаежных ельников

Факторы влияния	Уравнение связи	Коэф-фициент множественной корреляции
Встречаемость гнилей Y , % от общего количества деревьев		
Номер разряда высот R Ступень толщины D , см	$Y = 50,03 - 10,67R + 1,879D$	0,965
Номер разряда высот R Класс возраста A	$Y = 3,99 - 8,890R + 8,947A$	0,932
Протяженность гнилей L , м		
Диаметр гнили d , см Номер разряда высот R	$L = 0,836 - 0,190R + 0,127d$	0,989
Диаметр гнили d , см Ступень толщины D , см	$L = -0,280 + 0,156D + 0,110d$	0,950
Номер разряда высот R Ступень толщины D , см	$L = 4,405 - 0,723R + 0,034D$	0,816
Объем гнили V , м		
Номер разряда высот R Диаметр гнили d , см	$V = 0,0016R^{-3,201}d^{2,540}$	0,998
Абсолютные видовые числа гнилей f		
Номер разряда высот R Диаметр гнили d , см	$f = 1,205R^{-0,287}d^{-0,298}$	0,947
Относительный объем дровяной древесины V_0 , % от объема ствола		
Номер разряда высот R Ступень толщины D , см	$V_0 = 119,258R^{-1,674}D^{0,351}$	0,910

Таблица 8

Абсолютные видовые числа гнилей

Диаметр гнили на пне, см	Разряд высот			
	III	IV	V	VI
4	0,582	0,536	0,503	0,477
8	0,477	0,436	0,409	0,388
12	0,420	0,386	0,362	0,354
16	0,385	0,355	0,333	0,326
20	0,361	0,332	0,311	0,296
24	0,342	0,314	0,295	0,280
28	0,326	0,300	0,282	0,267
32	0,313	0,289	0,271	0,257

Объем гнилей зависит и от разряда высот. Для IV разряда средняя доля объемов гнилей составила 2,6 % от объема ствола, V — 1,3 %; VI — 0,9 %. Относительный объем дровяной древесины определяли для стволов, у которых необходима откомлевка в дрова. Средний объем откомлевок для IV разряда составил 36,5 %, V — 26,5 %, VI — 12 %. Доля деревьев (от общего количества), у которых необходимы отком-

левки в дрова и сырье для технологической переработки, уменьшается с понижением разряда: IV—16,4 %, V—13,8 %, VI—9,6 %.

Для практики таксации важно установить вероятностное распределение древостоев по распространенности гнилей. Оно построено на основе массовых материалов учетных статистических площадок. Опытные данные выравняли по функции Шарлье типа А и Пирсона-I (табл. 9).

Таблица 9
Вероятностное распределение северотаежных ельников, %, по встречаемости гнилей

Число фауговых деревьев	Разряд высот			
	III	IV	V	VI
0	0,1	3,8	7,0	21,9
4	4,0	8,4	12,4	34,7
12	7,8	12,1	18,6	21,9
20	11,6	13,5	18,3	11,6
28	12,6	13,3	15,3	6,4
36	13,9	12,3	11,4	2,6
44	13,5	10,8	7,8	0,6
52	11,6	8,8	4,8	0,3
60	9,7	6,9	2,6	—
68	6,5	5,0	1,2	—
76	4,5	3,1	0,6	—
84	2,6	1,6	—	—
92	1,1	0,3	—	—
100	0,5	0,1	—	—

Во многих исследованиях отмечается слабая связь пораженности ели гнилями (особенно в ранних стадиях) с внешними признаками [6, 10]. Для выявления связи отдельных таксационных показателей с пораженностью гнилями по формуле Пресслера определяли проценты прироста по диаметру P_d и высоте P_h больных и здоровых деревьев. Выявлено, что различие между значениями прироста существенно и составляет 40...50 %. Для здоровых деревьев $P_d = 1,13 \pm 0,03$; $P_h = 0,97 \pm 0,03$; для больных соответственно $0,67 \pm 0,04$ и $0,46 \pm 0,01$.

Распространение гнилей, главное корневой губки, происходит в результате контактов больных корней со здоровыми и носит куртинный характер [9]. Эти выводы подтвердились данными раскопок корневых систем ели на пробах со

сплошной рубкой деревьев. Для того чтобы ответить на вопрос, является ли отпад деревьев в ельниках прямым следствием пораженности гнилями, было исследовано соотношение числа растущих и отпавших деревьев. По данным И. А. Алексеева [1], для обычного отпада оно должно превышать 5...8. В нашем случае эта величина составила в среднем 19,0 (минимальное значение 7,2, максимальное 31,8), что говорит о длительном развитии гнилевых заболеваний северотаежных ельников. Увеличение гнили по диаметру за год примерно равняется приросту дерева [3], причем скорость роста гнили возрастает с увеличением степени декомпозиции древесины вследствие повышения притока кислорода [2].

Сложным вопросом является устойчивость еловых древостоев к поражению гнилями. К факторам устойчивости относятся повышенная кислотность почв, слабая ее аэрация, антисептические свойства сфагновых мхов [4, 8]. Эти факторы характерны для древостоев низких разрядов высот, произрастающих в сфагновых и долгомощных типах лесорастительных условий. Наши исследования подтверждают эти выводы и позволяют использовать полученные закономерности в практике таксации северотаежных ельников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Алексеев И. А. Лесохозяйственные меры борьбы с корневой губкой.— М.: Лесн. пром-сть, 1969.— 76 с. [2]. Ванин С. И. Методы исследования грибных болезней леса и повреждений древесины.— Л.: Гослесбумиздат, 1984.— 228 с. [3]. Васильяускас А. П. Экология и биология корневой губки и факторы, ограничивающие ее патогенность в хвойных насаждениях Литовской ССР: Автореф. дис... д-ра биол. наук.— Тарту, 1981.— 44 с. [4]. Гусев И. И. Продуктивность ельников Севера.— Л.: ЛГУ, 1978.— 232 с. [5]. Гусев И. И., Колтев С. В. Сортиментная структура

северотаежных ельников // Лесн. журн.— 1991.— № 4.— С. 3—11.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Журавлев А. И. Диагностика болезней леса.— М.: Сельхозиздат, 1962.— 190 с. [7]. Практические работы по химии древесины и целлюлозы / А. В. Оболенская, В. П. Шеголев, Г. Л. Лаким и др.— М.: Лесн. пром-сть, 1965.— 412 с. [8]. Усков С. П. Фауность спелых и перестойных ельников Кадниковского лесничества // Тр. / И-т леса и древесины АН СССР, 1962.— С. 212—237. [9]. Федоров Н. И. Корневые гнили хвойных пород.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 232 с. [10]. Федоров Н. И., Плещук Ю. М. О возможностях ранней диагностики поражения ельников корневой губкой // Лесн. журн.— 1978.— № 3.— С. 5—6.— (Изв. высш. учеб. заведений). [11]. Яновский Л. Н., Охлопков П. Е. Закономерности распределения сучьев по количеству и крупности на стволах сосны // Лесн. хоз-во.— 1981.— № 8.— С. 43—45.

Поступила 13. января 1992 г.

УДК 551.578.4 : 630*228

ФОРМИРОВАНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В НАСАЖДЕНИЯХ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ

Н. И. ДАНИЛОВ

ВНИИЛМ

В оценке водоохранной и водорегулирующей роли насаждений особенно велико значение твердых осадков холодного периода года, так как преобладающее количество их включается в процессы стока и пополнения запасов грунтовых вод. Насыщенность почв влагой в начале вегетационного периода зависит от степени промерзания почв и скорости их оттаивания весной.

Вопросы задержания осадков пологом естественных насаждений и культур разного возраста изучены недостаточно. На проникновение осадков к поверхности почвы существенно влияют сомкнутость крои, изменяющаяся с возрастом насаждения, а также строение древостоев [2, 3, 8, 9]. Сложные и разновозрастные древостои задерживают больше осадков, чем простые и одновозрастные [12].

Снегонакопление и снеготаяние мы изучали как на постоянных гидрологических площадках, так и на временных объектах стационара «Каменка» в Хомьяковском лесничестве Загорского опытно-механизированного лесхоза, Истринского гидрологического стационара, а также Пушкинского лесничества Правдинского лесхоза-техникума Московской области. С помощью снегомерных съемок в период максимального снегонакопления (как правило, в марте) по общепринятой методике [10] определяли мощность, плотность и запас воды в снеге. Эталоном служили лесные поляны площадью 0,5 га.

Исследования, выполненные ранее сотрудниками ВНИИЛМ, показали, что кронами средневозрастных и приспевающих лиственных насаждений в среднем за год задерживается 13 % осадков, елово-лиственных — 19 %, еловых — 37 %, летом соответственно 23, 21 и 43 % [1]. Близкие к этим цифры получил П. Ф. Идзон [7], проводивший наблюдения на Подмосковской стоковой станции (Бол. Сареево). По его данным, 40-летний сомкнутый березняк в течение вегетационного периода задерживает 19, сомкнутый 65-летний сосняк — 27, густые ельники — 29...34 % осадков.

Высокой способностью к снегонакоплению характеризуются выруб-ки в стадии зарастания кустарниками и лиственными древесными породами, а также лиственничные насаждения, где запасы снега значительно отличаются от эталонных.

Исследованиями в Хомьяковском лесничестве мы установили, что запасы воды в снеге под пологом молодняков уменьшаются с увеличением возраста последних. Они минимальны в жердняках и увеличи-

ваются с возрастом, снижением полноты и сомкнутости древостоев. Наблюдения показали, что в 1978 г. запасы снега были максимальны в окнах диаметром 15...20 м (178 мм). При большем их размере отмечена тенденция к уменьшению запасов снега, хотя в отдельных случаях они были значительны и на полянах размером до 0,5 га (158 мм). Второе место по снегонакоплению занимают лиственные древостои и вырубки, возобновляющиеся лиственными породами или заросшие кустарником (156 мм). Далее следуют смешанные насаждения (120 мм),

на последнем месте стоят ельники, в которых запасы снега не превышают 92 мм (табл. 1).

Активные поиски путей увеличения стока с лесных водосборов привели исследователей к выводам о благоприятной роли просек, а также чередования полос лиственных и хвойных насаждений. Согласно данным американских исследователей [4] для достижения максимального гидрологического эффекта коридоры шириной, равной 1-2 высотам насаждения, должны чередоваться с кулисами такой же ширины. Однако и более узкие просеки типа технологических коридоров, надо полагать, будут способствовать накоплению влаги. В. Н. Данилик [4], обосновывая ширину полос из лиственных пород, считает, что она не должна превышать длины тени, отбрасываемой хвойными деревьями.

Положительно следует оценивать влияние небольших полян (диаметром 2-3 высоты окружающего древостоя) и просек разных размеров, особенно если их создание отвечает одновременно задачам рекреации и технологии проведения лесохозяйственных мероприятий (технологические коридоры).

Рубки ухода — одно из действенных мероприятий, позволяющих регулировать водный режим насаждений, в частности снегонакопление. Поскольку лиственные насаждения пропускают под полог практически все твердые осадки, то их изреживание не оказывает существенного влияния на запасы снега.

Рубки ухода выполняли с интенсивностью 50 % (по числу деревьев). В культурах сосны и ели вырубали каждый второй ряд, березняк равномерно изреживали комбинированным методом.

Таблица 1

Номер гидрологической площадки	Характеристика насаждения		Максимальный запас снега М + т, мм					Средний запас снега		
			1978	1979	1980	1981	1982	проникшего, мм	задержанного	
									мм	%
1	10Е	60	0,9	95 ± 4,2	72 ± 1,0	104 ± 1,6	134 ± 1,7	102 ± 2,1	55	35
2	5Б5Ос	30	0,8	122 ± 4,5	134 ± 1,1	184 ± 2,4	181 ± 1,5	153 ± 2,1	4	3
3к	10Б	20	0,9	146 ± 2,0	122 ± 0,6	189 ± 1,5	170 ± 1,1	183 ± 1,2	4	3
6к	10Е	20	1,0	94 ± 3,8	95 ± 2,0	118 ± 2,4	140 ± 1,8	114 ± 2,7	43	27
7к	10с	20	0,9	116 ± 4,3	98 ± 1,4	121 ± 1,7	154 ± 1,5	121 ± 2,1	36	23
11	10Е	30	1,0	81 ± 3,3	59 ± 1,2	67 ± 1,1	—	69 ± 1,8	88	56
10	Выруб-ка	—	—	138 ± 3,2	123 ± 1,1	183 ± 1,8	180 ± 1,4	156 ± 1,8	2	1
12	Поле	—	—	97 ± 5,8	99 ± 1,2	151 ± 2,8	150 ± 2,3	127 ± 2,9	30	19
13	Поляна	—	—	112 ± 2,9	113 ± 1,2	211 ± 3,5	195 ± 1,4	157 ± 2,1	0	0

Результаты наших исследований в Хомяковском лесничестве свидетельствуют, что при снижении рубками ухода полноты от 1,0 до 0,5 запасы снега в сосняке увеличились на 21 мм (или 18 %), в ельнике на 7,7 мм (7 %), в березняке практически не изменились (табл. 2).

Глубина и степень промерзания почвы, а также динамика ее оттаивания имеют большое гидрологическое значение, особенно применительно к составу и структуре насаждений. Прореживание хвойных насаждений ведет к уменьшению глубины промерзания почв. При интенсив-

Таблица 2

Происхождение древостоя	Состав древостоя	Номер гидрологической площадки	Сомкнутость кроны	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Интенсивность порубки по запасу, %	Запас древостоя на 1 га, м ³	Средние показатели М ± m за 1978-1981 гг.		
										Высота снежного покрова, см	Плотность, г/см ³	Запас воды в снеге, мм
Естественное	10Б	3к	$\frac{0,9}{1,0}$	$\frac{19}{22}$	$\frac{8,2}{8,7}$	$\frac{5,6}{5,9}$	1	—	$\frac{90,0}{107,0}$	60,6 ± 0,43	0,23 ± 0,002	140,7 ± 1,48
		3р	$\frac{0,6}{0,7}$	$\frac{19}{22}$	$\frac{8,2}{9,2}$	$\frac{6,0}{7,2}$	1	53,0	$\frac{42,3}{55,0}$	61,0 ± 0,33	0,23 ± 0,002	140,2 ± 1,66
		6к	$\frac{1,0}{1,0}$	$\frac{19}{22}$	$\frac{7,3}{8,0}$	$\frac{4,4}{5,5}$	Ia	—	$\frac{80,4}{86,0}$	45,2 ± 0,76	0,24 ± 0,002	108,0 ± 2,50
Культуры	10Е	6р	$\frac{0,5}{0,7}$	$\frac{19}{22}$	$\frac{7,3}{9,5}$	$\frac{4,2}{6,2}$	Ia	54,6	$\frac{36,5}{44,0}$	47,0 ± 0,76	0,24 ± 0,003	115,7 ± 2,88
		7к	$\frac{0,9}{0,9}$	$\frac{21}{25}$	$\frac{11,6}{11,3}$	$\frac{11,5}{12,3}$	Ia	—	$\frac{260,0}{242,0}$	46,2 ± 0,54	0,26 ± 0,002	117,2 ± 1,72
		7р	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{21}{25}$	$\frac{11,0}{11,5}$	$\frac{11,3}{13,4}$	Ia	53,6	$\frac{130,0}{93,0}$	55,7 ± 1,03	0,25 ± 0,002	138,0 ± 3,32

Примечание. В числителе — данные до рубки, проведенной в 1977 г., в знаменателе — через 3 года после рубки (1980 г.).

ности рубки 20-летних молодняков 50 % промерзание суглинистых почв Хомяковского лесничества в 1979 г. уменьшилось примерно на 30 % в ельнике и на 20 % в культурах сосны. Прореживание березового насаждения не вызвало существенных изменений в промерзании (табл. 3).

Таблица 3

Состав древос- тоя	Номер гидро- логи- ческой пло- щадки	Сом- кну- тость крон	Глу- бина про- мерза- ния, см	Высо- та снеж- ного покро- ва, см
10Б	3к	0,9	14	58
	3р	0,6	13	58
10Е	6к	1,0	66	34
	6р	0,6	45	39
10С	7к	0,9	37	45
	7р	0,5	29	52

В лесу особенно глубоко промерзают почвы под густыми ельниками, меньше — под смешанными насаждениями и минимально — под листовыми [6]. На открытых полях, где снег сдувается и значительны его потери на испарение, почвы промерзают примерно на такую же глубину, как в ельниках; на опушках, вырубках, полянах и других участках с повышенным снегонакоплением — как в лиственных насаждениях. По нашим [5, 6] и литературным [13] данным, весной скорость фильтрации влаги в талую или слабо промерзшую почву, что имеет место под лиственными лесами, существенно превышает интенсивность поступления влаги на их поверхность в период снеготаяния. Основными причинами более замедленного и продолжительного снеготаяния в лесу по сравнению с открытыми пространствами являются поглощение солнечной радиации кронами деревьев и ослабление ветра [11].

В лесных культурах ранней весной вода практически не проникала в почву — водопроницаемость не превышала 0,25 мм/ч. В еловом насаждении, при глубине промерзания 3...5 см, интенсивность фильтрации равнялась 95,7, в чистом березовом, где почва оставалась талой, — 125 мм/ч, при интенсивности снеготаяния не более 15 мм/сут. Таким образом, талая вода в основном идет на пополнение запасов уровня грунтовых вод.

Выводы

1. Существует сложная зависимость между накоплением снега в лесу и составом насаждений, их полнотой, ярусностью, сомкнутостью полога, климатическими и погодными особенностями района.

2. Изменяя рубками ухода таксационные показатели молодняков, можно регулировать поступление влаги под полог древостоев для получения необходимого гидрологического эффекта.

3. В хвойных древостоях запасы снега минимальны в стадии жердняка и возрастают по мере увеличения их возраста, уменьшения полноты и сомкнутости. Возраст лиственных насаждений не оказывает влияния на запасы воды в снеге.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Весенний сток с лесных и безлесных водосборов специализированных станций и парных бассейнов международного гидрологического десятилетия в лесной зоне ЕТС / А. И. Субботин, Н. А. Воронков, С. А. Кожевникова, В. А. Шомполова.— Обнинск, 1971.— 51 с. [2]. Воронков Н. А., Кожевникова С. А., Шомпо-

лова В. А. Формирование снежного покрова в лесу и поле в Подмоскowie // Лесоведение.— 1972.— № 3.— С. 30—37. [3]. Грибов А. И. Гидрологическая роль березовых лесов южной части Красноярского края: Автореф. дис. . . канд. с.-х. наук.— Красноярск, 1973.— 21 с. [4]. Данилик В. Н. Повышение водоохранно-защитной роли насаждений путем рационального размещения хвойных и лиственных пород // Леса Урала и хозяйство в них.— Свердловск, 1978.— Вып. 2.— С. 23—31. [5]. Данилов Н. И. Гидрологическая роль лесов различного состава // Лесоведение.— 1989.— № 5.— С. 41—47. [6]. Данилов Н. И., Кураев В. Н. Лесорастительная оценка промерзания и оттаивания лесных почв // Лесн. хоз-во.— 1989.— № 7.— С. 27—29. [7]. Идзон П. Ф., Пименова Г. С. Влияние леса на сток рек.— М.: Наука, 1975.— 110 с. [8]. Мельчанов В. А. Снегозапасы в еловых лесах Среднего Урала // Метеорология и гидрология.— 1971.— № 11.— С. 75—80. [9]. Молчанов А. А. Гидрологическая роль леса.— М.: АН СССР, 1960.— 485 с. [10]. Мурашев С. И., Рутковский В. И. Методика изучения снегового режима в лесах.— Пушкино: ВНИИЛХ, 1940.— 31 с.— (Науч. тр. / ВНИИЛХ; Вып. 14). [11]. Некоторые результаты лесогидрологических наблюдений на Истринском опорном пункте ВНИИЛХ за период 1938—1957 гг. / Н. Ф. Созыкин, Ю. В. Горбунов, С. А. Кожевникова, П. П. Пятков // Тр. III Всесоюз. гидрологич. съезда.— 1959.— Т. 2.— С. 32—39. [12]. Побединский А. В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов.— М.: Лесн. пром-сть, 1979.— 176 с. [13]. Субботин А. И. Сток талых и дождевых вод.— М.: Гидрометеоиздат, 1966.— 376 с.

Поступила 22 августа 1990 г.

УДК 630*52 : 630*174.754

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ЕЛОВО-ПИХТОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ

А. М. РОДНЯНСКИЙ, А. Н. СМОЛЬЯНОВ

Воронежский лесотехнический институт

В течение многих лет большое внимание уделяется изучению ельников Европейского Севера, в том числе оценке их биологической продуктивности [2—4]. Для древостоев северо-западной части Пермской области этот вопрос практически не исследован.

Цель нашей работы — оценить надземную фитомассу ельников данного региона, что особенно важно в период наметившегося истощения запасов стволовой древесины.

Количественные показатели компонентов фитомассы деревьев ели и пихты изучали на основе обмеров более 700 модельных деревьев, взятых на 30 пробных площадях в насаждениях с полнотой 0,7...1,0, в широком диапазоне классов бонитета. Диаметры моделей изменялись в больших пределах и достигали для пихты 44 см, для ели 56 см. Использована общепринятая методика изучения биологической продуктивности древостоев.

Выход фитомассы определяется соотношением диаметра и высоты, что в нормативах фитопроductивности отражается через ступени толщины и разряды высот. Значительный интерес представляет изучение зависимости компонентов фитомассы от диаметра деревьев как наиболее информативного морфометрического показателя.

Исследованиями установлена тесная связь между диаметром стволов и фитомассой различных компонентов надземной части деревьев (табл. 1).

Регрессионный анализ парных связей показал, что хорошие результаты выравнивания массы различных фракций обеспечиваются уравнением параболы второго порядка и функцией роста Хосфельда — Корсуна вида

$$y = \frac{x^2}{ax^2 + bx + c}$$

Таблица 1

Статистические показатели связи компонентов фитомассы
с таксационным диаметром

Фракция фитомассы	Коэффициент корреляции r	Ошибка m_r	Показатель достоверности t_r	Корреляционное отношение η	Ошибка m_η	Показатель достоверности t_η
Кора стволовая	0,91	0,013	69	0,96	0,007	142
	0,93	0,020	48	0,97	0,009	103
Ветви	0,84	0,018	46	0,90	0,012	73
	0,78	0,036	22	0,80	0,033	24
Хвойная лапка	0,83	0,019	43	0,87	0,016	56
	0,82	0,029	28	0,85	0,025	34
Отмершие сучья	0,73	0,029	25	0,75	0,027	28
	0,73	0,042	17	0,80	0,032	35

Примечание. В числителе — показатели для деревьев ели; в знаменателе — для пихты.

Выявлены тесная связь компонентов фитомассы с высотой стволов, а также средний уровень связи фитомассы с возрастом дерева, что объясняется биологией пород. Результаты исследований позволили получить достоверные модели и разработать на их основе нормативы таксации надземной фитомассы.

Модели надземной фитомассы деревьев ели и пихты получены в результате проведенного множественного регрессионного анализа. В качестве влияющих факторов выбраны диаметр на высоте груди и высота ствола. За основу регрессионных моделей был принят полином общего вида до третьей степени влияющих факторов:

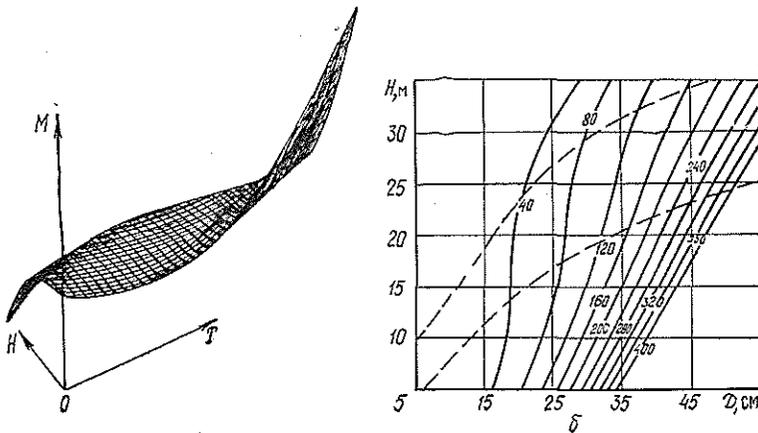
$$M = a_0 + a_1D + a_2H + a_3D^2 + a_4H^2 + a_5DH + a_6D^3 + a_7D^2H + a_8DH^2 + a_9H^3,$$

где M — величина компонента фитомассы;
 D — диаметр ствола на высоте 1,3 м;
 H — высота дерева;
 $a_0 \dots a_9$ — коэффициенты уравнения.

Функции такого вида дают разнообразный веер поверхностей, позволяют довольно гибко подбирать аппроксимирующее уравнение и получать адекватную зависимости модель. Недостаток полинома заключается в том, что он не проходит через начало координат и поэтому не способен полностью отражать закономерности накопления фитомассы. При исключении свободного члена a_0 полином будет проходить через начало координат, но вследствие потери одной степени свободы станет менее гибким [7]. Недостаток полинома сводится к минимуму, если тщательно выбрать конкретное уравнение в каждом случае получения регрессионной модели и ограничить область применения этой модели в соответствии с границами действия влияющих факторов.

Все полученные модели адекватны исследуемым зависимостям на уровне вероятности 0,95. Графическая интерпретация регрессионной модели массы хвойной лапки деревьев ели (см. рисунок) дает представление о форме поверхностей (рис. а) и о проекции их на плоскость, образуемую осями влияющих факторов (рис. б).

Для компонентов ствола наблюдается закономерное возрастание объема ствола и массы коры с увеличением диаметра и высоты. Для фракций кроны прослеживается уменьшение ее массы с ростом высоты при фиксированном диаметре. Показатели общей массы кроны, хвойной



лапки и отмерших сучьев при одинаковом диаметре повышаются по мере снижения высоты дерева, т. е. при ухудшении освещенности или эдафических условий. Эти результаты согласуются с данными В. А. Усольцева и других исследователей [8, 9].

При разработке нормативов необходимо выбрать шкалу разрядов высот. Анализ полученных кривых-гид, показанных на рис. 6 штриховыми линиями, и диапазона высот по ступеням толщины позволил установить соответствие шкалы разряда высот ели имеющейся разрядной таблице [1]. Шкала разрядов высот пихты существенно отличается от имеющихся для данной породы.

На основе регрессионных моделей для принятых шкал получены нормативы выхода компонентов надземной фитомассы деревьев ели и пихты. Фрагмент нормативов выхода фитомассы для деревьев ели приведен в табл. 2.

По мнению Л. К. Позднякова [6] и других исследователей, представляется перспективным учет фракций путем соотношения фитомассы к объему стволовой древесины. В связи с этим для практического использования разработаны нормативы таксации коры, сучьев, древесной зелени по отношению массы фракций к единице объема стволовой древесины.

Таблица 2

Выход компонентов фитомассы деревьев ели III разряда высот

Ступень толщи- ны, см	Средняя высо- та, м	Объем ствола, м ³	Масса, кг			
			коры	кроны	хвойной лапки	отмер- ших сучьев
8	8,3	0,021	1,1	5,0	4,4	2,1
12	12,6	0,074	3,6	17,0	13,7	3,6
16	16,2	0,173	7,4	38,4	27,4	6,2
20	19,0	0,308	11,5	63,0	43,9	9,4
24	21,1	0,474	17,8	92,7	62,6	12,5
28	23,1	0,679	24,2	127,0	82,9	15,3
32	24,7	0,913	31,1	168,0	106,0	18,4
36	25,9	1,170	38,3	219,0	132,0	22,2
40	26,9	1,470	45,8	286,0	165,0	26,9
44	27,8	1,790	53,8	370,0	205,0	32,5
48	28,6	2,160	62,3	479,0	256,0	41,8
52	29,4	2,570	71,4	615,0	320,0	47,2
56	30,0	3,020	80,9	790,0	403,0	57,0

На основе проведенных расчетов и рекомендаций А. А. Онучина, А. Н. Борисова [5] были получены коэффициенты перевода объема стволовой древесины в весовые единицы компонентов фитомассы, кг:

$$K = M/V,$$

где K — коэффициент перевода, кг/м³;
 V — объем стволовой древесины, м³.

Выравненные значения коэффициентов по ступеням диаметра и разрядам высот приведены в табл. 3. Для нахождения массы различных фракций елово-пихтовых насаждений достаточно объем стволовой древесины каждой ступени умножить на соответствующий коэффициент.

Таблица 3
 Коэффициенты для определения выхода
 надземной фитомассы деревьев ели
 III разряда высот

Ступень толщи- ны, см	Коэффициент перевода, кг/м ³				
	Объем ствола	Масса			
		коры	кроны	хвойной лапки	отмер- ших сучьев
8	0,021	52,4	238	209	100,0
12	0,074	48,4	228	184	48,4
16	0,173	42,8	222	159	35,9
20	0,308	37,3	204	142	30,5
24	0,474	37,5	195	132	26,4
28	0,679	35,7	187	122	22,5
32	0,913	34,0	184	116	20,1
36	1,170	32,6	187	113	18,9
40	1,470	31,2	195	112	18,4
44	1,790	30,0	206	114	18,1
48	2,160	28,8	222	119	19,3
52	2,570	27,7	239	124	18,3
56	3,020	26,7	261	133	18,9

В результате проведенных исследований получены математические модели компонентов надземной фитомассы и нормативы выхода отдельных фракций для деревьев ели и пихты в насаждениях северо-запада Пермской области. Разработанные нормативы используются в лесо-строительном проектировании, а полученные математические модели необходимы в дальнейших исследованиях динамики надземной фитомассы древостоев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Анучин Н. П. Сортиментные и товарные таблицы.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 564 с. [2]. Гусев И. И. Фракционный состав елового древостоя по элементам фитомассы // Учет лесного фонда и организация лесного хозяйства: Межвуз. сб. науч. тр.— Красноярск, 1976.— Вып. 5.— С. 25—30. [3]. Гусев И. И., Соколов Н. Н. Объем сучьев и вес хвойной лапки в ельниках Севера // Лесн. журн.— 1973.— № 3.— С. 25—29.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Гусев И. И., Соколов Н. Н. Учет элементов живой кроны ели // Тр. / АЛТИ.— Архангельск, 1974.— Вып. 42.— С. 50—52. [5]. Онучин А. А., Борисов А. Н. Опыт таксации фитомассы сосновых древостоев // Лесоведение.— 1974.— № 6.— С. 66—71. [6]. Поздняков Л. К., Протопопов В. В., Горбатенко В. М. Биологическая продуктивность лесов Средней Сибири и Якутии.— Красноярск: Кн. изд-во, 1969.— 156 с. [7]. Свалов Н. Н. Прогнозирование роста древостоев // Лесоведение и лесоводство: Итоги науки и техники / ВИНТИ АН СССР.— М., 1978.— Т. 2. Методы учета и прогноза лесных ресурсов.— С. 110—197. [8]. Учет фитомассы древостоев сосны при рубках главного пользования / А. Н. Смольянов, З. А. Георгиашвили, Ю. А. Сердюков, А. И. Ревин // Науч.-технич. разработки проблем лесного комплекса: Межвуз. сб. науч. тр.— Л.: ЛТА, 1989.— С. 35—39. [9]. Усольцев В. А. Моделирова-

ние структуры и динамики фитомассы древостоев.— Красноярск: Изд-во Красноярск. ун-та, 1985.— 191 с.

Поступила 15 ноября 1991 г.

УДК 582.475.4 : 630*232.32

ФЕНОЛОГИЯ И ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СОСНЫ СКРУЧЕННОЙ НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА

Б. В. РАЕВСКИЙ

Петрозаводская ЛОС ЛенНИИЛХа

В естественноисторических условиях севера Европы, при бедности дендрофлоры, исключительно важное значение имеет интродукция быстрорастущих и ценных видов на основе современных достижений лесной генетики и селекции. Один из таких видов — сосна скрученная (*Pinus contorta* var. *latifolia* S. Watson) североамериканского происхождения.

Начало интродукции сосны скрученной в странах северо-западной Европы было положено в середине XIX в. [6], но наибольшие масштабы она получила в последние десятилетия, особенно в Швеции, где с начала 70-х гг. площадь плантаций этой породы увеличилась до 400 тыс. га [9, 10]. По данным многих исследователей [7—10], сосна скрученная обеспечивает увеличение продуктивности насаждения (по объему древесины в коре) на 25...50 % при возрасте технической спелости 55 лет.

В нашей стране сосна скрученная (синоним — сосна Муррея) — сравнительно редкий экзот. В отечественной литературе описано около двух десятков небольших участков культур этого интродуцента, произрастающих в различных регионах Европейско-Уральской зоны. Анализируя итоги интродукции сосны скрученной в северо-западном регионе, ряд авторов [2—4] пришли к выводу, что в условиях средней и южной подзон тайги она успешно произрастает, обильно плодоносит, нетребовательна к почве, устойчива к заболеваниям и низким температурам. В то же время вопросы выращивания посадочного материала практически не освещены.

Сказанное послужило поводом для изучения возможности использования сосны скрученной в лесокультурной практике Карелии.

Работы проводили в базисном питомнике Олонецкого комплексного леспромхоза. Объектами исследования были семена, сеянцы и саженцы сосен скрученной и обыкновенной различного происхождения. За основу взята агротехника производства посадочного материала сосны обыкновенной, применяемая в питомниках Карелии. Сеянцы в течение года выращивали в условиях контролируемой среды, в теплице с полиэтиленовым покрытием, по технологии, разработанной Петрозаводской ЛОС [5]. Семена сосны скрученной местного происхождения и из естественного ареала высевали по вариантам в 10 строчек на 1 м² грядки по 100 шт. на 1 м. В качестве контроля брали нормальные и улучшенные семена сосны обыкновенной. Грунтовую всхожесть определяли как отношение числа появившихся всходов к числу высеванных семян.

В школе сеянцы доращивали в течение двух лет на подзоле иллювиально-железистом супесчаном с применением регулярных агротехнических уходов и двукратной подкормки полным удобрением N₅₀P₅₀K₅₀. Фенологические наблюдения в посевах и посадках вели по методике

Н. Е. Булыгина [1]. Параметры однолетних сеянцев (высота, длина корней, диаметр стволика у корневой шейки) и их абс. сухую массу определяли по данным замеров 100 сеянцев и последующего их высушивания при температуре 105 °С. Биометрические показатели саженцев в школе (высота, текущий прирост в высоту, диаметр у корневой шейки) и абс. сухую массу вычисляли на основании замеров и высушивания 90 растений в варианте. Для изучения динамики прироста саженцев по высоте и диаметру замеры проводили через каждые 10 дн. с мая по октябрь.

По данным фенологических наблюдений, в теплице первые всходы сосны обыкновенной появлялись на 9-й день после посева, сосны скрученной — на 3 дн. позже. В результате у последней оказывались сдвинутыми во времени некоторые последующие фенофазы, в том числе разверзание почки зачаточного побега, хотя продолжительность этих этапов была одинакова. В дальнейшем развитие растений экзота ускорялось, и по мере роста стволика разница нивелировалась. Обособление верхушечной почки в виде зеленого бугорка у обеих сосен происходило через 60...70 дн. Рост в высоту завершался к концу сентября, а переход к состоянию покоя — в первых числах октября. Каких-либо существенных различий в развитии сосны скрученной по вариантам, а также их группам из местных и канадских семян не обнаружено.

По внешнему виду однолетние сеянцы двух пород практически не различались, степень их зрелости была одинаковой. Семена экзота карельской репродукции имели среднюю грунтовую всхожесть 47 % (35...55 %), канадские — 73 % (68...79 %), местной сосны обыкновенной — 78 %. Дисперсионный анализ биометрических показателей сеянцев по вариантам и вегетационным сезонам показал, что генетическую ценность отдельных потомств определить трудно. Степень проявления генотипа на ювенильном этапе мала, и на разницу в показателях роста решающее влияние оказывают условия выращивания в теплице и степень соблюдения агротехники. Тем не менее в однолетнем возрасте сосна скрученная достоверно превосходила сосну обыкновенную по высоте и диаметру у корневой шейки соответственно на 9,6 и 7,1 % ($F_{\text{факт}} = 111; 5,7 > F_{\text{табл}} = 3,8$) — табл. 1. Сила влияния биологических особенностей видов составила 4,5...4,8 % по высоте и 0,25 % по диаметру. Стабильным было превосходство интродуцента и

Таблица 1

Год	Высота стволика, см	Диаметр у корневой шейки, мм	Длина корней, см	Абс. сухая масса 100 сеянцев		
				Надземная часть	Корни	Итого
Сосна обыкновенная						
1987	12,4	1,5	17,6	48,08	15,78	63,90
1988	9,7	1,3	18,0	27,70	8,30	36,00
1989	11,2	1,4	17,6	33,60	7,90	41,60
1990	12,6	1,5	16,0	36,30	7,11	43,41
Среднее	11,5	1,4	17,3	36,40	9,80	46,20
Сосна скрученная						
1987	13,4	1,7	20,5	74,90	31,84	106,74
1988	10,6	1,4	19,6	36,79	9,43	46,22
1989	13,1	1,3	15,9	36,10	6,57	42,67
1990	13,4	1,5	19,1	38,29	7,31	45,60
Среднее	12,6	1,5	18,8	46,50	13,80	60,30

по абс. сухой массе 100 семян. В среднем за период исследований оно составило: по надземной части — 27,7 %, корневой системе — 40,8 %, общей биомассе — 30,5 %. Сеянцы сосны скрученной местной репродукции (средние: высота 10,0 см; диаметр 1,4 мм) росли и развивались не хуже, чем из семян естественного ареала (10,6 см и 1,4 мм).

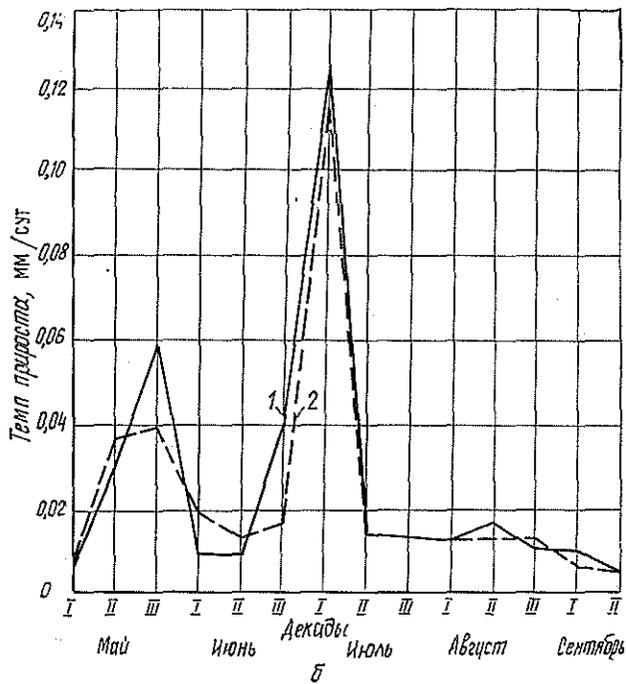
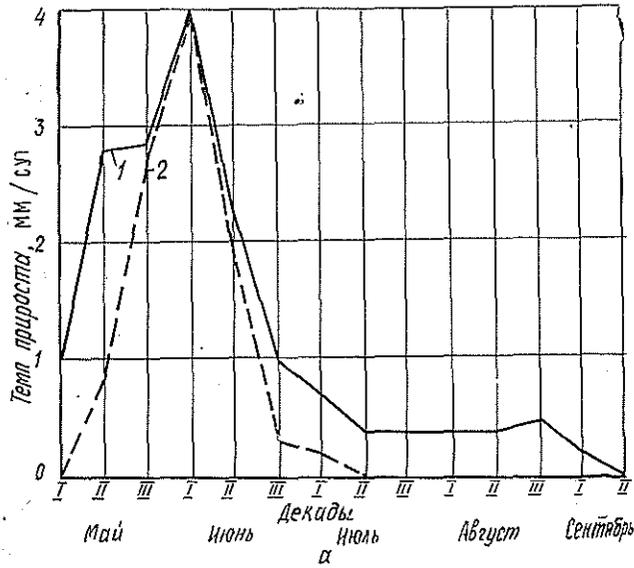
На виргинильном этапе жизни растения экзота значительно отличались по внешнему виду и фенологическому ритму от аборигенной сосны. У сосны скрученной рост побегов всегда начинался на 4...5 дн. раньше. Верхушечная почка, изначально гораздо более крупная, интенсивно вытягивалась, постепенно (обычно к 15 мая) превращаясь в молодой сочный побег. С этого момента начиналось обособление пучков хвои, заключенной в чехлики, а после завершения этой фазы в конце II декады мая сразу отмечался внепочечный рост хвои. К началу III декады мая на побегах интродуцента наблюдалась активно растущая молодая хвоя. У сосны обыкновенной описанные процессы происходили на 7...10 дн. позже и внепочечное развитие хвои начиналось только в конце мая — начале июня. Завершение роста и вызревание хвои у аборигенного вида имело место в I декаде июля, а у сосны скрученной на месяц позднее, приблизительно 10 августа.

Заложение верхушечной почки на побеге текущего года (опробкование ее наружных почечных чешуй) у обоих видов сосны в разные годы наблюдений происходило всегда одновременно и в одно и то же время (13—14 июня). Почка становилась хорошо заметной и приобретала коричневый цвет. С момента ее заложения отмечались первые признаки изменения окраски побегов у сосны обыкновенной. Этот процесс плавно нарастал, завершаясь к концу первой декады июля опробкованием по всей длине. Почка сосны обыкновенной еще некоторое время развивалась, несколько укрупняясь и засмаливаясь. Заканчивался процесс в начале июля, т. е. к моменту полного завершения роста побегов в высоту и их опробкования. В дальнейшем, до перехода в состояние покоя, видимых изменений уже не происходило.

У сосны скрученной формирование почки, завершение роста побега в длину, его опробкование в общем аналогичны. Однако в III декаде июня, примерно через 10 дн. после заложения верхушечной почки, она начинала увеличиваться в размерах, и к началу июля вторичный прирост уже отмечался у всех растений. Во все годы наблюдений этот процесс, заключающийся в линейном росте сформировавшейся верхушечной почки или в растяжении верхней части побега под почкой, завершался не ранее середины сентября, а его опробкование продолжалось до начала октября. Разверзания почки никогда не наблюдалось. Часто отмечался рост боковых почек на побегах без хвои. В наших опытах практически все растения интродуцента имели вторичный прирост, в то время как у сосны обыкновенной таких саженцев было 3—4 на 1 тыс. Переход в состояние покоя обоих видов сосен происходил одновременно в первых числах октября. Каких-либо заметных фенологических различий между вариантами сосны скрученной местной репродукции и из естественного ареала не наблюдалось.

Выявленные фенологические особенности подтверждаются результатами исследования динамики сезонного прироста саженцев в высоту и по диаметру. Так, в период активного вытягивания побега темп прироста в высоту в I декаде июня у обоих видов был одинаковым, в остальное время на 0,4...0,7 мм/сут больше у сосны скрученной (рис. 1, а). Темп дополнительного прироста интродуцента составил 0,4...0,6 мм/сут, общий период роста около 130 дн., что вдвое больше, чем у сосны обыкновенной.

Прирост по диаметру начался во второй декаде мая и у исследуемых видов был сходным (рис. 1, б). К особенностям сосны скрученной



Темп прироста саженцев сосны в высоту (а) и по диаметру (б): 1 — сосна скрученная; 2 — сосна обыкновенная

относятся большая амплитуда колебаний, более высокий темп прироста (в среднем на 0,02 мм/сут) и совпадение во времени периодов активного роста по диаметру и вторичного — в высоту.

Сказанное объясняет разницу в биометрических показателях трехлетних саженцев (табл. 2).

Превосходство сосны скрученной над сосной обыкновенной в школе по всем параметрам проявлялось достаточно четко и стабильно в

Таблица 2

Год	Высота, см	Прирост по высоте, см	Диаметр у шейки корня, мм
Сосна обыкновенная			
1987	31,2	15,8	6,8
1988	23,1	9,0	6,3
1989	28,5	18,4	8,4
1990	23,0	12,2	7,4
Среднее	26,4	13,8	7,2
Сосна скрученная			
1987	33,3	18,6	9,0
1988	25,5	13,3	7,0
1989	32,6	22,1	9,6
1990	25,0	17,0	7,5
Среднее	29,1	17,8	8,3

течение всего периода исследований. Сводный анализ за ряд лет показал, что интродуцент имел преимущество по высоте, приросту последнего года и диаметру у шейки корня в среднем на 10,2; 29,0 и 15,3 % соответственно. Различие достоверно ($F_{\text{факт}} = 92; 232; 348 > F_{\text{табл}} = 3,8$). Дисперсионный анализ позволяет оценить влияние генетических особенностей видов на их различие по этим параметрам в 2,5; 8,4 и 12,0 %.

На основании полученных данных сосну скрученную можно отнести к породам, быстро накапливающим биомассу с первых лет жизни. Как видно из табл. 3, в вегетационном сезоне 1988 г. 3-летние саженцы экзота, превосходящие сосну обыкновенную по высоте на 13 % и по диаметру на 7,6 %, накопили к осени второго года выращивания общую фитомассу на 89,2 % больше, чем у местного вида. В 1989 г. анализировали специально подобранные 3-летние саженцы одинаковой высоты 31 см (средний показатель для сосны обыкновенной). Оказалось, что при равном первом параметре растения интродуцента имели диаметр на 11 %, а общую биомассу на 17 % больше. Максимально различа-

Таблица 3

Вариант	Биометрические показатели		Абс. сухая масса 100 саженцев, г					Итого
	высота, см	диаметр, мм	Побеги	Хвоя	Корни			
					толще 1 мм	тоньше 1 мм	в целом	
1988 г.								
Сосна обыкновенная	23,1	6,6	302,9	506,8	139,3	189,4	328,7	1138,4
Сосна скрученная	26,1	7,1	583,2	1045,2	293,0	232,6	525,6	2154,0
Различие, %	113,0	107,6	192,5	206,2	210,3	122,8	160,0	189,2
1989 г.								
Сосна обыкновенная	31,0	7,3	713,2	958,1	—	—	438,0	2109,3
Сосна скрученная	31,0	8,1	838,3	1152,3	—	—	470,0	2460,6
Различие, %	100,0	111,0	117,5	120,3	—	—	107,3	117,0

лась масса хвои (20 %), что позволяет сделать вывод о хорошем развитии фотосинтезирующего аппарата сосны скрученной.

Таким образом, сосна скрученная по своему феноритму значительно отличается от сосны обыкновенной, эффективнее и полнее использует вегетационный сезон, имеет генетически обусловленный более высокий темп роста как в высоту, так и по диаметру, быстрее накапливает фитомассу в раннем возрасте. Полученные данные позволяют сделать вывод о возможности получения качественного посадочного материала сосны скрученной по традиционным технологиям в условиях Карелии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Булыгин Н. Е. Дендрология, фенологические наблюдения над хвойными породами.— Л.: ЛТА, 1974.—84 с. [2]. Гиргидов Д. Я. Культуры сосны Муррея и дуба красного в северо-западных районах СССР // Лесн. хоз-во.—1952.—№ 7.—С. 8—13. [3]. Гиргидов Д. Я. Интродукция древесных пород на северо-западе СССР.—М.: Гослесбумиздат, 1959.—48 с. [4]. Куцевалов Н. А. Сосна Муррея в европейской части СССР // Лесохозяйств. информ.—М.: ЦБНТИлесхоз, 1977.—Вып. 8.—С. 14—15. [5]. Мордась А. А. Выращивание сеянцев хвойных пород в теплицах с полиэтиленовым покрытием: Методич. рекомендации.—Л.: ЛенНИИЛХ.—1983.—34 с. [6]. Эйзенрейх Х. Быстрорастущие древесные породы / Пер. с нем. Л. Я. Воронцовой и Д. Д. Минина; Под ред. А. В. Альбенского.—М.: Изд-во иностр. лит.—1959.—508 с. [7]. E F i n g B. Vad vinner man med contorta? // Sveriges skogsvårdsförbunds Tidskrift.—1985.—3.—29—33. [8]. H a g n e r S. *Pinus contorta*: Sweden's third conifer // Forest ecology and management.—1983.—6.—185—189. [9]. H a g n e r S. *Pinus contorta* i norrländskt skogsbruk // Sveriges skogsvårdsförbunds Tidskrift.—1971.—3.—219—246. [10]. R e m r ö d J. Contortatällen // Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens. Tidskrift.—1977.—119—149.

Поступила 2 апреля 1991 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.31.001.24

ОБ УСЛОВИЯХ УКЛАДКИ ТЕМПЕРАТУРНО-НАПРЯЖЕННОГО ПУТИ В КРИВЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ УЖД

С. И. МОРОЗОВ, А. В. ЯРОСЬ

Архангельский лесотехнический институт

В статье рассматриваются условия назначения минимальных и максимальных температур укладки рельсовых плетей в кривых малых радиусов (600 м и менее) для верхнего строения пути УЖД.

Основные теоретические предпосылки расчета приведены в работе [1]. Они состоят в том, что во всем годовом диапазоне изменения температуры должна быть обеспечена необходимая прочность пути и устойчивость рельсошпальной решетки против выброса.

Расчет на прочность выполняют по методике [2]. По его результатам определяют максимальные кромочные напряжения в головке рельса летом σ_r и в подошве рельса зимой $\sigma_{п.з}$. Затем вычисляют допустимые изменения температуры рельса:

по прочности подошвы в зимних условиях

$$\Delta t_p = \frac{[\sigma] - k_n \sigma_{п.з}}{E\alpha}; \quad (1)$$

по прочности головки рельса в летних условиях

$$\Delta t_c = \frac{[\sigma] - k_n \sigma_r}{E\alpha}, \quad (2)$$

где $[\sigma]$ — условный предел текучести рельсовой стали, для рельсов узкой колеи $[\sigma] = 255 \dots 350$ МПа;

k_n — коэффициент запаса прочности, $k_n = 1,0 \dots 1,3$;

E, α — модуль упругости для стали и ее температурный коэффициент, произведение $E\alpha = 236$ Н/(см² · град).

Затем находят минимальную температуру укладки рельсовой плети по прочности головки рельса в летних условиях

$$t_{y, \min}^{\text{I}} = t_{p, \max} - \Delta t_c, \quad (3)$$

и максимальную температуру укладки по прочности подошвы рельса в зимних условиях

$$t_{y, \max} = t_{p, \min} + \Delta t_p, \quad (4)$$

где $t_{p, \max}, t_{p, \min}$ — максимальная и минимальная температура рельса по данным многолетних наблюдений.

Таким образом, расчет температур укладки по прочности рельсов сравнительно прост и обычно не вызывает больших затруднений. Однако минимальную температуру укладки следует определить также и по условиям устойчивости рельсошпальной решетки против выброса

$$t_{y, \min y} = t_{p, \max} - \frac{vP_T}{2E\alpha\omega}, \quad (5)$$

где v — коэффициент уширения балластной призмы,

$$v = 0,7 - 0,01417h + 0,001875h^2 - 0,000021h^3;$$

h — плечо балластной призмы, см;

P_T — расчетная температурная сжимающая сила,

$$P_T = P_{кр} + \Delta P;$$

$P_{кр}$ — критическая сила (сжимающая сила на момент выброса рельсошпальной решетки);

ΔP — разрядка продольной силы из-за поперечного сдвига рельсошпальной решетки в кривой радиусом R ,

$$\Delta P = \frac{E\omega f_1}{R},$$

f_1 — стрела поперечного сдвига участка пути в кривой.

Значения величин $P_{кр}$ и f_1 можно определить при решении системы уравнений

$$P_{кр_1} = 27,287 \sqrt{\frac{2CNI [(f_1 + 0,5589f_{0R})^a - f_1^a]}{f_{0R}}}; \quad (6a)$$

$$P_{кр_2} = NR(Q_0 + Cf_1^a) \cdot 10^{-5}, \quad (6б)$$

где C , a , Q_0 — параметры экспериментальной зависимости силы сопротивления балласта поперечному сдвигу шпал. Для различных типов балласта их значения приведены в работе [1];

N — число шпал на 1 км пути;

I — момент инерции поперечного сечения рельса при изгибе его в горизонтальной плоскости;

f_{0R} — расчетная стрела прогиба начальной неровности оси рельсошпальной решетки в кривой заданного радиуса.

Для определения величины f_{0R} используются следующие выражения:

$$f_0 = 10,63 \sqrt[3]{\frac{I}{N(Q_0 + Cf_0^a)}}; \quad (7)$$

$$f_{0R} = f_0 - \frac{f_0 - 0,1}{1500} (R - 2000). \quad (8)$$

При вычислении f_0 и f_{0R} значения величин имеют следующую размерность: I — см⁴, Q_0 , C — Н, R — м, f_0 и f_{0R} — см.

Формула (8) справедлива при изменении R от 50 до 2000 м. Если $R > 2000$ м, то $f_{0R} = f_0$.

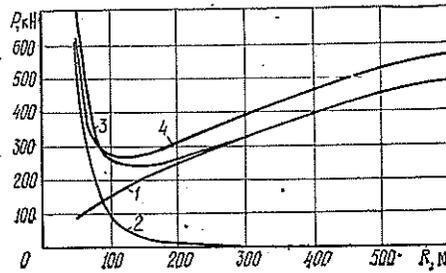
Для кривых очень малых радиусов значение f_{0R} может оказаться равным нулю или отрицательным. В этом случае силу $P_{кр_1}$ определяют по уравнению

$$P_{кр_1} = 20,4 \sqrt{2CNI f_1^{a-1}}. \quad (6')$$

При вычислении $P_{кр}$ сначала по уравнению (7) методом итераций находят f_0 , затем f_{0R} и, наконец, решив совместно систему уравнений (6), — $P_{кр}$ и f_1 . Процесс вычислений легко поддается программированию и не требует больших затрат времени.

Результаты вычислений для участка пути, уложенного рельсами Р24, деревянными шпалами типа ПА (1625 шт. на 1 км) на песчаном среднезернистом балласте, приведены на рис. 1. Зависимость $P_{кр}$ от R

Рис. 1. Зависимость изменения продольных сил от радиуса кривых: 1 — $P_{кр}(R)$; 2 — $\Delta P(R)$; 3, 4 — $P_T(R)$ при N , равном 1625 и 2000 шп. на 1 км



имеет параболический вид и с высокой точностью аппроксимируется полиномом вида

$$P_{кр} = a_1 + a_2 R + a_3 R^2, \quad (9)$$

где a_1 , a_2 , a_3 — коэффициенты, значения которых приведены в табл. 1.

Зависимость ΔP от R имеет гиперболический вид и хорошо аппроксимируется уравнением

$$\Delta P = b_1 + b_2/R + b_3/R^2 + b_4/R^3, \quad (10)$$

коэффициенты которого приведены в табл. 2. При использовании формул (9) и (10) размерность R — м, $P_{кр}$ и ΔP — кН.

Силу P_T находят суммированием $P_{кр}$ и ΔP . График зависимости P_T от R имеет вид пологой кривой с минимумом около $R = 135$ м. Для больших или меньших значений R сила P_T увеличивается. Она велика при очень малых радиусах (за счет разрядки температурных сил), а при $R = 300 \dots 600$ м близка к $P_{кр}$, так как $\Delta P \approx 0$.

Уравнения (9) и (10) более удобны для вычислений, чем система уравнений (6), однако они применимы только для приведенных в табл. 1 конструкций верхнего строения пути. При определении сил $P_{кр}$ и ΔP для других конструкций пути следует использовать систему (6).

Зависимости P_T от числа шпал на 1 км пути показаны на рис. 2. При достаточно больших радиусах кривых с увеличением N сила P_T также возрастает, а при малых значениях R уменьшается. Последнее объясняется разным характером зависимости $P_{кр}$ и ΔP от N (первая сила увеличивается, вторая уменьшается). Интенсивность изменения этих слагаемых и влияет на конечный результат.

На рис. 1 приведены две зависимости P_T от R : для $N = 1625$ и $N = 2000$ шп. на 1 км. При $R < 100$ м они практически сливаются, при $R > 100$ м расходятся.

Однако увеличение числа шпал примерно на 23 % не приводит к существенному возрастанию температурной силы. К тому же оно сопряжено с дополнительным расходом древесины. Для повышения устойчивости рельсошпальной решетки против выброса более предпочтительно увеличение плеча балластной призмы.

Для большинства конструкций пути лесовозных УЖД, встречающихся на практике, $t_{y \min п} < t_{y \min y}$, т. е. применение температурно-напряженного пути ограничивается по устойчивости рельсошпальной решетки.

В табл. 2 приведены значения максимальных $t_{y \max}$ и минимальных $t_{y \min}$ температур укладки для следующих условий: тип рельса — Р24; тип шпал — ПА; число шпал на 1 км — 1625; тип балласта — среднезернистый свежеложенный песок; тепловоз — ТУ7; скорость движения — 20 км/ч; максимальная температура рельса 54 °С; минимальная — 47 °С.

Таблица 1

Тип балласта	Коэффициенты полинома							
	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3	b_4	
Песок: мелкозернистый	21,5366	0,96719	-0,0005960	—	—	—	—	
	34,5968	1,04968	-0,0005581	1,8363	-1839,644	437 446	75 254 675	
	53,8734	1,12299	-0,0006766	2,2055	-2276,443	722 236	61 762 228	
	57,8651	1,29086	-0,0007368	2,2177	-2116,877	491 568	62 155 048	
	112,2736	1,14994	-0,0007396	3,4183	-3387,899	1 053 411	50 409 839	
крупнозернистый	189,0746	2,21192	-0,0016081	1,6158	-1661,905	528 538	26 322 506	
	120,0349	1,70313	-0,0011558	1,9430	-1982,937	618 651	38 961 029	
Гравий: 1 сорта	190,1823	2,11653	-0,0015194	1,7785	-1812,593	560 171	27 353 643	
	85,3774	1,49764	-0,0009733	1,9251	-1981,327	618 438	45 436 101	
2 »	140,9442	1,88600	-0,0013117	1,8144	-1854,741	577 886	33 640 859	
Щебень	71,5592	1,21898	-0,0007309	2,6539	-2597,732	713 882	59 337 988	
	104,4505	1,32460	-0,0008228	3,0227	-2923,552	798 807	50 340 297	

Примечание. В числителе — данные для свежеуложенного балласта; в знаменателе — для плотного.

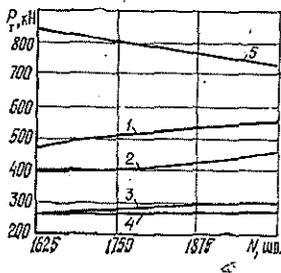


Рис. 2. Зависимость температурной силы от числа шпал на 1 км пути при R , равном 600 (1), 400 (2), 200 (3), 100 (4) и 50 м (5)

Таблица 2

R, м	P _{кр}	ΔP	P _T	t _{y max} , °C	t _{y min} , °C, при ширине плеча, см				
					20	30	40	50	60
	кН								
600	486,64	0,46	487,10	51,1	22,4	10,0	-2,5	-10,8	-11,1
500	445,33	0,95	446,28	50,8	25,1	13,7	2,3	-5,4	-5,7
400	398,12	2,08	395,20	44,4	28,4	18,3	8,2	1,4	1,2
300	329,57	5,15	334,72	34,8	32,3	23,7	15,2	9,5	9,2
200	253,62	16,67	270,29	25,4	36,5	29,6	22,7	18,0	17,9
150	209,92	37,19	247,11	21,7	38,0	31,7	25,6	21,1	21,0
100	160,72	113,07	273,79	19,2	36,3	29,2	22,3	17,6	17,4
75	133,04	247,14	380,18	18,5	29,4	19,6	9,9	3,4	3,2
50	102,05	739,59	841,64	18,8	1,2	-22,0	-43,6	-58,0	-58,5

Эти данные позволяют сделать следующие выводы.

1. Максимальная температура укладки монотонно снижается по мере уменьшения радиусов кривых. При $B \geq 300$ м она имеет высокие значения, что расширяет диапазон времени суток, необходимого для укладки сварных плетей. При очень малых радиусах $t_{y \max}$ невелика, что существенно ограничивает это время.

2. Минимальная температура укладки существенно зависит от плеча балластной призмы h и обратно пропорциональна ей.

3. Для удобства производства работ по укладке сварного пути необходимо выполнение условия

$$t_{y \max} - t_{y \min} \geq 10 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (11)$$

При $h = 20$ см этому условию отвечают кривые радиусом 400 м и выше, а также 50 м. Для того чтобы можно было уложить сварную плеть на кривой радиусом 300 м, имеем $h \geq 30$ см, на кривой радиусом 75 м — $h \geq 40$ см.

На кривых радиусами 100...200 м условие (11) при любом значении ширины балластной призмы не выполняется. Следовательно, необходимо рассмотреть возможность увеличения устойчивости рельсошпальной решетки за счет укладки шпал по эюре 1750...2000 шп./км.

Дополнительным анализом установлено, что укладка сварных рельсовых плетей на кривых очень малых радиусов возможна при следующих значениях h и N (табл. 3).

Таблица 3

R, м	N, шп. на 1 км	h, см	t _{y max}	t _{y min}	t _{y max} - t _{y min}
					°C
200	1750	50	28,1	16,0	12,1
175	1875	50	28,6	16,4	12,2
150	2000	50	29,2	16,7	12,5
125	2000	60	27,9	17,6	10,3
100	2000	60	27,0	15,9	11,1

Выше было отмечено, что в диапазоне радиусов 100...200 м увеличение N мало влияет на значение силы P_T , т. е. на $t_{y \min}$. Однако с ростом N повышается $t_{y \max}$, поэтому диапазон температур $t_{y \max} - t_{y \min}$ возрастает, что делает возможным укладку плетей и на кривых очень малых радиусов.

4. Используя данные табл. 2, можно обоснованно решать вопрос о требуемой ширине балластной призмы. Например, для кривой ра-

диусом 300 м достаточное значение $t_{y, \min}$ составляет 23,7 °С при $h = 30$ см. Предположим, что на момент производства работ по укладке сварного пути (пришивку рельсов к шпалам) температура рельсовой плети составляла 15... 18 °С. Для обеспечения устойчивости рельсошпальной решетки в этом случае ширина балластной призмы должна быть не менее 40 см. Следовательно, значения h и $t_{y, \min}$ взаимно связаны и не могут изменяться независимо друг от друга.

Итак, укладка сварных рельсовых плетей на лесовозных УЖД при определенных условиях возможна на всех кривых малых радиусов, но требует предварительного расчета максимальной и минимальной температуры укладки в зависимости от ширины плеча балластной призмы и числа шпал на 1 км пути.

В качестве дополнительной меры повышения устойчивости рельсошпальной решетки можно рекомендовать применение балласта более высокого типа (крупнозернистый песок, гравий, щебень) в местах укладки сварной плети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Морозов С. И., Попов М. В. Расчет температурных режимов укладки рельсовых плетей на лесовозных железных дорогах узкой (750 мм) колеи.— Архангельск: РИО АЛТИ, 1990.— 28 с. [2]. Правила производства расчетов узкоколейного пути (колея 750 мм) на прочность.— М.: Трансжелдориздат, 1963.— 64 с.

Поступила 20 января 1992 г.

УДК 630*377.44.001.4/5

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЕСНЫХ ЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ

Д. В. ПАМФИЛОВ

Брянский технологический институт

Цель работы состоит в исследовании устойчивости лесных колесных тракторов против поперечного опрокидывания. Устойчивость определяется вероятностью превышения угла поперечного динамического крена над углом запаса статической устойчивости.

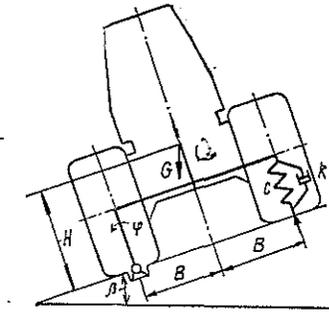
Расчетная схема приведена на рис. 1. Она представляет эквивалентную колебательную систему, положение которой задается одной координатой — углом поперечного крена φ (рис. 1). Возбуждение системы — кинематическое и формируется микропрофилем склона волока со случайными неровностями. Упругая связь моделирует упругие свойства шин трактора и является удерживающей. Значение коэффициента жесткости определяется суммарной жесткостью шин одного борта или всего трактора, или той его секции (для сочлененных машин), по которой ведется расчет. Упругая связь в направлении своей податливости обладает демпфирующим сопротивлением, пропорциональным скорости деформации шин.

Для исследования поперечной устойчивости трактора рассмотрим малые стационарные колебания относительно положения статического равновесия.

Уравнение движения системы составим с помощью дифференциального уравнения вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси:

$$I_0 \ddot{\varphi} = \sum_{j=1}^n m_0 (F_j^e),$$

Рис. 1. Эквивалентная колебательная система



где I_0 — момент инерции всего трактора, либо одной секции относительно точки (оси) опрокидывания — оси, проходящей через точку O перпендикулярно плоскости чертежа (рис. 1);

$\sum_{j=1}^n m_0 (F_j^e)$ — сумма моментов внешних сил относительно этой же точки.

Для того чтобы исключить из дифференциального уравнения вращения постоянные члены, начало отсчета угла φ необходимо выбрать в положении статического равновесия колебательной системы, моделирующей трактор. В этом случае система повернется относительно поверхности склона против часовой стрелки на угол $\varphi_{ст}$ — статический угол поперечного крена машины под действием лишь ее веса и при отсутствии возбуждения. Для исключения постоянных членов из уравнения движения составим уравнение моментов сил при повороте системы на угол $\varphi_{ст}$:

$$GH \sin(\beta + \varphi_{ст}) - GB \cos(\beta + \varphi_{ст}) - 2F_{ст}B \cos \varphi_{ст} = 0, \quad (1)$$

где G — вес трактора (либо секции);

β — угол склона;

$F_{ст}$ — статическая сила упругости связи жесткостью c .

При равновесии системы

$$F_{ст} = 2cB \sin \varphi_{ст}.$$

Преобразуем уравнение (1), используя тригонометрические функции суммы углов и подставляя в него выражение, определяющее статическую силу упругости. С учетом малости угла $\varphi_{ст}$ получаем

$$GH(\sin \beta + \varphi_{ст} \cos \beta) - GB(\cos \beta - \varphi_{ст} \sin \beta) - 4cB^2 \varphi_{ст} = 0. \quad (2)$$

Дифференциальное уравнение запишем в развернутом виде:

$$I_0 \ddot{\varphi} = G [H \sin(\beta + \varphi_{ст} + \varphi) - B \cos(\beta + \varphi_{ст} + \varphi)] - 2FB \cos(\varphi_{ст} + \varphi), \quad (3)$$

где

$$F = c [2B \sin(\varphi_{ст} + \varphi) - q].$$

С учетом малости значений $\varphi_{ст}$ и φ получаем

$$I_0 \ddot{\varphi} = GH(\sin \beta - \varphi_{ст} \cos \beta) + GH\varphi \cos \beta - GB(\cos \beta - \varphi_{ст} \sin \beta) + GB\varphi \sin \beta - 4cB^2 \varphi_{ст} - 4cB^2 \varphi + 2cBq. \quad (4)$$

С помощью выражения (2) исключим постоянные члены в уравнении (4). Преобразуем его, получаем

$$I_0 \ddot{\varphi} = [G(H \cos \beta + B \sin \beta) - 4cB^2] \varphi + 2cBq. \quad (5)$$

Введем в уравнение (5) члены, учитывающие демпфирующее сопротивление шин, и приведем его к стандартному виду

$$\ddot{\varphi} + 2n\dot{\varphi} + p_0^2\varphi = 2Bcq/I_0 + 2Bk\dot{q}/I_0;$$

где

$$p_0^2 = [4cB^2 - G(B \sin \beta + H \cos \beta)]/I_0; \quad (6)$$

$$2n = 4B^2k/I_0; \quad (7)$$

k — коэффициент демпфирующего сопротивления шин.

Передаточная функция системы

$$W(p) = \frac{2B(c + kp)}{I_0(p^2 + 2np + p_0^2)}.$$

Амплитудно-фазовая частотная характеристика

$$W(i\omega) = W(p)|_{p=i\omega} = \frac{2B(c + i\omega k)}{I_0[(i\omega)^2 + 2ni\omega + p_0^2]}.$$

Спектральная плотность угла φ

$$S_\varphi(\omega) = |W(i\omega)|^2 S_q(\omega), \quad (8)$$

где

$$|W(i\omega)|^2 = \frac{4B^2[c^2 - (i\omega)^2k^2]}{I_0^2[(i\omega)^2 + 2ni\omega + p_0^2]^2}.$$

В качестве модели, описывающей спектральную плотность микропрофиля, используем выражение вида [2]

$$S_q(\omega) = \frac{2D_q\alpha v}{\omega^2 + v^2\alpha^2}, \quad (9)$$

где D_q — дисперсия высот неровностей;
 v — скорость движения машины.

Результаты измерений микропрофиля позволяют использовать для расчетов следующие значения параметров $S_q(\omega)$ [1, 4]: $\alpha = 0,35 \dots 0,50 \text{ м}^{-1}$; $D_q = 0,0025 \dots 0,0064 \text{ м}^2$ (пасечный волок); $D_q = 0,0009 \dots 0,0064 \text{ м}^2$ (магистральный волок).

Подставляя выражение (9) в (8) и приводя к виду, удобному для интегрирования, получаем

$$S_\varphi(\omega) = \frac{8B^2\alpha v D_q [c^2 - k^2(i\omega)^2]}{I_0^2[(i\omega)^2 + (\alpha v + 2n)(i\omega) + (2n\alpha v + p_0^2)] i\omega + p_0^2\alpha v]^2}.$$

Дисперсия угла φ

$$D_\varphi = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_\varphi(\omega) d\omega.$$

После интегрирования и преобразований найдем

$$D_\varphi = \frac{2D_q B^2 (k^2 p_0^2 \alpha v + \alpha v c^2 + 2nc^2)}{I_0^2 n p_0^2 (\alpha^2 v^2 + 2n\alpha v + p_0^2)}.$$

Отбросим существенно малые члены, тогда

$$D_\varphi = \frac{2D_q B^2 c^2 (\alpha v + 2n)}{I_0^2 n p_0^2 (\alpha^2 v^2 + 2n\alpha v + p_0^2)}.$$

Среднее квадратичное отклонение угла φ

$$\sigma_{\varphi} = \frac{Bc}{p_0 l_0} \sqrt{\frac{2D_q(\alpha v + 2n)}{n(\alpha^2 v^2 + 2n\alpha v + p_0^2)}}. \quad (10)$$

Поскольку распределение неровностей микропрофиля является нормальным [4], при котором входной, подвергшийся линейному преобразованию, и выходной процессы также нормальные [3], то вероятность превышения динамического крена машины над углом запаса статической устойчивости можно определить по формуле

$$P\{\varphi \geq [\arctg(B/H) - \beta]\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_1}^{\infty} e^{-t^2/2} dt = 1 - \Phi(t_1), \quad (11)$$

где

$$t_1 = [\arctg(B/H) - \beta - m_{\varphi}] / \sigma_{\varphi};$$

m_{φ} — математическое ожидание φ .

Так как случайная функция, моделирующая микропрофиль, центрированная, то математические ожидания $m_q = m_{\varphi} = 0$.

По уравнению (11) определяется вероятность потери поперечной динамической устойчивости машины.

Предложенная методика заключается в последовательной реализации зависимостей (6), (7), (10) и (11). Используем предложенную методику для исследования устойчивости лесного трактора К-703. Расчет проведем раздельно для каждой секции машины. За расчетный примем случай движения трактора по микропрофилю волокна с параметрами $\alpha = 0,5$; $D_q = 0,006$ м². Ширина колеи — 2,11 м, высота центра масс передней секции — 1,37 м, задней — 1,27 м. Моменты инерции секций относительно оси опрокидывания определяем по известной теореме Штейнера

$$I_0 = I_c + mL^2,$$

где I_c — момент инерции секции относительно центра масс;

m — масса секции;

L — расстояние от центра масс до оси опрокидывания, $L = \sqrt{B^2 + H^2}$.

Проведенный расчет позволяет выявить существенную особенность колебаний машины, описываемых уравнением (4), а именно: колебания практически не зависят от угла наклона β . Влияние этого угла заложено в выражении (6) для собственной частоты. Как показывают расчеты, в диапазоне углов β , определяемых статической устойчивостью машины, погрешность вычислений без учета β составляет всего 2 %.

Исследования показали, что при жесткости шин передней секции трактора К-703 845 кН/м, задней — 875 кН/м, коэффициенте демпфирования 9 кН·с/м и движении на склоне менее 20° вероятность потери устойчивости равна нулю (рис. 2, а). При увеличении угла наклона до 35° и скорости 1 м/с она составляет 0,221 для передней секции и 0,048 для задней. С возрастанием скорости до 3 м/с вероятность потери устойчивости передней секции повышается до 0,271, задней — до 0,076.

С уменьшением жесткости шин трактора устойчивость несколько ухудшается (рис. 2, б). Так, при снижении жесткости передних шин с 845 до 600 кН/м, а задних с 875 до 650 кН/м (скорость 3 м/с) устойчивость задней секции практически не меняется, а передней — уменьшается (вероятность увеличивается с 0,271 до 0,278). Собственная частота

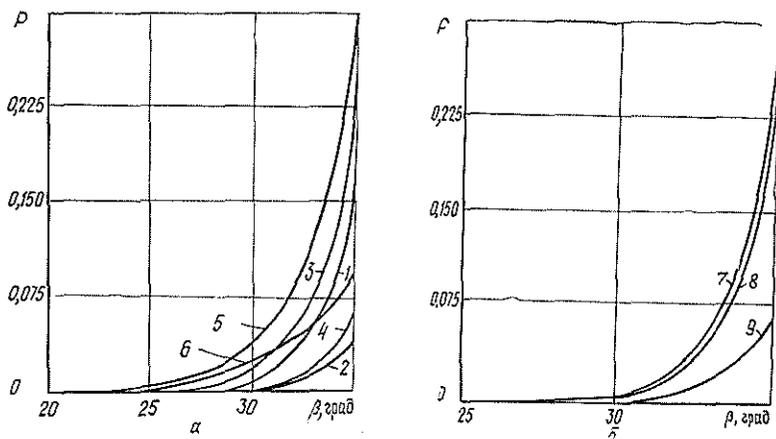


Рис. 2. Зависимость вероятности потери устойчивости трактора от угла склона при разных скоростях движения (а) и жесткости шин (б): 1, 2 — соответственно для передней и задней секции и скорости движения 1 м/с; 3, 4 — то же при скорости 3 м/с; 5, 6 — 5 м/с; 7, 8 — для передней секции при жесткости шины соответственно 600 и 845 кН/м; 9 — для задней секции при жесткости 650 и 875 кН/м

при этом снижается с 14,4 до 12,4 с^{-1} (задняя секция) и с 10,2 до 8,4 с^{-1} (передняя секция).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Жуков А. В., Кадолко Л. И. Основы проектирования специальных лесных машин с учетом их колебаний.—Минск: Наука и техника, 1978.—264 с. [2]. Малиновский Е. Ю., Гайцгорн М. М. Динамика самоходных машин с шарнирной рамой.—М.: Машиностроение, 1974.—176 с. [3]. Пугачев В. С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления.—М.: Физматгиздат, 1962.—559 с. [4]. Рыскин Ю. Е. Особенности микропрофиля трелевочных волоков и их статистические характеристики // Вопросы создания колесных трелевочных тягачей.—М., 1970.—С. 148—158.—(Тр. / ЦНИИМЭ; Вып. 3).

Поступила 2 апреля 1991 г.

УДК 624.072.233.5

СЛУЧАЙ РАСЧЕТА НАГЕЛЯ В ДРЕВЕСИНЕ

В. П. СТУКОВ

Архангельский лесотехнический институт

Условия работы нагельных и подобных им соединений весьма разнообразны и зависят от материала нагеля, размеров его поперечного сечения, угла наклона к продольным волокнам древесины, наличия продольного усилия и других факторов. Нагели могут быть напрягаемыми и ненапрягаемыми.

В работе [2] отмечалось, что нагель в древесине работает в условиях сложного напряженного состояния и может рассматриваться как балка, лежащая на упругом основании и нагруженная на конце изгибающим моментом M_0 , поперечной Q_0 и растягивающей N_0 силами.

Для нахождения общего интеграла однородного дифференциального уравнения упругой оси балки, лежащей на упругом основании и работающей в условиях сложного изгиба [1],

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} - N_0 \frac{d^2 y}{dx^2} + Ky = 0 \quad (1)$$

используется характеристическое уравнение

$$EI r^4 - N_0 r^2 + K = 0, \quad (2)$$

где y — прогиб балки;

EI — модуль упругости материала и момент инерции площади поперечного сечения балки;

K — коэффициент жесткости линейного упругого основания — реакция, приходящаяся на единицу длины балки при прогибе, равном единице, $K = K_0 d$ (K_0 — коэффициент постели; d — диаметр нагеля);

r — корень характеристического уравнения.

Согласно [1, 2] выражение для дискриминанта уравнения (2)

$$D = N_0^2 - 4KEI \quad (3)$$

можно записать в виде

$$D = \sqrt{KEI} - 2G\omega, \quad (4)$$

где G, ω — модуль сдвига материала и приведенная площадь поперечного сечения балки.

Полагаем, что основание обладает всеми свойствами винклеровского упругого основания.

Параметры EI, N_0, K в уравнении (1) изменяются в широких пределах. В работе [2] приведена таблица, которая дает информацию о дискриминанте D в зависимости от вида напрягаемой арматуры, используемой в нагельном соединении при различном угле наклона нагеля к продольным волокнам древесины. В ряде случаев совокупность этих параметров может дать решение характеристического уравнения (2), при котором $D = 0$, когда корни действительны и равны между собой.

Рассмотрим случай $D = 0$, т. е. $2G\omega = \sqrt{KEI}$.

Согласно [1] общий интеграл уравнения (1) имеет вид

$$y_x = C_1 \operatorname{sh} \alpha x + C_2 \operatorname{ch} \alpha x + C_3 \alpha x \operatorname{ch} \alpha x + C_4 \alpha x \operatorname{sh} \alpha x, \quad (5)$$

где
$$\alpha = \sqrt{N_0 / (2EI)}; \quad (6)$$

C_1, C_2, C_3, C_4 — постоянные интегрирования, определяемые в зависимости от условий на концах загруженного участка балки.

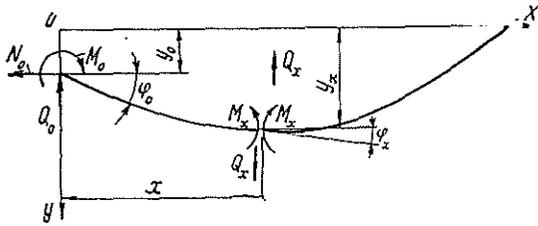
Для получения уравнений эпюр y, φ, M и Q целесообразно использовать метод начальных параметров.

Рассмотрим балку на упругом основании, загруженную на конце изгибающим моментом M_0 , поперечной силой Q_0 и растягивающей силой N_0 (см. рисунок). Начало координат поместим на левом конце балки. При таком расположении координатных осей знаки деформаций и усилий считаем положительными.

Произведем дифференцирование выражения (5) по x и запишем уравнения для φ_x, M_x и Q_x :

$$\varphi_x = \frac{dy}{dx} = \alpha [C_1 \operatorname{ch} \alpha x + C_2 \operatorname{sh} \alpha x + C_3 (\operatorname{ch} \alpha x + \alpha x \operatorname{sh} \alpha x) + C_4 (\operatorname{sh} \alpha x + \alpha x \operatorname{ch} \alpha x)]; \quad (7)$$

$$M_x = -EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -EI \alpha^2 [C_1 \operatorname{sh} \alpha x + C_2 \operatorname{ch} \alpha x + C_3 (2 \operatorname{sh} \alpha x + \alpha x \operatorname{ch} \alpha x) + C_4 (2 \operatorname{ch} \alpha x + \alpha x \operatorname{sh} \alpha x)]; \quad (8)$$



Расчетная схема балки на упругом основании в случае сложного изгиба

$$Q_x = -EI \frac{d^3 y}{dx^3} = -EI \alpha^3 [C_1 \operatorname{ch} \alpha x + C_2 \operatorname{sh} \alpha x + C_3 (3 \operatorname{ch} \alpha x + \alpha x \operatorname{sh} \alpha x) + C_4 (3 \operatorname{sh} \alpha x + \alpha x \operatorname{ch} \alpha x)]. \quad (9)$$

Выразим постоянные интегрирования через y_0 , φ_0 , M_0 , Q_0 в начале координат. Так как при $x = 0$ имеем $\operatorname{ch} 0 = 1$, $\operatorname{sh} 0 = 0$), то

$$y_0 = C_2; \quad (10)$$

$$\varphi_0 = \alpha (C_1 + C_3); \quad (11)$$

$$M_0 = -EI \alpha^2 (y_0 + 2C_4); \quad (12)$$

$$Q_0 = -EI \alpha^3 (C_1 + 3C_3). \quad (13)$$

Запишем уравнения (11) — (13) в матричной форме

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -2 \\ -1 & -3 & 0 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} C_1 \\ C_3 \\ C_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{\varphi_0}{\alpha} \\ y_0 + \frac{M_0}{EI \alpha^2} \\ \frac{Q_0}{EI \alpha^3} \end{vmatrix} \quad (14)$$

или

$$\vec{A} \vec{C} = \vec{H}. \quad (14')$$

Решение системы уравнений (14) относительно C_1 , C_3 , C_4

$$\vec{C} = A^{-1} \vec{H}, \quad (15)$$

где A^{-1} — матрица, обратная матрице A ,

или

$$\vec{C} = \begin{vmatrix} C_1 \\ C_3 \\ C_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{3}{2} & 0 & \frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & 0 & -\frac{1}{2} \\ 0 & -\frac{1}{2} & 0 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \frac{\varphi_0}{\alpha} \\ y_0 + \frac{M_0}{EI \alpha^2} \\ \frac{Q_0}{EI \alpha^3} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{3\varphi_0}{2\alpha} + \frac{Q_0}{2EI \alpha^3} \\ -\frac{\varphi_0}{2\alpha} - \frac{Q_0}{2EI \alpha^3} \\ -\frac{y_0}{2} - \frac{M_0}{2EI \alpha^2} \end{vmatrix}. \quad (16)$$

Подставим значения постоянных интегрирования в уравнение (5) и приведем подобные члены:

$$y_x = y_0 \left(\operatorname{ch} \alpha x - \frac{1}{2} \alpha x \operatorname{sh} \alpha x \right) + \frac{\varphi_0}{2\alpha} (3 \operatorname{sh} \alpha x - \alpha x \operatorname{ch} \alpha x) - \frac{M_0}{2EI \alpha^2} \alpha x \operatorname{sh} \alpha x - \frac{Q_0}{2EI \alpha^3} (-\operatorname{sh} \alpha x + \alpha x \operatorname{ch} \alpha x). \quad (17)$$

Введем обозначения

$$A_x = \operatorname{ch} \alpha x - \frac{1}{2} \alpha x \operatorname{sh} \alpha x; \quad (18)$$

$$B_x = \frac{1}{2} (3 \operatorname{sh} \alpha x - \alpha x \operatorname{ch} \alpha x); \quad (19)$$

$$C_x = \frac{1}{2} \alpha x \operatorname{sh} \alpha x; \quad (20)$$

$$D_x = \frac{1}{2} (-\operatorname{sh} \alpha x + \alpha x \operatorname{ch} \alpha x). \quad (21)$$

Тогда

$$y_x = y_0 A_x + \frac{1}{a} \varphi_0 B_x - \frac{1}{EIa^2} M_0 C_x - \frac{1}{EIa^3} Q_0 D_x. \quad (22)$$

Уравнения для φ_x , M_x , Q_x получим непосредственным дифференцированием (22). Выражения для первых производных от функций A_x , B_x , C_x , D_x имеют вид

$$\frac{dA_x}{dx} = \frac{\alpha}{2} (\operatorname{sh} \alpha x - \alpha x \operatorname{ch} \alpha x); \quad (23)$$

$$\frac{dB_x}{dx} = \frac{\alpha}{2} (2 \operatorname{ch} \alpha x - \alpha x \operatorname{sh} \alpha x); \quad (24)$$

$$\frac{dC_x}{dx} = \frac{\alpha}{2} (\operatorname{sh} \alpha x + \alpha x \operatorname{ch} \alpha x); \quad (25)$$

$$\frac{dD_x}{dx} = \frac{\alpha}{2} \alpha x \operatorname{sh} \alpha x. \quad (26)$$

Анализ выражений (23) — (26) и (18) — (21) позволяет установить взаимосвязь $\frac{dA_x}{dx}$ и D_x ; $\frac{dB_x}{dx}$ и A_x ; $\frac{dC_x}{dx}$ и B_x ; $\frac{dD_x}{dx}$ и C_x что позволяет представить (23) — (26) в следующем виде:

$$\frac{dA_x}{dx} = -\alpha D_x; \quad (23')$$

$$\frac{dB_x}{dx} = \alpha A_x; \quad (24')$$

$$\frac{dC_x}{dx} = \frac{\alpha}{3} (B_x + 2\alpha x \operatorname{ch} \alpha x); \quad (25')$$

$$\frac{dD_x}{dx} = \alpha C_x. \quad (26')$$

Подставив выражения (23') — (26') в уравнение (22), получим уравнение для углов поворота

$$\varphi_x = \varphi_0 A_x - \frac{1}{3EIa} M_0 (B_x + 2\alpha x \operatorname{ch} \alpha x) - \frac{1}{EIa^2} Q_0 C_x - \alpha y_0 D_x. \quad (27)$$

Вторые производные от функций A_x , B_x , C_x , D_x с учетом взаимосвязи $\frac{d^2 A_x}{dx^2}$ и C_x ; $\frac{d^2 B_x}{dx^2}$ и D_x ; $\frac{d^2 C_x}{dx^2}$ и A_x ; $\frac{d^2 D_x}{dx^2}$ и B_x имеют вид

$$\frac{d^2 A_x}{dx^2} = -\alpha^2 C_x; \quad (28)$$

$$\frac{d^2 B_x}{dx^2} = -\alpha^2 D_x; \quad (29)$$

$$\frac{d^2 C_x}{dx^2} = \alpha^2 (A_x + \alpha x \operatorname{sh} \alpha x); \quad (30)$$

$$\frac{d^2 D_x}{dx^2} = \frac{\alpha^2}{3} (B_x + 2\alpha x \operatorname{ch} \alpha x). \quad (31)$$

Подставив (28) — (31) в уравнение (22) и умножив его на $-EI$, получим уравнение для изгибающих моментов

$$M_x = M_0(A_x + \alpha x \operatorname{sh} \alpha x) + \frac{1}{3\alpha} Q_0(B_x + 2\alpha x \operatorname{ch} \alpha x) + EI\alpha^2 y_0 C_x + EI\alpha \varphi_0 D_x. \quad (32)$$

Третьи производные от функций A_x , B_x , C_x , D_x с учетом взаимосвязи $\frac{d^3 A_x}{dx^3}$ и B_x ; $\frac{d^3 B_x}{dx^3}$ и C_x ; $\frac{d^3 C_x}{dx^3}$ и D_x ; $\frac{d^3 D_x}{dx^3}$ и A_x запишем в виде

$$\frac{d^3 A_x}{dx^3} = -\alpha^3 (B_x + 2\alpha x \operatorname{ch} \alpha x); \quad (33)$$

$$\frac{d^3 B_x}{dx^3} = -\alpha^3 C_x; \quad (34)$$

$$\frac{d^3 C_x}{dx^3} = -3\alpha^3 \left(D_x - \frac{2}{3} \alpha x \operatorname{ch} \alpha x \right); \quad (35)$$

$$\frac{d^3 D_x}{dx^3} = \alpha^3 (A_x + \alpha x \operatorname{sh} \alpha x). \quad (36)$$

Подставив выражения (33) — (36) в уравнение (22) и умножив его на $-EI$, получим уравнение для поперечных сил

$$Q_x = Q_0(A_x + \alpha x \operatorname{sh} \alpha x) + EI \frac{\alpha^3}{3} y_0 (B_x + 2\alpha x \operatorname{ch} \alpha x) + EI\alpha^2 \varphi_0 C_x - 3\alpha M_0 \left(D_x - \frac{2}{3} \alpha x \operatorname{ch} \alpha x \right). \quad (37)$$

Для полубесконечной балки на упругом основании проявление краевого эффекта наблюдается на участке протяженностью $l_{кр}$ от конца балки, где приложены уснлия [1]:

$$l_{кр} = (1,5 \dots 2,0) \sqrt[4]{EI/K}. \quad (38)$$

Представление общего интеграла уравнения (1) по методу начальных параметров позволяет получить не только общий интеграл уравнения $EI \frac{d^4 y}{dx^4} - N_0 \frac{d^2 y}{dx^2} = P - Ky$, когда P дана в виде непрерывной функции x , но и учесть произвольную прерывную и сосредоточенную нагрузку, а также заранее заданную деформацию балки.

Учет растягивающей осевой силы N_0 целесообразен при $N_0 \geq \geq (0,8 \dots 1,0) \sqrt{KEI}$ [1].

Приведенное решение может быть использовано и при учете влияния сдвига на изгиб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Справочник по строительной механике корабля. Т. 1.— Л.: Судостроение, 1982.— 376 с. [2]. Стуков В. П. Теоретические основы расчета нагеля в древесине // Лесн. журн.— 1991.— № 5.— С. 48—55.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 19 сентября 1991 г.

УДК 556.536

О ПОСТУЛАТЕ ШЕЗИ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ ПОТОКОВ

В. Е. СЕРГУТИН

Красноярский инженерно-строительный институт

Пятый Всесоюзный гидрологический съезд (Ленинград, 1986) вынес решение об усилении поиска эмпирических связей для гидравли-

ческих сопротивлений открытых потоков, к которым относятся судоходные и лесосплавные реки. Известный американский гидравлик Дж. Кеннеди называет проблему гидравлических сопротивлений камнем преткновения не одного исследователя. Он считает, что прогнозирование расхода Q для аллювиальных размываемых русел является проблемой первостепенной важности, которая упирается в незнание закона сопротивления. По мнению Кеннеди, соотношение коэффициентов шероховатости n и гидравлического сопротивления λ не установлено, связи относительной ширины русла B/h с другими гидравлическими и морфометрическими характеристиками не выявлены, неизвестны связи средней глубины h и гидравлического радиуса $R = \omega/\lambda$ (где ω — площадь живого сечения; λ — смоченный периметр) с другими элементами потока, характеризующими форму русла, не найдена «в убедительном виде» формула расхода наносов, ни в одну из формул для коэффициента гидравлического сопротивления λ не входит расход или концентрация донных наносов. Тем не менее, считает Кеннеди, было бы слишком наивно ожидать, что коэффициент λ естественных потоков окажется лишь функцией одного параметра, поскольку естественные процессы обычно не столь уж беспорядочны или лишены общих тенденций. Кеннеди записывает формулу Шези в виде

$$v = (8g/\lambda)^{0.5} (RI)^{0.5},$$

где v — средняя скорость течения;
 $(8g/\lambda)^{0.5} = C$ — коэффициент Шези [14] (скоростной коэффициент);
 I — гидравлический уклон.

Согласно принципу Шези (1795 г.) гидравлическое сопротивление

$$\lambda = \lambda(v^2). \quad (1)$$

Среднюю скорость течения приближенно можно определить так:

$$v = C\lambda^{0.5}. \quad (2)$$

Исследования по определению коэффициента Шези стали интенсивно проводить спустя 100 лет, начиная с 1900 г. (Маннинг, Форхгеймер, Н. Н. Павловский и др.). Сам Шези принимал коэффициент C постоянным и равным 50. Такого же мнения, независимо от Шези, придерживался французский гидравлик и гидролог дю Бюа, предложивший почти сходное уравнение для средней скорости потока. Однако явного признания постулата квадратичности и формулы Шези не было и в работах ранней французской школы. Так, почти одновременно с Шези и дю Бюа Шарль де Кулон на основании своих опытов сделал вывод, что сопротивление жидкости может быть представлено в виде функции из двух членов, один из которых пропорционален первой степени скорости, другой — второй. Были известны и зависимости, в которых применяли один и тот же коэффициент для обеих степеней скорости. Считалось, что закон сопротивления Кулона является частью бесконечного ряда [2].

По данным современных отечественных исследований, зависимость (2) подвергается большому сомнению.

В работе [1] отмечено, что квадратичный режим движения вообще не характерен для потоков в естественных руслах и неукрепленных каналах, в работе [8] установлено, что не существует он и в песчаных руслах, регулирующих шероховатость своего дна.

Для потоков, которые характеризуются коэффициентом Шези C , пропорциональным корню квадратному из средней скорости, зависимость (2) также отсутствует. Это означает, что потери напора на трение пропорциональны не второй, а первой степени скорости. Подтверж-

дением служит тот факт, что на реках с галечным дном форсированные дноуглубительные работы ведут к резкому уменьшению уклона и снижению уровней воды, а на реках с песчаным дном последствия таких работ малозаметны [9, 11]. В [10] приводятся данные о силах трения и сопротивлениях жестких открытых русел при равномерном и неравномерном движении, потерях энергии при расширении потоков, особенностях сопротивления естественных русел, силах трения в руслах из крупнозернистых грунтов, гальки и валунов, а также с подвижными донными грунтами. Рассматривается механизм сопротивления донных гряд, шероховатости дна потока.

Не проявляется квадратичный режим движения для больших сечений открытых потоков с достаточно гладкими боковыми стенками и при движении воды через модели гидросооружений [35]. Сомнение высказано и на основании экспериментов, проведенных в Ленинградском гидрометеорологическом институте [31]. Существующие зависимости для оценки гидравлических сопротивлений речных потоков противоречивы и не отражают квадратичности [14, 15]. Отсутствие ее зафиксировано и специальными экспериментами [4]. Аналогичный вывод в этой работе сделан и для опытов других авторов, несмотря на широкий диапазон изменений чисел Рейнольдса в них. В наших публикациях [22—28, 30] на основании натуральных данных также выражается сомнение в наличии режима квадратичности при движении открытых потоков в естественных руслах.

Поэтому возникает задача об экспериментальной проверке постулата Шези, установлении вида связи между силой трения потока и средней скоростью. Сам Шези под термином «сопротивление» подразумевал (в современном представлении) силу трения — касательное напряжение о дно и стенки русла потока τ .

Согласно рис. 1 имеем

$$G \sin \alpha = \gamma \omega L \sin \alpha,$$

где γ — объемный вес жидкости;
 L — длина части потока.

Из-за малости угла α ниже примем $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha = I$.

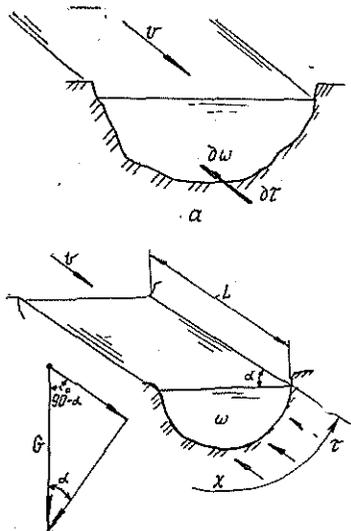


Рис. 1. Расчетные схемы движения потока: а — по Шези; б — с учетом силы тяжести G и уклона дна I

Условие равновесия части потока длиной L с учетом гидравлического сопротивления имеет вид

$$\gamma \omega L I - \tau \chi L = 0.$$

После деления на смоченный периметр χ и длину L получим

$$\tau = \gamma h I, \quad (3)$$

где τ — удельная сила трения;
 $h \approx R = \omega / \chi$.

Заметим, что в формуле (3) (для гидравлики открытого потока это основное уравнение равномерного движения) пропорциональность между τ и I физически трудно воспринимается, чего нельзя сказать о пропорциональности τ и h (увеличение h , например, ведет к увеличению χ и силы трения). Однако в целом возможна пропорциональность τ и произведения hI , поэтому французская школа гидравлики времен Базена и Ларси произведение hI именовала влекущей силой [3], что определенным образом проливает свет на структуру формулы Шези. В то же время зависимость (3) является линейной, а не степенной (например квадратичной) функцией.

Сделаем следующие преобразования. Примем $\tau = av^2$, где a — коэффициент пропорциональности, и подставим в уравнение (3). Тогда

$$v = (\gamma/a)^{0,5} (hI)^{0,5}.$$

Множитель в правой части $(\gamma/a)^{0,5} = C$. В результате получим формулу Шези $v = C(hI)^{0,5}$ в записи через среднюю глубину h .

Постулат Шези — теоретическая предпосылка. Она настолько прочно вошла в расчетную практику речной гидравлики и смежных дисциплин, что имеются предложения не рассматривать ее вообще, не разбирать связи типа коэффициент шероховатости — гидравлический уклон, которые могут выявить наличие или отсутствие принципа квадратичности при движении потока [18]. При этом не представляется возможным установить взаимосвязь τ и v с помощью, например, уравнения Бернулли или какого-либо другого закона, применяемого для исследования движения жидкости (кинетической энергии, теоремы об изменении количества движения или др.). Поэтому для решения поставленной задачи о наличии или отсутствии квадратичности при движении открытого потока в естественном русле необходимо использовать лишь натурные данные. Гидравлический радиус при этом заменим на среднюю глубину, что обычно практикуют для широких естественных потоков при $\chi \approx B$ и $\omega, \chi \approx \omega/B$.

Гидравлический уклон I — потерю напора на единице длины движения — примем равным уклону свободной поверхности, полагая, что поток равномерный, т. е. на рассматриваемом участке длиной L (рис. 1) имеет одинаковые глубины и площади живых сечений.

Рассмотрим зависимости

$$\tau = \tau(v); \quad I = I(v); \quad v = v(h);$$

$$Q = Q(v, h, I); \quad Q = Q(vh, Re); \quad Q = Q(\tau).$$

Первая из них непосредственно вытекает из постулата Шези. Вторая характеризует падение напора на единице длины движения, когда гидравлический уклон принимается равным уклону свободной поверхности и зависит от сопротивления потока. Величины v , h и I входят в формулу Шези и дополняют, включая и связь $Q = Q(\tau)$, исследование поставленного вопроса о наличии или отсутствии режима квадратичности при движении речного потока в естественном русле.

Четкая линейность зависимости $\tau = \tau(v)$ имела место, например, для р. Енисей по Карлову створу в бытовом режиме реки до сооружения в 1970 г. плотины Саяно-Шушенской ГЭС и по другим створам Енисея от г. Кызыла в Туве до низовий за Полярным кругом. Линейность наблюдается и для притоков Енисея — Ангары, Подкаменной и Нижней Тунгуски, их притоков, других рек енисейского бассейна, Лены и ее притоков, Колымы. Эти потоки имеют в основном гравийно-галечное русло, с заполнением аллювия крупным песком. Линейность связи наблюдается и для р. Иртыша и Оби, Чулыма и их притоков, у которых русловой аллювий меньше, его поры заполнены мелким песком и глиной. Приблизительно такая же картина свойственна и для рек Забайкалья и Дальнего Востока — Амура и его притоков. На рис. 2 приведены примеры очертаний таких связей $\tau = \tau(v)$.

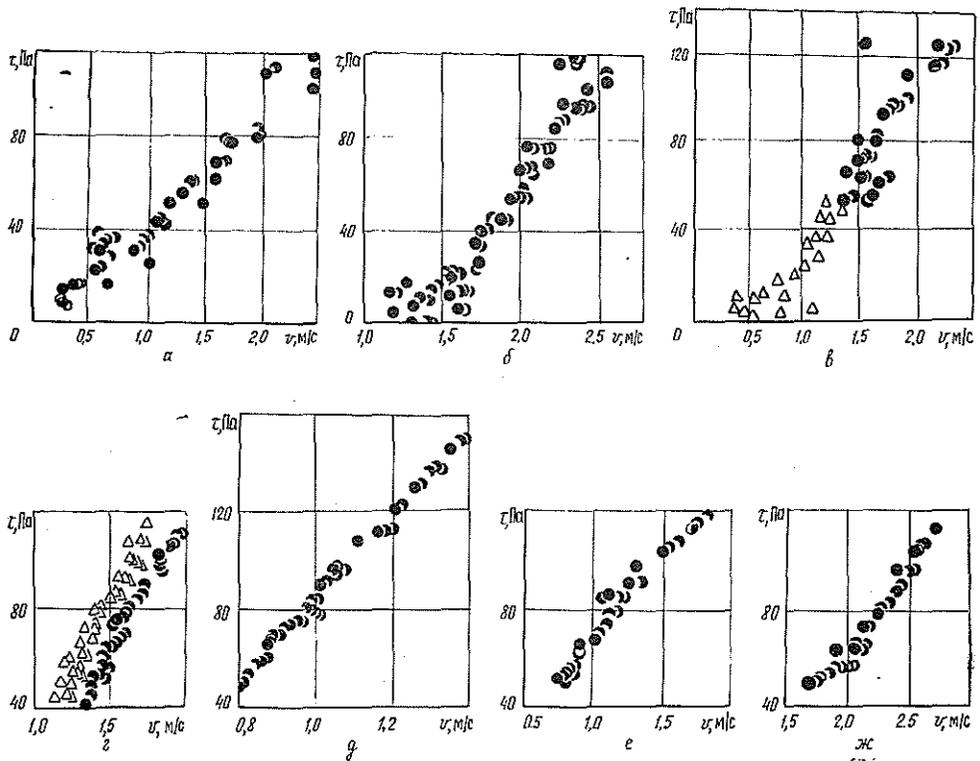


Рис. 2. Зависимость удельной силы трения τ (касательного напряжения) от средней скорости v : а — р. Обь, г. Барнаул (расстояние от устья 3420 км, площадь водосбора 169 тыс. км²). В 1922—1975 гг. средний многолетний наибольший расход был 5300 м³/с (диапазон 3400...9700 м³/с); б — р. Енисей, Карлов створ (3051 км, 191 тыс. км²). Бытовой режим реки до строительства Саяно-Шушенской ГЭС в 1960 г. Наибольший среднегодовой расход в 1911—1970 гг. был 6800 м³/с (диапазон 3800...14 600 м³/с); в — р. Амур, г. Хабаровск (945 км, 1,62 млн км²; Δ) и г. Комсомольск (583 км, 1,72 млн км²; \bullet). Сложная система проток и рукавов, перекаты и плесы, осередки и косы, перемещающиеся вниз по течению, сильные русловые деформации дна и берегов; г — с. Покровка (2442 км, 371 тыс. км², Δ — 1960 г., \bullet — 1961 г.); д — с. Черняево (2460 км, 442 тыс. км²); е — с. Кумара (2178 км, 481 тыс. км²); ж — с. Гродеково (1930 км, 830 тыс. км²); з — с. Помпеевка (1448 км, 806 тыс. км²)

Теоретически возможна попытка определить характер режима движения после записи величины τ в зависимости от средней скорости:

$$\tau = b v^x,$$

где x — искомый показатель степени, при квадратичном режиме $x = 2$, при линейной связи $x = 1$;

b — размерный коэффициент пропорциональности, $\text{кг} \cdot \text{с}/\text{м}^3$.

Отсюда, с учетом формулы (3), получим

$$x = (\lg \gamma + \lg h + \lg I - \lg b) / \lg v. \quad (4)$$

Решение, однако, упирается в дополнительное определение коэффициента пропорциональности b , который, по смыслу, выполняет роль коэффициента C в формуле Шези и, в свою очередь, зависит от коэффициента шероховатости n . Значение x можно определить, применив методы математической статистики для достаточно большого числа уравнений связи $\tau(v)$. Это было сделано на примере р. Джеби, правобережного притока р. Кизира и далее Казыра и Тубы в бассейне Верхнего Енисея. По данным Гидрологических ежегодников СССР издания до 1975 г. (т. 7), имеется более 50 величин уклонов свободной поверхности р. Джеби при разных расходах за один гидрологический сезон. Используя эти данные, нашли, что значение $x = 1,04$.

Квадратичность связи $I = I(v)$ не просматривается, что видно из примеров для р. Енисея, Ангары и их притоков, Амура, других потоков в восточных бассейнах.

Четкая линейность графиков наблюдается для связей $v = v(h)$. Она не зависит от водности потока, уклона дна и вида русловых отложений (песчаный аллювий, галька, гравий). Прямолинейная связь между средней скоростью и средней глубиной отмечена в работе [21] для р. Волги в створе г. Чкаловска, р. Енисея у г. Игарки, а по данным [32] и для р. Дуная и Дунайского канала, Эльбы, других потоков и каналов в Западной Европе. Резкое изменение формы живого сечения может вызвать, однако, излом линейных очертаний между средними скоростью и глубиной, хотя сама линейность связи между этими элементами не нарушается. Это установлено для р. Витима, правобережного притока Лены (с. Усть-Талое) и р. Оки в створе г. Калуги (рис. 2 и 5 в статье [21]). Линейность связи между средними скоростью и глубиной показана Г. В. Железняковым [13].

Связи $Q = Q(v, h, I)$ могут быть или линейными или синхронно выпуклыми в сторону оси абсцисс (рис. 3). Здесь проявляется зависимость, записываемая в виде

$$\frac{\partial v}{\partial Q} \approx \frac{\partial h}{\partial Q} \approx \frac{\partial I}{\partial Q}. \quad (5)$$

При анализе связей между удельной силой трения τ и средней скоростью v интересен такой факт. Записав расход потока $Q = v \omega$, где $\omega = hB$, т. е. $Q = v h B$, и разделив обе части выражения на ширину русла B , получим $Q/B = v h$, где Q/B — удельный расход на единицу ширины потока. Величина vh прямо пропорциональна полной величине Q , чем и объясняется линейность записи $Q = Q(vh)$. Рассматривая далее связь $Q = Q(vh)$, можно заметить, что $\text{tg}(Q, vh) = \text{idem}$ и является постоянной величиной для данного конкретного створа рассматриваемого потока. Поэтому можно записать, что $Q = \text{idem} \cdot vh$ при разных наполнениях русла, пока поток не вышел на пойму. Это характерно для многих рек в восточных бассейнах [29]. Скорректированный на величину $1/\nu$ удельный расход vh представляет собой число Рейнольдса $\text{Re} = vh/\nu$, широко применяемое в гидравлических расчетах и исследованиях открытых потоков (здесь ν — кинематический коэффи-

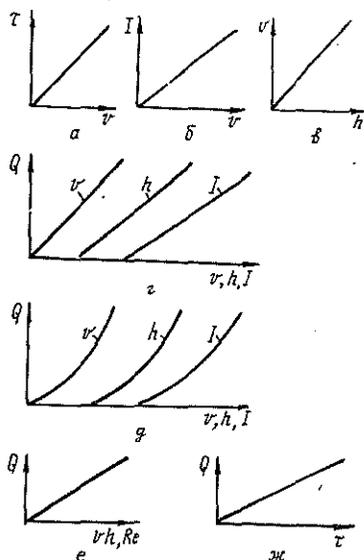


Рис. 3. Схематизация связей:
 а — $\tau = \tau(v)$; б — $I = I(v)$; в —
 $v = v(h)$; г, д — $Q = Q(v, h, I)$;
 е — $Q = Q(vh, Re)$; ж — $Q =$
 $= Q(\tau)$

циент вязкости воды, мало изменяющийся и зависящий от температуры. Приняв его постоянным при плюсовой температуре 10°C и равным $1,31 \cdot 10^{-6}$ м²/с, приходим к выводу, что это число выражается через удельный расход vh .

Практически прямолинейна и графическая зависимость удельной силы трения по расходу $Q = Q(\tau)$. Это наблюдается для р. Енисей и Ангары, их притоков, Лены и Амура, других потоков в восточной части России.

Рассматривая конфигурацию гидравлических связей для естественных потоков, заметим, что нелинейность наблюдается для многих, здесь не рассматриваемых, связей. Это, например, зависимость между средней глубиной и уклоном свободной поверхности $h = I(I)$ [32], глубиной и расходом $h = Q(Q)$ [20].

Для всех изученных связей рассматривались потоки в восточных бассейнах, где по Гидрологическим ежегодникам СССР (т. 4—9 и все их выпуски) имеются данные об уклоне свободной поверхности. Это реки Урал, Иртыш и Тобол, Бия и Катунь, Ангара и ее притоки, Лена, Индигирка, Яна и Колыма, Алдан, Витим и Вилюй, Норилка и Талнах, Хантайка и Турухан, Сосьва и Северная Таймура, Шушь (Большая Шушь), Абакан, Минусинка и Туба, Баргузин, Слюдянка, Селенга и другие притоки, впадающие в оз. Байкал, Амур, Зея и Буряя, Уссури, Тында, Чита (Читинка) и Чача, Магаданка, Камчатка на п-ве Камчатка, Горбуша, Нельма и Амба на побережье Охотского моря, ручьи Волчий, Медвежий, Сохатиный и др. на водосборах Нижней Лены, Индигирки, Яны и Колымы. Большинство этих потоков характеризуется бытовым незарегулированным режимом, ширина русел изменяется от 1 (ручьи) до 12 000 м, глубина от 0,1 до 100 м (водовороты в низовьях Нижней Тунгуски), средние скорости от 0,1 до 4,0 м/с, уклон свободной поверхности от 0,01 до 1,20 ‰. Наименьшие площади водосборов имеют ручьи на Северо-Востоке (3 км²), наибольшей обладает Обь — 2,09 млн км² у г. Салехарда, крупнейшая река по водности — Енисей (расход, зафиксированный 12.06.1969 г. у г. Игарки, составил 176 тыс. м³/с). По характеристике русловых процессов, предложенной Государственным гидрологическим институтом, реки сильно отличаются друг от друга. Средний Иртыш, например, свободно меандрирующая река, осередко-

вая многорукавность развита на Верхней Оби, Средний Иртыш и Средняя Обь — многорукавные потоки, побочный тип имеют Енисей и Ангара, Подкаменная и Нижняя Тунгуски, Малый и Большой Енисей (Каа- и Бихем в Туве). Сильно меандрируют Чулым (Обский), Кас, Сым и Дубчес — левобережные притоки Среднего Енисея со стороны Западно-Сибирской низменности. Ряд потоков Западного и Восточного Казахстана имеют блуждающие русла, теряющиеся в песках, например, Борохудзир в бассейне р. Или — притока в оз. Балхаш. Дополнительная информация содержится в работах [6, 7], результатах исследований Проблемной лаборатории эрозии почв и русловых процессов МГУ [33, 34], других источниках. Она включает также натурные данные (по лесосплавным рекам) Гипролестранса и его Красноярского филиала. Схематизация рассмотренных связей приведена на рис. 3.

Считается, что разнообразие естественных русел делает невозможным получение универсальных закономерностей, учитывающих режимы движения [12]. Действительно, теоретические разработки в области гидравлических сопротивлений для естественных потоков осложняются многими факторами, трудно поддающимися наблюдению и учету. Это неравномерность движения, турбулентность водной среды, неоднозначность уровней и уклонов свободной поверхности на восходящей и нисходящей ветвях гидрографа, деформации размываемого русла, петлеобразные зависимости между расходами воды и наносов, а по [3] — асинхронность прохождения паводочных пиков скорости и расхода совместно с максимальной глубиной. Вместе с тем рассмотренные связи (1) — (7) позволяют сделать вывод о наличии линейной зависимости между удельным сопротивлением потока и его средней скоростью. Поэтому приняв ее в виде $\tau = bv$ (b — размерный коэффициент пропорциональности), получим

$$v = hsI, \quad (6)$$

где $s = \tau/b$ — коэффициент, формально по структуре аналогичный скоростному коэффициенту Шези C , 1/с.

Сопоставляя эту зависимость с формулой Шези, можно отметить, что $s/C = 1/(hI)^{0.5}$. Как и коэффициент Шези $C = v/(hI)^{0.5}$ в функции по расходу [12, 17], коэффициент $s = v/(hI)$ при разных расходах может иметь разную конфигурацию. Определение s возможно непосредственно по данным Гидрологических ежегодников СССР, изданных до 1975 г. для конкретных потоков. По ним можно определить и коэффициент Шези C , также минуя коэффициент шероховатости [5], что, как известно, является далеко не простым делом и связано с субъективной оценкой состояния русла. Так как коэффициент s корректирует линейную, а не квадратичную связь сопротивления и средней скорости (или линейную связь средней скорости и влекущей силы hI), то его диапазон в рамках гидрографа значительно больше, чем для коэффициента Шези C (последний, как известно, по данным, например, Г. В. Железнякова, Д. В. Штеренлихта, И. Ф. Карасева, Н. Б. Барашникова и др., для естественных потоков изменяется от 10 до 100 м^{0.5}/с). Данные о величинах коэффициента s для некоторых рек в восточных бассейнах приведены в таблице.

Обследованные потоки сильно отличались друг от друга. Так, диаметр донных фракций в русле р. Аган и Серта в бассейне Оби в Западной Сибири, соответствующий 50 %-му гранулометрическому составу (0,15 мм), в 500 с лишним раз меньше такого же показателя для р. Енисей.

Таким образом, постулат Шези — квадратичная зависимость сопротивления открытого потока от средней скорости — проанализирован по

Река	$s \cdot 10^{-2}$, 1/с	I , %
Бассейн г. Оби:		
Серта	40...60	0,01...0,10
Аган	40...80	0,04...0,08
Енисей:		
г. Кызыл	16...52	0,38...0,90
с. Чао-Холь	4...14	0,40...0,90
с. Крутой поворот	4...14	0,40...0,95
с. Никитино	7...15	0,20...1,00
с. Подсиняя	6...17	0,30...0,90
г. Енисейск	11...18	0,60...1,00
с. Подкаменная Тунгуска	13...57	0,20...1,00
Малый Енисей:		
с. Знаменка	5...11	0,30...1,00
г. Кызыл	9...16	0,30...0,70
Большой Енисей, с. Тора-Хэм	8...15	0,20...0,40
Подкаменная Тунгуска:		
с. Чемдальск	5...10	0,67...1,00
п. Байкит	14...21	0,27...0,43
с. Кузьмовка	17...42	0,45...0,90
Нижняя Тунгуска:		
с. Ербогачен	65...70	0,06...0,12
с. Наканно	10...67	0,07...0,80
Бассейн р. Енисей:		
Абакан, улус Райков	5...29	0,20...0,90
Кан, г. Канск	6...8	0,20...0,60
Туба, с. Бугуртак	9...33	0,06...0,90
Казыр, с. Пономарево	8...26	0,01...0,40
Кизир, с. Имисское	8...10	0,05...1,00
Лена:		
с. Солянка	20...40	0,04...0,06
с. Зменново	22...40	0,04...0,80
Бассейн оз. Байкал:		
Селенга, рзд. Мостовой	10...20	0,04...0,10
Баргузин, с. Баргузин	9...16	0,07...1,00

данным Гидрологических ежегодников СССР издания до 1975 г. Сделан вывод о линейности связи сопротивления со средней скоростью потока для речных русел. Предложена формула, по структуре подобная формуле Шези, без квадратного радикала в правой части над произведением гидравлического радиуса, принимаемого равным средней глубине, на гидравлический уклон (уклон свободной поверхности). В формуле имеется и коэффициент с размерностью 1/с, определение которого возможно по данным Ежегодников без учета коэффициента шероховатости.

В заключение отметим, что дальнейшие исследования представляют интерес с точки зрения типизации коэффициента s при разных уклонах и типовых морфометрических характеристик, как это выполнено И. Ф. Карасевым для обновленной унифицированной шкалы коэффициентов шероховатости речных русел и пойм n [19].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Абальянц С. Х. Устойчивые и переходные режимы в искусственных руслах.—Л.: Гидрометеоздат, 1981.—210 с. [2]. Азит Бисвас. Человек и вода // Из истории гидрологии.—Л.: Гидрометеоздат, 1975.—С. 280. [3]. Акулов К. А., Великанов М. А. Краткое изложение главнейших теорий движения речного потока и методов направления русел.—М.: Изд-во МВТУ, 1928.—120 с. [4]. Алекперов А. А. Исследование закономерностей сопротивления равномерных и плавно изменяющихся спокойных и бурных потоков.—М.: ВНИИ гидротехники и мелиорации, 1974.—22 с. [5]. Альтшюль А. Д. и др. Сравнение формул без коэффициента шероховатости для определения средней скорости воды в реках // Гидротехнич. строительство.—1973.—№ 1.—С. 41—42. [6]. Барышников Н. В. и др. Динамика русловых потоков и русловые процессы.—Л.: Гидрометеоздат, 1988.—458 с. [7]. Барышников

Н. Б. и др. Сопротивление потоков со сложными формами сечения // Расчеты и прогнозы гидрологических характеристик.— Л., 1989.— С. 115—121. [8]. Гришанин К. В. Гидравлическое сопротивление песчаных русел // Вторая Всесоюз. конф. по динамике и термодинамике рек и водохранилищ: Тез. докл.— М.: Ин-т водных проблем АН СССР, 1984.— С. 227—229. [9]. Гришанин К. В. Речные потоки и их русла // Общие вопросы теории руслового процесса: Докл. секции русловых процессов Науч. совета ГКНТ СССР.— Л.: Гидрометеониздат, 1986.— С. 5—12. [10]. Гришанин К. В. Гидравлическое сопротивление естественных русел.— Л.: Гидрометеониздат, 1992.— 400 с. [11]. Гришанин К. В. и др. Водные пути.— М.: Транспорт, 1986.— 400 с. [12]. Железняков Г. В. Пропускная способность русел каналов и рек.— Л.: Гидрометеониздат, 1981.— 312 с. [13]. Железняков Г. В. Гидравлика и гидрология.— М.: Транспорт, 1989.— 104 с. [14]. Знаменская Н. С. Гидравлические сопротивления // Донные наносы и русловые процессы.— Л.: Гидрометеониздат, 1970.— С. 176—185. [15]. Знаменская Н. С. и др. Гидравлические сопротивления в реках и антиреках // Тр. / Гос. гидрологич. ин-т.— Л.: Гидрометеониздат, 1990.— № 344.— С. 76—83. [16]. Ибад-Заде Ю. А., Шеренков Н. И. Новые данные о сопротивлениях в открытом потоке // Тр. / Бакинск. филиал ВНИИводгео.— Баку, 1970.— С. 50—70. [17]. Карасев И. Ф. Речная гидрометрия и учет водных ресурсов.— Л.: Гидрометеониздат, 1980.— 400 с. [18]. Карасев И. Ф. Гидравлические сопротивления и оптимальные размеры каналов переброски стока // Гидротехнич. строительство.— 1983.— № 4.— С. 29—33. [19]. Карасев И. Ф. и др. Гидрометрия.— Л.: Гидрометеониздат, 1985.— 384 с. [20]. Лучшева А. А. Практическая гидрометрия.— Л.: Гидрометеониздат, 1972.— 382 с. [21]. Сасоров М. П. О влиянии формы сечения на линейную зависимость между средней скоростью и средней глубиной // Гидротехнич. строительство.— 1965.— № 7.— С. 18—23. [22]. Сергутин В. Е. Коэффициент Шези, относительная ширина и форма русла // Энергетика.— 1982.— № 2.— С. 118—119.— (Изв. высш. учеб. заведений). [23]. Сергутин В. Е. Элементы водотоков и сопротивление русла // Строительство и архитектура.— 1985.— № 4.— С. 79—81.— (Изв. высш. учеб. заведений). [24]. Сергутин В. Е. О сопротивлении русел разных форм и наполнений // Энергетика.— 1987.— № 7.— С. 115—118.— (Изв. высш. учеб. заведений). [25]. Сергутин В. Е. О сопротивлении взвесенесущих потоков // Энергетика.— 1988.— № 4.— С. 115—117.— (Изв. высш. учеб. заведений). [26]. Сергутин В. Е. Гидравлические сопротивления открытых потоков // Мелиорация и водное хозяйство.— 1989.— № 11.— С. 33—35. [27]. Сергутин В. Е. Гидравлическое сопротивление открытого потока // Энергетика.— 1992.— № 2.— С. 110—120.— (Изв. высш. учеб. заведений). [28]. Сергутин В. Е. О режимах движения открытого потока // Строительство и архитектура.— 1992.— № 2.— С. 115—120.— (Изв. высш. учеб. заведений). [29]. Сергутин В. Е. и др. О числах Рейнольдса и Фруда в экстраполяции расхода открытого потока // Энергетика.— 1984.— № 2.— С. 124—125.— (Изв. высш. учеб. заведений). [30]. Сергутин В. Е. и др. О средней скорости открытого потока // 6-е межвуз. координац. совещание по проблеме эрозийных и русловых процессов // МГУ; Ташкентский гос. университет.— Ташкент, 1991.— С. 78. [31]. Соколова В. Е. К вопросу о квадратичном законе сопротивления // Тр. / Ленинградск. гидрометеорологич. ин-т.— 1979.— Вып. 36.— С. 116—121. [32]. Форгхмеймер Ф. Гидравлика.— М.; Л.: ОНТИ, 1935.— С. 615. [33]. Чалов Р. С. и др. Факторы русловых процессов и иерархия русловых форм // Геоморфология.— 1983.— № 2.— С. 16—26. [34]. Чалов Р. С. и др. Исследование руслового режима рек Ленского бассейна и разработка мероприятий по улучшению условий судоходства // Геоморфология.— 1989.— № 3.— С. 37—45. [35]. Чугаев Р. Р. Гидравлика.— Л.: Энергия, 1982.— 171 с.

Поступила 24 января 1992 г.

УДК 621.43

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

А. Т. ГЕРАСИМОВ, Ю. В. ТРАВКИН

Инженерно-строительный институт (г. Санкт-Петербург)

На лесовозных автомобилях широко используются дизельные ДВС без наддува воздуха Ярославского моторного завода (ЯМЗ).

Согласно отечественным и зарубежным прогнозам, поршневой ДВС сохранится в качестве основной энергетической установки самоходных машин до 2005 г. Предпочтение будет отдаваться наиболее экономичным двигателям — дизелям [7].

Численность парка дизелей в капиталистических странах превышает 50 млн шт. и продолжает непрерывно увеличиваться. В нашей стране эксплуатируемый парк сельскохозяйственных машин с дизелями превышает 3,5, а дизельных автомобилей — 1,0 млн шт. Растет суммарная мощность дизельных энергетических установок, используемых в качестве резервных и аварийных источников электропитания. Предпочтение отдается наиболее экономичным камерам сгорания дизелей с непосредственным впрыском топлива. Однако токсичность выхлопных газов этих типов дизелей выше, чем у имеющих предкамерное смесеобразование.

При исследовании токсичности безнаддувных дизелей ЯМЗ с объемным смесеобразованием и нераздельной камерой сгорания было выявлено, что в выхлопных газах, кроме основных токсичных компонентов окиси углерода, углеводородов, окислов азота, сажи и канцерогенной группы полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), на всех режимах работы двигателя присутствуют нитрозосоединения, канцерогенная активность которых доказана в работах [1—4]. Эксперименты показали, что концентрация канцерогенных ПАУ зависит от условий смесеобразования и наличия локальных зон при сгорании топлива в камере сгорания, где состав смеси отличен от стехиометрического, а концентрация канцерогенных нитрозосоединений — от выхода окислов азота в выхлопных газах двигателя, т. е. окислы азота являются предшественниками образования нитрозосоединений.

На протяжении всего периода совершенствования моторных топлив предлагались различные добавки и смеси для улучшения работы двигателя. Применение воды в рабочем процессе тепловых двигателей началось почти одновременно с их появлением. Еще в 1864 г. (для улучшения работы двигателя Ленуара) Гюгон подавал воду в горючую смесь. Использование воды в виде водотопливных эмульсий (ВТЭ) имеет более широкие возможности, чем применение воды только как балластной добавки, снижающей цикловое давление и температуру. Однако в камере сгорания, наряду с чисто физическим воздействием, возможна химическая активность воды, заключающаяся в протекании реакции водяного пара и углеводородного топлива [5].

Применение воды в составе эмульсии типа вода — масло оказывает дополнительное влияние на рабочий процесс ДВС. При попадании в высокотемпературную среду частица эмульсии начинает прогреваться. В результате разности температур кипения воды и топлива топливная часть капли еще остается в жидком состоянии, в то время как вода превращается в пар. При дальнейшем нагреве под действием расширяющегося водяного пара частица эмульсии разрывается на мелкие капли. Дополнительное дробление капель эмульсии в горячей среде, получившее название «микровзрывов», или внутрикапельного распыления, является одной из наиболее характерных особенностей горения ВТЭ. Именно вторичное распыление, способствующее гомогенизации заряда, интенсификации смешения воздуха и топлива, повышает полноту сгорания топливной смеси [6].

Эмульсии представляют собой системы из двух нерастворимых жидкостей, одна из которых — дисперсная фаза — в виде мельчайших капель равномерно диспергирована в другой. В основе механизма образования эмульсий лежит дробление дисперсной фазы в дисперсионной среде.

Для исследования влияния ВТЭ на состав выхлопных газов дизельного двигателя было разработано устройство для механического эмульгирования моторного топлива непосредственно на двигателе. Конструкция устройства показана на рис. 1, а. Оно состоит из корпуса 3, к которому болтами крепится крышка 7. Крышка имеет полый цилиндр 6,

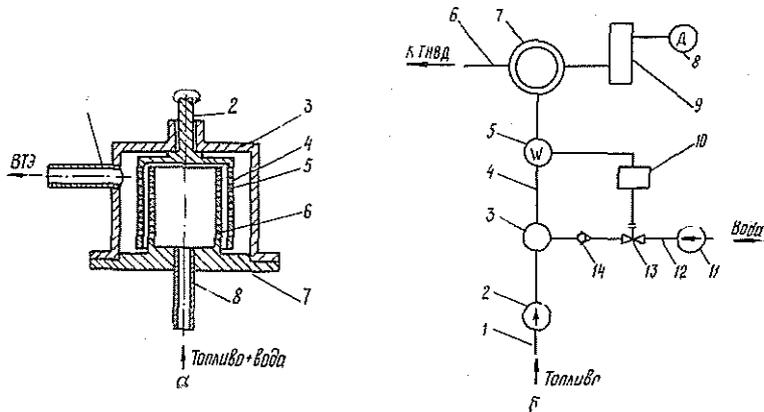


Рис. 1.

стенки которого перфорированы. Внутри корпуса находится ротор 5 в виде полого цилиндра, который имеет перфорацию 4. Ротор 5 выполнен заодно с валом 2 с приводом от электродвигателя. Смесь топлива и воды подается через трубопровод 8, который закреплен в центре крышки 7. Смесь, проходя через перфорацию неподвижного цилиндра 6, попадает в зазор между ним и вращающимся перфорированным ротором 5, где происходит эмульгирование. Смесь отводится через трубопровод 1, который закреплен в корпусе 3 устройства.

Схема опытной установки для приготовления и подачи ВТЭ показана на рис. 1, б. Топливо из трубопровода 1 подается топливоподкачивающим насосом 2 и в предварительном смесителе 3 смешивается с водой, поступающей по трубопроводу 12 от насоса 11 через регулятор расхода 13 и обратный клапан 14. Из смесителя 3 смесь по трубопроводу 4 перетекает в устройство 7 для эмульгирования. Готовая ВТЭ подается по трубопроводу 6 в топливный насос высокого давления (ТНВД) двигателя. Ее влажность измеряется диэлектрическим влагомером 5, который связан через приемник сигнала 10 с исполнительным органом регулятора расхода воды 13. Изменение размеров дисперсной фазы достигают варьированием частоты вращения ротора шестеренчатым вариатором 9, который передает вращающий момент от электродвигателя 8.

На опытной установке было исследовано влияние влажности ВТЭ на эффективность горения при изменении ее дисперсности за счет частоты вращения ротора. Исходя из анализа литературных данных, влажность ВТЭ ограничили 20 %, так как при этом вязкость топлива и коррозия деталей цилиндрично-поршневой группы практически не изменяются. Эффективность горения ВТЭ оценивали по выходу сажи, углеводородов, окиси углерода и бенз[а]пирена (БП) в выхлопных газах двигателя.

На рис. 2 приведены кривые изменения концентраций сажи C_s , окиси углерода C_{CO} , углеводородов C_{CH} , бенз[а]пирена $C_{БП}$, окислов азота C_{NO_x} , нитроздиметиламина $C_{ндма}$ и нитроздиэтиламина $C_{ндэа}$ в зависимости от влажности эмульсии W , %. При влажности ВТЭ 8 % резко изменяется процесс горения. С увеличением влажности более 5 % вероятность микровзрывов капель ВТЭ возрастает, процесс горения улучшается, о чем свидетельствует снижение концентрации сажи, CO, CH, БП с четким минимумом при влажности 8 %. Дальнейшее повышение влажности уменьшает вероятность микровзрывов, процесс горения ухуд-

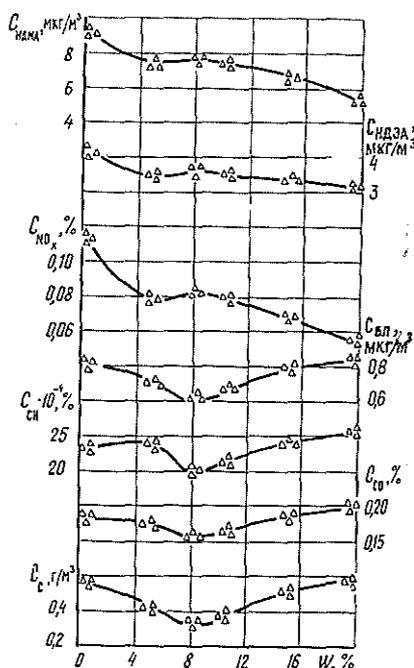


Рис. 2.

шается, концентрации токсичных компонентов увеличиваются. При влажности ВТЭ 8 % наблюдается наибольшая вероятность ее внутрикапельного распыления, что способствует интенсификации смешения воздуха и топлива, повышению полноты сгорания топливной смеси.

Влажность ВТЭ позитивно влияет на снижение выхода окислов азота за счет снижения температуры в локальных зонах камеры сгорания. При влажности ВТЭ более 5 % замедляется снижение концентраций окислов азота, а при 8 % даже несколько повышается, что также подтверждает интенсификацию горения ВТЭ.

Изменение концентраций НДМА и НДЭА качественно совпадает с выходом окислов азота. Это служит подтверждением ранее сделанных выводов о том, что оксиды азота являются предшественниками нитрозосоединений.

Изменение дисперсности ВТЭ за счет частоты вращения ротора эмульгатора показало, что для данного устройства оптимальная частота вращения, при которой наблюдается наибольшая вероятность появления внутрикапельного распыления ВТЭ, составила 1500 об/мин. В этом случае концентрации токсичных компонентов уменьшились: сажи C_c на 40 %, окиси углерода $C_{со}$ на 15 %, углеводовородов $C_{нс}$ на 13 %, бенз[а]пирена $C_{бп}$ на 25 %, окислов азота C_{nox} на 29 %, нитрозосоединений $C_{ндма}$ на 20 % и $C_{ндэа}$ на 15 %.

Выводы

1. При оптимальной влажности ВТЭ происходит внутрикапельное распыление топливной смеси, что способствует гомогенизации заряда, интенсификации смешения воздуха и топлива и повышению полноты сгорания смеси.

2. Изменением дисперсности ВТЭ можно добиться одновременного уменьшения концентрации всех токсичных компонентов в выхлопных газах двигателя без снижения экономичности его работы.

3. Применение ВТЭ позволяет снижать температуру в локальных зонах камеры сгорания при незначительном снижении общей темпера-

туры в камере сгорания, что позитивно влияет на снижение концентраций окислов азота.

4. Изменение концентраций канцерогенных нитрозосоединений качественно совпадает с выходом окислов азота, т. е. мероприятия, направленные на снижение окислов азота, уменьшают выход нитрозосоединений.

5. Наблюдается четкая корреляция между качественным ходом кривых изменения концентраций сажи и БП, т. е. причиной увеличения концентраций этих компонентов является крекинг топлива в локальных зонах камеры сгорания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Вредные вещества в промышленности. Органические вещества: Справочник / Под ред. И. В. Лазарева и Э. Н. Левиной.— Изд. 7-е перераб. и доп.— Л.: Химия, 1976.— 623 с. [2]. Канцерогенные N-нитрозосоединения — действие, синтез, определение // Материалы симпозиума.— Таллин, 1975.— 122 с. [3]. Канцерогенные N-нитрозосоединения и их предшественники — образование и определение в окружающей среде // Материалы симпозиума.— Таллин, 1981.— 88 с. [4]. Канцерогенные N-нитрозосоединения и их предшественники — образование и определение в окружающей среде // Тез. симпозиума.— Таллин, 1987.— С. 31—39. [5]. Невструев Е. Н., Степаненко Н. К., Цеханов А. С. К вопросу применения воды в рабочем процессе двигателей внутреннего сгорания // Теплоэнергетика.— М.: Энергия, 1973.— С. 34—40. [6]. Смаль Ф. В., Арсенов Е. Е. Перспективные топлива для автомобилей.— М.: Транспорт, 1979.— 151 с. [7]. Файнлеб Б. Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: Справочник.— 2-е изд., перераб. и доп.— Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990.— 352 с.

Поступила 11 марта 1992 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.093 : 658.512.22

СПЛАЙНЫ В МОДЕЛИРОВАНИИ РАСКРОЯ
КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

А. А. ЯНУШКЕВИЧ, М. И. КУЛАК, М. К. ЯКОВЛЕВ

Белорусский технологический институт

В проектировании систем оптимального раскроя концептуальную роль играют математические модели раскраиваемых объектов. Адекватность моделей реальным объектам во многом предопределяет качество раскройных алгоритмов и в конечном итоге оптимальность самого раскроя. Развитие теории раскроя пиловочного и другого круглого сырья шло в направлении усложнения сырьевых моделей в целях повышения их адекватности. Совершенствование моделей сырья происходило, однако, вплоть до последнего времени в рамках аналитических описаний. Появление такого мощного инструмента исследований, каким является ЭВМ, а также привлечение новых математических результатов дают возможность выйти за пределы традиционных представлений о моделях круглых лесоматериалов. В работе [2] указано на очевидную возможность моделирования сплайном осевой линии в «эллиптической» модели бревна Пижурин — Розенблита [5].

Разработанный нами ранее [6, 7, 9, 10] метод, связанный с использованием сплайн-функций, развивается в данной работе, приводятся результаты его практической реализации.

Как известно, существует два принципиально различных метода моделирования геометрических объектов, в частности поверхностей. Первый можно назвать аналитическим. С его помощью осуществляется попытка приблизить (заменить) данную поверхность другой, задаваемой небольшим числом легко фиксируемых параметров. Большей общностью обладает второй метод, основанный на идее построения поверхности путем задания некоторого конечного числа ее точек, что позволяет учесть индивидуальные особенности моделируемого тела. Эти точки, указанные в определенном порядке, задают точечный базис поверхности, на основе которого может быть построен ее каркас — совокупность нескольких (обычно двух) семейств линий. Воспроизведение поверхности осуществляется в соответствии с базисом и существенно зависит от задаваемых дополнительных условий и используемого математического аппарата.

Наиболее универсальным и мощным математическим аппаратом моделирования сложных поверхностей являются бикубические сплайны. Пусть на плоскости задан прямоугольник $R: [a, b] \times [c, d]$ и двумерная сетка на нем

$$\Delta = \Delta x + \Delta y;$$

$$\Delta x: a = x_1 < x_2 < \dots < x_N = b; \quad (1)$$

$$\Delta y: c = y_1 < y_2 < \dots < y_M = d,$$

разбивающая область R на прямоугольники $R_{ij} : [x_i, x_{i+1}] \times [y_j, y_{j+1}]$, $i = 1, 2, \dots, N-1, j = 1, 2, \dots, M-1$.

Бикубические сплайны возникли как естественное обобщение одномерных кубических сплайнов на двумерный случай, о чем свидетельствует следующее.

Функция $C(x, y)$ [3] называется бикубическим сплайном на сетке Δ , если, во-первых, она является бикубическим полиномом на каждом прямоугольнике R_{ij} , т. е.

$$C(xy) = \sum_{k=0}^3 \sum_{l=0}^3 a_{ij}^{kl} (x - x_i)^k (y - y_j)^l; \quad (2)$$

$$x, y \in R_{ij}; \quad i = 1, 2, \dots, N-1; \quad j = 1, 2, \dots, M-1,$$

и, во-вторых, $C(x, y)$ принадлежит классу $C^{m, n}[R]$.

Здесь $C^{m, n}[R]$ — множество функций $f(x, y)$, имеющих на R непрерывные частные и смешанные производные порядка не выше m , включающие не более n дифференцирований по каждой переменной, т. е. существуют непрерывные производные

$$\frac{\partial^{(p+q)} C}{\partial x^p \partial y^q}; \quad p + q \leq m; \quad p, q \leq n.$$

Значения $m = 2, n = 1$ определяют так называемые сплайны Эрмита, обладающие минимальным (первым) порядком гладкости. В дальнейшем будем использовать бикубические сплайны класса $C^{4,2}[R]$, одномерным аналогом которых являются кубические интерполяционные сплайны дефекта 1, имеющие более высокий по сравнению со сплайнами Эрмита порядок гладкости (второй).

Геометрической моделью поверхности бревна (хлыста) может служить некоторая протяженная двусторонняя поверхность, гомеоморфная конечному цилиндру с замкнутой направляющей. Будем считать, что она представлена своим точечным каркасом — матрицей значений

$$\|z_{ij}\|; \quad i = 1, 2, \dots, N; \quad j = 1, 2, \dots, M, \quad (3)$$

заданных некоторым регулярным образом в узлах сетки (1). Точечный каркас поверхности может быть образован по-разному. Воспользуемся одним из простейших способов, когда сетка Δ и матрица $\|z_{ij}\|$ представляют собой значения прямоугольных декартовых координат соответствующих точек поверхности, лежащих на параллельных сечениях ее двумя семействами взаимно ортогональных плоскостей определенного направления, например параллельных координатным плоскостям XOY и XOZ (рис. 1). Этот способ формирования точечного каркаса поверхности бревна задает направление двух семейств координатных линий: первое образовано замкнутыми линиями поперечных сечений, второе состоит из образующих боковой поверхности бревна.

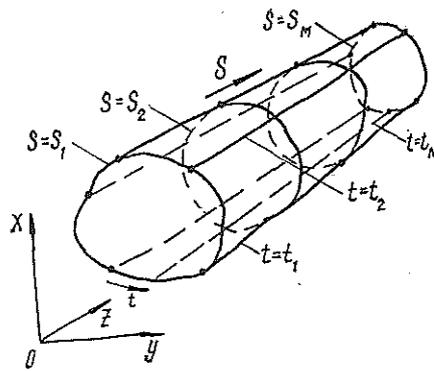


Рис. 1. Каркас поверхности бревна

Если значения точечного каркаса получены из точных измерений, то естественным способом аппроксимации таких данных является интерполяция. Будем искать интерполирующую функцию в виде сплайна (2) со значениями, заданными матрицей (3) на сетке узлов (1). Так как геометрическая модель поверхности бревна относится к замкнутым поверхностям, то удобно использовать ее параметрическое представление

$$\vec{r}(t, s) = [x(t, s), y(t, s), z(t, s)], \quad (4)$$

где t и s — параметры, связанные соответственно с первым и вторым семействами координатных линий.

Параметризация поверхности, заданной узлами точечного каркаса, может быть проведена следующим образом. Выберем две каркасные линии из разных семейств, представленные в дискретно-точечной форме. Вводя для каждой из них параметризацию по суммарной длине хорд [6], получаем сетки Δt и Δs , объединение которых дает двумерную сетку

$$\begin{aligned} \Delta &= \Delta t \times \Delta s; \quad \Delta t: 0 = t_1 < t_2 < \dots < t_N = 1; \\ \Delta s: 0 &= s_1 < s_2 < \dots < s_M = 1, \end{aligned} \quad (5)$$

причем $R: [0,1] \times [0,1]$ — единичный квадрат.

Теперь задачу интерполяции поверхности бревна можно переформулировать в новых обозначениях так: найти бикубические сплайны $C_x(t, s)$, $C_y(t, s)$ и $C_z(t, s)$ вида (2) со значениями соответственно $\|x_{ij}\|$, $\|y_{ij}\|$ и $\|z_{ij}\|$, заданными в узлах сетки (5).

Следовательно, моделирование поверхности сводится к построению трех бикубических сплайнов на общей сетке узлов. Алгоритм построения бикубического сплайна основан на том, что на линиях сетки, например $s = s_j$, $j = 1, 2, \dots, M$, сплайн $C(t, s_j)$ и его частные производные по s являются кубическими от переменной t . Для однозначного определения коэффициентов сплайна требуется задавать дополнительные условия на границе области. В данном случае целесообразно выбирать так называемые смешанные граничные условия, а именно: для переменной t — условия периодичности сплайна $C(t, s)$ и его частных производных по t до порядка 2 включительно, а для переменной s — значения первых частных производных по s на границах $s = s_1, s_M$ в точках t_i , $i = 1, 2, \dots, N - 1$.

Схема реализации алгоритма приведена в работе [3]. Построение сплайнов $C_y(t, s)$ и $C_z(t, s)$ осуществляется аналогично.

Таким образом, построение бикубического сплайна сводится к решению $2N + M$ систем уравнений: по $M + 2$ на первом и по $N - 1$ на втором и третьем шагах [3]. Моделирование же поверхности бревна требует, как это следует из (4), решения в общей сложности $W = 3(2N + M)$ одномерных задач. Если принимаем среднюю длину бревна $L_{\text{ср}} = 5\text{ м}$ и предполагаем, что точечный каркас задается через каждый метр его длины восьмиточечной сеткой поперечных сечений, то $W = 3(2 \cdot 9 + 6) = 72$. При использовании другого варианта алгоритма, где переменные t и s переставлены местами, имеем $W = 3(2 \cdot 6 + 9) = 63$. Поэтому при реализации алгоритма, прежде всего метода прогонки в системах САПР и АСУТП реального времени, быстроедействие применяемых вычислительных средств должно быть достаточно высоким.

Предложенная модель поверхности бревна содержит в качестве базовых алгоритмы моделирования каркаса (поперечных сечений и образующих) одномерными кубическими сплайнами. Такое моделирование

каркасных элементов было нами осуществлено ранее [6, 7]. При этом поперечные сечения бревен, хлыстов, кряжей моделировали векторными кубическими сплайнами дефекта 1 с периодическими граничными условиями. Были даны оценки качества моделирования, показавшие высокую адекватность и сходимость интерполяционных алгоритмов. Исследования показали, что такие модели обладают удовлетворительной точностью даже при малом (10...12) числе узлов N . Так, в серии вычислительных экспериментов при $N = 8$ погрешность, оцениваемая по площади, составила 1,5...2,0 %. Моделирование образующих поверхности при использовании кубических сплайнов с нулевыми граничными условиями на первые производные также дало аналогичные результаты.

Практическое применение предложенных моделей в системах автоматизированного учета, раскроя, а также проектирования связано с построением соответствующих алгоритмов раскроя сырья и созданием оборудования, обеспечивающего необходимые измерительные, вычислительные и технологические функции. В общей постановке такая задача представляется достаточно сложной, однако, в ряде частных случаев полученные результаты могут быть реально использованы. Так, на основе сплайновых моделей были разработаны алгоритмы раскроя сырья для производства строганого шпона из древесины тропических пород (красного дерева). Такие сортименты достаточно адекватно описываются математической моделью поверхности, которая представляет собой прямой цилиндр с направляющей, моделируемой периодическим кубическим сплайном. Для получивших наибольшее распространение на практике способа троения и ванческого четырехстороннего способа был разработан соответствующий алгоритм. Моделирование раскроя, осуществляемое на основе указанной модели, сводится к формированию на плоском сплайновом контуре поперечных сечений заготовок необходимого вида и размеров (рис. 2). Сравнительный анализ результатов моделирования раскроя сырья для производства строганого шпона и данных опытных распиловки показал, что увеличение использования площади сечения за счет выбора оптимального варианта раскроя составило в условиях эксперимента 3...5 % [8].

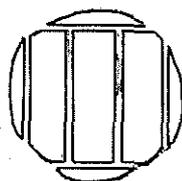


Рис. 2. Вариант раскроя кряжа по способу троения

Как известно, моделирование раскроя пиловочного сырья в качестве составных элементов использует наряду с математической моделью поверхности бревна алгоритм формирования сечений пиломатериалов. На рис. 3 представлен пример реализации такого алгоритма для пиломатериалов заданных размеров, который учитывает особенности геометрии сечения бревна и позволяет получать максимальную суммарную площадь сечений досок. При этом сечение бревна интерполируется сплайном.

Как видно из рисунка, выбор правильной ориентации сечения бревна в плоскости, перпендикулярной направлению подачи, играет здесь существенную роль и позволяет увеличить выход специфицированной пилопродукции. В экспериментах с асимметричными и овальными сечениями бревен за счет их оптимальной ориентации суммарную площадь сечений пиломатериалов удавалось повышать на 5...6 %.

Обеспечение разработанных на основе кубических сплайнов моделей «непосредственной диагностики» достоверной информацией о раз-

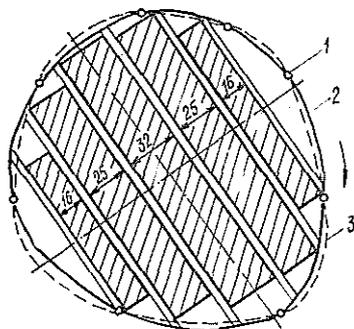


Рис. 3. Вариант формирования сечений пиломатериалов для постова 16-25-32-25-16: 1 — узел; 2 — сплайн; 3 — сечение

мерах и форме моделируемых объектов является важной проблемой. Ее решение может быть осуществлено на базе различной измерительной аппаратуры. Известно использование для этих целей телевизионных камер [4]. Нами для лабораторных экспериментов также использовалась установка, в состав которой входят телекамеры и персональная ЭВМ (ПЭВМ) с видеопроцессором. Телекамеры, расположенные вокруг измеряемого объекта (бревно, кряж), передают изображения его боковой поверхности в ПЭВМ. Видеопроцессор, выполненный в виде специальной платы в ПЭВМ и имеющий буферную память размером 16 Кбайт, преобразует непрерывное телевизионное изображение в дискретный вид, поступающий в основную память машины. Программное обеспечение, используя методы цифровой обработки изображений, определяет значения соответствующих величин (координат), выполняет построение моделей и затем производит необходимые технологические расчеты. Программы написаны на языке Турбо-Паскаль 5,0 и функционируют под управлением операционной системы MS DOS 3.30. В качестве ПЭВМ применяется серийная ЕС 1840, для нее разработан видеопроцессор.

Однако применение телевизионной техники в производственных условиях может быть сопряжено с известными трудностями (погодные условия, запыленность среды, вибрация и т. п.). Поэтому более предпочтительным является использование оптико-электронных измерительных систем. В частности, для обмера круглых лесоматериалов может быть применен предложенный авторами способ определения размеров тел, преимущественно бревен, использующий гладкий обвод кубическим сплайном [1].

В заключение остановимся на сравнении предложенного подхода, основанного на использовании сплайновых моделей, и принятого в настоящее время в теории раскроя пиловочного сырья. Как уже отмечалось, в теории выбор математических моделей круглых лесоматериалов имеет принципиальное значение, во многом предопределяя рациональность раскроя сырья. Поэтому отметим, что описанные выше сплайновые модели решают не просто частную задачу моделирования поверхности сортимента, а являются теоретической основой нового концептуального подхода, который возник как попытка преодоления узких мест в классической теории раскроя пиловочного сырья. Так, традиционные аналитические модели описывают пиловочное сырье как гометрическое тело вращения и в силу этого не способны учесть индивидуальные особенности формы ствола, классифицируемые как пороки формы (например кривизна различного вида, овальность, сбежистость и т. п.). Поэтому использование аналитических моделей в раскройных системах промышленного применения при неуклонном снижении качества заготавливаемого пиловочника ограничивает возможности роста производ-

ства пиломатериалов требуемого качества и размеров и заставляет прибегать к экстенсивным методам увеличения выпуска пилопродукции. Применение же в этих условиях численных моделей на основе сплайнов позволяет практически с полной адекватностью описывать раскраиваемый объект и максимально учитывать при раскрое геометрические особенности его формы. При этом возможность учета особенностей геометрии бревна, включая и пороки формы, заложена в самом концептуальном подходе построения моделей круглых лесоматериалов и, как следует из изложенного выше, осуществляется путем использования достаточно «плотных» интерполяционных сеток. Строго говоря, лишь при наличии адекватного описания раскраиваемого объекта открывается возможность осуществления оптимального раскроя и собственно управления производством пиломатериалов на основе реализации принципа индивидуального раскроя каждой единицы сырья [11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А. с. 1551990 СССР, МКИ G 01 В 11/10, 11/24. Способ определения профилей сечения объектов, преимущественно бревен / А. А. Янушкевич, М. И. Кулак, М. К. Яковлев, И. И. Кулак (СССР). № 4354200/24—28; Заявлено 30.12.87; Опубл. 23.03.90, Бюл. № 11 // Открытия. Изобретения.— 1990.— № 11.— С. 116. [2]. Елсаков С. Г. Математическое моделирование раскроя пиловочного сырья неправильной формы с использованием сплайн-функции // Лесн. журн.— 1990.— № 3.— С. 70—73.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Завьялов Ю. С. Интерполирование функций одной и двух переменных кусочно-полиномиальными функциями // Математические проблемы геофизики.— Новосибирск: Наука, 1969.— С. 58—79. [4]. Петровский В. С. Автоматическая раскряжка лесоматериалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1989.— 288 с. [5]. Пижурин А. А., Розенблит М. С. Основы моделирования и оптимизации процессов деревообработки.— М.: Лесн. пром-сть, 1988.— 294 с. [6]. Яковлев М. К., Янушкевич А. А., Кулак М. И. Применение сплайнов в математических моделях хлыстов и бревен // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины.— Минск: Вышэйш. шк., 1988.— Вып. 3.— С. 97—103. [7]. Янушкевич А. А., Кулак М. И., Яковлев М. К. Автоматизированное проектирование раскроя пиловочного сырья на основе сплайновых моделей // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины.— Минск: Вышэйш. шк., 1989.— Вып. 4.— С. 145—150. [8]. Янушкевич А. А., Кулак М. И., Яковлев М. К. Оптимизация раскроя сырья для производства строганого шпона // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины.— Минск: Вышэйш. шк., 1990.— Вып. 5.— С. 104—108. [9]. Янушкевич А. А., Кулак М. И., Яковлев М. К. Сплайновые модели в САПР раскроя древесного сырья // Математическое обеспечение рационального раскроя в САПР: Тез. докл. Всесоюз. науч. конф.— Уфа, 1987.— Ч. 2.— С. 182—183. [10]. Янушкевич А. А., Яковлев М. К. Система проектирования раскроя лесоматериалов на ПЭВМ: модели, алгоритмы, реализация // Матер. междунар. симпозиума «Информатика-89». Минск, 1989.— Т. 2, ч. II.— С. 715—719. [11]. Янушкевич А. А., Яковлев М. К. Совершенствование лесопиления на основе индивидуальных моделей раскроя // Деревообаб. пром-сть.— 1991.— № 3.— С. 18—19.

Поступила 4 февраля 1992 г.

УДК 674.053 : 621.934

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КОЛЕБАНИИ ЖЕСТКО ЗАКРЕПЛЕННОЙ И ПЛАВАЮЩЕЙ НА ПИЛЬНОМ ВАЛУ КРУГЛОЙ ПИЛЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЭРОСТАТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЯЮЩИХ

Ю. М. СТАХИЕВ, В. В. МАКАРОВ

ЦНИИМОД

В круглопильных станках для продольной распиловки древесины используются пилы с жестким (традиционным) креплением на пильном валу и плавающие, которые имеют возможность аксиального переме-

щения на валу и самоустанавливания между жестко закрепленными направляющими. Через направляющие для смазки и охлаждения обычно подается вода или водовоздушная смесь. В последние годы все больше внимания уделяется аэростатическим направляющим, в работе которых используется только воздух. Первые работы в этой области были выполнены в СССР в 1966 г. (для ленточных пил) и 1970 г. (для круглых).

ЦНИИМОДом в 1990 г. проведены опыты по сравнительной оценке влияния жестко фиксированных аэростатических направляющих на колебания пил при жестком и плавающем вариантах их установки на пыльном валу. Опыты проводили на экспериментальной установке [4, рис. 4.9] дополнительно оснащенной кронштейном для крепления против периферийной зоны пилы с двух сторон с заданными зазорами аэростатических направляющих диаметром 60 мм. Они спроектированы на основании расчетов по методике [2] и имели кольцевую микроканавку диаметром 30 мм, глубиной 0,7 мм (треугольной формы) с равномерно расположенными в ней четырьмя отверстиями поддува диаметром 1,1 мм. При одностороннем зазоре между направляющими и диском 0,04 мм и давлении поддува 0,5 МПа подъемная сила равна 523 Н, жесткость опоры — 520 Н/мкм, объемный расход воздуха — 3 м³/ч.

В основных опытах использовали прокованную пилу диаметром 510 мм фирмы Тепгуи Saw (Япония). Толщина пилы 1,25 мм, число зубьев 60, параметр шероховатости торцовых поверхностей $R_a = 0,85 \dots 1,55$ мкм, торцовое биение диска при медленном вращении 0,27 мм. Диаметр зажимных фланцев при жестком и плавающем креплении пил составлял 160 мм. Частоты собственных колебаний пилы для форм с числом узловых диаметров $\lambda = 0 \dots 5$ равны соответственно 30, 34, 51, 84, 132, 192 Гц, диаметр посадочного места вала для плавающей пилы 99,9 мм, диаметр отверстия плавающих фланцев 100,01 и 100,10 мм.

Схема взаимного расположения емкостного датчика для регистрации колебаний вращающегося диска и аэростатических направляющих показана на рис. 1. Такое расположение обосновано в работе [3, рис.

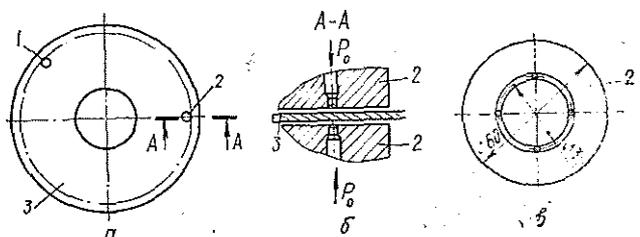


Рис. 1. Схема, поясняющая расположение емкостного датчика и аэростатических направляющих относительно пилы (а) и схемы аэростатических направляющих (б, в): 1 — датчик; 2 — направляющие; 3 — пила (P_0 — относительное давление поддува)

2.24] и связано с формой колебаний при минимальной критической частоте вращения $n_{кр}^{min}$ (обычно λ равно 2 или 3). Разгон диска производили при повышении частоты вращения пыльного вала от 600 до 2500...3600 мин⁻¹ со скоростью 3,5 мин⁻¹/с. Колебания регистрировали с помощью осциллографа Н.107 (скорость записи 0,5 мм/с). Зазор между емкостным датчиком и диском пилы был равен 5 мм.

Результаты основных опытов приведены на осциллограммах (рис. 2 и 3). Их анализ, а также дополнительные наблюдения в ходе опытов позволяют отметить следующее.

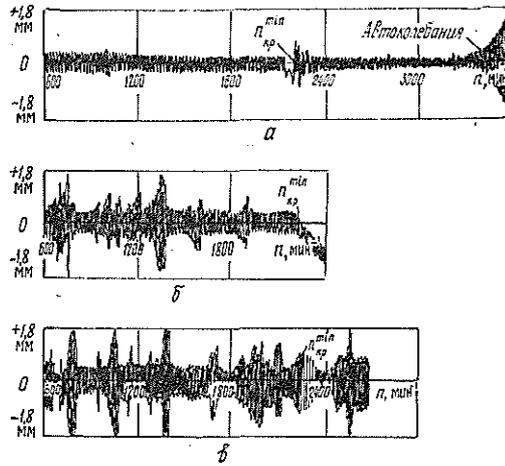


Рис. 2. Осциллограммы колебаний пилы при жестком закреплении на пильном валу: *а* — без аэростатических направляющих; *б* — с аэростатическими направляющими при давлении поддува воздуха 0,4 МПа и зазоре 0,09 мм; *в* — то же, при зазоре 0,05 мм

При холостом вращении (рис. 2, *а*) с постоянным увеличением частоты вращения пила, жестко зажатая на пильном валу фланцами диаметром 160 мм, имеет критические частоты вращения 2190, 2300, 2480, 2810 мин^{-1} для форм колебаний λ , равных 3, 2, 4, 5. Автоколебания начинаются при частоте вращения 3360 мин^{-1} . Отсюда максимально допустимая частота вращения $n_{\text{доп}}^{\text{max}} = 0,85 n_{\text{кр}}^{\text{min}} = 0,85 \times 2190 = 1860 \text{ мин}^{-1}$. Если учесть, что, например, в многопильном круглопильном станке СБ8М частота вращения пильного вала равна 1500 мин^{-1} , т. е. ниже максимально допустимой величины, то возможно использование прокованных пил $510 \times 1,25$ мм при принятии мер, исключающих их неравномерный нагрев.

Аэростатические направляющие при жестком креплении на пильном валу вращающейся пилы приводят к возбуждению в ней колебаний. Одна из причин повышенной вибрации — упругий газовый слой, который, согласно [1], подобен пружине со слабым демпфированием. Из осциллограмм (рис. 2, *б*, *в*) видно, что при частотах вращения ниже $n_{\text{кр}}^{\text{min}}$ емкостный датчик регистрирует симметричные колебания относительно плоскости вращения. Анализ этих колебаний показывает, что они соответствуют нижним резонансным частотам вращения $n_{\text{рез. н}}$ [3, с. 92], причем наиболее интенсивные имеют место при формах колебаний с числом узловых диаметров λ , равных 2; 3 и 4, и кратностях 1 и 2. При частоте вращения, равной или большей n^{min} , происходит постоянное нарастание отклонения диска от плоскости вращения, характерное для колебаний, известных под названием «стоячая волна». Форма колебаний обычно ориентируется относительно направляющих: через них проходит один из узловых диаметров λ .

Таким образом, при жестком креплении пил на пильном валу аэростатические направляющие являются причиной неустойчивости диска при частотах вращения $n \geq n_{\text{кр}}^{\text{min}}$, что делает эксплуатацию пил в данных условиях нецелесообразной. Наличие при $n < n_{\text{кр}}^{\text{min}}$ большого числа зон колебаний, соответствующих нижним резонансным частотам вращения, затрудняет использование межрезонансных зон. При этом круглопильные станки должны выпускаться с регулируемой частотой вращения пильного вала или же в станках с постоянной частотой вращения необходимо производить подбор пил по диаметру, толщине, напряженному состоянию. В обоих случаях надо принимать меры для исключения нагрева пил при эксплуатации, сохранения их диаметра.

Специальные опыты показали, что возбудимость и амплитуды колебаний при нижних резонансных частотах вращения $n_{\text{рез.н}}$ в значительной степени зависят от величины торцового биения пилы и зазоров между пилой и аэростатическими направляющими. Например, у пилы с торцовым биением 0,27 мм при одностороннем зазоре между диском и аэростатическими направляющими 0,09 мм наиболее широкие межрезонансные зоны находятся в диапазонах частот вращения 1415... 1530, 1592... 1840, 1915... 2250 мин^{-1} . Уменьшение же одностороннего зазора до 0,05 мм приводит к возникновению дополнительных и перегруппировке резонансных зон колебаний, причем свободные межрезонансные зоны находятся в диапазонах частот вращения 1440... 1660 и 1720... 1850 мин^{-1} . Проблема оптимизации зазоров в направляющих, давления поддува воздуха, размеров направляющих в сочетании с различной исходной плоскостностью диска может быть предметом самостоятельного изучения. Однако резервы для практического использования в данной области сравнительно невелики.

Поведение плавающих пил в аэростатических направляющих (рис. 3) существенно отличается от рассмотренного выше поведения пил с жестким креплением на пильном валу во фланцах.

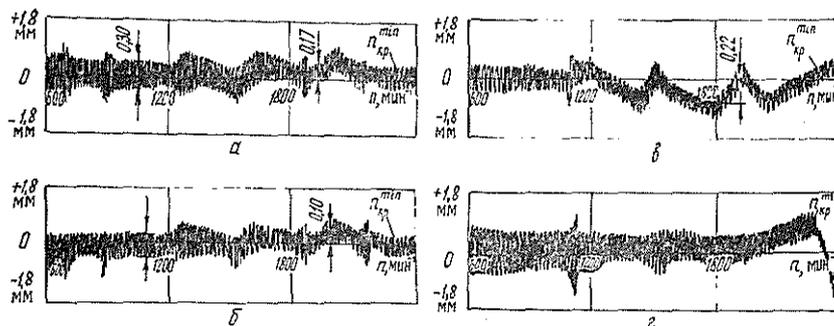


Рис. 3. Осциллограммы колебаний плавающей пилы с использованием аэростатических направляющих (давление поддува воздуха 0,4 МПа, зазор 0,05 мм): а — новые фланцы с $d_{\text{отв}} = 100,01$ мм и вал с $d_{\text{в}} = 99,9$ мм; б — то же, при наличии демфера между шпонкой вала и фланцем; в — фланцы с $d_{\text{отв}} = 100,10$ мм; г — то же, при установке дополнительных (с другой стороны по диаметру) ограничителей отклонения диска

Первое отличие состоит в том, что при $n < n_{\text{кр}}^{\text{мин}}$ не происходит возбуждения многих колебаний, характерных для $n_{\text{рез.н}}$, причем это имеет место не только при зазорах в направляющих 0,09, но и 0,05 мм (при торцовом биении диска 0,27 мм). Если в некоторых случаях и возникают отдельные резонансные колебания, то все равно межрезонансные зоны остаются очень широкими. Фактически датчик при $n < n_{\text{кр}}^{\text{мин}}$ в большинстве случаев регистрировал неустойчивость движения («плавание») пилы на пильном валу, а не резонансные состояния диска.

При отдельных частотах вращения иногда наблюдали уход диска от плоскости вращения (некоторое смещение по валу). Это в значительной степени зависит от сочетания полей допусков пильного вала и отверстия плавающих фланцев пилы. Величины оптимальных полей допусков должны быть предметом специального изучения. Для новых фланцев с диаметром отверстия 100,01 мм смещение пилы от плоскости вращения было порядка 0,17 мм (рис. 3, а), а для 100,10 мм смещение увеличилось на 30... 50 % (рис. 3, в).

Второе отличие в поведении плавающих пил на пильном валу состояло в том, что при разгоне в области частот вращения $n \geq n_{кр}^{min}$, как правило, не фиксировались колебания в виде длительно поддерживаемых и непрерывно нарастающих по амплитуде «стоячих волн». То есть, не наблюдалось затягивания нелинейных колебаний при $n_{кр}^{min}$ на широкую область частот вращения, а области колебаний при частотах вращения $n_{кр, \lambda}$ были достаточно узкими. Эти результаты в какой-то степени объясняют то, что и при $n < n_{кр}^{min}$ колебания с резонансной частотой вращения $n_{рез. n}$ также были трудновозбудимыми.

Все это подтверждает преимущества, которые имеют плавающие пилы по сравнению с жестко закрепленными на пильном валу.

Для исключения или уменьшения «сползания» плавающих пил по пильному валу в отдельных работах рекомендуется устанавливать две пары направляющих: первую — в зоне резания, вторую — в зоне холостой ветви пилы. Проведенные дополнительно опыты (рис. 3, г) подтвердили эффективность такого мероприятия. В этих опытах наряду с аэростатическими направляющими на противоположной (по диаметру) стороне пилы устанавливали березовые ограничители отклонения пилы (диаметр ограничителей 20 мм, односторонний зазор 0,05 мм). Ограничители препятствовали «сползанию» пилы по валу, однако иногда (достаточно редко) являлись источником возбуждения отдельных колебаний при нижних резонансных частотах вращения и приводили к неустойчивости при $n > n_{кр}^{min}$.

Благоприятные результаты были получены ЦНИИМОДом также при установке между шпонкой пильного вала и плавающим фланцем пилы специальных (например, резиновых) прокладок. Они не только уменьшали вероятность «сползания» пилы, но и в необходимых пределах ограничивали «плавание» пильного фланца по пильному валу при сохранении ранее рассмотренных преимуществ (см. рис. 3, б). Поэтому целесообразно проводить дальнейшие исследования в данном направлении с одновременным совершенствованием самой конструкции демпфера для плавающих пил.

Выводы

1. При жестком (традиционном) креплении пил на пильном валу аэростатические направляющие являются источником возбуждения колебаний при нижних резонансных и критических частотах вращения. Защита системы от этих колебаний представляет собой большую техническую трудность.

2. Плавающие пилы при использовании аэростатических направляющих в значительно меньшей степени подвержены резонансным состояниям. Поэтому разработка конструкций аэростатических направляющих должна вестись в первую очередь применительно к плавающим пилам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Опоры скольжения с газовой смазкой / С. А. Шейнберг, В. П. Жедь, М. Д. Шишеев и др.; Под общ. ред. Шейнберга С. А.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1979.— 336 с. [2]. Расчет аэростатических опор // Методические рекомендации.— М.: ЭНИМС, 1977.— 30 с. [3]. Стахийев Ю. М. Работоспособность плоских круглых пил.— М.: Лесн. пром-сть, 1989.— 384 с. [4]. Стахийев Ю. М. Устойчивость и колебания плоских круглых пил.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 296 с.

УДК 674.093.6

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОНКОМЕРНОГО СЫРЬЯ

Д. В. ИВАНОВ, Л. С. СУРОВЦЕВА

Архангельский лесотехнический институт

На лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях доля мелкого сырья диаметром $d = 6 \dots 13$ см в последние годы увеличивается и составляет от 4 до 7 % объема поступающей древесины. Поэтому остро стоит вопрос о рациональном его использовании.

Цель исследований — выявить возможности применения тонкомерного сырья для выпуска разнообразной пилопродукции, пользующейся наибольшим спросом.

В настоящее время все мелкое и частично среднее сырье ($d = 14 \dots 16$ см) распиливают на потоках, оснащенных фрезерно-брусующими и многопильными круглопильными станками.

Нами исследованы варианты раскроя сырья, предусматривающие выпуск различной пилопродукции.

Вариант 1 (базовый) — экспортная пилопродукция в соответствии со стокнотами на основании наиболее применяемых на предприятии поставов (1×100 ; 4×22 , $n \times 22$, 1×100 ; 2×44 , $n \times 22$, 1×100 ; 1×22 , $n \times 22$, 1×100 ; 1×44 , $n \times 22$; n — число досок в поставе);

Вариант 2 — экспортная пилопродукция сечением 66×66 мм, пользующаяся спросом на арабском рынке.

Вариант 3 — пилопродукция сечением 50×65 мм для производства оконных блоков.

Вариант 4 — пилопродукция сечением 19×50 мм для производства паркета.

Вариант 5 — экспортная пилопродукция, пользующаяся спросом на французском рынке (63×125 , 115 , 100 ; 50×125 , 115 , 100 ; 38×125 , 115 , 100 ; 32×125 , 115 , 100 и 22×115).

При расчетах приняты следующие исходные положения:

диапазон изменения диаметров мелкого сырья от 5 до 12 см и частично среднего сырья от 13 до 17 см с градацией через 1 см;

средняя длина бревен 4,9 м;

толщина и ширина выпиливаемых пиломатериалов в соответствии с принятыми вариантами;

длина тонких пиломатериалов — свыше 1,5 м, толстых — 2,7 м с градацией через 0,3 м;

ширина пропила 4,8 мм.

В качестве критерия для сравнения и анализа предложенных вариантов использовали объемный выход пиломатериалов. Теоретический расчет поставов производили по программе «VIHOD», разработанной в АЛТИ для ПЭВМ ИВМ РС/XT.

Для всех поставов определены диаметры d_m и d_c , начиная с которой возможна выпилка пилопродукции для мелких и средних групп сырья, а также средневзвешенный объемный выход $O_{\text{ср. в-в}}$ для эффективных групп диаметров в зависимости от назначения пилопродукции.

Средневзвешенный объемный выход рассчитывали по следующей формуле:

$$O_{\text{ср. взв}} = \frac{\sum_{i=1}^m O_i Q_i^c}{\sum_{i=1}^m Q_i^c},$$

где O_i — объемный выход пилопродукции из бревен i -го диаметра, %;

Q_i^c — доля пиловочных бревен i -го диаметра, %;

m — число диаметров бревен, подлежащих распиловке.

Доля пиловочных бревен i -го диаметра представлена в табл. 1.

Таблица 1

Диаметр, см	Доля диаметров от объема сырья, %	Диаметр, см	Доля диаметров от объема сырья, %	Диаметр, см	Доля диаметров от объема сырья, %
5	0,03	10	0,15	15	6,00
6	0,03	11	0,90	16	5,80
7	0,03	12	2,80	17	7,10
8	0,03	13	3,20		
9	0,03	14	9,30	Итого	35,4

Результаты расчетов средневзвешенного объемного выхода пилопродукции из мелких и средних бревен для различных вариантов и поставов приведены в табл. 2.

Анализ данных, приведенных в табл. 2, показал, что выпуск традиционной экспортной пилопродукции (вариант 1) сечением 44×100 мм возможен из сырья диаметром не менее 11...12 см. Из сырья диаметром 9 см и более целесообразно выпиливать пиломатериалы сечением 22×100 мм. Выход пилопродукции при использовании нечетных поставов на 5...11 % выше, чем четных.

Выпиловку брусков сечением 66×66 мм (вариант 2) можно производить нечетными поставами из сырья диаметром 9 см и более. Применение четных поставов неэффективно для средних диаметров, так как используется только сырье диаметром 15 см и более. При этом выход пилопродукции на 6...7 % ниже по сравнению с другими вариантами.

Брусочки для производства оконных блоков сечением 65×50 мм (вариант 3) рационально выпиливать нечетным поставом из мелкого сырья диаметром 6 см и более и четным поставом — 10 см и более.

Выпиловка паркетной дощечки (19×50 мм) целесообразна как четным, так и нечетным поставами из мелкого сырья диаметром 5 см и более. При этом средневзвешенный выход продукции из мелкого сырья на 3...5 % выше, чем из среднего.

При получении пиломатериалов для французского рынка можно использовать четные поставы только при раскрое бревен средних диаметров, а для мелких диаметров применимы, в основном, нечетные. Пилопродукцию шириной 100 мм рациональнее выпиливать из бревен диаметром не менее 10 см, шириной 115 мм — не менее 11 см, шириной 125 мм — не менее 12 см.

Сравнение результатов выполненных расчетов показывает, что в зависимости от диаметра исходного сырья можно подобрать конечную пилопродукцию определенного назначения и размеров с наибольшим выходом.

Из сырья диаметром 6...8 см целесообразно вырабатывать пилопродукцию небольших размеров — заготовки для производства оконных блоков и паркета с выходом соответственно 30,4 и 30,7 %.

Из сырья диаметром 9...12 см возможна выпилка экспортных пиломатериалов для европейского рынка с выходом 30,6...37,2 %, для

Таблица 2

Постав	d_M , см	О ср. взв. % (d_M до 12 см)	d_C , см	О ср. взв. % (d_C до 17 см)
Вариант 1				
1 × 100; 2 × 44, n × 22	12	26,5	13	42,2
1 × 100; 2 × 22, n × 22	9	30,6	13	38,8
1 × 100; 1 × 44, n × 22	11	37,8	13	41,2
1 × 100; 1 × 22, n × 22	9	35,8	13	39,4
Вариант 2				
1 × 66; 1 × 66, n × 22 ($b = 66$)	9	37,2	13	33,1
1 × 66; 1 × 66, n × 19 ($b = 66$)	9	38,8	13	32,2
1 × 66; 1 × 66, n × 22 ($b = 50; 66$)	9	38,9	13	33,7
1 × 66; 1 × 66, n × 19 ($b = 50; 66$)	9	40,4	13	33,7
1 × 66; 2 × 66, n × 22 ($b = 66$)	—	—	15	32,2
1 × 66; 2 × 66, n × 19 ($b = 66$)	—	—	15	32,2
1 × 66; 2 × 66, n × 22 ($b = 50; 66$)	—	—	15	32,2
1 × 66; 2 × 66, n × 19 ($b = 50; 66$)	—	—	15	33,0
Вариант 3				
1 × 65; 1 × 50, n × 19	6	39,4	13	32,6
1 × 65; 2 × 50, n × 19	10	35,6	13	34,2
1 × 65; 2 × 50, n × 22 ($b = 50; 65$)	6	38,5	13	31,6
1 × 65; 1 × 50, n × 22 ($b = 50; 65$)	10	35,6	13	33,0
1 × 65; 3 × 50, n × 19 ($b = 65$)	—	—	15	26,2
1 × 65; 3 × 50, n × 22 ($b = 65$)	—	—	15	26,2
Вариант 4				
1 × 50; 1 × 19, n × 19	6	29,5	13	24,1
1 × 50; 2 × 19, n × 19	6	27,6	13	24,4
Вариант 5				
1 × 100; 1 × 63, n × 22	12	41,3	13	41,5
1 × 100; 1 × 50, n × 22	10	34,3	13	41,3
1 × 100; 1 × 38, n × 22	10	36,9	13	40,1
1 × 100; 1 × 32, n × 22	10	37,5	13	40,0
1 × 100; 2 × 38, n × 22	12	35,9	13	40,9
1 × 100; 2 × 32, n × 22	11	36,2	13	40,5
1 × 115; 1 × 63, n × 22	12	34,3	13	46,0
1 × 115; 1 × 50, n × 22	12	27,2	13	45,7
1 × 115; 1 × 38, n × 22	11	36,2	13	44,3
1 × 115; 1 × 32, n × 22	11	38,7	13	43,7
1 × 115; 1 × 22, n × 22	11	37,6	13	43,5
1 × 115; 2 × 22, n × 22	12	26,1	13	42,8
1 × 125; 1 × 44, n × 22	12	30,7	13	47,2
1 × 125; 1 × 38, n × 22	12	31,6	13	46,5
1 × 125; 1 × 32, n × 22	12	34,2	13	45,8
1 × 100; 2 × 63, n × 22	—	—	15	37,2
1 × 100; 2 × 50, n × 22	—	—	13	39,4
1 × 115; 2 × 63, n × 22	—	—	16	32,4
1 × 115; 2 × 50, n × 22	—	—	15	44,1
1 × 115; 2 × 38, n × 22	—	—	13	42,3
1 × 115; 2 × 32, n × 22	—	—	13	44,0
1 × 125; 1 × 50, n × 22	—	—	13	47,1
1 × 125; 2 × 50, n × 22	—	—	16	44,7
1 × 125; 2 × 44, n × 22	—	—	15	46,7
1 × 125; 2 × 38, n × 22	—	—	14	42,4
1 × 125; 2 × 32, n × 22	—	—	14	45,5

Примечание: b — ширина пиломатериалов.

арабского — 37,1...41,7 %, заготовок для производства оконных блоков — 35,4...40,0 %.

Из сырья диаметром 13 см и выше целесообразно выпускать пилопродукцию экспортного и внутрисоюзного назначения стандартных размеров (ГОСТ 24454—80) с выходом не менее 40 %.

Проведенные исследования показали, что предложенные варианты являются одним из путей использования тонкомерного сырья для выпуска пилопродукции, которая может принести предприятиям прибыль даже при дефиците сырья. В условиях нестабильности цен, в том числе и договорных, для окончательного выбора того или иного направления использования тонкомерного сырья необходимо учитывать спрос и оценивать получаемую продукцию по ее стоимости.

Поступила 23 мая 1991 г.

УДК 624.011.1

УРОВЕНЬ ДОВЕРИТЕЛЬНОЙ ВЕРОЯТНОСТИ НОРМИРУЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Е. Б. РЮМИНА, Г. Б. УСПЕНСКАЯ

ЦНИИМОД

Качество пилопродукции для строительных конструкций характеризуется ее прочностью при основных видах напряженного состояния, которая устанавливается в результате сплошного производственного контроля, т. е. разделения пиломатериалов на группы сортировки. Чем больше групп, тем полнее учтены прочностные свойства пилопродукции, но меньше выход конструктивных пиломатериалов по группам. Снижение выхода имеет предел, определяемый возможностью обеспечения допустимого уровня дефектности (заданной доверительной вероятности показателей прочности древесины, регламентируемой СНиП II-25—80). В качестве критерия при обосновании уровня доверительной вероятности нормируемых показателей прочности конструктивных пиломатериалов, номенклатура которых приведена в работе [1], использован выход пиломатериалов соответствующих групп.

Задачу обоснования уровня решали с помощью моделирования на ЭВМ «Искра-226» однопараметрического однократного контроля прочности пиломатериалов [2].

В основу модели положена известная в машиностроении методика учета погрешности измерения при сплошном контроле, построенная на вероятностном взаимодействии контролируемого параметра и погрешности его измерения.

Закон распределения плотности вероятностей номинальных (измеренных) значений контролируемого параметра $f(z_r)$ является, по сути своей, композиционным, полученным сверткой функции распределения плотности вероятностей истинных значений $f(z)$ и погрешности их измерения $f(z_\Delta)$:

$$f(z_r) = f(z) f(z_\Delta).$$

Здесь плотность вероятности показателей прочности $f(z)$ нормируют по σ_R . Параметры распределения определяют в долях от его среднего квадратического отклонения σ_R :

$$z = \frac{R - M(R)}{\sigma_R},$$

где z — нормированное значение контролируемого параметра;
 R — абсолютное значение контролируемого параметра;
 $M(R)$ — оценка математического ожидания контролируемого параметра.

Функция плотности погрешности измерения $f(z_\Delta)$ нормируется в долях от среднего квадратического отклонения погрешности измерения σ_Δ

$$z_\Delta = \frac{\Delta - M(\Delta)}{\sigma_\Delta},$$

где Δ — абсолютное значение погрешности измерения,

$$\Delta = R - R_n;$$

R_n — измеренное (номинальное) значение контролируемого параметра;

$M(\Delta)$ — оценка математического ожидания погрешности измерения,

$$M(\Delta) = 0.$$

Соответствие величин z_Δ и z определяется по формуле

$$z_\Delta = z/\delta.$$

Здесь $\delta = \sigma_\Delta/\sigma_R$ — нормированная средняя квадратичная погрешность измерения.

В модели заложено предположение о нормальном распределении плотности вероятности показателя прочности $f(z)$ и погрешности ее измерения $f(z_\Delta)$, которое обосновано в работе [1].

Цель данной работы заключалась в определении контрольных границ групп прочности пиломатериалов из условия получения действительного уровня дефектности, равного допускаемому (или заданной доверительной вероятности показателей прочности). При этом сначала формировали совокупности пиломатериалов первого сорта, затем из оставшихся — второго и т. д. Количество пиломатериалов по сортам измеряли в долях совокупности всех поступивших на контроль. Вероятное количество исчислялось как доля общей вероятности признания пиломатериалов каждым сортом. Модель построена относительно второго сорта ($i = 2$); смежный справа — первый сорт ($i - 1$), слева — третий ($i + 1$).

Распределение значений параметра пиломатериалов, которые будут признаны сортом i , описывается функцией

$$\begin{aligned} f^i(z_r) &= [f(z) - f^{i-1}(z_r)] \int_{-\infty}^{+\infty} f^i(z_\Delta) dz = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) \left\{ 1 - \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\left(\frac{z - z_n^{i-1}}{\delta}\right)^2/2\right] dz \right\} \times \\ &\quad \times \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\left(\frac{z - z_n^i}{\delta}\right)^2/2\right] dz. \end{aligned}$$

Здесь z_n^i — нормативная граница соответствующего сорта в нормированном виде.

При разделении на сорта рассчитывают следующие показатели достоверности контроля:

вероятность ошибочного признания i -м сортом пиломатериалов, дефектных для него

$$P_{д.г}^i = \int_{-\infty}^{z_n^i} f^i(z_r) dz;$$

вероятность признания i -м сортом пиломатериалов из числа годных для него среди оставшихся после отбора изделий сорта $(i-1)$

$$P_{г.г}^i = \int_{z_{н}^i}^{z_{н}^{i-1}} f^i(z_r) dz;$$

вероятность признания i -м сортом пиломатериалов из числа годных для сорта $(i-1)$, но ошибочно признанных дефектными для него

$$P_{г.д}^{i(i-1)} = \int_{z_{н}^{i-1}}^{+\infty} f^i(z_r) dz;$$

уровень дефектности (в процентах) пиломатериалов, признанных i -м сортом

$$q^i = \frac{P_{д.г}^i}{P_{д.г}^i + P_{г.г}^i + P_{г.д}^{i(i-1)}} 100.$$

Разработано программное обеспечение для ПЭВМ «Искра-226»*. Расчеты выполнены для погрешности контроля $\delta = 0,3 \dots 0,9$ через 0,1 и уровней доверительной вероятности нормируемых показателей прочности Q , равных 0,95; 0,99 и 0,995, или соответственно допускаемых уровней дефектности $q = 5; 1$ и 0,5 %.

По результатам расчетов с использованием программы нелинейной регрессии «SIG» подобраны аналитические зависимости выхода P_i пиломатериалов i -го сорта от нормативной границы сорта $z_{н}^i$ в нормированном виде, погрешности контроля δ и выхода пиломатериалов предыдущих сортов $\sum_{i=1}^n P_{i-1}$ (далее ΣP). Расчеты выполнены в два этапа. На первом определена зависимость переменных P_i от $z_{н}^i$, на втором — связь коэффициентов уравнений, полученных на первом этапе, с ΣP . В качестве примера приведены уравнения для нахождения выхода пиломатериалов i -го сорта при визуальной сортировке на основании действующей нормативно-технической документации ($\delta = 0,9$) с обеспеченностью требуемых показателей прочности:

при $Q = 0,95$ ($q = 5$ %)

$$P_i = (-1,79\Sigma P^4 + 3,69\Sigma P^3 - 3,23\Sigma P^2 + 1,19\Sigma P + 0,17)(z_{н}^i)^3 + (-0,27\Sigma P^3 - 2,05\Sigma P^2 + 2,46\Sigma P + 0,39)(z_{н}^i)^2 + (-0,43\Sigma P^3 - 0,31\Sigma P^2 + 2,19\Sigma P - 0,35)(z_{н}^i) + 1,13\Sigma P^3 - 0,60\Sigma P^2 + 0,02\Sigma P + 0,10;$$

при $Q = 0,99$ ($q = 1$ %)

$$P_i = (-2,24\Sigma P^4 + 5,01\Sigma P^3 - 3,97\Sigma P^2 + 1,01\Sigma P + 0,16)(z_{н}^i)^3 + (-9,05\Sigma P^4 + 20,63\Sigma P^3 - 17,06\Sigma P^2 + 4,81\Sigma P + 0,60)(z_{н}^i)^2 + (-13,54\Sigma P^4 + 29,35\Sigma P^3 + 23,35\Sigma P^2 + 7,31\Sigma P + 0,09)(z_{н}^i) + 2,53\Sigma P^3 + 4,35\Sigma P^2 + 1,63\Sigma P + 0,05;$$

при $Q = 0,995$ ($q = 0,05$ %)

$$P_i = (-51,52\Sigma P^6 + 125,38\Sigma P^5 - 118,58\Sigma P^4 + 55,66\Sigma P^3 -$$

* Программа разработана канд. техн. наук А. М. Боровиковым.

$$\begin{aligned}
 & -13,93\Sigma P^2 + 1,62\Sigma P + 0,15)(z_n^i)^3 + (47,93\Sigma P^5 - 107,86\Sigma P^4 + \\
 & + 92,23\Sigma P^3 - 37,96\Sigma P^2 + 6,53\Sigma P + 0,63)(z_n^i)^2 + (10,38\Sigma P^3 - \\
 & - 15,93\Sigma P^2 + 6,04\Sigma P + 0,35)(z_n^i) + 5,12\Sigma P^3 - 7,45\Sigma P^2 + \\
 & + 2,32\Sigma P + 0,02.
 \end{aligned}$$

Аналогичные зависимости получены при $\delta = 0,8$ (сортировка по прочности пиломатериалов по модулю упругости проведена на установке типа «Компьютерматик»), $\delta = 0,7$ (бесконтактным способом на установках типа «Финногрейдер») и т. д. до $\delta = 0,3$. Диапазоны применимости и погрешность аппроксимации зависимостей контроля представлены в табл. 1.

Таблица 1

Расчетный показатель	Диапазон изменения		Средняя относительная ошибка
	$P_i, \%$	нормативной границы сортировки z_n^i	
$P_i^{0,95}$	10...90	-1,4...0,4	0,0202
$P_i^{0,99}$	10...90	-1,7...0,1	0,0200
$P_i^{0,995}$	10...90	-1,8...0,0	0,0200

Как следует из табл. 1, нормативные границы показателей прочности z_n^i с ростом уровня доверительной вероятности существенно смещаются в сторону низших сортов. Это свидетельствует о снижении посортного выхода пиломатериалов за счет их перехода в смежные низшие сорта.

По аналитическим зависимостям построены номограммы определения посортного выхода (см. рисунок).

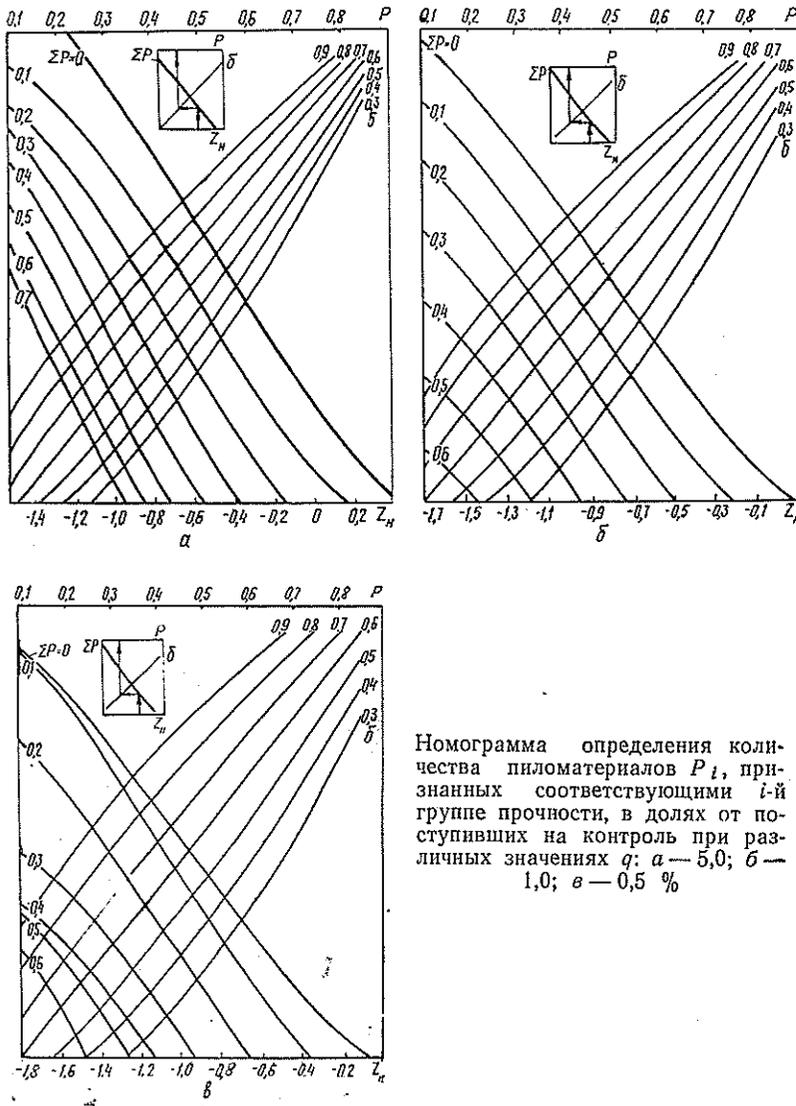
Результаты расчетов по номограммам приведены в табл. 2.

Как видно из таблицы, выход пиломатериалов предлагаемой в [1] номенклатуры сортов по прочности зависит от уровня доверительной вероятности нормируемых показателей прочности, т. е. уровня дефектности партии. Например, с ростом Q от 0,95 до 0,995 выход пиломате-

Таблица 2

Сорт по прочности	Посортный выход пиломатериалов, %, при уровне доверительной вероятности показателей прочности Q и погрешности измерения δ								
	0,95			0,99			0,995		
	0,9	0,8	0,7	0,9	0,8	0,7	0,9	0,8	0,7
K38	—	—	10	—	—	—	—	—	—
K30	26	29	24	—	11	17	—	—	—
K24	23	24	25	27	21	23	13	20	31
K19	25	28	30	25	20	16	27	21	17
K15	26	19	11	10	13	14	10	13	17
K12	—	—	—	38	34	30	10	16	20
K10	—	—	—	—	—	—	40	30	16

Примечание. Нормированная погрешность измерения $\delta = 0,9$ соответствует визуальной сортировке пиломатериалов; $\delta = 0,8$ — измерительному контролю прочности по модулю упругости на установках типа «Компьютерматик»; $\delta = 0,7$ — измерительному бесконтактному контролю прочности пиломатериалов на установках типа «Финногрейдер».



Номограмма определения количества пиломатериалов P_i , признанных соответствующими i -й группе прочности, в долях от поступивших на контроль при различных значениях q : a — 5,0; b — 1,0; σ — 0,5 %

риалов высших сортов по погрешности контроля 0,9; 0,8 и 0,7 уменьшается соответственно на 26, 18 и 7 % (К30) и на 36; 31 и 28 % (К24). Наибольшее сокращение посортного выхода наблюдается при визуальном контроле прочности. В связи с этим прочные пиломатериалы переводятся в низшие сорта номенклатуры до 38, 34 и 30 % (К12), а также до 50, 46 и 36 % (К10) при погрешности контроля соответственно 0,9; 0,8 и 0,7 и уровне доверительной вероятности показателей прочности 0,99 и 0,995.

При нормировании показателей прочности с доверительной вероятностью 0,995 имеющимся и перспективными методами контроля можно обеспечить показатели прочности сортов К24... К10. Надо отметить, что выход пиломатериалов сорта К24 при визуальном и измерительном контроле на установке «Компьютерматик» практически мало значим.

Таким образом, при формировании расчетных характеристик древесины, которые должны обеспечивать заданную надежность деревян-

ных строительных конструкций, нецелесообразно иметь уровень доверительной вероятности нормативных сопротивлений выше 0,95 ввиду резкого сокращения выхода пиломатериалов высших сортов за счет перевода прочных досок в низшие сорта как при существующем визуальном, так и перспективных измерительных производственных методах контроля прочности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Обоснование рекомендаций по расчетным характеристикам элементов деревянных конструкций из пиломатериалов различного качества: Заключ. отчет ЦНИИМОД; Руководитель темы Е. Б. Рюмина.— № ГР 01880069534; Инв. № 02890028215.— Архангельск, 1988.— 85 с. [2]. Разработать рекомендации по производственному измерительному контролю прочности конструкционных досок (на примере машины «Компьютерматик»): Заключ. отчет ЦНИИМОД; Руководитель темы А. М. Боровиков. № ГР 01860079923; Инв. № 02860061122.— Архангельск, 1985.— 183 с.

Поступила 23 января 1992 г.

УДК 674.812

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ КОМПОЗИЦИЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛГИДРОСИЛОКСАНА

А. И. СТАРЦЕВА, А. И. ПОЛУКАЗАКОВА, С. А. БУРЛОВ

Воронежский лесотехнический институт

Прессованная древесина широко применяется в различных областях народного хозяйства, особенно в малонагруженных узлах трения машин и механизмов, работающих при небольших скоростях и нормальных температурных условиях. При повышенной температуре узла трения древесина как природный полимер подвергается термической деструкции вследствие разрушения меж- и внутримолекулярных связей, что вызывает ухудшение физико-механических свойств и снижение срока службы изделий из нее. К примеру, верхний температурный предел длительного использования подшипников из прессованной древесины составляет 85 °С.

Повысить стойкость древесины к температурному воздействию можно путем введения модификаторов, образующих химические связи с древесинным веществом. В промышленности существует несколько способов химической модификации древесины в целях улучшения ее физико-механических свойств.

Широко распространена пропитка древесины кремнийорганическими соединениями (КОС), которые, вступая в контакт с реакционноспособными группами природного полимера, способны замедлять процесс термоокислительной деструкции.

Нами изучена возможность применения полиэтилгидросилоксана (ПЭГС) в древесно-полимерных материалах, работающих в узлах трения при повышенных температурах взамен втулок и подшипников из цветных и черных металлов.

ПЭГС нетоксичен, обладает высокой теплостойкостью и хорошей смазывающей способностью, его широко используют в промышленности как гидрофобизирующую жидкость.

Опытами установлено, что пропитка древесины ПЭГС сама по себе незначительно повышает термическую стойкость, но увеличивает твердость, а значит и хрупкость материала. Это снижает прочностные свой-

ства модифицированной древесины и ее теплопроводность от 0,876 до 0,755 Вт/(м · К).

Для уменьшения жесткости материала и увеличения его смазывающей способности предложен состав, состоящий из ПЭГС, полиэтилсилоксановой жидкости ПЭС-5, тетрабутоксититана и нитрида бора. Жидкость ПЭС-5 применяют в качестве смазки при температурах до 200 °С и основы для консистентных смазок. Важное свойство этой жидкости — устранение прилипания изделий к прессформе. Тетрабутоксититан использовали как катализатор поликонденсации ПЭГС, а нитрид бора — для увеличения теплопроводности материала.

В качестве основы применяли прессованную древесину марки ДМТМ-ОХ плотностью 900... 1000 кг/м³ и влажностью 7... 8 %. Древесину пропитывали в автоклавах под давлением 50 атм при комнатной температуре. Увеличение массы материала после пропитки в среднем составило 16 %, его плотность после 4-часовой полимеризации при температуре 145 °С — 1100... 1200 кг/м³. Контрольной служила древесина марки ДМТМ-ОХ плотностью 1150 кг/м³, равной средней плотности образцов, модифицированных кремнийорганическим составом.

По данным 10 измерений определены статическая твердость в направлении вдоль волокон (ГОСТ 13338—86) и предел прочности при сжатии вдоль волокон (ГОСТ 16483.10—73).

Экспериментальные данные обработаны методами вариационной статистики с надежностью $P \leq 5 \%$. Результаты испытаний представлены на рис. 1, 2. Как видно из графиков, предел прочности при сжатии

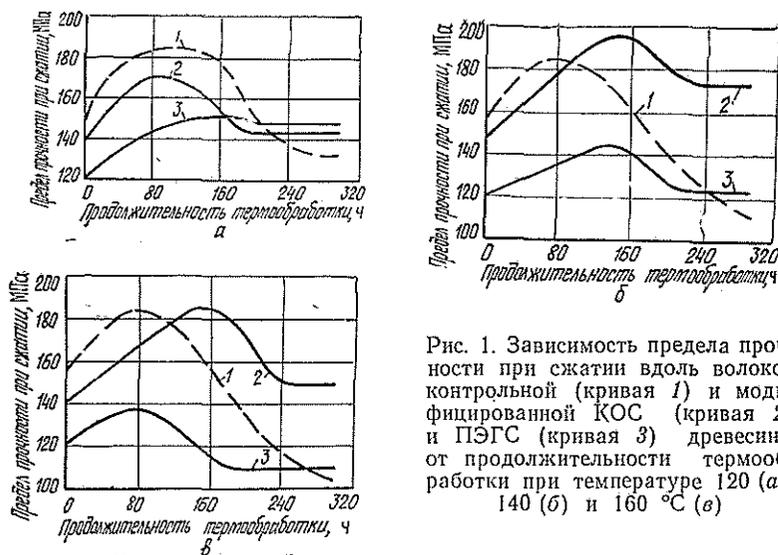


Рис. 1. Зависимость предела прочности при сжатии вдоль волокон контрольной (кривая 1) и модифицированной КОС (кривая 2) и ПЭГС (кривая 3) древесины от продолжительности термообработки при температуре 120 (а), 140 (б) и 160 °С (в)

вдоль волокон и твердость вначале возрастают как у химически модифицированных, так и у контрольных образцов, что объясняется удалением влаги из древесины. Дальнейшее нагревание непропитанной древесины приводит к термической деструкции, при этом наблюдается снижение ее прочности и твердости.

Температура 120 °С недостаточна для поликонденсации ПЭГС, но присутствие катализатора и увеличение продолжительности термообработки способствуют ее протеканию. В течение 160 ч термического воз-

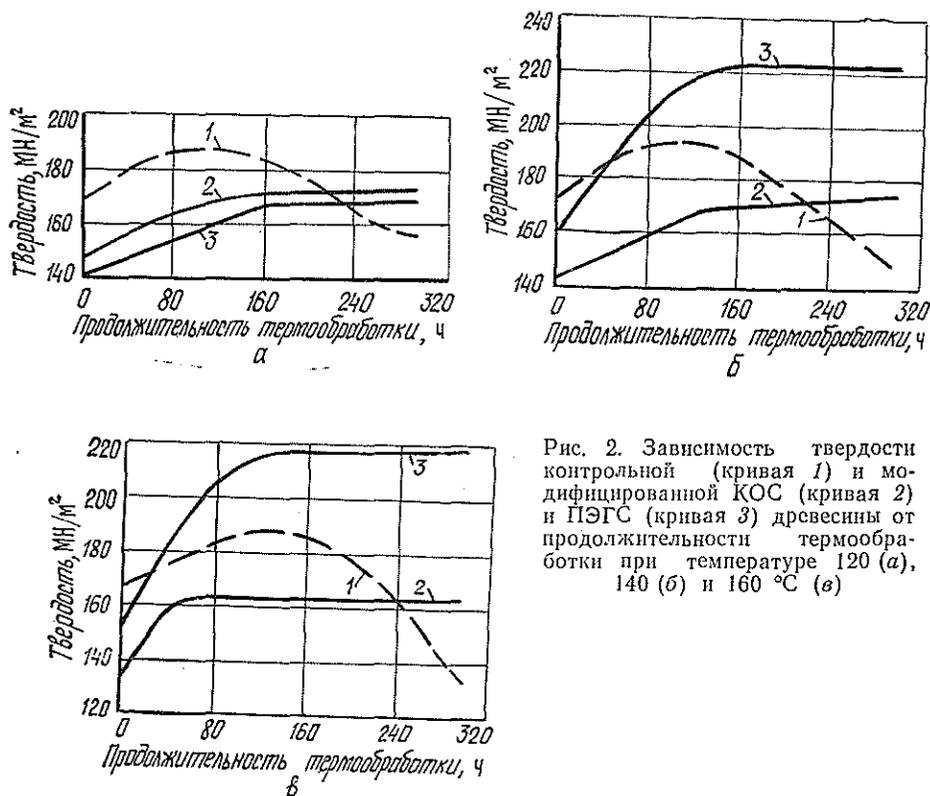


Рис. 2. Зависимость твердости контрольной (кривая 1) и модифицированной КОС (кривая 2) и ПЭГС (кривая 3) древесины от продолжительности термообработки при температуре 120 (а), 140 (б) и 160 °С (в)

действия твердость материала плавно увеличивается и, достигая максимального значения 170 МН/м², что на 10 % выше исходного, сохраняет его до конца испытаний (рис. 2, а).

Кривая изменения предела прочности при сжатии вдоль волокон (см. рис. 1, а) имеет иной характер. При термообработке в течение 80 ч наблюдается увеличение прочности на 25 % контрольной и на 20 % модифицированной древесины. Прочность химически модифицированной древесины растет как за счет удаления влаги, так и за счет заполнения полимером свободных клеток. После 160 ч термообработки древесина, не вступившая во взаимодействие с КОС, начинает разрушаться со снижением прочности, а при продолжительности обработки более 200 ч величина предела прочности остается неизменной, что подтверждает наличие химического взаимодействия пропитывающего состава с древесинным веществом. У контрольных образцов прочность продолжает снижаться.

Таким образом, при температуре 120 °С пропитка древесины КОС не оказывает существенного влияния на показатели физико-механических свойств.

Температура 140 °С является оптимальной для процесса поликонденсации ПЭГС, поэтому предел прочности материала резко возрастает, достигая максимального значения 199 МПа, затем снижается и стабилизируется на 174 МПа (рис. 1, б). Твердость полученного материала, увеличившаяся на 20 % по сравнению с исходной, также остается постоянной (рис. 2, б). За это же время прочность и твердость контрольных образцов снижаются соответственно на 30 и 5 %.

Повышение температуры до 160 °С, что на 10 °С выше оптимальной для поликонденсации ПЭГС, значительно увеличивает скорость поли-

конденсации, но уменьшает скорость гидролиза исходных пропитывающих компонентов. Древесина, не вступившая в химическое взаимодействие, разрушает гораздо интенсивнее, поэтому конечные прочностные показатели несколько хуже, чем при температуре 140 °С. Предел прочности при сжатии вдоль волокон (рис. 1, в) и статическая твердость (рис. 2, в) увеличиваются соответственно на 15 % против исходных значений, а у контрольных образцов уменьшаются на 27 и 17 %.

Помимо прочностных испытаний исследовали антифрикционные и теплофизические свойства полученных материалов. Коэффициент трения определяли на машине СМЦ-2 по схеме «колодка — ролик» без смазки при скорости скольжения 0,63 м/с, давлении 25 МПа, износ — весовым методом, теплопроводность — на приборе ИТ-λ-400. Полученные данные представлены в таблице.

Показатели физико-механических свойств	ДМТМ-ОХ	ДМТМ-ОХ + ПЭГС	ДМТМ-ОХ + ПЭГС + ПЭС-5
Предел прочности при сжатии вдоль волокон, МПа	147	140	190
Твердость торцовая, МН/м ²	160	220	170
Теплопроводность, Вт/(м · К)	0,88	1,03	1,03
Коэффициент трения	0,25	0,22	0,12
Износ, г	0,021	0,014	0,011
Максимальная допустимая температура в узлах трения, °С	85 ... 100	—	130 ... 150

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод, что химическая модификация древесины КОС на основе ПЭГС способна замедлить процесс термоокислительной деструкции и сдвинуть зону активного термораспада ее в область более высоких температур. Это позволяет увеличить предел прочности при сжатии вдоль волокон, особенно при температуре 140 °С, уменьшить коэффициент трения, повысить теплопроводность, и, следовательно, использовать данный материал в узлах трения в качестве втулок и подшипников, работающих при температурах, значительно превышающих допустимые.

Поступила 11 июня 1991 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 630*813.13

**ПЕРЕРАБОТКА ЩЕЛОКА
ОТ СУЛЬФИТ-ФОСФОРНОКИСЛОЙ ВАРКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ
НА КОРМОВЫЕ ДРОЖЖИ**

*Р. Е. СМИРНОВ, Ю. Г. БУТКО, В. И. СТЕПАНОВА,
Т. Б. ГЛОБИНА, С. В. БУЛГАКОВ, В. А. ПОПОВА*

Технологический институт ЦБП (г. Санкт-Петербург)
ВНИИГидролиз

В производстве сульфитной целлюлозы для бумаги большой интерес представляет двухступенчатый способ варки, позволяющий снизить удельный расход древесного сырья и значительно улучшить качество полуфабрикатов [1]. Однако этот способ, как и традиционный одноступенчатый, имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что в процессе варки происходит значительное выделение сернистого газа. При двухступенчатой варке его источник — водный раствор SO_2 , применяющийся во второй ступени.

В целях совершенствования двухступенчатой варки водный раствор SO_2 был заменен ортофосфорной кислотой низкой концентрации. Соединения фосфора используют в качестве питательных солей для производства кормовых дрожжей. При проведении новой двухступенчатой варки отпадает необходимость в добавке фосфора, поскольку это вещество будет поступать на дрожжевой завод с целлюлозного производства с отработанным сульфитным щелоком.

Нами исследовано влияние технологических факторов первой ступени сульфит-фосфорнокислой варки (рН раствора, концентрации в нем SO_2 и температуры обработки) на содержание редуцирующих веществ (РВ) в отработанном щелоке после второй ступени и выход нормальных абс. сухих дрожжей от РВ (в пересчете на дрожжи с 50 %-м содержанием белка).

Двухступенчатые варки проводили в лабораторном автоклаве вместимостью 5 л. Для этого использовали еловую щепу производственной рубки. Вторую ступень варки проводили в одинаковых, определенных ранее [2], оптимальных условиях: концентрация ортофосфорной кислоты 1 %, конечная температура варки 150 °С, продолжительность обработки 2 ч. Выход целлюлозы составил 52...57 % при числе Каппа 17...29.

Дрожжи выращивали в камерной установке непрерывного действия, разработанной ВНИИГидролиз, с рабочим объемом ферментера 1,5 л при продолжительности культивирования 2 сут, содержании РВ в сусле 1,6 %, рН среды в пределах 4,5...5,0, скорости роста дрожжей 0,22 ч⁻¹. Фосфорные соли для питания дрожжей не добавляли, так как концентрация фосфора в сусле равна 400 мг/л, что несколько выше, чем необходимо для полной переработки сахара щелока (300...350 мг/л).

Оценку биологической доброкачественности щелока проводили с учетом 95 % вероятности полученных результатов.

В работе использовали математический метод факторного планирования эксперимента. Был реализован полный факторный экспери-

мент 2³. Уровни факторов и интервалы варьирования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Фактор	Уровень фактора			Шаг варьирования
	Нижний	Нулевой	Верхний	
pH раствора первой ступени варки X_1	3,0	4,5	6,0	1,5
Концентрация SO_2 в растворе X_2 , %	2	3	4	1
Температура первой ступени варки X_3 , °C	140	150	160	10

Примечание. Здесь и далее, в табл. 2, X_1, X_2, X_3 — исследуемые факторы; 1, 2, 3 — уровни факторов, при которых производился эксперимент; \bar{E}_p — среднее значение содержания РВ в щелоке (из двух параллельных опытов); \bar{E}_d — среднее значение выхода абс. сухих дрожжей (из двух параллельных опытов).

Матрица планирования и результаты эксперимента приведены в табл. 2.

Таблица 2

Номер опыта	X_1	X_2	X_3	\bar{E}_p , %	\bar{E}_d , % от РВ
1	—	—	—	1,620	42,60
2	+	—	—	1,655	44,10
3	—	+	—	1,640	43,40
4	+	+	—	1,740	42,95
5	—	—	+	1,630	42,80
6	+	—	+	1,560	46,55
7	—	+	+	1,575	40,55
8	+	+	+	1,665	43,30

После соответствующей обработки результатов эксперимента были получены следующие адекватные уравнения регрессии:

$$E_p = 1,635 - 0,344x_1 - 0,208x_2 + 0,176x_3 + 0,154x_1x_2 + 0,111x_1x_3;$$

$$E_d = 43,780 - 2,794x_1 - 1,552x_2 + 1,433x_3 + 0,436x_1x_2 + 0,541x_1x_3 - 0,506x_2x_3,$$

где E_p — содержание РВ в щелоке, %;

E_d — выход нормальных абс. сухих дрожжей, % от РВ;

$$x_1 = \frac{X_1 - 4,5}{1,5}; \quad x_2 = \frac{X_2 - 3}{1}; \quad x_3 = \frac{X_3 - 150}{160}.$$

Полученные в виде уравнений регрессии количественные зависимости отражают влияние основных факторов первой ступени двухступенчатой сульфит-фосфорнокислой варки на содержание РВ в щелоке после второй ступени и на выход получаемых кормовых дрожжей.

Знаки коэффициентов регрессии показывают характер влияния факторов, а их величины — количественную меру этого влияния. Так, знаки «минус» в уравнениях перед x_1 и x_2 свидетельствуют о том, что повышение pH раствора в первой ступени варки и содержание в нем SO_2 приводит к снижению РВ в щелоке после варки и выхода дрожжей. Повышение температуры первой ступени варки дает обратный эффект (знак «плюс» перед x_3). Наиболее сильное влияние, судя по величине

коэффициентов, на выходные параметры изучаемого процесса оказывает рН раствора первой ступени.

На ЭВМ ЕС-1022 были определены оптимальные условия варки, обеспечивающие максимальный (57 %) выход целлюлозы из древесины. При этих условиях получен щелок с содержанием РВ 1,67 %, выход дрожжей составил 43,3 % или, с учетом количества щелока, 74 кг/т целлюлозы, содержание истинного белка — 48 %.

Выводы

1. Показана возможность переработки щелока от двухступенчатой сульфит-фосфорнокислой варки целлюлозы на кормовые дрожжи по упрощенной и более экономичной схеме, исключающей десульфитацию щелока.

2. Установлено, что наиболее сильное влияние на содержание РВ в щелоке и выход дрожжей оказывает рН варочного раствора на первой ступени варки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Бутко Ю. Г., Макушин Е. М. Ступенчатые варки целлюлозы.— М.: ЦНИИТЭИлеспром, 1968.— 57 с. [2]. Сульфит-фосфорнокислая варка целлюлозы / Р. Е. Смирнов, Ю. Г. Бутко, С. А. Вакуленко и др. // Лесн. журн.— 1990.— № 1.— С. 86—90.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 23 декабря 1991 г.

УДК 676.16.023.143

ВЛИЯНИЕ СУЛЬФИТА НАТРИЯ НА ОТБЕЛКУ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ МАССЫ ДИТИОНИТОМ НАТРИЯ

Ю. И. ДЬЯЧЕНКО, А. Р. ГАБРИЕЛЯН, Т. А. ТУМАНОВА, Н. А. ГЕРАСИМОВА

Лесотехническая академия (г. Санкт-Петербург)

В качестве реагента-восстановителя для отбелки древесной массы используют главным образом дитионит натрия (ДН). При хранении в нем увеличивается содержание продуктов разложения, основным из которых является сульфит натрия (СН). На производстве, как правило, анализ препарата ДН не производят, что не позволяет воспроизводить состав отбельных растворов по содержанию ДН, а значит и СН, обладающего отбельными свойствами. В литературе сообщается о приросте белизны на 1,0...1,5 % при использовании добавки СН к ДН по сравнению с отбелкой чистым ДН [7]. Не изучено влияние концентрации СН как непосредственно на отбельный процесс, так и на разложение ДН при отбелке. Нами проведены исследования в этом направлении.

Для выявления влияния концентрации СН при отбелке термомеханической массы (ТММ) растворами ДН необходимо сравнить результаты процессов, протекающих при одинаковой начальной концентрации ДН, но разной СН. Для этого нами были проведены исследования в лабораторных условиях с использованием метода математического планирования эксперимента. Для построения математических моделей был выбран план Бокса В₅ [4]. Характеристики плана и параметры условных экстремумов функций отклика приведены в табл. 1. В качестве функций отклика взяты прирост белизны (ΔБ) и степень реверсии белизны

Таблица 1

Показатель	X_{i_0}	ΔX_i	Параметры условных экстремумов		
			АБ	РС	Б ₂
pH X_1	6,0	2,0	5,2... 6,0	4,0	4,0
Температура X_2 , °C	50	30	50	20	50
Продолжительность опыта, X_3 , мин	67,5	52,5	120,0	120,0	120,0
Расход ДН X_4 , % от массы абс. сухого волокна	8	7	15	15	15
Массовая доля СН в препарате ДН X_5 , %	18,75	11,25	30,00	7,50	7,50
Изменение белизны ΔB , %	—	—	10,6	5,2	8,3
Степень реверсии белизны РС, %	—	—	5,1... 5,6	1,5	2,5
Белизна после облучения Б ₂ , %	—	—	63,4... 62,8	64,3	65,4

(РС) при действии ультрафиолетовых лучей на отливки ТММ (осветитель КФ-4 со светофильтром УФС-6, диапазон длин волн 340... 390 нм, продолжительность освещения 15 ч).

Результаты обработаны на ЭВМ ЕС-1020 по стандартной программе BMDP1R — множественная линейная регрессия из пакета стандартных программ СОМИ [5].

Получены следующие уравнения регрессии для входных переменных, выраженных в относительных единицах:

$$\begin{aligned} \Delta B = & 6,884 - 1,310X_1 - 0,050X_2 + 0,211X_3 + 1,611X_4 + 0,217X_5 - \\ & - 1,970X_1^2 - 2,920X_2^2 + 0,930X_3^2 - 0,070X_4^2 + 0,180X_5^2 + \\ & + 0,019X_1X_2 + 0,094X_1X_3 + 0,331X_1X_4 + 0,119X_1X_5 - 0,144X_2X_3 + \\ & + 0,444X_2X_4 + 0,081X_2X_5 + 0,144X_3X_4 + 0,356X_3X_5 + 0,094X_4X_5; \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} РС = & 4,398 + 0,828X_1 + 0,583X_2 + 0,250X_3 - 0,228X_4 - 0,161X_5 - \\ & - 1,323X_1^2 - 0,223X_2^2 + 0,677X_3^2 + 0,977X_4^2 + 0,477X_5^2 + 0,625X_1X_2 + \\ & + 0,887X_1^2 - 0,612X_1X_4 - 0,412X_1X_5 + 0,687X_2X_3 - 0,462X_2X_4 - \\ & - 0,637X_2X_5 - 0,850X_3X_4 - 0,525X_3X_5 + 0,775X_4X_5. \quad (2) \end{aligned}$$

Они проверены на адекватность по критерию Фишера (5,97 — для первой и 6,52 — для второй модели) и характеризуются коэффициентом множественной детерминации (0,98 — для обеих моделей). Наиболее важными факторами для первой модели являются pH и концентрация ДН, для второй — pH и температура.

Для поиска условных экстремумов рассчитывали значения функций отклика, последовательно варьируя каждую из входных переменных при постоянстве остальных. После такой операции варьируемую переменную фиксировали на полученном экстремальном значении (максимальное — для ΔB и минимальное — для РС).

Из приведенных данных следует, что для получения максимальной белизны и минимальной ее реверсии нужно вести отбелку при максимальной концентрации ДН и продолжительности отбелки 120 мин. Минимум по РС отвечает таким условиям отбелки, когда масса отбеливается всего на 5 %, поэтому условный минимум РС является формальной величиной, на которую нельзя ориентироваться при выборе условий отбелки.

Для уточнения условий оптимальной отбелки с учетом реверсии белизны ТММ был проведен расчет ожидаемых значений белизны после облучения белевой массы (Б₂) для данной исходной белизны небеле-

ной ТММ. Условия максимума B_2 совпали с условиями максимума ΔB , за исключением факторов X_1 и X_5 .

Анализ полученных математических моделей показал, что наиболее сильное влияние на ΔB , РС, B_2 оказывают рН и температура отбельных растворов. Область рН, в которой наблюдается удаление хромофоров, не зависит от температуры и продолжительности отбелики и находится в пределах 5...6. На рис. 1 показано влияние продолжительности отбелики τ на белизну ТММ до и после облучения.

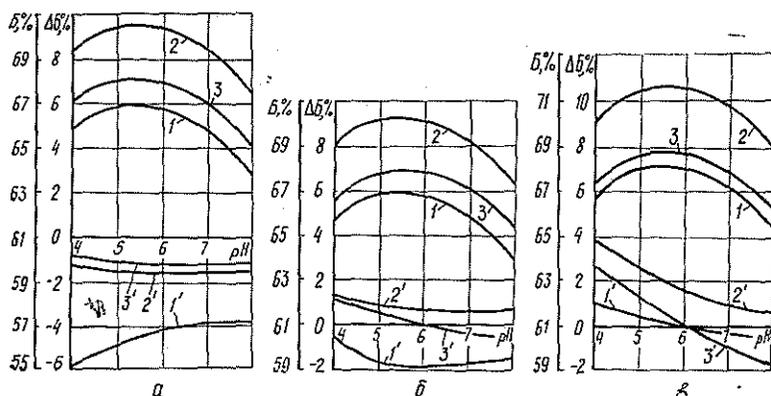


Рис. 1. Зависимость белизны ТММ и ее прироста от рН, продолжительности и температуры отбелики (расход ДН 15 % от массы абс. сухого вещества, массовая доля СН в препарате ДН 30 %): а — 15,0; б — 67,5; в — 120,0 мин; 1, 1' — 20; 2, 2' — 50; 3, 3' — 80 °С; 1, 2, 3 — данные для ТММ после отбелики (до облучения); 1', 2', 3' — то же после облучения

Как видно из графиков, возрастание τ не дает большого различия в приросте белизны, но уменьшает ее реверсию. Повышение температуры до 50 °С увеличивает ΔB , однако, дальнейший рост температуры снижает белизну примерно на 3 единицы при повышении реверсии белизны.

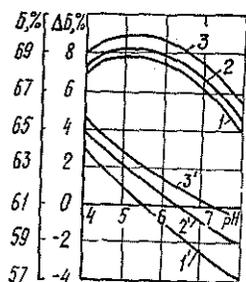


Рис. 2. Зависимость белизны ТММ и ее прироста от рН и массовой доли СН в препарате ДН (температура отбелики 50 °С, продолжительность 120 мин, расход ДН 8 % от массы абс. сухого вещества): 1, 1' — 7,5; 2, 2' — 15,0; 3, 3' — 30,0 %; 1, 2, 3 — данные для ТММ после отбелики (до облучения); 1', 2', 3' — то же после облучения

На рис. 2 отражено влияние доли СН в отбельном реагенте на белизну ТММ до и после облучения. Повышение доли СН в препарате ДН способствует приросту (до 3 %) белизны образцов как до, так и после облучения.

Для уточнения положения условного экстремума по рН, времени отбелики и температуре, а также для проверки влияния доли СН в препарате ДН на отбелику ТММ была проведена дополнительная серия опытов по схеме Бокса В₃ при концентрации ДН 25 ммоль/л; массовой доле ТММ 3 % в расчете на абс. сухое вещество. Характеристики плана и параметры условных экстремумов функций отклика приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатель	x_{i_0}	Δx_i	Параметры условных экстремумов			Доля $S_2O_4^{2-}$, %		
			ΔB	РС	B_2	оставшегося	последнего на образование	
							HSO_3^-	$S_2O_3^{2-}$
pH x_1	6	1	$\frac{5}{5}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{5}{5}$	—	—	—
Продолжительность опыта x_2 , мин	67,5	52,5	$\frac{120,0}{72,0}$	$\frac{30,0}{30,0}$	$\frac{120,0}{60,0}$	—	—	—
Температура x_3 , °C	45	25	$\frac{70}{70}$	$\frac{32}{70}$	$\frac{70}{60}$	—	—	—
Изменение белизны ΔB , %	—	—	$\frac{12,0}{10,5}$	$\frac{5,3}{5,4}$	$\frac{12,0}{10,5}$	$\frac{1,1}{0,8}$	$\frac{24,5}{18,0}$	$\frac{6,1}{4,6}$
Степень реверсии белизны РС, %	—	—	$\frac{3,5}{4,1}$	$\frac{2,3}{2,3}$	$\frac{3,5}{4,0}$	$\frac{1,9}{1,5}$	$\frac{30,7}{36,2}$	$\frac{5,2}{5,0}$
Белизна после облучения B_2 , %	—	—	$\frac{67,8}{65,9}$	$\frac{64,7}{64,8}$	$\frac{67,8}{66,1}$	$\frac{1,1}{0,8}$	$\frac{24,5}{17,5}$	$\frac{6,1}{4,5}$

Примечание. Здесь и далее, в табл. 3—5: в числителе данные для опытов с массовой долей СН в препарате ДН 15 %, в знаменателе — 30 %.

Получены следующие уравнения регрессии для входных переменных, выраженных в относительных единицах:

$$y_1 = 6,994 - 0,550x_1 + 4,200x_2 + 1,340x_3 - 0,488x_1x_2 + 1,238x_2x_3 - 0,394x_1^2 - 2,844x_2^2 + 0,456x_3^2; \quad (3)$$

$$y_2 = 3,844 + 1,790x_2 - 0,394x_1^2 - 1,944x_2^2 + 0,256x_3^2; \quad (4)$$

$$y_3 = 8,800 + 4,050x_2 + 1,080x_3 + 0,950x_2x_3 - 3,950x_2^2 - 1,000x_3^2; \quad (5)$$

$$y_4 = 3,869 + 1,790x_2 - 0,369x_1^2 - 1,969x_2^2 + 0,231x_3^2, \quad (6)$$

где y_1, y_2 — выходные параметры для опытов с содержанием СН в препарате ДН 15 %;

y_3, y_4 — то же при 30 %.

Из уравнений (3) — (6) видно, что сильнее всего на белизну и реверсию белизны влияют продолжительность отбелки и температура.

Поскольку минимум по РС является формальной величиной, для уточнения технологических рекомендаций с учетом как ΔB , так и РС был проведен расчет B_2 . Кроме того, определен химический состав отбельных растворов по основным компонентам в конце отбелки. Из табл. 2 видно, что при доле СН 15 % в препарате ДН растут максимальные значения как ΔB , так и B_2 . Однако значительное повышение доли СН в растворах снижает эффективность отбелки, а также ΔB при одновременном возрастании РС.

Зависимость прироста белизны от условий отбелки представлена на рис. 3. Наибольший ее прирост приходится на первые 15...60 мин. Анализ влияния параметров отбелки на белизну и ее реверсию показывает, что при низких температурах массовая доля СН в препарате ДН существенно влияет на процесс отбелки ТММ. При 15 %-м содержании СН прирост белизны составляет 5,5...8,0 единиц, при 30 %-м — 5...7 единиц, при 7,5 %-м — 4...5 единиц. Стабильность белизны также выше при содержании 15 % СН в препарате ДН. При повышенной

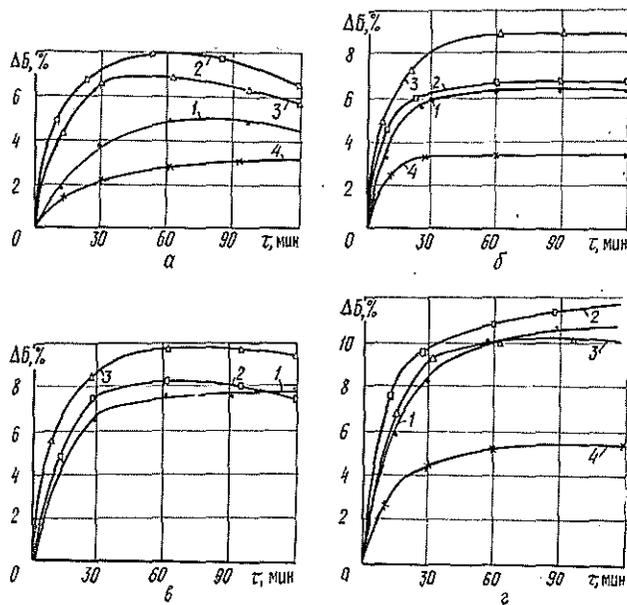


Рис. 3. Зависимость прироста белизны от продолжительности отбеливания, температуры и массовой доли СН, в препарате ДН (рН5): а—20; б—35; в—55; г—70 °С; 1—7,5; 2—15,0; 3—30,0 %; 4—отбеливание чистым СН с концентрацией 25 ммоль/л и расходом 12,5 % от массы абс. сухого вещества

температуре целесообразно увеличивать долю СН до 15 %, т. к. при этом наблюдается значительное повышение белизны (на 12 единиц, по сравнению с 9,5 единицами при доле СН 7,5 %). Увеличение доли СН до 30 % дает такой же эффект прироста белизны, как и для 7,5 %. Однако стабильность белизны образцов при отбеливании препаратом с высоким содержанием СН значительно ниже.

Отбеливание всех образцов проводили с применением хелатного соединения ЭДТА. Наиболее вероятным механизмом влияния ЭДТА на процессы разложения ДН и отбеливания ТММ является связывание в прочные комплексы каталитически активных ионов *d*-элементов. Результаты анализов показали, что при отбеливании ТММ препаратом ДН с содержанием 15 % СН в присутствии ЭДТА происходит снижение в волокне ионов марганца примерно на 95 %, железа — на 60...70 %. Увеличение доли СН до 30 % тормозит снижение содержания ионов в волокне: примерно для марганца и железа соответственно 80...85 и 40...50 %. Таким образом, увеличение доли СН в препарате ДН до 30 % препятствует удалению ионов *d*-элементов из волокна, что не способствует повышению стабильности белизны.

Для изучения кинетики разложения ДН при отбеливании была проведена серия опытов по обработке ТММ растворами ДН в следующих условиях: рН 5, 6 и 7; температура 20, 35, 55 и 70 °С; продолжительность отбеливания 120 мин; концентрация массы 3 % в расчете на абс. сухое волокно; расход ЭДТА 0,25 % от массы абс. сухого вещества; концентрация ДН 21,4 ммоль/л; массовая доля СН в препарате ДН 7,5; 15,0; 30,0 %. В опытах использовали препарат ДН с содержанием (% по массе) дитионита, сульфита, сульфата и тиосульфата соответственно 86,7, 7,5, 5,0 и 1,0. Массовую долю СН регулировали, добавляя к препарату ДН рассчитанное количество СН («ч. д. а.»).

При исследовании кинетики разложения ДН определяли концентрации (С) ионов $S_2O_4^{2-}$ и основных продуктов их разложения: HSO_3^- , $S_2O_3^{2-}$, SO_4^{2-} . В качестве примера на рис. 4 приведен состав отбельного раствора при температуре 70 °С.

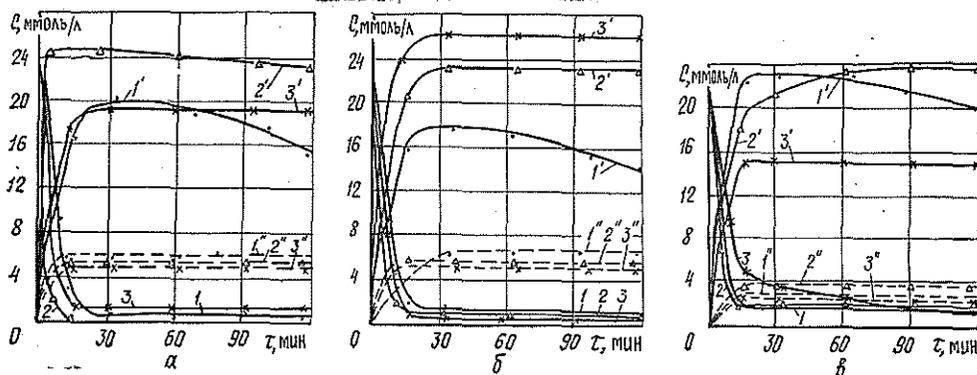


Рис. 4. Изменение состава отбельного раствора в процессе отбелки при температуре 70 °С и различных значениях pH: а—5; б—6; в—7; 1, 2, 3 — концентрация ионов $S_2O_4^{2-}$; 1', 2', 3' — HSO_3^- ; 1'', 2'', 3'' — $S_2O_3^{2-}$; 1''', 2''', 3''' — массовая доля СН в препарате ДН 7,5; 2, 2', 2'' — 15,0; 3, 3', 3'' — 30,0 %

Таблица 3

pH отбельного раствора	Температура отбелки, °С	$S_2O_4^{2-}$				HSO_3^-			
		b_0	$b_1 \cdot 10^2$	$b_2 \cdot 10^4$	$b_3 \cdot 10^6$	b_0	$b_1 \cdot 10^2$	$b_2 \cdot 10^4$	$b_3 \cdot 10^6$
5	20	21,1	-54,8	86,9	-47	6,6	20,5	4,2	-8
		21,8	-68,4	62,4	-	16,5	-51,0	631,6	-970
	35	21,2	-146,7	382,1	-356	7,0	118,2	549,3	-2 266
		20,9	-156,3	327,1	-196	15,9	150,9	-457,5	418
	55	21,8	-498,5	4 051	-10 969	6,7	466,6	-3 688	10 154
		21,2	-285,0	1 391	-2 205	16,2	300,8	-972,4	-1 041
70	20,6	-734,9	8 451	-29 841	6,9	1 570	-32 970	231 289	
	21,4	-445,8	3 852	-11 797	16,4	440,6	-3 379	11 491	
6	20	21,6	-33,3	43,1	-18	6,8	75,7	25,3	-546
		21,5	-66,3	110,1	-58	16,3	35,4	-21,0	-155
	35	21,8	-129,9	402,1	-372	6,7	121,7	93,4	-1 038
		21,5	-147,8	439,5	-399	15,9	121,9	-266,5	192
	55	21,1	-149,9	506,2	-563	6,9	249,4	-1 212	1 971
		21,5	-285,4	1 320	-1 971	16,2	189,5	-597,5	497
70	21,8	-501,1	4 104	-11 204	6,9	333,1	-1 866	3 263	
	21,6	-450,3	-3 821	-11 597	-16,0	241,5	620,5	-7 467	
7	20	21,5	-35,1	40,7	-16	7,2	79,0	-160,2	112
		21,5	-92,0	245,4	-224	16,5	53,6	96,2	-377
	35	21,6	-121,9	291,9	-66	6,9	271,7	-987,3	1 184
		21,3	-102,5	338,4	-329	16,6	130,6	-603,1	921
	55	20,2	-214,4	1 238	-2 337	7,1	407,8	-264,6	5 059
		21,3	-178,9	940,8	-1 603	16,3	195,1	-830,0	1 136
70	21,8	-332,4	1 829	-3 191	6,9	392,7	-2 562	5 033	
	20,8	-288,9	1 686	-3 179	16,4	391,7	-3 398	9 837	

Для опытов при 70 °С, когда наблюдается быстрое снижение, а затем установление на постоянном уровне концентрации дитионит-ионов, расчет выполнен для начальных периодов (0...30 мин). Полученные кинетические данные о разложении дитионита и образовании гидросульфита аппроксимировали уравнениями кубической параболы, выражающими зависимость концентрации указанных ионов от продолжительности опыта. Результаты обработаны на ЭВМ «Искра 1256» по программе «Модель». Анализ данных табл. 3 показал, что значения коэффициентов b_1 , отвечающих начальной скорости разложения $(\frac{dC}{d\tau} |_{\tau=0} = b_1)$, растут по модулю при снижении рН и в целом — с увеличением температуры. Повышение доли СН в растворах ДН увеличивает скорость разложения дитионита и образования гидросульфита, особенно при высоких значениях температуры. Все приведенные уравнения проверены на адекватность по критерию Фишера и характеризуются значениями коэффициентов множественной детерминации в пределах 0,95...0,99.

По температурной зависимости коэффициентов b_1 сделана попытка оценить эффективную энергию активации суммы реакций, ведущих к расходу дитионита и образованию гидросульфита. Как оказалось, энергия активации в пределах ошибки определения не зависит от рН

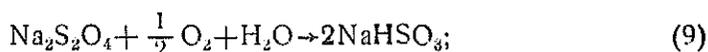
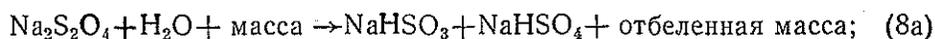
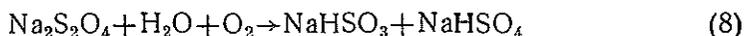
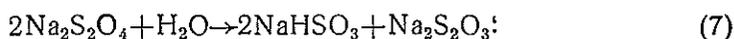
Таблица 4

Температура отбели. °С	рН отбел. раствора	Расход $S_2O_4^{2-}$, %				
		общий	на образование соединений серы			
			HSO_3^-	$S_2O_3^{2-}$	SO_4^{2-}	неидентифицированных
20	5	58,8	27,8	12,5	15,0	3,5
		85,6	35,9	17,1	10,9	21,7
	6	39,4	23,6	0,0	12,5	3,3
		61,1	17,4	3,7	9,5	30,5
	7	47,2	33,1	0,0	14,1	0,0
		56,5	33,5	0,0	12,0	11,0
35	5	94,4	55,6	22,6	15,9	0,3
		89,4	36,3	21,3	13,4	18,4
	6	61,6	38,6	2,1	15,0	5,9
		78,2	41,9	11,6	12,9	12,1
	7	72,2	56,9	1,9	14,1	0,0
		51,9	22,9	0,0	22,5	6,5
55	5	94,9	49,1	24,1	22,5	0,0
		94,0	45,1	21,7	26,4	0,8
	6	82,4	46,7	8,8	25,0	1,9
		93,5	51,6	19,9	20,1	1,9
	7	85,6	55,6	6,9	21,3	1,8
		60,7	31,7	2,8	23,8	2,4
70	5	100	53,7	24,1	22,2	0,0
		93,1	45,6	21,7	23,4	2,4
	6	94,9	53,7	21,7	18,5	1,0
		96,3	58,1	21,3	16,9	0,0
	7	90,3	53,4	14,8	22,7	0,0
		87,0	35,6	11,1	24,8	15,5

и составляет около 40 кДж/моль. При повышении доли СН в препарате ДН до 30 % энергия активации несколько снижается и приобретает зависимость от рН: при рН 5...6 она приблизительно равна 30, при рН 7 — 20 кДж/моль.

По результатам анализа растворов рассчитан баланс соединений серы при продолжительности отбелки 60 мин (табл. 4). Установлено, что на долю разложившегося ДН наибольшее влияние оказывает температура, следующим по важности фактором является рН.

Предпринятые ранее исследования [1—3, 6] показали, что процессы, протекающие в растворах ДН при отбелке, в основном сводятся к следующим брутто-реакциям:



Рассчитанные на основе анализа растворов доли указанных реакций приведены в табл. 5, из которой видно, что в растворах с повышен-

Таблица 5

рН отбеленного раствора	Температура отбелки, °С	Доля расхода ДН на реакции			
		общего разложения	(7)	(8) + (8a)	(9) + (9a)
5	20	0,59	0,43	0,51	0,01
		0,89	0,40	0,25	0,09
	35	0,94	0,50	0,33	0,17
		0,89	0,47	0,30	0,03
	55	0,95	0,56	0,47	0,03
		0,94	0,46	0,56	0,00
	70	1,00	0,50	0,44	0,06
		0,93	0,40	0,50	0,01
6	20	0,39	0,00	0,63	0,27
		0,61	0,12	0,31	0,07
	35	0,62	0,07	0,49	0,35
		0,78	0,30	0,33	0,22
	55	0,82	0,21	0,61	0,16
		0,94	0,43	0,43	0,12
	70	0,95	0,46	0,40	0,14
		0,96	0,44	0,35	0,21
7	20	0,47	0,00	0,60	0,40
		0,57	0,00	0,42	0,38
	35	0,72	0,06	0,39	0,55
		0,52	0,00	0,87	0,06
	55	0,86	0,16	0,50	0,32
		0,61	0,09	0,78	0,08
	70	0,90	0,33	0,50	0,18
		0,87	0,26	0,57	0,00

ным содержанием сульфит-ионов протекают аналогичные реакции, а их соотношение сильно зависит от рН и температуры. Доля реакции (7) падает с ростом рН и слабо зависит от содержания СН в препарате ДН. При рН 6 и 7 она растет с увеличением температуры. Доля суммы реакций (8) и (8а) слабо зависит от содержания СН в препарате ДН и является преобладающей в нейтральных растворах, но достаточно велика (не менее 25 %) и в слабокислой среде. Вклад суммы реакций (9) и (9а) в процессы при отбелке ТММ достаточно велик (около 40 %) в нейтральной среде при комнатной температуре, но быстро уменьшается при снижении рН. Повышение температуры также приводит к снижению доли этих реакций.

Для обнаружения в отбельных растворах политионат-ионов использован метод тонкослойной хроматографии [3]. Практически во всех случаях в растворах обнаружены следы тритионат-ионов. Более высокомолекулярных политионатов, легко взаимодействующих с сульфит-ионами, не обнаружено. Ранее было отмечено [3], что в отбельных растворах ДН без добавки СН возникают ионы $S_4O_6^{2-}$, особенно при повышенной температуре.

По результатам данного исследования можно дать следующие рекомендации. Необходимо проводить анализ препарата ДН на содержание основного вещества и учитывать это при расчете расхода ДН на отбелку, компенсируя его падение увеличением расхода препарата. Повышение содержания СН в отбельном растворе при этом не будет оказывать негативного воздействия на качество отбелки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Дьяченко Ю. И., Габриелян А. Р., Туманова Т. А. Изучение и оптимизация процесса отбелки рафинерной древесной массы дитионитом натрия // *Химия древесины*.— 1991.— № 6.— С. 17—24. [2]. Исследование процесса отбелки термомеханической массы растворами дитионита натрия / А. Р. Габриелян, Т. А. Туманова, С. С. Пузырев, Ю. И. Дьяченко // *Химия древесины*.— 1991.— № 5.— С. 16—25. [3]. Отбелка рафинерной массы деаэрированным водным раствором дитионита натрия / Т. А. Туманова, А. Р. Габриелян, Ю. И. Дьяченко, В. А. Часовенная // *Лесн. журн.*— № 5.— 1991.— С. 90—96.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Пен Р. З. Статистические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажного производства.— Красноярск: Изд-во Красноярск. ун-та, 1982.— 192 с. [5]. Программное обеспечение ЭВМ / Ин-т математики АН БССР.— Минск, 1983.— Вып. 44, ч. 1.— 148 с. [6]. Garner A. Sources of thiosulfate in paper-machine white water. Part II. Thiosulfate formation during sodium hydrosulphite brightening // *J. Pulp and Paper Science*.— 1984.— Vol. 10, N 3.— P. 51—57. [7]. TAPPI Monograph Series. No. 27. The bleaching of pulp. 2nd ed. / Edited by W. H. Rapson.— New York: Tech. Assoc. of the Pulp and Paper Ind., 1963.— 416 P.

Поступила 17 декабря 1991 г.

УДК 541.183: 628.515

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ СОРБЕНТОВ СТИРОЛА И АЦЕТОНА

Л. И. БЕЛЬЧИНСКАЯ, В. В. САУШКИН, Б. Ф. МАЛИКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Одной из насущных проблем многих отраслей промышленности, в том числе мебельной, является поиск эффективных способов удаления из воздушной среды производственных помещений при работе с полиэфирными лаками ацетона и стирола, показатели ПДК на которых составляют соответственно 200 и 5 мг/м³.

Ранее нами [1, 2] предложено введение глинистых сорбентов, искусственного кремнезема и его модификации в полиэфирный лак ПЭ-265 для снижения выделения из него летучих компонентов (стирол, ацетон).

Цель данной работы — изучить адсорбцию — десорбцию индивидуальных летучих компонентов лака ПЭ-265 на шести природных сорбентах: бентоните, каолините, палыгорските, монтмориллоните Успенского и Воронежского месторождений (со слоистой и слоисто-ленточной структурой), клиноптилолите (с жесткой каркасной структурой), а также на двух синтетических сорбентах, аэросиле (искусственном кремнеземе) и бутосиле (его модификации).

Методом классической гравиметрии при температуре 298 К определены изотермы адсорбции — десорбции ацетона и стирола. Во всей области исследованных давлений паров адсорбата (до $P/P_s \sim 0,8$; P — давление газовой фазы адсорбата над адсорбентом; P_s — давление насыщенных паров адсорбата при данной температуре) изотермы адсорбции и десорбции ацетона на каолините, аэросиле, бутосиле и стирола на бентоните, аэросиле и бутосиле совпадают. На рис. 1, а в качестве примера показан график зависимости $a = f(P/P_s)$ для ацетона на аэросиле (a — отношение количества адсорбата на адсорбенте к массе адсорбента).

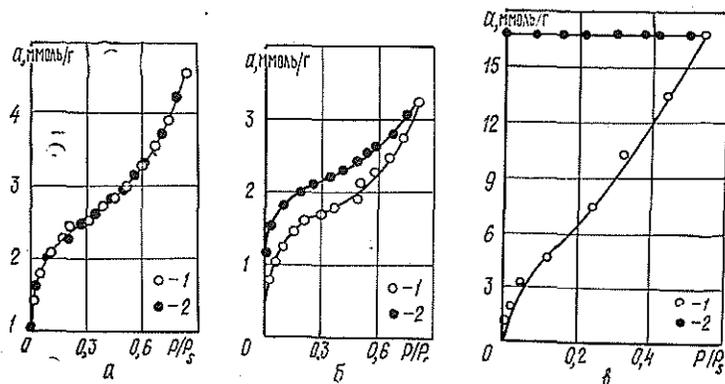


Рис. 1. Изотермы адсорбции — десорбции ацетона на аэросиле (а) и палыгорските (б), стирола на палыгорските (в): 1 — адсорбция; 2 — десорбция

Для остальных изученных систем десорбционная ветвь изотермы располагается значительно выше адсорбционной. Подтверждением этого может служить график, представленный на рис. 1, б.

Весьма своеобразен вид изотерм стирола на каолините, клиноптилолите, монтмориллоните и палыгорските. У данных адсорбционных систем наблюдается большая площадь петли адсорбционного гистерезиса. На рис. 1, в в качестве наиболее характерного примера показана изотерма адсорбции — десорбции стирола на палыгорските.

Все изученные системы характеризуются определенной необратимостью сорбции: после полного удаления газовой фазы на адсорбенте остается некоторое количество адсорбата a_n . В расчете на 1 г адсорбента эта величина для ацетона лежит в пределах от 0,177 ммоль (каолинит) до 1,185 ммоль (палыгорскит). Наибольшее количество недесорбированного ацетона отмечено для палыгорскита, монтмориллолитов и аэросила (см. табл.).

Разделив a_n на максимально достигнутую в эксперименте величину адсорбции, получаем долю адсорбата, необратимо связываемого адсор-

Характеристика адсорбции — десорбции ацетона (числитель)
и стирола (знаменатель) на природных и искусственных сорбентах

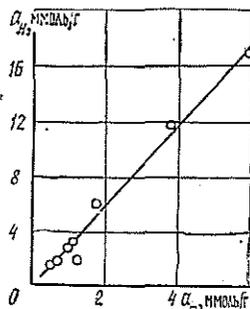
Показатель	Каолинит	Бенгонит	Пальгорскит	Клиноптилолит	Монтмориллонит		Аэросил	Бутосил	Исходный лак
					Успенское месторождение	Ворожское месторождение			
Максимальная адсорбция, ммоль/г	$\frac{0,520}{1,780}$	$\frac{2,737}{0,410}$	$\frac{3,266}{16,858}$	$\frac{1,386}{1,995}$	$\frac{2,330}{11,391}$	$\frac{2,338}{5,012}$	$\frac{4,562}{1,470}$	$\frac{1,534}{0,520}$	—
Необратимость сорбции, ммоль/г	$\frac{0,177}{1,636}$	$\frac{0,472}{0,150}$	$\frac{1,185}{16,810}$	$\frac{0,650}{1,731}$	$\frac{0,884}{11,250}$	$\frac{0,994}{4,980}$	$\frac{0,994}{0,426}$	$\frac{0,383}{0,213}$	—
Доля необратимости	$\frac{0,340}{0,916}$	$\frac{0,172}{0,866}$	$\frac{0,367}{0,997}$	$\frac{0,486}{0,810}$	$\frac{0,379}{0,988}$	$\frac{0,425}{0,994}$	$\frac{0,219}{0,290}$	$\frac{0,250}{0,410}$	—
Емкость БЭТ-моноослой, ммоль/г	$\frac{0,23}{0,85}$	$\frac{1,03}{0,21}$	$\frac{1,30}{8,30}$	$\frac{0,60}{0,98}$	$\frac{1,16}{5,70}$	$\frac{1,32}{2,32}$	$\frac{1,96}{1,01}$	$\frac{0,59}{0,31}$	—
Массовая доля сухого остатка, %	—	—	98,2	97,2	—	95,2	99,6	96,4	92,0
Процент летучих компонентов: в лаке	—	—	4,5	3,9	—	2,7	12,1	3,2	14
в адсорбционной фазе	—	—	28	24	—	17	76	20	—

бентом γ_n (долю необратимости). Максимальные значения γ_n наблюдаются для ацетона на клиноптилолите, монтмориллоните и пальгорските, а для стирола — на каолините, пальгорските, клиноптилолите и монтмориллонитах.

По адсорбционной ветви изотерм рассчитаны емкости БЭТ-моноослой a_m . Отчетливая и устойчивая пропорциональность величин a_m и a_n указывает на поверхностный характер хемосорбции ацетона и стирола (рис. 2) на исследованных адсорбентах.

Установлено [4], что на поверхности изученных природных наполнителей имеются активные центры в виде валентноненасыщенных ионов

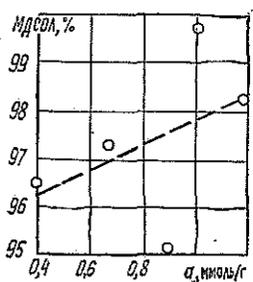
Рис. 2. Зависимость необратимости сорбции α_n стирола от емкости его БЭТ-монослоя a_m



алюминия. Согласно полученным изотермам адсорбции — десорбции стирола на палыгорските, наиболее значительное химическое поверхностное взаимодействие происходит, по-видимому, между ионами алюминия и винильной группировкой стирола по карбоний-ионному механизму. Учитывая особенности исследованных систем, можно предположить, что происходит полимеризация стирола в процессе конденсации, о чем свидетельствует образование черного маслянистого продукта на поверхности палыгорскита.

Имеется определенное соответствие между значениями, рассчитанными по изотермам адсорбции, и величинами массовой доли сухого остатка лака (МДСОЛ), найденными нами ранее [1, 2] для природных и искусственных сорбентов по методике [3]. МДСОЛ увеличивалась с 92,0 % (исходный лак) до 98,3 % (лак с палыгорскитом) и 99,6 % (лак с аэросилом). Как и следовало ожидать, между МДСОЛ и α_n существует корреляционная зависимость (рис. 3), указывающая на то, что процессы сорбции в модельных и реальных условиях аналогичны.

Рис. 3. Зависимость массовой доли сухого остатка лака от необратимости сорбции стирола



Методом газожидкостной хроматографии проанализирован состав газовой фазы над лаком с наполнителем и без него (Оптимальное количество наполнителя составило 2 % от массы исходного лака [1]). Условия эксперимента были максимально приближены к реальным. Свежеприготовленную композицию определенного объема наносили на деревянную подложку заданной площади и помещали в эксикатор. После часовой выдержки воздух из эксикатора прокачивали через поглотитель (гексан), который в дальнейшем хроматографировали. Как показали результаты анализа, добавка аэросила в количестве 2 % от массы лака снизила содержание как стирола, так и ацетона в воздухе на 70, а бутилацетата на 50 % по сравнению с исходным лаком.

Весьма важным в технологическом плане оказалось отсутствие влияния наполнителей на твердость покрытия. Как показали испытания, проведенные на маятниковом приборе, твердость высушенного

исходного лака по сравнению с лаком, содержащим наполнители, изменилась от 0,42 до 0,46.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что наилучшими наполнителями лака, химически связывающими ацетон и стирол, являются монтмориллонит и палыгорскит, которые имеют значительную необратимость сорбции как в абсолютном, так и в относительном выражениях. Необратимость искусственных сорбентов значительно ниже природных, хотя максимальная сорбция ацетона выше на аэросиле, чем на глинистых минералах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бельчинская Л. И., Краснобаярова Л. В., Мезенцева В. Т. Избирательность адсорбции летучих компонентов полиэфирного лака глинистыми сорбентами // Лесн. журн.— 1989.— № 3.— С. 88—90.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Бельчинская Л. И., Краснобаярова Л. В., Мезенцева В. Т., Маликов В. Ф. Об эффекте введения в полиэфирный лак искусственных сорбентов // Лесн. журн.— 1989.— № 4.— С. 84—87.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. ГОСТ 17537—72 (СТ СЭВ 3388—81). Материалы лакокрасочные. Методы определения массовой доли летучих и нелетучих.— Введ. 01.01.73. [4]. Тарасевич Ю. И. Строение и химия поверхности слоистых силикатов.— Киев: Наук. думка, 1988.— С. 99.

Поступила 11 июля 1991 г.

УДК 630*813

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОРБЕНТОВ НА ПРОЦЕСС ДЕЛИГНИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ ОРГАНОСОЛЬВЕНТНЫМ МЕТОДОМ

А. А. КОМИССАРЕНКОВ, Р. Г. АЛИЕВ, А. В. БУРОВ,
В. В. ШАРКОВ, Л. Б. ЛУФЕРОВА

Технологический институт ЦБП (г. Санкт-Петербург)

При органосольвентной делигнификации древесины выделяющийся в варочный раствор лигнина претерпевает ряд изменений, связанных с его попеременной деструкцией и конденсацией. На конечных стадиях процесса варочный раствор насыщается растворенным лигнином, что резко замедляет и, в конечном итоге, приостанавливает выделение его из древесины, при этом часть растворенного лигнина осаждается на целлюлозу. Можно ожидать, что при введении в систему активного сорбента, устойчивого к высоким температурам варки, некоторое количество лигнина будет сорбироваться на его развитой поверхности. Дополнительное выведение из раствора определенной части лигнина, соответствующее сорбционной емкости сорбента, способствует поддержанию сниженной концентрации его в растворе в течение всего технологического процесса, что может привести к увеличению скорости делигнификации и снижению остаточного лигнина в целлюлозе и на ее поверхности за счет конденсации лигнина.

В настоящей работе изучалось влияние различных образцов неорганических сорбентов на процесс делигнификации водно-этанольными растворами.

Известно [3], что высокое содержание этанола (40...60 % от объема) в водно-этанольной смеси для делигнификации древесины повышает давление в варочных котлах до 1,2...2,0 МПа, приводит к дополнительным затратам, связанным с регенерацией варочного раствора. Однако при уменьшении его содержания до 20 % от объема резко снижается эффективность делигнификации. Применение добавок неор-

ганической природы может позволить при низком содержании этанола в системе сохранить высокую эффективность делигнификации.

Варку древесины осины проводили в автоклавах из нержавеющей стали при гидромодуле 5, температуре 180 °С, продолжительности 3 ч в водно-этанольном растворе с содержанием этанола 20 % от объема.

В качестве добавок использовали неорганические сорбенты на основе гидроксидов кремния, олова, титана, алюминия, сурьмы и их солевые формы (Ca^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{3+} , Mn^{4+}). Содержание ионов металлов в составе твердой фазы соответствовало полному замещению функциональных групп поверхности сорбентов и не превышало 2 мг-экв./г сорбента. Величина добавок во всех случаях оставалась постоянной, равной 20 % от массы абс. сухой древесины.

Применение в качестве добавок в процессе органосольвентной варки совместно осажденных гидроксидов олова (IV) и титана (IV), а также сурьмы (IV) и титана (IV) (выбор обусловлен высокой удельной поверхностью образцов) показало, что эти гидроксиды оказывают заметное влияние на процесс делигнификации древесины в данных условиях варки (табл. 1).

Таблица 1

Влияние совместно осажденных гидроксидов металлов на показатели качества полуфабриката

Мольное отношение компонентов сорбента			Удельная поверхность сорбента, м ² /г	Выход полуфабриката, %	Содержание остаточного лигнина, %	Степень полимеризации
TiO ₂	SnO ₂	Sb ₂ O ₅				
1	10	—	160	54,6	11,1	759
1	5	—	210	53,0	7,3	274
1	1	—	275	48,8	7,9	359
1	—	2	140	55,5	12,2	238
1	—	1	150	55,0	11,7	297
1	—	0,2	300	52,0	9,2	390
—	—	—	—	48,4	5,9	210

Гетерогенные добавки, как следует из табл. 1, снижают процесс деградации углеводной части древесины, но при этом содержание остаточного лигнина в полуфабрикате выше, чем в контрольном опыте (без добавки сорбента). Наблюдается тенденция снижения содержания остаточного лигнина и выхода полуфабриката при уменьшении содержания гидроксида олова (IV) и сурьмы (V) в составе гетерооксидного сорбента, что коррелируется с изменением их кислотно-основных свойств.

Известно [4], что ионообменное замещение функциональных групп силикагеля ионами металлов приводит к снижению льюисовской кислотности в соответствии с рядом: $\text{Zn}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Cd}^{2+}$, Ni^{2+} , $\text{Co}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$.

Для проверки влияния кислотно-основных характеристик поверхности сорбентов изучали воздействие на процесс делигнификации катион-модифицированных сорбентов, полученных на основе силикагеля КСК-20 и γ -оксида алюминия А-1 ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) с удельной поверхностью соответственно 300 и 200 м²/г (табл. 2).

Данные табл. 2 показывают, что все исследованные сорбенты стабилизируют процесс делигнификации при низком содержании этанола, но, в ряде случаев, при высокой льюисовской кислотности поверхности

Таблица 2

Влияние модифицированных сорбентов на показатели качества полуфабриката

Ион-модификатор	Выход полуфабриката, %	Содержание остаточного лигнина, %	Степень полимеризации
—	54,6/52,0	10,5/3,4	345/140
Zn ²⁺	—/53,0	—/4,0	—/270
Pb ²⁺	49,0/49,0	6,4/2,7	210/140
Cu ²⁺	46,4/48,0	5,3/3,5	180/345
Cd ²⁺	50,6/52,0	6,4/4,2	230/140
Ni ²⁺	51,4/—	7,6/—	300/—
Co ²⁺	50,0/—	5,6/—	335/—
Ca ²⁺	49,6/—	11,7/—	240/—
Mg ²⁺	—/54,0	—/3,1	—/355
Fe ³⁺	—/48,3	—/3,2	—/290
Cr ³⁺	—/52,0	—/5,3	—/380

Примечание. В числителе — данные для сорбента на основе силикагеля КСК-20; в знаменателе — для γ -Al₂O₃.

сорбентов наблюдается деструкция макромолекул целлюлозы до степени полимеризации 140... 270.

Сравнение показателей процесса в целом не позволяет однозначно определять воздействие отдельного иона на качество волокнистого полуфабриката, но наряду с этим прослеживается влияние основы сорбента. Так, например, для силикагеля и оксида алюминия, обладающих разными кислотно-основными характеристиками [2], показатели качества полуфабрикатов различны, но для их металл-производных, присутствовавших в варочном процессе, эти показатели качества в значительной степени нивелируются.

Влияние основы сорбента на весь процесс делигнификации может быть менее заметно, если степень экранирования данной основы будет высокой. С этой целью металл-модифицированные образцы сорбентов на основе силикагеля, γ -оксида алюминия и гидроксида титана (IV) (ксерогеля) дополнительно модифицировали различными ионами, дающими малорастворимые поверхностные соединения (хроматы, ферриты, сульфиды). Такие бинарные поверхностные композиции дополнительно

Таблица 3

Влияние экранирования модифицированных сорбентов на показатели качества полуфабриката

Основа сорбента	Ионы		Выход полуфабриката, %	Содержание остаточного лигнина, %	Степень полимеризации
	модифицирующие	экранирующие			
Силикагель SiO ₂	Pb ²⁺	CrO ₄ ²⁻	52	7,4	310
	Cu ²⁺	CrO ₄ ²⁻	53	9,4	595
	Fe ³⁺	Cu ²⁺	49	7,4	345
γ -оксид Al ₂ O ₃	Pb ²⁺	CrO ₄ ²⁻	54	8,5	390
	Cd ²⁺	S ²⁻	53	5,1	390
Ксерогель TiO ₂	Mn (IV)	Pb ²⁺	53	8,9	400

обладают окислительно-восстановительными свойствами, т. е. могут рассматриваться как редокситы.

Результаты табл. 3 свидетельствуют о том, что полуфабрикаты, полученные в процессе органосольвентной варки в присутствии сорбентов на основе силикагеля, титаногеля и γ -оксида алюминия, экранированных малорастворимыми поверхностными соединениями, близки по своим характеристикам. Резкого влияния поверхности сорбентов с окислительной (хромат свинца) или восстановительной (сульфид кадмия) функцией на показатели процесса делигнификации не обнаружено.

Сравнение данных делигнификации древесины с низким содержанием этанола в присутствии неорганических сорбентов различной природы показывает, что наиболее перспективным, с технологической точки зрения, является обладающий высокой льюисовской кислотностью сорбент на основе γ - Al_2O_3 , так как налажен его промышленный выпуск и он не требует дополнительного модифицирования. При увеличении содержания γ - Al_2O_3 в варочной системе от 5 до 65 % от массы абс. сухой древесной щепы наблюдается стабилизация основных показателей полуфабриката, но ожидаемого монотонного улучшения их не происходит (табл. 4).

Таблица 4

Влияние добавок γ - Al_2O_3
на показатели качества полуфабриката

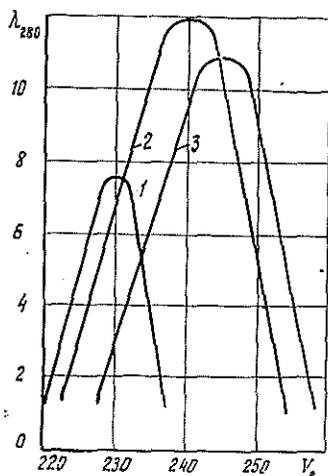
Добавка γ - Al_2O_3 , % от абс. сухой древесины	Выход, полу- фаб- ри- ката, %	Остаточ- ный лигнин, %	Степень полиме- ризации
5	58	11,1	230
10	56	9,5	370
20 при крат- ности обработки:			
1	57	8,0	470
2	55	9,3	360
3	53	9,4	325
40	54	8,5	380
65	56	8,9	325

Отсутствие сильного влияния суммарной поверхности γ - Al_2O_3 на процесс получения полуфабриката говорит о том, что поглощение лигнина идет не только за счет кислотно-основных характеристик поверхности, но и, вероятно, связано с растворимостью оксида алюминия, наиболее высокой из всех рассматриваемых гидроксидов [1]. Двух- и трехкратное использование одной и той же навески γ - Al_2O_3 (без регенерации) в количестве 20 % от массы абс. сухой древесины мало изменяет показатели качества полуфабриката, что можно считать косвенным доказательством влияния растворимости сорбента на процесс делигнификации древесины, так как процессы в твердой фазе сорбента до и после поглощения лигнина резко не различаются.

Подтверждением специфического воздействия лигнина с сорбентом на основе γ - Al_2O_3 являются характеристики лигнина с поверхности сорбента и из варочных растворов, содержащих 20 % от объема этанола (см. рисунок).

Хроматограммы лигнинов снимали на приборе «Милихром» со спектрофотометрическим детектором при $\lambda = 280$ нм. В качестве элюента использовали диметилформамид с добавками LiBr и H_3PO_4 .

Судя по абсолютным объемам удерживания V_R , на поверхности γ - Al_2O_3 накапливается лигнин меньшей молекулярной массы, чем лигнин варочных растворов. При этом молекулярная масса лигнина



Хроматограммы лигнина, выделенного с поверхности $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (кривая 1) и из варочного раствора с добавкой (кривая 2) и без добавки (кривая 3) $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$

в варочном растворе уменьшается по сравнению с раствором без сорбента. Снижение эффекта конденсации лигнина в присутствии гетерогенной добавки $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ может быть связано с образованием в растворе соответствующих солей алюминия с лигнином.

Таким образом, использование неорганических сорбентов в качестве добавок при делигнификации древесины органосольвентным методом позволяет снизить физические параметры процесса за счет уменьшения концентрации органического растворителя при одновременном повышении качества волокнистого полуфабриката, что связано со снижением конденсации лигнина.

Эффективность применения сорбентов, вероятно, обусловлен катион-анионными взаимодействиями на поверхности сорбента с участием в реакции растворенных форм сорбента и лигнина, которые способны образовывать малорастворимые поверхностные комплексы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Кольтгоф И. М., Стенгер В. А. Объемный анализ. Т. 1. Теоретическая часть.— М.; Л.: Госхимиздат, 1950.— 444 с. [2]. Танабе К. Твердые кислоты и основания.— М.: Мир, 1973.— 183 с. [3]. Organocell cooking the Books / Williams Ward // Paper.— 1989.— 211, N 11.— P. 34—37. [4]. Taniguchi Katsuo, Nakajima Mamoru, Yoshida Satohiro Tagama Kimo // Bull. Jap. Petrol. Inst.— 1971.— 13, N 2.— P. 196—200.

Поступила 4 декабря 1991 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 338.244.018 : 630*3

СУДЬБЫ ХОЗРАСЧЕТА*

Е. С. РОМАНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Нередко возникающие ныне вопросы, исчерпал ли себя хозрасчет, как он может трансформироваться при переходе к рыночной экономике, сложны и объемны. В данной статье пойдет речь о хозрасчете в основном лишь как о понятии, термине и его признаках-принципах.

В августе 1991 г. архангельский концерн Северолес отметил 70-летие подписанного В. И. Лениным постановления об образовании одноименного хозрасчетного треста. Говоря о хозрасчете, Ленин подчеркивал, что тресты должны всецело отвечать за безубыточность своих предприятий.

В самом простом смысле хозрасчетными считаются все государственные предприятия, которые возмещают свои расходы выручкой от реализации продукции и имеют, таким образом, возможность снова и снова осуществлять свою производственную деятельность. Противоположностью хозрасчету является госбюджетная деятельность. Она применяется там, где невозможно выразить результаты в денежной форме, нет выручки и источником средств для продолжения деятельности служит государственный или местный бюджет. Типично в этом отношении государственное лесное хозяйство в нашей стране. Не имея возможности реализовать, «продать» кому-либо главные плоды своего текущего (например ежегодного) труда, оно по существу обречено быть госбюджетным (по основной деятельности), несмотря на всяческие ухищрения. Включение расходов лесного хозяйства в себестоимость лесозаготовок, а затем и в цену кубометра оказывалось не в ладах с «общественно необходимыми затратами». Госбюджетными являются и те структуры, которые могли бы в принципе окупить себя, но в действительности, из-за малой выручки, вынуждены постоянно обращаться за средствами к бюджету: театры, кино, филармония, музеи и т. п. Есть и такая категория хозрасчетных предприятий, которые постоянно убыточны и не могут существовать без поддержки извне. Это многие совхозы и, к сожалению, леспромхозы. Как планомерно-убыточные они, по существу, не являются хозрасчетными (вспомним ленинское о безубыточности), но не являются и госбюджетными, поскольку получают дотации не из бюджета прямо, а путем перераспределения прибыли своих трестов, концернов, агропромов. В обстановке резкого повышения самостоятельности предприятий такое перераспределение становится не только нежелательным, но и нетерпимым.

Наличие большого числа убыточных предприятий, существование госдотаций как нормы, почти полный контроль государства над капиталовложениями, жесткое плановое распределение в сфере реализации и в снабжении — все это делало хозрасчет условным, заметно стирало грани между хозрасчетным и госбюджетным секторами. Неслучайно в 1987 г. по стране прокатилась шумная кампания по «переходу на

* В порядке постановки вопроса.

хозрасчет». О переходе говорили даже самые высокие наши руководители вплоть до главы правительства и генсека. Между тем никакого перехода не было: кто был на бюджете, тот и остался. Просто с появлением Закона о предприятии многие вдруг «уяснили», что они работают на хозрасчете.

Впрочем изменения все же были: пополнился состав принципов хозрасчета. До этого разные авторы называли до восьми принципов, причем одновременно никто не называл более пяти, но состав этих пяти мог быть разным. Чаще других приводили следующие принципы: 1) обособление ресурсов, 2) самоокупаемость и рентабельность, 3) самостоятельность, 4) экономическое стимулирование, 5) материальная ответственность. Иногда к ним присоединяли контроль рублем или «денежный контроль за деятельностью предприятий»; рентабельность отделяли от самоокупаемости; часто игнорировали «обособление». Многие авторы не придавали значения порядку перечисления принципов.

Все это не украшает нашу экономическую науку, не сумевшую сформулировать стройную, всесторонне обоснованную систему принципов для одного из своих главных детищ. В самом деле, что такое самоокупаемость без рентабельности? Это значит, что нет прибавочного продукта либо извращено ценообразование. Самоокупаемость и ее синоним безубыточность означают лишь, что нет ни убытка, ни прибыли, что сведены концы с концами, выручка только-только покрыла расходы. Это совершенно ненормальная ситуация, тем более что, как теперь выясняется, в среднем у нас прибавочный продукт даже больше необходимого. Поэтому неправильно называть самоокупаемость одну, без рентабельности, или то и другое, но по отдельности.

Нельзя, как это сделано в учебнике экономики промышленности МГУ, ставить принцип самостоятельности впереди самоокупаемости: ведь именно самоокупаемость делает хозрасчетное предприятие экономически самостоятельным.

Критику принципов хозрасчета можно было бы продолжить, но в этом нет большого смысла. Как уже было замечено, в 1987 г. к ним добавился еще один — самофинансирование, а сам хозрасчет стали называть полным. Термин «полный хозрасчет» был известен по меньшей мере лет 15 до этого, но не имел широкой огласки. Тем не менее расширение границ хозрасчета, несомненно, стало серьезным достижением. Хотя, справедливости ради, отметим, что в действительности самофинансирование не получило большого размаха: не столь высока была рентабельность, амортизацию продолжали изымать, перераспределять; денежные средства, если они и были, не обеспечивались полностью материальными ресурсами.

Появление принципа самофинансирования создавало предпосылки для того, чтобы раздвинуть границы самостоятельности хозрасчетных предприятий. Происходившие одновременно с этим демократические перемены в обществе позволяли говорить о перерастании принципа самостоятельности (хозяйственно-оперативной, как ее обычно называли) в принцип самоуправления. Не лишено смысла и разграничение двух понятий в одном принципе самостоятельности и самоуправления.

Но и с учетом новых формулировок и расширением круга принципов, заключается ли в них вся суть хозрасчета? Нет. Более того, эти принципы не выражают самого главного; ведь даже при соблюдении всех принципов предприятие не является хозяином.

В течение первых трех лет перестройки нарастала тема «чувства хозяина». Имелось в виду развить это чувство у каждого работника и всего коллектива предприятия, остающегося государственным.

Хозяевами чего они должны быть? Прежде всего произведенной продукции как результата своего труда. Поэтому первым направлением

стала борьба с жестким директивным планированием объемов производства, номенклатуры продукции. Появилось понятие госзаказа, вуалировавшее этот централизм. Шла борьба за снижение доли госзаказа. В 1991 г. его собирались установить на уровне 35...40 % всего объема. Остальную часть продукции предполагалось производить по усмотрению предприятия и продавать по договорным ценам. «Хозяин» часто производил и продавал не то, что требовалось народу, а то, что было выгодно ему, но известно, что диалектически это ведет-таки к постепенному улучшению на потребительском рынке.

Очевидно, что расширение для одного предприятия возможности продать означает для другого расширение возможности купить. Но в централизованной экономике, где все распределяется, а не просто покупается, не так-то просто найти нужный товар. К тому же социалистическое государство, ослабив госзаказ, в той же пропорции сократило и гарантии материально-технического снабжения изготовителя. В итоге расширение самостоятельности хозрасчетных предприятий в вопросах номенклатуры и объемов выпуска продукции не очень-то продвинуло их в обретении чувства хозяина.

Другой особенностью наших хозрасчетных предприятий было их функционирование в условиях государственного ценообразования. Это обстоятельство заслуживало того, чтобы быть отмеченным в числе принципов хозрасчета. Однако откровенно «антихозяйский», связывающий производителя характер госценообразования не позволял ему встать в ряд принципов вместе с самоокупаемостью, самостоятельностью. При таком ценообразовании странно выглядели споры о том, является ли социалистическое предприятие самостоятельным товаро-производителем.

Позволение применять договорные цены довольно быстро переросло в стихийную либерализацию цен, начавшуюся задолго до 2 января 1992 г. Означает ли это, что государственный товаропроизводитель стал, наконец, свободным и хозрасчет исчерпал себя? Нет и нет. Можно лишь сказать, что прежде среди признаков хозрасчета не доставало принципа государственного (или преимущественно государственного) ценообразования, которые теперь можно бы сменить на нечто вроде «принципа сочетания государственного регулируемого ценообразования со свободным».

Но главный признак хозрасчета состоит в контроле сверху за средствами для оплаты труда. Фонд заработной платы, фонд материального поощрения, фонд оплаты труда, единый фонд оплаты труда, расходы на оплату труда, средства, направляемые на потребление,— все эти формы десятилетиями служили тому, чтобы коллектив предприятия не мог быть полным хозяином самого главного — средств для оплаты своего труда! Именно в этом состоит родовая, отличительный признак хозрасчета. И пока сохраняется контроль государства за этими средствами (в виде ли нормативов, налогообложения или прямого контроля банков), до тех пор нельзя говорить, что хозрасчет ушел в историю.

Несмотря на приватизацию, государственная собственность надолго сохранится в нашей стране. Но можно ли по-прежнему называть государственные предприятия хозрасчетными, будет зависеть от того, сохранится ли в них контроль извне за средствами для оплаты труда. Нынешнее полное снятие ограничений вынужденно: оно призвано смягчить социальную напряженность в кризисной экономической обстановке, особенно после либерализации цен. И только если с улучшением ситуации не произойдет отката и вертикальные структуры, стоящие над предприятием, не возьмут снова в свои руки контроль за оплатой труда, будет возможно (и нужно) искать новый термин вместо хозрасчета.

Это, конечно, «не коммерческий расчет», как иногда предлагают ныне (и вообще не обязательно слово «расчет»). Это не может быть и «самостоятельное госпредприятие», ибо госбюджетные структуры тоже должны быть достаточно самостоятельными. В новом термине надо подчеркнуть отличие от госбюджетной (иждивенческой) формы: например, государственное самофинансирующееся предприятие, госсамфин-предприятие (сокращение, подобное хозрасчету от хозяйственного расчета), ГСФ-предприятие... Наука, а может быть, более активная ныне практика, несомненно, найдут новый, хороший, полноценный термин.

Поступила 27 января 1992 г.

УДК 630*7.001.57

МАКРОМОДЕЛИРОВАНИЕ СЕГМЕНТОВ РЫНКА ЛЕСНЫХ ПРОДУКТОВ И УСЛУГ

Н. И. КОЖУХОВ, А. Х. ЧОЧАЕВ

Московский лесотехнический институт

Задача определения наиболее эффективной стратегии освоения ресурсов леса в регионе приводит к поиску их оптимального вовлечения в хозяйственный оборот путем сравнения альтернатив по ряду показателей. При этом, очевидно, такие показатели будут иметь разную экономическую природу, диапазон и единицы измерения, различные направления оптимума (max, min) и обладать свойством противоречивости, когда улучшение одних показателей неизбежно ведет к ухудшению других. Данная ситуация соответствует типичному случаю принятия решений в условиях многокритериальности.

Эта проблема достаточно хорошо исследована в экономико-математической литературе. Рассмотрим ее некоторые аспекты применительно к поиску наиболее эффективной стратегии освоения рынка продуктов и услуг леса. Сегменты рынка приведены в таблице.

Сегмент рынка	Частные показатели эффективности
Древесная продукция	Объемы производства продуктов в натуральном выражении Совокупные затраты (себестоимость) Продуктивность использования лесфонда (лесопокрытой площади)
Недревесные продукты леса	Объемы производства продуктов в натуральном выражении Себестоимость Объем производства в стоимостном выражении Прибыль Продуктивность лесфонда
Защитные функции леса	Объем услуг, га Себестоимость услуг
Рекреационное лесопользование	Количество пользующихся услугами по видам (охота, организованный отдых, туризм, экскурсии)

Обозначим через $X = \{x\}$ множество стратегий или альтернатив в задаче принятия решений, через $Y = \{y_{ij}(x)\}$ — множество или пространство эффективности альтернатив, элементы которого $Y_{ij}(x)$ есть частные показатели эффективности для альтернативы в освоении i -го сегмента рынка ($i = 1, 2, \dots, n$; в нашем случае $n = 4$) по показателю $j = 1, 2, \dots, m_i$, т. е. допускается оценка эффективности освоения i -го сегмента рынка продуктов и услуг леса по группе показателей.

В классе рассматриваемых задач $X = X_1 \cup X_2$, причем $X_1 \cap X_2 = \emptyset$. Здесь $X_1 \subset X$ — область согласия, в которой альтернативы из Y могут быть улучшены по всем элементам $Y_{ij} (X) \in Y$ одновременно. Данная область не представляет интереса для последующего анализа. Вторая компонента $X_2 \subset X$ есть область компромиссов или область Парето-оптимальных решений, в которой улучшение (в смысле движения к \max или \min) одних показателей $Y_{ij}(x) \in Y$ неизбежно приводит к ухудшению других, т. е. в области альтернатив X отсутствует строгий оптимум и речь может идти только о поиске наилучшего компромиссного решения.

Независимость сегментов рынка лесных продуктов и услуг позволяет принять вполне нестрогое и не ограничивающее общности предположение: из двух альтернатив $X_1 \in X$ и $X_2 \in X$, отличающихся только одним показателем Y^* (при прочих равных) лучше та, у которой значение этого показателя больше (для направления оптимума на \max) или меньше (на \min).

В теории многокритериальных систем выполнение такого предположения трактуется как независимость альтернатив по полезности, что позволяет перейти от их сравнения по отношению «лучше — хуже» к количественному сравнению «больше — меньше» в пространстве эффективности Y .

Один из путей перехода от качественного анализа к количественному основан на теории полезности. Вводится количественный показатель обобщенной эффективности или глобальная функция полезности альтернатив $U(x)$. Из двух альтернатив $X_1 \in X$ и $X_2 \in X$ лучше та, у которой значение $U(x)$ больше.

В принятом предположении независимости альтернатив по полезности обобщенная полезность может быть представлена в аддитивной форме

$$U(x) = \sum_{i=1}^n a_i U_i(x), \quad (1)$$

где $U_i(x)$ — обобщенная эффективность освоения i -го сегмента рынка, определяемая через образующие пространство эффективности Y показатели также в аддитивной форме,

$$U_i(x) = \sum_{j=1}^{m_i} b_{ij} U[Y_{ij}(x)]. \quad (2)$$

Здесь $U[Y_{ij}(x)]$ — частные функции полезности показателей $Y_{ij} \in Y$;

a_i — коэффициенты относительной важности (веса) сегментов рынка;

b_{ij} — частные показатели эффективности j в сегменте рынка i .

Веса a_i и b_{ij} задают приоритет по вовлечению предприятиями производителями продуктов и услуг леса своих ресурсов (лесных, производственных, финансовых, трудовых) в хозяйственный оборот в условиях их ограниченности. Веса должны удовлетворять условиям

$$a_i \in \left\{ a_i/a_i \geq 0, \quad i = \overline{1, n}; \quad \sum_{i=1}^n a_i = 1 \right\};$$

$$b_{ij} \in \left\{ b_{ij}/b_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, m_i}; \quad \sum_{i=1}^{m_i} b_{ij} = 1 \right\}$$

и могут определяться экспертно или задаваться нормативно.

Перейдем к формированию частных функций полезности показателей $U[Y_{ij}(x)]$, которые наиболее часто представляются в линейном виде (для простоты опустим индекс сегмента рынка, так как это не нарушит общности выводов):

$$U[Y_i(x)] = P_j Y_j(x) + q_j. \quad (3)$$

Параметры P_j и q_j можно найти, используя структуру предпочтений на множестве Y , из системы уравнений

$$\begin{cases} P_j Y_{j \max} + q_j = U_{j \max}; \\ P_j Y_{j \min} + q_j = U_{j \min}. \end{cases} \quad (4)$$

Здесь $Y_{j \max}$, $Y_{j \min}$ — наибольшее и наименьшее значения частного показателя эффективности Y_j в пространстве решений X ;

$U_{j \max}$, $U_{j \min}$ — соответствующие значения функций полезности показателя Y_j .

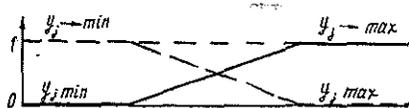
Предположим, что показатель Y_j имеет направление оптимума на \max . Логично принять $U_{j \max} = 1$ и $U_{j \min} = 0$.

Для направления оптимума $Y_j \rightarrow \min$ примем $U_{j \max} = 0$ и $U_{j \min} = 1$. Решив систему (4) применительно к обоим случаям, получим общее выражение для частных функций полезности:

$$U[Y_j(x)] = \begin{cases} \frac{Y_j(x) - Y_{j \min}}{Y_{j \max} - Y_{j \min}}, & Y_j \rightarrow \max; \\ \frac{Y_{j \max} - Y_j(x)}{Y_{j \max} - Y_{j \min}}, & Y_j \rightarrow \min, \end{cases} \quad (5)$$

где $Y_j(x)$ — текущее значение частного показателя эффективности Y_j для альтернатив $x \in X$.

Графики функций представлены на рисунке.



Функции полезности (5) обладают важными свойствами.

1. Функции $U[Y_i(x)]$ — безразмерные величины, имеющие одинаковый диапазон изменения $0 \leq U[Y_i(x)] \leq 1$, т. е. решается проблема сопоставления различных технико-экономических показателей, которые могут измеряться в гектарах, кубометрах, процентах, тысячах рублей и т. д. (доли, целые, десятки, сотни единиц и т. д.) в едином безразмерном приведенном отрезке $[0, 1]$, что имеет решающее значение для сопоставления показателей эффективности освоения сегментов рынка продуктов и услуг леса.

2. Функции $U[Y_j(x)]$ инвариантны к направлению оптимума (\max , \min) показателей Y_j . Независимо от направления оптимума ($Y_j \rightarrow \max$ или $Y_j \rightarrow \min$) лучшему Y_j соответствует большее значение функции полезности $U[Y_i(x)]$.

Таким образом, основой количественного анализа альтернатив или стратегий освоения сегментированного рынка продуктов и услуг леса будет обобщенная эффективность:

$$U(x) = \sum_{i=1}^n a_i \sum_{j=1}^{m_i} b_{ij} U[Y_{ij}(x)]. \quad (6)$$

Легко видеть, что в силу свойств функций (5) и весов a_i, b_{ij} , обобщенная эффективность имеет областью значений отрезок $[0, 1]$, при этом наилучшей альтернативе $x \in X$ соответствует наибольшее значение $U(x)$.

Кроме того, из принятых предположений и свойств функции (5) следует, что наилучшая в смысле значения $U(x)$ альтернатива X будет принадлежать области компромиссов, т. е. $x \in X_2$. Анализ имеющихся данных учета и отчетности по производству продуктов и услуг леса, с учетом выполненной сегментации рынка, позволяет рассматривать частные показатели эффективности, представленные в таблице.

Поступила 2 августа 1991 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 632.4 : 674.031.632.26

**ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК
НА ЗАРАЖЕННОСТЬ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО
ТРУТОВЫМИ ГРИБАМИ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ**

Б. П. ЧУРАКОВ

Ульяновский филиал МГУ

Взаимоотношения патогенных грибов с древесными растениями в лесных биоценозах осуществляются в часто меняющихся условиях окружающей среды. Среди факторов, заметно влияющих на жизнеспособность деревьев и ход патологического процесса в них, все большее значение приобретают возрастающие рекреационные нагрузки, которые в той или иной степени оказывают воздействие на все элементы лесного биоценоза и в конце концов могут привести к дигрессии насаждений.

В последние годы проведены исследования воздействия рекреационных нагрузок на зараженность сосны обыкновенной некоторыми фитопатогенными грибами [5, 6, 8]. Что касается лиственных древесных пород, то подобные опыты, по-видимому, не проводились.

Нами изучено влияние рекреационных нагрузок на зараженность дуба черешчатого дубовым трутовиком (*Inonotus dryophylus* (Berk.) Murr.) и ложным дубовым трутовиком (*Phellinus robustus* (Karst.) Bourd. et Galz.).

Дубовый трутовик довольно широко распространен во всех типах леса, фаутиность порослевых деревьев дуба от этого гриба очень высокая. Часто можно наблюдать несколько плодовых тел трутовика на одном дереве. Ложный дубовый трутовик поражает дубовые насаждения несколько реже. Высокая зараженность деревьев дуба трутовыми грибами в Среднем Поволжье, по-видимому, связана с общим снижением жизнеспособности порослевых насаждений в результате многократных смен порослевых поколений деревьев и неоднократных воздействий на них суровых зим. О повышенной зараженности ложным дубовым трутовиком дубовых насаждений с пониженной жизнеспособностью сообщает В. Г. Болычевцев [1]. Он отмечает, что деревья, ослабленные резкими перепадами зимних температур и неоднократными повреждениями зеленой дубовой листоверткой, сильнее повреждаются трутовиками по сравнению с деревьями, характеризующимися высокой степенью жизнеспособности.

Исследованы дубовые порослевые насаждения Кузоватовского спецсемлеса Ульяновской области в трех типах леса: дубняках лещинном, травяном и липовом. В связи с тем, что нами решалась довольно узкая проблема и не стояла задача детального изучения степени зараженности деревьев трутовыми грибами, определение уровня зараженности проводили по внешним признакам, в частности, по плодовым телам грибов. Для работы были выбраны участки, которые характеризуют следующие таксационные показатели: состав 7Д2Л1Кл ед. С; класс возраста VI; класс бонитета IV; средние диаметр и высота деревьев соответственно 18 и 15,5 м; полнота в зависимости от стадии рекреационной дигрессии 0,3...0,7; подлесок представлен лещиной

обыкновенной и бересклетом бородавчатым, подрост — порослевым дубом, липой и семенным кленом остролистным.

В каждом типе леса и каждой стадии рекреационной дигрессии закладывали по 6 пробных площадей по 100 деревьев отдельно для дубового и ложного дубового трутовика. Выделение стадий дигрессии проводили в соответствии с общепринятыми методиками [3, 4, 7]: II стадия — слабонарушенные, III — средненарушенные, IV — сильнонарушенные, V — полностью деградированные дубняки. Поскольку в исследованных насаждениях отсутствовали участки, которые в той или иной мере не были бы подвержены антропогенному воздействию, I стадия дигрессии нами не рассматривалась. На каждой пробной площади проводили сплошной пересчет деревьев, подразделяя их на здоровые и пораженные.

Результаты исследований обработаны методом математической статистики с определением среднего арифметического значения \bar{X} , среднеквадратического отклонения S , ошибки среднего арифметического $S_{\bar{X}}$ и достоверности P различий исследуемых показателей между смежными стадиями дигрессии.

В таблице приведены данные о влиянии рекреационных нагрузок на зараженность дуба черешчатого дубовым трутовиком (в числителе) и ложным дубовым трутовиком (в знаменателе).

Стадия рекреационной дигрессии	Зараженность деревьев, %			P
	\bar{X}	S	$S_{\bar{X}}$	

Дубняк лещинный

II	24,6	1,21	0,49	—
	6,7	0,82	0,33	
III	31,4	1,63	0,67	8,2
	8,5	1,05	0,43	3,4
IV	52,7	1,21	0,49	25,6
	11,2	1,17	0,47	4,3
V	61,9	1,13	0,46	13,7
	13,1	1,17	0,47	2,8

Дубняк травяной

II	29,8	1,47	0,60	—
	5,1	0,98	0,40	
III	34,5	1,38	0,56	5,7
	7,1	0,75	0,30	4,0
IV	56,7	1,21	0,49	30,0
	9,8	1,47	0,51	4,6
V	70,9	2,14	0,87	14,2
	11,4	1,03	0,42	2,5

Дубняк липовый

II	25,0	1,78	0,72	—
	5,3	1,30	0,53	
III	40,7	1,45	0,59	16,8
	7,9	0,75	0,30	4,2
IV	49,6	2,24	0,91	8,1
	10,5	1,05	0,42	5,1
V	62,7	1,86	0,75	11,1
	12,9	1,47	0,51	3,6

Из таблицы видно, что наблюдается более высокая степень зараженности деревьев дубовым трутовиком.

Во всех исследованных типах леса по мере усиления рекреационной дигрессии насаждений зараженность деревьев грибами увеличивается. По-видимому, это связано с понижением жизнеспособности деревьев по мере усиления антропогенного воздействия на дубовые насаждения. Хотя В. Г. Большечевцев [2] считает, что первичное заражение дуба ложным дубовым трутовиком зависит от типа леса, но четкой закономерности влияния типов леса на зараженность дуба дубовым и ложным дубовым трутовиками по стадиям дигрессии не обнаружено. Это указывает на то, что определяющим фактором, влияющим на зараженность деревьев возбудителем болезни, в данном случае являются рекреационные нагрузки, а не лесорастительные условия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Большечевцев В. Г. Ложный трутовик в дубравах Подмосковья // Защита растений от вредителей и болезней.—М.: ГБС АН СССР.—1972.—Т. 1.—С. 79—89. [2]. Большечевцев В. Г. Очаги первичного заражения дерева ложным дубовым трутовиком и их локализация.—М.: ГБС АН СССР.—1973.—Т. 2.—С. 126—129. [3]. Казанская Н. С. Изучение рекреационной дигрессии естественных группировок растительности // Изв. АН СССР. Сер. геогр.—1972.—№ 1.—С. 21—23. [4]. Надеждина Е. С. Рекреационная дигрессия лесных биоценозов // Влияние массового туризма на биоценоз леса.—1978.—С. 34—43. [5]. Панарина А. Д. Влияние рекреационного воздействия на распространение корневой губки и смоляного рака в сосновых насаждениях Нарочского лесничества Мядельского лесхоза. // Современ. проблемы лесозащиты и пути их решения.—Минск, 1985.—С. 145—146. [6]. Раптунович Е. С., Снигирев Г. С. О поражаемости корневой губкой и смоляным раком рекреационных насаждений.—Минск, 1982.—С. 142—144. [7]. Репшас Э. А., Палишас Е. Е. Дигрессия и экологическая емкость лесов рекреационного назначения // Лесоведение.—1983.—№ 1.—С. 4—7. [8]. Чураков Б. П. Изучение видового состава грибов и характера их взаимоотношений с сосной обыкновенной в ленточных борах Западной Сибири: Дис. ... докт. биол. наук.—М., 1987.—405 с.

УДК 630*453

ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАСЕКОМЫХ-КСИЛОФАГОВ БУКА ВОСТОЧНОГО И ПИХТЫ КAVKAZСКОЙ НА ВЫРУБКАХ И В ЛЕСНЫХ МАССИВАХ

А. В. ШАМАЕВ

Московский лесотехнический институт

Смешанные леса из пихты и бука представляют собой исторически сложившиеся устойчивые биогеоценозы. Они произрастают на бурых горно-лесных почвах на высоте 850...1900 м над уровнем моря. В биоценозах буково-пихтовых лесов хвое- и листогрызущие вредители не играют существенной роли. На санитарное состояние исследуемых насаждений главным образом влияют абиотические факторы, гнилевые и раковые болезни, комплекс насекомых-ксилофагов и их эксплуатация человеком, в результате которой резко меняется структура биогеоценозов.

По краям лесосек деревья менее устойчивы к ветровалу и бурелому. Так как бук и пихта обладают поверхностной корневой системой, то в результате подмыва корней ливневыми осадками и паводковыми водами они образуют скопления ветровала по краям лесосек. Смыв почвы в результате дождей на свежих вырубках в 19 раз выше, чем под пологом леса. На вырубках резко меняется гидротермический режим, что приводит к быстрому усыханию сохранившихся деревьев. Сухостой-

ные, ветровальные и буреломные деревья, а также невывезенная древесина служат питательным субстратом для развития комплекса насекомых-ксилофагов. Причем при изменении структуры этого комплекса влаго- и тенелюбивые виды замещаются более сухо- и теплолюбивыми.

Бывшие лесосеки часто превращаются в очаги массового размножения стволовых вредителей. Отродившееся молодое поколение наиболее физиологически активных видов ксилофагов бука (древесинник *Trypodendron signatum* Oliv. и усач *Plagionotus arcuatus* L.) и пихты (рогохвост *Urocerus argonautarum* Sem.) нападает на вполне жизнеспособные деревья, окружающие вырубку. Многочисленные попытки поселения на стволах в значительной степени подрывают устойчивость этих деревьев, а также служат воротами для проникновения спор патогенных грибов.

Под пологом леса отпад проходит, как правило, все стадии естественного разрушения древесины, вплоть до ее гумификации.

Таким образом, в ненарушенных биогеоценозах роль насекомых-ксилофагов как санитаров леса и гумификаторов древесины можно оценить в целом положительно. На вырубках, в зависимости от погодных условий, популяции насекомых-ксилофагов либо находятся в депрессивном состоянии, либо дают вспышки массового размножения, причиняя физиологический вред окружающим насаждениям.

Основная цель проведенных в августе 1990 г. в насаждениях Краснополянского лесничества исследований — анализ популяционных показателей доминантных видов насекомых-ксилофагов на вырубках и в ненарушенных горных буково-пихтовых лесах.

Нами было проанализировано 19 модельных деревьев пихты кавказской и 20 бука восточного.

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что на вырубках ядро комплекса насекомых-ксилофагов составляют более сухолюбивые виды: короеды (*Pityokteines*, *Cryphalus*, *Xyleborus*) и усач (*Morimus verecundus*).

Таблица 1

Встречаемость, %, доминантных видов насекомых-ксилофагов

Вид ксилофага	Пихта		Бук	
	1	2	1	2
<i>Serropalpus barbatus</i> Schall.	30,8	—	—	—
<i>Elateroides dermestoides</i> L.	30,8	—	36,4	55,6
<i>Agrilus viridis</i> L.	—	—	9,1	33,3
<i>Chrysobothris affinis</i> L.	—	—	—	22,2
<i>Rhagium fasciculatum</i> Fald.	—	—	18,2	22,2
<i>Rhagium inquisitor</i> L.	7,7	16,7	—	—
<i>Callidium aeneum</i> Deg.	23,1	—	—	—
<i>Leipus nebulosus caucasicus</i> Ganglb.	—	—	—	11,1
<i>Morimus verecundus</i> Fald.	—	16,7	9,1	11,1
<i>Pissodes piceae</i> [1]	84,6	50,0	—	—
<i>Trypodendron lineatum</i> Oliv.	30,8	16,7	—	—
<i>Plagionotus arcuatus</i> L.	—	—	—	22,2
<i>Trypodendron signatum</i> Oliv.	—	—	54,5	33,3
<i>Cryphalus abietis</i> Ratz.	76,9	83,3	—	—
<i>Xyleborus monographus</i> Fabr.	—	—	—	22,2
<i>Taphrorychus villifrons</i> Duf.	—	—	72,7	77,8
<i>Taphrorychus ramicola</i> Reitt.	—	—	36,4	—
<i>Pityokteines curvidens</i> Germ.	7,7	33,3	—	—
<i>Pityokteines vorontsowi</i> Jak.	—	16,7	—	—
<i>Trachodes</i> sp.	—	—	—	22,2

Примечание. Здесь и далее 1 — под пологом леса; 2 — на вырубках.

Таблица 2

Популяционные показатели доминантных видов насекомых-ксилофагов

Вид ксилофага	Плотность поселения, шт./дм ²		Продукция, шт./дм ²		Протяженность района поселения, м		Коэффициент погибаемости	
	1	2	1	2	1	2	1	2
<i>Serrorhagus barbatus</i> Schall.	—	—	$\frac{3,0 \dots 0,15}{0,83}$	—	$\frac{5,1 \dots 0,4}{1,9}$	—	—	—
<i>Elateroides dermestoides</i> L.: пихта	—	—	$\frac{26,0 \dots 0,25}{3,24}$	—	$\frac{1,55 \dots 0,86}{8,52}$	—	—	—
бук	—	—	$\frac{5,98 \dots 0,25}{6,23}$	$\frac{31,0 \dots 1,5}{9,8}$	$\frac{8,6 \dots 0,7}{3,22}$	$\frac{8,1 \dots 1,4}{5,4}$	—	—
<i>Agrilus viridis</i> L.	—	—	$\frac{6,25 \dots 1,0}{3,54}$	$\frac{3,0 \dots 0,08}{0,71}$	21,6	$\frac{18,2 \dots 2,8}{9,2}$	—	—
<i>Callidium aeneum</i> Deg.	—	—	$\frac{8,0 \dots 0,2}{2,15}$	—	$\frac{9,0 \dots 5,6}{7,0}$	—	—	—
<i>Pissodes piceae</i> [1]	—	—	$\frac{24,0 \dots 0,02}{2,42}$	$\frac{2,0 \dots 0,31}{1,55}$	$\frac{15,6 \dots 0,2}{5,1}$	$\frac{24,3 \dots 1,3}{9,9}$	—	—
<i>Trypodendron lineatum</i> Oliv.	$\frac{5,0 \dots 0,1}{1,67}$	—	—	—	$\frac{23,0 \dots 16,1}{19,55}$	2,0	—	—
<i>Trypodendron signatum</i> Oliv.	$\frac{3,86 \dots 0,35}{1,44}$	$\frac{4,0 \dots 0,2}{1,67}$	—	—	$\frac{25,5 \dots 3,9}{12,4}$	$\frac{7,7 \dots 3,4}{6,05}$	—	—
<i>Cryphalus abietis</i> Ratz.	$\frac{30,48 \dots 0,38}{10,44}$	$\frac{24,0 \dots 1,5}{12,0}$	$\frac{424,0 \dots 8,46}{132,69}$	$\frac{132,0 \dots 28,0}{77,38}$	$\frac{7,3 \dots 0,45}{4,94}$	$\frac{10,3 \dots 1,3}{6,86}$	—	—
<i>Taphrorhynchus villifrons</i> Duf.	$\frac{9,0 \dots 0,06}{2,45}$	$\frac{6,0 \dots 0,5}{1,94}$	$\frac{127,0 \dots 1,0}{20,14}$	$\frac{107,0 \dots 1,0}{25,86}$	$\frac{24,2 \dots 0,7}{10,2}$	$\frac{25,4 \dots 2,6}{11,61}$	$\frac{5,75 \dots 1,66}{3,33}$	$\frac{4,0 \dots 1,0}{2,71}$
<i>Taphrorhynchus ramicola</i> Reitt.	$\frac{2,0 \dots 0,22}{1,02}$	—	$\frac{48,0 \dots 2,0}{14,07}$	—	$\frac{9,3 \dots 0,7}{5,84}$	—	$\frac{5,0 \dots 2,0}{3,91}$	—
<i>Pityokteines curvidens</i> Germ.	7,0	$\frac{2,0 \dots 0,25}{0,96}$	117,0	$\frac{39,0 \dots 1,25}{12,02}$	8,9	$\frac{32,1 \dots 21,1}{26,65}$	1,29	$\frac{4,5 \dots 1,25}{2,56}$
<i>Pityokteines vorontsowi</i> Jak.	—	$\frac{3,0 \dots 0,25}{1,16}$	—	$\frac{39,0 \dots 1,0}{13,35}$	—	14,0	—	$\frac{3,0 \dots 2,0}{2,57}$

dus Fald.), имеющий свой экологический оптимум развития на пнях и крупномерных валежных стволах как бука, так и пихты. Интересно, что усач (*Callidium aeneum* Deg.), сравнительно сухолюбивый вид, развивающийся на усохших стоячих деревьях пихты, крайне редко встречается на вырубках и ни разу не обнаружен на валеже. Пихтовая смолевка, наиболее распространенный и многочисленный ксилофаг пихты кавказской, предпочитает влажные местообитания под пологом леса. (Следует отметить, что на северном макросклоне Главного Кавказского хребта этот вид встречается в среднем в 4 раза реже, чем на южном.) Аналогичная картина наблюдается для ксилофагов бука восточного. Преобладание (примерно в 3 раза) ксерофильных златок и усачей (*Plagionotus arcuatus* L.) на вырубках по сравнению с ненарушенным лесом вполне объясняется более сухим и теплым микроклиматом. На лесосеках индикатор влажных местообитаний — оверлило листовенное (*Elateroides dermestoides* L.) заселяет корневые лапы пней и нижнюю, обращенную к земле, часть валежных деревьев бука восточного. Короед *Taphrorychus villifrons* Duf. — наиболее экологически гибкий и массовый вид, одинаково распространен как под пологом леса, так и на вырубках. Как видно из табл. 2, этот вид на вырубках, поселяясь с меньшей плотностью, чем под пологом леса, дает более высокий выход продукции и имеет большую протяженность районов поселения. (В числителе — диапазон значений показателя, в знаменателе — среднее значение.) *Taphrorychus ramicola* Reitt. избегает сухих местообитаний и селится на валежных стволах листовенных деревьев под пологом леса.

Наиболее распространенные короеды пихты кавказской *Pityokteines curvidens* Germ., *Pityokteines vorontsovi* Jak., *Cryphalus abietis* Ratz. находят лучшие условия для развития на вырубках. (На северном макросклоне Главного Кавказского хребта короеды рода *Pityokteines* встречаются чаще, чем пихтовая смолевка.) Короед *Cryphalus abietis* Ratz. дает на вырубках меньший выход короедной продукции, поселяясь более плотно при большей средней протяженности районов поселения. За счет высокой плотности поселения и, особенно, площади заселенной поверхности стволов и сучьев этот вид на вырубках имеет большую численность и встречаемость.

УДК 621.43

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ КАНЦЕРОГЕННОЙ ГРУППЫ В ПОДКАПОТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ АВТОМОБИЛЯ

Ю. В. ТРАВКИН, А. Т. ГЕРАСИМОВ

Инженерно-строительный институт (г. Санкт-Петербург)

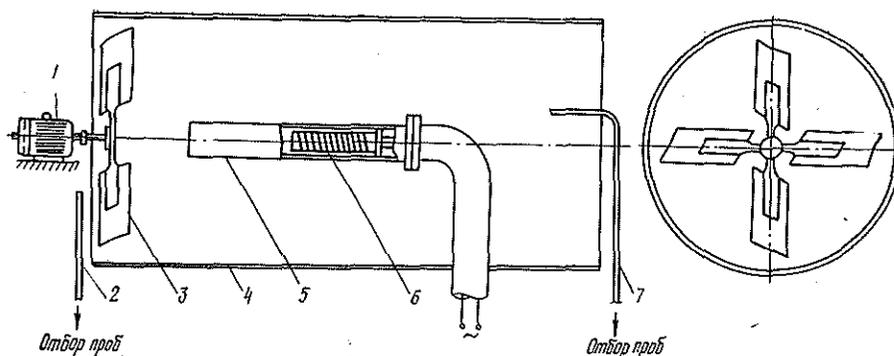
В лесной промышленности большая часть древесины вывозится автопоездами, в которых применен двигатель внутреннего сгорания.

Изучение состава воздуха рабочей зоны двигателей внутреннего сгорания показало существенную зависимость состава воздуха от обогащения используемого топлива аминами. При добавлении к топливу присадок, содержащих амины, концентрации нитроздиметиламина (НДМА) составляют от 6 до 20, нитроздиэтиламина (НДЭА) — от 2 до 4,5 мкг/м³. Исследования атмосферных загрязнений показывают практическое отсутствие нитрозаминов в районах, где нет крупных промышленных предприятий, характеризующихся соответствующими загрязняющими выбросами, а также нет интенсивного движения транспорта [2].

В районах размещения промышленных предприятий и интенсивного транспортного движения загрязнение воздушной среды нитрозамины в 2—22 раза выше, чем в контрольных. При этом выявлена тесная корреляционная связь между концентрациями нитрозаминов и оксидов азота, а также рядом метеофакторов. Последнее дает основание предполагать, что наблюдаемые максимумы содержания нитрозаминов в атмосфере в летнее время обусловлены, с одной стороны, усилением синтеза их предшественников в условиях повышенной влажности и солнечной радиации, с другой — значительным увеличением концентраций оксидов азота за счет повышения интенсивности движения автотранспорта [1].

При исследовании выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания измеряли концентрации токсичных веществ канцерогенной группы в воздухе рабочей зоны. Экспериментами установлено, что в воздухе подкапотного пространства автомобиля концентрация токсичных веществ канцерогенной группы в 3—6 раз выше, чем в воздухе на входе в подкапотное пространство.

Для исследования причины такого увеличения была изготовлена опытно-лабораторная установка для исследования изменения концентраций токсичных веществ канцерогенной группы от нагрева коллектора двигателя. Схема установки показана на рисунке.



Она состоит из цилиндрического полого корпуса 4, внутри которого размещен коллектор 5. Нагрев коллектора производится электрическим нагревателем 6. Воздух нагнетается лопастным вентилятором 3, который закреплен на валу электродвигателя 1. Пробы воздуха отбирают перед вентилятором через газозаборную трубку 2 и за коллектором через газозаборную трубку 7.

Токсичное вещество	Номер опыта	Концентрация канцерогена, мкг/м ³	
		перед вентилятором	после коллектора
НДМА	1	0,40	0,75
	2	0,46	0,83
	3	0,65	1,50
НДЭА	1	0,08	0,15
	2	0,09	0,17
	3	0,10	0,23
Бенз [а] пирен	1	0,008	0,038
	2	0,011	0,045
	3	0,010	0,043

Результаты исследования приведены в таблице. При нагреве кол-лектора до 500 °С концентрация бенз[а]пирена увеличивалась в 4 раза, нитрозосоединений НДМА и НДЭА в 1,8—2,0 раза.

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы.

1. В воздухе, проходящем через подкапотное пространство автомобиля, содержатся токсичные вещества канцерогенной группы и их предшественники.

2. Сильно нагретые элементы двигателя при определенных условиях оказывают катализирующее действие на образование этих веществ.

3. Необходимо предъявлять более жесткие требования к изоляции салона кабины автомобиля, особенно при компоновке «кабина над двигателем».

4. При интенсивном движении автотранспорта на магистралях городов, где естественный обмен воздуха ограничен, увеличение концентраций токсичных веществ усиливает влияние рассматриваемого фактора.

5. Для обогрева салона автомобиля не рекомендуется применять отопительные приборы, работающие на углеводородном топливе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Нитрозамины в атмосферном воздухе городов с различным народнохозяйственным профилем / Н. Я. Янышева, О. Н. Литвиченко, И. А. Черниченко, М. Картез // Тез. докл. VII Всесоюз. симпозиума 24—25 апреля 1990 г. Канцерогенные N-нитрозосоединения и их предшественники — образование и определение в окружающей среде.— Таллинн, 1990.— С. 28—29. [2]. Хесина А. Я., Кривошеева Л. В. Исследование модифицированных методик анализа канцерогенных N-нитрозосоединений для изучения в воздушной среде и выявления источников их образования // Там же.— С. 31—32.

УДК 536.24

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ЦИКЛОННОЙ КАМЕРЫ БОЛЬШОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДЛИНЫ

Э. Н. САБУРОВ, А. Н. ОРЕХОВ

Архангельский лесотехнический институт

Циклонные камеры получили широкое распространение в целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности. Их используют в качестве сепараторов, сушилок, топок и печей для сжигания экологически вредных отходов производства, высокотемпературных теплообменников-нагревателей и др.

Назначение циклонного аппарата определяет требования к его геометрическим и режимным параметрам. Например, относительная длина циклонной сушилки $\bar{L}_k = L_k/D_k$, где L_k , D_k ($D_k = 2R_k$), R_k —длина, диаметр и радиус рабочего объема круглой, цилиндрической циклонной камеры) главным образом определяется условиями и требованиями режима сушки и конечной влажностью материала, циклонной топки или печи — условием полного сгорания отходов, циклонного сепаратора — эффективностью очистки газового потока и т. д. Однако при этом необходимо учитывать и изменения в аэродинамике циклонных камер.

Ряд экспериментальных исследований, посвященных изучению влияния \bar{L}_k на аэродинамику циклонных камер, выполнен в разные годы на кафедре теплотехники АЛТИ [1—5]. Установлено, что \bar{L}_k оказывает определенное влияние не только на общие аэродинамические ха-

рактеристики камеры, но и на структуру циклонного потока. Для циклонных камер с двухсторонним тангенциальным вводом газов в рабочий объем при $\bar{L}_k < 2$ распределения тангенциальной составляющей скорости ω_φ в пределах ядра потока и статического давления p_c в рабочем объеме практически не меняются по его длине. При $\bar{L}_k > 2$ распределения начинают зависеть от продольной координаты. Длина камеры оказывает особенно существенное влияние на вращательное движение потока в пристенной части рабочего объема. С увеличением \bar{L}_k возрастает радиальная протяженность этой области и более существенными становятся изменения в распределении ω_φ по длине рабочего объема. Снижение общего уровня тангенциальных скоростей с увеличением \bar{L}_k зависит главным образом от уменьшения линейной вращательной скорости именно в этой области потока. Аэродинамическое качество камеры, определяемое по величине коэффициента

$$\xi_{\varphi m} = 2\Delta p_n / (\rho_{\varphi m} \omega_{\varphi m}^2),$$

с увеличением \bar{L}_k снижается наиболее резко при больших значениях диаметра выходного отверстия $d_{\text{вых}}$.

Здесь Δp_n — перепад полного давления в камере;
 $\rho_{\varphi m}$ — плотность потока на радиусе $r_{\varphi m}$ при $\omega_\varphi = \omega_{\varphi m}$;
 $\omega_{\varphi m}$ — максимальная тангенциальная скорость в рабочем объеме.

Установлен еще ряд интересных особенностей влияния \bar{L}_k на аэродинамические параметры, а также предложены расчетные соотношения, учитывающие зависимость от этого параметра основных аэродинамических характеристик циклонного потока [2, 3].

Как показали уже первые исследования аэродинамики циклонной камеры большой относительной длины [5—7], она имеет ряд важных особенностей, которые недостаточно изучены. Именно это обстоятельство и определило содержание, основные цели и задачи настоящей работы.

Исследование выполнено на экспериментальном стенде, основным элементом которого являлась модель циклонной камеры, позволявшая варьировать в широком диапазоне ее относительную длину (рис. 1).

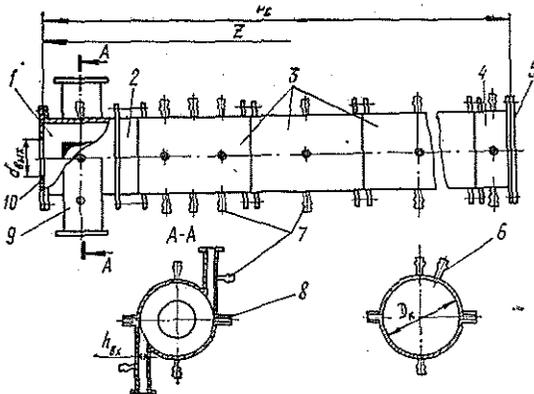


Рис. 1. Схема экспериментальной циклонной камеры большой относительной длины: 1 — закручиватель; 2, 3, 4 — переходная, рабочая, конечная секции; 5 — глухой торец; 6, 7, 8 — штуцеры устройства замера напряжения трения, отбора статического давления, крепления зонда; 9 — входные шлицы; 10 — выходной торец (перезжим)

Диаметр рабочего объема модели составлял 160 мм, относительная длина могла изменяться от 1,0 до 21,5 (1,00; 1,25; 3,25; 6,25; 12,25; 18,25; 21,50) за счет смежных секций. Подвод воздуха в камеру осу-

ществляли с диаметрально противоположных сторон двумя шлицами, имеющими размеры поперечного сечения 24×84 мм². Оси шлицев находились в одной поперечной плоскости на относительном расстоянии от торцов закручивателя, равном $0,5 D_k$. Относительную площадь входа потока $\bar{f}_{вх} = 4 f_{вх} / \pi D_k^2$ могли изменять от 0,01 до 0,12 путем установки в шлицах специально спрофилированных вкладышей. Вывод воздуха производили через плоский пережим, соосный с рабочим объемом. Относительный диаметр выходного отверстия $\bar{d}_{вых} = d_{вых} / D_k$ в основных опытах был равен 0,43, но часть опытов выполнена и при 0,62 и 0,79. Вывод воздуха производили через торец вблизи входных шлицев (односторонний ввод и вывод газов) или с торца, расположенного с противоположной стороны (разносторонний ввод и вывод газов).

Измерение полей скоростей и давлений в рабочем объеме циклонной камеры производили трехканальным цилиндрическим зондом с диаметром насадка 2,6 мм по общепринятой методике с помощью координатников системы ЛПИ. Сечения замеров имели следующие координаты $\bar{z} = z / D_k$ (z — расстояние от торца камеры, ближайшего к сечению ввода газов): 0,5; 2,0; 3,5; 5,0; 6,0; 12,0; 12,5; 18,0. Поля скоростей и давлений снимали с диаметрально противоположных сторон. Кроме того, в работе производили измерения необходимых расходных характеристик и статических давлений в шлицах $p_{с. вх}$ и на различных частях боковой поверхности камеры $p_{с. ст}$, последние — через отверстия диаметром 0,5 мм. Дренажные отверстия по длине рабочего объема располагали с шагом (0,5...1,0) D_k ; по периметру — с двух диаметрально противоположных сторон.

Полученные в опытах распределения тангенциальной ω_φ и аксиальной ω_z скоростей, а также статического давления по радиусу камеры r , часть из которых представлена на рис. 2 и 3 в безразмерном виде ($\bar{\omega}_\varphi = \omega_\varphi / v_{вх}$; $\bar{\omega}_z = \omega_z / v_{вх}$; $\bar{p}_c = 2 p_c / \rho_{вх} v_{вх}^2$, где $\rho_{вх}$ и $v_{вх}$ — плотность и скорость потока во входных шлицах; $\bar{r} = r / R_k$ — безразмерный текущий радиус), подтвердили результаты ранее выполненных работ [1—7] относительно влияния \bar{L}_k на аэродинамику циклонных камер.

В частности подтверждена возможность существования застойной зоны в циклоне при большой его длине, ранее отмеченная в работах [5, 7]. Однако нами не был обнаружен режим течения с сильными периодическими колебаниями, при котором наблюдалось нарушение осесимметричности вихря и замыкание его на боковую поверхность камеры [7]. Эти данные позволили установить и ряд новых особенностей аэродинамики циклонных камер большой относительной длины.

Анализ полученных распределений $\bar{\omega}_\varphi$, $\bar{\omega}_z$, \bar{p}_c , а также представленных на рис. 2 распределений безразмерной циркуляции скорости

$$\bar{\Gamma} = \omega_\varphi r / v_{вх} R_{вх}$$

и угловой скорости

$$\bar{\omega} = (\omega_\varphi / r) / (v_{вх} / R_{вх})$$

показал, что основной зоной течения в камере является периферийная. Изнутри она ограничена сравнительно небольшим по размерам осесимметричным ядром с радиусом $\bar{r}_я$, а с торцевых поверхностей — в общем случае приторцевыми зонами (в некоторых случаях, как будет показано в дальнейшем, со стороны глухого торца она может быть ограничена застойной зоной). Такое разделение потока в рабочем объеме на зоны весьма условно, так как они не автономны и обмениваются между со-

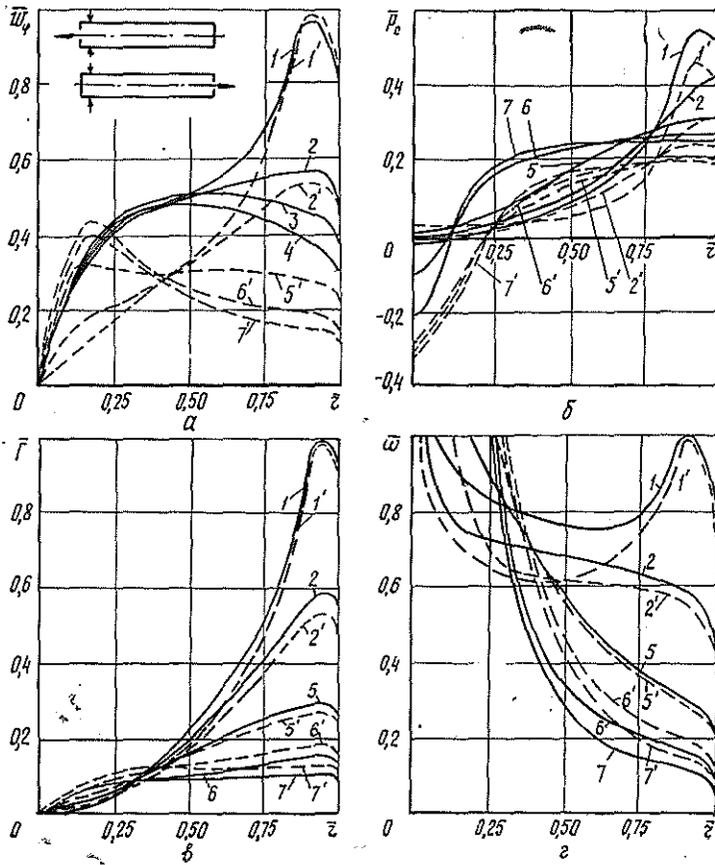


Рис. 2. Распределение $\bar{w}_\varphi(a)$, $\bar{p}_c(b)$, $\bar{\Gamma}(a)$, $\bar{w}(z)$ в рабочем объеме циклонной камеры большой относительной длины при различных значениях z : 1, 1'—0,5; 2, 2'—2,0; 3—3,5; 4—5,0; 5, 5'—6,5; 6, 6'—12,5; 7, 7'—18,0; 1—7—данные для камеры с односторонним и 1', 2', 5', 7'—разносторонним вводом и выводом газов

бой как за счет осевых и радиальных потоков, так и за счет турбулентности.

Внешняя граница ядра и тангенциальная скорость на ней не зависят от продольной координаты. В ядре потока в длинных камерах (в отличие от коротких) осесимметричные распределения \bar{w}_φ и \bar{p}_c меняются вдоль z .

На основном участке периферийной зоны течение также осесимметрично, а характеристики струйного периферийного потока, распространяющегося по винтообразной траектории, непрерывно изменяются по мере его продвижения вниз по течению. Изменяется и угол φ между векторами полной скорости и тангенциальной компоненты. Движение потока происходит как бы вдоль поверхности с переменной кривизной, как видно из рисунков, под влиянием продольного и поперечного градиентов давления.

Одной из особенностей полученных распределений \bar{w}_φ является существование в длинных камерах сечений, в основной части которых тангенциальная компонента скорости имеет постоянное значение, т. е. не зависит от радиуса. (Здесь конечно не рассматриваются значения r в пределах пристенного пограничного слоя на боковой поверхности

камеры и малые r в приосевой зоне, где в первом случае ω_φ стремится к нулю с возрастанием r , а во втором — с его уменьшением). Чем длиннее камера, тем меньше значения r , на которые распространялось распределение $\omega_\varphi(r) = \text{const}$. Величина постоянной примерно равна безразмерной тангенциальной скорости на границе ядра потока. Рассмотренные особенности течения наблюдались в камерах при $\bar{L}_k > 2 \dots 3$. Координата сечения с $\omega_\varphi = \text{const}$ для этих камер может быть определена по формуле

$$\bar{z}_\omega = 0,08/\bar{L}_k^{1,48} + 0,6. \quad (1)$$

Ряд интегральных характеристик циклонных камер и аэродинамических параметров потока в их среднем сечении при различных значениях \bar{L}_k приведены в табл. 1.

Таблица 1

Аэродинамические характеристики циклонной камеры с разносторонним (числитель) и односторонним (знаменатель) входом и выходом газов

\bar{L}_k	$\bar{\omega}_{\varphi m}$	$\xi_{\text{вх}}$	$\bar{p}_{\text{с. ст}}$	$\frac{\bar{p}_{\text{с. ст}}}{\rho_{\text{с. вх}}}$	$\bar{\omega}_{\varphi я}$	$\bar{r}_я$	$\xi_{\varphi m}$	$\varphi_{\text{ст}}$
1,00	1,19	4,15	2,66	0,84	0,87	0,76	2,93	5
1,25	1,09	3,71	2,35	0,83	0,81	0,75	3,40	13
	1,14	3,83	2,25	0,83	0,85	0,73	2,95	12
6,25	0,63	2,04	0,73	0,69	0,49	0,58	4,98	21
	0,64	2,11	0,78	0,70	0,57	0,46	5,32	19
12,25	0,43	1,68	0,33	0,51	0,35	0,48	9,09	23
	0,44	1,77	0,39	0,52	0,40	0,31	9,14	20
18,25	0,32	1,56	0,18	0,33	0,29	0,41	15,23	26
	0,53*	1,92*	0,77*	0,72*	0,48*	0,44*	6,84*	18*

* Характеристики, относящиеся к активной части рабочего объема в камере с застойной зоной.

В таблице приняты следующие обозначения: $\bar{\omega}_{\varphi m} = \omega_{\varphi m}/v_{\text{вх}}$ — безразмерная максимальная тангенциальная составляющая скорости; $\xi_{\text{вх}} = 2\Delta p_n/\rho_{\text{вх}}v_{\text{вх}}^2$ — коэффициент сопротивления камеры; $\bar{p}_{\text{с. ст}}$ и $\rho_{\text{с. ст}} = 2 p_{\text{с. ст}}/\rho_{\text{вх}}v_{\text{вх}}^2$ — размерное и безразмерное избыточные статические давления на боковой поверхности рабочего объема камеры; $\rho_{\text{с. ст}}/\rho_{\text{с. вх}}$ — соотношение, характеризующее снижение запаса потенциальной энергии на входе в камеру; $\rho_{\text{с. вх}}$ — избыточное статическое давление в шлицах; $\bar{r}_я = r_я/R_k$ — безразмерный радиус ядра потока; $\bar{\omega}_{\varphi я} = \omega_{\varphi я}/v_{\text{вх}}$ — безразмерная тангенциальная скорость на границе ядра потока; $\bar{r}_{\varphi m} = r_{\varphi m}/R_k$ — безразмерный радиус, характеризующий положение $\omega_{\varphi m}$; $\varphi_{\text{ст}}$ — угол между вектором полной скорости и ее тангенциальной компонентой у боковой поверхности камеры.

Представленные в табл. 1 данные позволяют оценить влияние параметра \bar{L}_k в широком диапазоне его изменения, охватывающем как относительно короткие, так и длинные камеры. Если в качестве масштаба принять характеристики камеры определенных геометрических и режимных параметров единичной относительной длины, то влияние \bar{L}_k на полученные после масштабных преобразований соответствующие

безразмерные величины для камер с разносторонним вводом и выводом газов можно описать следующим обобщенным уравнением:

$$\bar{Y} = A\bar{L}_K^n + C, \quad (2)$$

где $\bar{Y} = Y/Y_{\bar{L}_K=1}$ — безразмерная характеристика потока или камеры;

A, n, C — постоянные.

Значения A, n, C для различных характеристик и средние квадратические погрешности приведены в табл. 2.

Таблица 2

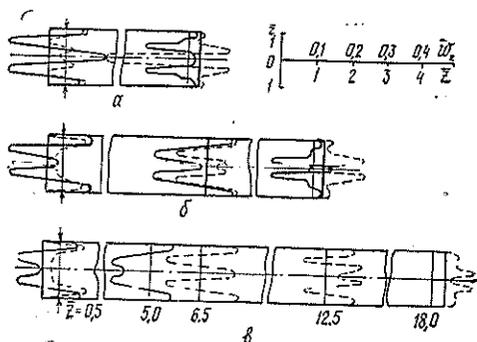
Характеристики и постоянные, входящие в формулу (2), для камеры с разносторонним (числитель) и односторонним (знаменатель) вводом и выводом газов

\bar{Y}	A	n	C	Средняя квадратическая погрешность
$w_{\varphi m}/(w_{\varphi m})_{\bar{L}_K=1}$	2,953	-0,095	-1,965	0,020
	1,911	-0,162	-0,897	0,014
$r_{\varphi m}/(r_{\varphi m})_{\bar{L}_K=1}$	3,286	-0,066	-2,270	0,047
	2,522	-0,102	-1,527	0,014
$w_{\varphi \pi}/(w_{\varphi \pi})_{\bar{L}_K=1}$	2,317	-0,116	-1,320	0,011
	2,970	-0,079	-1,952	0,035
$r_{\pi}/(r_{\pi})_{\bar{L}_K=1}$	2,485	-0,069	-1,466	0,038
	3,466	-0,073	-2,454	0,029
$\xi_{\text{вх}}/(\xi_{\text{вх}})_{\bar{L}_K=1}$	0,735	-0,643	0,262	0,005
	0,798	-0,518	0,207	0,058

Варьирование длины приводит к изменению рабочего объема и боковой поверхности камеры (не рассматривается частный случай, когда увеличение \bar{L}_K приводит к появлению застойной зоны), смещению сечения ввода газа относительно среднего сечения камеры или относительно глухого или выходного торцов. При этом изменяются затраты энергии на закрутку потока, внешнее и внутреннее трение, происходит перестройка полей осевых и тангенциальных скоростей. Все это одновременно приводит к изменению роли торцевых поверхностей в общей организации движения газов в объеме, условий истечения газов из выходного отверстия, а следовательно, и общего сопротивления устройства, так как в длинных камерах выходная составляющая общего сопротивления (как и в относительно коротких) весьма существенна и является наибольшей. Поэтому следует рассматривать влияние \bar{L}_K и особенности аэродинамики циклонной камеры большой относительной длины для двух случаев, когда ввод газа и его вывод осуществляются с одной стороны рабочего объема (для удобства в дальнейшем определяемого как односторонний ввод и вывод газов) и когда ввод газов производится вблизи одной торцевой поверхности рабочего объема, а вывод — с другой (разносторонний ввод и вывод газов).

На рис. 3 показаны распределения аксиальной скорости потока в камере при одностороннем и разностороннем вводе и выводе газов ($\bar{a}_{\text{вых}} = 0,43, \bar{f}_{\text{вх}} = 0,04$). Следует отметить, что в циклонной камере с разносторонним вводом и выводом газов наблюдаются периферийный прямой, кольцевой обратный, выходной и осевой обратный вихри.

Рис. 3. Распределение $\bar{\omega}_z$ в рабочем объеме камер различной относительной длины: а — $\bar{L}_k = 6,25$; б — 12,25; в — 18,25 (для одностороннего ввода и вывода газа — сплошная линия; для разностороннего — штриховая)



Мощность периферийного вихря увеличивается с ростом относительной длины камеры, причем это происходит за счет некоторого повышения уровня $\bar{\omega}_z$ и увеличения его радиальных размеров. Мощность осевого обратного тока с возрастанием \bar{L}_k наоборот резко падает: уже при $\bar{L}_k = 12,25$ (рис. 3, б) он наблюдается лишь в области выходного отверстия. Однако его влияние на распределение $\bar{\omega}_z$ имеется даже в наиболее длинной из рассматриваемых камер. С увеличением \bar{L}_k и постепенной ликвидацией осевого обратного тока выходной вихрь занимает все большую часть приосевой зоны рабочего объема. При всех \bar{L}_k наблюдается кольцевой обратный вихрь, однако с ростом \bar{L}_k сечение его формирования смещается вверх по потоку.

При одностороннем вводе и выводе газов имеет место периферийный обратный вихрь, по размерам и мощности близкий к периферийному прямому при разностороннем вводе и выводе газов, выходной и осевой обратный вихри. Последний с ростом \bar{L}_k также вырождается и при $\bar{L}_k = 6,5$ (рис. 3, а) существует лишь в области выходного отверстия. В целом распределение $\bar{\omega}_z$ носит более упорядоченный характер, чем в предыдущем случае. Существенной отличительной особенностью распределений $\bar{\omega}_\varphi$ и $\bar{\omega}_z$ в этом варианте ввода и вывода газов является существование при больших \bar{L}_k практически непроточных (застойных) зон в рабочем объеме со стороны глухого торца, о которых говорилось выше.

При $\bar{L}_k = 18,5$ (рис. 3, в) застойная зона занимает практически 2/3 рабочего объема камеры. В рассмотренном нами диапазоне $\bar{d}_{\text{вых}}$ и $\bar{f}_{\text{вх}}$ застойная зона образовывалась в камерах с $\bar{L}_k > 15$. Следует заметить, что при существовании застойной зоны, уровень тангенциальных скоростей в остальной (активной) части рабочего объема немного ниже значений $\bar{\omega}_\varphi$ в камере с разносторонним вводом и выводом газов и относительной длиной, равной относительной длине активной части рабочего объема.

Застойный режим отличается устойчивостью, размеры застойной зоны сохраняются при варьировании расхода газа через камеру и параметров $\bar{d}_{\text{вых}}$ и $\bar{f}_{\text{вх}}$. Однако она может быть ликвидирована, если организовать частичный кратковременный выпуск газа из камеры у ее глухого торца. После этого весь рабочий объем камеры оказывается проточным. Длительность такого искусственного режима активной работы всего рабочего объема камеры определяется ее относительными геометрическими параметрами (в первую очередь \bar{L}_k) и числом Рейнольдса $Re_{\text{вх}} = v_{\text{вх}} D_k / \nu_{\text{вх}}$ ($\nu_{\text{вх}}$ — кинематическая вязкость потока в шлицах). При искусственной ликвидации застойной зоны распределе-

ние тангенциальных и аксиальных скоростей становится типичным для циклонных камер с противоположным вводом и выводом газов.

На рис. 4 приведено распределение основных аэродинамических характеристик потока по длине камеры с $\bar{L}_k = 18,5$, $\bar{f}_{вх} = 0,04$, $\bar{a}_{вых} = 0,43$.

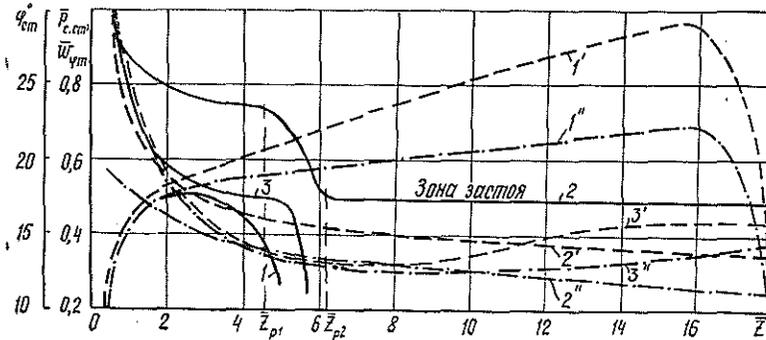


Рис. 4. Изменение основных аэродинамических характеристик потока вдоль рабочего объема камеры большой относительной длины: 1, 1', 1'' — $\varphi_{ст}$; 2, 2', 2'' — $p_{с.ст}$; 3, 3', 3'' — $w_{\varphi m}$; 1, 2, 3 — для камеры с односторонним и 1', 2', 3' — разносторонним вводом и выводом газа; 1'', 2'', 3'' — при искусственном поддержании проточности всего рабочего объема

В камере с разносторонним вводом и выводом газов безразмерное избыточное статическое давление на ее боковой поверхности уменьшается по направлению к выходному отверстию (с ростом \bar{z}). Изменение относительного максимального значения тангенциальной скорости при $\bar{z} < 6,5$ также носит ниспадающий характер. При $\bar{z} \leq 6,5$ значения $w_{\varphi m}$ относятся к максимуму w_{φ} в пристенной зоне течения, при $\bar{z} \geq 6,5$ — к ядру потока. В ядре по мере продвижения газов к выходному отверстию $w_{\varphi m}$ увеличивается. При этом радиус $r_{\varphi m}$, характеризующий положение $w_{\varphi m}$, несколько возрастает, аналогично изменению $w_{\varphi m}$, $p_{с.ст}$ и для камеры в режиме искусственного поддержания проточности рабочего объема. Однако в данном случае в основной его части значения $p_{с.ст}$ и $w_{\varphi m}$ оказываются ниже, чем в предыдущем.

Качественно одинаково изменяется и угол $\varphi_{ст}$. В околоторцевых зонах (осевая протяженность которых возрастает с увеличением \bar{L}_k) угол $\varphi_{ст}$ резко меняется в зависимости от \bar{z} . Координата окончания зоны резкого увеличения $\varphi_{ст}$ у торца, ближайшего к сечению ввода газа, $\bar{z}_{вх\varphi} = 1,5 \dots 2,0$. Координата зоны резкого падения $\varphi_{ст}$ у выходного торца $\bar{z}_{вых\varphi} = \bar{L}_k - (2 \dots 3)$. В остальной (основной) части рабочего объема зависимость $\varphi_{ст} = f(\bar{z})$ носит примерно линейный характер. Так, для камеры с разносторонним вводом и выводом газов

$$\varphi_{ст} = 18 + 0,72\bar{z}. \quad (3)$$

Более пологий характер зависимости наблюдается в камерах с односторонним вводом и выводом газов:

$$\varphi_{ст} = 18 + 0,28\bar{z}. \quad (4)$$

Влияние застойной зоны приводит к резкой раскрутке потока уже при значении \bar{z} , немного превышающем 2. В общем случае максималь-

ное значение $\varphi_{ст}$ может быть определено по уравнению (4), а координата максимума примерно равна половине длины активной зоны рабочего объема.

Резкое изменение характера зависимости $\bar{p}_{с.ст}$ по длине камеры с односторонним вводом и выводом газов, наблюдаемое в интервале значений $\bar{z}_{p1} \dots \bar{z}_{p2}$ (рис. 4), также связано с образованием застойной зоны. Координаты \bar{z}_{p1} и \bar{z}_{p2} могут быть определены по следующим эмпирическим уравнениям:

$$\bar{z}_{p1} = 1,686 (f_{вых}/f_{вх})^{0,556}; \tag{5}$$

$$\bar{z}_{p2} = 3,931 (f_{вых}/f_{вх})^{0,305}, \tag{6}$$

где $f_{вых}$ — площадь выходного отверстия в камере.

Значение параметра $f_{вых}/f_{вх}$ в опытах варьировали от 2,32 до 15,50.

Соотношение значений статического давления между этими сечениями может быть найдено по формуле

$$p_{с.ст1}/p_{с.ст2} = 1,654 - 0,693\bar{L}_к^{-0,771}. \tag{7}$$

Интенсивное снижение $\bar{w}_{\varphi m}$ вблизи застойной зоны наблюдалось примерно при тех же значениях \bar{z} , что и для $\bar{p}_{с.ст}$.

Влияние $\bar{L}_к$ на основные интегральные и средние (средние значения в активной части рабочего объема при существовании застойной зоны) аэродинамические характеристики циклонных камер с односторонним вводом и выводом газов характеризуется также уравнением (2).

Общие отмеченные выше особенности в аэродинамике циклонных камер большой относительной длины определяют и изменения их сопротивлений. Зависимости $\xi_{вх}$ и $\bar{w}_{\varphi m}$ от $Re_{вх}$ при различных значениях $\bar{d}_{вых}$ и системах организации движения в камере с параметрами $\bar{L}_к = 18,25, \bar{f}_{вх} = 0,04$ показаны на рис. 5. Поверхность рабочего объема

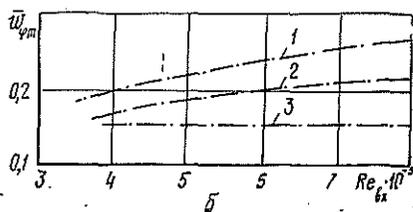
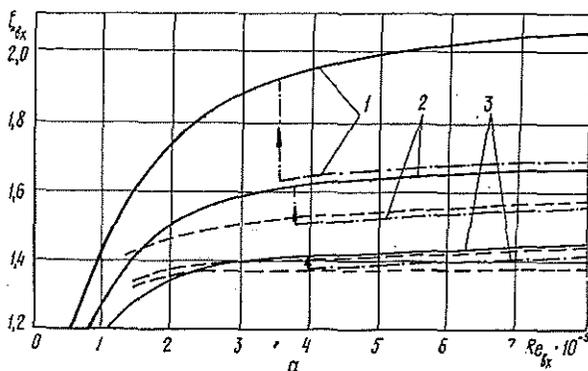


Рис. 5. Зависимость $\xi_{вх}$ (а) и $\bar{w}_{\varphi m}$ (б) циклонной камеры большой относительной длины от числа Рейнольдса при различных значениях $\bar{d}_{вых}$: 1 — 0,43; 2 — 0,62; 3 — 0,79 (сплошная линия — режим течения с застойной зоной при одностороннем вводе и выводе газа; штриховая — с разносторонним вводом и выводом газа; штрих-пунктирная — с односторонним вводом и выводом при искусственном поддержании проточности всего рабочего объема)

камеры в опытах была технически гладкостенная, поэтому течение лишь при больших $Re_{вх}$ приближенно можно считать автомодельным.

Неавтомодельность особенно ярко проявляется при низких значениях $Re_{вх}$ ($< 3 \cdot 10^5$). Явление застоя оказывает влияние и на величину сопротивления камеры, и на характер его изменения в зависимости от числа Рейнольдса (рис. 5, а). Однако $\xi_{вх}$ (или Δp_n) при существовании застойной зоны будет в большей степени, чем снижение потерь на трение потока о боковую и торцевую поверхности в зоне застоя, определяться уровнем вращательных скоростей в активной части рабочего объема и соответственно выходной составляющей $\xi_{вх}$. Числа $Re_{вх}$, соответствующие скачкообразному изменению $\xi_{вх}$, в связи с застойным явлением при $\bar{L}_k \geq 18$ могут быть определены по формуле

$$Re_{вх} = (0,6 + 1,75 \bar{f}_{вх})(0,9 + 0,23 \bar{d}_{вх}) \cdot 10^5. \quad (8)$$

Относительное изменение коэффициента сопротивления камеры

$$\frac{\xi_{вх 1}}{\xi_{вх 2}} = 1,464 \left(\frac{f_{вх 1}}{f_{вх 2}} \right)^{-0,131} (0,82 + 0,45 \bar{d}_{вх}). \quad (9)$$

Неавтомодельность потока проявляется и в зависимости $\bar{\omega}_{\varphi m}$ в ядре потока от $Re_{вх}$ (рис. 5, б).

Выводы

1. В работе исследованы особенности аэродинамики циклонной камеры большой относительной длины при одностороннем и разностороннем вводе и выводе газов.

2. Найденны расчетные соотношения для определения основных аэродинамических характеристик циклонной камеры большой относительной длины.

3. Полученные данные могут быть использованы для конструкторских и оптимизационных расчетов циклонных камер большой относительной длины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Карпов С. В., Сабуров Э. Н. Аэродинамика и теплоотдача в циклонных камерах и пылеотделителях (обзор и обобщения).— Архангельск: АЛТИ, 1988.— С. 313.— Деп. в ВИНИТИ 28.01.88, № 850—В88. [2]. Сабуров Э. Н. Аэродинамика и конвективный теплообмен в циклонных нагревательных устройствах.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1982.— 240 с. [3]. Сабуров Э. Н., Карпов С. В., Осташев С. И. Теплообмен и аэродинамика закрученного потока в циклонных устройствах / Под ред. Э. Н. Сабурова.— Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1989.— 276 с. [4]. Сабуров Э. Н. О влиянии относительной длины циклонно-вихревых камер. // Тр. АЛТИ.— Архангельск, 1970.— Вып. 22.— С. 107—111. [5]. Сабуров Э. Н. О влиянии относительной длины циклонно-вихревых нагревательных камер на аэродинамику греющего потока // Кузнечно-штамповочное пр-во.— 1968.— № 3.— С. 35—38. [6]. Смит М. Анализ вихревого потока в циклонном сепараторе // Тр. Америк. о-ва инж.-мех. Сер. Д. Техн. механика.— 1962.— № 4.— С. 237—247. [7]. Смит М. Экспериментальное изучение вихря в циклонном сепараторе // Тр. Америк. о-ва инж.-мех. Сер. Д. Техн. механика.— 1962.— № 4.— С. 229—236.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630*273(075)

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ПО ДЕКОРАТИВНОМУ ДРЕВОВОДСТВУ*

Вышло в свет учебное пособие по декоративному древоводству. Оно явилось хорошим подспорьем в работе для преподавателей и студентов вузов, выпускающих инженеров-озеленителей. Уже давно ощущается недостаток в методической и учебной литературе по озеленению, особенно по растениеводческим основам садово-паркового хозяйства.

Пособие состоит из шести глав и приложений. В первой главе дано определение основного, дополнительного и ограниченного ассортимента пород для зеленого строительства. Показано его целевое назначение. Подробно освещены биологические особенности древесных растений и их отношение к различным экологическим факторам. Приведены характеристики видов, раскрыты вопросы районирования и стандартов ассортимента. Удачно представлен раздел по определению количества посадочного материала, необходимого для озеленения населенных мест и других объектов, даны примеры расчета.

Вторая глава посвящена маточному хозяйству декоративных питомников. В ней рассмотрена структура хозяйства; вопросы агротехники и способы создания плантаций: отводочной, семенных маточных декоративных деревьев и кустарников, черенковых маточников. Дана методика проектирования маточного сада, по которой студенты работают на практических занятиях.

В третьей главе достаточно подробно рассмотрены вопросы размножения декоративных древесных растений. Здесь студенты найдут все необходимое для учебы, начиная со сбора, переработки и хранения плодов и семян и кончая различными способами вегетативного размножения. Приведено достаточно большое количество рисунков и таблиц, которые помогут студентам в усвоении материала.

Большое внимание в учебном пособии авторы уделили формированию декоративных древесных растений (четвертая глава). Раскрыты морфологические особенности различных видов деревьев и кустарников и на этой основе даны способы формирования декоративных деревьев и кустарников в питомниках и на объектах озеленения.

Интересный материал приведен в пятой главе о регуляторах роста. Здесь дана их классификация и подробная характеристика, указаны способы их применения.

В шестой главе об организации декоративного питомника изложены вопросы производственной структуры питомников, рекомендован ряд схем севооборотов для различных отделов питомника. Здесь же даны агротехнические мероприятия по выращиванию декоративных деревьев и кустарников.

После каждого раздела приводится перечень контрольных вопросов, способствующих закреплению и лучшему усвоению прочитанного.

* Никитинский Ю. И., Соколова Т. А. Декоративное древоводство: Учеб. пособие для вузов.— М.: Агропромиздат, 1990.— 255 с.

В учебном пособии хотелось бы видеть еще один раздел о декоративных качествах деревьев и кустарников, в котором были бы рассмотрены форма кроны, ее плотность и величина, цвет и размеры листьев, сроки цветения, декоративные особенности цветков и другие морфологические особенности растений.

При переиздании учебного пособия желательно в главе о размножении декоративных растений поместить таблицу с указанием основных видов хвойных и лиственных растений и способов их вегетативного размножения. Следует внести некоторые уточнения в тексте. Например, на с. 53 говорится о сборе шишек и плодов, но в приводимом списке нет голосеменных.

В целом следует признать, что рецензируемое учебное пособие — творческая удача авторов. Наш опыт работы в 1990 и 1991 гг. показал практическую ценность пособия, широко используемого в учебном процессе.

Л. П. Ефремова, В. И. Пчелин, Н. А. Соколова
Марийский политехнический институт

ЮБИЛЕИ

ЮБИЛЕЙ В. В. ЩЕЛКУНОВА

27 апреля 1992 г. исполнилось 80 лет профессору Валентину Васильевичу Щелкунову.

В 1934 г. он получил специальность инженера по механизации лесозаготовок и транспорту леса в молодом тогда (основан в 1929 г.) Архангельском лесотехническом институте и с тех пор неизменно трудится в этом вузе, много сделал для становления и повышения его авторитета.

С 1942 г. по 1981 г. Валентин Васильевич возглавлял кафедру сухопутного транспорта леса. Он автор и официальный рецензент ряда учебников, учебных пособий. В. В. Щелкунов выступил инициатором применения ЭВМ. Ныне в вычислительном центре кафедры около двух десятков персональных компьютеров, на базе которых организуется как учебный процесс, так и научно-исследовательская работа.

В. В. Щелкунов и его коллеги С. К. Лебедев, К. И. Вороницын и др. умело сочетали педагогическую, научно-исследовательскую, общественную работу. Преподаватели их кафедр (в отличие от наших дней) активно сотрудничали. Может быть поэтому В. В. Щелкунов с успехом занимался вопросами экономики лесотранспорта. Но основные его труды посвящены, конечно, сугубо транспортным проблемам. Он один из крупнейших знатоков узкоколейных дорог; быстро оценил значение колейных железобетонных покрытий и т. д. Целенаправленная аспирантура, возглавляемая В. В. Щелкуновым, воспитала ряд талантливых его продолжателей, принесла ощутимый экономический эффект.

Все, чем занимается профессор В. В. Щелкунов, он делает основательно, глубоко, системно. Таков он и в составе редколлегии «Лесного журнала», членом которой является со дня основания. Высокий профессионализм автора сочетается в нем с беспристрастностью и в то же время доброжелательностью рецензента и члена редколлегии. Широкая эрудиция и незаурядный талант исследователя, гибкость суждений и принципиальность, простота и скромность Валентина Васильевича снискали ему глубокое уважение коллег и сотрудников.

Поздравляем Вас, Валентин Васильевич, со славным юбилеем! Желаем здоровья, успехов, оптимизма!

Ректорат Архангельского лесотехнического института,
деканат лесоинженерного факультета,
коллектив кафедры сухопутного транспорта леса,
редколлегия и редакция «Лесного журнала»

НЕКРОЛОГИ

ПАМЯТИ П. С. СЕРГОВСКОГО

24 февраля 1992 г. ушел из жизни доктор технических наук, профессор Московского лесотехнического института Павел Семенович Серговский.

Совсем недавно научная общественность отмечала 80-летие этого выдающегося педагога и ученого. Около полувека своей насыщенной трудовой деятельностью П. С. Серговский отдал лесотехническому образованию. Педагогическую деятельность он начал в Лесотехнической академии еще до Великой Отечественной войны, после возвращения с фронта он преподавал в Уральском лесотехническом институте, а с 1947 г. — в МЛТИ.

Усилиями П. С. Серговского была создана новая учебная дисциплина и организована кафедра гидротермической обработки и консервирования древесины, которой он руководил более 30 лет. Обладая могучим аналитическим умом, обширными знаниями и богатой интуицией, он пользовался большим научным авторитетом. Научная школа проф. П. С. Серговского, объединяющая многих его учеников и последователей, получила широкое признание в нашей стране и за рубежом. Им написаны прекрасные учебники и методические пособия. Вместе с тем это был очень скромный, отзывчивый человек, щедро делившийся своими знаниями и опытом.

Имя проф. П. С. Серговского навсегда вошло в историю науки и лесотехнического образования.

Память о Павле Семеновиче, нашем учителе и коллеге, сохранится в благодарных сердцах.

Ректорат и сотрудники МЛТИ

ЛЕСНОЙ ФЕНОЛОГИЧЕСКИЙ КАЛЕНДАРЬ

ЛЕСНОЙ МЕСЯЦЕСЛОВ

МАЙ

Береза перед ольхой и кленом лист выпустит — лето будет сухое; если ольха и клен вперед — лето будет мокрое.

В мае все принарядится — там листком, здесь цветком, а где и травой.

В мае два холода: когда дуб развивается и когда цветет черемуха.

Весна красна цветами, а осень грибами.

Дождика два в мае — быть навверное урожаю.

Дуб зацветет — начинают сеять горох.

Дуб зеленеет раньше ясеня — к сухому лету.

Дуб одевается — худоба наедается.

Дуб развернулся как заячье ухо — сей овес.

Егорий (6 мая) из-под спуда зелену траву выгоняет.

Жаба заквакала весной — гроза уже была.

Коли на Юрия (6 мая) березовый лист с полушку, с Успенья (28 августа) клади хлеб в кадушку.

Лист на дереве полон, так и сеять полно.

Можжевельник цветет — пора сеять ячмень.

На Пахома-бокогрея (28 мая) — ворота лету.

На Симона Зилота (23 мая) — день сбора целебных трав; собранная в этот день трава полезна от всех болезней.

Почки на сосне большие — к урожаю ячменя.

Пчелы в мае роятся — такие много стоят.

Рябина раскрыла белые лепестки — смело открывай корзину подберезовикам.

Рябина зацвела — наступит тепло.

Рябина зацвела поздно — к долгой осени.

Рябина цветет обильно — урожай будет высокий.

Рябина цветет рано — много овса.

Соловей берет пеннем, а человек умением.

Соловей запел в середине мая — к дружной весне.

Соловей запел — лето пошло на прибавку.

Соловей не запел — не сей гречихи и не стриги овечки.

Соловей — птичка маленькая, а май знает.

Сосны сыплют пылью золотой — маслята лезут дружной толпой.

Строчков и сморчков много — будет урожай других грибов.

Терн цветами забелеет — тогда крестьянин ячмень сеет.

Терн цветет — можно сеять кукурузу.

Черемуха станет белой — грибники начинают приносить первые подберезовики.

Черемуха зацвела рано — будет теплое лето.

Черемуха цветет перед последними весенними заморозками.

Черемуха цветет обильно — лето будет мокрое.

Шишек на сосне много — к урожаю ячменя.

Яблоня цветет — начинай пахать.

Ясень распускается быстрее дуба — жди сухого теплого лета.

Ячмень сеют пока цветет калина, когда на ели шишки красные, на сосне — зеленые.

ИЮНЬ

Без росы и трава не растет.
 Большой цвет на рябине — жди хорошего налива овса.
 Вереск зарозовел лепестками — время идти за рыжиками.
 Воробьи купаются в пыли — к дождю.
 Ворон летит в лес — будет дождь, в поле — будет погода.
 Вороны садятся внизу деревьев — будет холодно.
 Галки общипываются — к непогоде.
 Грачи летают высоко стаями и опускаются стрелой на землю — к дождю.
 Гроз много — много грибов.
 Донник перед дождем выделяет резкий запах.
 Ель подняла ветки, чешуйки шишек прижимаются — к дождю.
 Жабы квакают — к дождю.
 Жабы с вечера долго кричат — к хорошей погоде.
 Жаворонка не слышно с утра — будет дождь.
 Жимолость пахнет сильно — перед дождем.
 Иван-да-Марья зацветет — иди за грибами.
 Клевер свои листья перед дождем выпрямляет.
 Колосится рожь — много грибов найдешь.
 Комары летают роем, вьются столбом — погода будет хорошей.
 Коноплю в поле сей и на рябину гляди — коли цвет в круги, и конопли долги.
 Коростель вечером «дерется-скрипит» — к непогоде.
 Кроты вылезали из нор — к дождю.
 Кукушка закуковала — пошли грибы.
 Листья клена начинают «плакать» — через трое-четверо суток соберется дождь.
 Мокрица закрывает цветы рано — днем будет дождь.
 Муравьи поспевают в гнезда, прячутся — к дождю, прозе, ветру.
 На Кирилу (22 июня) солнце отдает земле всю силу.
 На Тихона (29 июня) певчие птицы, кроме соловья и кукушки, затихают.
 Одуванчик сжимает свой шар — к дождю.
 Плесень на ветоши — к урожаю рыжиков.
 После Олёны (3 июня) царит зеленый (т. е. буйные травы).
 Пух полетел с осины — жди подосиновиков.
 Пчелы перед дождем летают вблизи ульев, перед хорошей погодой они летят далеко в поле.
 Пчелы роем гудят на цветущей рябине — завтра будет ясный день (цветы рябины выделяют нектар только в сухую погоду).
 Рыба играет, выпрыгивает из воды — жди непогоды.
 Рыжик первый — сей рожь.
 Росы обильные в июне — к богатому урожаю.
 Соловей поет всю ночь без устали — перед ветреным днем.
 Сыроежки появились раньше белых — в лесу с корзиной делать нечего.
 Сычи ночью кричат — к дождю.
 Туман первый лета — правильная грибная примета.
 Цветы выюнка закрываются — скоро будет дождь, распускаются в пасмурную погоду — будут солнечные дни.
 Цветы чистотела перед дождем заметно склоняются.
 Шиповник зацвел — началось лето.
 Шиповник цветы не раскрыл — будет дождь.

Составитель — профессор Львовского лесотехнического института

В. П. Рябчук

СОДЕРЖАНИЕ

- Р. Е. Калитеевский.* Экологические и технологические аспекты маркетинга в лесопилении 3

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Г. Т. Криницкий, Л. С. Сикора, Н. Л. Гирнык, И. М. Согор, А. И. Мартыненко.* Информационно-ресурсная модель функционирования древесных растений с самоорганизующейся структурой 8
- А. И. Барабин.* Зависимость качества семян сосны и ели от обилия урожая 13
- А. В. Селиховкин.* Лесоэнтомологический мониторинг в зонах интенсивного промышленного загрязнения 16
- С. В. Коптев.* Фауна северотаежных ельников 20
- Н. И. Данилов.* Формирование снежного покрова в насаждениях различного состава и структуры 27
- А. М. Роднянский, А. Н. Смольянов.* Исследование надземной фитомассы елово-пихтовых древостоев Пермской области 31
- Б. В. Раевский.* Фенология и особенности развития сосны скрученной на ранних этапах онтогенеза 35

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- С. И. Морозов, А. В. Ярость.* Об условиях укладки температурно-напряженного пути в кривых лесовозных УЖД 41
- Д. В. Памфилов.* Вероятностный расчет поперечной устойчивости колесных лесных тракторов 46
- В. П. Стуков.* Случай расчета нагеля в древесине 50
- В. Е. Сергутин.* О постулате Шези для открытых потоков 54
- А. Т. Герасимов, Ю. В. Травкин.* Применение водотопливной эмульсии для снижения токсичности дизельного двигателя 63

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- А. А. Янушкевич, М. И. Кулак, М. К. Яковлев.* Сплайны в моделировании раскроя круглых лесоматериалов 68
- Ю. М. Стахийев, В. В. Макаров.* Об особенностях колебаний жестко закрепленной и плавающей на пильном валу круглой пилы при использовании аэро-статических направляющих 73
- Д. В. Иванов, Л. С. Суровцева.* Рациональное использование тонкомерного сырья 78
- Е. Б. Рюмина, Г. Б. Успенская.* Уровень доверительной вероятности нормируемых показателей прочности конструкционных пиломатериалов 81
- А. И. Старцева, А. И. Полуказакова, С. А. Бурлов.* Исследование модификации древесины композицией на основе полиэтилгидросилоксана 86

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Р. Е. Смирнов, Ю. Г. Бутко, В. И. Степанова, Т. Б. Глобина, С. В. Булгаков, В. А. Попова.* Переработка щелока от сульфит-фосфорнокислой варки целлюлозы на кормовые дрожжи 90
- Ю. И. Дьяченко, А. Р. Габриелян, Т. А. Туманова, Н. А. Герасимова.* Влияние сульфата натрия на отбелку термомеханической массы дитионитом натрия 92
- Л. И. Бельчинская, В. В. Саушкин, Б. Ф. Маликов.* Сравнительная характеристика природных и искусственных сорбентов стирола и ацетона 100
- А. А. Комиссаренков, Р. Г. Алиев, А. В. Буров, В. В. Шарков, Л. Б. Луферова.* Оценка влияния неорганических сорбентов на процесс делигнификации древесины органосольвентным методом 104

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Е. С. Романов.* Судьбы хозрасчета 109
Н. И. Кожухов, А. Х. Чочаев. Макромоделирование сегментов рынка лесных продуктов и услуг 112

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- Б. П. Чураков.* Влияние рекреационных нагрузок на зараженность дуба черешчатого трутовыми грибами в Среднем Поволжье 116
А. В. Шамаев. Популяционные особенности насекомых-ксилофагов бука восточного и пихты кавказской на вырубках и в лесных массивах 118
Ю. В. Травкин, А. Т. Герасимов. Исследование содержания токсичных веществ канцерогенной группы в подкапотном пространстве автомобиля 121
Э. Н. Сабуров, А. Н. Орехов. Экспериментальное исследование аэродинамики циклонной камеры большой относительной длины 123

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Л. П. Ефремова, В. И. Пчелин, Н. А. Соколова.* Учебное пособие по декоративному лесоводству 133

ЮБИЛЕИ

- Ректорат Архангельского лесотехнического института, деканат лесоинженерного факультета, коллектив кафедры сухопутного транспорта леса, редколлегия и редакция «Лесного журнала». Юбилей В. В. Щелкунова 135

НЕКРОЛОГИ

- Ректорат и сотрудники МЛТИ.* Памяти П. С. Серговского 136

ЛЕСНОЙ ФЕНОЛОГИЧЕСКИЙ КАЛЕНДАРЬ

- В. П. Рябчук.* Лесной месяцеслов 137

- Рефераты 143

CONTENTS

- R. E. Kaliteevsky*. Ecological and Technological Aspects of Marketing in Sawmilling 3

FORESTRY

- G. T. Krinitsky, L. S. Sikora, N. L. Girnyk, I. M. Sogor, A. I. Martynenko*. Information-Resource Model of Self-Healing Ligneous Plants' Functioning 8
- A. I. Barabin*. Dependence of Pine and Spruce Seeds Quality on Yield Abundance 13
- A. V. Selikhovkin*. Forest-Entomological Monitoring of Industrial Intensively Polluted Areas 16
- S. V. Koptev*. Defects in Timber in Northern Taiga Spruce Forests 20
- N. I. Danilov*. Formation of Blanket of Snow in Forest Stands of Different Composition and Structure 27
- A. M. Rodnyansky, A. N. Smol'yanov*. Investigation into Surface Phytomass of Spruce and Fir Forest Stands in Perm' Region 31
- B. V. Raevsky*. Phenology and Features of Lodgepole Pine Growth at Early Stages of Ontogenesis 35

FOREST EXPLOITATION

- S. I. Morozov, A. V. Yaros'*. On Laying Conditions of Temperature-Strained Track on Curved Forest Narrow Gauge Railways 41
- D. V. Pamfilov*. Probability Calculation of Lateral Stability of Wheeled Forest Tractors 46
- V. P. Stukov*. An Instance of Tree Nail Calculation in Wood 50
- V. E. Sergutin*. On Shesy's Postulate for Open Flows 54
- A. T. Gerasimov, Yu. V. Travkin*. Usage of Water-Fuel Emulsion for Reducing Diesel Engine Toxicity 63

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

- A. A. Yanushkevich, M. I. Kulak, M. K. Yakovlev*. Splines in Modelling of Round Timber Cutting 68
- Yu. M. Stakhiev, V. V. Makarov*. On Oscillations Features of Fixed Circular Saw When Using Aerostatic Guides 73
- D. V. Ivanov, L. S. Suroutseva*. Rational Using of Small-Sized Raw Materials 78
- E. B. Ryumina, G. B. Uspenskaya*. Confidence Probability Rate of Standardizing Strength Indices of Structural Lumber 81
- A. I. Startseva, A. I. Polukazakova, S. A. Burlov*. Investigation of Wood Modification by Polyethylhydroxyloxane Composition 86

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

- R. E. Smirnov Yu. G. Butko, V. I. Stepanova, T. B. Globina, S. V. Bulgakov, V. A. Popova*. Processing of Sulphite Phosphoric Pulping Liquor into Fodder Yeast 90
- Yu. I. D'yachenko, A. R. Gabrielyan, T. A. Tumanova, N. A. Gerasimova*. Effect of Sodium Sulphite on Sodium Dithionite Thermomechanical Pulp Bleaching 92
- L. I. Bel'chinskaya, V. V. Saushkin, B. F. Malikov*. Comparative Characteristics of Natural and Artificial Sterol and Acetone Sorbents 100
- A. A. Komissarenkov, R. G. Aliev, A. V. Burov, V. V. Sharkov, L. B. Lufarova*. Evaluation of Non-Organic Sorbents Effect on Organicsolvent Wood Delignification 104

ECONOMICS AND MANAGEMENT

- E. S. Romanov.* Lot of Khozraschet 109
N. I. Kozhukhov, A. H. Chochaev. Macromodelling of Market Segments of Forest Products and Services 112

SUMMERIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

- B. P. Churakov.* Influence of Recreational Loads on Common Oak Infecting with Bracket Fungi in the Middle Volga Area 116
A. V. Shamaev. Xylophage Population Features of Eastern Beech and Nordmann-Fir in Clearings and Large Forest Areas 118
Yu. V. Travkin, A. T. Gerasimov. Investigation of Toxic Carcinogenic Substances in Under-Hood Area of Automobile 121
E. N. Saburov, A. N. Orekhov. Experimental Research into Aerodynamics of Cyclone Chamber of Great Relative Length 123

CRITIQUE AND CONFERENCES

- L. P. Efremova, V. I. Pchelin, N. A. Sokolova.* Textbook on Decorative Arboriculture 133

JUBILES

- Administration of Arkhangelsk Forestry Engineering Institute and Dean's Office of Forest Engineering Faculty, Staff of Timber Land Transport, Editorial Board and Staff of „Lesnoi Zhurnal“.* Jubilee V. V. of Shchelkunov 135

OBITUARIES

- Administration and Members of the Staff of MFTI.* In Memory of P. S. Ser-govsky 136

FOREST PHENOLOGY CALENDAR

- V. P. Ryabchuk.* Forest Months Calendar 137
 Précis 143
-

РЕФЕРАТЫ

УДК 338.26:674.093

Экологические и технологические аспекты маркетинга в лесопилении. КАЛИТЕЕВСКИЙ Р. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 3—7.

УДК 630*161.4.001.572

Информационно-ресурсная модель функционирования древесных растений с самоорганизующейся структурой. КРИНИЦКИЙ Г. Т., СИКОРА Л. С., ГИРНЫК Н. Л., СОГОР И. М., МАРТЫНЕНКО А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 8—12.

На основе совокупности электрофизиологических показателей разработаны информационно-ресурсная и управляющая схемы функционирования древесного организма, представленного в виде объекта с заданной структурой иерархического управления. Ил. 4. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*232.318

Зависимость качества семян сосны и ели от обилия урожая. БАРАБИН А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 13—16.

Анализ 25-летних данных показал, что для ели качество семян в урожайные годы очень высокое, в малоурожайные — низкое. В целом за истекший период получено более 50% семян 1-го класса, нестандартных — около 5%. Для сосны между качеством семян и обилием семенности четкой закономерности не выявлено. Масса заготовленных семян 1-го класса превысила 25%, нестандартных — 15%. Табл. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*425:630*453

Лесозитомологический мониторинг в зонах интенсивного промышленного загрязнения. СЕЛИХОВКИН А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 16—19.

Показана специфика организации лесозитомологического мониторинга в условиях промышленного загрязнения воздуха, приведен список приоритетных объектов надзора для Братского района. Сделаны общие выводы о типе динамики численности видов, популяции которых представляют наибольшую опасность для древостоев аэротехногенных экосистем. Табл. 1. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630*443

Фаутиность северотасжских ельников. КОПТЕВ С. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 20—27.

Приведены закономерные связи встречаемости пороков стволов ели северотасжских ельников с таксационными показателями древостоев. Изучены размерные и качественные характеристики гнилей. Исследования проведены на большом фактическом материале, обеспечившем достоверные результаты. Ил. 1. Табл. 9. Библиогр. список: 11 назв.

УДК 551.578.4:630*228

Формирование снежного покрова в насаждениях различного состава и структуры. ДАНИЛОВ Н. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 27—31.

Изучена зависимость между накоплением снега в лесу и составом насаждений, их полнотой, ярусностью, сомкнутостью полога. Показано положительное влияние рубок ухода на влагооборот. Табл. 3. Библиогр. список: 13 назв.

УДК 630*52:630*174.754

Исследование надземной фитомассы словопихтовых древостоев Пермской области. РОДНЯНСКИЙ А. М., СМОЛЬЯНОВ А. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 31—35.

На основе анализа модельных деревьев ели и лихты получен ряд математических моделей, отражающих динамику накопления фитомассы. Для разработки нормативов сделан выбор шкалы разрядов высот. Ил. 1. Табл. 3. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 582.475.4:630*232.32

Фенология и особенности развития сосны скрученной на ранних этапах онтогенеза. РАЕВСКИЙ Б. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 35—40.

Изложены результаты изучения грунтовой всхожести семян сосны скрученной, ее роста и развития в молодом возрасте. Выявлены высокая энергия роста и жизнеспособность растений экзота, особенности феноритма, генетически обусловленное быстрое накопление фитомассы с первых лет жизни. Сделан вывод о перспективности интродукции сосны скрученной в условиях Карелии. Ил. 1. Табл. 3. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 625.31.001.24

Об условиях укладки температурно-напряженного пути в кривых лесовозных УЖД. МОРОЗОВ С. И., ЯРОСЬ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 41—46.

Рассмотрены условия назначения минимальных и максимальных температур укладки рельсовых плетей в кривых малых радиусов. Приведены новые расчетные зависимости для определения критической силы в кривых лесовозных УЖД в зависимости от их радиусов. Дан пример расчета минимальных и максимальных температур укладки при различной ширине плеча балластной призмы и разном числе шпал на 1 км пути. Ил. 2. Табл. 3.

УДК 630*377.44.001.4/5

Вероятностный расчет поперечной устойчивости колесных лесных тракторов. ПАМФИЛОВ Д. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 46—50.

Разработана методика расчета поперечной устойчивости лесных колесных тракторов. Использована корреляционная теория случайных процессов. Исследовано влияние угла склона, скорости движения и жесткости шин трактора К-703 на его устойчивость. Ил. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 624.072.233.5

Случай расчета нагеля в древесине. СТУКОВ В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 50—54.

Изложен расчет нагеля в древесине как балки на упругом основании при действии усилий M_0 , Q_0 , $K N_0$, приложенных на ее конце, и $D = 0$. Расчет выполнен методом начальных параметров в матричной форме, и позволяет определить деформации и усилия U_x , Q_x , M_x и Q_x в произвольном сечении нагеля. Ил. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 556.536

О постулате Шези для открытых потоков.

СЕРГУТИН В. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 54—63.

Постулат Шези проанализирован по данным Гидрологических ежегодников СССР. Сделан вывод о линейности связи сопротивления открытых потоков со средней скоростью течения. Предложена формула, по структуре подобная формуле Шези, но без квадратного радикала в правой части. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 35 назв.

УДК 621.43

Применение водотопливной эмульсии для снижения токсичности дизельного двигателя. ГЕРАСИМОВ А. Т., ТРАВКИН Ю. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 63—67.

Разработана схема опытной установки для приготовления и подачи водотопливной эмульсии непосредственно на двигатель. Приведены экспериментальные данные об изменении концентраций токсичных компонентов в зависимости от влажности эмульсии. Ил. 2. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 674.093:658.512.22

Сплайны в моделировании раскроя круглых лесоматериалов. ЯНУШКЕВИЧ А. А., КУЛАК М. И., ЯКОВЛЕВ М. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 68—73.

Разработаны математические модели круглых лесоматериалов на основе кубических сплайнов и некоторые алгоритмы моделирования раскроя, приведены результаты моделирования раскроя сырья, дано описание программного обеспечения и аппаратуры для использования в лабораторных и производственных условиях. Ил. 3. Библиогр. список: 11 назв.

УДК 674.053:621.934

Об особенностях колебаний жестко закрепленной и плавающей на пыльном валу круглой пилы при использовании азростатических направляющих. СТАХИЕВ Ю. М., МАКАРОВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 73—77.

Установлено, что плавающие пилы при использовании азростатических направляющих в значительно меньшей степени подвержены резонансным состояниям, чем жестко закрепленные на пыльном валу. Ил. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 674.093.6

Рациональное использование тонкомерного сырья. ИВАНОВ Д. В., СУРОВЦЕВА Л. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 78—81.

Установлено, что в зависимости от групп диаметров сырья можно подобрать пилопродукцию с наибольшим выходом и потребительской стоимостью, которая принесет предприятиям прибыль в условиях дефицита сырья. Табл. 2.

УДК 624.011.1

Уровень доверительной вероятности нормируемых показателей прочности конструкционных пиломатериалов. РЮМИНА Е. Б., УСПЕНСКАЯ Г. Б. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 81—86.

Показана целесообразность повышения доверительной вероятности нормируемых в СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции» показателей прочности конструкционных пиломатериалов при сортировке их как существующими визуальными, так и перспективными измерительными методами контроля. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 674.812

Исследование модификации древесины композицией на основе полиэтиленгликоксилоксана. СТАРЦЕВА А. И., ПОЛУКАЗАНОВА А. И., БУРЛОВ С. А. Изв. высш. учеб. заведений.

Лесн. журн., 1992, № 2, с. 86—89.

Получен материал на основе древесины марки ДМХМ-ОХ, пропитанной кремнийорганическим составом, который может быть использован в узлах трения в качестве втулок и подшипников, работающих при повышенных температурах. Ил. 2. Табл. 1.

УДК 630*813.13

Переработка щелока от сульфит-фосфорнокислой варки целлюлозы на кормовые дрожжи. СМЕРНОВ Р. Е., БУТКО Ю. Г., СТЕПАНОВА В. И., ГЛОБИНА Т. Б., БУЛГАКОВ С. В., ПОПОВА В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 90—92.

Установлены количественные зависимости, отражающие влияние основных факторов (рН раствора, содержание в нем SO_2 и температура обработки) первой ступени двухступенчатой сульфит-фосфорнокислой варки на содержание РВ в щелоке после второй ступени и выход нормальных абс. сухих кормовых дрожжей. Табл. 2.

УДК 676.16.023.143

Влияние сульфита натрия на отбелку термомеханической массы дитионитом натрия. ДЬЯЧЕНКО Ю. И., ГАБРИЕЛЯН А. Р., ТУМАНОВА Т. А., ГЕРАСИМОВА Н. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 92—100.

Исследовано влияние сульфита натрия на процесс отбелки термомеханической древесной массы растворами дитионита натрия (ДН). Рекомендовано проводить анализ препарата ДН на содержание основного вещества сульфита натрия (СН) и учитывать его при расчете расхода (ДН) на отбелку. Определено соотношение основных брутто-реакций, протекающих в процессе отбелки, при различном содержании в препарате ДН сульфита натрия. Ил. 4. Табл. 5. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 541.183:628.515

Сравнительная характеристика природных и искусственных сорбентов стирола и ацетона. БЕЛЬЧИНСКАЯ Л. И., САУШКИН В. В., МАЛИКОВ Б. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 100—104.

Методом классической гравиметрии определены изотермы адсорбции-десорбции стирола и ацетона на вводимых в полиэфирный лак ПЭ-265 глинистых минералах, искусственном кремнеземе и его модификации в целях снижения в воздухе промышленных помещений содержания летучих компонентов лака; установлено, что наибольшая и необратимая адсорбция ацетона происходит на аэросиле и палыгорските, стирола — на палыгорските и монтмориллоните. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*813

Оценка влияния неорганических сорбентов на процесс делигнификации древесины органически-сульфатным методом. КОМИССАРЕНКО А. А., АЛИЕВ Р. Г., БУРОВ А. В., ШАРКОВ В. В., ЛУФЕРОВА Л. Б. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 104—108.

Показано, что делигнификацию древесины водно-спиртовыми растворами в присутствии неорганических сорбентов можно проводить при концентрации спирта 20% от объема при одновременном повышении качества волоконного полуфабриката, что связано со снижением конденсации лигнина на волокно. Эффективность применения сорбентов обусловлена сорбцией лигнина на поверхности сорбента, его формой (кислотно-основными свойствами), а также растворимостью и способностью сорбента образовывать малорастворимые соединения с лигнином. Ил. 1. Табл. 4. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 335.244.018:630*3

Судьбы хозрасчета. РОМАНОВ Е. С. Изв.

выш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 109—112.

Показано, что главной чертой хозрасчета является контроль сверху за средствами для оплаты труда. С отменой его, а также либерализацией цен и др. можно говорить о переходе от хозрасчета к другой форме функционирования госпредприятий.

УДК 630*7.001.57

Макромоделирование сегментов рынка лесных продуктов и услуг. КОЖУХОВ Н. И., ЧОЧАЕВ А. Х. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 112—115.

Изложена концепция макроподхода к моделированию рынка лесных товаров и услуг. Решена задача принятия решений в условиях многокритериальности, рассмотрены некоторые аспекты проблемы применительно к поиску эффективной стратегии формирования и освоения рынка продуктов и услуг леса. Ил. 1. Табл. 1.

УДК 632.4:674.031.632.26

Влияние рекреационных нагрузок на зараженность дуба черешчатого трутовыми грибами в Среднем Поволжье. ЧУРАКОВ Б. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 116—118.

Показана нарастающая пораженность дуба гнилями двух трутовиков (дубовым трутовином и ложным дубовым трутовином) по мере увеличения рекреационных нагрузок. Табл. 1. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630*453

Популяционные особенности насекомых-ксилофагов бука восточного и пихты кавказской на вырубках и в лесных массивах. ШАМАЕВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 118—121.

На основании исследований, проведенных в буково-пихтовых лесах и на вырубках Адлерского мехлесхоза, проанализированы основные популяционные показатели доминантных видов насекомых-ксилофагов бука восточного и пихты кавказской. Табл. 2.

УДК 621.43

Исследование содержания токсичных веществ

канцерогенной группы в подкапотном пространстве автомобиля. ТРАВКИН Ю. В., ГЕРАСИМОВ А. Т. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 121—123.

Приведены данные об образовании канцерогенных веществ от автомобильного транспорта. Показано, что высокотемпературная зона нагрева оказывает каталитическое действие на образование канцерогенных веществ. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 536.24

Экспериментальное исследование аэродинамики циклонной камеры большой относительной длины. САБУРОВ Э. Н., ОРЕХОВ А. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 123—132.

Исследовано влияние относительной длины циклонной камеры на распределения тангенциальной, аксиальной и угловой скоростей, полного и статического давлений, циркуляции скорости, коэффициента сопротивления при различных схемах ввода и вывода потока, а также выявлены геометрические и режимные параметры, при которых в части рабочего объема образуется непроточная (застойная) зона. Ил. 5. Табл. 2. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630*273(075)

Учебное пособие по декоративному древоодству. ЕФРЕМОВА Л. П., ПЧЕЛИН В. И., СОКОЛОВА Н. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 133—134.

Юбилей В. В. Щелкунова. РЕКТОРАТ АРХАНГЕЛЬСКОГО ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА, ДЕКАНАТ ЛЕСОИНЖЕНЕРНОГО ФАКУЛЬТЕТА, КОЛЛЕКТИВ КАФЕДРЫ СУХОПУТНОГО ТРАНСПОРТА ЛЕСА, РЕДКОЛЛЕГИЯ И РЕДАКЦИЯ «ЛЕСНОГО ЖУРНАЛА». Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 135.

Памяти П. С. Сергеевского. РЕКТОРАТ И СОТРУДНИКИ МЛТИ. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 136.

Лесной месяцеслов. РЯБЧУК В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 2, с. 137—138.