

03
U-332

ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

4

1976

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ДЕВЯТНАДЦАТЫЙ

4

1976

АРХАНГЕЛЬСК

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. **И. М. Боховкин** (отв. редактор), доц. **Е. С. Романов** (зам. отв. редактора), доц. **С. И. Морозов** (зам. отв. редактора), проф. **Н. М. Белая**, доц. **П. И. Войчалъ**, проф. **И. В. Воронин**, проф. **М. Л. Дворецкий**, доц. **Г. Л. Дранишников**, проф. **М. И. Зайчик**, проф. **С. Я. Коротов**, акад. ВАСХНИЛ, проф. **И. С. Мелехов**, доц. **Н. В. Никитин**, проф. **А. Н. Песоцкий**, проф. **В. Н. Худогов**, проф. **В. В. Щелкунов**.

Ответственный секретарь редакции **А. И. Кольцова**.

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

Выходит 6 раз в год.

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 4
(Год издания девятнадцатый)

Сдан в набор 30/VI-1976 г. Подписан к печати 17/VIII-1976 г.
Форм. бум. 70X108^{1/8} Печ. л. 15,4+2 вкл. Физ. л. II. Уч.-изд. л. 15,37.
Сл. 00126. Тираж 2100. Заказ 4129. Цена 1 руб.

Типография им. Склепина издательства Архангельского обкома КПСС,
г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

УДК 634.0.2.001.5

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ В IX ПЯТИЛЕТКЕ

Б. М. БУГЛАЙ

Секция лесного хозяйства и лесной промышленности
НТС Минвуза СССР

В минувшем пятилетии в соответствии с программными указаниями XXIV съезда КПСС научно-исследовательская работа вузов лесотехнического профиля была направлена на решение главных проблем развития лесного хозяйства, лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности: повышение продуктивности лесов, комплексное и рациональное использование древесины, совершенствование технологии производства, повышение производительности труда. Сейчас можно констатировать, что на этом пути лесные вузы достигли определенных успехов.

Учеными лесохозяйственного факультета Ленинградской лесотехнической академии (ЛТА) проведена большая комплексная работа по изучению лесных биогеоценозов и их изменению под влиянием хозяйственной деятельности, предложена методика определения потенциальной производительности лесов, разработаны рекомендации по улучшению структуры насаждений для различных природно-экономических районов СССР.

Архангельским лесотехническим институтом (АЛТИ) проведена таксация ельников на Европейском Севере, составлены таблицы хода роста и рекомендации по организации лесного хозяйства в ельниках с различной возрастной структурой, разработаны методика определения объема рубок ухода за лесом и рекомендации по хранению семян хвойных пород, позволяющие расширить сроки их посадки.

В Белорусском технологическом институте (БелТИ) разработаны методы повышения продуктивности лесов республики путем создания подпологовых культур ели, биологической мелиорации молодняков и припевающих сосновых насаждений культурой люпина. Составлены таблицы хода роста сосновых, еловых и березовых древостоев, разработаны основы лесоустройства в БССР на почвенно-типологической основе и рекомендации по проведению санитарных рубок в сосновых насаждениях, пораженных корневой губкой.

В Воронежском лесотехническом институте (ВЛТИ) разработана и внедрена в производство методика определения биологической рекультивации отвалов Курской магнитной аномалии, разработаны рекомендации по реконструкции и рациональному использованию малоценных насаждений и оздоровлению усыхающих дубрав Чувашской АССР.

Учеными лесохозяйственного факультета Марийского политехнического института (МарПИ) совместно с ВНИИЛМом изучены процессы лесовозобновления в условиях Среднего Поволжья, смены пород и формирования древостоев, разработана система рубок глав-

ного пользования в лесах различных групп. Результаты этих исследований вошли в «Технические указания по отводу и разработке лесосек при постепенных рубках», утвержденные Минлесхозом РСФСР в 1974 г. Большие работы выполнены институтом по проблеме ликвидации последствий лесных пожаров в Марийской АССР.

В Брянском технологическом институте (БрТИ) разработано учение о стадийном развитии древесных растений и предложен согласованный с ним метод рубок ухода. На основе теоретических и экспериментальных исследований влияния ультрафиолетового излучения на рост и развитие лесных экосистем предложена модель их становления и развития, разработаны принципы ведения лесного хозяйства в колхозно-совхозных лесах в целях повышения их продуктивности и усиления роли в защите сельскохозяйственных угодий.

В Московском лесотехническом институте (МЛТИ) дана бонитировка почв для нужд лесного хозяйства, разработаны селекционно-генетическая основа сортового семеноводства, методы прогнозирования урожая семян сосны, дифференцированные нормы высева семян сосны и ели для большинства областей РСФСР, дано лесоводственное и экономическое обоснование выбора главных лесообразующих пород для центральных областей зоны смешанных лесов. Здесь же предложен метод составления унифицированных таблиц производительности лесных насаждений, разработаны теоретические основы биологического метода борьбы с вредителями леса, методы планировки, агроприемы и техника озеленения городов и населенных пунктов, а также основные положения по преобразованию прилегающих к ним лесов в лесопарки.

Как вклад в механизацию лесохозяйственных работ могут быть отмечены разработка и выпуск первой серии сеялок типа СЖУ-1 конструкции МЛТИ, создание модели автоматического лесопосадочного агрегата в БрТИ и опытных образцов бензобуров для корчевки пней в МарПИ.

Широкий круг больших и сложных задач решался в IX пятилетке учеными лесотехнических вузов в области механизации и совершенствования лесозаготовительных процессов. Среди них следует отметить:

исследования по оптимизации лесозаготовительного процесса и его управлению (МЛТИ, БелТИ), оптимизации структуры и размеров лесобрабатывающих предприятий, обеспечивающих полное и рациональное использование древесного сырья (ЛТА);

теоретическое и экспериментальное обоснование машин манипуляторного типа для валки, сбора, пакетирования и трелевки леса, выполненное в ЛТА;

создание и внедрение в производство новых конструкций грейферов для круглых лесоматериалов, в том числе грейферов для погрузки коротья (МЛТИ);

разработку станций диагностики и технического обслуживания лесовозных автомобилей (МЛТИ, АЛТИ);

разработку рекомендаций по улучшению проходимости и маневренности лесосечных машин и методов расчета параметров и режимов работы автоматизированного электропривода лесозаготовительного оборудования с использованием ЭВМ (МЛТИ) и разработку рекомендаций по формированию резервных запасов хлыстов и сохранению качества древесины (УЛТИ).

Особо следует отметить внедрение в производство и сдачу для серийного изготовления трактора ТБ-1 (ЛТА), грейфера для круглых лесоматериалов и оборудования для сбора пневого осмола (МЛТИ).

В области сухопутного транспорта леса учеными лесотехнических вузов выполнены исследования воздействия лесовозного подвижного состава на железнодорожный путь и даны предложения по совершенствованию узкоколейных дорог (АЛТИ, МЛТИ), разработана методика выбора оптимальной конструкции земляного полотна лесовозных автомобильных дорог с учетом промерзания грунтов (БелТИ) и определены основные параметры и конструктивные решения по новым способам погрузки в вагоны коротья и транспортировки лесных грузов (МЛТИ).

В области водного транспорта заслуживают внимания: разработка научных основ замены молевого сплава плотовым (БелТИ), рекомендаций по совершенствованию технологических процессов лесосплава, береговой сплотки и лесоперевалочных работ (АЛТИ, МЛТИ), теоретические исследования движения сплавных единиц в речном потоке (АЛТИ).

В области механической обработки древесины основные усилия ученых вузов были направлены на решение проблемы комплексного использования древесного сырья, повышения эффективности его раскря и переработки.

В МЛТИ была разработана методология выработки из пиловочного сырья пиломатериалов заданных размеров и качества, позволяющая существенно увеличить выход пиломатериалов высших сортов, в том числе экспортных, с экономической эффективностью до 10 р. на 1 м³ сырья. Метод прошел производственную проверку на Игарском лесопромышленном комбинате и принят Минлеспромом СССР для широкой проверки на других предприятиях.

Распространение пороков в древесине дальневосточных пород и условия раскря этого сырья для достижения максимального выхода пиломатериалов высокого качества изучены в Хабаровском политехническом институте, а способы раскря крупномерного пиловочного сырья Сибири и Дальнего Востока с наибольшим объемным выходом — в Сибирском технологическом институте (СибТИ). В АЛТИ исследовано влияние различных поставов на выход экспортных пиломатериалов, разработаны предложения по специализации лесозаводов по выработке отдельных сортиментов и предложения по выработке пиломатериалов и технологической щепы агрегатным методом.

В Белорусском технологическом институте определены экономически эффективные направления и способы переработки низкосортной древесины в БССР и установлены нормативы расхода сырья.

Особого упоминания заслуживает теория формирования поточных линий в лесопилении (ЛТА).

В IX пятилетии в лесных вузах продолжались исследования в области древесиноведения, среди которых следует отметить исследования реологических свойств и напряженного состояния древесины, выполненные в МЛТИ и положенные в основу разработки рациональных режимов камерной сушки; исследования плотности древесины как основного показателя ее качества (ЛТА), исследования свойств древесины прикарпатских пород (Львовский лесотехнический институт) и свойств древесины археологических раскопок (БелТИ).

Значительный объем исследований выполнен по вопросам сушки древесины: рациональные режимы сушки, положенные в основу государственных стандартов 1886—73 и 19773—74 (МЛТИ), исследования атмосферной сушки пиломатериалов, учтенные при пересмотре ГОСТа 3808—75 (АЛТИ) и др.

Результаты исследований по разработке системы учета и планирования сушки пиломатериалов, исследованию ее технологии, разработке методики сравнительных испытаний сушильных камер, выполненные в ЛТА, и исследования сушки лиственницы (СибТИ) использованы при составлении «Руководящих материалов по камерной сушке пиломатериалов».

Заслуживают также быть отмеченными большие исследования тепло- и массообмена при тепловой обработке и сушке и разработка на их основе методов расчета процессов нагревания и высыхания древесины, исследования циркуляции воздуха в сушильных камерах и процессов пропитки и предпропиточной сушки, выполненные в МЛТИ.

Значительные работы выполнены в вузах в области производства плитных древесных материалов и модификации древесины.

В проблемной лаборатории модификации древесины БелТИ разработаны теоретические основы модификации древесины, позволяющие определить эффективные импрегнирующие составы и прогнозировать свойства модифицированной древесины, отработаны технологические режимы пропитки древесины различными мономерами и смолами и их отверждения, разработана и передана для внедрения техническая документация по опытно-промышленному производству паркета из модифицированной древесины и введена промышленная установка для модификации изделий и конструкций из древесины. В этой же лаборатории изучены физические, химические и анатомические изменения в древесине в процессе ее деградации в культурном слое земли, разработаны способы консервации археологических древесных находок, успешно примененные в Бресте, Киеве, Новгороде, Пскове.

Велись работы по расширению сырьевой базы для производства древесностружечных плит, показавшие практическую пригодность и эффективность применения для их изготовления лесосечных отходов (МЛТИ), обрезков виноградной лозы (Грузинский политехнический институт). Разработана технология изготовления антифрикционных деталей из древесной стружки для вагонов метро (МЛТИ), прессованной массы со стружечным наполнителем (БелТИ), новые методы и составы для повышения водостойкости, огнестойкости плит (БелТИ, ЛТА).

Для производства гнукотклееных блоков в БелТИ разработаны опытные образцы вакуумного пресса.

Значительные работы выполнены в МЛТИ совместно с ВПКТИМом по стандартизации методов оценки качества поверхности изделий из древесины и лакокрасочных покрытий на них, завершившиеся утверждением ГОСТов 7016—75, 13639—75, 14644—75 и ОСТА 13-26—74.

Львовский лесотехнический институт успешно работал над созданием и внедрением на предприятиях нового абразивного инструмента (шлифовальных кругов).

Выполнен ряд работ по повышению эффективности и надежности деревообрабатывающего оборудования. Здесь можно отметить работы АЛТИ и БелТИ по внедрению фрезерно-пильных станков и УЛТИ по внедрению многопильных станков с круглыми пилами, разработку методов ускоренных испытаний деревообрабатывающего оборудования на надежность (МЛТИ).

Большие исследования выполнены учеными лесных вузов в области химической переработки древесины. Среди них, в первую очередь, следует назвать работы теоретического плана, в частности, разработку теоретических основ реологии бумажных масс (ЛТИ ЦБП — Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности), разработку методики математического моделирования, анализа

и оптимизации производственных процессов с применением ЭВМ (СибТИ) и теоретических основ химии и технологии сульфатных щелоков (ЛТА).

В целях повышения эффективности производства, получения новых материалов и повышения их качества в вузах разработан и внедрен в целлюлозно-бумажное производство ряд новых технологических процессов и аппаратов. Среди них можно назвать разработку и внедрение в производство технологии получения нового типа переплетных и декоративно-облицовочных материалов на бумажной основе, разработку метода получения высокорекреационной целлюлозы из низкорекреационной путем обработки ее водным раствором мочевины (ЛТА), определение оптимальных условий варок целлюлозы и полуцеллюлозы сульфитным способом, разработку и внедрение способа производства диметилсульфоксида из токсичных выбросов сульфатно-целлюлозного производства (ЛТИ ЦБП). В том же ЛТИ ЦБП разработаны новая аппаратура для процессов фильтрации и промывки целлюлозы с экономическим эффектом около 1,25 млн. р. на установку с производственной мощностью 400 т/сутки, конструкция пластинчатого теплоуловителя на теплорекуперационной установке новой бумагоделательной машины БЭ-02 (экономический эффект 126 тыс. р.). В СибТИ разработаны и внедрены в производство аппараты для размола волокнистых материалов с использованием гидродинамических эффектов. Значительное внимание вузовские ученые уделяли важным вопросам очистки и переработки отходов целлюлозно-бумажного производства. В ЛТИ ЦБП завершены комплексные натурные исследования условий очистки сточных вод Амурского целлюлозно-картонного комбината и разработана технология переработки отходов производства влагопрочной бумаги.

В АЛТИ разработана комплексная технология очистки и обезвреживания газовыбросов и конденсатов сульфатно-целлюлозного производства с получением одоранта сульфана. Применительно к условиям Братского и Байкальского целлюлозно-бумажных комбинатов экономическая эффективность от внедрения результатов этой работы оценивается примерно в 900 тыс. р. В ЛТА разработан и внедрен в производство режим биохимической переработки щелоков кислой сульфитной варки древесины лиственных пород, дающий экономический эффект 900 тыс. р. Проведен комплекс испытаний эффективности применения сульфатного лигнина в качестве модификатора винилпласта, средства для снижения вязкости растворов, применяемых при бурении скважин, в качестве наполнителя в производстве шин и для очистки сточных вод Байкальского целлюлозного завода (АЛТИ).

Среди наиболее значительных работ, выполненных в вузах в области гидролизного и лесохимических производств, в первую очередь можно назвать разработку в ЛТА технологических регламентов получения заместителей канифоли из диметаксилпропионовой кислоты и бензил-бензойных кислот. Экономическая эффективность при производстве диметаксилпропионовой кислоты в количестве 25 тыс. т. в год оценивается примерно в 7,8 млн. р.

Комплекс исследований в области совершенствования методов получения фурфурола из растительного сырья и выделения его из конденсатов, а также повышения его стабильности при хранении выполнен в БелТИ, а исследования взаимодействия фурфурола с креозолами и нитрофенолами — в АЛТИ. В АЛТИ разработаны также режимы извлечения сахаров из гидролизного лигнина путем прессования и комплексная технология энергетического использования лигнина в качестве топлива на ТЭЦ Сыктывкарского ДОКа. Экономический эффект от

внедрения режимов извлечения сахаров из липнина прессованием только по Архангельскому целлюлозно-бумажному комбинату составит около 900 тыс. р. в год.

В области лесохимических производств можно выделить разработанную в СибТИ теорию формирования карбонизированной структуры полукокса древесного угля, методы комплексного использования пиро-генных смол, режимы окисления коры лиственницы азотной кислотой и молекулярным кислородом с получением хинонных поликарбоновых кислот-стимуляторов роста растений и, наконец, разработку методов переработки различных отходов лесохимии (таллового пека, кубовых остатков сульфат-целлюлозного производства, смоляных отходов пиролиза) с использованием каталитического гидрокрекинга.

В приведенном выше перечне отмечены лишь наиболее значительные научно-исследовательские работы лесотехнических вузов в IX пятилетке. Они свидетельствуют о значительных достижениях. Результаты многих исследований не только внедрены в производство, но и используются в учебном процессе, вошли в учебники и учебные пособия, написанные в последние годы, и служат делу повышения качества подготовки выпускаемых высшей школой специалистов.

Однако наряду с определенными достижениями, в организации научно-исследовательской работы в вузах лесотехнического профиля все еще имеются недостатки. К ним в первую очередь следует отнести многотемность исследований, что ведет к распылению средств и усилий ученых.

Не всегда достаточны координация исследований, проводимых в вузах, и в отраслевых НИИ, и их связи с предприятиями. Поэтому иногда важные для отрасли научно-технические задачи решаются в вузах лишь частично, без доведения до полного завершения и внедрения результатов испытаний в производство.

Большой недостаток — медленное внедрение в производство результатов законченных научно-исследовательских работ.

В вузах лесотехнического профиля работает большое количество высококвалифицированных ученых. Все шире привлекаются к научной работе студенты. Поставленные XXV съездом КПСС на X пятилетку задачи повышения эффективности и качества научных исследований, дальнейшего совершенствования форм связи науки с производством и ускорения внедрения научных достижений в народное хозяйство требуют от ученых и научных подразделений наших вузов решительного устранения недостатков в организации научных исследований и максимального сосредоточения внимания и усилий ученых на важнейших проблемах лесного комплекса нашей страны.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 582:001.4:582.992

К ВОПРОСУ О СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ПОЛОЖЕНИИ

Pinus lapponica Mayr.

(по данным анатомии коры)

В. М. ЕРЕМИН

Воронежский лесотехнический институт

На основе сравнительного анализа анатомического строения коры сосны обыкновенной из различных условий местобитания и сосны лапландской выявлено, что различия в анатомии коры этих сосен являются следствием влияния экологических условий и не могут быть использованы для обоснования видовой самостоятельности сосны лапландской.

Морфологические признаки сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) варьируют очень широко. Описано около 150 ее разновидностей [21], [22], часть из которых признана самостоятельными видами. Как правило, выделенные разновидности приурочены к границам ареала линнеевского вида. При продвижении ареала с юга на север отклонения морфологических признаков от типичных становятся более отчетливыми и достигают предела в Лапландии [21].

Влияние климатических условий и географического местоположения сказывается и на морфолого-анатомических признаках. По П. Я. Соколову [27], северная сосна имеет: а) крупные смоляные ходы; б) большую толщину эпидермиса; в) большую толщину гиподермы; г) большую толщину хвои; д) меньшую длину хвои; е) меньшее отношение длины к ширине хвои. С этими выводами вполне согласуются данные и других авторов [7], [15], [38]. Сосна, произрастающая в северных районах нашей страны, приобрела столь специфические особенности, что вопрос о ее систематической принадлежности до сих пор не решен окончательно.

Анализируя литературные данные по этому вопросу, можно выделить по крайней мере три точки зрения. Согласно первой, сосна, произрастающая в Лапландии, является разновидностью сосны обыкновенной, впервые выделенной Фрисом в 1846 г. К этой точке зрения присоединились акад. В. Л. Комаров, В. Н. Сукачев и др. [9], [15], [19], [29], [32], [33], [37].

Автор второй точки зрения М. Вихура [44] рассматривает сосну, произрастающую в Лапландии, как самостоятельный вид. Этому мнению придерживается значительная часть исследователей [2], [3], [16—18], [20], [21], [28], [34], [35], [41—43].

Совершенно противоположное мнение высказали О. А. Чильман [40] и В. В. Фаас [31]. По мнению последнего, отличия лапландской сосны от обыкновенной несущественны, являются результатом влияния условий произрастания на Крайнем Севере и недостаточны для признания сосны лапландской подвидом, в тем более особым видом.

Ранее нами установлено, что в анатомическом строении коры довольно четко выражены видовые особенности [10], что и послужило поводом для изучения анатомической структуры коры северной сосны.

Образцы коры сосны лапландской взяты в Кандалакшском лесхозе Мурманской области с модельных деревьев 100-, 150- и 250-летнего возраста. Кроме того, взяты образцы и с 10—15-летних деревьев. Диаметр взрослых деревьев 18—32 см, высота — 12—15 м. Тип леса — бор-зеленомошник. Модельные деревья имели нормальное развитие, без внешних признаков поражения болезнями и вредителями, гнили в стволах не было. Для сравнения были привлечены данные, полученные при анализе анатомического строения коры сосны обыкновенной из БССР, Воронежской и Амурской областей (тип леса бор-зеленомошник), и сосны, произраставшей в условиях избыточного увлажнения на осоковом болоте в Липецкой области [11], [13].

Для изучения анатомического строения изготавливали постоянные препараты из коры 1-, 2-, 3-летних побегов и коры стволовой части. Образцы коры на стволе брали в зоне кроны, на середине и на высоте 1,3 м от поверхности почвы. Срезы и препараты готовили по общепринятой методике; препараты исследовали на микроскопах МБИ-6 и МВ-30.

Наиболее характерными признаками, позволяющими идентифицировать виды по анатомическому строению коры, обладают покровные ткани (эпидермис, гиподерма, перидерма), смолоносная система первичной коры, вторичный луб [10—12]. Ухудшение экологических условий вызывает в анатомии коры изменения, которые носят количественный, но не качественный характер [12], [13].

В строении эпидермиса различий не наблюдается. Гиподерма у лапландской сосны сложена более крупными в поперечнике клетками (60—100 мк в диаметре), тогда как у сосны обыкновенной общая ширина эпидермиса и гиподермы составляет 50—80 мк. Перидерма, заменяющая эпидермис, в побегах различается незначительно. У лапландской сосны в перидерме однолетних побегов наблюдается отложение только губчатой пробки, а у обыкновенной есть и каменистая. Начиная со второго года, в перидерме обеих сосен содержится как каменистая, так и губчатая пробка. Несколько меньше у сосны лапландской мощность перидермы, однако уменьшение толщины ее характерно и для сосны обыкновенной в неблагоприятных условиях произрастания [13]. Позже, при формировании ритидома, образуются повторные перидермы, структура которых сходна. У сосны лапландской они закладываются на меньшем расстоянии друг от друга, как и у сосны обыкновенной в условиях избыточного увлажнения. Ритидом у сосны лапландской развит хуже, его толщина в 1,5—2 раза меньше, чем у сосны обыкновенной из бора-зеленомошника, и почти такая же, как у сосны, произрастающей в условиях болота.

Таблица 1

Вид	Размеры ситовидных элементов, мк		
	длина	тангентальный размер	радиальный размер
Сосна лапландская (бор-зеленомошник)			
однолетний побег	840 ± 15	14 ± 0,2	11 ± 0,1
нижняя часть	2050 ± 48	28 ± 0,3	16 ± 0,2
Сосна обыкновенная (бор-зеленомошник)			
однолетний побег	1100 ± 20	20 ± 0,3	10 ± 0,1
нижняя часть	2844 ± 49	32 ± 0,2	22 ± 0,2
Сосна обыкновенная (болото)			
однолетний побег	790 ± 9	16 ± 0,2	11 ± 0,2
нижняя часть	1726 ± 55	27 ± 0,2	17 ± 0,1

Ситовидные клетки обеих сосен по внешнему виду одинаковы, но имеются различия в размерах (табл. 1). У сосен лапландской и обыкновенной из условий с повышенной влажностью почвы размеры ситовидных клеток чрезвычайно близки.

В количестве горизонтальной паренхимы различий нет: число лучей на 1 мм² тангентального среза колеблется в пределах 40—60 шт. в верхней части и 20—30 — в нижней части ствола. По высоте лучей сосна лапландская и сосна обыкновенная из условий избыточного увлажнения практически не различаются (более половины лучей имеет 1—5 слоев).

У сосны лапландской меньше выражена четкость в расположении аксиальной паренхимы, тогда как у сосны обыкновенной она располагается в виде более или менее четкой тангентальной полосы. В количестве кристаллоносной паренхимы между обеими соснами различий нет, форма кристаллов обычная для двухвойных сосен, хотя у сосны лапландской довольно часто встречаются сросшиеся стилоиды, отмеченные нами в коре сосны обыкновенной в избыточных условиях увлажнения [13].

Проводящая флоэма сосны обыкновенной представлена 14—16 клетками в ряду, ее ширина 300—320 мк, у сосны лапландской 100—160 мк (6—8 клеток в ряду). Такая же мощность проводящей флоэмы и у сосны, произрастающей на болоте.

В количестве (18—23 основных и 8—13 дополнительных), структуре и размерах смоляных ходов первичной коры между обеими соснами различий нет. Схема коммуникаций их описана нами ранее [12], [24].

Таким образом, между соснами обыкновенной и лапландской, произрастающими в оптимальных условиях, в анатомическом строении коры имеются существенные различия, заключающиеся в степени развития ритидома и вторичной флоэмы, периодичности заложения повторных перидерм, размерах ситовидных элементов, наличии сросшихся кристаллов. При сравнении коры сосны лапландской и обыкновенной, произрастающей в условиях избыточного увлажнения, можно видеть, что различия эти сплавиваются и сохраняются только в структуре пробки побегов и распределении аксиальной паренхимы по годичному слою.

Большую часть различий в анатомии коры сосны лапландской нужно признать следствием неблагоприятных условий произрастания в Мурманской области: бедность и высокая влажность почв, короткий вегетационный период, низкие температуры. Известно, что внешние условия вызывают большие изменения морфологических признаков, чем анатомических, которые часто генетически не закрепляются [14]. Выделение же сосны лапландской в самостоятельный вид основано именно на морфологических признаках [20—23]. К этому следует добавить, что большинство анатомов-древесиноведов не дает характеристики древесины сосны лапландской [1], [5], [8], [39]. Е. В. Будкевич [6], приводя описание древесины сосны обыкновенной, в том числе образцов с Кольского полуострова, различий не обнаруживает. Данные А. И. Терлецкого [30] и Л. А. Смирнова [26] нельзя использовать в целях систематики, как это делает Н. И. Орлова [21], так как исследовались технические свойства древесины. Последние, вполне естественно, находятся в прямой зависимости от почвенно-грунтовых условий, как, впрочем, и анатомические признаки [4], [25], [36].

Изложенное позволяет заключить, что данные анатомического строения коры не дают оснований для подтверждения точки зрения о выделении сосны лапландской в самостоятельный вид. Это заставляет нас придерживаться мнения, что сосна лапландская является разновидностью сосны обыкновенной *Pinus silvestris* var. *lapponica* Fries.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Абраменко С. Н. Определитель древесины главнейших пород СССР. Л., 1935. [2]. Аврорин Н. А. и др. Материалы по растительности Хибинских гор.—Труды СОПС, сер. Кольская, вып. II, 1936. [3]. Бернацкий А. А. Деревья и кустарники Карелии.—«Лесоведение и лесоводство», 1926, вып. 2. [4]. Блинцов И. К., Ипатьев В. А. Влияние осушения торфяных почв на анатомическое строение древесных сосны.—ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 2. [5]. Будкевич Е. В. Ключ к определению видов рода *Pinus* по анатомическим признакам вторичной древесины.—Труды Ботанического института АН АрмССР, 1950, т. VII. [6]. Будкевич Е. В. Древесина сосновых. Анатомическое строение и ключи для определения родов и видов М.—Л., изд. АН СССР, 1961. [7]. Гаммерман А. Ф., Никитин Н. А., Николоева Т. Л. Определитель древесины по микроскопическим признакам. М.—Л., 1946. [8]. Гладкова Л. И. Морфолого-анатомические и экологические особенности сосны обыкновенной разного географического происхождения. Автореф. канд. дис. М., 1955. [9]. Деревья и кустарники СССР. Т. I, Голосеменные. М.—Л., изд. АН СССР, 1946. [10]. Еремин В. М. Анатомическое строение коры хвойных древесных пород Дальнего Востока. Диссертация. Воронеж, 1972. [11]. Еремин В. М. Анатомическое строение коры сосны обыкновенной.—Междуз. научн. труды «Лесная ботаника и биология древесных растений», 1974, вып. 2. [12]. Еремин В. М. Анатомия смолоносной системы коры некоторых пихт, елей, лиственниц и сосен.—«Биологические науки», 1975, № 3. [13]. Еремин В. М. Влияние избыточного увлажнения на анатомическую структуру коры сосны обыкновенной.—ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 2. [14]. Иванова О. А. Генетика. М., «Колос», 1974. [15]. Каппер О. Г. Хвойные породы. М.—Л., Гослесбумиздат, 1954. [16]. Мишкин Б. А. Флора Хибинских гор. М.—Л., изд. АН СССР, 1953. [17]. Некрасова Т. П. Видовой состав флоры цветковых и высших споровых Лапландского заповедника.—Труды Лапландского гос. заповедника, вып. 4, 1960. [18]. Некрасова Т. П. Некоторые особенности роста сосны лапландской на Кольском полуострове.—В кн.: Леса Кольского полуострова и их возобновление. М., изд. АН СССР, 1961. [19]. Нестерчук Г. И. Плодоношение и естественное возобновление сосновых насаждений Кольского полуострова.—«Лесное хозяйство и лесная промышленность», 1931, № 3—4, 5—6. [20]. Орлова Н. И. Сем. сосновые — *Pinaceae* Lindl. Флора Мурманской области, вып. 1. М.—Л., изд. АН СССР, 1953. [21]. Орлова Н. И. Сосна в Мурманской области.—В кн.: Флора и растительность Мурманской области. Л., «Наука», 1972. [22]. Парамонов М. Ф., Терлецкий А. И. Свойства лапландской сосны.—«Карело-Мурманский край», Л., № 7—8, 1927. [23]. Правдин Л. Ф. Основные закономерности географической изменчивости сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.).—Вопросы лесоведения и лесоводства, Доклады на V Всемирном лесном конгрессе. М., 1960. [24]. Раскатов П. Б. Еремин В. М. Смолоносная система в коре дальневосточных сосен *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc., *P. pumila* (Pall.) Rgl., *P. funebris* Kom.—«Ботанический журнал», 1971, т. 56, № 7. [25]. Сахаров М. И. Анатомическое строение древесины сосны в связи с условиями произрастания.—Труды БрСХИ, 1940, т. II. [26]. Смирнов Л. А. О ежегодном высотном приросте *Pinus silvestris* L. ssp. *lapponica* Fr. в различных фитоценозах.—Труды Ботанического института АН СССР, сер. III (Геоботаника), 1936, вып. 3. [27]. Соколов П. Я. К вопросу о географических расах *Pinus silvestris* L.—Изв. Главн. Бот. сада СССР, 1928, т. XXVII, № 5, 6. [28]. Соколов С. Я., Связева О. Я. География древесных растений СССР. М.—Л., «Наука», 1965. [29]. Сукачев В. Н. К вопросу о ближайших задачах изучения растительности Кольского полуострова.—Работы Кольского Почвенно-ботанического отряда Северной научно-промышленной экспедиции. Гос. изд., Петербург, 1921, вып. I. [30]. Терлецкий А. И. Технические свойства лапландской сосны (*Pinus silvestris lapponica*) и ели (*Picea excelsa*) из Кандалакшской дачи Кольского полуострова.—Изв. Ленингр. лесного института, 1927, вып. 34. [31]. Фаас В. В. Леса Северного района и их эксплуатация.—Труды Северной научно-промышленной экспедиции ВСНХ, М.—Пг., 1922, вып. 15. [32]. Флора СССР. Т. I, Л., изд. АН СССР, 1934. [33]. Цинзерлинг Ю. Д. География растительного покрова Северо-Запада европейской части СССР.—Труды Геоморф. инст., сер. физико-географическая, Л., 1934, вып. 4. [34]. Цинзерлинг Ю. Д. Материалы по растительности Северо-Востока Кольского полуострова. М.—Л., изд. АН СССР, 1935. [35]. Чечотт А. Г. Леса западных склонов Хибинских гор и окрестностей г. Мурманска.—«Изв. Географического института», Л., 1925, вып. 5. [36]. Шатерникова А. Н. О влиянии различного стояния грунтовых вод на анатомическое строение сосны.—Труды по лесному опытному делу, 1929, вып. II (XX). [37]. Шиманюк А. П. Биология древесных и кустарниковых пород СССР. М., «Просвещение», 1964. [38]. Добринов И., Калинин В. Изучения вьерху вариабилности на смолните канали в иглолиста на белборови фунданки в географической култури—Научни трудов Висш. лесотехн. инст., т. XI. София, 1963. [39]. Greguss P. Xylotomische Bestimmung der heute lebenden Gymnospermen. Budapest, 1955. [40]. Kihlman O. A. Pflanzenbiologische Studien

aus Russische Lappland. — «Acta Soc. Fauna Fl. Fenn.», 1890, t. IV, № 3. [41]. Mayr H. Fremdländische Wald- und Parkbäume für Europa. Berlin, 1906. [42]. Neger F. W. Die nordische oder Lapplandkiefer (*Pinus silvestris* L. var. *lapponica* Fr.). — Tharandter Forstl. Jahrbuch, Berlin, 1913, Bd. 64, H. 2. [43]. Neger F. W. Die nordische oder Lapplandkiefer (*Pinus silvestris* L. var. *lapponica* Fr.). Tharandter Forstl. Jahrbuch, Berlin, Bd. 65, H. 2. [44]. Wichura M. Ein Ausflug nach Lulea — Lappmarken. Flora oder allgemeine botanische Zeitung. Regensburg, 1859, Jahrg., XLII, № 26.

Поступила 22 декабря 1975 г.

УДК 634.05

О ТОВАРНОСТИ ДРЕВОСТОЕВ СОСНЫ, ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ БРЯНСКОГО ЛЕСНОГО МАССИВА

В. С. ПОЛЯКОВ

Брянский технологический институт

Предлагаются сортиментные и товарные таблицы для сосновых культур Брянского лесного массива, в основу которых положены новые унифицированные ГОСТы.

Брянский лесной массив отличается значительной развитостью лесохозяйственного производства. Культуры сосны здесь занимают большие площади. Учетные работы по отпуску леса до сих пор проводились по общеизвестным сортиментным таблицам [1]. Однако, как показали наши наблюдения, эти таблицы неприемлемы для сосновых культур из-за значительной погрешности в определении как общего объема деловой древесины, так и запасов по категориям крупности (случайные ошибки достигают соответственно $\pm 15,5$ и $17,1\%$). Кроме того, в связи с введением новых унифицированных ГОСТов старые сортиментные таблицы во многом потеряли свою значимость. Все изложенное вызвало необходимость разработать таблицы, отражающие действительную товарную структуру сосновых древостоев основных типов лесных культур Брянского лесного массива.

Объектом исследования были наиболее распространенные 35—65-летние культуры сосны с первоначальным размещением деревьев $2,0 \times 0,6$; $2,2 \times 0,6$; $2,5 \times 0,6$; $3,0 \times 0,6$ м. Типы условий местопроизрастания — A_2 и B_2 .

Исходный материал был собран методом пробных площадей, где рубили модельные деревья, взятые по способу пропорционально-ступенчатого представительства (по 15—20 деревьев на каждой из пробных площадей). В работе была использована 31 пробная площадь с рубкой и таксацией 559 модельных деревьев. Стволы сосны разделявали на сортименты после рациональной разметки по внешним признакам срубленных деревьев согласно ГОСТам 9463—60 и 2140—61. Исследованные культуры сосны не имели гнили, крайне редко встречались рак, облом вершин, обдир коры и периферийной части древесины ствола (всего $0,2\%$ от общего числа наблюдений).

Длина бревен принята 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5 м. Сортиментные таблицы составили в соответствии с методикой П. В. Горского [2].

Выявлено, что экспериментальный материал представлен пятью разрядами высот, дальнейшая работа над ним сводилась к систематизации данных по разрядам высот, ступеням толщины и трем группам крупности. Затем эти данные были выражены в процентах от общего запаса древесины по каждой ступени толщины, выравнены графически и изложены в виде сортиментных таблиц (в качестве примера приводятся две из них — табл. 1).

Графическое выравнивание процентов выхода деловой древесины в целом и по группам крупности произведено с незначительными систематическими и средними квадратическими ошибками (соответственно в пределах от $-0,3$ до $+0,5\%$ и $\pm 1,3—2,2\%$).

Т а б л и ц а 1

Ступени толщины, см	Средняя высота, м	Средний объем ствола в коре, м ³	Выход деловой древесины по группам крупности, %			Итого деловой, %	Дрова, %	Ликвид, %	Отхо- ды, %
			крупная	средняя	мелкая				
I разряд высот									
6	11,0	0,0164	—	—	76,0	76,0	9,0	85,0	15,0
8	13,5	0,0360	—	—	83,0	83,0	5,5	88,5	11,5
10	15,8	0,0750	—	—	87,0	87,0	3,0	90,0	10,0
12	17,2	0,1150	—	—	88,0	88,0	2,0	90,0	10,0
14	19,7	0,1580	—	10,0	78,0	88,0	2,0	90,0	10,0
16	21,3	0,2190	—	32,5	56,0	88,5	1,5	90,0	10,0
18	22,9	0,2840	—	54,5	34,0	88,5	1,5	90,0	10,0
20	24,3	0,3690	—	66,5	22,0	88,5	1,5	90,0	10,0
22	25,5	0,4760	—	75,0	13,5	88,5	1,5	90,0	10,0
24	26,6	0,6000	—	79,5	9,5	89,0	1,0	90,0	10,0
26	27,7	0,7250	—	82,0	7,0	89,0	1,0	90,0	10,0
28	28,5	0,8600	13,5	71,0	4,5	89,0	1,0	90,0	10,0
30	28,9	1,0000	29,0	56,5	3,5	89,0	1,0	90,0	10,0
32	29,3	1,1500	42,5	43,5	3,0	89,0	1,0	90,0	10,0
II разряд высот									
6	9,5	0,0160	—	—	72,5	72,5	7,0	79,5	20,5
8	11,5	0,0334	—	—	82,5	82,5	4,5	87,0	13,0
10	13,8	0,0640	—	—	86,0	86,0	2,5	88,5	11,5
12	15,6	0,1000	—	—	87,0	87,0	2,0	89,0	11,0
14	17,2	0,1390	—	9,0	78,0	87,0	2,0	89,0	11,0
16	18,7	0,1910	—	31,5	56,0	87,5	1,5	89,0	11,0
18	20,1	0,2530	—	53,5	34,0	87,5	1,5	89,0	11,0
20	21,4	0,3250	—	66,0	21,5	87,5	1,5	89,0	11,0
22	22,6	0,4200	—	75,0	13,0	88,0	1,0	89,0	11,0
24	23,6	0,5310	—	79,0	9,0	88,0	1,0	89,0	11,0
26	24,7	0,6400	—	62,0	6,0	88,0	1,0	89,0	11,0
28	25,7	0,7620	13,0	71,0	4,0	88,0	1,0	89,0	11,0
30	26,7	0,8970	29,0	56,0	3,0	88,0	1,0	89,0	11,0
32	27,7	1,0330	42,0	43,5	2,5	88,0	1,0	89,0	11,0

Нами установлено, что в товарной структуре сосновых культур по всем разрядам высот при одинаковом их среднем диаметре различия незначительны. Поэтому для проведения массовых учетных работ составлена еще и средняя сортиментная таблица (табл. 2). Точность выравнивания данных при составлении этой таблицы достаточно высока (систематические ошибки колеблются от $-0,8$ до $+1,1\%$, случайные — в пределах $\pm 1,9-3,0\%$).

Проверка сортиментных таблиц на массовых материалах перечислительной таксации показала удовлетворительные результаты. Систематическая ошибка по деловой древесине равна в целом $+1,2\%$, по отдельным категориям крупности от $-1,4$ до $+1,6\%$. Случайная ошибка по деловой древесине в целом $\pm 1,5\%$, по категориям крупности — до $\pm 2,0\%$.

Товарные таблицы разработаны также согласно методическим указаниям П. В. Горского [2].

Один из основных моментов работы над товарными таблицами — составление рядов распределения числа стволов по ступеням толщины. При этом выравненные редуцированные числа по толщине исчислены не как средние арифметические величины, а взяты с общего графика изменения редуцированных чисел.

Средние диаметры древостоев сосны в отмеченных возрастных пределах колеблются от 3,4 до 16,8 см.

Таблица 2

Ступени толщи- ны, см	Разряды высот										Выход деловой древесины по группам крупности, %			Итого деловой, %	Дрова, %	Лик- вид, %	Отхо- ды, %
	I		II		III		IV		V		крупная	средняя	мелкая				
	высо- та, м	объем ствола, м³	высо- та, м	объем ствола, м³	высо- та, м	объем ствола, м³	высо- та, м	объем ствола, м³	высо- та, м	объем ствола, м³							
6	11,0	0,0184	9,5	0,0160	8,0	0,0145	6,6	0,0130	5,2	0,0115	—	—	68,0	68,0	7,0	75,0	25,0
8	13,5	0,0360	11,7	0,0334	9,9	0,0300	8,1	0,0280	6,5	0,0260	—	—	77,0	77,0	4,0	81,0	19,0
10	15,8	0,0750	13,8	0,0640	11,8	0,0550	9,7	0,0490	7,7	0,0420	—	—	82,5	82,5	2,5	85,0	15,0
12	17,8	0,1150	15,6	0,1000	13,3	0,0770	11,1	0,0730	8,8	0,0630	—	—	85,0	85,0	2,0	87,0	13,0
14	19,7	0,1570	17,2	0,1390	14,8	0,1230	12,3	0,1007	9,9	0,0900	—	8,0	78,0	86,0	2,0	88,0	12,5
16	21,3	0,2190	18,7	0,1910	16,1	0,1690	13,5	0,1450	11,0	0,1250	—	31,0	56,0	87,0	1,5	88,5	11,5
18	22,9	0,2840	20,1	0,2530	17,4	0,2220	14,7	0,1810	12,1	0,1690	—	53,5	34,0	87,5	1,5	89,0	11,0
20	24,3	0,3690	21,4	0,3250	18,5	0,2850	15,7	0,2500	13,0	0,2140	—	66,0	21,5	87,5	1,5	89,0	11,0
22	25,5	0,4760	22,6	0,4200	19,6	0,3790	16,7	0,3220	14,0	0,2760	—	75,0	13,0	88,0	1,0	89,0	11,0
24	26,8	0,6000	23,6	0,5310	20,6	0,4720	17,7	0,4060	14,9	0,3470	—	79,0	9,0	88,0	1,0	89,0	11,0
26	27,7	0,7250	24,7	0,6490	21,7	0,5740	18,7	0,5050	15,8	0,4220	—	82,0	6,0	88,0	1,0	89,0	11,0
28	28,5	0,8600	25,7	0,7620	22,7	0,6800	19,7	0,6010	16,8	0,5250	13,0	71,0	4,0	88,0	1,0	89,0	11,0
30	28,9	1,0000	26,7	0,8970	23,7	0,8000	20,8	0,6990	17,8	0,6260	29,0	56,0	3,0	88,0	1,0	89,0	11,0
32	29,3	1,1500	27,7	1,0330	24,7	0,9270	21,8	0,8280	18,8	0,7370	42,0	43,5	2,5	88,0	1,0	89,0	11,0

Таблица 4

Средний диаметр, см	Выход деловой древесины по группам крупности, %			Итого деловой %	Дрова, %	Ликвид, %	Отходы, %
	крупная	средняя	мелкая				
6	—	1,0	72,0	73,0	8,5	81,5	18,5
8	—	12,0	69,0	81,0	4,0	85,0	15,0
10	—	26,0	57,0	83,0	2,5	85,5	14,5
12	—	35,0	50,0	85,0	2,0	87,0	13,0
14	2,0	44,0	40,0	86,0	1,5	87,5	12,5
16	5,0	51,0	31,0	87,0	1,5	88,5	11,5

Товарность искусственных древостоев сосны

Таблица 3

Средние показатели древостоя		Выход деловой древесины по группам крупности, %			Итого деловой, %	Дрова, %	Ликвид, %	Отходы, %
Диаметр, см	Высота, м	крупная	средняя	мелкая				
I разряд высот								
6	11,0	—	2,0	76,0	78,0	10,0	88,0	12,0
8	13,5	—	13,0	71,0	84,0	5,0	89,0	11,0
10	15,8	—	27,0	60,0	87,0	3,0	90,0	10,0
12	17,8	—	37,5	50,0	87,5	2,5	90,0	10,0
14	19,7	2,0	46,0	40,0	88,0	2,0	90,0	10,0
16	21,3	5,0	52,0	31,0	88,0	2,0	90,0	10,0
II разряд высот								
6	9,5	—	1,0	75,0	76,0	9,0	85,0	15,0
8	11,7	—	12,0	71,0	83,0	4,5	87,5	12,5
10	13,8	—	25,5	60,0	85,5	3,0	88,5	11,5
12	15,6	—	36,5	50,0	86,5	2,0	88,5	11,5
14	17,2	2,0	45,0	40,0	87,0	2,0	89,0	11,0
16	18,7	5,0	52,0	31,0	88,0	1,5	89,5	10,5

Товарные таблицы (табл. 3, для краткости здесь приводятся только две из пяти таблиц) разработаны на основе наших сортиментных таблиц и рядов распределения числа стволов по ступеням толщины. Одновременно предлагается общая товарная таблица (табл. 4) для сосновых культур, где средние показатели товарности взяты с графиков, построенных по материалам составленных ранее товарных таблиц.

В заключение отметим, что подобные исследования товарности сосновых культур проведены впервые. Нужна дальнейшая разработка сортиментных и товарных таблиц на основе новых ГОСТов.

ЛИТЕРАТУРА

11. Анучин Н. П. Сортиментные таблицы. М.—Л., Гослесбумиздат, 1964.
 12. Горский П. В. Руководство по составлению таблиц. М., Гослесбумиздат, 1962.

Поступила 16 апреля 1976 г.

УДК 634.0.81

РОСТ И НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВСИНЫ ВОРОТНИЧКОВОЙ ФОРМЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

А. А. БОЖОК

Львовский лесотехнический институт

Дана краткая характеристика сосны воротничковой формы, произрастающей в Львовской области. Исследования показали, что плотность ее древесины ниже, чем у сосны обыкновенной формы, и характеризуется большим коэффициентом изменчивости. До 120-летнего возраста воротничковая сосна имеет хороший прирост по диаметру и высоте, в то время как у обыкновенной формы он значительно снижается.

О воротничковой форме сосны (*Pinus silvestris* L. f. *annulata* Fintelmann) упоминалось ранее в работах ряда авторов ([2], [3], [5], [6] и др.). По данным В. К. Мякушко [3], экземпляры воротничковой

сосны превосходят среднее дерево в насаждении на 5—20% по высоте и до 60% по диаметру. Количество воротничков на стволе может быть различным. Как правило, преобладают стволы с неполными кольцами и полукольцами, число полных колец по стволу возрастает с увеличением общего числа воротничков. Стволы этой формы сосны прямые, малосбежистые, имеют хорошо развитую крону и груботрещиноватую кору.

На территории Львовской области сосна воротничковой формы встречается во всех лесхозагах, где есть сосновые насаждения старшего возраста, и приурочена к свежим и влажным местоположениям. Согласно экологическим принципам лесной типологии, наиболее часто она встречается в свежей и влажной грабовой судубравах и свежей сосново-грабовой суббучине. Единичные экземпляры ее встречаются в таких насаждениях лишь с 60-летнего возраста. В более молодых насаждениях эта форма сосны не отмечена.

В лесоводственном отношении воротничковая сосна изучена достаточно хорошо. О строении и свойствах ее древесины в доступной нам литературе сведений нет. Только Н. Ф. Прикладовская [6] рекомендует использовать лучшие деревья этой формы в качестве маточников при селекционных работах.

Наши исследования проведены в одном из насаждений Страдчанского лесничества Ивано-Франковского учебно-опытного лесхозага. Состав древостоя 8С2Д, ед. Бк, Г; возраст сосны — 120 лет; средняя высота сосны — 31 м; дуба — 28 м; средний диаметр соответственно 50 и 44 см; полнота — 0,6; запас — 400 м³/га.

Подрост из граба, дуба черешчатого и осины высотой до 7 м, редкий. Подлесок из лещины, свидины кровавокрасной, бересклета бородавчатого. В травяном покрове отмечены кислица обыкновенная, майник двулистный, сныть обыкновенная, грушанка круглолистная, звездчатка лесная и др. Почва на участке среднедерновая, слабоподзолистая, влажная, супесчаная. Тип леса — влажная грабовая судубрава.

Образцы древесины для исследований брали возрастным буровом на высоте груди с южной части ствола и делили по радиусу на части по 5 см. Всего было взято 111 образцов с 32 экземпляров воротничковой сосны и 99 образцов с 27 экземпляров сосны обыкновенной формы. Условную плотность древесины определяли способом максимальной влажности [4]. Образцы древесины длиной по 5 см помещали в сосуд с дистиллированной водой, и путем периодического взвешивания с точностью 0,001 г после 10 дней определяли максимальную влажность. После высушивания до абс. сухого состояния образцы снова взвешивали.

Данные табл. 1 свидетельствуют, что между шириной годичного кольца образцов обыкновенной и воротничковой форм сосны разница весьма существенна. У обыкновенной формы ширина годичного слоя резко уменьшается к периферии, в то время как у воротничковой сосны этот переход более постепенный. Коэффициент вариации по этому признаку выражен сильнее у воротничковой формы. Показатели ширины годичного слоя обыкновенной формы более выравнены и характеризуются средним и низким уровнем вариабильности, у воротничковой — повышенным и средним.

Достоверность различия по плотности древесины весьма несущественна, хотя у обыкновенной формы изменение плотности по радиусу выражено сильнее.

Сосна воротничковой формы характеризуется более равномерной плотностью древесины и интенсивным приростом по диаметру до 120-летнего возраста, в то время как у обыкновенной формы прирост начинает снижаться раньше. Следовательно, у воротничковой сосны онтогенетический возраст по П. В. Воропанову [1] значительно ниже. При среднем диаметре сосны обеих форм 50 см экземпляры воротничковой формы имеют диаметр от 56 до 86 см. Вполне понятно, что в более старшем возрасте дифференциация в росте обеих форм будет еще сильнее.

Таблица 1

Показатели	Изменение показателей по радиусу ствола, см			
	>15	10-15	5-10	0-5
Количество образцов	16	31	32	32
	19	26	27	27
Ширина годичного слоя	2,98	2,63	2,49	2,00
	3,86	2,59	1,76	1,49
<i>M</i> , мм	0,48	0,66	0,66	0,52
	0,87	0,63	0,39	0,33
σ , мм	16,1	25,1	26,5	26,0
	22,6	15,0	10,9	11,4
<i>v</i> , %	0,120	0,118	0,116	0,091
	0,190	0,120	0,070	0,065
<i>t</i> , мм	4,0	4,5	4,6	4,6
	5,0	4,6	4,0	4,4
<i>p</i> , %	—3,8	—0,3	5,2	4,3
Достоверность различия двух форм сосны				
Условная плотность древесины	0,548	0,549	0,534	0,500
	0,495	0,555	0,560	0,519
<i>M</i> , г/см ³	0,063	0,065	0,053	0,050
	0,081	0,084	0,061	0,059
σ , г/см ³	11,5	11,8	10,0	10,0
	16,4	15,0	10,9	11,0
<i>v</i> , %	0,015	0,012	0,009	0,009
	0,018	0,016	0,012	0,011
<i>t</i> , г/см ³	2,9	2,0	1,7	1,7
	3,6	2,8	2,1	2,1
<i>p</i> , %	2,3	—0,3	—1,7	—1,4
Достоверность различия двух форм сосны				

Примечание. В числителе данные для сосны воротничковой формы; в знаменателе — обыкновенной.

Несколько пониженная у сосны воротничковой формы прочность древесины компенсируется равномерным ее распределением по радиусу; качество древесины у сосны этого вида более однородно, чем у обыкновенной формы. Если учесть, что среди сосен воротничковой формы встречаются экземпляры с повышенной прочностью древесины, то для лесной селекции эта форма может иметь весьма важное значение. Особую ценность могут представлять те экземпляры, у которых интенсивный прирост по высоте и диаметру сочетается с большой плотностью древесины.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Воробанов П. В. Оценка материнских деревьев. Брянск, 1973. [2]. Гроздов Б. В. Воротничковая сосна. — «Лесное хозяйство», 1958, № 9. [3]. Мякушко В. К. Сосна комірцева (*Pinus silvestris* L. f. *annulata* Fintelmann) в лісах УРСР. — «Український ботаничний журнал», 1974, т. 31. [4]. Полубояринов О. И. Плотность древесины. Л., ЛТА, 1973. [5]. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная. М., «Наука», 1964. [6]. Прикладовская Н. Ф. Воротничковая сосна в Львовской области. — Бюллетень Главного Ботанического сада АН СССР, вып. 83. М., «Наука», 1972.

Поступила 3 ноября 1975 г.

УДК 581.19

ГИСТОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЛКОВ В ВЕГЕТАТИВНЫХ И РЕПРОДУКТИВНЫХ ОРГАНАХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

П. Ф. СОВЕРШАЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Методом сулема-бромфеноловый синий изучена локализация общих белков в вегетативных апексах, генеративных почках и семенах сосны обыкновенной.

Окрашиванием срезов зеленым прочным выявлена локализация белков-гистонов. Установлена удивительная подвижность в изменении формы ядер после удаления ДНК.

Белки — основной химический компонент клетки. По участию в молекулярной организации клеточных структур и обмену веществ они делятся на конституционные, каталитические и запасные. Эти группы белков отличаются как структурными, так и функциональными особенностями, связанными с их локализацией в различных органеллах клетки.

По Г. Бушу [2], ядерные белки подразделяются на три подгруппы: основные белки (протамины, гистоны); кислые белки (растворимые, рибосомные, ядерные, глобулины, белки хроматина, ядрышковые); ядерные ферменты (ДНК-полимеразы, РНК-полимеразы, гликолитические и гидролитические ферменты).

Цитоплазматические белки в основном представлены ферментами, катализирующими многочисленные реакции внутриклеточного метаболизма.

В пластидах имеются различные группы белков — ферментов, катализирующих синтез пептидной связи, фосфолипидов, жирных кислот, и ферменты, обеспечивающие темновые реакции фотосинтеза. В хвое сосны нами обнаружена кислая фосфатаза и пероксидаза [13].

Белково-липидные комплексы, или липопротеиды пластид, были выделены и детально изучены Н. М. Сисакином с сотрудниками [11], [12]. За последние десятилетия достигнуты значительные успехи в изучении белков растений, особенно травянистых [1], [2], [4—6].

Изучение белков у хвойных пород биохимическими методами находится только в начальной стадии. Имеющаяся литература посвящена в основном исследованию белкового азота и свободных аминокислот, необходимых для синтеза белка [7—9], [14], [15]. Гисто- и цитохимических исследований белков у хвойных не проводилось. Учитывая это обстоятельство, а также большое значение белкового обмена в жизнедеятельности сосны, нами было предпринято это исследование.

Методика

Вегетативные почки брали с вершинок стволов сосны I класса возраста; генеративные почки-микростробилы — на той же пробной площади с нижних ветвей сосны IV класса возраста, мегастробилы — с верхних мутовок тех же сосен.

Гистохимические исследования общих белков производили методом Бонхеча. Свежие, фиксированные в жидкости Карнуа срезы обрабатывали по прописи Пирса [10].

Методика цитохимического исследования гистонов разработана Альфертом и Гешвиндом. Она основана на базофилии зеленого прочного к основным белкам. Мы применяли модификацию Ермакова [3]. Контроль выявленных гистонов производили инкубацией срезов в фосфатном буфере с 0,1 мг/мл чистого трипсина.

Результаты и обсуждение

1. Вегетативные почки

а) Локализация общих белков. В июле на конце растущего побега сосны закладывается новая ростовая почка. В начале морфогенеза почки образуются стерильные почечные чешуи, в пазухах которых позднее появляются листовые примордии. Последние развиваются, также образуя собственные чешуйки (до четырех). В это время белки локализуются в листовых следах и чешуях. В процессе морфогенеза почки основная масса белков сосредоточивается в листовых примордиях и чешуйках. В августе и сентябре интенсивность окрашивания увеличивается. По синему цвету хорошо заметно преобладание ядерных белков в брахибластах, чешуйках, листовых следах и проводящих пучках, а также в инициальной группе клеток апекса. В зоне материнских клеток и колончатой меристеме локализуются преимущественно цитоплазматические белки.

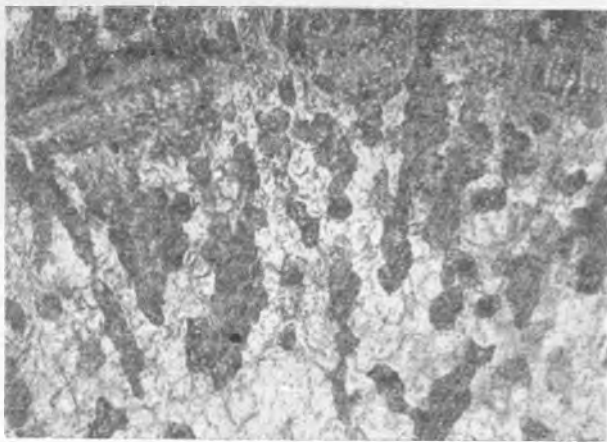


Рис. 1. Локализация белков в клетках колончатой меристемы и проводящих пучков ростовой почки сосны (поперечный срез основания почки). Препарат изготовлен 5.V.71 г. Увелич. $10\times 4,2$.

В период зимнего покоя интенсивность окрашивания несколько ослабевает. Однако на срезах почек под микроскопом отчетливо видны окрашенные целиком клетки и только их ядра. Локализация белков не изменяется. К началу вегетации число полностью окрашенных клеток уменьшилось, но интенсивность окраски увеличилась (рис. 1). Расположение этих клеток изменилось. Часть их образует сплошные радиальные полосы, направленные к проводящим пучкам.

В проводящих пучках окраска видна по всему пучку. Тон окраски слабый, поэтому в отличие от клеток колончатой меристемы здесь видны сильно окрашенные ядра, что свидетельствует о наличии как ядерных, так и цитоплазматических белков.

В брахибластах и чешуйках, наоборот, по-прежнему преобладают ядерные белки.

Таким образом, к началу вегетационного периода локализация белка не изменяется, но усиление интенсивности окраски говорит о количественном его увеличении или изменении качественного состава.

В период роста побега гистохимические исследования белков мы не проводили.

б) Локализация белков-гистонов. В работах многих авторов [4], [5], [15] показано, что в процессе роста и развития растений гистоны изменяются как количественно, так и качественно.

Цитохимические исследования гистонов в тех же почках сосны, проведенные нами параллельно с изучением общих белков, показали, что локализация гистонов в основном приурочена к тканям с преобладанием ядерных белков и ДНК. Однако в почечных чешуйках и проводящих пучках тон окраски был значительно светлее, чем при окрашивании на общие белки.

При исследовании многих препаратов нами было отмечено различие в форме ядер в разных тканях почки после удаления из них ДНК 5%-ной хлорной кислотой. В листовых примордиях и колончатой меристеме форма ядер была эллипсоидно-округлой, в проводящих пучках и почечных чешуйках — удлинённой.

II. Генеративные почки

В репродуктивных органах растений синтез белков идет параллельно с накоплением нуклеиновых кислот, несколько опережая синтез РНК. Основная масса ядерных белков у хвойных сосредоточена в развивающейся семязпочке и пыльниках (рис. 2). По данным Т. П. Некрасовой [8], содержание белкового азота в период дифференциации генеративных почек кедра сибирского (август) составило в женских почках 93,4%, в мужских — 99,8% от всего азота.



Рис. 2. Локализация белков-гистонов в микростробиле сосны (чешуйка, микроспорофиллы, проводящие пучки). Препарат изготовлен 5.V.71 г. Увелич. $10 \times 2,3$.

В год закладки генеративных почек сосны локализация белков в них соответствует местам сосредоточения ДНК. Весной второго года в микростробилах сосны на препаратах, взятых 1.VI.70 г. то есть уже

после мейоза, в пыльцевых зернах ядра имели вид вытянутых полосок. В клетках эпидермиса и тапетума они были округлыми.

Наиболее четкая окраска на гистоны проявилась в только что оплодотворенных семяпочках перезимовавших мегастробиллов. Ядерные белки здесь локализованы преимущественно в интегументе и клетках семенной чешуи. В клетках нукеллуса их очень мало. Форма ядер также различна, но преобладают эллипсоидно-округлые ядра. В дальнейшем развитии семяпочки в эмбриональный и постэмбриональный период локализация ядерных белков изменяется. С развитием проэмбрио, а затем и зародыша они постепенно сосредоточиваются в зародыше. В эндосперме семян накапливаются запасные цитоплазматические белки.

III. Семена сосны

Гистохимические исследования белков зрелых семян сосны были проведены нами в целях изучения их локализации в отдельных частях семени. Результаты исследований показали, что наибольшее количество общих белков наблюдалось в цитоплазме клеток эндосперма, а не в зародыше. Зародыш и эндосперм отличались по тону окраски.



Рис. 3. Локализация белков в зоне роста и растяжения hypocotила сосны на 7-й день прорастания. Увелич. $10 \times 2,3$.

Вместо синего на препаратах преобладали сине-зеленые и зелено-синие цвета. Возможно, что это обусловлено различием ИЭТ клеток эндосперма и зародыша, так как в алейроновом слое эндосперма преобладают растворимые белки (альбумины и глобулины). В процессе прорастания семян сосны локализация белка изменяется. Интенсивность окрашивания эндосперма снижалась, а в проростках увеличивалась и отличалась преобладанием более синих оттенков. Белки эндосперма постепенно передаются растущему зародышу. На седьмой день прорастания здесь наблюдались два очага интенсивного окрашивания: первый в зоне растяжения hypocotила (рис. 3), второй — в эпикотиле.

Ядерные белки-гистоны обнаружены нами в ядрах клеток эндосперма и зародыша. При этом форма ядер, окрашенных зеленым проч-

ным, была самой разнообразной. В клетках эндосперма с 4-го по 7-й день прорастания она изменялась от круглой до полусферической.

В проростках семян сосны конфигурация гистонов в ядре была также неодинаковой. В поверхностных слоях клеток туники в начале прорастания они были округлыми, эллипсовидными, а к 7-му дню — вытянутыми по оси проростка. В центральном цилиндре наблюдались в основном вытянутые по оси ядра. Эти различия могут зависеть от локализации гистонов в хроматине ядра, их фракционного состава, фазы митоза и состояния ДНК.

В настоящее время известно, что комплексируемость ДНК с гистонами зависит от ее фракций. Лабильная ДНК не насыщена гистонами, в то время как стабильная заблокирована ими полностью. В то же время различные фракции ДНК комплексируются с разными фракциями гистонов. Лабильная ДНК значительно лучше осаждается аргинин-богатым гистонем, стабильная ДНК — лизин-богатым гистонем [6].

По В. Г. Конареву [5], гистоны локализованы в инактивированных участках интерфазных хромосом и компактном хроматине. Это, безусловно, оказывает влияние на изменение структуры гистонов. В то же время в период митоза часть ядерных белков временно может выходить из ядра, а затем в телефазе возвращаться в него [2]. Вследствие этого в определенное время гистоны могут окрашиваться, находясь в свободном состоянии. Их конфигурация уже не зависит от молекулы ДНК и, очевидно, может быть разнообразной.

Эта интересная картина перевоплощения гистонов в ядре требует дальнейшего исследования. Мы убеждены в том, что это явление существует и, очевидно, связано с приведенными выше факторами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Аветисова Л. В. Об изменениях в содержании ДНК и гистонов в вегетативном апексе побега растений.— «Физиология растений», 1970, т. 17, вып. 5.
- [2]. Буш Г. Гистоны и другие ядерные белки. М., «Мир», 1967. [3]. Ермаков И. П. К методике цитохимического определения гистонов при помощи зеленого прочного.— «Физиология растений», 1965, т. 12, вып. 5. [4]. Кляшева Р. И. Об изменениях нуклеопротендов меристемы точек роста в зависимости от возраста.— «Физиология растений», 1968, т. 15, вып. 5. [5]. Конарев В. Г. Цитохимия и гистохимия растений. М., «Высшая школа», 1966. [6]. Конарев В. Г., Тютюрев С. Л., Алексеев В. Г. Структура и функциональная активность ДНК в проростках пшеницы.— Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, 1972, т. 47, вып. 1. [7]. Кудашова Ф. Н. О характере сезонных изменений в содержании аминокислот у семян ели.— В сб.: Метаболизм хвойных в связи с периодичностью их роста. Красноярск, 1973. [8]. Некрасова Т. П. Биологические основы семеношения кедра сибирского. Новосибирск, «Наука», 1972. [9]. Новицкая Ю. Е. Особенности физиолого-биохимических процессов в хвое и побегах ели в условиях Севера. Л., «Наука», 1971. [10]. Пирс Э. Гистохимия. М., ИЛ, 1962. [11]. Сисакян Н. М. Ферментативная активность протоплазменных структур. М., изд-во АН СССР, 1951. [12]. Сисакян Н. М., Безингер Э. И., Куваева Е. Б. Аминокислотный состав белков пластид.— ДАН СССР, 1950, т. 74, № 5. [13]. Совершаев П. Ф. Активность и локализация щелочной фосфатазы в вегетативных почках и молодых побегах сосны.— «Физиология растений», 1970, т. 17, вып. 1. [14]. Чикина П. Ф. Влияние удобрений на некоторые стороны азотного обмена у хвойных растений в условиях Карелии. Автореферат канд. дис. Петрозаводск, 1973. [15]. Durzan D. Nitrogen metabolism of *Picea glauca*. 3. Diurnal changes of amino acids, protein and chlorophyll in leaves of expanding buds. «Canad. J. Bot.» 1968, 46, 7.

УДК 634.0.0.18 : 519.281.2

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-БИОМЕТРИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ

А. П. ПЛЕХОТИН, Л. Г. МИХАЛКИНА, С. В. БЕРДНИКОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Методами регрессионного анализа обработаны фитофенологические и среднемесячные температурные ряды за период с 1841 г. по 1974 г. Получены зависимости дат облиствения березы и зацветания липы от среднемесячной температуры предшествующих месяцев для районов, по экологическим условиям близких к Ленинграду.

Для выявления температурно-биометрических связей сезонного ритма древесных растений и среднемесячной температуры воздуха t были обработаны многолетние фенологические ряды (данные ботанического сада с 1841 г. по 1974 г.) и соответствующие им температурные ряды (данные для г. Ленинграда). При этом была поставлена и решена экологическая задача найти характер зависимости фенодат облиствения березы бородавчатой (*Betula pendula*) — y_1 как фенологического индикатора начала подсезона «разгар весны» и фенодат зацветания липы мелколистной (*Tilia cordata*) — y_2 как фенологического индикатора сезона «разгар лета» от среднемесячных температур воздуха \bar{t} предшествующих месяцев.

Для определения искомых зависимостей применяли метод наименьших квадратов. Были взяты шесть уравнений регрессии:

$$\left. \begin{aligned} y &= b_0 + b_1 x; \\ y &= b_0 + b_1 x + b_2 x^2; \\ y &= b_0 + b_1 x + b_2 x^2 + b_3 x^3; \\ y &= b_0 + \frac{b_1}{x}; \\ y &= b_0 + b_1 \log |x|; \\ y &= b_2 \log |x| + b_1 x + b_0. \end{aligned} \right\} (1)$$

Математически задача состоит в том, чтобы по экспериментальным данным найти коэффициенты регрессии b_i уравнений (1) и из полученных уравнений выбрать такое, которое наилучшим образом согласовывалось бы с экспериментальными данными. В качестве критерия наилучшей регрессионной зависимости принимали величину

$$\sum_{i=1}^{134} (y_i - \hat{y}_i)^2 = \min, \quad (2)$$

где y_i — фактические фенодаты;

\hat{y}_i — расчетные фенодаты, полученные по уравнениям регрессии (1).

Все расчеты проводились в вычислительном центре ЛТА на машине «Минск-22».

Рассматривая фенодаты за 133 года как случайные величины, мы получили числовые характеристики одномерных рядов. В частности, облиственные березы в Ленинградской области наступает в среднем 13 мая (среднее квадратическое отклонение $\sigma = 8,65$), зацветание липы — 18 июля ($\sigma = 8,27$).

Были получены зависимости фенодат облиствения березы y_1 от среднемесячных температур марта \bar{t}_3 , апреля \bar{t}_4 и мая \bar{t}_5 , которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Изучаемая зависимость и ее характеристики	Вид уравнения	$N \sum_{i=1}^{\wedge} (y_i - y_i)^2$	Основная ошибка уравнения
$y_1 = f(\bar{t}_3)$ $r = -0,29$ $\pm 0,007$ $\eta = 0,34$ $\pm 0,007$	$y_1 = -0,838\bar{t}_3 + 40,032$ $y_1 = -0,014\bar{t}_3^2 + 0,944\bar{t}_3 + 39,970$ $y_1 = 0,0102\bar{t}_3^3 + 0,0561\bar{t}_3^2 - 1,230\bar{t}_3 + 38,743$ $y_1 = \frac{1,923}{\bar{t}_3} + 45,756$	67,941 67,888 66,679 92,784	$\sigma_{\text{лин}} = 8,274$ $\sigma_{\text{кв}} = 8,271$ $\sigma_{\text{куб}} = 8,197$ —
$y_1 = f(\bar{t}_4)$ $r = -0,77$ $\pm 0,003$ $\eta = 0,78$ $\pm 0,003$	$y_1 = -3,004\bar{t}_4 + 51,09$ $y_1 = -0,259\bar{t}_4^2 - 1,829\bar{t}_4 + 51,024$ $y_1 = 0,032\bar{t}_4^3 - 0,467\bar{t}_4^2 - 1,891\bar{t}_4 + 51,904$ $y_1 = \frac{7,614}{\bar{t}_4} + 34,605$	29,778 26,152 25,389 191,984	$\sigma_{\text{лин}} = 5,478$ $\sigma_{\text{кв}} = 5,134$ $\sigma_{\text{куб}} = 5,061$ —
$y_1 = f(\bar{t}_5)$ $r = -0,72$ $\pm 0,004$ $\eta = 0,73$ $\pm 0,004$	$y_1 = -2,789\bar{t}_5 + 69,383$ $y_1 = 0,100\bar{t}_5^2 - 4,671\bar{t}_5 + 77,701$ $y_1 = -0,004\bar{t}_5^3 + 0,201\bar{t}_5^2 - 5,543\bar{t}_5 + 80,019$ $y_1 = \frac{219,502}{\bar{t}_5} + 18,364$ $y_1 = 94,267 - 53,261 \log \bar{t}_5 $ $y_1 = 81,889 - 1,482\bar{t}_5 - 25,842 \log \bar{t}_5 $	36,043 35,431 35,415 59,283 36,159 35,466	$\sigma_{\text{лин}} = 6,027$ $\sigma_{\text{кв}} = 5,975$ $\sigma_{\text{куб}} = 5,974$ — — —

Примечание к табл. 1 и 2. y_1 — условная фенодата облиствения березы, приведенная к апрелю; y_2 — условная фенодата зацветания липы, приведенная к июню; r — коэффициент корреляции; η — корреляционное отношение.

Из анализа табл. 1 следует, что наилучшим образом регрессионная зависимость фенодат облиствения березы от среднемесячной температуры апреля, согласно выбранному критерию (2), выражается параболой третьего порядка

$$y_1 = 0,032\bar{t}_4^3 - 0,467\bar{t}_4^2 - 1,891\bar{t}_4 + 51,904.$$

Средняя квадратическая ошибка уравнения равна 5 суткам, а корреляционное отношение $\eta = 0,78$, что свидетельствует о достаточно тесной связи между изучаемыми рядами.

Среднемесячную температуру мая \bar{t}_5 для прогноза фенодат облиствения березы использовать нецелесообразно, несмотря на довольно тесную связь ($\eta = 0,73$) и среднюю квадратическую ошибку, равную 6 суткам, из-за более поздней информации о температуре.

Аналогично были рассчитаны зависимости фенодат зацветания липы мелколистной y_2 от среднемесячной температуры мая \bar{t}_5 , июня \bar{t}_6 и июля \bar{t}_7 . Результаты приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Изучаемая зависимость и ее характеристики	Вид уравнения	$N \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$	Основная ошибка уравнения
$y_2 = f(\bar{t}_5)$ $r = -0,66$ $\pm 0,004$ $\eta = 0,67$ $\pm 0,004$	$y_2 = -2,451 \bar{t}_5 + 71,053$	38,307	$\sigma_{\text{лин}} = 6,213$
	$y_2 = -0,031 \bar{t}_5^2 - 1,868 \bar{t}_5 + 68,476$	38,248	$\sigma_{\text{кв}} = 6,208$
	$y_2 = 0,012 \bar{t}_5^3 - 0,358 \bar{t}_5^2 + 0,962 \bar{t}_5 + 60,961$	38,079	$\sigma_{\text{куб}} = 6,195$
	$y_2 = \frac{449,482}{\bar{t}_5} - 1,433$	270,622	—
$y_2 = f(\bar{t}_6)$ $r = -0,47$ $\pm 0,006$ $\eta = 0,47$ $\pm 0,006$	$y_2 = -2,306 \bar{t}_6 + 82,475$	52,679	$\sigma_{\text{лин}} = 7,286$
	$y_2 = 0,507 \bar{t}_6^2 - 17,457 \bar{t}_6 + 194,1$	49,467	$\sigma_{\text{кв}} = 7,060$
	$y_2 = 0,134 \bar{t}_6^3 - 5,515 \bar{t}_6^2 + 71,847 \bar{t}_6 - 242,477$	48,559	$\sigma_{\text{куб}} = 6,997$
	$y_2 = \frac{712,243}{\bar{t}_6} - 0,209$	53,596	—
$y_2 = f(\bar{t}_7)$ $r = -0,33$ $\pm 0,007$ $\eta = 0,40$ $\pm 0,007$	$y_2 = 0,599 \bar{t}_7 + 76,463$	61,475	$\sigma_{\text{лин}} = 7,900$
	$y_2 = 0,156 \bar{t}_7^2 - 7,199 \bar{t}_7 + 126,167$	61,208	$\sigma_{\text{кв}} = 7,879$
	$y_2 = 0,106 \bar{t}_7^3 - 5,565 \bar{t}_7^2 + 94,752 \bar{t}_7 - 474,645$	61,632	$\sigma_{\text{куб}} = 7,855$
	$y_2 = \frac{495,886}{\bar{t}_7} + 19,880$	61,449	—
	$y_2 = 130,340 - 65,972 \log(\bar{t}_7)$	61,062	—
	$y_2 = 241,768 + 3,365 \bar{t}_7 - 203,194 \log(\bar{t}_7)$	61,874	—

При этом наилучшим видом регрессионной зависимости фенодат зацветания липы от среднемесячной температуры мая оказалась кубическая парабола

$$y_2 = 0,012\bar{t}_5^3 - 0,358\bar{t}_5^2 + 0,962\bar{t}_5 + 60,961$$

со среднеквадратической ошибкой, равной 6 суткам и $\eta = 0,67$.

Учитывая небольшую разницу в ошибке уравнения, для практических расчетов в целях простоты вычислений можно использовать линейную регрессию. Для определения совместного влияния среднемесячных температур воздуха на фенодаты облиствения березы y_1 были получены следующие уравнения множественной регрессии:

$$y_1 = -0,033\bar{t}_3 - 2,165\bar{t}_4 - 1,749\bar{t}_5 + 65,069;$$

$$y_1 = -0,171\bar{t}_3^2 - 0,983\bar{t}_4^2 - 4,713\bar{t}_5^2 - 0,0328\bar{t}_3 -$$

$$- 0,274\bar{t}_4 + 0,160\bar{t}_5 + 78,396;$$

при этом среднеквадратическая ошибка равна соответственно 4,3 и 3,8 суток. Приведенные расчеты позволяют сделать следующие выводы.

1. Существует тесная связь между фенодатами древесных растений и среднемесячной температурой воздуха, что позволяет прогнозировать сезонный ритм древесных растений, минуя традиционный, но трудоемкий метод сумм температур.

2. Полученные уравнения регрессии целесообразно применять в пределах районов, по экологическим условиям близких к Ленинграду,

учитывая, что параметры температурно-биометрических связей различны в разных климатических условиях.

3. В зависимости от интересующей точности наступления фенодат можно использовать уравнения парабол соответствующих порядков, приведенные в табл. 1 и 2.

4. Оптимально уравнение множественной регрессии со средней квадратической ошибкой в 3,8 дня, учитывающее совместное влияние всего температурного режима исследуемого фенологического явления.

ЛИТЕРАТУРА

11. Крамер Г. Математические методы статистики. М., «Мир», 1975. [2]. Линник Ю. В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. М., Физматгиз, 1962. [3]. Эднн Ю. Л. Дж., Кендэл М. Дж., Теория статистики. М., Госстатиздат ЦСУ СССР, 1960.

Поступила 2 февраля 1976 г.

УДК 634.0.16

ДИНАМИКА ПЛОЩАДИ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ НА ЛУГОВИКОВОЙ ВЫРУБКЕ

Л. Е. АСТРОЛОГОВА

Архангельский лесотехнический институт

Листовой индекс свежей луговиковой вырубке составляет 0,3 га на 1 га общей площади. За 4 года существования вырубке он возрастает в 10 раз. Основную часть площади листьев образуют травы, прежде всего, луговик извилистый. Листовая поверхность древесных пород с возрастом вырубке увеличивается, но и на четвертый год доля их участия в ассимилирующей поверхности ценоза остается незначительной.

В настоящее время широко исследуются биологические ресурсы лесных фитоценозов. При этом значительное и заслуженное внимание уделяется изучению первичной продуктивности растительных сообществ. Ассимилирующая поверхность растений — один из важнейших показателей их фитосинтетической активности, а следовательно, и продуктивности ценозов.

Многие исследования по МБП характеризуют статическое состояние продуктивности по данным одноразовых измерений или проводимых в течение одного сезона, однако больший интерес представляют динамические характеристики продуктивности экосистем, особенно в связи с восстановлением нарушенных лесных фитоценозов. Наибольшее лесохозяйственное и лесопромышленное значение имеет подзона средней тайги [9].

Наблюдения за площадью листовой поверхности мы проводили в Обозерском лесхозе Архангельской области в процессе изучения продуктивности луговиковых вырубок как первых стадий восстановления леса. Эти характерные для Европейского Севера СССР сообщества формируются после концентрированных рубок сосняков и ельников черничных и брусничных [6]. Исследования проводили в течение 4 лет, начиная с последующего за рубкой года. Тип леса — сосняк черничный, состав 8С2Б, ед.Е, IV класс бонитета, возраст 160 лет.

В изученном сообществе доминирует луговик извилистый (*Deschampsia flexuosa* Trin.), проективное покрытие которого за 4 года увеличилось от 0,4 до 0,6. Из разнотравья встречаются иван-чай (*Chamaenerion angustifolium* L.), золотарник (*Solidago virga aurea* L.). Возобновление древесных пород идет довольно медленно, оно представлено порослью и 1—2-летним самосевом березы пушистой (*Betula pubescens* L.), соответственно 320 и 9640 шт./га на четырехлетней вырубке.

В конце июля, в период максимального развития травостоя, определяли запасы его фитомассы на единицу площади. Был применен укосный метод на площадках по 0,25 м²; повторность 40-кратная, что достаточно для получения точности 8—10%. Площадь ассимилирующей поверхности измеряли у 100 листьев, взятых в 2—5-кратной повторности одновременно со сбором фитомассы. Для учета ассимилирующей поверхности измеряли одну сторону листьев, то есть их проекцию, у разнотравья — контуры листа. Очертания мелких листьев наносили на миллиметровую бумагу и высчитывали их площадь. Площадь листьев у злаков учитывали расчетным методом [8]. Для всех растений, кроме луговика, был применен метод высечек. Расхождение показателей, полученных разными методами, составило 7—10%.

Общая ассимилирующая поверхность фитоценоза в основном складывается из площади листьев растений, так как было установлено, что площадь стеблей составила лишь 8% поверхности. Подобные данные были получены Л. В. Махаевой [5]. Результаты анализа показали, что соотношение площади листьев разных видов соответствует их весовому участию в массе листьев ценоза. Большую часть ассимилирующей поверхности образуют травы (табл. 1).

Таблица 1

Виды растений	Вес листьев, ц/га				Ассимилирующая поверхность, м ² /га			
	1970	1971	1972	1973	1970	1971	1972	1973
Береза	—	0,86	3,2	4,60	—	1071	4225	6099
Осина	—	—	0,001	0,01	—	—	0,3	11,1
Рябина	—	0,002	0,008	0,02	—	2,3	9,2	22
Ива	—	—	0,4	0,01	—	—	14,1	12,2
Итого древесный ярус	—	0,9	3,3	4,6	—	1073	4249	6144
Луговик	3,60	5,60	6,90	7,3	2310	13100	16150	17085
Вейник	0,10	0,02	0,50	0,2	315	126,3	1525	690,2
Золотарник	0,40	0,58	0,63	0,4	938	1407	1285	650,2
Иван-чай	0,01	0,012	0,30	0,3	24,5	26	690	560
Ожика	0,10	0,26	0,4	1,0	25	73	100	5120
Итого травы	4,2	6,5	8,7	9,2	3612	14732	19750	24075
Черника	0,07	—	0,02	0,030	—	—	10	43
Брусника	—	—	0,02	0,025	—	—	5	17,5
Костяника	0,04	0,06	0,03	0,01	35	52	26	20,3
Итого кустарнички	0,10	0,06	0,07	0,6	35	52	41	80
Всего	4,3	7,5	12,1	14,4	3647	15857	24040	30299

На свежей вырубке общая листовая поверхность фитоценоза образована в основном напочвенным покровом. Ягодные кустарнички практически не играют роли в накоплении фитомассы на вырубке.

Луговиковые вырубки — один из наиболее трудно возобновляемых типов, особенно при отсутствии предварительного возобновления и источников обсеменения [1], [2], [4], [6], [7]. И в нашем опыте в течение четырех лет древесные породы также не играли существенной роли в создании ассимилирующей поверхности.

На свежей вырубке луговик образует 90% надземной массы трав и 63% ассимилирующей поверхности ценоза, являясь господствующим видом сообщества (рис. 1). Значительную листовую поверхность образует золотарник, развивающий после выхода из-под полога леса

крупные прикорневые розетки листьев. На двухлетней вырубке разрастается поросль березы пушистой, площадь листьев которой составила 7% от суммарной ассимилирующей поверхности (рис. 1). Усиленное развитие луговика со временем способствовало увеличению надземной массы травяно-кустарничкового яруса почти вдвое, в результате общая площадь листовой поверхности на вырубке возросла в 4,6 раза. На третий год существования вырубке основную роль в повышении ассимилирующей поверхности продолжают играть травы. Луговик остается эдификатором растительности вырубке и образует 20 ц/га надземной массы, развивая наибольшую площадь листьев среди растений ценоза (табл. 1). Общая поверхность листьев на трехлетней вырубке по сравнению со свежей лесосекой увеличилась в 7 раз (рис. 1).

На четырехлетней вырубке масса листьев растений возросла (табл. 1), следовательно, увеличилась площадь листовой поверхности. Доля древесного компонента в ассимилирующей поверхности повысилась почти в 3 раза (рис. 1), при этом 99% его приходится на листья березы.

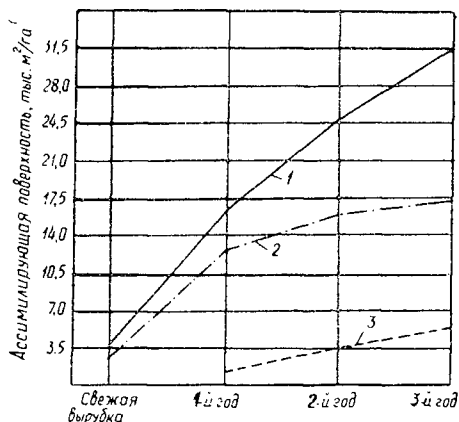


Рис. 1. Динамика ассимилирующей поверхности на луговиковой вырубке за 4 года.

1 — общей; 2 — луговика, 3 — древесного яруса.

Таблица 2

Виды растений	Число листьев, шт./растение			Площадь, см ²			
				одного листа		одного растения	
	1971	1972	1973	1971	1973	1971	1973
Луговик	260±7	302±9	309±11	0,7±0,06	0,9±0,08	182	277
Вейник	17±0,2	11±0,55	35±0,9	5,1±0,2	8,0±0,2	85	175
Золотарник	18±0,2	18±0,4	35±1	12,5±0,6	10,1±0,5	225	353
Иван-чай	30±0,5	37±1,5	37±11	8±0,5	9,5±0,3	240	351
Ожика	10±0,2	12±0,8	16±0,5	6,5±0,1	6,4±0,2	65	102

Площадь листьев одного растения каждого вида зависит от их количества и размеров. У растений на вырубке второго года количество листьев сначала резко увеличивается по сравнению со свежей, а потом изменяется незначительно (табл. 2). Площадь одного листа у растений одного вида с возрастом вырубке практически не изменяется. Наибольшая площадь отмечена у растений с многочисленными мелкими листьями, особенно у луговика извилистого.

В целом ассимилирующая поверхность ценоза четырехлетней вырубке возросла в 9 раз, достигнув 30 тыс. м²/га. Это значительно меньше, чем в сосновом молодняке II класса возраста, где по данным И. В. Каменецкой, К. В. Зворыкиной и Т. В. Малышевой [3] поверхность листьев только древесного яруса составляет около 60 тыс. м²/га. Таким образом, ассимилирующая поверхность открытого лесного сообщества увеличивается постепенно по мере развития древесной растительности, достигая максимума в древостое.

ЛИТЕРАТУРА

11]. Бельков В. П. Особенности главнейших видов травяного покрова вырубок в кисличниках и черничниках. Л., 1957. [2]. Воронова В. С. Влияние смен растительного покрова на естественное лесовозобновление вырубок.— Труды КФ АН СССР, вып. 7, 1957. [3]. Каменецкая И. В., Зворыкина К. В., Малышева Т. В. Продуктивность растительного покрова в некоторых типах молодых одновозрастных сосняков южной тайги.— В сб.: Продуктивность и структура растительности молодых сосняков. М., «Наука», 1973. [4]. Карманова И. В. Динамика зарастания лесосек в связи с взаимоотношениями растений на вырубках таежной зоны. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. биол. наук. Л., 1961. [5]. Махаева Л. В. О площади листьев травостоя нагорной луговой степи Крыма.— «Ботанический журнал», т. 58, № 5. Л., 1973. [6]. Мелехов И. С., Голдобина П. В. О природе луговиковых вырубков и их облесение.— В сб.: Концентрированные рубки в лесах Севера. М., АН СССР, 1954. [7]. Мелехов И. С., Стальская П. В. Типы вырубков и естественное возобновление.— Труды АЛТИ, т. XIX. Архангельск, 1959. [8]. Ничипорович А. А., Строганова Л. Е., Чмора С. В., Власова М. П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М., АН СССР, 1961. [9]. Поздняков Л. К. Основные направления в изучении лесных растительных ресурсов Сибири.— В сб.: Исследование биологических ресурсов средней тайги Сибири. Красноярск, 1973.

Поступила 8 декабря 1975 г.

УДК 634.0.232.42

ВЛИЯНИЕ АНТИТРАНСПИРАНТОВ НА НЕКОТОРЫЕ ПРОЦЕССЫ ВОДНОГО РЕЖИМА И РОСТА ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

В. С. ТЕОДОРОНСКИЙ, Н. Я. ПОПОВА, Г. Г. ЛОПАТИНА

Московский лесотехнический институт

Приводятся результаты экспериментальных исследований по влиянию антитранспирантов на транспирацию и ростовые процессы древесных саженцев в условиях вегетационного опыта.

Установлено, что антитранспиранты не оказывают отрицательного влияния на ростовые процессы и декоративность растений и могут успешно применяться для обработки растений при летних пересадках в облиственном состоянии.

Увеличение масштабов лесокультурных и озеленительных работ вызывает необходимость в разработке агротехнических приемов по расширению сроков посадочных работ и в их проведении в течение всего периода вегетации.

Известны различные способы продления периода покоя древесных саженцев: хранение их в ледниках, погребам, «снеговых прикопах». В озеленительной практике применяется пересадка в июне и июле крупномерных деревьев с увеличенным комом почвы вокруг корней. Однако эти способы не всегда эффективны, а порой экономически невыгодны.

С 1968 г. на кафедре озеленения населенных мест МЛТИ ведутся исследования, направленные на разработку агротехнических приемов пересадки древесных пород и удлинения сроков посадок с применением химических средств, например, антитранспирантов на основе пленкообразующих латексов отечественного производства.

В настоящей статье приводятся некоторые результаты наших экспериментов с древесными растениями, выращенными в вегетационных сосудах. Задача эксперимента состояла в том, чтобы выяснить реакцию различных листовых пород на обработку антитранспирантами, выполненную дважды в течение лета (длительное воздействие), а также сте-

пень снижения транспирации и влияние сокращения расхода воды на общее состояние отдельных органов и всего растения.

Объектами исследований служили 4—5-летние саженцы березы бородавчатой (*Betula verrucosa* Ehrh.), липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) и клена остролистного (*Acer platanoides* L.).

Вегетационные сосуды закладывали по общепринятой методике. В качестве субстрата использовали среднеподзолистую почву из питомника МЛТИ в смеси с песком (3:1). Влажность почвы в сосудах в течение всего опыта поддерживали постоянной (60% от полной влагоемкости). В качестве антитранспирантов применяли препарат ЛАТ-101* и английский препарат S-600, служивший эталоном.

Антитранспирационную обработку растений проводили из ручного гидропульта типа ОГ-7 два раза: 3 июля (через 50 дней после посадки растений в сосуды) и 28 июля (через 25 дней после первой обработки).

В течение 45 дней (23 дня после первой и 22 — после второй обработки) наблюдали за транспирационным расходом воды, ростовыми явлениями и накоплением сухого вещества в растениях. Контролем служили необработанные растения.

Транспирационный расход воды измеряли ежесуточно с 3 июля по 20 августа весовым методом. Сосуды с растениями взвешивали на весах с точностью 5 г. Расход воды растениями за сутки относили к единице листовой поверхности и выражали в граммах на квадратный дециметр. Площадь листьев, обводненность тканей, прирост побегов и корней, накопление сухого вещества в листьях, побегах и корнях определяли в четыре срока: перед обработкой, через 25 дней после первой, через 25 дней после второй обработки и в конце вегетационного периода.

Повторность опыта 5—6-кратная.

Таблица 1

Дата обработки	Дата учета	Порода	Антитранспирант	Расход воды		
				г на 1 дм ² листовой поверхности	% к контролю	Существенность различия
3.VII	28.VII	Береза	ЛАТ-101	161,40 ± 3,64	84,11	4,4
			S-600	121,88 ± 1,55	63,52	11,3
			Контроль	191,87 ± 5,98	100,00	—
		Липа	ЛАТ-101	105,25 ± 2,25	84,20	6,1
			S-600	102,79 ± 1,99	82,23	6,5
			Контроль	124,99 ± 2,37	100,00	—
		Клен	ЛАТ-101	79,09 ± 2,28	75,10	8,1
			S-600	33,47 ± 1,49	31,78	28,7
			Контроль	105,30 ± 2,03	100,06	—
3.VII и 28.VII	20.VIII	Береза	ЛАТ-101	130,39 ± 4,66	93,69	1,5
			S-600	158,52 ± 9,52	113,90	1,9
			Контроль	139,17 ± 3,28	100,00	—
		Липа	ЛАТ-101	89,45 ± 3,71	86,33	2,9
			S-600	80,48 ± 2,05	77,67	5,0
			Контроль	103,61 ± 3,03	100,00	—
		Клен	ЛАТ-101	72,93 ± 2,15	78,67	3,5
			S-600	22,88 ± 0,95	24,68	13,4
			Контроль	92,70 ± 5,19	100,00	—
3.VII	20.VIII	Береза	ЛАТ-101	161,98 ± 8,96	116,39	4,3
			S-600	158,37 ± 6,25	113,79	4,2
			Контроль	139,17 ± 3,28	100,00	—
		Липа	ЛАТ-101	92,25 ± 3,19	89,55	2,4
			S-600	82,37 ± 2,15	79,96	5,6
			Контроль	103,01 ± 3,03	100,00	—
		Клен	ЛАТ-101	67,98 ± 2,49	73,33	4,3
			S-600	47,77 ± 3,70	51,33	7,2
			Контроль	92,70 ± 5,19	100,00	—

* ЛАТ-101 — антитранспирант на основе латекса ДММА-65-ИГП, выпускаемого Воронежским заводом синтетического каучука им. С. М. Кирова.

Таблица 1

Древесная порода	Антитранспирагент	Обводненность, % к контролю											
		листьев				побегов				корней			
		через 25 дней после обработки	через 25 дней после повторной обработки	через 50 дней после первой обработки	через 25 дней после повторной обработки	через 25 дней после обработки	через 25 дней после повторной обработки	через 50 дней после первой обработки	через 25 дней после повторной обработки	через 25 дней после обработки	через 25 дней после повторной обработки	через 50 дней после первой обработки	через 25 дней после повторной обработки
Береза бородавчатая	ЛАТ-101	77,6	72,4	100,2	87,5	87,5	92,5	128,8	139,6	108,8	100,0	100,0	100,0
	S-600	99,7	98,6	135,1	96,9	87,5	84,2	117,8	113,0	110,9	100,0	100,0	100,0
	Контроль	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Липа мелколистная	ЛАТ-101	72,5	99,6	89,3	100,5	101,1	110,6	119,2	90,7	90,9	100,0	100,0	100,0
	S-600	83,4	72,6	98,9	99,2	95,5	107,8	113,6	94,4	95,9	100,0	100,0	100,0
	Контроль	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Клен остролистный	ЛАТ-101	95,5	89,8	94,3	104,6	132,3	108,0	169,0	103,0	132,9	100,0	100,0	100,0
	S-600	103,5	92,7	93,1	115,1	141,1	112,3	104,7	107,1	119,8	100,0	100,0	100,0
	Контроль	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Исследования показали, что антитранспирагенты, снижая расход воды у древесных растений, не являются для них токсичными. Ответные реакции растений на воздействие препаратов различны и зависят от видовых особенностей самих растений.

Из табл. 1 видно, что за время действия антитранспирационных пленок расход воды у обработанных растений был ниже, чем у контрольных. За период с 4 по 27 июля (то есть за 23 дня после первой обработки) расход воды существенно снизился у всех видов растений: у березы — на 16—37%, у липы — на 16—18%, у клена — на 25—68% по отношению к контролю.

Повторная обработка растений не вызвала столь существенного снижения расхода воды. У всех растений, обработанных два раза, за период с 28 июля по 20 августа, то есть за 22 дня после повторной обработки, суммарный расход воды был примерно таким же, как у растений, обработанных один раз. В то же время у дважды обработанных растений клена и липы транспирация снизилась соответственно на 24 и 16%. У растений березы в этот период под воздействием препарата S-600 расход воды увеличился на 14%, а у обработанных препаратом ЛАТ-101 снизился всего лишь на 6%.

Данные учета транспирационного расхода воды показали, что в первые 10—15 дней после обработки растений расход воды в среднем снижается на 30—70% по отношению к контролю. В последующие дни транспирация у обработанных растений довольно неустойчива, наблюдаются периодические «скачки». Расход воды за сутки при этом достигает уровня контроля, а нередко и превышает его.

Из данных табл. 2 видно, что у обработанных растений снижалась влажность листьев и повышалась влажность физиологически активных корней. Так, обводненность листьев под действием антитран-

Таблица 3

Древесная порода	Антитранспирент	Процент прироста								
		листьев			побегов			корней		
		через 25 дней после обработки	через 25 дней после повторной обработки	через 50 дней после повторной обработки	через 25 дней после обработки	через 25 дней после повторной обработки	через 50 дней после повторной обработки	через 25 дней после обработки	через 25 дней после повторной обработки	через 50 дней после повторной обработки
Береза бородавчатая	ЛАТ-101	132,0	127,9	132,4	134,3	103,5	156,4	140,0	129,0	129,0
		124,9	152,5	189,0	136,7	257,6	340,4	263,8	534,6	310,6
	S-600	105,0	113,0	111,6	155,0	133,7	118,5	121,0	105,0	116,0
		116,2	150,8	184,4	142,9	175,5	207,3	216,4	374,2	210,9
	Контроль	100	113,0	117,0	124,0	122,0	122,7	121,0	126,0	126,0
		104,7	115,3	135,5	105,7	163,3	203,9	254,4	651,7	374,9
Липа мелколистная	ЛАТ-101	145,0	143,0	154,0	169,0	329,0	618,9	124,0	126,0	126,0
		207,2	238,0	269,0	247,8	347,8	341,9	123,2	126,5	202,6
	S-600	146,0	148,0	144,3	151,0	408,0	495,0	124,0	124,0	124,0
		175,3	180,4	183,4	212,8	310,7	323,5	123,2	119,9	249,1
	Контроль	104,0	111,0	118,9	120,0	225,0	419,0	100,0	120,0	125,0
		131,5	131,3	135,6	126,9	127,6	170,4	104,7	118,5	161,2
Клен остролистный	ЛАТ-101	100,5	102,5	101,0	110,5	112,5	114,1	121,3	123,5	125,6
		109,0	141,0	125,8	174,0	174,0	175,0	113,5	208,0	106,1
	S-600	101,0	102,0	99,0	117,8	121,9	125,2	91,6	—	107,5
		109,0	107,0	98,7	115,0	160,0	210,0	144,1	162,7	112,2
	Контроль	100,5	99,4	101,0	113,8	115,4	119,5	104,1	—	106,2
		104,0	101,0	115,3	195,0	211,0	284,0	220,5	239,2	192,9

Примечание. В числителе — процент прироста площади листьев, длины побегов и корней; в знаменателе — процент прироста соответственно сухой массы. За 100% приняты показатели перед обработкой растений.

спирантов у березы снизилась от 2 до 28%, у липы — от 1 до 18%, у клена — от 5 до 11%. При таких изменениях ни у одной из древесных пород не наблюдалось признаков потери тургора тканей, увядания или повреждения листьев. Обводненность корней под воздействием антитранспирантов повысилась у березы на 13—39%, у липы — на 13—19%, у клена — на 3—69% по отношению к контролю.

Вынужденное сокращение расхода воды у растений под влиянием антитранспирантов, как показали наблюдения, не оказало отрицательного влияния на ростовые процессы надземных органов. Из табл. 3 видно, что у всех обработанных растений процент прироста площади листьев, а также увеличение сухой массы листьев и побегов за время обработок были выше или незначительно отличались от контрольных. Некоторое отрицательное влияние обработка оказала на накопление сухого вещества в молодых растущих корнях растений. Значительное снижение сухой массы корней наблюдалось только после длительного воздействия антитранспирантов на растения березы и клена. Так, у березы на 50-й день после вторичной обработки величина прибавки сухой массы корней была ниже по отношению к контролю на 17—46%, у клена — на 42—45%, в то время как у липы она превысила контроль на 26—54% (табл. 3).

Полученные данные вегетационного опыта позволили приступить к пересадкам древесных растений в облиственном состоянии в производственных условиях. В конце июля 1972 г. — в период небывалой за последнее время засухи — на одном из объектов г. Москвы были высажены 15-летние саженцы липы мелколистной, каштана конского и рябины обыкновенной с применением антитранспирантов. Саженцы к месту посадки перевозили на автомашинах во влажном торфе. Все они успешно перенесли пересадку, лишь незначительно снизив декоративность. В конце вегетационного периода приживаемость составляла: липы мелколистной и рябины обыкновенной — 100%, каштана конского — 95%.

В конце июля — начале августа 1974 г. также были пересажены из Ивантеевского лесопитомника ВНИИЛМа на открытые участки Щелковского учебно-опытного лесхоза стандартные 8—10-летние саженцы березы бородавчатой, липы мелколистной, клена остролистного и лиственницы сибирской (по 30 шт. каждой породы). Растения обрабатывали растворами антитранспирантов из опрыскивателя PS-09, смонтированного на тракторе «Беларусь», выкапывали и перевозили в солнечную теплую погоду (+22°C, +24°C) на следующий день после обработки и образования устойчивой пленки на листьях.

Приживаемость высаженных на опытных делянках древесных пород составила: березы бородавчатой — 92%, липы мелколистной — 97%, клена остролистного — 100%, лиственницы сибирской — 94%.

Полученные результаты исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. Повышение обводненности корней под воздействием антитранспирантов — положительный фактор для регенерации корневых систем. При летних пересадках растений в облиственном состоянии это способствует повышению их приживаемости и сохранению декоративности.

2. Применение антитранспирантов вполне возможно в производственных условиях при пересадках древесных и кустарниковых растений в летнее время. Обработка антитранспирантами, сдерживающая испарение влаги растений в течение 15—20 дней после выкопки, может способствовать улучшению приживаемости растений, сохранению их

декоративных качеств, что очень важно при проведении озеленительных работ и достижении санитарно-гигиенического и декоративного эффекта.

3. Несущественное снижение сухой массы корней при непродолжительном действии антитранспирантов (однократная обработка) не оказывает отрицательного влияния на снижение сухого вещества всего растения. Поэтому в производственных условиях можно рекомендовать однократную обработку с немедленной пересадкой растений.

Поступила 3 февраля 1976 г.

УДК 631.347.3

ВЛИЯНИЕ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА, СОЗДАВАЕМОГО ВЕНТИЛЯТОРОМ ОПРЫСКИВАТЕЛЯ, НА РАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯДОХИМИКАТА ПО ВЫСОТЕ ДЕРЕВА

С. И. КАЗАКОВА, Н. С. ЛЕПЕХИН

Ленинградская лесотехническая академия

Излагаются результаты изучения воздушного потока как носителя ядохимиката, создаваемого вентилятором опрыскивателя в лабораторных и естественных условиях. Приводятся графики распределения чистого воздушного потока и жидкого ядохимиката в воздушной струе.

В борьбе с вредителями и болезнями леса широко применяется химический метод, в частности, опрыскивание с помощью вентиляторных опрыскивателей. Наибольшую ценность химический метод защиты представляет для молодых посадок леса. Здесь сопло вентиляторных опрыскивателей обычно устанавливают под углом 15—30° к горизонту.

Нами была поставлена задача изучить равномерность распределения воздушного потока и жидкого ядохимиката в воздушной струе, что необходимо при разработке новых конструкций опрыскивателей. Опыты проводили в лаборатории и на открытом воздухе.

Для изучения чистого воздушного потока в атмосфере на выбранной площадке леса опрыскиватель устанавливали так, чтобы сопло распыливающего устройства было направлено по ветру. Скорость воздушного потока измеряли с помощью трубки Прандтля, закрепленной на специальном координатнике, и микроманометра на расстояниях 2, 4, 8 и 11 м от устья сопла.

Сопло опрыскивателя устанавливали горизонтально и под углом 15°. В первых двух поперечных сечениях (по горизонтали и по вертикали) расстояние между точками замера было 20 см, в остальных — 50 см.

Перед началом и концом опыта определяли метеорологические условия: скорость ветра, температуру и влажность воздуха. Скорость ветра при опыте не превышала 1 м/с.

Опрыскиватель был оборудован вентилятором производительностью 0,56 м³/с и напором 500 мм вод. ст., что обеспечивало выходную осевую скорость 70 м/с.

Опытные данные обрабатывали статистически. Результаты опыта представлены на рис. 1, из которого видно, что поперечные размеры воздушного потока возрастают по мере удаления от устья сопла в связи с вовлечением в движение окружающего неподвижного воздуха.

Кривые полей скоростей в различных сечениях струи воздуха по своему очертанию неодинаковы, что объясняется наличием препятствий в виде деревьев, веток и кустов, а также теми или иными метеорологическими условиями.

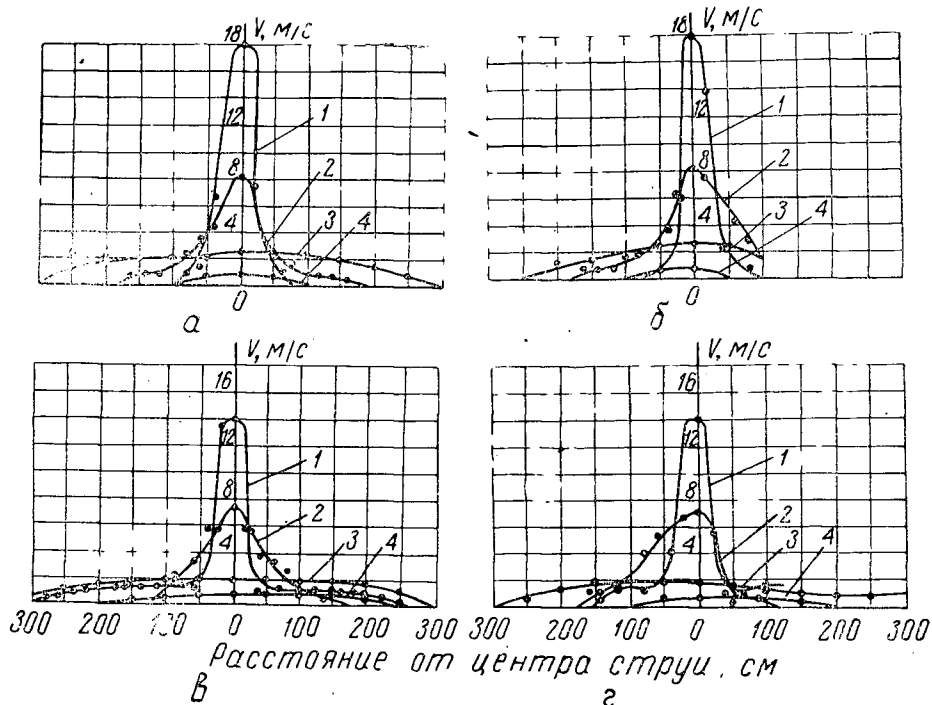


Рис. 1. Поля скоростей в различных сечениях струи воздуха.

а и б — соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях при горизонтальном расположении сопла; в и г — то же при поднятом на 15° сопле; 1—2 м от сопла; 2—4 м; 3—8 м 4—11 м

Осевая скорость воздушного потока, равная 70 м/с при выходе из устья сопла распыливающего устройства, быстро затухает и достигает минимума на расстоянии 11 м от устья сопла. С поднятием сопла на угол 15° к горизонту скорости воздушного потока затухают гораздо быстрее, чем при горизонтальном расположении сопла (рис. 1, в, г). Это объясняется турбулентными явлениями в пограничной зоне приподнятой струи. В результате пограничный слой струи воздуха по направлению течения утолщается гораздо быстрее, чем при горизонтальной установке сопла; ширина струи воздуха увеличивается, масса ее растет, а скорость убывает.

В опыте по исследованию воздушной струи в кроне дерева был использован вентиляторный опрыскиватель. Производительность вентилятора $9,16 \text{ м}^3/\text{с}$, осевая скорость на выходе из сопла $u_0 = 29 \text{ м/с}$. Сопло прямоугольной формы со сторонами 1,29 и 0,25 м; эквивалентный радиус сопла $R_3 = 0,32 \text{ м}$. При проведении опыта сопло опрыскивателя устанавливали под углом к горизонту с направлением в среднюю часть кроны дерева. Расстояние от продольной оси опрыскивателя до оси дерева равно 5 м; расстояние от выходной кромки сопла до кроны дерева $s_{\text{вх}} = 0,6 \text{ м}$. Скорость воздушной струи измеряли на стационаре индикаторным анемометром АРИ-49 перед входом в крону и внутри кроны по высоте дерева. Повторность замеров трехкратная. Результаты опыта представлены на рис. 2, где по оси абсцисс откладывали значения скорости воздушной струи, а по оси ординат I—I и II—II—высоту точек замера скоростей воздушной струи от поверхности земли.

Из графика видно, что по оси струи скорость в кроне дерева составляет 4—6 м/с. Для оценки сопротивления кроны воздушному потоку

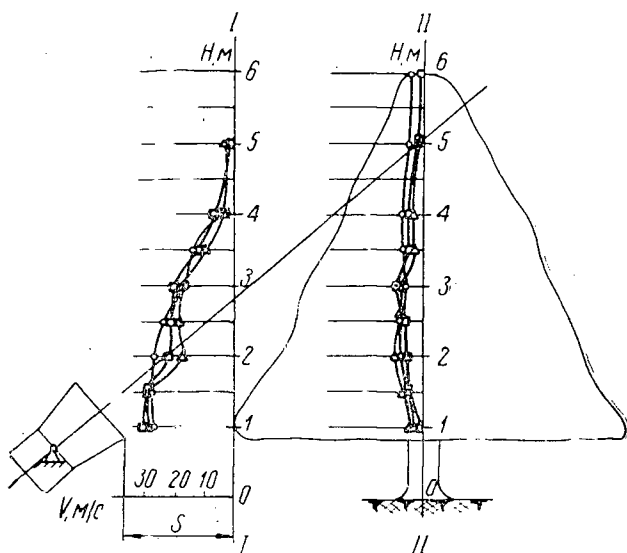


Рис. 2. Профили скоростей воздушного потока при продувании деревьев.

опытные данные сопоставляли с расчетными по формуле, предложенной Е. Г. Султан-Шахом*,

$$\frac{u_m}{u_0} = \frac{0,96}{\frac{as}{R_0} + 0,29 + \frac{m(s - s_{вх})}{R_0}}, \quad (1)$$

где u_0 — начальная скорость струи;
 u_m — осевая скорость струи на некотором расстоянии от кромки сопла;
 s — расстояние от кромки сопла;
 $s_{вх}$ — расстояние от кромки сопла до кроны;
 R_0 — радиус выходного сопла;
 a — коэффициент структуры струи;
 m — коэффициент сопротивления кроны.

По данным Е. Г. Султан-Шаха, значение m изменяется в пределах 0,04—0,1. Подставив в формулу (1) данные, полученные при опыте ($R_0 = R_0 = 0,32$; $u_0 = 29$ м/с; $s_{вх} = 0,6$ м и скорость на расстоянии $s = 5$ м от выходной кромки сопла по оси струи, равную $u_m = 5,0$ м/с), определили коэффициент $m = 0,27$. Следовательно, в наших опытах значения коэффициента сопротивления кроны изменялись в более широких пределах ($m = 0,04 \div 0,27$), чем по формуле Е. Г. Султан-Шаха ($m = 0,04 \div 0,1$).

Характер распределения распыленной жидкости ядохимиката по высоте струи в вертикальной плоскости на различных расстояниях от сопла опрыскивателя определяли путем улавливания жидкости с помощью заборников (Г-образные трубки с внутренним диаметром 19,7 мм), закрепленных на координатнике. На опрыскивателе установ-

* Султан-Шах Е. Г. Обоснование оптимальных параметров воздушных потоков садовых вентиляционных опрыскивателей. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Ростов н/Д., 1963.

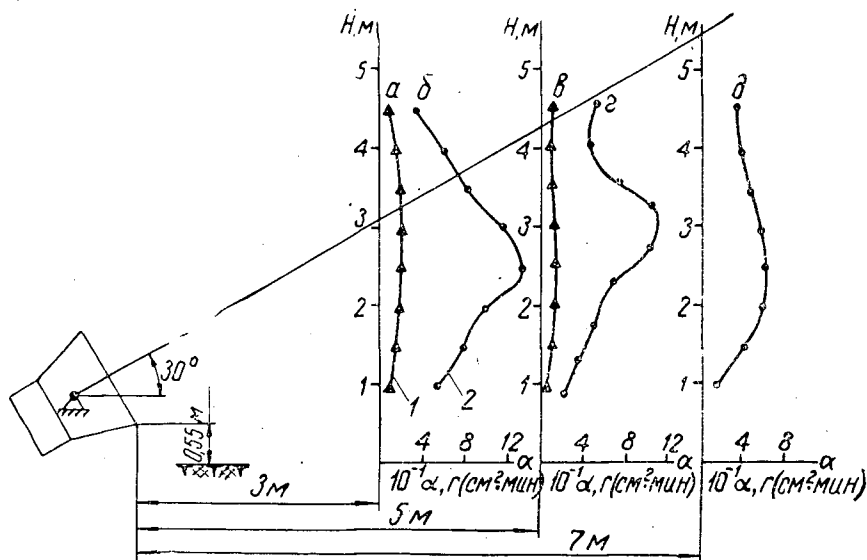


Рис. 3. Распределение распыленной жидкости в воздушном потоке опрыскивателя.

1 — $d = 1,25$ мм; 2 — $d = 3$ мм.

ливали стандартные распылители (сердечник с каналом 3×4 мм, углом их наклона 45° и диаметром выходного отверстия 3 мм) и опытные распылители (с каналом 2×2 мм, углом их наклона 30° и диаметром выходного отверстия 1,25 мм). Распылители размещали на раструбе сопла (рис. 3). Расход жидкости через девять стандартных распылителей при давлении 10 ати составлял 74,2 л/мин, а с опытными распылителями при давлении 15 ати — 18 л/мин. При скорости машины 5,5 км/ч расход жидкости через стандартные распылители составил 1600 л/га, а через опытные распылители — 400 л/га. Распыленную жидкость улавливали в сечениях, расположенных на расстояниях 3, 5, 7 м от кромки сопла; при этом в каждом сечении через 500 мм по вертикали до высоты 4,5 м от почвы и по горизонтали через 200 мм на каждой высоте по всей ширине захвата струи. Таким образом, жидкость забирали по всему поперечному сечению струи, время забора составляло 5—10 мин. В каждой точке забора среднюю плотность распределения жидкости определяли по формуле

$$q = \frac{m_0}{f_0 t},$$

где q — плотность распределения жидкости, г/(см²·мин);

m_0 — количество жидкости, г;

t — продолжительность опыта, мин;

f_0 — площадь заборной трубки, см².

По данным опыта строили графики распределения жидкости по горизонтальным линиям для каждого поперечного сечения. Определив площадь под кривой распределения, устанавливали общее количество жидкости, а при делении его на величину абсциссы (расстояние по

горизонтали между крайними точками замера, см) — значение средней плотности распределения жидкости ($\text{г/см}^2 \cdot \text{мин}$) на данной высоте.

Анализ кривых (рис. 3) показывает следующее.

1. Кривые *б*, *г* и *д*, полученные при равномерном размещении стандартных распылителей, имеют максимумы, расположенные ниже геометрической оси потока; на расстоянии 3 м это смещение составляет 0,5 м; на расстоянии 5 м — более 1 м; на расстоянии 7 м — 3 м. При работе с опытными распылителями максимум кривых *а* и *б* размещается на геометрической оси потока.

2. Величина смещения оси максимума кривых не зависит от количества расходуемой жидкости; при изменении концентрации жидкости в струе от 0,280 до 0,845 кг воды/кг воздуха ее влияние не установлено.

3. Кривые *б*, *г* и *д* симметричны относительно своего максимума.

4. Насыщенность воздушной струи жидкостью на высоте 4,5 м незначительна; скорость воздушной струи 5—7 м/с не обеспечивает транспортировку достаточного количества распыленного раствора.

Поступила 12 февраля 1976 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 634.0.371

**ОБЩИЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ДЕРЕВЬЕВ**

С. Ф. ОРЛОВ, Ю. Г. АРТАМОНОВ, В. П. СТЕФАНОВИЧ

Ленинградская лесотехническая академия

Изложен общий метод составления дифференциальных уравнений движения перемещаемых деревьев с применением уравнений Лагранжа второго рода для случая, когда не все активные силы потенциальны.

При проектировании технологического оборудования лесных машин необходимо знать величины и время действия сил со стороны перемещаемого дерева на машину. Для решения этих задач в каждом частном случае обычно пользуются различными методами теоретической механики* [1—3]. Как правило, деревья, перемещаемые машинами, представляют собой системы, имеющие более одной степени свободы. А при решении задач динамики систем с несколькими степенями свободы наиболее удобно использовать уравнения Лагранжа.

В статье излагается метод составления дифференциальных уравнений движения перемещаемых деревьев с применением уравнений Лагранжа второго рода.

1. Вывод дифференциальных уравнений перемещения деревьев в общем виде. На рис. 1 представлен в общем виде процесс перемещения дерева в плоскости при допущении, что дерево является твердым телом. На рисунке оно представлено отрезком *AB* с центром масс в точке *C*. Точка *A* — место связи дерева с машиной. Траектория ее перемещения показана на рисунке пунктирной линией. Положение дерева при пакетировании в процессе падения обозначено цифрой *I*, а при пакетировании после падения вершины на землю и трелевке — цифрой *II*.

Дерево перемещается в одной плоскости и имеет три степени свободы. Его движение описывается тремя дифференциальными уравнениями Лагранжа второго рода

$$\left. \begin{aligned} \frac{dt}{d} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial T}{\partial x} &= Q_x; \\ \frac{dt}{d} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{z}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z} &= Q_z; \\ \frac{dt}{d} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} &= Q_{\varphi}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где T — кинетическая энергия дерева;
 Q_x, Q_z, Q_{φ} — обобщенные силы;
 x, z — координаты точки *A*;
 φ — угол поворота дерева от вертикали.

* Широко применяются методы кинетостатики Лагранжа.

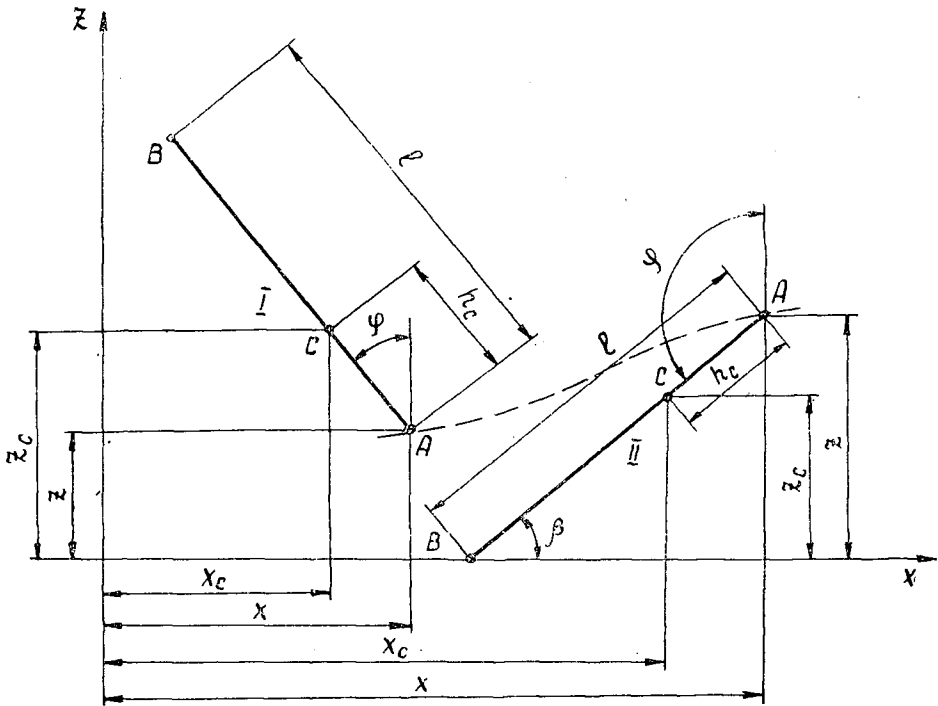


Рис. 1. Обобщенная схема движения деревьев в процессе валки, пакетирования и трелевки.

Кинетическая энергия дерева определяется по теореме Кенига

$$T = \frac{1}{2} m v_C^2 + \frac{1}{2} I_C \omega^2, \quad (2)$$

где m — масса дерева, кг;
 I_C — центральный момент инерции, кг · м²;
 v_C — поступательная скорость центра масс, м/с;
 ω — угловая скорость вращения дерева, рад/с.

Для подсчета T нужно знать скорость центра масс v_C . Известно, что

$$v_C^2 = \dot{x}_C^2 + \dot{z}_C^2,$$

где \dot{x}_C и \dot{z}_C — проекции скорости центра масс на координатные оси.

Из рис. 1 для первого и второго положения дерева находим

$$\left. \begin{aligned} x_C &= x^2 - h_C \sin \varphi, \\ z_C &= z + h_C \cos \varphi. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

При рассмотрении второго положения дерева следует учитывать, что $\cos \beta = -\cos \varphi$. Дифференцируя уравнения (3), получаем

$$\begin{aligned} \dot{x}_C &= \dot{x} - h_C \dot{\varphi} \cos \varphi, \\ \dot{z}_C &= \dot{z} - h_C \dot{\varphi} \sin \varphi. \end{aligned}$$

Тогда

$$v^2 = \dot{x}^2 + \dot{z}^2 - 2h_C \dot{x} \dot{\varphi} \cos \varphi - 2h_C \dot{z} \dot{\varphi} \sin \varphi + h_C^2 \dot{\varphi}^2. \quad (4)$$

Подставляем выражение (4) в формулу (2). Обозначая $\omega = \dot{\varphi}$ получим

$$T = \frac{1}{2} m (\dot{x}^2 + \dot{z}^2 - 2h_C \dot{x} \dot{\varphi} \cos \varphi - 2h_C \dot{z} \dot{\varphi} \sin \varphi + h_C^2 \dot{\varphi}^2) + \frac{1}{2} I_C \dot{\varphi}^2.$$

Дифференцируем выражение кинетической энергии и подставляем частные производные в уравнения (1). После преобразований получим дифференциальные уравнения движения дерева в общем виде

$$\left. \begin{aligned} m [\ddot{x} - h_C (\ddot{\varphi} \cos \varphi - \dot{\varphi}^2 \sin \varphi)] &= Q_x; \\ m [\ddot{z} - h_C (\dot{\varphi} \sin \varphi + \ddot{\varphi} \cos \varphi)] &= Q_z; \\ (I_C + mh_C^2) \ddot{\varphi} - mh_C (\ddot{x} \cos \varphi + \ddot{z} \sin \varphi) &= Q_\varphi. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Обобщенные силы Q_x , Q_z и Q_φ , входящие в систему уравнений (5), определяются исходя из конкретных случаев (расчетных схем) плоского перемещения деревьев.

Рассмотрим некоторые из возможных случаев перемещения деревьев лесной машиной.

2. Определение обобщенных сил для положения I. Дерево падает под действием силы тяжести и одновременно перемещается силой P (рис. 2). Составим выражение элементарной работы δA приложенных к дереву сил на виртуальных перемещениях δx , δz и $\delta \varphi$.

$$\begin{aligned} \delta A = & (P_x - P'_x + F_W \cos \varphi \pm F_{\text{вн}}) \delta x + (P_z - P'_z - mg + \\ & + F_W \sin \varphi) \delta z + (P'_x h_p \cos \varphi + P'_z h_p \sin \varphi + mgh_C \sin \varphi - \\ & - M_n - F_W h_W \pm F_{\text{вн}} h_{\text{вн}} \cos \varphi) \delta \varphi, \end{aligned}$$

где P_x , P_z — составляющие силы реакции на режущем устройстве, Н;
 M_n — момент от сил сопротивления недопиленной части ствола дерева, Нм;

P'_x и P'_z — составляющие силы реакции от валочного усилия, Н;

h_p — расстояние до точки приложения валочного усилия, м;

$G = mg$ — масса дерева, Н;

h_C — высота центра тяжести дерева, м;

F_W — сопротивление воздушной среды, Н;

h_W — расстояние до центра действия воздушной среды, м;

$F_{\text{вн}}$ — ветровая нагрузка, Н;

$h_{\text{вн}}$ — расстояние до центра действия ветровой нагрузки, м;

g — ускорение свободного падения, м/с².

Известно, что коэффициенты при вариациях обобщенных координат в выражении элементарной работы являются обобщенными силами. Таким образом,

$$Q_x = P_x - P'_x + F_W \cos \varphi \pm F_{\text{вн}};$$

$$Q_z = P_z - P'_z - mg + F_W \sin \varphi;$$

$$Q_\varphi = P'_x h_p \cos \varphi + P'_z h_p \sin \varphi + mgh_C \sin \varphi - M_n - F_W h_W - F_{\text{вн}} h_{\text{вн}} \cos \varphi.$$

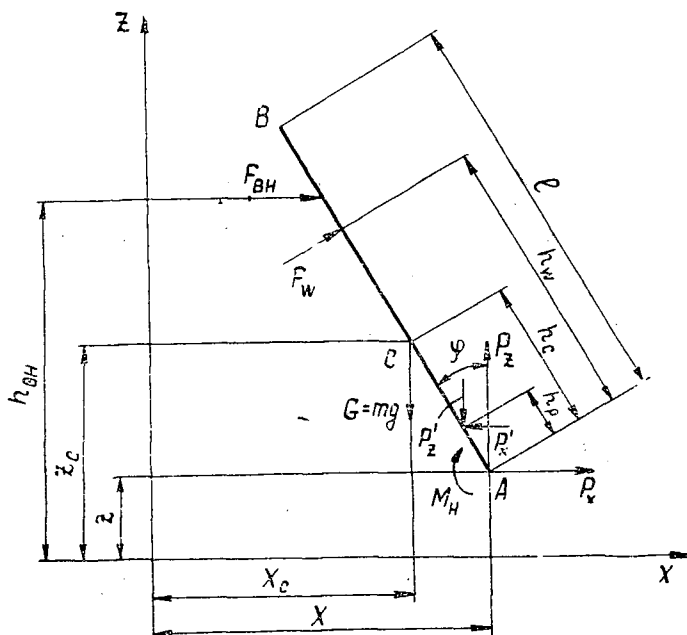


Рис. 2. Схема сил и моментов, приложенных к дереву в процессе его валки и пакетирования (до падения вершины на землю).

Подставляя полученные значения обобщенных сил в уравнения (5), получим дифференциальные уравнения движения дерева при его пакетировании в процессе падения

$$\left. \begin{aligned} m [\ddot{x} - h_C (\ddot{\varphi} \cos \varphi - \dot{\varphi}^2 \sin \varphi)] &= P_x - P'_x + F_W \cos \varphi \pm F_{ВН}; \\ m [\ddot{z} - h_C (\ddot{\varphi} \sin \varphi + \dot{\varphi}^2 \cos \varphi)] &= F_z - P'_z - mg + F_W \sin \varphi; \\ (I_C + mh_C^2) \ddot{\varphi} - mh_C (\ddot{x} \cos \varphi + \ddot{y} \sin \varphi) &= P'_x h_P \cos \varphi + \\ &+ P'_z h_P \sin \varphi + mgh_C \sin \varphi - M_H - F_W h_W - F_{ВН} h_{ВН} \cos \varphi. \end{aligned} \right\} (6)$$

Если масса захватно-срезающей головки (ЗСГ), обычно связанной с деревом через захваты ниже его центра тяжести, соизмерима с массой дерева, то массой ЗСГ нельзя пренебрегать. В таком случае общий центр тяжести системы «дерево+ЗСГ» располагается ниже центра тяжести дерева, масса системы равна сумме масс дерева и ЗСГ. Кроме того, моменты инерции системы «дерево+ЗСГ» относительно точки O , а также относительно нового положения центра тяжести системы будут другими.

3. Определение обобщенных сил положения II. Вершина скользит по земле, а точка A движется в плоскости (рис. 3). Обобщенные силы находим аналогичным образом из выражения элементарной работы

$$\begin{aligned} Q_x &= P_x - Rf; \\ Q_z &= P_z + R - mg; \\ Q_\varphi &= mgh_C \cos \beta - Rl \cos \beta - Rfl \sin \beta, \end{aligned}$$

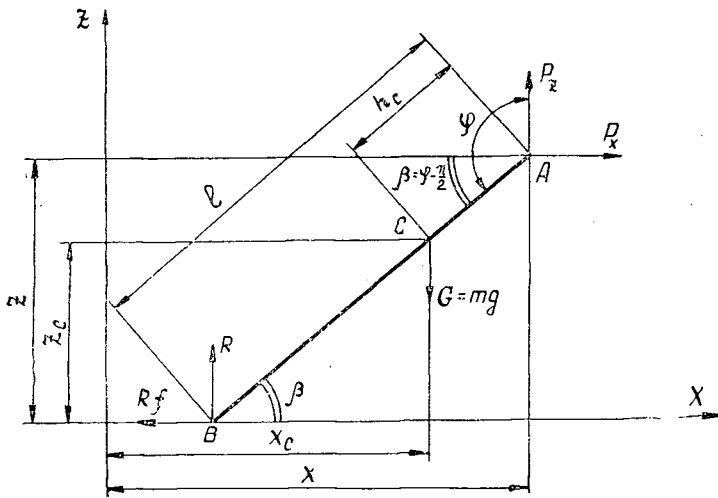


Рис. 3. Схема сил и моментов, приложенных к дереву в процессе его пакетирования и трелевки.

где $\beta = \varphi - \frac{\pi}{2}$ рад;

R и R_f — реакция со стороны поверхности пути, H ;
 f — коэффициент трения скольжения дерева о грунт.

Дифференциальные уравнения движения дерева (5) в этом случае примут вид

$$\left. \begin{aligned} m[\ddot{x} - h_c(\ddot{\varphi} \cos \varphi - \dot{\varphi}^2 \sin \varphi)] &= P_x - R_f; \\ m[\ddot{z} - h_c(\ddot{\varphi} \sin \varphi + \dot{\varphi}^2 \cos \varphi)] &= P_z + R - mg; \\ (I_c + mh_c^2)\ddot{\varphi} - mh_c(\ddot{x} \cos \varphi + \ddot{z} \sin \varphi) &= mgh_c \cos \beta - \\ &\quad - Rl \cos \beta - Rfl \sin \beta. \end{aligned} \right\} (7)$$

Пользуясь полученными уравнениями (6) и (7), можно решать различные задачи по определению сил, действующих на машину в точке связи ее с деревом.

ЛИТЕРАТУРА

11. Орлов С. Ф. Теория и применение агрегатных машин на лесозаготовках. М., Гослесбумиздат, 1963. [2]. Орлов С. Ф., Артамонов Ю. Г., Пачинский З. М., Рубцов В. М., Стефанович В. П., Рубцов В. М. Частные случаи применения уравнений Лагранжа при анализе процессов перемещения деревьев. — В сб.: Машины и орудия для механизации лесозаготовок, вып. II. Л., РИО ЛТА, 1974. [3]. Орлов С. Ф., Помогаев С. А., Жуков А. В., Артамонов Ю. Г., Александров В. А. Расчет и проектирование специальных лесных машин. Л., изд. ЛТА, 1973.

Поступила 13 января 1976 г.

УДК 634.0.375.4

ФОРМИРОВАНИЕ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ТРАНСМИССИИ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

Г. М. АНИСИМОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрен механизм формирования крутильных колебаний трансмиссии трелевочного трактора. Результаты исследований необходимы для разработки основ теории прогнозирования динамической нагруженности трансмиссии.

На средний уровень крутящего момента в трансмиссии трелевочного трактора наложены крутильные колебания, которые формируются под влиянием внутренних источников, условий эксплуатации и внешней среды. Сложность и многообразие факторов, влияющих на нагруженность трансмиссии, затрудняют установление количественных и качественных связей. Экспериментальные исследования выявили наличие интенсивных крутильных колебаний трансмиссии трактора ТДТ-55, в формировании которых степень влияния различных источников меняется с изменением режимов работы [1].

Для того, чтобы получить представление о нагруженности трансмиссии в конкретных производственных условиях и решить ряд практических задач, проанализируем процесс формирования крутильных колебаний. Все источники крутильных колебаний системы двигатель — трансмиссия — трактор объединим в две группы: внутренние — двигатель, шестерни, гусеничное зацепление и др.; внешние — изменчивость сопротивления движению, микронеровности волока.

Представим реальную механическую систему как ряд сосредоточенных масс (рис. 1), связанных гибкими связями $c_{k, k+1}$ и обладающих приведенными моментами инерции: J_1 — двигателя и муфты сцепления; J_2, J_3, J_4 — механизмов трансмиссии; J_5 — ходовой части; J_6 — поступательно-перемещающихся масс трактора и пачки. Фрикционные связи I, II, III отражают моменты трения муфты сцепления, бортовых фрикционов и гусеничного движителя в контакте с волоком.

При первичном анализе следует ожидать возмущающие моменты от двигателя M_d , зубчатых колес коробки передач M_k , главной передачи M_2 , бортовой передачи M_6 , ведущей звездочки гусеничного движителя M_3 , волока $M_{тд}$, $M_{пл}$.

На режимах движения двигатель возбуждает крутильные колебания в трансмиссии. Эти колебания являются следствием неравномерности вспышек в цилиндрах, неуравновешенности масс маховика и муфты сцепления, сил инерции кривошипно-шатунного механизма, шестеренчатого зацепления [2], [6], [7].

Второй мощный источник возмущения трансмиссии — гусеничный движитель, который возбуждает колебания особенно большой амплитуды при движении трактора с пачкой древесины на низших передачах [1].

Как показали исследования, крутильные колебания от шестеренчатого зацепления M_k , M_2 , M_6 и карданной передачи не имеют практи-

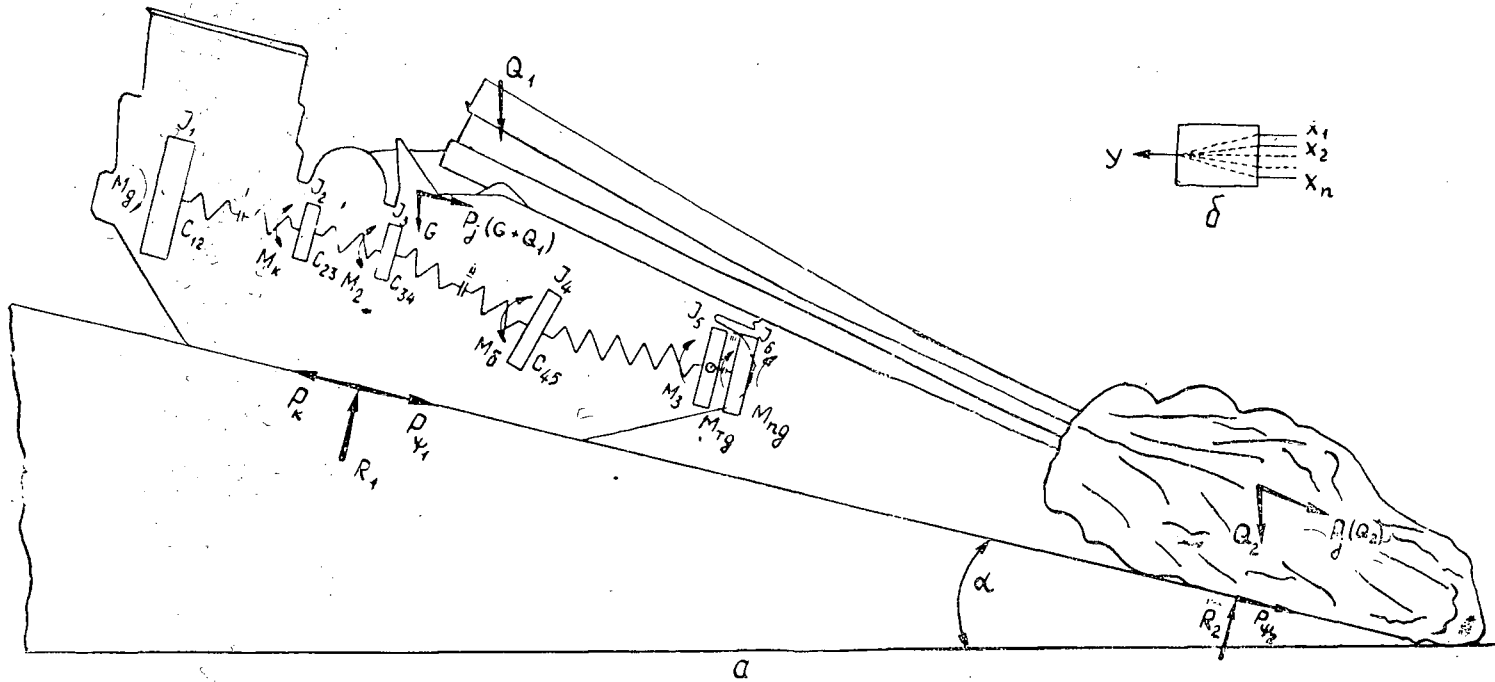


Рис. 1. Принципиальная динамическая схема системы двигатель — трансмиссия — трактор с возбудителями крутильных колебаний трансмиссии.

ческого значения из-за очень малой амплитуды на всех режимах работы трактора.

Тяговый баланс лесотранспортной машины [3], в котором приведенный к ведущим колесам крутящий момент уравнивается реактивными составляющими, учитывает влияние воздушной среды, подъема, инерции и сопротивления движению системы трактор — пачка.

Для прямолинейного движения гусеничного трелевочного трактора по горизонтальному участку без учета сопротивления воздуха уравнение баланса сил можно записать в следующем виде:

$$P_k = P_{f_1} + P_{кр} + P_j,$$

где P_k — касательная сила тяги на ведущей звездочке;
 P_{f_1} — сила тяги, затрачиваемая на преодоление сопротивления движению трактора;
 $P_{кр}$ — крюковая сила тяги;
 P_j — сила инерции.

Крюковая сила тяги, состоящая из усилия в тросе лебедки P_T и силы трения пачки о щит P_{f_3} , равна сопротивлению скольжения волоочащейся части пачки P_{f_2} и является составной частью общего сопротивления P_{Σ} [3].

Пропорционально этим силам к ведущим звездочкам прикладываются крутящий момент, состоящий из постоянной и переменной составляющих. Постоянная составляющая создает постоянный уровень загрузки трансмиссии и двигателя, а переменная — крутильные колебания системы.

Микронеровности волока могут вызывать вертикальные, линейные и продольно-угловые колебания поддрессоренной части (остова) трактора с пачкой, что дополняет переменную составляющую крутящего момента [5].

Аналитическое исследование показало незначительное влияние колебаний волоочащейся части пачки, возмущаемых микронеровностями волока, на изменения крутящего момента. Микронеровности высотой 0,3 м вызывают изменения крутящего момента на 3%.

С динамической точки зрения момент на звездочках $M_{зв}$ можно представить так:

$$M_{зв} = M_B + M_{вд} = M_B + M_{тд} + M_{пд}.$$

Постоянная составляющая момента M_B определяется постоянными сопротивлениями движению трактора и волочению пачки. Динамическая составляющая волока $M_{вд}$ формируется под воздействием его переменного сопротивления, а также колебаний поддрессоренной части трактора с пачкой, возмущаемых микронеровностями. Эта составляющая есть динамическое сопротивление волока. Из динамической составляющей волока можно выделить динамические моменты, возникающие от изменения сопротивления движению трактора и колебаний его поддрессоренной части с пачкой $M_{тд}$, сопротивления волоочащейся части пачки $M_{пд}$.

Динамические моменты волока и гусеничного движителя приводят к ведущей звездочке и являются источником возбуждения крутильных колебаний системы, взаимосвязь которых для различных режимов дана автором в ряде работ [1], [2].

Для прямолинейного движения трактора систему и динамические возбудители ее крутильных колебаний со стороны волока в первом

приближении можно представить как динамическую модель с несколькими входами и одним выходом [4]. Входные параметры x_1, x_2, \dots, x_n — возбуждающие моменты от волока и гусеничного движителя ($M_{тд}, M_{пд}, M_3$ и т. д.), а выходным параметром y будут крутильные колебания системы (рис. 1, б).

Таким образом, состояние волока оказывает влияние на крутильные колебания трансмиссии через гусеничный движитель и пачку древесины. На микронеровности волока и коэффициент сопротивления в большой степени влияет изменчивость погодных и климатических условий. Кроме этого, пока не существует методов получения статистических характеристик волока — коэффициентов сопротивления движению трактора и пачки с помощью приборов. Из этого можно сделать вывод о невозможности и нецелесообразности оценивать количественно участие микронеровностей и изменчивости сопротивления волока в формировании крутильных колебаний трансмиссии.

Следовательно, оценка нагруженности трансмиссии гусеничного трелевочного трактора и прогнозирование представления о формировании крутильных колебаний системы возможны только тензометрированием касательных напряжений в местах расположения источников возбуждения с применением при этом принципа суперпозиции. Предложенная теория формирования крутильных колебаний системы может быть положена в основу прогнозирования динамической нагруженности трансмиссии.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анисимов Г. М. Характер и уровень нагруженности трансмиссии трелевочного трактора ТДТ-55. — «Тракторы и сельхозмашины», 1970, № 1, с. 16—18. [2]. Анисимов Г. М. Статистическое подобие и устойчивость нагруженности трансмиссии трактора ТДТ-55. — В сб.: Машины и орудия для механизации лесозаготовок, вып. 3. Л., изд. ЛТА, 1974, с. 58—63. [3]. Зайчик М. И. и др. Тяговые машины и подвижной состав лесовозных дорог. М., «Лесная промышленность», 1967, с. 712. [4]. Катковик В. Я., Полуэктов Р. А. Многомерные дискретные системы управления. М., «Наука», 1966, с. 416. [5]. Костокрыз С. Г. Некоторые вопросы исследования колебаний трелевочного трактора ТДТ-55. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Минск, 1969, с. 26. [6]. Попык К. Г. Динамика автомобильных и тракторных двигателей. М., «Машигиз», 1965, 260 с. [7]. Успенский И. Н., Вейсман М. И. Исследование крутильных колебаний и пиковых нагрузок в трансмиссии грузовых автомобилей ГАЗ. — «Автомобильная промышленность», 1969, № 12, с. 16—19.

Поступила 21 апреля 1976 г.

УДК 625.731.1 : 634.0.383.2

ПРИМЕНЕНИЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО МЕТОДА ИСПЫТАНИЯ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

С. И. БУЛДАКОВ, Б. П. ЕРЫХОВ, Н. С. КОЛБАС

Ленинградская лесотехническая академия

Изложен принцип работы резонансной установки и даны результаты исследования процесса структурообразования укрепленных грунтов без разрушения образцов.

В последние годы в целях увеличения ресурсов дорожно-строительных материалов для лесовозных автомобильных дорог ведутся исследования по созданию дорожных одежд из местного грунта, укрепленного различными вяжущими материалами.

При разработке способов укрепления грунтов применяют традиционные статические методы исследования. Недостаток этих методов заключается в том, что измерение механических показателей укрепленного грунта связано с нарушением структуры исследуемого образца. Для получения полной картины кинетики изменения механических свойств в зависимости от какого-либо внешнего фактора требуется провести большое количество опытов со многими идентичными по составу образцами. Изготовление образцов связано с непроизводительными расходами времени и вяжущих материалов.

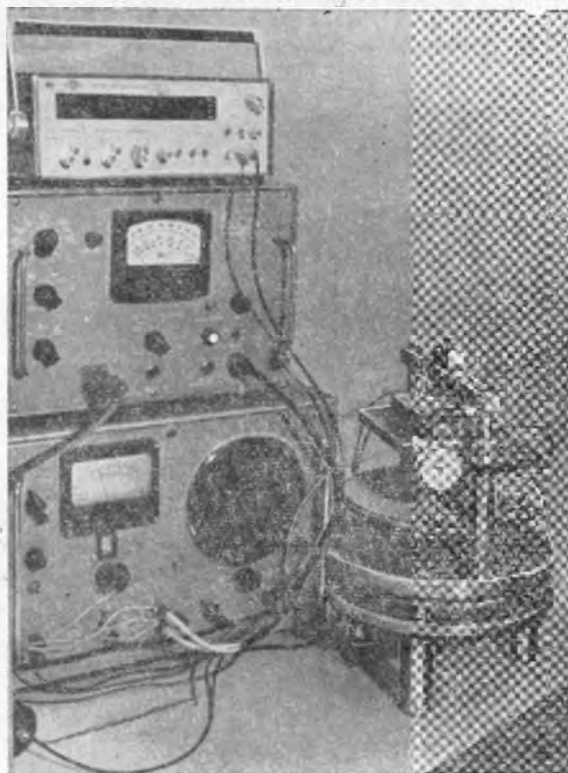
Существует ряд методов определения прочности показателей различных материалов без их разрушения: резонансный, ультразвуковой, комбинированный и др. Известна установка, основанная на измерении модуля сдвига связного грунта по периоду затухающих крутильных колебаний цилиндрического образца [2].

На кафедре сухопутного транспорта леса ЛТА разработана установка для исследования механических свойств укрепленного грунта с помощью измерения собственной частоты крутильных колебаний грунтового образца в резонансном режиме [1].

Испытуемый цилиндрический образец устанавливают между двумя плоскостями в специальном приборе (рис. 1). Нижний торец образца неподвижен. К верхнему торцу образца прикладывают закручивающий момент от звукового генератора через два электромагнита, которые при прохождении по ним тока притягивают к себе постоянные магниты, симметрично расположенные по краям коромысла. Коромысло жестко связано со штампом-осциллятором.

Для фиксации резонанса служит пьезоэлектрический датчик типа Д6.000 с виброаппаратурой ВА-1. Резонансную частоту крутильных колебаний фиксируют цифровым частотомером.

Рис. 1. Общий вид установки.



Динамический модуль сдвига материала образца рассчитывают по формуле

$$G = \frac{8\pi I h}{R^4 T^2}, \quad (1)$$

где I — момент инерции колеблющейся системы;
 h — высота образца;
 R — радиус образца;
 T — период крутильных колебаний.

Момент инерции системы определяют методом крутильного подвеса путем измерения периода колебаний T_1 с двумя добавочными грузами m , расположенными на расстоянии r_0 от оси вращения, и периода колебаний T в отсутствии грузов. Величину момента инерции системы находят по формуле

$$I = \frac{2mr_0^2 T^2}{T_1^2 - T^2}. \quad (2)$$

Для увеличения точности результатов измерения и обеспечения воспроизводимости были проведены опыты по изучению влияния степени поджатия образца, а также величины возбуждающей силы со стороны электромагнитов на модуль сдвига.

Исследования показали, что для получения воспроизводимых результатов степень поджатия образцов размером 5×5 см, которую фиксировал индикатор часового типа с ценой деления $0,01$ мм, должна составлять $0,6$ — $1,0$ мм (табл. 1).

Таблица 1

№ образца	Степень поджатия, мм	Частота, Гц	Модуль сдвига, МПа
1	0,4	136	173,3
2	0,5	138	178,4
3	0,6	153	219,5
4	0,7	153	219,5
5	0,8	153	219,5
6	0,9	153	219,5
7	1,0	153	219,5

Таблица 2

№ образца	l , мм	Частота, Гц	Модуль сдвига, МПа
1	2	136	173,3
2	6	136	173,3
3	10	136	173,3
4	15	136	173,3

Результаты влияния возбуждающей силы, создающей закручивающий момент на образец, представлены в табл. 2.

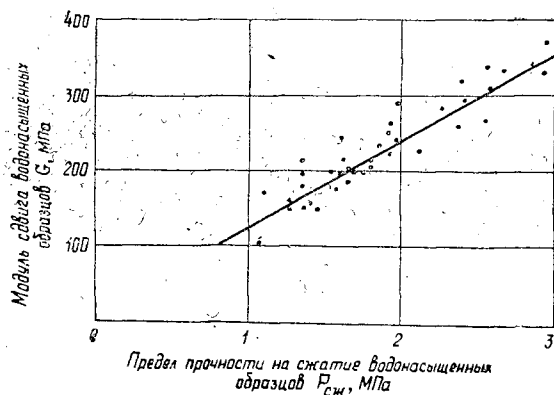


Рис. 2. Корреляционная зависимость между динамической характеристикой модуля сдвига и прочностью на сжатие водонасыщенных образцов.

Из табл. 2 видно, что при изменении зазора l между электромагнитом и постоянным магнитом от 2 до 15 мм модуль сдвига остается постоянным. Это дает основание при исследовании образцов из укрепленного грунта не учитывать расстояние между электромагнитами и постоянными магнитами.

Исследование процесса структурообразования цементогрунта и определения модуля сдвига водонасыщенных образцов из грунта, укрепленного цементом, показали тесную связь между модулем сдвига и прочностью на сжатие водонасыщенных образцов с коэффициентом корреляции 0,98 (рис. 2). Это дает возможность использовать модуль сдвига в качестве прочностной характеристики укрепленного грунта.

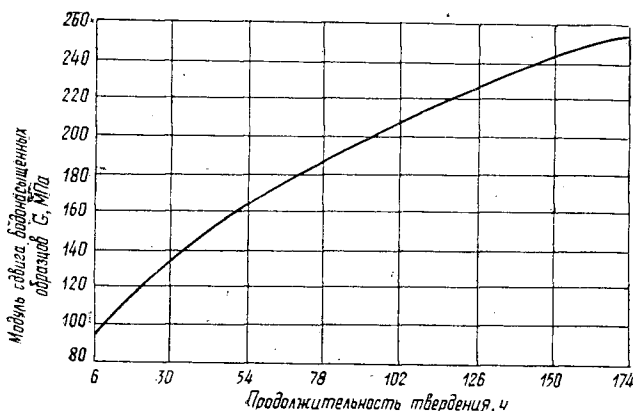


Рис. 3. Кинетика твердения цементогрунта.

Процесс структурообразования цементогрунта представлен на рис. 3. Из графика видно, что установка позволяет исследовать на одном и том же образце процесс нарастания прочности укрепленного грунта через любой промежуток времени.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Джонс Р., Фэкзоару И. Неразрушающие методы испытаний бетонов. М., Стройиздат, 1974, с. 278. [2] Ерыхов Б. П. Лабораторный метод определения модуля сдвига связанных грунтов естественной структуры. — Изв. ВНИИГ, т. 63. М., Госэнергиздат, 1960, с. 185—199.

Поступила 11 марта 1976 г.

УДК 621.43

РАСЧЕТ РАСХОДА ТОПЛИВА ПОЕЗДНЫМИ УЗКОКОЛЕЙНЫМИ ТЕПЛОВОЗАМИ С ГМП * НА УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМАХ

А. В. ДУРОВ

Архангельский лесотехнический институт

Предлагается метод расчета эксплуатационного расхода топлива для тепловозов с ГМП, который основан на использовании безразмерной характеристики ГТР и зависимости цикловой подачи топлива от нагрузки. Получены уравнения, позволяющие определить расход топлива для тепловозов с ГМП и МП. Методика расчета применена к гидропередаче УГП400-650 для составления теплотехнического паспорта тепловоза ТУ7.

В настоящее время на лесовозных УЖД широкое применение при поездной работе получили тепловозы с ГМП, однако для них отсутствует методика расчета эксплуатационного расхода топлива.

Тепловозы ТУ4 имеют однополостную ГП (УГП-230) с комплексным двухреакторным ГТР, ТУ5 — трехциркуляционную (М-22), включающую ГТР и две ГМ, а ТУ7 — двухциркуляционную (УГП400-650), состоящую из пускового (ТП-0,45) и маршевого (ТМ-0,95) ГТР.

Исходные данные для расчета расхода топлива тепловозами с ГМП: вес состава Q , тс, скорость движения v , км/ч, параметры теплового прицепа, кинематическая схема передачи, ее передаточные числа и механический КПД, безразмерная характеристика аппаратов ГП (ГТР, ГМ) и характеристики дизеля, позволяющие оценить энергозатраты при различных нагрузочных и скоростных режимах.

В статье излагается методика определения так называемой «исходной нормы» n_0 . Она является основной составляющей в уравнении расхода топлива [7] и относится к установившемуся движению поезда по прямому горизонтальному пути [2], [3].

$$n_0 = 10^4 \frac{G_T}{Qv} = 2,34 \frac{\omega_0}{\eta} \cdot \frac{P+Q}{Q} 10^4 \text{ кг}/(\text{тс} \cdot \text{км}), \quad (1)$$

где P — вес тепловоза, тс;

G_T — расход топлива, кг/ч;

η — общий КПД тепловоза, отнесенный к ободу колес;

ω_0 — основное удельное сопротивление движению поезда, кгс/т.

Для расчета n_0 необходимо установить режимы работы дизеля по условиям нагрузки выходного и входного валов ГП.

Нагрузочные и скоростные режимы на выходном валу турбины характеризуются моментом M_T и оборотами n_T .

$$M_T = \frac{M_k}{i\eta_{II}} = \frac{(P+Q)\omega_0 D_k}{2i\eta_{II}}; \quad (2)$$

* В тексте приняты следующие сокращения: ГМП — гидромеханическая передача, ГП — гидропередача, ГТР — гидротрансформатор, ГМ — гидромуфта, МП — механическая передача.

$$n_{\tau} = \frac{v i_{\tau}}{0,188 D_{\kappa}} = \frac{i_{o.p} i_p}{0,188 D_{\kappa}}, \quad (3)$$

где M_{κ} — крутящий момент на колесах, кгс·м;
 i — передаточное число МП (от колес к турбине);
 $i_{o.p}$, i_p — передаточные числа осевого редуктора и реверс-редуктора;
 D_{κ} — диаметр колес, м.

Значение η_{Π} подсчитывается с учетом параллельного распределения мощности от реверс-редуктора и последовательно-параллельного — в каждой тележке

$$\eta_{\Pi} = \eta_p \eta_{\kappa} \eta_{o.p}, \quad (4)$$

где η_p , η_{κ} , $\eta_{o.p}$ — механический КПД реверс-редуктора, карданной передачи и осевого редуктора.

В дальнейшем используется «безразмерная» характеристика ГТР*, выражающая график зависимости коэффициентов трансформации k , входного λ_{Π} и выходного λ_{τ} моментов, а также КПД ГТР η_{Γ} от передаточного отношения i' ($i' = \frac{1}{i_{\Gamma}}$)

$$k = \frac{M_{\tau}}{M_{\Pi}} = \frac{\lambda_{\tau}}{\lambda_{\Pi}}; \quad i' = \frac{n_{\tau}}{n_{\Pi}}; \quad \eta_{\Gamma} = k i'. \quad (5)$$

Моменты на насосном M_{Π} и турбинном M_{τ} валах

$$M_{\Pi} = \lambda_{\Pi} n_{\Pi}^2 D_a^5; \quad (6)$$

$$M_{\tau} = \frac{M_{\Pi}}{i'} \eta_{\Gamma} = \frac{\lambda_{\tau} \gamma n_{\tau}^2 D_a^5}{(i')^2}, \quad (7)$$

где γ — плотность рабочей жидкости, кг/м³;
 n_{Π} — число оборотов насосного колеса в мин;
 D_a — активный диаметр ГТР, м.

Параметры входа M_{Π} и n_{Π} по известным характеристикам выхода M_{τ} и n_{τ} устанавливают различными методами. Ю. И. Чередниченко [8] рекомендует использовать параметр T в уравнении подобия ГТР, численно равный коэффициенту пропорциональности λ'_{τ} ,

$$\lambda'_{\tau} = \frac{\lambda_{\Pi} \gamma \cdot 10^4 k}{(i')^2} = T; \quad (8)$$

$$T = \frac{M_{\tau}}{\left(\frac{n_{\tau}}{1000}\right)^2 \cdot 100 D_a^5}. \quad (9)$$

Эти формулы применимы, если на безразмерной характеристике λ_{Π} выражен как $10^4 \lambda_{\Pi} \gamma = f(i')$ [УГП-230 (ТУ4)]. Если пользоваться λ'_{τ} , приведенным к $\gamma = 1000$ кг/м³, $n_{\Pi} = 100$ об/мин и $D_a = 1$ м [УГП400-650 (ТУ7)], то уравнение (6) примет вид

$$M_{\Pi} = \frac{\lambda'_{\tau} \gamma}{10^3} \left(\frac{n_{\Pi}}{100}\right)^2 D_a^5, \quad (10)$$

где $\lambda'_{\tau} = 10^7 \lambda_{\tau}$.

* Эту характеристику иногда называют приведенной, так как λ_{Π} и λ_{τ} размерные величины [1].

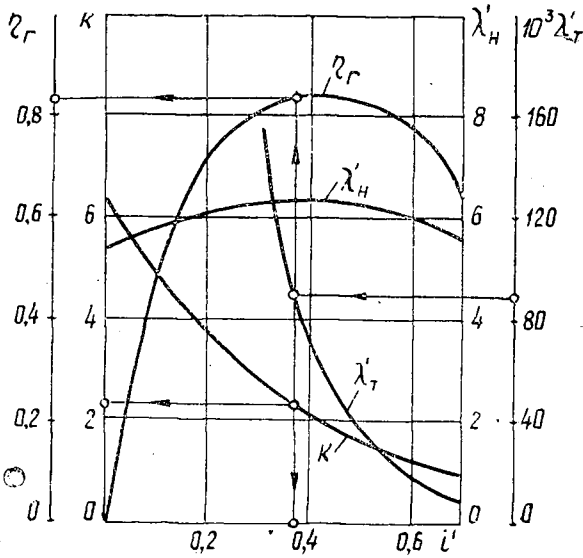


Рис. 1. Безразмерная характеристика пускового гидротрансформатора ТП-0,45 гидропередачи УГП400-650 (тепловоз ТУ7).

В этом случае с учетом формул (5) и (10) можно получить

$$M_T = \frac{\lambda'_H \gamma k}{(i')^2} \left(\frac{n_T}{100} \right)^2 \cdot \frac{D_a^5}{10^3} = \lambda''_T \left(\frac{n_T}{190} \right)^2 \cdot \frac{D_a^5}{10^3},$$

где

$$\lambda''_T = \frac{\lambda'_H \gamma k}{(i')^2} = T'; \quad (11)$$

$$T' = \left(\frac{n_T}{100} \right)^2 \cdot \frac{D_a^5}{10^3}. \quad (12)$$

Величины λ'_T (λ''_T) определяем по формулам (8) или (11). Для этого задаемся различными i' , фиксируем для них по безразмерной характеристике $10^4 \lambda'_H \gamma$ (λ'_H), в соответствии с которой дополнительно строим график зависимости $\lambda'_T = f_1(i')$ или $\lambda''_T = f_2(i')$. Для полученных ранее M_T и n_T по формулам (9) или (12) подсчитываем $T(T')$ и находим для них i' , k и η_r (на рис. 1 показано стрелками).

Если в составе ГП имеется несколько ГТР, то вычисления и построения выполняем для каждого. При наличии в ГП гидромукфт (например, у ТУ5 — две ГМ) $k=1$, то есть уравнения (8) и (11) применимы и в этом случае.

Зная M_T и n_T , по формулам (5) и (6) определяем M_H и n_H , характеризующие режимы работы насосного колеса.

По известным M_T и n_H вычисляем число оборотов n и свободный крутящий момент на валу дизеля M'_e . Так как между ГТР и дизелем включается согласующая передача, механический КПД которой η_c , а передаточное число i_c , то

$$n = n_H i_c; \quad M'_e = \frac{M_H}{i_c \eta_c}. \quad (13)$$

Кроме передачи, некоторая мощность N_B расходуется на привод вспомогательного оборудования дизеля, ГП и тепловоза (вентилятор, компрессор, питательный насос ГП, генератор и др.). Эта мощность не

учитывается при испытании дизеля на стенде и характеризуется коэффициентом $\beta = \frac{N_b}{N_e}$ [3]. Тогда крутящий момент на валу дизеля

$$M_e = \frac{M'_e}{1-\beta} = \frac{M_n}{i_c \eta_e (1-\beta)}. \quad (14)$$

По M_e и n можно определить G_T , используя внешнюю скоростную, нагрузочную [3] или многопараметровую характеристики дизеля. Некоторые неудобства использования этих характеристик в расчетах были отмечены нами ранее [5].

Для определения G_T мы предлагаем использовать зависимость $G_{ц} = f(P_e)$. У четырехтактного двигателя с литражом V_s , л при различных оборотах n об/мин подача топлива на цикл

$$G_{ц} = \frac{10^6 G_c}{30nV_s} \text{ мг/(цикл. л)}. \quad (15)$$

Анализ нагрузочных характеристик [5] некоторых моделей лесотранспортных машин (автомобиль, трелевочный трактор, тепловоз УЖД) показал, что при различных n и средних эффективных давлениях $P_e = 0 \div P_{e \max}$ кгс/см² значения $G_{ц}$ аппроксимируются уравнением параболы

$$G_{ц} = A + BP_e + CP_e^2 \text{ мг/(цикл. л)}, \quad (16)$$

где A — коэффициент, численно равный цикловой подаче при $P_e = 0$ (холостой ход) и осредненных оборотах;

B, C — эмпирические коэффициенты, имеющие частное значение для каждой модели дизеля.

Нами получено: для дизеля 1Д12-400 (ТУ5, ТУ7) $A=7,42$, $B=3,01$ и $C=0,33$ ($n=1000 \div 1600$ об/мин), для У-2Д6 (ТУ2МК) $A=6,14$, $B=3,22$ и $C=0,42$ ($n=1000 \div 1500$ об/мин).

Расчеты показали, что при ходовых нагрузках расходы G_T , подсчитанные для различных n по формулам (16) и (15), отличаются не более чем на 5% от значений G_T , найденных по экспериментальным нагрузочным характеристикам. Если учесть, что при снятии на стенде этих характеристик разброс результатов для различных двигателей (одной и той же модели) обычно больше, то для расчета n_0 такую точность можно считать вполне допустимой.

Если известен M_e , соответствующий заданным Q и v , то для четырехтактного двигателя

$$P_e = 1,257 \frac{M_e}{V_s} \text{ кгс/см}^2. \quad (17)$$

Рекомендуется следующий порядок определения n_0 (для различных Q и v) тепловозов с ГМП.

1. Согласно нашим данным [4], находим ω_0 . По формулам (4), (2) и (3) вычисляем η_n , M_T и n_T .

2. Используя безразмерную характеристику и приведенные выше рекомендации, для каждого ГТР (ГМ) определяем T (T^1), i^1 и k . По формулам (5), (10), (13) и (14) вычисляем n_n , M_n , n , M'_e и M_e .

3. По выражениям (17), (16), (15), и (1) находим P_e , $G_{ц}$, G_T и n_0 . Величины n_0 , Q и v представляем в виде графика $n_0 = f(Q, v)$.

Изложенная методика предусматривает поэтапное определение n_0 . Ранее [2] отмечалась трудность использования в расчетах уравнения (1) для тепловозов узкой колеи из-за отсутствия исходных данных, позволяющих определить η .

При наличии зависимости $G_{ц} = f(P_e)$ можно получить уравнение, непосредственно связывающее n_0 с параметрами $G_{ц}$, Q и др.

С учетом (1) и (15) имеем

$$n_0 = 10^4 \frac{G_{ц}}{Qv} = \frac{3}{10} \cdot \frac{V_s n}{Qv} G_{ц}.$$

Так как число оборотов дизеля

$$n = \frac{10^3 v i_0}{60 \pi D_k},$$

то

$$n_0 = 1,59 \frac{V_s i_0}{D_k Q} G_{ц}. \quad (18)$$

При ГМП общее передаточное число передачи (от дизеля к колесам)

$$i_0 = \frac{i_m}{i'} = \frac{i_c i_p i_{o.p}}{i'}. \quad (19)$$

Выделяя постоянные величины и учитывая выражения (16), (18) и (19), получаем

$$E = 1,59 \frac{V_s}{D_k} i_m = \text{const};$$

$$n_0 = E \frac{G_{ц}}{Q i'} = E \frac{A + B P_e + C P_e^2}{Q i'}. \quad (20)$$

Уравнение (18) можно использовать также для МП

$$n_0 = 1,59 \frac{V_s i_k i'_m}{D_k Q} G_{ц} = M \frac{V_s i_k}{Q} G_{ц}, \quad (21)$$

где $M = 1,59 \frac{V_s}{D_k} i'_m = \text{const}$;

i_k, i'_m — передаточные числа коробки передач (на данной ступени) и остальных редукторов, последовательно включенных в МП.

Предлагаемая методика расчета и уравнение (18) применимы для тепловозов с четырех- и двухтактными дизелями, снабженными ГМП и МП. Для двухтактных дизелей (ЯМЗ-М204А, тепловоз ТУ6А) в уравнении (18) постоянный коэффициент равен 3,18 (вместо 1,59).

По этой методике определено n_0 гидропередачи УГП400-650 (тепловоз ТУ7, дизель ДД12-400, $N_e = 40$ л. с., $n = 1600$ об/мин) при следующих исходных данных: $V_s = 38,8$ л, $P = 24$ тс, $D_k = 0,6$ м, $i_p = 2,05$, $i_{o.p} = 3$, $i = 6,15$, $\eta_p = 0,927$, $\eta_k = 0,98$, $\eta_{op} = 0,926$, $\eta_n = 0,842$, $i_c = 0,68$, $\eta_c = 0,985$, $D_a = 0,52$ м (ТП-0,45) и $D_a = 0,41$ м (ТМ-0,95).

Расчеты выполнены для прямого горизонтального пути при $v = 10 \div 35$ км/ч и $Q = 100 \div 500$ тс. Сравнение результатов расчета и дан-

ных обработки опытных поездов (Шалакушский ЛПХ, Архангельская область) показало их достаточную для целей практики сходимость. Это позволило построить теплотехнический паспорт тепловоза ТУ7 и разработать технические нормы расхода топлива [6].

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Алексопольский Д. А. Гидродинамические передачи. Машгиз, 1963. [2]. Дуров А. В. Об эксплуатационной топливной экономичности лесовозных узкоколейных тепловозов при поездной работе. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 4. [3]. Дуров А. В., Красильников Ю. Н., Орленко О. Д. Аналитическое определение исходных норм расхода топлива узкоколейными тепловозами с механической передачей. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 2. [4]. Дуров А. В. Об основном сопротивлении движению подвижного состава УЖД. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 1. [5]. Дуров А. В. О цикловой подаче топлива дизелями некоторых лесотранспортных машин. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 1. [6]. Дуров А. В., Орленко О. Д., Микитюк Б. К. Инструкция по применению временных технических норм расхода топливо-смазочных материалов для лесовозных узкоколейных тепловозов ТУ7. Министерство лесной и деревообрабатывающей промышленности СССР. Архангельск, АЛТИ, 1975. [7]. Молячук В. С. Теоретические основы методики нормирования расхода топлива и электроэнергии для тяговых средств транспорта. М., «Транспорт», 1966. [8]. Чередниченко Ю. И. О методах расчета экономических характеристик автомобиля с гидропередачей. — «Автомобильная промышленность», 1962, № 7.

Поступила 7 октября 1975 г.

УДК 656.62.16.067

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ВОДЫ, УЧАСТВУЮЩЕЙ В КОЛЕБАНИЯХ ПЛОТА

С. В. ГУЛИДОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Предлагается теоретическое определение объема воды, которая не успевает профильтроваться сквозь тело плота при колебаниях его на волне. При решении данного вопроса используется теория свободной фильтрации поперек бревен, без учета прогиба плота, расположенного на впадине волны, нормально к ее движению. Получена расчетная зависимость, позволяющая в первом приближении учесть влияние воды, находящейся внутри плота, на его изгибающий момент.

Плот сигарообразной формы представляет собой пористое анизотропное тело. Когда он находится на плаву, внутри погруженной части всегда содержится некоторый объем воды. При буксировке плота, ввиду малой его жесткости, на регулярном волнении возникают колебания с периодом, соответствующим периоду волны.

На волне плот частично прогибается. На рис. 1 показан плот на впадине волны. Средняя часть его вышла из воды, а концы погружены. На гребне волны, наоборот, плот получает двойной дифферент. Согласно рис. 1, горизонт воды между бревнами в средней части плота из-за сопротивления бревен движению расположен выше, чем у бортов плота (рис. 2). В результате создавшегося напора вода, находящаяся внутри средней части плота, начнет просачиваться между бревнами (фильтроваться). Объем воды, которая не успеет профильтроваться, будет участвовать в колебаниях плота. Вследствие этого появится дополнительный изгибающий момент.

Объем воды, участвующей в колебаниях плота на волне, зависит от следующих основных факторов: диаметра бревен d , пористости

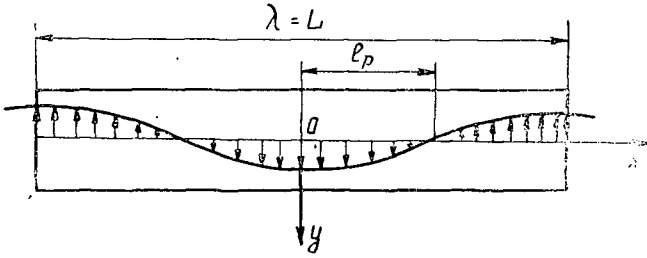


Рис. 1. Плот на волне.

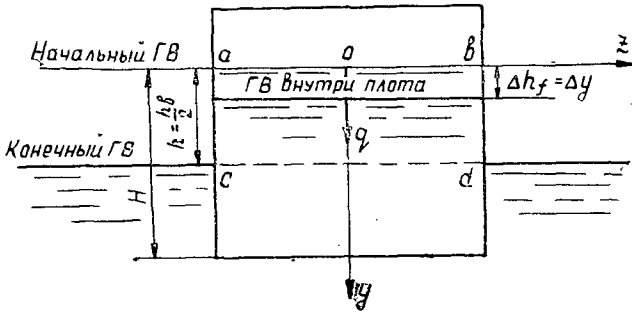


Рис. 2. Поперечное сечение плота.

плота m и его размеров L , B (длина и ширина); параметров волны λ , h_b , C (длина, высота и скорость); отношения длины плота к длине волны $\frac{L}{\lambda}$; скорости движения V и направления движения плота по отношению к волне φ , прогиба плота y_n . В общем виде

$$W_B = f\left(d, m, L, B, \lambda, h_b, C, \frac{L}{\lambda}, V, \varphi, y_n\right). \quad (1)$$

Вначале устанавливаем зависимость периода колебаний от скорости движения волны C и плота V .

Рассматриваем движение нормально к волне. Если направление вектора скорости V составляет курсовой угол $\varphi = 0$ с направлением скорости волны C , имеющей длину λ , то промежуток времени, в течение которого происходит встреча плота с двумя последовательными гребнями или подошвами волн, будет равен не истинному их периоду τ , а некоторому кажущемуся периоду τ_k , определяемому из соотношения

$$\tau_k = \frac{\lambda}{C - V}. \quad (2)$$

В случае, когда $V = C$, значение $\tau_k = \infty$, и наблюдателю, находящемуся на плоте, будет казаться, что последний неподвижен по отношению к волнам.

При $\varphi = 180^\circ$, кажущийся период

$$\tau'_k = \frac{\lambda}{C + V}. \quad (3)$$

Скорость бега синусоидального профиля двумерной длинной гравитационной волны

$$y = r \cos 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{\tau} \right) \quad (4)$$

вычисляется по известной зависимости (для неограниченных глубин)

$$C = 1,25 \sqrt{\lambda}, \quad (5)$$

где y — ордината поверхности волны;

r — ее полувысота;

λ — ее длина;

τ — ее период.

Зная время кажущегося периода волны и плота, найдем время, необходимое для фильтрации объема воды внутри плота. Принимаем следующие условия: поперечное сечение плота прямоугольное; он расположен миделевым сечением на впадине волны; длина волны равна длине плота; плот без оболочки и на волне прогибается, то есть фильтрация воды наблюдается только поперек бревен.

Выделим участок плота в миделевом сечении длиной, равной единице (рис. 2).

Согласно уравнению (4), поверхность волны на высоте бортов миделевого сечения ($x=0$) за полный кажущийся период будет находиться в крайнем верхнем положении при $t=0$ и $t=\tau_k$ $y = -r = -\frac{h_B}{2}$ на участке спокойного состояния воды при $t = \frac{\tau_k}{4}$ и $t = \frac{3}{4} \tau_k$ $y=0$; в крайнем нижнем положении при $t = \frac{\tau_k}{2}$ $y = r = \frac{h_B}{2}$.

За расчетное положение принимаем изменение поверхности волны от $t = \frac{\tau_k}{4}$ (спокойное состояние) до $t = \frac{\tau_k}{2}$ (крайнее нижнее положение), то есть расстояние, равное половине высоты волны $h = \frac{h_B}{2}$. На этом пути скорость C_0 движения поверхности волны по высоте борта — величина переменная и находится из выражения

$$C_0 = r \frac{2\pi}{\tau_k} \sin \frac{2\pi t}{\tau_k}. \quad (6)$$

При $t = \frac{\tau_k}{4}$ $C_0 = C_{0 \max}$, а при $t = \frac{\tau_k}{2}$ $C_0 = 0$.

В данном случае наблюдается неустановившееся движение поверхности волны по высоте борта с изменением скорости от максимальной до нуля.

Зная скорость движения волновой поверхности, высоту ее перемещения и время кажущегося периода, можем найти положение горизонта воды по высоте борта, а следовательно, и фильтрационный расход.

Для определения фильтрационного расхода q (рис. 2) воспользуемся явлением так называемой свободной фильтрации [1]. Это явление наблюдается, когда обеспечен отвод воды из фильтрационного слоя. Граница отводящего слоя, как указывает Н. Н. Павловский, может проходить и несколько выше основания фильтрационного слоя H , то есть в нашем случае выше дна плота.

При рассматриваемых условиях вода под переменным напором h , просачиваясь между бревнами, будет как бы свободно падать по высоте поперечного сечения плота. Получим фильтрационный поток $abcd$, ограниченный с боков прямыми линиями депрессии ac и bd , которые являются крайними линиями тока. Линии равного напора в

данном случае будут горизонтальными прямыми и в то же время линиями атмосферного давления. Для этого случая движения жидкости избыточное давление во всех точках будет равно нулю. Здесь будет иметь место условие, при котором потери напора Δh_f на пути фильтрации Δy в любой момент времени равны

$$\Delta h_f = \Delta y. \quad (7)$$

Исходя из этого положения, можем написать, что в указанной области фильтрации пьезометрический уклон равен единице.

$$I_p = \frac{\Delta h_f}{\Delta y} = 1. \quad (8)$$

Поэтому, пренебрегая скоростным напором, независимо от режимов движения жидкости (ламинарного или турбулентного), скорость фильтрации V_ϕ принимаем равной коэффициенту фильтрации K

$$V_\phi = K. \quad (9)$$

Таким образом, искомый фильтрационный расход при установившемся движении жидкости, теряемый на единицу длины плота, может быть вычислен по формуле

$$q = \Omega V_\phi = (1B) K = KB, \quad (10)$$

где B — ширина плота.

Для неустановившегося движения жидкости применим метод смены стационарных состояний. Как следует из самого названия, при применении этого метода в каждый момент времени движение принимается установившимся [1].

За бесконечно малый отрезок времени dt напор h считают постоянным. Объем жидкости, вытекающей через площадь Ω за время dt ,

$$qdt = KBdt.$$

За этот же отрезок времени уровень воды между бревнами понизится на dh , а объем жидкости по всему поперечному сечению плота уменьшится на $1Bdh$.

Следовательно, можно записать

$$1Bdh = KBdt \quad (11)$$

или

$$t_\phi = \int_h \frac{dh}{K} = \frac{h}{K} = \frac{h_b}{2K}. \quad (12)$$

Формула (12) показывает, что при известном напоре h время фильтрации t_ϕ воды зависит только от коэффициента фильтрации K . Высота волны h_b находится по формуле [2]

$$h_b = \frac{\lambda}{30} + 2. \quad (13)$$

Для определения объема воды, которая не успевает профильтроваться через поперечное сечение плота, достаточно определить по формуле (12) время фильтрации t_ϕ и, зная из формул (2) и (3) время кажущегося периода волны τ_k и τ'_k , вычислить относительное время фильтрации a_t по формуле

$$a_t = \frac{t_\phi - \frac{\tau_k}{4}}{t_\phi}. \quad (14)$$

Теперь найдем объем воды, участвующей в колебаниях плота,

$$W = \frac{1}{2} a_t B_{cp} l_p m h_b, \quad (15)$$

здесь

$$B_{cp} = \frac{B_m + B_0}{2}, \quad (16)$$

где B_m — ширина плота в миделевом сечении и B_0 в сечении по центру тяжести половины площади ватерлинии;

l_p — расстояние от миделевого сечения до центра тяжести половины площади ватерлинии (рис. 1); находится как центр тяжести трапеции

$$l_p = \frac{L}{6} \left(\frac{B_m + 2B_T}{B_m + B_T} \right), \quad (17)$$

здесь B_T — ширина плота в торце.

При определении объема воды W_B считаем, что изменение его по расчетной длине l_p плота происходит по треугольнику.

Отметим, что при прогибе плота возможно частичное перемещение воды вдоль бревен в сторону миделя. Этот вопрос будет рассмотрен нами особо.

Пример. Размеры сигарообразного плота: $L=90$ м; $B=11,2$ м; $B_T=6,4$ м; $t=3,2$ м (осадка); $d=0,20$; $m=0,35$ и $0,40$ (наиболее часто встречающиеся). Параметры волны $\lambda=90$ и 40 м; $h_b=5,0$ и $3,3$ м; $C=11,85$ и $7,9$ м/с; $V=1,0$ м/с (скорость буксировки); $\varphi=0$ и 180° .

На основании предложенных расчетных зависимостей получены относительное время фильтрации и объемы воды, участвующей в колебании плота (табл. 1).

Таблица 1

m	λ , м	a_t	a'_t	W , м ³	W' , м ³
0,35	40	0,82	0,86	81	85
	90	0,83	0,85	123	127
0,40	40	0,53	0,62	59	70
	90	0,55	0,61	93	105

Обобщая полученные данные, можно сделать вывод, что объем воды уменьшается на попутной волне, на более короткой волне и при увеличении пористости.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Павловский Н. Н. Собр. соч. Т. II, АН СССР, 1956. [2]. Шиманский Ю. А. Справочник по строительной механике корабля. Т. III, Судпромгиз, 1960.

Поступила 6 апреля 1976 г.

УДК 634.0.383

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПРОГНОЗ РАСЧЕТНОЙ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТА ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

В. Н. ШЕСТАКОВ, А. Н. ШЕСТАКОВ

Сибирский автомобильно-дорожный институт

Предлагается подход к прогнозу расчетной влажности грунта земляного полотна как задаче теории выбросов случайных функций. Исходный статистический материал представляется в виде непрерывной случайной последовательности наблюдений агрометеостанций. Получена модификация метода аналогии ХАДИ в части уточнения вероятностной оценки расчетной влажности грунта полотна автомобильных дорог.

Прочность дорожной одежды в значительной мере определяется модулем упругости грунта полотна, который тесно связан с его влажностью [7].

Метод аналогий, разработанный в ХАДИ [2], [5], [11], [14], построен на принципах классической теории вероятностей, которая, как известно, оперирует массовыми совокупностями повторений явления, рассматриваемых в целом, без учета их хронологической последовательности. Между тем временной фактор является центральным в оценке надежности какого-либо события [3].

Существенно новые возможности как в оценке надежности события, так и в познании сущности явления внесет рассмотрение максимальных сезонных значений влажности грунта W_i как случайных функций. В качестве исходной информации для оценки изменчивости W_i , как и в методе ХАДИ, используем данные наблюдений агрометеостанций, представляющие непрерывную случайную последовательность, то есть семейство случайных величин влажности грунта, принимающих только действительные и положительные значения, где время составляет множество целых чисел. Однако ради удобства вычисления будем рассматривать эту последовательность как случайный процесс.

В подавляющем большинстве случаев рассматриваемый процесс является стационарным в широком смысле с произвольным законом распределения [1], [2], [4], [5], [12].

Анализ корреляционных функций $K_W(\tau)$ и спектральных плотностей $S_W(\omega)$ максимальной сезонной влажности грунта для ряда пунктов СССР показал, что для исследуемого процесса характерна цикличность, проявляющаяся в его стремлении сформировать периоды с повышенной и пониженной влажностью относительно математического ожидания m_W . Надо отметить, что цикличность довольно часто имеет место в климатических процессах и их производных (температура, осадки, сток рек и т. д.), но в физическом отношении раскрыта не до конца [6].

Существование стационарности и цикличности максимальной сезонной влажности грунта как объективной реальности дает основание

полагать, что их корреляционные функции экспоненциально-периодические

$$K_W(\tau) = D_W \exp(-\alpha\tau^2) \cos \beta\tau \quad (\alpha > 0); \quad (1)$$

$$K_W(\tau) = D_W \exp(-\alpha|\tau|) \left(\cos \beta\tau + \frac{\alpha}{\beta} \sin \beta|\tau| \right) \quad (\alpha > 0; \beta > 0), \quad (2)$$

где D_W — дисперсия максимальной сезонной влажности грунта открытого поля;

λ, β — параметры, характеризующие коррелируемость влажности во времени, год⁻¹.

Итак, исследуемый процесс является стационарным с произвольным законом распределения. В теории выбросов [13], [15] показывается, что для такого процесса среднее количество выбросов за уровень W на временном отрезке T составляет

$$\bar{N}(W) = \bar{n}(W) T = T \int_0^{\infty} \dot{W} f(W, \dot{W}) d\dot{W}, \quad (3)$$

где $f(W, \dot{W})$ — двумерный закон распределения влажности грунта и скорости ее изменения \dot{W} .

В свою очередь, вероятность выбросов влажности грунта за высокие уровни W_p , в силу их редкости и независимости, подчиняется закону Пуассона [15]

$$p(\nu, T) = \frac{[\bar{n}(W_p) T]^\nu \exp[-\bar{n}(W_p) T]}{\nu!} \quad (\nu = 0, 1, 2, \dots). \quad (4)$$

Вероятность того, что количество превышений влажности W уровня W_p не будет иметь место более одного раза в течение срока службы дорожной одежды T , составит

$$P(W_p, T) = \exp[-\bar{N}(W_p, T)] [1 + \bar{N}(W_p, T)]. \quad (5)$$

Табулированные значения функции (5) приведены в табл. 1.

Таблица 1

P	0,99	0,97	0,95	0,90	0,85	0,80
\bar{N}	0,148	0,268	0,355	0,531	0,683	0,824

Как видно из формулы (5), задача сводится к поиску выражения среднего количества выбросов согласно уравнению (3) при произвольном законе распределения $f(W, \dot{W})$.

Начнем с нормального процесса, который имеет место для некоторых районов СССР [1], [4], [9]. Строго говоря, кривая распределения должна быть усеченной. Действительно, в периоды максимальной сезонной влажности грунта она не может быть ниже его максимальной гигроскопичности $W_{м.г}$ и тем более, по своей сущности, принимать отрицательные значения. Очевидно, в качестве верхней границы усечения следует полагать полную влагоемкость грунта $W_{п.в}$. Для

усеченного нормального стационарного процесса двумерная плотность влажности грунта и скорости ее изменения

$$f(W, \dot{W}) = \frac{k}{\sqrt{2\pi D_W}} \exp\left\{-\frac{(W - m_W)^2}{2D_W}\right\} \frac{1}{\sqrt{2\pi D_{\dot{W}}}} \exp\left\{-\frac{\dot{W}^2}{2D_{\dot{W}}}\right\}, \quad (6)$$

где

$$k = \frac{1}{\frac{1}{2} \left\{ \Phi\left(\frac{W_{п.в} - m_W}{\sqrt{2D_W}}\right) - \Phi\left(\frac{W_{м.г} - m_W}{\sqrt{2D_W}}\right) \right\}}; \quad (7)$$

$$D_{\dot{W}} = -\left. \frac{d^2 K_W(\tau)}{d\tau^2} \right|_{\tau=0}. \quad (8)$$

По физическому смыслу $D_{\dot{W}}$ представляет собой дисперсию скорости изменения влажности грунта \dot{W} .

Подстановка (6) в (3) после преобразований дает

$$W_p = m_W + \sqrt{2D_W \left(\ln \frac{kT}{2\pi} \sqrt{d_{\dot{W}}} - \ln \bar{N} \right)}, \quad (9)$$

где $d_{\dot{W}}$ — нормированная дисперсия скорости изменения влажности грунта, которая в соответствии с выражением (8) для корреляционных функций (1) и (2) имеет вид соответственно $2\alpha + \beta^2$ и $\alpha^2 + \beta^2$.

Для ненормальных процессов аналитическое выражение распределений $f(W, \dot{W})$ представляет значительные трудности [15]. Для таких процессов необходимые оценки могут быть практически получены путем разложения исходной плотности $f(W)$ на сумму нормальных плотностей $\{f_j(W)\}$ с математическим ожиданием m_{Wj} и дисперсиями D_{Wj} , то есть

$$f(W) \approx \sum_{j=1}^q p_j f_j(W), \quad (10)$$

здесь

$$\sum_{j=1}^q p_j = 1,$$

а

$$f_j(W) = \frac{1}{\sqrt{2\pi D_{Wj}}} \exp\left\{-\frac{(W - m_{Wj})^2}{2D_{Wj}}\right\}.$$

Когда приближение (10) получено, то для искомой двумерной плотности $f(W, \dot{W})$ имеем

$$f(W, \dot{W}) \approx \sum_{j=1}^q f_j(W, \dot{W}), \quad (11)$$

где $f_j(W, \dot{W})$ — двумерная плотность нормальной плотности $f_j(W)$.

В таком случае оценка среднего числа выбросов \bar{N} за уровень W_p представится как

$$\bar{N} \approx \sum_{j=1}^q p_j \bar{N}_j. \quad (12)$$

Вопрос о нахождении параметров $\{p_j\}_1^q$, $\{m_{Wj}\}_1^q$, $\{D_{Wj}\}_1^q$, которые характеризуют искомое разложение, достаточно обстоятельно рассмотрен в работе [8].

Переход от расчетной влажности грунта поля W_p к расчетной влажности грунта полотна W_p^n , как это следует из метода аналогий, осуществляется умножением W_p на коэффициент K_a , учитывающий реальные условия эксплуатации грунта полотна. Для уточнения этого коэффициента предлагается использовать современную теорию водно-теплового режима земляного полотна и дорожных одежд, в частности, результаты работы [10].

Расчеты для ст. Омск показали, что предлагаемая модификация метода аналогий ХАДИ обуславливает уменьшение расчетных модулей упругости полотна до 20% ($T=20$, $P=0,95$).

В итоге предлагаемая методика позволит проектировать систему дорожная одежда + земляное полотно с учетом срока службы одежды и заданной надежностью.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Астахова Н. И. О распределении весенних влагозапасов почв Украины. — Труды УкрНИГМИ, вып. 121. Л., Гидрометеиздат, 1974. [2]. Бируля А. К., Сиденко В. М. Определение расчетных влажностей полотна автомобильных дорог на основе теории вероятности. Научн. сообщ. № 6. Харьков, ХГУ, 1958. [3]. Болотин В. В. Применение методов теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. М., Стройиздат, 1971. [4]. Гельбух Т. М., Голбаш Т. К. К вопросу временной изменчивости активных запасов почвенных вод. — «Водные ресурсы», 1974, № 6. [5]. Гудзинский М. Н. Обоснование расчетных характеристик грунтов полотна автомобильных дорог применительно к природным условиям УССР. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук, Харьков, 1975, [6]. Дроздов О. А., Григорьева А. С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. Л., Гидрометеиздат, 1971. [7]. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа ВСН 46—72. М., «Транспорт», 1973. [8]. Ивуду К. А. Оптимизация устройств автоматики по критерию надежности. М.—Л., «Энергия», 1966. [9]. Кельчевская Л. С., Полкина Н. М. Аспекты агроклиматической оценки временной изменчивости весенних влагозапасов. — Труды Института экспериментальной метеорологии. Гл. управление гидрометеослужбы при СМ СССР, 1974, вып. 2 (39). [10]. Лукина В. А., Уваров Б. В. О переносе тепла и влаги в сезоннопромерзающих грунтах земляного полотна автомобильных дорог. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 4. [11]. Методические рекомендации по назначению расчетных параметров грунтов при проектировании дорожных одежд в УССР. Харьков, 1974. [12]. Петрова М. В. Исследование некоторых статистических характеристик поля влагозапасов. — Труды НИИАэроклиматологии, вып. 77. Л., Гидрометеиздат, 1971. [13]. Свешников А. А. Прикладные методики теории случайных функций. М., «Наука», 1968. [14]. Сиденко В. М. Расчет и регулирование водно-теплового режима дорожных одежд и земляного полотна. М., Автоотрасиздат, 1962. [15]. Тихонов В. И. Выбросы случайных процессов. М., «Наука», 1970.

Поступила 28 мая 1975 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 634.0.824.81/85

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДРЕВЕСИНЫ
ПОД НАГРУЗКОЙ В АГРЕССИВНОЙ СРЕДЕ

В. М. ХРУЛЕВ, Р. Ш. ХАСАНОВ

Новосибирский инженерно-строительный институт

Исследовано совместное влияние некоторых агрессивных растворов, механической нагрузки и температуры на скорость старения и долговечность клеевых соединений древесины сосны на клеях КБ-3 и ФР-100.

Клееные деревянные конструкции и изделия из них находят применение в объектах, эксплуатируемых в условиях действия агрессивных сред. Однако существующая система оценки клеевых соединений в этих средах не всегда учитывает реальный характер работы конструкций и изделий, в частности, их нагруженное состояние. Определение долговечности клеевых соединений в агрессивной среде на ненагруженных образцах и перенесение полученных результатов на нагруженные соединения с поправкой на длительность нагружения обычным методом расчета приводит к неточностям, поскольку накопление повреждений в материале под нагрузкой в агрессивной среде не сводится к простой сумме дефектов; а является итогом взаимно усиливающихся при совместном действии процессов [2]. Поэтому представляет практический интерес экспериментальное изучение долговечности клеевых соединений древесины, находящихся под нагрузкой в агрессивной среде.

Известно, что длительное нагружение ускоряет старение клеевых соединений металлов, древесины, пластмасс и других конструктивных материалов, причем в условиях увлажнения или постоянного действия жидких сред этот процесс еще более усиливается [1], [3], [6], [9], [10].

Влияние на долговечность клеевых соединений древесины сосны длительного нагружения в агрессивных средах мы изучали по ускоренной методике — при повышенной (60—100°C) температуре растворов. Уровень длительного нагружения принят равным 0,34 от кратковременного сопротивления сухих ($W = 8\%$) образцов, определенных по ГОСТу 15613—70 «Древесина клееная. Метод испытания клеевого соединения на скалывание вдоль волокон». Результаты опытов по определению прочности приведены в табл. 1.

Уровень длительного нагружения (0,34) определен путем умножения коэффициента длительного сопротивления ($K_{дл} = 0,6$) на коэффициенты условий работы клеевых соединений древесины: температурный ($m_t = 0,8$) и влажностный ($m_{\psi} = 0,7$) [5]. Уровень нагружения, следовательно, выбран таким образом, чтобы за время действия постоянной длительной нагрузки образцы не разрушались.

Для определения оптимальной продолжительности действия постоянной нагрузки на образцы, находящиеся в нагретых агрессивных растворах, использовали рычажные установки (рис. 1). Нагруженные образцы выдерживали в насыщенных растворах хлористого калия, суперфосфата, аммиачной селитры и в 5%-ном растворе серной кислоты при 20, 60 и 100°C. Температура растворов поддерживалась автоматически при помощи электроконтактных термометров. Ни один из образцов не разрушился менее чем за 240 ч испытания. Поэтому продолжительность действия постоянной нагрузки на образцы в нагретых (60—100°C) растворах принята равной 240 ч, что соответствует 1—1,5 годам выдерживания образцов в тех же растворах при 20°C [8].

Таблица 1

Клей	Показатели статистической обработки					
	M	σ	m	v	p	A
Фенолоформальдегидный КБ-3	7,20	1,13	0,18	12,6	3,90	85
Резорцинформальдегидный ФР-12	7,42	1,28	0,29	16,8	4,51	95
Алкилрезорцинформальдегидный ФР-100	7,26	1,46	0,32	17,6	4,81	90
Цельнодеревянные образцы	7,00	1,07	0,37	8,3	2,34	—

Примечание. M — среднее арифметическое предела прочности на скалывание, МПа; σ — среднеквадратическое отклонение, МПа; m — средняя ошибка среднего арифметического, МПа; v — вариационный коэффициент, %; p — показатель точности, %; A — средний процент разрушения соединений по древесине.

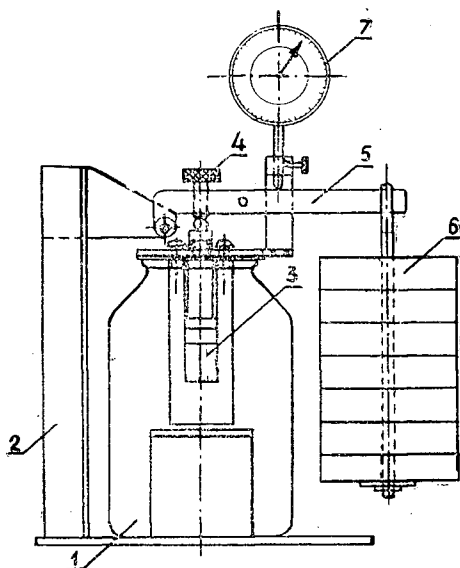
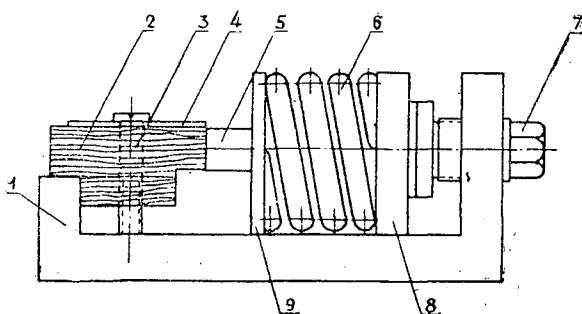


Рис. 1. Схема рычажной установки для испытания клеевых образцов под нагрузкой в агрессивных средах.

1 — сосуд с нагретым раствором; 2 — стойка; 3 — клеевый образец; 4 — регулировочный винт; 5 — рычаг; 6 — груз; 7 — индикатор часового типа.

Рис. 2. Схема пружинного приспособления для длительного статического нагружения образцов, выдерживаемых в агрессивных средах.



Дальнейшие испытания проводили на большем количестве образцов с использованием приборов пружинного типа (рис. 2). Прибор состоит из жесткой стальной рамы 1, в которую устанавливают образец 2, фиксируемый в горизонтальном положении прижимным винтом 3 и планкой 4. Через подвижный упор 5 на образец передается давление от сжатой тарированной пружины 6, усилие в которой регулируется винтом 7, а устойчивое положение обеспечивается нажимными планками 8 и 9. После установки образцов и нагружения их пружинами до заданного (0,34) уровня постоянного напряжения приборы помещали в герметически закрываемые ванны с агрессивными растворами и нагревали в термостатах при 60 и 100°C. Через 24, 72, 120 и 240 ч

нагрузку снимали, извлекали из приборов по 5 образцов, охлаждали их в воде при 20°C в течение 2 ч и испытывали на скалывание при сжатии в соответствии с требованиями ГОСТа 15613—70.

По результатам испытаний построены графики (рис. 3), из которых видно, что постоянное напряжение снижает стойкость клеевых соединений в агрессивных растворах, причем действие этих растворов

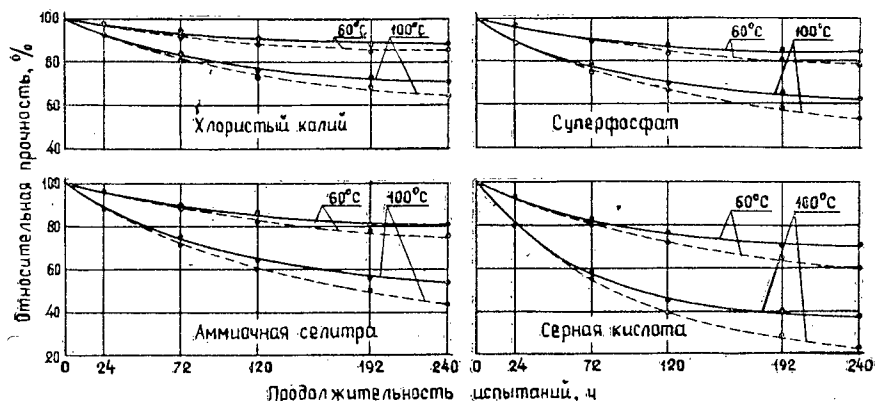


Рис. 3. Изменение прочности нагруженных (штриховые линии) и ненагруженных (сплошные линии) образцов на клею ФР-100 при нагревании в растворах агрессивных сред (нагрузка 0,34 от кратковременного сопротивления).

возрастает в следующей последовательности: хлористый калий, суперфосфат, аммиачная селитра, серная кислота. Различная чувствительность нагруженных клеевых соединений к действию агрессивных растворов объясняется, в первую очередь, их различной кислотностью (табл. 2).

Таблица 2

Условия измерения кислотности растворов	рН растворов			
	хлористого калия	суперфосфата	аммиачной селитры	серной кислоты
В начале опыта	7,09	3,96	3,36	0,14
После 240 ч выдерживания образцов при 60°C	4,22	3,48	2,62	0,19
То же при 100°C	3,96	3,16	2,47	0,36

Сопоставляя данные табл. 2 и рис. 3, можно заключить, что при действии химически более активных сред старение клеевых соединений древесины под нагрузкой ускоряется. После выдерживания образцов под нагрузкой в агрессивных растворах в течение 240 ч при 100°C процент разрушения клеевых соединений по древесине несколько снижается, а вариационный коэффициент и относительная ошибка опыта возрастают, что также свидетельствует о нарушении однородности, накоплении микродефектов и ускорении старения нагруженных соединений (табл. 3).

На структурные изменения в клеевом шве под влиянием длительного нагружения в агрессивных средах указывают и значения энергии активации процесса теплового старения, полученные по методике

Таблица 3

Растворы	Показатели испытаний образцов			
	ненагруженных		нагруженных	
	A	v	A	v
Хлористого калия*	85	22,1	65	24,6
	90	14,3	85	17,2
Суперфосфата	90	15,3	80	19,8
	90	14,3	90	18,5
Аммиачной селитры	95	16,5	85	16,7
	85	19,1	80	20,4
Серной кислоты	100	16,3	85	19,8
	75	22,6	60	25,6

Примечание. В числителе данные для клея КБ-3; в знаменателе — для клея ФР-100. Условные обозначения А и v см. в табл. 1.

Таблица 4

Клей	Значения энергии активации (кДж/моль), полученные при прогнозе долговечности клеевых соединений в растворах			
	хлористого калия (насыщенный)	суперфосфата (насыщенный)	аммиачной селитры (насыщенный)	серной кислоты (5%-ный)
КБ-3	60,9	61,7	57,8	51,4
	61,7	62,9	58,8	52,9
ФР-100	61,7	59,2	55,9	48,7
	62,7	60,7	57,8	51,8

Примечание. В числителе значения энергии активации нагруженных образцов (0,34 от кратковременного сопротивления); в знаменателе — ненагруженных.

экстраполяционного прогноза долговечности клеевых соединений древесины [7] (табл. 4).

Разница значений энергии активации ненагруженных и нагруженных клеевых соединений может служить в первом приближении количественной мерой влияния нагружения на скорость теплового старения и долговечность клеевых соединений древесины в агрессивной среде. Энергия активации процесса старения в растворах хлористого калия, суперфосфата, аммиачной селитры и серной кислоты клеевых соединений нагруженных образцов снижается по сравнению с ненагруженными соответственно на 1,3; 1,9; 1,7 и 2,8% для клея КБ-3 и на 1,6; 2,5; 3,3 и 4,1% для клея ФР-100, то есть нагрузка несколько больше влияет на долговечность соединений, склеенных клеем ФР-100.

Снижение долговечности нагруженных клеевых соединений в агрессивной среде можно объяснить механизмом разрушения твердых тел, в основе которого лежит термический распад химических и физических связей, активированный механическим напряжением. В агрессивной среде этот процесс происходит быстрее [4]. Зная величины энергии активации старения клеевых соединений в ненагруженном и нагруженном состоянии в конкретной агрессивной среде и долговечность ненагруженных образцов (которую определить экспериментально значительно проще, чем получить данные с нагружением), можно определить относительное снижение долговечности нагруженных

соединений по сравнению с ненагруженными или вывести коэффициент влияния нагружения на долговечность

$$K = \frac{\tau_2}{\tau_1} = \exp \frac{U-E}{RT},$$

где τ_1 и τ_2 — соответственно долговечность ненагруженных и нагруженных клеевых соединений, ч;

E и U — энергия активации процесса старения соответственно ненагруженных и нагруженных клеевых соединений, кДж/моль;

R — универсальная газовая постоянная, $R = 0,008315$ кДж/моль;

T — температура, °К.

Коэффициенты влияния постоянной нагрузки (0,34 от кратковременного сопротивления) на долговечность клеевых соединений в агрессивных растворах приведены в табл. 5.

Таблица 5

Клей	Коэффициент влияния постоянной нагрузки на долговечность клеевых соединений древесины сосны в растворах			
	хлористого калия	суперфосфата	аммиачной селитры	серной кислоты
КБ-3	0,77	0,68	0,72	0,62
	0,72	0,61	0,67	0,55
ФР-100	0,72	0,62	0,54	0,51
	0,67	0,55	0,47	0,43

Примечание. В числителе указаны значения, вычисленные для растворов с температурой 100°С; в знаменателе — для растворов с температурой 20°С.

Из данных табл. 5 видно, что долговечность нагруженных соединений в агрессивной среде может снижаться в 1,5—2 раза по сравнению с ненагруженными. При этом повышение температуры среды опережает влияние нагрузки, то есть с возрастанием температуры разница в долговечности нагруженных и ненагруженных соединений уменьшается (в связи с быстрым снижением долговечности по абсолютной величине).

Приведенные в табл. 5 коэффициенты можно использовать при расчете долговечности клеевых деревянных конструкций складов минеральных удобрений и сооружений химических производств.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Баранов Г. Р. Исследование клеевых соединений древесины на карбамидном клее при действии статических нагрузок.— В сб.: Использование древесины в жилищном строительстве Сибири. Новосибирск, 1975, с. 74—86. [2] Бокшицкий М. Н. К оценке активаторов статической усталости полимеров.— «Механика полимеров», 1970, № 4, с. 21—24. [3] Егоренков Н. И., Млынский В. Л., Соколов Е. Н. Влияние жидких сред на адгезию полимеров к металлам.— В сб.: Механические свойства конструкционных полимерных материалов при эксплуатации в различных средах. Львов, 1972, с. 173—176. [4] Зуев Ю. С. Разрушение полимеров под действием агрессивных сред. М., «Химия», 1972, с. 154—155. [5] Пособие по расчетным характеристикам клеевых соединений для строительных конструкций. М., Стройиздат, 1972, с. 11—14. [6] Рахимов Р. З., Хаммадеева В. А., Никонов В. И. Прочность клеевых соединений металлов в жидких средах.— Труды третьей межвузовской конференции по применению пластмасс в строительстве. Казань, 1972, с. 32—86. [7] Хрулев В. М. Долговечность клеевой древесины. М., «Лесная промышлен-

ность», 1971, с. 104—110. [8]. Хрулев В. М., Хасанов Р. Ш. Влияние температуры и концентрации агрессивных сред на старение клеевых соединений древесины.— ИВУЗ, «Строительство и архитектура», 1975, № 5, с. 80—84. [9]. Kreibich R. E., Freeman H. G. Effect of specimen stressing upon durability of light wood adhesives.— «Forest Products Journal», 1970, vol. 20, № 4, p. 44—48. [10]. Krieger R. B. Untersuchung von strukturellen Klebstoffen unter Dauerbelastung in aggressiver Umgebung.— «Adhäsion», 1974, H. 12. s. 363—370.

Поступила 17 ноября 1975 г.

УДК 674-416

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗРУШАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ ШПОНА С ТРЕЩИНОЙ

А. Н. КИРИЛЛОВ, В. А. ШАЧНЕВ

Московский лесотехнический институт

Для характеристики шпона с трещинами на поверхности был введен условный коэффициент качества шпона. Для определения разрушающей нагрузки шпона с трещиной предложен метод расчета.

Лущение шпона — основная технологическая операция в производстве фанеры. По различным причинам (низкая квалификация рабочих, неоднородность строения, наличие пороков древесины, большие линейные размеры сырья) основная масса шпона на левой стороне имеет трещины от лущения.

Наличие трещин, с одной стороны, нарушает целостность древесины, что снижает механические показатели прочности шпона; с другой стороны, при склеивании фанеры или фанеровании поверхности изделий клей может проникнуть через трещину на поверхность шпона и вызвать брак готовой продукции.

Ниже приведены результаты определения разрушающей нагрузки для шпона с трещиной.

Рассмотрим следующие три задачи для полуплоскости $y > 0$ с наклонной трещиной, выходящей на границу полуплоскости $y = 0$ в точке $x = 0$ (рис. 1):

1) растяжение равномерно распределенной на бесконечности нагрузкой p , действующей параллельно границе полуплоскости (рис. 2, а);

2) нормальное равномерное нагружение границы полуплоскости (рис. 2, б);

3) нормальное и касательное равномерные нагружения краев трещины (рис. 2, в).

Нормальные и касательные напряжения в площадках, перпендикулярных осям координат, обозначим соответственно через σ_x , σ_y , σ_{xy} . Пусть трещина длиной l наклонена к оси x под углом α , а оси x_1 и y_1 направлены соответственно вдоль и перпендикулярно трещине (рис. 1). Тогда имеем следующие граничные условия:

для первой задачи

$$\begin{aligned} y = 0, \quad x \neq 0, \quad \sigma_y = \sigma_{xy} = 0; \quad y_1 = 0, \quad 0 < x_1 < l, \quad \sigma_{y_1} = \sigma_{x_1 y_1} = 0; \\ x = \pm \infty, \quad \sigma_x = p, \quad \sigma_{xy} = 0; \quad y = \infty, \quad \sigma_y = \sigma_{xy} = 0; \end{aligned} \quad (1)$$

для второй задачи

$$\begin{aligned} y = 0, \quad x \neq 0, \quad \sigma_y = p, \quad \sigma_{xy} = 0; \quad y_1 = 0, \quad 0 < x_1 < l, \quad \sigma_{y_1} = \sigma_{x_1 y_1} = 0; \\ x = \pm \infty, \quad \sigma_x = \sigma_{xy} = 0; \quad y = \infty, \quad \sigma_y = p, \quad \sigma_{xy} = 0; \end{aligned} \quad (2)$$

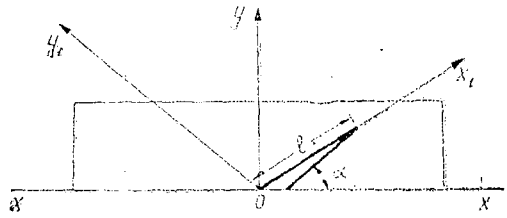


Рис. 1.

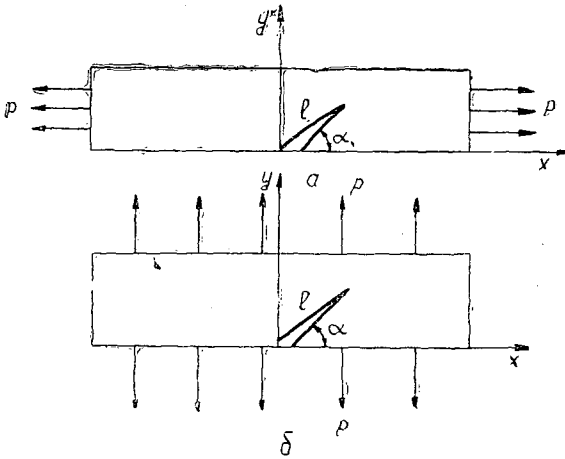
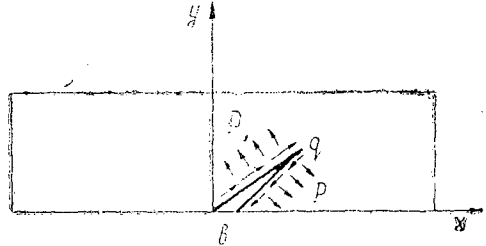


Рис. 2.



для третьей задачи

$$\begin{aligned} y = 0, \quad x \neq 0, \quad \sigma_y = \sigma_{xy} = 0; \quad y_1 = 0, \quad 0 < x_1 < l, \quad \sigma_{y_1} = -p; \\ x = \pm \infty, \quad \sigma_x = \sigma_{xy} = 0; \quad \sigma_{x_1 y_1} = -g, \quad y = \infty, \quad \sigma_y = \sigma_{xy} = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Напряжения σ_{x_1} , σ_{y_1} , $\sigma_{x_1 y_1}$ связаны с напряжениями σ_x , σ_y , σ_{xy} зависимостями

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{x_1} &= \sigma_x \cos^2 \alpha + \sigma_y \sin^2 \alpha + 2\sigma_{xy} \sin \alpha \cdot \cos \alpha; \\ \sigma_{y_1} &= \sigma_x \sin^2 \alpha - \sigma_y \cos^2 \alpha - 2\sigma_{xy} \sin \alpha \cdot \cos \alpha; \\ \sigma_{x_1 y_1} &= (\sigma_y - \sigma_x) \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \sigma_{xy} (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Первую и вторую задачи можно свести к третьей, если представить в первой задаче

$$\sigma_x = p + \sigma_x^0, \quad \sigma_y = \sigma_y^0, \quad \sigma_{xy} = \sigma_{xy}^0; \quad (5)$$

во второй

$$\sigma_x = \sigma_x^0, \quad \sigma_y = p + \sigma_y^0, \quad \sigma_{xy} = \sigma_{xy}^0. \quad (6)$$

Тогда для всех трех задач имеем следующие граничные условия:

$$y=0, x \neq 0, \sigma_y^0 = \sigma_{xy}^0 = 0; y_1=0, 0 < x_1 < l, \sigma_y^0 = -p, \sigma_{x_1 y_1} = -g^0; \quad (7)$$

$$x = \pm \infty, \sigma_x^0 = \sigma_{xy}^0 = 0; y = \infty, \sigma_y^0 = \sigma_{xy}^0 = 0.$$

Подставив равенства (7) в формулы (4) для первой задачи имеем

$$p^0 = -p \cdot \sin^2 \alpha, \quad g^0 = -p \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha; \quad (8)$$

для второй

$$p^0 = p \cdot \cos^2 \alpha, \quad g^0 = p \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha; \quad (9)$$

для третьей задачи

$$\sigma_x = \sigma_x^0, \quad \sigma_y = \sigma_y^0, \quad \sigma_{xy} = \sigma_{xy}^0, \quad p = p^0, \quad g = g^0. \quad (10)$$

Для решения задачи напряжения выразим через две аналитические функции Φ_k комплексных переменных

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= 2\text{Re} [\mu^2 \Phi_1'(z_1) + \mu_2^2 \Phi_2'(z_2)]; \\ \sigma_y^0 &= 2\text{Re} [\Phi_1'(z_1) + \Phi_2'(z_2)]; \\ \sigma_{xy} &= -2\text{Re} [\mu_1 \Phi_1'(z_1) + \mu_2 \Phi_2'(z_2)]; \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

$$z_k = x + \mu_k y, \quad k = 1, 2, \quad (12)$$

где $\mu_k = \delta_k + i\gamma_k$ — корни характеристического уравнения плоской задачи теории упругости;

$$k_{11} \mu^4 - (k_{13} + k_{31}) \mu^3 + (k_{12} + k_{21} + k_{33}) \mu^2 - (k_{23} + k_{32}) \mu + k_{22} = 0,$$

здесь коэффициенты k_{ij} — модули упругости.

Тогда граничная задача для напряжений сводится к следующей: необходимо найти аналитические функции $\Phi_k(z_k)$ в полуплоскости с трещиной, убывающие на бесконечности и на краях трещины и удовлетворяющие условиям:

$$2\text{Re} [\mu_1 \Phi_1(z_1) + \mu_2 \Phi_2(z_2)] = \begin{cases} -A_y & \text{— на краях трещины;} \\ 0 & \text{— на границе полуплоскости;} \end{cases}$$

$$2\text{Re} [\Phi_1(z_1) + \Phi_2(z_2)] = \begin{cases} -B_y & \text{— на краях трещины;} \\ 0 & \text{— на границе полуплоскости;} \end{cases} \quad (13)$$

$$A = p^0 = g^0 \cdot \text{ctg} \alpha; \quad B = p^0 \text{ctg} \alpha + g^0,$$

С помощью конформного отображения полуплоскости с наклонной трещиной на полуплоскость можно получить необходимые представления аналитических функций в окрестности вершины трещины.

Если ввести полярную систему координат r, φ (рис. 3), то по формуле

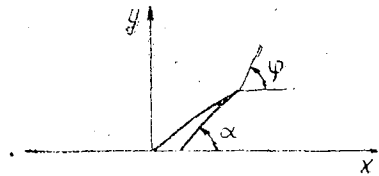


Рис. 3.

$$z = l \cdot e^{i\alpha} + r e^{i\varphi}, \quad -\pi + \alpha \leq \varphi \leq \pi + \alpha$$

для производных аналитических функций имеем

$$\begin{aligned} \Phi_1'(z_1) &= \frac{A - \mu_2 B}{2(\mu_1 - \mu_2)} \left[\frac{ie^{i\alpha} - i\Omega_1(\alpha)}{W_1(\alpha)} + \right. \\ &+ \left. \left(\frac{\lambda}{1 - \lambda} \right)^{\frac{1}{2} - \lambda} \cdot \frac{e^{-\frac{i}{2}[\Omega_1(\varphi) - \Omega_1(\alpha)]}}{\sqrt{W_1(\varphi) \cdot W_1(\alpha)}} \cdot \sqrt{\frac{l}{2r}} \right]; \\ \Phi_2'(z_2) &= -\frac{A - \mu_1 B}{2(\mu_1 - \mu_2)} \left[\frac{ie^{i\alpha} - i\Omega_2(\alpha)}{W_2(\alpha)} + \right. \\ &+ \left. \left(\frac{\lambda}{1 - \lambda} \right)^{\frac{1}{2} - \lambda} \cdot \frac{e^{-\frac{i}{2}[\Omega_2(\varphi) - \Omega_2(\alpha)]}}{\sqrt{W_2(\varphi) \cdot W_2(\alpha)}} \sqrt{\frac{l}{2r}} \right], \quad \lambda = \frac{\alpha}{\pi}, \end{aligned} \quad (14)$$

где

$$\begin{aligned} W_k(\varphi) &= \sqrt{\cos^2 \varphi + \delta_k \sin^2 \varphi} + \gamma_k^2 \sin^2 \varphi; \\ \Omega_k(\varphi) &= \arcsin \frac{\gamma_k \sin \varphi}{W_k(\varphi)}; \\ -\pi + \Omega(\alpha) &\leq \Omega_k(\varphi) \leq \pi + \Omega_k(\alpha). \end{aligned}$$

Из дальнейшего нетрудно видеть, что в окрестности вершины трещины главные члены решения (14) удовлетворяют граничным условиям для напряжений.

Выпишем решения. Для первой задачи $A = p$; $B = 0$;

$$\sigma_\varphi = p \left[\sin^2 \varphi + g_1(\varphi) + G_1(\varphi) \sqrt{\frac{l}{r}} \right]; \quad (15)$$

для второй

$$\sigma_\varphi = p \left[\cos^2 \varphi + g_2(\varphi) + G_2(\varphi) \sqrt{\frac{l}{r}} \right]; \quad (16)$$

для третьей задачи

$$\begin{aligned} \sigma_\varphi &= p \left[g_3(\varphi) + G_3(\varphi) \sqrt{\frac{l}{r}} \right] + g_1 \left[g_4(\varphi) + G_4(\varphi) \sqrt{\frac{l}{r}} \right]. \quad (17) \\ g_3(\varphi) &= g_1(\varphi) + \operatorname{ctg} \alpha \cdot g_2(\varphi), \quad G_3(\varphi) = G_1(\varphi) + \operatorname{ctg} \alpha \cdot G_2(\varphi); \\ g_4(\varphi) &= -\operatorname{ctg} \alpha \cdot g_1(\varphi) + g_2(\varphi), \quad G_4(\varphi) = -\operatorname{ctg} \alpha \cdot G_1(\varphi) + G_2(\varphi). \end{aligned}$$

где G_1 и G_2 — напряжения вблизи конца трещины в поперечной системе координат.

При $r \rightarrow 0$ и значениях φ , отличных от $\varphi = \pm \pi \pm \alpha$, где величины G_i ($i = 1, 2, 3, 4$) обращаются в нуль, наибольшие значения напряжений σ_φ в рассмотренных задачах определяются соответственно наибольшими величинами G_i . Поэтому представляет интерес нахождение величин $\varphi = \varphi^*$, при которых G_i принимает наибольшие значения. Однако ввиду сложности выражений для этих функций такую задачу удобнее решать численно. Для упрощения расчетов при определении разрушающей нагрузки примем, что основной вклад в величину изменения поверхностной энергии δv при увеличении длины трещины на величину δl дает нормальное напряжение σ_φ в месте наибольшего значения его главной части. Поэтому изменение энергии в направлении φ^* подсчитаем по формуле

$$\delta v = \frac{1}{2k_{22}(\varphi^*)} \int_0^{\delta l} \delta \sigma_\varphi^2(\varphi^*) r dr = \frac{p^{-2} G_1(\varphi^*) l}{2k_{22}(\varphi^*)} \delta l, \quad (18)$$

$$\text{где } k_{22}(\varphi^*) = k_{11} \sin^4 \varphi^* + (k_{12} + k_{21} + k_{33}) \sin^2 \varphi^* \cdot \cos^2 \varphi^* + \\ + k_{22} \cos^4 \varphi^* - (k_{13} + k_{31}) \cos \varphi^* \cdot \sin^3 \varphi^* - (k_{23} + k_{32}) \cos^3 \varphi^* \cdot \sin \varphi^*$$

есть модуль упругости $k_{22}(\varphi^*)$ в направлении φ^* ;

p — нагрузка, при которой длина трещины начинает изменяться.

В теории хрупкого разрушения принято, что для данного материала плотность поверхностной энергии $\delta \psi / \delta l$ есть величина постоянная. Согласно этому

$$\frac{\bar{p} \sqrt{l} \cdot G[\varphi^*(\alpha), \alpha]}{2k_{22}[\varphi^*(\alpha)]} = \text{const.} \quad (19)$$

Используя это свойство, мы можем следующим образом воспользоваться экспериментальными данными. Пусть в эксперименте при каких-то определенных α_0 и l_0 фиксируется разрушающая нагрузка \bar{p}_0 . Тогда из равенства (19) следует, что при любых α и p разрушающая нагрузка

$$\bar{p} = \bar{p}_0 \sqrt{\frac{k_{22}[\varphi^*(\alpha) l_0]}{k_{22}[\varphi^*(\alpha_0) l]}} \cdot \frac{G[\varphi^*(\alpha_0) \alpha_0]}{G[\varphi^*(\alpha) \alpha]}. \quad (20)$$

Рассмотрим пример для березового шпона толщиной 1,5 мм. Определяющие соотношения примут вид

$$\epsilon_x = k_{11} \sigma_x + k_{12} \sigma_y; \quad \epsilon_y = k_{21} \sigma_x + k_{22} \sigma_y; \quad \gamma_{xy} = k_{33} + \sigma_{xy},$$

где $k_{11} = \frac{1}{E_r}$ (E — модуль упругости); $k_{12} = -\frac{\mu_{tr}}{E_r}$; $k_{21} = -\frac{\mu_{rt}}{E_t}$;

$$k_{22} = \frac{1}{E_t}; \quad k_{33} = \frac{1}{G_{rt}}.$$

Согласно данным проф. Б. Н. Уголева

$$E_r = 6000 \text{ кгс/см}^2; \quad E_t = 4200 \text{ кгс/см}^2; \quad G_{rt} = 2000 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\mu_{tr} = 0,81; \quad \mu_{rt} = 0,49.$$

Тогда характеристическое уравнение принимает вид

$$\mu^4 + 1,49\mu^2 + 1,42957 = 0,$$

решение его

$$\mu = \pm 0,44825 \pm i \cdot 1,0425,$$

так что

$$\delta_{1,2} = \pm 0,44825; \quad \gamma = 1,0425.$$

При этих значениях корней и различных углах трещины $\alpha \left(\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{6} \right)$ на ЭВМ получены таблицы G_1 в функции угла φ . (Сами таблицы ввиду громоздкости не приводятся).

Для первой задачи

$$p_0 = \frac{P_{\text{разр}}}{s \cdot b} = \frac{5,26}{0,15 \cdot 2} = 17,53 \text{ кгс/см}^2,$$

где $P_{\text{разр}}$ — разрушающая нагрузка для образца;

s и b — толщина и ширина образца шпона, см.

Под разрушающей нагрузкой во всех случаях понимаем то предельное напряжение, при котором начинается разрушение в материале. С помощью формулы (20) определим разрушающую нагрузку в случае третьей задачи, если положение трещины и ее длина такие же, что и в первой задаче. Из таблиц выберем соответственно φ_1^* и φ_3^* направления разрушения в первой и третьей задачах:

$$\varphi_1^* = 1,15192; \quad \varphi_3^* = 0,52360.$$

Тогда согласно формулам (18) и (20)

$$\begin{aligned} \bar{p} \approx \bar{p}_0 \sqrt{\frac{k_{22}(\varphi_3^*)}{k_{22}(\varphi_1^*)}} \cdot \frac{G_1(\varphi_1^*)}{G_3(\varphi_3^*)} &= 17,53 \sqrt{\frac{0,0201873}{0,0001565}} \cdot \frac{1,04857}{1,79300} \\ &= 17,53 \cdot 1,09 \cdot 0,584 = 11,06 \text{ кгс/см}^2. \end{aligned}$$

Как свидетельствуют фотоснимки начального состояния трещины (рис. 4; увеличение в 32 раза; темный цвет — в трещине смола), а также после приложения удельного давления в 12 кгс/см² (рис. 5), трещина увеличилась на одну треть первоначальной длины в глубину шпона.

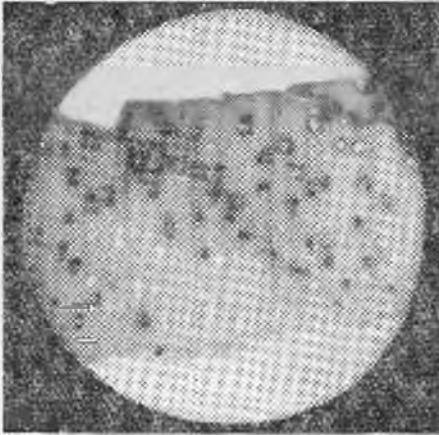


Рис. 4.

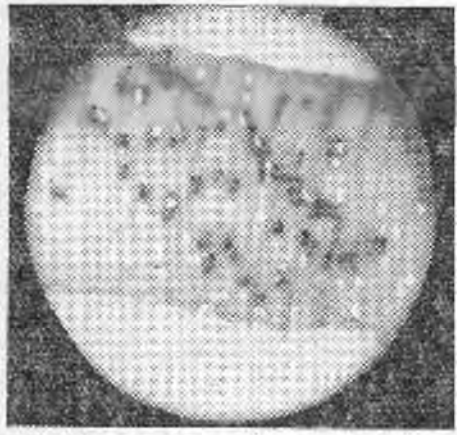


Рис. 5.

Далее процесс стабилизировался, так как произошло перераспределение p в трещине. Для окончательного раскрытия трещины, то есть для «пробоя» смолы через трещину на поверхность шпона, необходимо приложить дополнительное давление p . (В эксперименте использовали шпон с коэффициентом качества K_2).

Как видно из эксперимента, теоретический расчет дает близкое совпадение с опытными данными. Расхождение не превышает 10%. Заполнение трещин смолой без нарушения целостности может способствовать упрочнению шпона и фанеры. Наши исследования характера заполнения трещин смолой С-1 показали также, что раскрытие трещин зависит от количества наносимой смолы и качества шпона.

Указанные закономерности необходимо учитывать как при холодной подпрессовке пакетов шпона, так и при склеивании фанеры горячим способом.

Поступила 27 июня 1975 г.

УДК 674.038.6

ИССЛЕДОВАНИЕ УСАДКИ ЕЛОВЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ СУШКИ*

Л. А. ТЕТЕРИН, Э. А. ФОМИНА

Брянский технологический институт

Изложены результаты исследований усадки образцов еловых пиломатериалов при сушке их на воздухе и в лабораторной сушильной установке. Экспериментально получены зависимости толщины и ширины образцов от их влажности. Дано аналитическое описание этих зависимостей.

Вопрос об усадке хвойных пиломатериалов при сушке имеет существенное значение в связи с необходимостью пересмотреть ГОСТ 6782—67 «Пиломатериалы хвойных пород. Припуски на усушку».

Нами исследована усадка еловых пиломатериалов при сушке их в «естественных» условиях, то есть в помещении, где температуру и относительную влажность воздуха не регулировали, а побудители циркуляции отсутствовали, а также в лабораторной сушильной камере с регулируемыми параметрами агента сушки.

Использовали доски длиной 500 мм, средней толщиной 22 и 38 мм и средней шириной 98 мм. Отклонение фактических размеров по толщине и ширине от средних не превышало ± 2 мм. Торцы образцов замазывали густотертой краской.

При проведении опыта в естественных условиях (первая серия) температура воздуха в помещении колебалась в пределах 19—22°C, а относительная влажность — в пределах 58—70%. В лабораторной сушильной камере поддерживали следующий режим: $t_m = 80 \pm 1^\circ\text{C}$; $t_c = 70 \pm 1^\circ\text{C}$; скорость циркуляции агента сушки $V = 1,0$ м/с (вторая серия опытов).

В процессе сушки периодически контролировали размеры поперечного сечения образцов с помощью штангенциркуля (цена деления 0,05 мм). Текущую среднюю влажность определяли весовым способом, образцы взвешивали на торговых весах (цена деления 2 г).

В первой серии опытов было испытано 20 образцов толщиной 22 и 38 мм, причем 10 с начальной влажностью выше 30% и 10 с влажностью ниже 30%. Во второй серии было испытано 10 образцов толщиной 22 мм с начальной влажностью выше 30%.

В результате получены кривые сушки образцов и изменения размеров (толщины и ширины) в процессе сушки (рис. 1). На основании этих данных построены графики изменения толщины и ширины образцов в зависимости от их средней влажности (рис. 2).

Из графиков видно, что при начальной влажности выше 30% размеры в начальный период сушки изменяются по кривой, которая после достижения образцами определенной влажности переходит в прямую. Такой характер изменения размеров имел место при обоих исследованных нами режимах сушки и для различных толщин. Точка перехода криволинейной зависимости в прямолинейную соответствовала средней влажности образцов 15—20% независимо от режима сушки. При $W_{\text{нач}} < 30\%$ все графики зависимости размеров образцов от средней влажности линейны как для тонких, так и толстых образцов.

* В работе принимали участие студенты А. Лобанова, Л. Матросова, С. Шаталова, В. Захарова, Е. Ищенко.

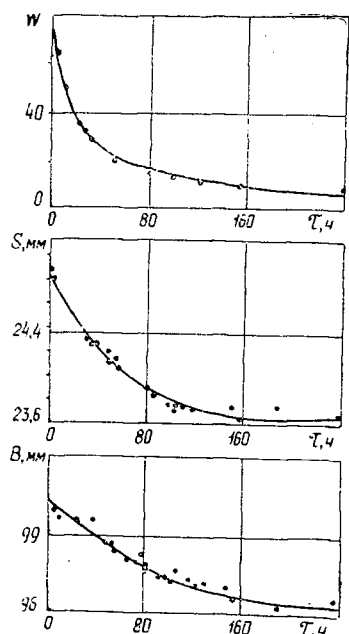


Рис. 1. Изменение влажности W , толщины S и ширины B образцов в процессе сушки в естественных условиях.

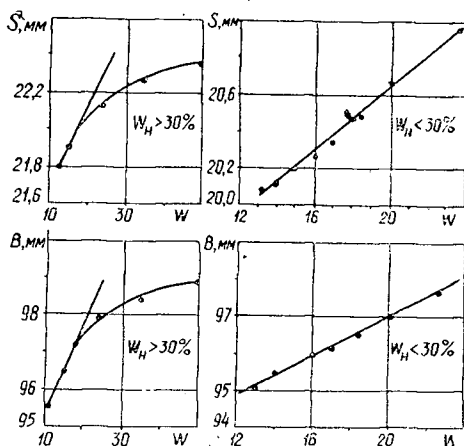


Рис. 2. Зависимость толщины S и ширины B образцов от средней влажности.

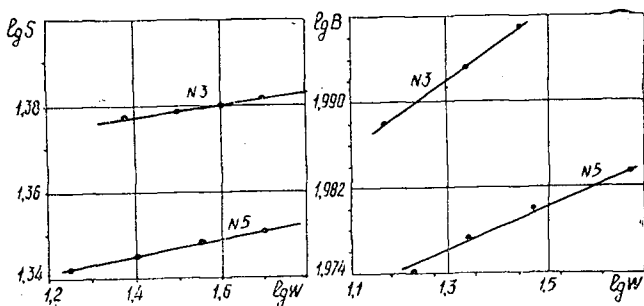


Рис. 3. Зависимость размеров образцов от влажности в логарифмических координатах.

Представляет интерес аналитически описать зависимость размеров образцов от средней влажности, так как это позволяет определить усадку материала для заданной конечной влажности. Криволинейный участок этой зависимости мы строили в логарифмических координатах (рис. 3). Линейная зависимость между логарифмами свидетельствует о том, что функции $S=f(W)$ и $B=\varphi(W)$ можно выразить степенной формулой. Математическую зависимость толщины и ширины образцов от влажности можно представить следующим образом:

при $W_{нач} < 30\%$

$$S = kW + b;$$

$$B = k_1 W + b_1;$$

при $W_{\text{нач}} > 30\%$

$$\left. \begin{aligned} S &= n \lg (W)^m \\ B &= n_1 \lg (W)^{m_1} \end{aligned} \right\} W > W_{\text{кр}};$$

$$\left. \begin{aligned} S &= k W + b \\ B &= k_1 W + b_1 \end{aligned} \right\} W < W_{\text{кр}},$$

где $W_{\text{кр}}$ — влажность, соответствующая точке перехода криволинейной зависимости в прямолинейную.

Средние значения параметров $k, b, n, m, k_1, b_1, m_1, n_1$, полученные в наших экспериментах, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Начальная влажность W , %	Средняя толщина, мм	Численные значения параметров							
		k	b	m	n	k_1	b_1	m_1	n_1
<30	22	0,102	19,2	—	—	0,27	92	—	—
<30	38	0,075	37,2	—	—	0,26	95	—	—
>30	22	0,046	21,3	0,030	1,27	0,27	90	0,028	2,00
>30	38	0,053	36,7	0,031	1,49	0,25	87	0,024	1,95

Рассмотрим вопрос о влиянии режима сушки на величину усадки пиломатериалов по толщине и ширине. Нами установлено, что для более жесткого режима при сушке в камере усадка по толщине образцов больше, чем при сушке на воздухе. Величина усадки по ширине образцов практически не зависит от режима сушки. Этот вывод подлежит дальнейшей проверке при сушке различных сечений образцов для разных режимов.

Из графиков (рис. 2) легко получить зависимость усадки от влажности. Фактическую усадку образцов при достижении определенной влажности мы сравнивали с припусками на усушку для тех же значений конечной влажности по ГОСТу 6782—67. Номинальные размеры образцов по толщине и ширине определяли следующим образом. По графикам изменения размеров в зависимости от влажности определяли размер, соответствующий влажности 15%. Этот размер может отличаться от номинального, согласно ГОСТу 6782—67 (табл. 1), на величину $\pm(1 \div 2)$ мм. Выбирали ближайший номинальный размер по табл. 1 и для него строили график припусков на усушку в зависимости от конечной влажности. Если начальная влажность образцов ниже 30%, то припуск на усушку определяли как разность между припусками, соответствующими данной конечной и начальной влажности.

Сравнение фактической усадки образцов в процессе сушки с припусками на усушку по ГОСТу 6782—67 (рис. 4) показало следующее. При начальной влажности выше 30% припуски на усушку, как правило, превышают величину фактической усадки по толщине; для более жесткого режима эти расхождения наименьшие. Отклонения по ширине имели тот и другой знак, наименьшие отклонения — при более жестком режиме. При начальной влажности ниже 30% припуски по толщине и ширине, как правило, меньше фактической усадки.

Результаты данной работы позволяют высказать некоторые соображения относительно методики пересмотра ГОСТа 6782—67. Очевидно, экономическая эффективность стандарта тем выше, чем меньше отклонения стандартных припусков на усушку от фактической усадки.

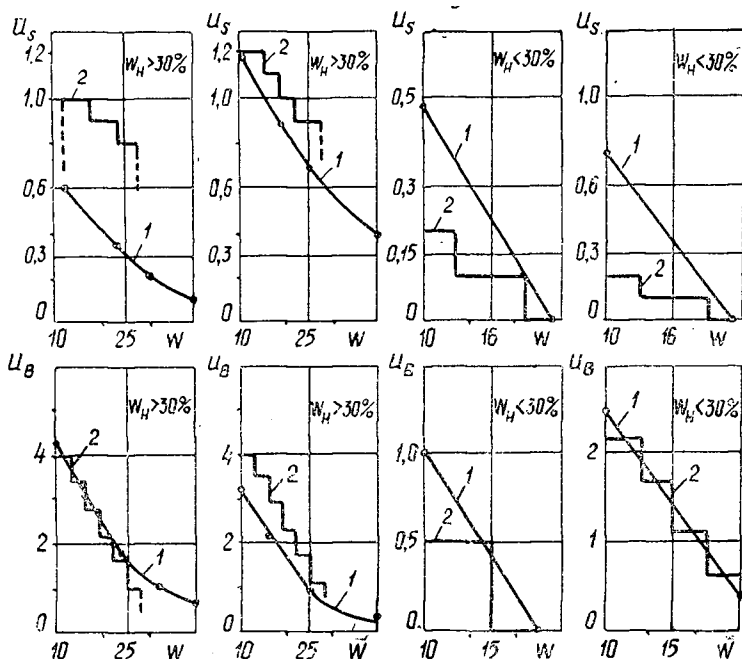


Рис. 4. Сравнение стандартных припусков на усушку (кривая 1) с фактической усушкой образцов по толщине U_S и ширине U_B (кривая 2).

Поэтому при разработке стандарта необходимо накопить экспериментальные данные об усушке различных пород хвойных пиломатериалов в процессе сушки и применить вероятностно-статистические методы. При этом должна быть минимизирована разность стандартными припусками и фактической усушкой. С этой целью, возможно, следует увеличить «дробность» стандарта, не ограничиваясь одной усредненной таблицей припусков для различных пород и режимов сушки.

Поступила 16 марта 1976 г.

УДК 634.0.824 : 674.031.15

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ЯВОРА, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В УКРАИНСКИХ КАРПАТАХ

И. С. ВИНТОНИВ

Львовский лесотехнический институт

Результаты исследований показали, что ухудшение условий местопроизрастания с увеличением высоты над уровнем моря привело к образованию большего количества однорядных лучей и более правильному строению древесины.

Древесину явора используют для изготовления наиболее ответственных деталей и узлов музыкальных инструментов [3]. Красивая текстура и эффектный внешний вид этой древесины позволяют широко применять ее также в мебельной промышленности [2].

Учитывая, что явор произрастает на всех высотных поясах лесной растительности Карпат [1], представляет интерес выявить особенности микростроения древесины явора на разных высотах над уровнем моря.

Исследовали древесину пяти модельных деревьев спелого возраста, из которых три — с высоты 1250 м над уровнем моря (тип леса — закарпатская влажная пихтово-еловая субучина) и два — с высоты 540 м над уровнем моря (тип леса — буквый пихтач). Поверхностную пористость древесины явора определяли по методике А. А. Яценко-Хмелевского и Н. Н. Брегадзе [6], Густоту сердцевинных лучей подсчитывали на тангенциальной плоскости при увеличении изображения в 120 раз; высоту и ширину сердцевинных лучей и количество клеток по ширине и высоте лучей определяли при увеличении в 300 раз.

Поперечный срез. Древесина явора — рассеянно-сосудисто-го строения. Годичные слои резко отграничены последним рядом клеток поздней зоны годичного слоя. Поздняя зона слагается из трех, редко из четырех, рядов клеток правильной прямоугольной формы. На поперечном разрезе волокна либриформа поздней зоны напоминают трахеиды хвойных пород. Волокна либриформа, примыкающие к сердцевинным лучам, имеют также правильную прямоугольную форму. Только сосуды, равномерно размещенные на поперечном срезе, частично нарушают однородность строения. Следовательно, два соседних сердцевинных луча с двумя соседними поздними зонами годичных слоев образуют замкнутый микропрямоугольник, внутри которого волокна либриформа своим размещением как бы копируют данный прямоугольник. Древесина явора на поперечном срезе представляет собой как бы канву, слагающуюся из микропрямоугольников, имеющих одинаковые размеры.

В каждом микропрямоугольнике размещено 8—12 сосудов. Сосуды разбросаны одинарно или собраны по два, редко по три; овальной формы, вытянутые по радиусу или округлые. Средний диаметр сосудов в резонансной древесине явора равен 59,8 мкм. Количество сосудов в 1 см² поперечного среза 1800—2400.

Диаметр волокон либриформа в радиальном направлении 5,88—10,86 мкм, в тангенциальном направлении 2,94—8,82 мкм.

Серцевинные лучи на поперечном срезе слагаются из одного или пяти-шести рядов клеток. Расстояние между двумя многорядными лучами в тангенциальном направлении 250 мкм. Среди многорядных лучей размещено множество однорядных. Узкие однорядные лучи в местах соприкосновения с сосудами огибают их, тем самым нарушая прямолинейность однорядных сердцевинных лучей.

Характер изменения процентного соотношения тканей и полостей в связи с почвенно-климатическими условиями приведен в табл. 1.

Таблица 1

Элементы древесины	Статистические показатели					
	Количество замеров	<i>M</i>	$\pm\sigma$	$\pm m$	<i>v</i> , %	<i>p</i> , %
Сосуды	97	15,5	2,82	0,29	18,2	1,92
	71	11,3	2,16	0,25	18,5	2,21
Серцевинные лучи	96	12,5	1,49	0,15	11,9	1,22
	77	11,0	1,38	0,15	12,6	1,35
Древесные волокна и паренхима	96	72,0	5,16	0,51	7,2	0,71
	77	77,7	5,92	0,60	7,6	0,78

Примечание. В числителе данные для пробной площади № 2 (С₃); в знаменателе — для площади № 3 (D₃).

Из данных этой таблицы видно, что древесина явора, произрастающего в сугрудах на высоте 1250 м над уровнем моря, несколько отличается от древесины явора, выросшего в лучших грудовых типах леса на высоте 540 м над уровнем моря.

Тангенциальный срез. Сердцевинные лучи на тангенциальной плоскости разделяли на три группы. Размеры лучей, отнесенных к соответствующим группам, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Вид лучей	Высота, мм	Ширина, мм	Количество клеток	
			по высоте	по ширине
Крупные	0,5—1,0	0,05—0,06	40—60	5—6
Средние	0,2—0,4	0,03—0,04	20—35	3—4
Однорядные	0,1—0,15	0,01—0,012	3—15	1

В литературе [4], [5] сердцевинные лучи таких пород, как клен, явор, липа, отнесены к узким. При изучении микростроения древесины

Таблица 3

Показатели	Количество замеров	M	$\pm\sigma$	$\pm m$	v, %	p, %
Крупные сердцевинные лучи						
Ширина, мкм	29	59,3	11,0	2,04	19,0	3,44
	44	53,7	13,5	2,03	25,2	3,79
Высота, мкм	29	780	194,0	35,9	24,9	4,60
	44	590	159,0	24,9	27,1	4,23
Количество клеток по ширине	29	4,8	0,55	0,10	11,4	2,08
	42	5,2	0,69	0,11	13,3	2,01
Количество клеток по высоте	29	55,5	9,0	1,67	16,2	3,02
	41	52,5	9,4	1,46	18,1	2,69
Средние сердцевинные лучи						
Ширина, мкм	20	36,7	7,65	1,71	20,8	4,67
	47	33,4	8,60	1,26	25,8	3,78
Высота, мкм	20	286,0	76,5	17,20	26,8	6,43
	42	220,0	52,3	8,04	23,8	3,66
Количество клеток по ширине	20	2,8	0,54	0,12	19,3	4,30
	43	3,3	0,65	0,10	19,7	3,04
Количество клеток по высоте	20	22,2	6,97	1,56	31,4	7,03
	50	14,8	3,78	0,53	25,6	3,58
Однорядные сердцевинные лучи						
Ширина, мкм	24	11,7	1,54	0,34	13,2	2,90
	51	14,1	2,53	0,36	17,9	2,5
Высота, мкм	24	132	54,0	12,10	41	9,16
	47	113,5	40,7	6,83	35	6,00
Количество клеток по высоте	24	9,3	2,08	0,42	22,4	4,53
	44	0,0	2,25	0,33	25,0	3,66

Примечание. В числителе данные для пробной площади № 2 (C₃); в знаменателе — для площади № 3 (D₃).

явора возникла необходимость многорядные лучи условно разделить на крупные и средние, а однорядные выделить в отдельную группу.

Размеры сердцевинных лучей и количество клеток в лучах древесины явора в связи с условиями произрастания приведены в табл. 3.

С увеличением высоты над уровнем моря до 1250 м и с ухудшением условий произрастания в древесине явора образуются крупные и средние сердцевинные лучи значительно большей высоты, чем во влажных грудовых типах на высоте 540 м. Во влажном сугруде крупные сердцевинные лучи по высоте на 24% больше, чем во влажном грудовом типе, при практически равной ширине и одинаковом количестве клеток по ширине. Средние сердцевинные лучи во влажном сугрудовом типе леса имеют высоту на 23% больше, а ширину на 8% больше по сравнению с лучшими условиями роста. Однорядные сердцевинные лучи в двух типологических разностях условий произрастания явора отличаются по размерам незначительно.

Для более полной характеристики сердцевинных лучей в связи с типами лесорастительных условий приведено количество лучей в 1 см² (табл. 4).

Таблица 4

Вид лучей	M		±m		Достоверность различий
	при высоте над уровнем моря				
	1250 м (C ₂)		540 м (D ₂)		
Крупные	323 100%	7,04	368 114%	18,60	2,26 < 3
Средние	375 100%	14,15	432 115%	16,65	2,62 < 3
Однорядные	2784 100%	33,20	2490 90%	40,07	—
Всего сердцевинных лучей в 1 см ²	3485 100%	45,70	3290 95%	64,0	2,5 < 3

Из данных этой таблицы видно, что в лучших условиях произрастания явора на высоте до 540 м над уровнем моря в древесине образуется сердцевинных лучей на 14% больше, а средних на 15% больше по сравнению с высотой 1250 м над уровнем моря. Больше всего образуется однорядных сердцевинных лучей с преобладанием их в худших условиях роста. Большее количество однорядных лучей обуславливает радиальное размещение волокон либриформа, что приводит к образованию древесины лучшего резонансного качества.

Таким образом, в лучших условиях произрастания формируется древесина явора с незначительным увеличением древесных волокон и уменьшением сосудов и сердцевинных лучей. Ухудшение условий произрастания с высотой над уровнем моря привело к образованию большого количества однорядных сердцевинных лучей и более правильному строению древесины. Все различия в строении древесины явора в связи с условиями произрастания и высотой над уровнем моря носят количественный характер и затрагивают процентное соотношение тканей, что ведет к некоторым качественным изменениям.

В заключение следует сказать, что древесина явора, произрастающего в буковом поясе на высотах 800—1200 м над уровнем моря, имеет более правильное строение, и есть основания рекомендовать заготовку резонансных яворовых сортиментов высшего качества в буковом поясе Карпат Украинских.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Винтонів І. С. Характеристика та деякі таксаційні показники яворників Українських Карпат.—Збірник «Лісове господарство і лісоексплуатація в Карпатах», Ужгород, «Карпати», 1971. [2]. Винтонів І. С. Дослідження фізико-механічних властивостей деревини явора. — Збірник «Лісова, паперова і деревообробна промисловість», вип. 9. Київ, «Будівельник», 1972. [3]. Новодержкин А. М. Материаловедение, М., «Лесная промышленность», 1964. [4]. Перельгин А. М. Древесиноведение, М., «Лесная промышленность», 1969. [5]. Цыбык Б. И. Определитель древесины древесных пород Западных областей УССР. Изд. Львовского университета, 1963. [6]. Яценко-Хмельевский А. А., Брегадзе Н. Н. К методике определения порозности древесины путем простейших измерений под микроскопом. Доклады АН Армянской ССР, 1939, т. XXV.

Поступила 4 мая 1973 г.

УДК 634.0.852

О ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПЕННЫХ ГНИЛЕЙ МЕТОДОМ РАДИАЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Л. П. СКИБА, Ю. П. МЫСИН
Сибирский технологический институт

Лабораторные исследования плотности и коэффициентов поглощения образцов из различных частей хлыста позволили выдать рекомендации для быстрого визуального определения конца напennых гнилей при поточной разделке хлыстов.

Исследования фаутиности лесов в Отрадновском, Красноярском и Костромском ЛПХ показали, что основные сортообразующие пороки — сучья, имеющиеся на всех стволах, и напennые гнили, встречающиеся почти у трети стволов эксплуатационной спелости [1—3]. Остальные пороки встречаются редко или в значительно меньшей степени влияют на качество сортиментов, получаемых при раскросе хлыстов.

В связи с тем, что комлевые гнили имеют лишь один выход на поверхность, определить зону их распространения без распиловки можно только с помощью проникающих излучений, используя отличие физических свойств здоровой и пораженной гнилью древесины.

В одной из работ [5] показано, что коэффициенты поглощения γ -лучей почти не имеют значений, характерных только для гнилой или только для здоровой древесины. По-видимому, важно не абсолютное значение этих коэффициентов, а изменение их при переходе от гнилого к здоровому участку в объеме данного образца.

Цель данной работы — рассмотреть возможность визуального гамма-дефектоскопирования комлевых гнилей свежесрубленной древесины пихты и ели в производственных условиях. Для правильной расщифровки гамма-грамм дефектоскопа необходимо дополнительно изучить распределение плотности и влажности в комлевых частях здоровых и гнилых хлыстов.

Образцы изготовляли в Ново-Козульском леспромхозе Красноярского края. (Из-за преобладания пихты и ели в этом районе первый этап работы был посвящен изучению этих пород). Хлысты просвечивали с помощью дефектоскопа. Плотность здоровых и гнилых участков в хлыстах и коэффициенты поглощения гамма-лучей древесиной различного качества изучали и в лабораторных условиях.

Визуальный гамма-дефектоскоп древесины создан в бывшей базовой лаборатории Красноярского совнархоза и СибТИ. Гамма-излучатель располагали в горизонтальной плоскости выше ствола. В качестве источника излучения был использован селен. Коллимированный луч источника в процессе вращения описывает конус, вершина которого располагается под просвечиваемым объектом на чувствительной области де-

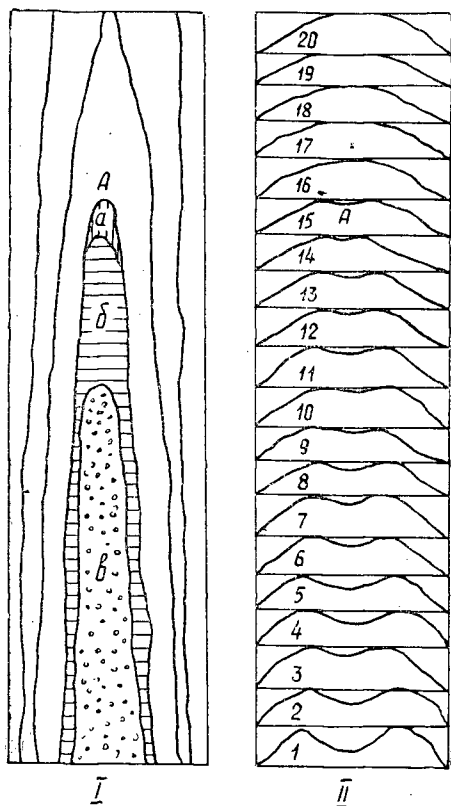


Рис. 1. Графики поглощающей способности ели, пораженной коррозийной гнилью

I — просвечиваемый хлыст с комлевой гнилью (диаметральный разрез); *II* — гамма-дефектограмма ели; *A* — точка окончания гнили и перехода к здоровому участку; *a* — участок с гнилью I стадии; *b* — II стадии; *в* — III стадии.

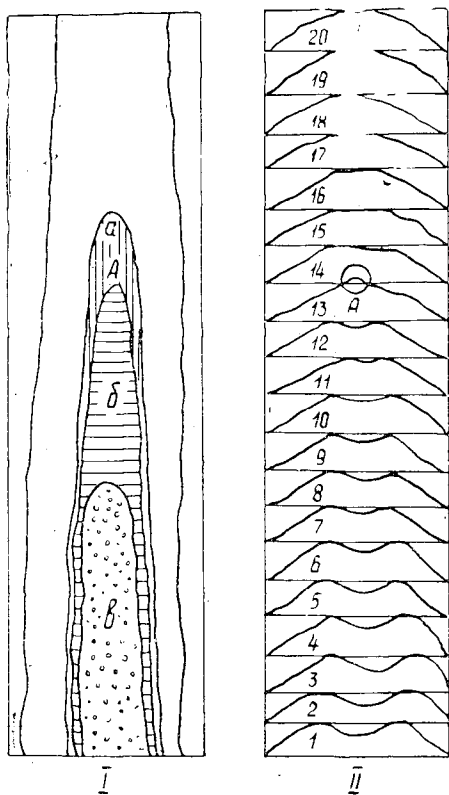


Рис. 2. Графики поглощающей способности пихты, пораженной бурой гнилью

I — просвечиваемый хлыст с комлевой гнилью (диаметральный разрез); *II* — гамма-дефектограмма пихты; *A* — точка локального уплотнения, характеризующая окончание гнили и переход к темнине; *a* — участок с гнилью I стадии; *b* — II стадии; *в* — III стадии

тектора излучения. На экране осциллографа регистрируется развернутая во времени картина поглощающей способности различных участков поперечного сечения, по которой определяют дефекты контролируемой древесины. Комлеву часть хлыста просвечивали через 10 см на длине 2 м. На экране возникает серия изображений, стоящих друг над другом (рис. 1 и 2). Вершина каждого графика вычерчивалась на строго определенном уровне экрана. Цифрами обозначено расстояние от начала комля в дециметрах.

Просвечено 200 хлыстов — 100 пихты и 100 ели, из которых полностью исследовано 20 хлыстов пихты (10 здоровых и 10 фаутовых) и 15 хлыстов ели (10 фаутовых). Просвеченный хлыст кряжевали, откомлеванную 2—2,5-метровую чурку разрубали по большому диаметру. Визуальное наблюдение диаметральных разрубов кряжей, имеющих напенные гнили, показало, что все гнили возникают четкие очертания и распространяются строго в одном направлении вдоль волокон. Поэтому интерес представляло определение плотности образцов, лежащих в направлении определенных волокон как у здоровых, так и фаутовых хлыстов. Для этого из комлевого чурка по всей длине брали 3—5-сантиметровую сердцевую вырезку, которую разрубали на 3 рейки размером 2×2×200 см: центральную *a*; на середине радиуса *в* и периферийную *с*. Рейки разделявали на кубики 2×2×2 см на расстоянии 5 см друг от друга по высоте. Выкальвание позволило избежать нарушенных волокон, которые наблюдаются при выпиливании. Взятые образцы взвешивали и определяли в лабораторных условиях плотность (по методике, предложенной В. Н. Ерофеевым [4]).

Таблица 1

Порода	Тип гнили	Состояние просвечиваемого участка	$\rho_w, \text{г/см}^3$ $v, \%$	$W, \%$ $v, \%$	Коэффициенты линейного поглощения гамма-лучей			Интегральное поглощение гамма-лучей хлыста с гнилью	
					$\mu_{\text{рад}}$	$\mu_{\text{танг}}$	$\mu_{\text{тор}}$	$\frac{d_{\text{гни}}}{d_{\text{общ}}}$	J_d (импульс)
Пихта	Деструктивная, вызванная <i>Phaeolus Schweinitzii</i> Fr. Pat.	I стадия гниения	$\frac{0,585}{42}$	$\frac{51}{50}$	0,0494	0,0474	0,0452	$\frac{13}{28}$	5786
		II « »	$\frac{0,400}{18}$	$\frac{56}{20}$	0,0300	0,0436	0,0344	$\frac{15}{30}$	5438
		III « »	$\frac{0,251}{10}$	$\frac{43}{12}$	0,0211	0,0144	0,0139	$\frac{15}{30}$	4101
		Здоровый	$\frac{0,370}{4}$	$\frac{40}{6}$	0,0235	0,0202	0,0204	$\frac{0}{27}$	5273
Пихта	Коррозионная, вызванная <i>Phellinus Hartigii</i> Bond.	II стадия гниения	$\frac{0,313}{30}$	$\frac{35}{28}$	0,0230	0,0325	0,0240	$\frac{9}{28}$	4875
		III « »	$\frac{0,230}{15}$	$\frac{30}{17}$	0,0132	0,0046	0,0193	$\frac{10}{28}$	4100
		Здоровый	$\frac{0,375}{6}$	$\frac{41}{10}$	0,0250	0,0209	0,0221	$\frac{0}{28}$	5113
Ель	Коррозионная, вызванная <i>Stereum abietinum</i> (Pers.) Fr.	II стадия гниения	$\frac{0,458}{8}$	$\frac{47}{10}$	0,0329	0,0231	0,0244	$\frac{10}{30}$	5311
		III « »	$\frac{0,330}{12}$	$\frac{30}{15}$	0,0219	0,0253	0,0202	$\frac{15}{30}$	4987
		Здоровый	$\frac{0,543}{6}$	$\frac{52}{8}$	0,0354	0,0366	0,0375	$\frac{0}{30}$	6358

влажность и коэффициенты поглощения гамма-лучей. Результаты измерений обрабатывали статистически.

Анализ результатов показал, что плотность $0,90-0,60$ г/см³ соответствует только здоровым образцам, $0,30-1,10$ г/см³ — фаутным, $0,60-0,30$ г/см³ — как тем, так и другим. В табл. 1 приведены данные о влиянии степени загнивания на поглощающую способность I_d модельных кряжей пихты и ели и образцов из них. Как видно из этой таблицы, плотность здоровых участков меняется очень незначительно: коэффициент вариации не превышает 6%. Поэтому любое изменение плотности, локальное (сучок) или тотальное (гниль), превышающее 6%, указывает на дефект древесины.

Изменение плотности у фаутной древесины зависит от типа гриба-возбудителя мицоза. По характеру изменения химического состава, плотности и, следовательно, коэффициентов поглощения все многообразие гнилей растущих хвойных деревьев можно разбить на две большие группы — деструктивную и коррозионную.

В случае коррозионной гнили переход от III ко II и I стадии по плотности плавный, постепенный, весьма заметный по отношению к плотности здоровых участков. Влажность гнили не превышает влажности здоровых частей. Один из видов деструктивной гнили — бурая гниль — характеризуется более сложным изменением плотности. При наличии плавного перехода от III ко II стадии наблюдается резкое изменение плотности на I стадии, что связано с заполнением люменов и клеток древесины гифами дереворазрушающих грибов. Влажность пораженных гнилью участков, особенно I и II стадии, в свежесрубленном состоянии выше влажности окружающей среды, что маскирует эффект снижения плотности при гниении и затрудняет правильную расшифровку гамма-грамм. Интенсивность и коэффициенты поглощения лучей меняются в соответствии с изменением плотности образцов. Различное значение коэффициентов поглощения в зависимости от направления просвечивания связано с анизотропностью строения древесины. Различная тенденция в воздействии обоих типов гнили приводит к появлению двух вариантов изменения формы графиков при гамма-дефектоскопировании.

Расшифровка гамма-грамм по определению конца напеченных гнилей заключалась в сравнении вида, формы и площади графиков между собой. Любой порок — гниль, трещины, сучки — приводит к изменению общей плотности и регистрируется детектором. Гниль искажает график, выражаясь впадиной или другими нарушениями. Естественно, общая картина изменения вида пиков совпадает с распределением и изменением плотности в зависимости от стадий и вида гниения.

В случае коррозионной гнили на графиках (рис. 1) появляются глубокие мягкие впадины с закругленными краями. Изменения в площади пика при большом объеме загнивания могут достигать до 40%. При уменьшении степени загнивания впадина постепенно сглаживается. Переход к здоровому участку сопровождается установлением стабильных, относительно правильных форм.

На осциллограммах деревьев, разрушенных бурными гнилями (рис. 2), появляются глубокие четкие впадины с резко очерченными краями. Переход от III ко II стадии сопровождается постепенным изменением формы пика; затем происходит резкое локальное изменение, указывающее на переход к I стадии загнивания (темнение), для которой характерны большие изменения плотности, связанные как с неравномерностью разрушения, так и значительными колебаниями влажности. На графиках появляются одиночные, не повторяющиеся далее

всплески и впадины, форма вершины постоянно меняется. Изменения в площади пика могут достигать до 10%. Переход к здоровой части, как и в первом случае, отмечается установлением стабильных, повторяющихся форм. Как правило, на осциллограммах хорошо видны различия в графиках темнины и гнили, видна и точка перехода к здоровому участку.

При существующем ГОСТе 9463—72 на хвойные лесоматериалы темнина не является сортообразующим пороком, поэтому истинным концом гнили можно считать сигнал о локальном уплотнении, указывающем на окончание гнили и переход к темнине. Расшифровку облегчает выявленная периодичность в появлении деформаций пика по вертикали, которая говорит о преимущественном распространении гнилей в объеме одних годовых приростов. При выборе полезной информации на фоне шума только регулярность в изменении графиков говорит о наличии дефекта типа гнили, все остальные деформации считаются фоном.

Таким образом, сканирующее просвечивание древесины радиоактивным излучением позволяет определить качество древесины в технологических условиях раскряжевки круглого леса. Лабораторные исследования, подтвержденные производственными испытаниями гамма-дефектоскопа, позволили выдать рекомендации для быстрого визуального определения гнилей при поточной разделке хлыстов. Повышение качества деловой древесины в этом случае несомненно. Выявляемость и точное определение конца коррозионной гнили составили 95%, в случае бурой гнили III стадию определяли на 100%, I стадию — на 85%. Дефектоскоп подобного типа можно использовать на любой линии раскряжевки леса, где имеется продольная подача хлыстов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вагин А. В. Научные доклады высшей школы. — «Лесоинженерное дело», 1958, № 1. [2]. Вагин А. В. Научные доклады высшей школы. — «Лесоинженерное дело», 1959, № 2. [3]. Венценосцева М. А. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1967, № 3. [4]. Ерофеев В. Н. — Труды ВНИИБа, 1969, № 55. [5]. Ласточкин П. В. Дефектоскопия древесины и возможности ее применения в автоматических разделочных установках. М., 1962.

Поступила 16 декабря 1975 г.

У Д К 634.0.812:674.031.12

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ БУКА, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В МОЛДАВИИ

Г. Л. ТЫЩКЕВИЧ

Кишиневский сельскохозяйственный институт

В условиях Молдавии целесообразно выращивать бук с целью получения древесины. Исходя из суммарного коэффициента качества древесины при сжатии вдоль волокон и статическом изгибе, по классификации Л. М. Перельгина, молдавский бук должен быть отнесен к породам со средним коэффициентом качества.

В Молдавии проводятся работы по восстановлению бука на месте малоценных грабняков. Буковые леса призваны здесь выполнять почвозащитную, водоохранную и климаторегулирующую роль, они могут

служить также источником древесины для фанерно-мебельных комбинатов.

С целью изучения физико-механических свойств древесины молдавского бука нами были заложены две пробные площадки в спелых насаждениях свежей кодринской грабовой бучины. Закладку пробных площадей, выбор модельных деревьев, отбор образцов и определение физико-механических свойств древесины производили по ГОСТам 11483—65 и 11499—65, ГОСТам 1648. 1, 3, 4, 5 и 00—73.

Результаты изучения физико-механических свойств древесины бука (при 15%-ной влажности) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	$M \pm m$
Число годичных слоев в 1 см	$5,31 \pm 0,06$
Плотность, кг/м ³	$654 \pm 3,8$
Коэффициент объемной усушки, %	$0,51 \pm 0,004$
Коэффициент линейной усушки, %	
в радиальном направлении	$0,16 \pm 0,001$
в тангенциальном направлении	$0,34 \pm 0,002$
Линейное разбухание	
в радиальном направлении	$5,23 \pm 0,04$
в тангенциальном направлении	$11,61 \pm 0,07$
Водопоглощение, %	$102,3 \pm 0,7$
Предел прочности при сжатии вдоль волокон, МПа	$45,3 \pm 0,28$
Предел прочности при статическом изгибе в тангенциальном направлении, МПа	$90,3 \pm 0,45$
Предел прочности при растяжении вдоль волокон, МПа	$112,4 \pm 0,79$
Предел прочности при скалывании вдоль волокон, МПа	
в радиальном направлении	$9,7 \pm 0,08$
в тангенциальном направлении	$13,4 \pm 0,09$
Твердость, МПа	
торцовая	$53,8 \pm 0,33$
в радиальном направлении	$36,1 \pm 0,23$
в тангенциальном направлении	$38,4 \pm 0,25$
Ударная вязкость при изгибе, Дж/м ² × 10 ³	$83,6 \pm 1,04$

Примечание. M — средняя величина; m — ошибка средней величины.

Показатели точности при определении физико-механических свойств древесины молдавского бука во всех случаях оказались значительно выше, чем предусмотрено стандартом; коэффициенты вариации в большинстве случаев ниже средних, установленных для каждого свойства древесины.

Показатели асимметрии и эксцесса у кривых распределения для исследованных свойств недостоверны. Поэтому делаем заключение, что асимметрия и эксцесс не имеют в данном случае существенного значения. Исключение составляют показатели асимметрии у кривых водопоглощения ($\frac{A}{m_A} = 3,0$) и ударной вязкости при изгибе ($\frac{A}{m_A} = 3,1$).

Физико-механические свойства древесины молдавского бука мы сравнили со свойствами древесины бука, произрастающего в других географических районах СССР и за рубежом [1], [2], [4—14].

Макроскопическое строение и физические свойства древесины

Исследования показали, что молдавский бук отличается несколько большей мелкослойностью, более низкой плотностью древесины, чем *Fagus sylvatica* L., произрастающий в Карпатах, Львовской области и

странах Западной Европы; разница составляет 3,5—10,0%. У *Fagus orientalis* Lipsky, произрастающего в Краснодарском крае и Адыгейской автономной области, плотность древесины ниже соответственно на 1,1 и 5,2%. В других районах произрастания (Армянская, Азербайджанская и Грузинская ССР) восточный бук имеет более плотную древесину (на 2—21,9%). Это в известной мере определяется анатомическим строением древесины. Так, например, у молдавского бука формируется более пористая древесина, чем у карпатского, сосуды имеют меньший диаметр, а сердцевинные лучи — меньший объем и размеры, что, по-видимому, обусловило меньшие величины коэффициентов усушки. Так, разница в коэффициенте объемной усушки древесины молдавского и карпатского бука составляет 10—14%. У кавказского бука из Краснодарского края этот показатель меньше, чем у карпатского и молдавского. У кавказского бука из Армянской ССР и Азербайджана коэффициент объемной усушки выше, чем у молдавского.

Линейное разбухание древесины молдавского бука в радиальном направлении несколько меньше, чем у бука из Львовской области, а в тангенциальном — наоборот. Для кавказского бука имеются данные З. А. Новрузовой [2] по Азербайджану в отношении линейного разбухания и водопоглощения. Эти показатели несколько выше, чем для молдавского бука.

Следовательно, по физическим свойствам древесина молдавского бука характеризуется лучшими показателями для фанерной и мебельной промышленности.

Механические свойства древесины

По механическим свойствам древесина молдавского бука по ряду показателей несколько уступает древесине бука европейского и восточного из разных районов произрастания. Так, предел прочности при сжатии вдоль волокон у древесины молдавского бука меньше, чем у *Fagus sylvatica* L. из разных районов произрастания. Исключение составляет бук из советских Карпат, у которого этот показатель несколько меньше.

У древесины кавказского бука предел прочности при сжатии вдоль волокон близок к молдавскому. В пределах прочности при статическом изгибе в тангенциальном направлении не наблюдается существенных различий между древесиной молдавского бука и бука из советских Карпат и Львовской области. У бука, произрастающего в странах Центральной и Западной Европы, этот показатель выше на 14—17%. Древесина *Fagus orientalis* Lipsky только из Азербайджана и Грузии имеет этот показатель на 10 и 28% выше, чем молдавский бук.

Кавказский бук, произрастающий в Азербайджане и Грузии, имеет предел прочности при статическом изгибе на 10,2 и 28,6% выше, чем молдавский. В других районах произрастания древесина кавказского бука существенно не отличается от молдавского.

Предел прочности при растяжении вдоль волокон для древесины молдавского бука больше, чем карпатского из УССР, на 8,5%. Древесина бука из Львовской области, Северной и Западной Европы, ГДР, ФРГ и Румынии имеет больший предел прочности при растяжении вдоль волокон, чем древесина молдавского бука.

В пределах прочности на скалывание вдоль волокон в радиальном направлении молдавский бук уступает карпатскому и из Львовской области на 18,7 и 30,8%. Бук из Азербайджанской и Грузинской ССР, а также Абхазской АССР превосходит молдавский по пределу прочно-

сти на 18—20%, а из Армянской ССР и Адыгейской автономной области, наоборот, уступает молдавскому на 16 и 30%.

Предел прочности на скалывание вдоль волокон в тангенциальном направлении у древесины карпатского бука несколько больше, чем молдавского, а древесина кавказского бука по этому показателю уступает молдавскому на 2—32%, за исключением бука из Абхазии, который близок к молдавскому.

Древесина молдавского бука отличается меньшей твердостью. Так торцовая твердость у него меньше, чем у европейского из других районов произрастания (советские Карпаты, Львовская область, Румыния) на 1,4—41%, радиальная на 10—61% и тангенциальная на 0,2—51%. У кавказского бука эти величины больше, чем у молдавского. Исключение составляет бук из Армянской ССР, у которого торцовая твердость ниже, чем у молдавского на 3%.

По ударной вязкости при изгибе молдавский бук превосходит европейский из советских Карпат на 10,3% и восточный из Краснодарского края, Абхазской ССР и Адыгейской автономной области на 6,7—17,5% и уступает буку из Львовской области на 18,4%, Азербайджана — на 12,4% и Грузии — на 38,7%.

Таким образом, сравнение физико-механических свойств древесины молдавского бука и из других географических районов показало, что молдавский бук отличается средней прочностью и вязкостью древесины и несколько пониженной твердостью, что в известной мере, по-видимому, обусловлено несколько меньшим содержанием лигнина в его древесине.

В ряде отраслей народного хозяйства лучшей считается древесина наибольшей прочности при наименьшей плотности. Поэтому важное значение приобретает коэффициент качества — отношение величины предела прочности к плотности.

Исходя из суммарного коэффициента качества древесины при сжатии вдоль волокон и статическом изгибе, по классификации Л. М. Перельгина [3], молдавский бук должен быть отнесен к породам со средним коэффициентом качества так же, как бук, произрастающий в советских Карпатах, Азербайджанской, Грузинской и Армянской ССР, Краснодарском крае и Румынии. Бук, произрастающий во Львовской области, Адыгейской автономной области, Северной и Западной Европе, относится к породам с высоким коэффициентом качества.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Арзуманян Г. А., Маликонян М. В. Физико-механические свойства древесины бука, произрастающего в Армении. — Доклады АН Армянской ССР, 1961, т. XXXIII, № 3. [2]. Новрузова З. А. Строение и свойства древесины главных лесных пород Азербайджана. Изд. АН Азербайджанской ССР, 1965. [3]. Перельгин Л. М. Физико-механические свойства древесины лиственных пород СССР. — «Лесная промышленность», 1946, № 10. [4]. Синькевич А. Л. О водопоглощении и стойкости древесины европейского бука. — Сборник научных трудов Львовского лесотехнического института, т. IV, 1959. [5]. Синькевич А. Л. Исследование некоторых свойств древесины дубокорого бука. — Техническая информация по результатам научно-исследовательских работ. ЛТА, 1969, № 15. [6]. Синькевич А. Л. Влияние высоты произрастания над уровнем моря на статическую твердость древесины бука европейского. — В сб.: Лесоводство, лесные культуры и почвоведение, вып. 2. Ленинградский университет, 1973. [7]. Синькевич А. Л. Влияние экспозиции склона на статическую твердость древесины бука европейского. — В сб.: Лесоводство, лесные культуры и почвоведение, вып. I. Ленинградский государственный университет, 1973. [8]. Ghelmeziu N., Papa Gh., Ursulescu Ad. Proprietatile fizice si mecanice ale lemnului de molid, brad, fag, stejar si gorun. Ed. Agro-Silvica, Bucuresti, 1960. [9]. Grössler. Über Raumgewicht und Holzeigenschaften einiger Rotbuchen aus den Hochgebirge, 1939. [10]. Kollmann F. Technologie des Holzes

und der Holzwerkstoffe, Erster Brand, Springer—Verlag, Berlin, Göttingen Heidelberg, 1962; Furniere, Lagenhölzer und Tischlerplatten, Springer—Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, H. R. W., 1963, N. 7. [11]. Krzysek F. Buk ako priemyselna surovina, Vyd. Akad. Slov. Vied., Bratislava, 1960. [12]. Lukuc-Simonovic N, Analiza bubrenja i utezanja kod drestovine i bukovine, 1970. [13]. Polge H. État actuel des recherches sur la qualité du bois de hêtre. «Bull. techn. Office nat. forêts», 1973, N. 4, [14]. Vorreiter L. Holztechnologisches Handbuch, vol. II, Wien, 1958.

Поступила 9 июня 1975 г.

УДК 634.0.824.81/85

РАСЧЕТ КЛЕЕНОЙ ДЕРЕВЯННОЙ БАЛКИ С ДЕФЕКТАМИ СКЛЕИВАНИЯ, ЗАГРУЖЕННОЙ ПРОИЗВОЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ

Н. А. КРЫЛОВ, М. Л. БИРИЧЕВСКИЙ

Ленинградский инженерно-строительный институт

Приведены теоретические исследования прочности балки, загруженной произвольной нагрузкой. В балке имеется несколько произвольно расположенных непроклеев. Дан пример расчета балки.

Рассмотрим произвольно загруженную балку с произвольно расположенными непроклеями, находящимися на одном уровне (рис. 1). Расчет балки с непроклеями, расположенными на разных высотах, не представляет принципиальных трудностей, но требует совместного решения системы дифференциальных уравнений.

Дифференциальное уравнение на всех участках балки имеет вид [2]

$$\frac{T_n''}{\varepsilon} = \gamma T_n + \Delta_n \quad (1)$$

где

$$\gamma = \frac{1}{EF_1} + \frac{1}{EF_2} + \frac{v^2}{\Sigma EI} \quad \begin{array}{l} n \text{ — номер соответствующего участка балки;} \\ T_n \text{ — сдвигающая сила на уровне непроклея, кгс;} \\ \text{— коэффициент, характеризующий приращение} \\ \text{сдвигов от единичных сдвигающих} \\ \text{усилий, 1/кгс;} \end{array}$$

$$\varepsilon = \frac{2Gb}{h} \quad \text{— коэффициент податливости связей сдвига} \\ \text{кгс/см}^2;$$

$$\Delta_n = - \frac{M_n^0 v}{\Sigma EI} \quad \text{— приращение сдвигов от действия внешней} \\ \text{нагрузки.}$$

При решении дифференциального уравнения (1) появляется $2n$ постоянных интегрирования; для определения которых должно быть составлено $2n$ граничных условий.

Для защемленного, шарнирно опертого и свободного концов балки граничные условия заключаются в том, что сдвигающая сила $T=0$.

Если границей участков является непроклея, то независимо от наличия или отсутствия сосредоточенной нагрузки (P, M) над непроклеем граничные условия записываются в виде

$$T_{k-1} = T_k; \quad \tau_{k-1} - \tau_k = \varepsilon (\Delta^M - \Delta^T).$$

Вычисление величин Δ^M и Δ^T показано в одной из наших работ [1].

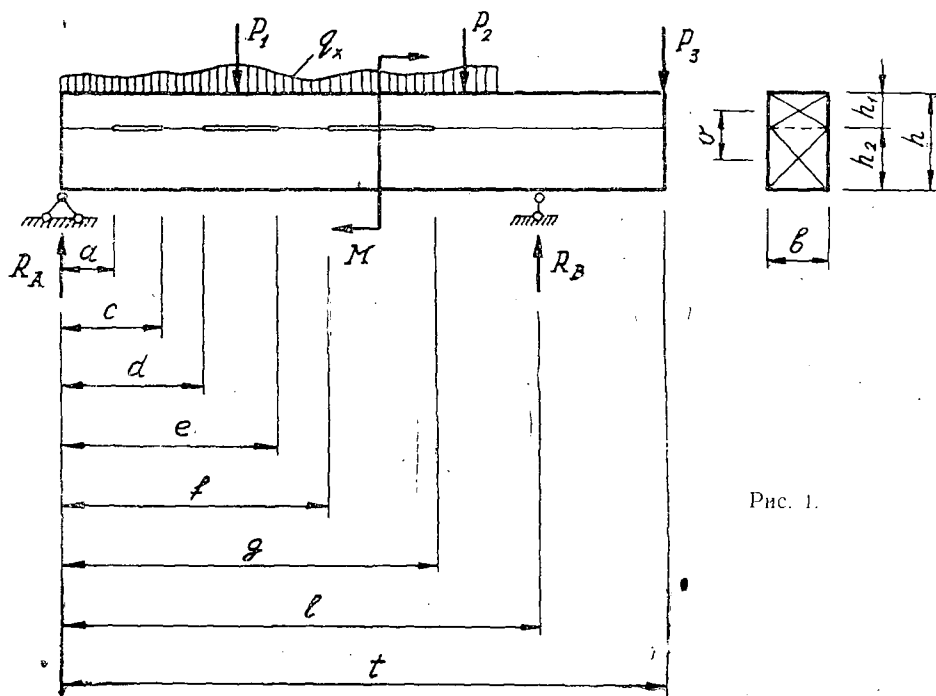


Рис. 1.

Если на балке имеется сосредоточенная нагрузка (P , M), расположенная не над непроклеем (например, P_2 и R_B , рис. 1), а также для начала или конца распределенной нагрузки граничные условия

$$T_{i-1} = T_i; \quad \tau_{i-1} = \tau_i;$$

Использование граничных условий дает возможность определить все постоянные интегрирования.

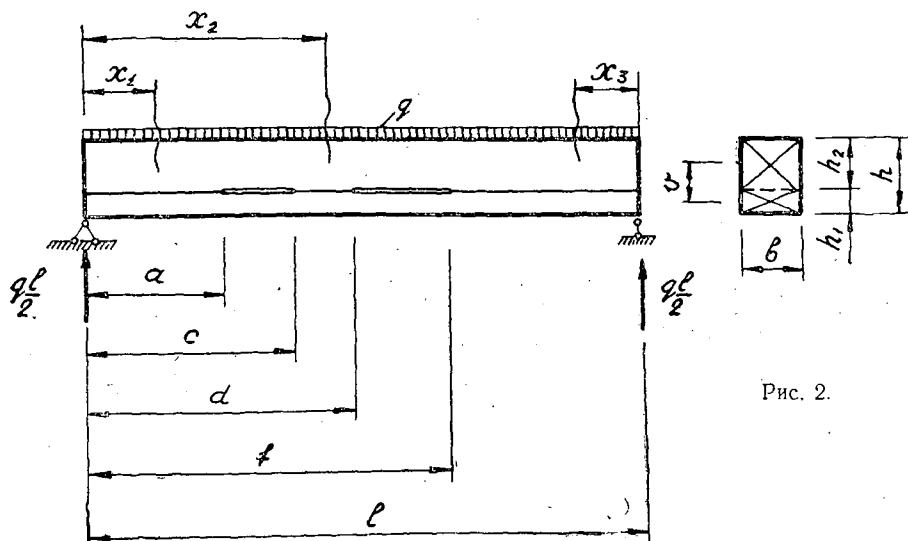


Рис. 2.

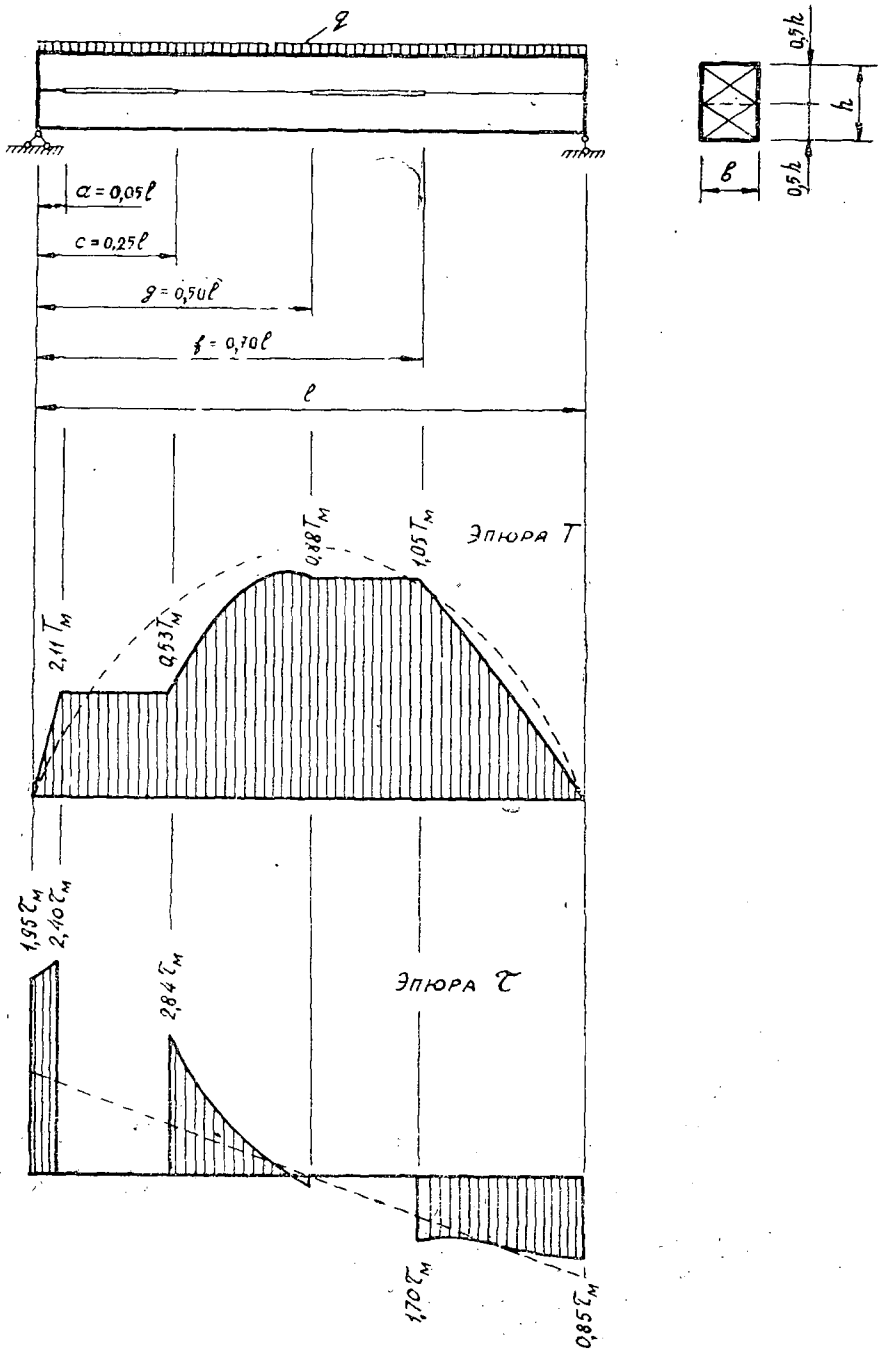


Рис. 3.

Пример. Возьмем двухопорную балку, нагруженную равномерно распределенной нагрузкой, с двумя непроклеями (рис. 2).

Составив и решив дифференциальные уравнения на трех участках балки, определим сдвигающую силу и касательное напряжение на этих участках

$$\begin{aligned} T_1 &= C_1 \operatorname{sh} \lambda x_1 + C_2 \operatorname{ch} \lambda x_1 + \frac{qv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} \left(lx_1 - x_1^2 - \frac{2}{\lambda^2} \right); \\ T_2 &= C_3 \operatorname{sh} \lambda x_2 + C_4 \operatorname{ch} \lambda x_2 + \frac{qv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} \left(lx_2 - x_2^2 - \frac{2}{\lambda^2} \right); \\ T_3 &= C_5 \operatorname{sh} \lambda x_3 + C_6 \operatorname{ch} \lambda x_3 + \frac{qv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} \left(lx_3 - x_3^2 - \frac{2}{\lambda^2} \right); \\ \tau_1 &= \lambda C_1 \operatorname{ch} \lambda x_1 + \lambda C_2 \operatorname{sh} \lambda x_1 + \frac{qv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} (l - 2x_1); \\ \tau_2 &= \lambda C_3 \operatorname{ch} \lambda x_2 + \lambda C_4 \operatorname{sh} \lambda x_2 + \frac{qv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} (l - 2x_2); \\ \tau_3 &= \lambda C_5 \operatorname{ch} \lambda x_3 + \lambda C_6 \operatorname{sh} \lambda x_3 + \frac{qv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} (l - 2x_3). \end{aligned} \quad (2)$$

Граничные условия:

- 1) при $x_1 = 0$ $T_1 = 0$;
- 2) при $x_1 = a$ и $x_2 = c$ $T_1 = T_2$;
- 3) при $x_1 = a$ и $x_2 = c$ $\tau_1 - \tau_2 = \varepsilon (\Delta^M - \Delta^T)$;
- 4) при $x_2 = d$ и $x_3 = l - f$ $T_2 = T_3$;
- 5) при $x_2 = d$ и $x_3 = l - f$ $\tau_2 + \tau_3 = \varepsilon (\Delta^M - \Delta^T)$;
- 6) при $x_3 = 0$ $T_3 = 0$.

Для определения постоянных интегрирования имеем систему линейных неоднородных уравнений

$$\begin{aligned} C_2 - \frac{qv\varepsilon}{\lambda^4 \Sigma EI} &= 0; \\ C_1 \operatorname{sh} \lambda a + C_2 \operatorname{ch} \lambda a - C_3 \operatorname{sh} \lambda c - C_4 \operatorname{ch} \lambda c + \frac{qv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} [a(l-a) - c(l-c)] &= 0; \\ C_1 [\operatorname{ch} \lambda a + \lambda(c-a) \operatorname{sh} \lambda a] + C_2 [\operatorname{sh} \lambda a + \lambda(c-a) \operatorname{ch} \lambda a] - \\ - C_3 \operatorname{ch} \lambda c - C_4 \operatorname{sh} \lambda c + \frac{qv\varepsilon}{\lambda \Sigma EI} \cdot \frac{(c-a)[-3l(c-a) + 2c(c+a) - 4a^2]}{12} &= 0; \\ C_3 \operatorname{sh} \lambda d + C_4 \operatorname{ch} \lambda d - C_5 \operatorname{sh} \lambda(l-f) - C_6 \operatorname{ch} \lambda(l-f) + \\ + \frac{qv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} [d(l-d) - f(l-f)] &= 0; \\ C_6 [\operatorname{ch} \lambda d + \lambda(-d) \operatorname{sh} \lambda d] + C_4 [\operatorname{sh} \lambda d + \lambda(f-d) \operatorname{ch} \lambda d] + C_5 \operatorname{ch} \lambda(l-f) + \\ + C_6 \operatorname{sh} \lambda(l-f) + \frac{qv\varepsilon}{\lambda \Sigma EI} \cdot \frac{(f-d)[-3l(f-d) + 2f(f+d) - 4d^2]}{12} &= 0; \\ C_6 - \frac{qv\varepsilon}{\lambda^4 \Sigma EI} &= 0. \end{aligned}$$

Результаты решения в частном случае

$$h_1 = h_2 = \frac{h}{2}; \quad a = 0,05l; \quad c = 0,25l; \quad g = 0,50l; \quad f = 0,70l; \quad \frac{l}{h} = 10; \quad \frac{G}{E} = \frac{1}{20}$$

получены с помощью ЭЦВМ «Наири-2» и представлены на рис. 3.

Зная значения T и τ , можно легко рассчитать балку на прочность по нормальным и касательным напряжениям, а также определить прогибы и углы поворота любого сечения балки [1].

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Крылов Н. А., Потапов А. И., Биричевский М. Л. Расчет клееной деревянной балки с симметричным непрочлеем. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 1. [2]. Ржаницын А. Р. Теория составных стержней строительных конструкций. М., Стройиздат, 1948.

Поступила 8 мая 1975 г.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБРАЗЦОВ ИЗ КЛЕЕНОЙ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ И ИХ ТЕРМОВЛАГООБРАБОТКА

Л. В. БОРЦОВА

Воронежский лесотехнический институт

Обоснован выбор режимов термовлагообработки для соединений прессованной древесины на фенолформальдегидном и карбамидном клеях с учетом особенностей свойств древесины. Установлено количество образцов на одно значение фактора.

При исследованиях влияния различных факторов на прочность клеевых соединений натуральной древесины применяют ряд методов ускоренных испытаний. Такие же методы ускоренных испытаний мы применили для клееной прессованной древесины (ДП-Кл) с учетом особенностей свойств и работы прессованной древесины (ДП). Так как детали из ДП-Кл могут работать в переменных температурно-влажностных и в нормальных (при защите от влаги и повышенной температуры) условиях среды, то для склеивания ДП нами использованы клеи фенолформальдегидный и мочевиноформальдегидный (карбамидный).

Для соединений ДП на фенолформальдегидном клее был принят режим ускоренного испытания — вымачивание в воде при $t=20^{\circ}\text{C}$ в течение 48 ч с высушиванием до первоначального веса (влажности) при $t=60^{\circ}\text{C}$. Кипячение как отдельный режим обработки или как составную часть режима было решено не применять, так как это могло привести к завышению прочности из-за возможного доотверждения клея (особенно при склеивании без нагрева) и быстрой релаксации напряжений. Для соединений на карбамидном клее применяли вымачивание в воде при $t=60^{\circ}\text{C}$ в течение 6 ч с последующим высушиванием как режим, который может оказать большое влияние на прочность клеевого соединения [7]. И в первом, и во втором случаях вымачивание и высушивание следует производить в закрепленном состоянии.

При изучении влияния какого-либо фактора на прочность клеевого соединения нужно знать прочность цельной древесины, испытанной в аналогичных условиях. Это необходимо для выявления причин разрушения клеевых соединений и выбора оптимального значения исследуемого фактора.

Изготовление образцов в количестве, подсчитанном по формуле, приведенной в ГОСТе 16483.0—70 [5], невозможно, так как становится невыполнимым требование ГОСТа 11484—65, п. 18 [2], [6] об изготовлении образцов из одного куска древесины.

Следует исходить из следующих предпосылок: длина образца из ДП на скалывание по ГОСТу 9629—66 [3] должна быть 38 мм; для клеевых образцов при раскрое бруска ДП на заготовки их можно получить

по сечению бруска не более 4 комплектов (рис. 1, б); при изготовлении образцов нужно отступить от торцев прессованного бруска по 20 мм [3]; количество значений исследуемого фактора должно быть не менее трех; из одного и того же куска древесины нужно изготовить образцы из ДПО и натуральной древесины; образцы из ДПО и ДП-Кл следует испытывать в двух состояниях; нужно иметь запасный материал (прессованный и натуральный) для замены дефектных образцов; при раскросе натуральной древесины необходимо отступать от торцев, обычно имеющих трещины; нужно исключать части натуральной древесины, имеющие дефекты (трещины, сучки), не допускаемые ГОСТом 9629—66 [3].

Если учесть все эти предпосылки, то можно заключить, что количество образцов из ДП-Кл на одно значение фактора при одном состоянии не может превышать 12 шт. Тогда общая длина бруска натуральной древесины составит 2,3—2,6 м. Бруска такой длины имелись в лаборатории прессования древесины ВЛТИ. Тщательное изготовление образцов позволило при 10—12 шт. образцов (на одно значение фактора при одном состоянии) получить точность опыта не более 5%.

Схема раскроса бруска натуральной древесины для одной марки клея и трех значений исследуемого фактора показана на рис. 1. Бруска 1—1÷1—5 используют для прессования, бруски 1—1÷1—3—для изготовления клееных образцов при трех значениях исследуемого фактора для двух состояний—до и после термовлагообработки. Из бруска 1—4 изготавливают образцы цельной прессованной древесины (ДПО) тоже для двух состояний, из бруска 1—0—образцы цельной натуральной древесины; брусок 1—5—запасный.

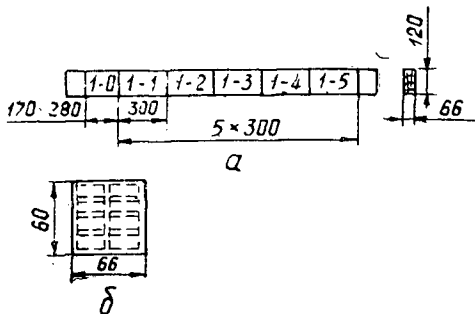


Рис. 1. Схемы раскроса.

а — по длине (натуральная древесина); б — по сечению на заготовки для склеивания (прессованный брусок).

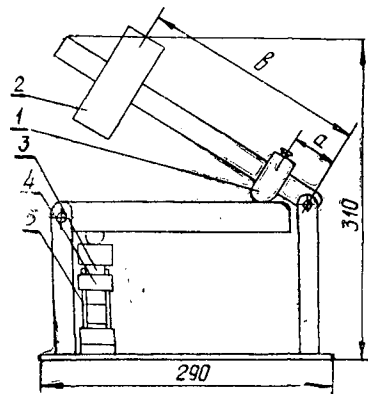


Рис. 2. Запрессовочное устройство.

1 — опора подвижная; 2 — груз 6 кгс (подвижный); 3 — склеиваемые заготовки (4 шт.); 4, 5 — фиксаторы от бокового сдвига заготовок.

Древесину уплотняли в прессформах по методу П. Н. Хухрянского, степень прессования $\epsilon = 50\%$. Размер бруска после прессования $60 \times 66 \times 300$ мм (до механической обработки); его раскраивали на 16 заготовок для склеивания $10 \times 20 \times 125$ мм; размер после склеивания $20 \times 20 \times 125$ мм (одна заготовка на три образца).

Поверхность склеивания обрабатывали на универсальном фрезерном станке 676 цилиндрической фрезой со спиральным шагом ($\varnothing 60$ мм) при числе оборотов 1630 в 1 мин и скорости подачи 395 и 935 мм/мин. Получаемый класс шероховатости поверхности Δd_{10} (по ГОСТу 7016—68) [4].

Склеивание производили в рычажных запрессовочных устройствах (рис. 2), рассчитанных на давление 10—12 кгс/см². Для предотвращения сдвига заготовок в момент приложения давления применяли металлические стержни 5 (6 шт.), плотно прилегающие к стопе заготовок под действием эластичной ленты 4 (2 шт.).

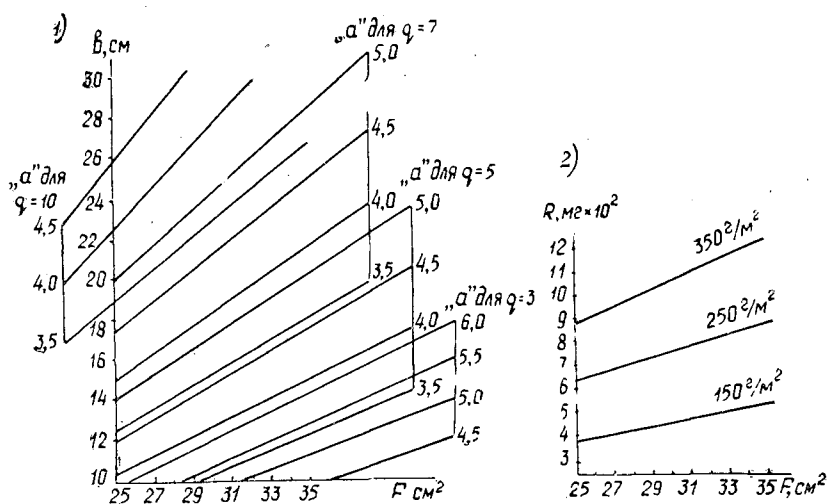


Рис. 3. Вспомогательные номограммы.

1 — размер плеч рычагов a и b в зависимости от площади склеивания F и давления q (кг/см²); 2 — расход клея в зависимости от площади склеивания F и удельного расхода клея.

Поскольку размеры групп заготовок для склеивания имели отклонения от номинальных размеров (по длине до 10 мм, по ширине до 3 мм), а это приводило к обязательным поправкам в количестве наносимого клея и в соотношениях плеч рычагов в запрессовочных устройствах, то для ускорения учета указанных отклонений были вычерчены соответствующие номограммы (рис. 3).

Термовлагообработку образцов из ДПО и ДП-Кл проводили в кассетах в состоянии, стесняющем деформации разбухания ДП в направлении прессования

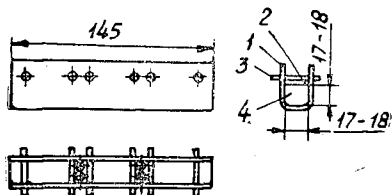


Рис. 4. Кассета для образцов.

1 — основание; 2 — крышка; 3 — фиксатор; 4 — образцы (3 шт.).

(рис. 4). В направлении, перпендикулярном плоскости прессования, образцы не закрепляли, давая возможность свободному деформированию, так как в этом направлении разбухание ДП должно быть таким же, как и для натуральной древесины [8]. Перед укладкой в кассеты образцы измеряли и взвешивали, кассеты взвешивали и нумеровали. При укладке в кассеты узкие части образцов для предохранения их от полного разбухания прокладывали брусками-вставками из прессованной древесины. Кассеты с помещенными в них образцами (3 шт.) взвешивали и помещали в воду, температура и срок выдержки в которой в зависимости от типа клея указаны выше. После выдержки в воде кассеты опять взвешивали, измеряли размеры сечений крайних образцов (без раскрытия кассет) и помещали в сушильный шкаф с $t=60^{\circ}\text{C}$. Высушивание производили до тех пор, пока вес образцов не становился равным первоначальному (до помещения в воду). После этого сушку прекращали, образцы взвешивали и испытывали. Одновременно испытывали контрольные образцы. Были определены влажность мокрых образцов ДПО и ДП-Кл и величина их разбухания. Стенное разбухание ДП в направлении прессования достигало 15—20%, свободное разбухание в направлении, перпендикулярном плоскости прессования, не превышало разбухания натуральной древесины. Влажность ДП после извлечения из воды 30—46%.

Применение указанных режимов термовлагообработки и дисперсионного анализа позволило нам выявить оптимальное значение исследуемых

двух факторов, влияющих на прочность клеевого соединения прессованной древесины [1].

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Борцова Л. В. Влияние величины давления при склеивании и термообработки на прочность клееной прессованной древесины. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 1. [2]. ГОСТ 11484—65. Древесина. Метод отбора образцов и общие требования при физико-механических испытаниях (п. 18). [3]. ГОСТ 9629—66. Древесина прессованная. [4]. ГОСТ 7016—68. Древесина. Классы шероховатости и обозначения. [5]. ГОСТ 16483.0—70. Древесина. Отбор образцов и общие требования к физико-механическим испытаниям. [6]. Леонтьев Н. Л. Техника испытаний древесины. М., «Лесная промышленность», 1970. [7]. Хрулев В. М. Долговечность клееной древесины. М., «Лесная промышленность», 1971. [8]. Хухрянский П. Н. Прессование древесины. М., «Лесная промышленность», 1964.

Поступила 9 февраля 1976 г.

УДК 634.0.812

ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ ДРЕВЕСИНЫ РАЗНЫХ ПОРОД

В. С. МУРЗИН

Воронежский лесотехнический институт

Установлено влияние породы и продолжительности хранения древесины на смачиваемость ее строганой поверхности. Показано принципиальное отличие между смачиваемостью поверхности строганой древесины и шпона.

Смачиваемость поверхности древесины — одна из важных характеристик ее физических свойств, влияющая на качество клеевых соединений и лакокрасочных покрытий. Это свойство поверхности древесины, однако, весьма изменчиво вследствие окисления свежестроганой поверхности, передвижения экстрактивных веществ к поверхности древесины во время сушки и т. д. Поэтому при изучении смачиваемости необходимо учитывать природу образования поверхности образцов и продолжительность их хранения.

Результаты, полученные для свежестроганой поверхности древесины, не должны распространяться, например, на шпон или древесные частицы, предназначенные для изготовления древесностружечных плит.

За рубежом имеется достаточное количество работ по смачиваемости древесины [1—5]. Однако приведенные в них данные нельзя механически переносить на древесину отечественных пород.

Смачиваемость строганой поверхности массивной древесины, шпона и древесной стружки (полученной на дисковом стружечном станке) мы изучали в промышленных условиях. Для смачивания использовали дистиллированную воду и глицерин, а также карбамидный клей на основе 50%-ного раствора смолы УКС и хлористого аммония. Наиболее простой и удобный способ изучения смачиваемости — измерение угла контакта (угла смачивания) капли жидкости (объемом 0,05 мл), нанесенной на поверхность образца медицинским шприцем. Угол измеряли через 5 с после формирования капли. Средние арифметические значения углов смачивания вычисляли по результатам 20 измерений. Опыты проводили в помещении при температуре 22—23°C и равновесной влажности древесины 8—10%.

В первой серии опытов смачиваемость поверхности древесины изучали непосредственно после строгания и при хранении строганой древесины. Строгание производили ручным рубанком, при хранении после строгания древесину защищали от воздействия света и пыли.

Результаты показали, что древесина большой группы пород (дуб, бук, граб, ольха, осина) непосредственно после строгания имела прак-

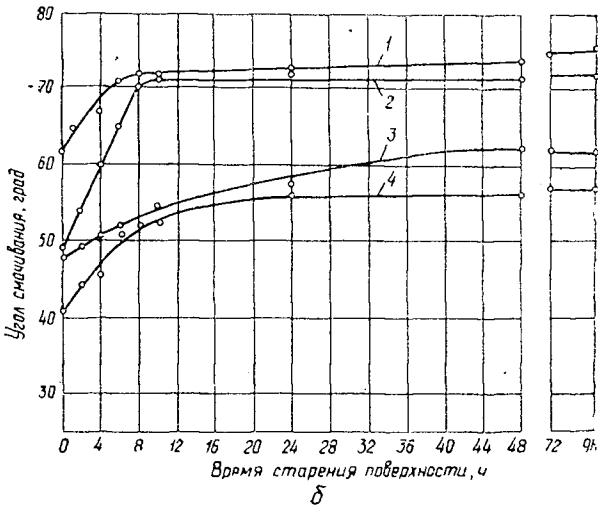
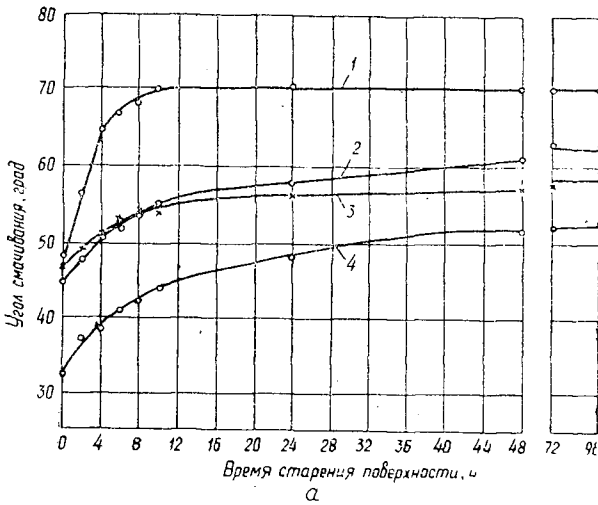


Рис. 1. Влияние продолжительности старения свежестроганой поверхности древесины разных пород на смачиваемость.

а — древесина средней и высокой плотности: 1 — дуб; 2 — граб; 3 — бук; 4 — лиственница; б — древесина малой плотности и древесина березы: 1 — красное дерево; 2 — ольха; 3 — осина; 4 — береза (сортимент 1).

гически одинаковую смачиваемость, угол равнялся 45—49°. Наихудшей смачиваемостью обладала древесина красного дерева (макагони), наилучшей — лиственница (рис. 1*).

При выдержке строганой поверхности происходит ее инактивация, наиболее заметная в первые 10—48 ч; интенсивность этого процесса зависит от породы древесины. Так, например, для дуба, красного дерева и ольхи процесс интенсивной инактивации завершается через

* Значения углов смачивания даны при использовании глицерина.

10 ч, для березы — через сутки, а для других пород — через двое суток.

Последующие измерения углов смачивания производили через один и два месяца на тех же образцах. Установлено, что при длительной выдержке строганой поверхности древесины величины углов возрастают, однако не так интенсивно, как в первые двое суток (табл. 1).

Таблица 1

Время измерений	Угол смачивания, град,			
	листвен- ницы	березы	граба	ольхи
Непосредственно после строгания	32	41	45	49
Через двое суток	52	57	61	71
Через один месяц	60	63	65	75
Через два месяца	67	66	68	78

Полученные результаты подчеркивают необходимость проведения операций склеивания и отделки непосредственно после строгания, особенно для таких пород древесины, смачиваемость которых может резко ухудшаться даже при непродолжительной выдержке после строгания (дуб, красное дерево, ольха).

Во второй серии опытов изучали смачиваемость поверхности лущеного и строганого шпона и древесной стружки.

Опыты показали, что даже свежий шпон и свежие древесные стружки имеют значительно худшую смачиваемость, чем древесина, выдержанная длительное время после строгания, и тем более свежестроганая (табл. 2). В табл. 2 приведены данные для шпона; аналогичные результаты получены при использовании клея УКС для осиновой, березовой и буковой стружки.

Таблица 2

Порода древесины для шпона	Углы смачивания на поверхности шпона, град		
	для дистилли- рованной воды	для глицерина	для клея УКС
Ольха	66	127 (49)	84 (52)
Береза сортимент 1	55	105 (41)	63 (51)
2	88	—	90 (59)
Бук	57	107 (46)	81 (52)
Осина	—	111 (48)	—
Дуб	67	110 (48)	91 (54)
Красное дерево	70	127 (62)	85 (54)
Лиственница	57	75 (32)	73 (53)

Примечание. В скобках даны значения углов смачивания, полученные после снятия с поверхности шпона (рубанком) слоя толщиной 0,2—0,3 мм.

По-видимому, в процессе сушки шпона и стружки на их поверхности создается инактивированный слой, отчасти за счет передвижения к поверхности шпона экстрактивных веществ. Такой слой, несомненно, играет отрицательную роль, снижая адгезионные свойства шпона и стружек. Это видно на примере березового шпона (сортименты 1 и 2), где при одинаковой шероховатости поверхности различная степень инактивации выражается разной величиной краевых углов смачивания (63 и 90°). При этом в первом случае предел прочности на сдвиг соединения внахлестку применительно к условиям изготовления древесно-

стружечных плит (расход клея 9 г/м^2) равен 27 кгс/см^2 , во втором — $12,5 \text{ кгс/см}^2$.

Как показывают предварительные опыты, механическое удаление инактивированного слоя, например, шлифованием, или химическая обработка шпона с целью разложения экстрактивных жировых компонентов позволяют значительно повысить прочность клеевых соединений при малом расходе клея.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Bodiq I. Wettability related gluability of fove Philipone mahoganies. Forest Prod. Journal, 1962, 12 (6), 265—270. [2]. Grdy V. R. The wettability of wood. Forest Prod. Journal, 1962, 12 (6), 452—461. [3]. Herzeg A. Wettability of wood. Forest Prod. Journal, 1965, 15 (11), 499—505. [4]. Freeman H. A. Relation between physical and chemical properties of wood and adhesion. Forest Prod. Journal, 1959, 9 (12), 451—458. [5]. Freeman H. A., Wandgard F. F. Effect of wettability of wood an gluelinie behavior of two urea resins. Forest Prod. Journal, 1960, 10 (6), 311—315.

Поступила 29 мая 1975 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.813.11

ВЛИЯНИЕ ТИПОВ СОПРЯЖЕНИЯ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ
НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИГНИНАЭ. И. ЧУПКА, Т. А. ХРАПКОВА, И. Л. МАЛЕВА,
В. М. НИКИТИН

Ленинградская лесотехническая академия

Показано, что спектральные (УФ- и видимая область), донорно-акцепторные свойства и величина тока восстановления зависят от ММ лигнина.

Ранее нами было показано, что макромолекулярные эффекты обуславливают зависимость ряда физико-химических свойств лигнина от его молекулярной массы (ММ) и внутримолекулярной структуры. В частности, было установлено, что рК фенольных гидроксидов являются функцией ММ и электростатического фактора [10], кинетика и количество поглощаемой лигнином щелочи — функцией ММ [1], [8], изменение гидродинамического R макромолекул лигнина функционально взаимосвязано с концентрацией, взятой для приготовления раствора щелочи [9]. Эти факты показывают, что ММ, система внутримолекулярных водородных связей и электростатических факторов существенно влияют на экспериментально определяемые физико-химические свойства лигнина.

Исходя из современных представлений о строении лигнина можно предполагать, что с ММ может быть взаимосвязан еще целый ряд физико-химических свойств лигнина. Так, спектральные свойства (выражающиеся в изменении интенсивности и смещении максимумов характеристических частот поглощения в УФ-, видимой и в ИК-областях спектра), донорно-акцепторные и парамагнитные свойства определяются длиной и видом сопряженных участков в макромолекуле [3], [5]. Поскольку лигнины не только полидисперсны, но и композиционно неоднородны, указанные свойства, вероятно, в разной мере меняются с изменением ММ.

В данной статье мы попытались в рамках метода МО ЛКАО оценить, насколько значительны могут быть изменения в спектральных и донорно-акцепторных свойствах для некоторых модельных сопряжений систем лигнина.

Известно [4], [6], что донорные свойства и частота поглощения в длинноволновой области УФ-спектра определяются энергией ВЗМО*, а акцепторные свойства — энергией НСМО**. Обычно с увеличением отрицательного значения коэффициента λ_i в выражении для энергии ВЗМО ($\epsilon_i = \alpha \pm \lambda_i \beta$) донорные свойства (способность к окислению) возрастают [6]. Аналогично при увеличении положительного значения коэффициента λ_i для энергии НСМО акцепторные свойства молекул усиливаются.

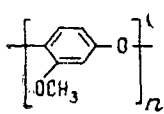
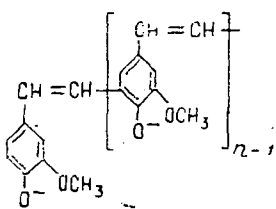
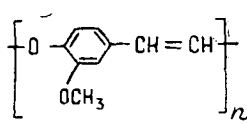
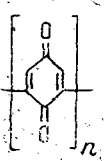
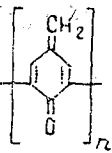
*ВЗМО — высшая заполненная молекулярная орбита.

**НСМО — низшая свободная молекулярная орбита.

В табл. I представлены результаты расчетов, выполненных методом МО ЛКАО в приближении Хюккеля для пяти типов сопряженных систем.

Таблица I

Изменение энергетических характеристик при увеличении длины сопряженных участков для некоторых полисопряженных систем

Тип сопряженной системы	Показатели	Значения показателей при числе звеньев в сопряженной системе (n)			
		1	2	3	4
	Энергетический коэффициент λ_i для ВЗМО	$\frac{+0,654}{-1,043}$	$\frac{+0,498}{-1,023}$	$\frac{+0,434}{-1,013}$	$\frac{+0,405}{-1,008}$
	Энергетический коэффициент λ_i для НСМО	$\frac{-1,044}{-1,112}$	$\frac{-1,023}{-1,051}$	$\frac{-1,013}{-1,047}$	$\frac{-1,008}{-1,041}$
	Энергетическая щель $\Delta E = \epsilon_{\text{ВЗМО}} - \epsilon_{\text{НСМО}}$	$\frac{1,698}{0,069}$	$\frac{1,521}{0,028}$	$\frac{1,447}{0,035}$	$\frac{1,413}{0,028}$
	λ_i для ВЗМО	$\frac{+0,531}{-0,707}$	$\frac{+0,384}{-0,559}$	$\frac{+0,346}{-0,544}$	$\frac{+0,330}{-0,539}$
	λ_i для НСМО	$\frac{-0,707}{-1,094}$	$\frac{-0,559}{-0,717}$	$\frac{-0,544}{-0,579}$	$\frac{-0,539}{-0,560}$
	ΔE	$\frac{1,238}{0,347}$	$\frac{0,943}{0,158}$	$\frac{0,890}{0,035}$	$\frac{0,869}{0,021}$
	λ_i для ВЗМО	$\frac{+0,531}{-0,707}$	$\frac{+0,391}{-0,675}$	$\frac{+0,352}{-0,668}$	$\frac{+0,335}{-0,666}$
	λ_i для НСМО	$\frac{-0,707}{-1,054}$	$\frac{-0,675}{-0,812}$	$\frac{-0,668}{-0,753}$	$\frac{-0,666}{-0,723}$
	ΔE	$\frac{1,238}{0,347}$	$\frac{1,066}{0,137}$	$\frac{1,020}{0,085}$	$\frac{1,001}{0,057}$
	λ_i для ВЗМО	$\frac{+1,000}{+0,254}$	$\frac{+0,742}{+0,315}$	$\frac{+0,691}{+0,340}$	$\frac{+0,666}{+0,352}$
	λ_i для НСМО	$\frac{+0,254}{-1,000}$	$\frac{+0,315}{+0,163}$	$\frac{+0,340}{+0,233}$	$\frac{+0,352}{+0,275}$
	ΔE	$\frac{0,746}{1,254}$	$\frac{0,427}{0,252}$	$\frac{0,351}{0,107}$	$\frac{0,314}{0,077}$
	λ_i для ВЗМО	$\frac{+0,724}{-0,121}$	$\frac{+0,517}{-0,105}$	$\frac{+0,490}{-0,100}$	$\frac{+0,474}{-0,100}$
	λ_i для НСМО	$\frac{-0,121}{-1,000}$	$\frac{-0,105}{-0,138}$	$\frac{-0,100}{-0,119}$	$\frac{-0,100}{-0,118}$
	ΔE	$\frac{0,845}{0,879}$	$\frac{0,622}{0,033}$	$\frac{0,590}{0,019}$	$\frac{0,574}{0,018}$

Примечание. В числителе данные для основного состояния; в знаменателе — для возбужденного состояния.

Согласно полученным данным, с увеличением числа сопряженных участков в значительной мере (экспоненциально) меняются энергии ВЗМО и НСМО (донорно-акцепторные свойства). Так, для основного состояния относительные изменения в величинах коэффициентов λ_i при переходе от мономера до четырехмера составляют:

для I системы

$$\Delta\lambda_{\text{ВЗМО}} = 0,249; \quad \Delta\lambda_{\text{НСМО}} = 0,036;$$

для II системы

$$\Delta\lambda_{\text{ВЗМО}} = 0,201; \quad \Delta\lambda_{\text{НСМО}} = 0,168;$$

для III системы

$$\Delta\lambda_{\text{ВЗМО}} = 0,196; \quad \Delta\lambda_{\text{НСМО}} = 0,041;$$

для IV системы

$$\Delta\lambda_{\text{ВЗМО}} = 0,334; \quad \Delta\lambda_{\text{НСМО}} = 0,098;$$

для V системы

$$\Delta\lambda_{\text{ВЗМО}} = 0,250; \quad \Delta\lambda_{\text{НСМО}} = 0,021.$$

Характерно, что с увеличением числа сопряженных звеньев для основного (невозбужденного) состояния усиливаются как донорные, так и акцепторные свойства. В 1-м возбужденном состоянии тенденция в изменении свойств при возрастании длины цепи иная: донорные свойства ослабевают, а акцепторные усиливаются при увеличении длины сопряженных участков.

Расчетные данные* показывают, что при увеличении длины цепи сопряжения происходит сближение энергетических уровней ВЗМО и НСМО (величина энергетической цепи в значениях коэффициента β , обозначенная в табл. I как ΔE , уменьшается). Следовательно, с возрастанием числа сопряженных участков в значительной степени повышается лабильность рассматриваемых систем в качестве доноров и акцепторов.

Известно, что по характеру изменения ΔE в зависимости от числа сопряженных участков полисопряженные системы (ПСС) могут быть трех видов [3]. Судя по полученным расчетным данным, для исследованных нами систем характерно запределывание ΔE с увеличением числа сопряженных элементов. Поэтому можно ожидать, что наличие даже коротких участков сопряжения может вызвать значительные изменения в спектральных и донорно-акцепторных свойствах лигнина.

Из общих положений квантовой химии известно, что энергия спектрального перехода $\Delta E'$ связана с разностью энергий уровней ВЗМО и НСМО; она связана также с частотой поглощения соотношением

* При составлении определителей нами были использованы следующие параметры для выражений кулоновского и резонансного интегралов

$$\alpha_{\text{ОСН}_2} = \alpha_{\text{C}-\text{C}} + 2\beta_{\text{C}-\text{C}}; \quad \beta_{\text{ОСН}_2} = 0,7\beta_{\text{C}-\text{C}};$$

$$\alpha_{\text{ОН}} = \alpha_{\text{C}-\text{C}} + 2\beta_{\text{C}-\text{C}}; \quad \beta_{\text{ОН}} = 0,8\beta_{\text{C}-\text{C}};$$

$$\alpha_{\text{C}=\text{O}} = \alpha_{\text{C}-\text{C}} + \beta_{\text{C}-\text{C}}; \quad \beta_{\text{C}=\text{O}} = \beta_{\text{C}-\text{C}};$$

$$\alpha_{\text{C}-\text{O}^-} = \alpha_{\text{C}-\text{C}} + 2\beta_{\text{C}-\text{C}}; \quad \beta_{\text{C}-\text{O}^-} = 0,8\beta_{\text{C}-\text{C}};$$

$$\alpha_{\text{C}-\text{O}^*} = \alpha_{\text{C}-\text{C}} + 1,2\beta_{\text{C}-\text{C}}; \quad \beta_{\text{C}-\text{O}^*} = 1,56\beta_{\text{C}-\text{C}}.$$

$$\Delta E' = 284 \cdot \frac{10^2}{\lambda_{\max}}$$

то есть энергия перехода обратно пропорциональна длине волны поглощения.

Уменьшение величины энергетической щели показывает, что с увеличением числа сопряженных элементов понижается энергия возбуждения системы и возрастает вероятность их перехода в триплетное состояние [3], обуславливающее парамагнитные свойства молекул.

Рассмотрим, насколько взаимосвязаны спектральные и донорно-акцепторные свойства лигнина с изменением ММ. Для исследований нами были взяты фракции диоксанлигнина, полученные при элюировании (рН = 13) через сефадекс G-75 в 1 н. NaOH. Для этих фракций были сняты спектры в УФ-(210—450 нм), видимой (400—660 нм) и ИК-областях (1900—500 см⁻¹), полярографические характеристики (E_{1/2}, I⁻¹I восстановл.).

Результаты показывают, что в диапазоне УФ-спектров различия укладываются в некоторую закономерность при изменении ММ*, а именно: с увеличением ММ интегральная интенсивность (площадь под кривой поглощения) [2] для данного препарата понижается (табл. 2).

Таблица 2

Изменение удельного поглощения диоксанлигнина в зависимости от молекулярной массы

Номер фракции	I	II	III	IV	V	VI
ММ	55000	33000	24000	18000		
$\frac{S_{210-450\text{нм}} \cdot 10^3}{q(\text{см}^2/\text{г})}$	8,6	16,1	26,9	86,9	8,4	12,0
$\frac{S_{400-660\text{нм}} \cdot 10^3}{q(\text{см}^2/\text{г})}$	0,7	0,7	4,9	15,8	0,8	1,2

Примечание. S — площадь под кривой поглощения; q — навеска фракции диоксанлигнина.

Низкомолекулярные фракции (с ММ < 1800) выпадают из наблюдаемой закономерности. Это, вероятно, обусловлено (что подтверждается и данными ИК-спектроскопии) их более значительными различиями в композиционном составе.

Полученные по УФ-спектроскопии данные показывают, что при аналитических работах, например, при определении концентрации лигнина в растворе, необходимо считаться с возможной ошибкой для препаратов, значительно различающихся по ММ.

Так, при 280 нм удельный коэффициент поглощения для разных фракций изменяется в значительных пределах (табл. 3).

Таблица 3

Номер фракции	I	II	III	IV	V	VI
Удельный коэффициент поглощения при 280 нм	37800	64800	117000	332000	37000	54000

* УФ-спектры на спектрофотометре типа Unicam SP 1800 в 1 н. NaOH при температуре 25°C.

Влияние длины сопряжения, как известно, сказывается на интенсивности линии фона в ИК-спектрах [3]. Однако при анализе фракций интенсивность линии фона остается неизменной.

Рассмотрим, насколько сказываются различия в ММ на донорно-акцепторных свойствах лигнина. При анализе лигнина мы вправе предполагать, что с увеличением ММ возрастает и вероятность существования различающихся по виду и по длине сопряженных участков в пределах макромолекулы. Поскольку квантово-химические расчеты показывают, что при переходе от мономера к тримеру энергии ВЗМО и НСМО резко запределиваются, можно ожидать и резких изменений свойств.

Действительно, полученные результаты подтвердили это предположение.

На рис. 1 представлены полярограммы волн восстановления фракций диоксанлигнина в 1 н. NaOH*.

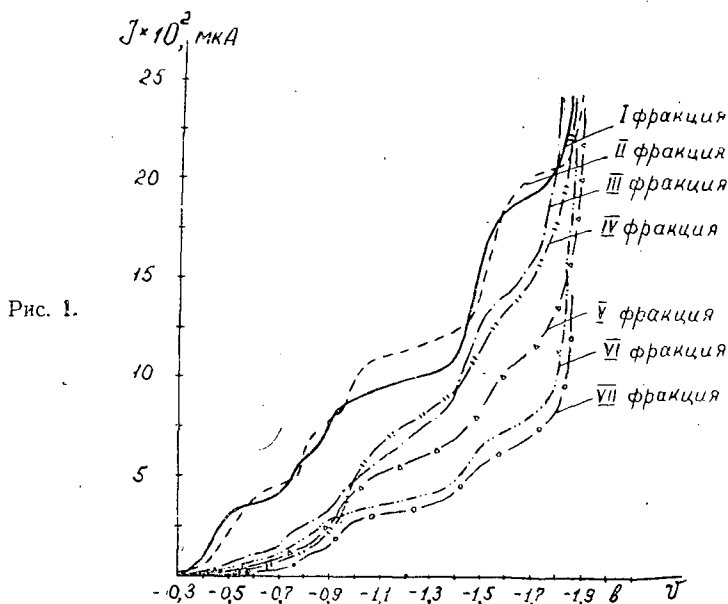


Рис. 1.

Результаты показывают, что ММ фракций лигнина практически не оказывает влияния на изменение потенциала полуволн (рис. 2). Однако с увеличением ММ фракций возрастает количество волн восстановления на полярограммах; следовательно, и различия в донорно-акцепторных свойствах в пределах даже одной макромолекулы возрастают. Наличие различных донорно-акцепторных групп в пределах одной макромолекулы может привести к образованию внутримолекулярных комплексов с переносом заряда [11].

Весьма интересен факт, что с увеличением ММ возрастает величина тока восстановления при потенциале $E = -1,6В$ (рис. 3). Для фракций V, VI, VII с $ММ < 1800$ величина тока составляет соответственно $10,9 \cdot 10^{-2}$; $7,7 \cdot 10^{-2}$ и $6,6 \cdot 10^{-2}$ мкА.

В соответствии с уравнением Ильковича [7] величина предельного тока восстановления определяется скоростью диффузии деполяризатора к электроду. С увеличением ММ величина предельного тока восстановления должна понижаться за счет уменьшения коэффициен-

* Опыты проводили на полярографе типа LP-7 с ртутно-каломелевой парой электродов при $t = 25^{\circ}C$ в термостатируемой ячейке.

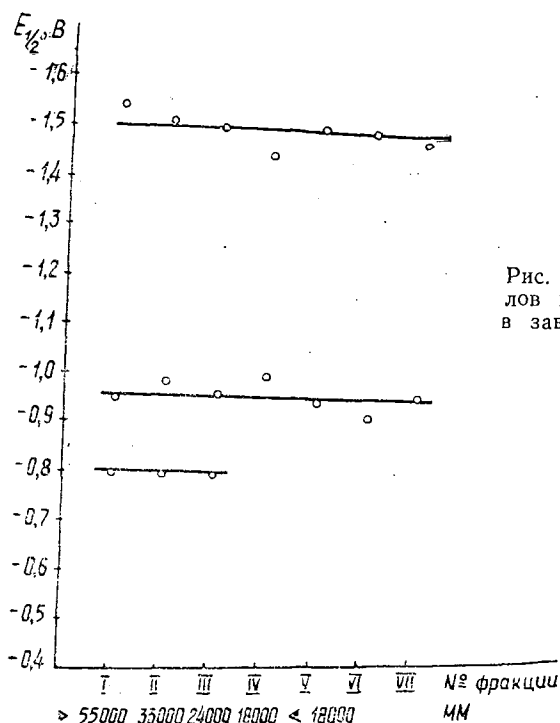
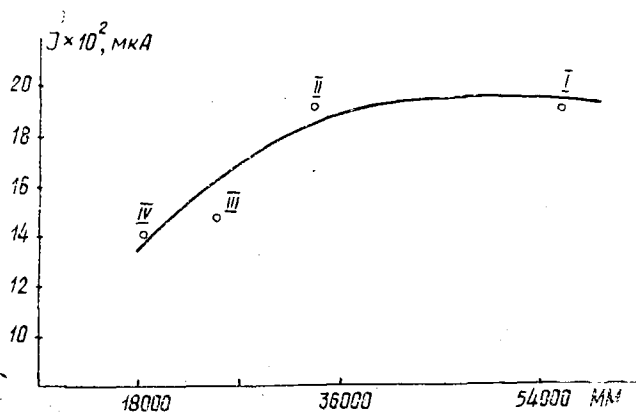


Рис. 2. Изменение потенциалов полуволн восстановления в зависимости от ММ диоксанлигнина.

Рис. 3. Изменение суммарного полярографического тока при $E = -1,6В$ в зависимости от ММ диоксанлигнина.



та диффузии. Эксперимент показывает наличие обратной зависимости: с увеличением ММ величина тока возрастает.

Наблюдаемое увеличение тока можно объяснить, по-видимому, его кинетической природой, особенно, если учитывать глобулярное строение макромолекул лигнина. Действительно, при восстановлении электроноактивных групп, различающихся донорно-акцепторными свойствами и принадлежащими макромолекуле, в кинетику акта восстановления может быть включена эстафетная передача электрона внутри макромолекулы. Если этот процесс протекает медленнее, то природа полярографического тока восстановления может измениться от диффузионного до кинетического.

Наблюдаемые эффекты можно было бы объяснить адсорбционными явлениями, вклад которых возрастает с ростом размера макромолекулы за счет увеличения поверхности соприкосновения с электродом. Однако, учитывая глобулярную, трудно деформируемую структуру макромолекулы лигнина, мы считаем, что этот вариант маловероятен.

Представленные результаты квантово-химических расчетов указывают, что в зависимости от типа и длины сопряженных участков должны меняться спектральные и донорно-акцепторные свойства молекул.

Исследования, проведенные на фракциях диоксанлигнина, свидетельствуют, что действительно спектральные свойства в УФ- и видимой областях спектра, донорно-акцепторные свойства и величина тока восстановления зависят от ММ лигнина. В ИК-области существенных различий для фракций диоксанлигнина в исследованном интервале ММ не обнаружено.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Аборенко Н. В., Чупка Э. И., Никитин В. М. К вопросу о потреблении лигнином щелочи.— В кн.: Химия и химическая технология древесины. Красноярск, 1974, разд. I, вып. 2, с. 120—123. [2]. Бабко А. К., Пилипенко А. Т. Фотометрический анализ. М., 1968, с. 40—42. [3]. Берлин А. А., Гейдерих М. А., Давыдов Б. Э. и др. Химия полисопряженных систем. М., 1972, с. 272. [4] Пюльман Б., Пюльман А. Квантовая биохимия. М., 1965, с. 110—115. [5]. Свердлов О. В. Электронные спектры в органической химии. Л., 1973, с. 248. [6]. Сент-Дьердьи А. Введение в субмолекулярную биологию. М., 1964, с. 42—52. [7]. Томилов А. П., Майрановский С. Г., Фиошин М. Я., Смирнов В. А. Электрохимия органических соединений. Л., 1968, с. 18. [8]. Чуйко Г. В., Чупка Э. И., Оболенская А. В., Никитин В. М. О влиянии физических факторов на определение кислых групп в лигнине.— В кн.: Химия древесины. Рига, 1971, 10, с. 129—132. [9]. Чупка Э. И. Применение некоторых физико-химических методов при изучении делигнификации древесины щелочным способом. Кандидатская диссертация. Л., 1970, с. 134. [10]. Чупка Э. И., Оболенская А. В., Никитин В. М. Исследование влияния электростатического фактора на кислотность функциональных групп в лигнине.— В кн.: Химия древесины. Рига, 1971, 10, с. 123—127. [11]. Эндраус Л. Дж., Кифер Р. М. Молекулярные комплексы в органической химии. М., 1967, с. 207.

Поступила 23 марта 1976 г.

УДК 634.0.813.13

ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ЕМКОСТИ КОМПОНЕНТОВ СУЛЬФИТНЫХ ВАРОЧНЫХ РАСТВОРОВ

К. Г. БОГОЛИЦЫН, И. М. БОХОВКИН, Г. Ф. ПРОКШИН,
В. Г. КРУНЧАК, А. Г. РОДИЧЕВ

Архангельский лесотехнический институт, ВНПОбумпром

Рассмотрены вопросы выбора оптимальных условий разработанного потенциометрического метода определения восстановительной емкости сред ЦБП (тип окислительно-восстановительной системы, рН, отношение окисленной и восстановленной форм). Показана возможность применения метода для идентификации компонентов в смешанных растворах.

Ранее [1] были приведены теоретические аспекты предложенного нами потенциометрического метода определения восстановительной емкости сред ЦБП.

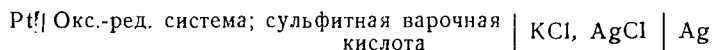
Основное требование, предъявляемое к окислительно-восстановительным системам, — устойчивость начального потенциала этой системы E_0 и воспроизводимость скачка окислительного потенциала ΔE_t . Однако для расчетов восстановительной (окислительной) емкости накладывается дополнительное требование обязательной термодинамической обратимости окс.-ред. системы. В этом случае, воспользовавшись уравнением Нернста, легко получить все переходные функции для аппарата формальной кинетики [2].

Окислительный потенциал обратимых окс.-ред. систем определяется не только отношением концентрации окисленной и восстановленной формы, но зависит и от их суммарной концентрации и от рН системы (табл. 1).

Таблица 1

Окс.-ред. система	$C_{ox}^0 : C_{red}^0$	$\frac{C_{ox}^0}{\gamma-экв. л}$	Окислительный потенциал E_0 , мВ						
			0,05 М H_2SO_4	0,05 М HCl	Буферный раствор (рН=6,86)	0,1 н. $NaOH$	1 н. $NaOH$	3 н. $NaOH$	5 н. $NaOH$
$Fe(CN)_6^{3-}$	10:1	0,1	—	—	308	308	328	365	395
	10:1	1,0	—	—	—	—	—	388	—
	10:1	0,04	—	—	—	—	335	380	—
$Fe(CN)_6^{4-}$	5:1	0,05	—	—	—	—	320	—	—
	1:1	0,1	—	—	—	—	290	320	—
Fe^{3+}	10:1	0,1	—	588	544	—	—	—	—
	10:1	0,04	—	586	450	—	—	—	—
Fe^{2+}	1:1	0,1	—	517	505	—	—	—	—
	2:1	0,1	—	540	525	—	—	—	—
	1:10	0,01	—	—	220	—	—	—	—
Ce^{4+}	10:1	0,04	1330	—	—	—	—	—	—
	5:1	0,04	1295	—	—	—	—	—	—
Ce^{3+}	1:1	0,04	1269	—	—	—	—	—	—
	1:10	0,004	1155	—	—	—	—	—	—

Исходя из требований, предъявляемых к окс.-ред. системам, рассмотрим сущность выбора оптимальных условий метода на примере сульфитной варочной кислоты на кальциевом основании ($CaO = 1\%$). В качестве окс.-ред. систем были использованы растворы ферро—феррицианидов калия в 1 н. $NaOH$. В ходе исследований измеряли ЭДС гальванического элемента



через 10 мин (ΔE_{10}) после ввода пробы исследуемого раствора ($v = 1$ мл) в избыток окс.-ред. системы ($v = 40$ мл), так как к этому времени достигается контакт раствора с системой состояния равновесия.

На рис. 1 представлена зависимость окислительно-восстановительного потенциала ΔE_{10} системы ферро—феррицианид калия от концентрации всей SO_2 в сульфитной варочной кислоте для систем с различным соотношением окисленной и восстановленной форм. Из этого рисунка видно, что для широкого диапазона концентрации SO_2 в сульфитной кислоте четкая линейная зависимость $\Delta E_{10} = \psi(\text{конц. } SO_2)$ наблюдается только для системы с отношением окисленной и восстановленной форм 10:1 ($C_{ox}^0 = 0,1$ н.). Изменение данного отношения ($C_{ox}^0 : C_{red}^0 = 5:1$) приводит к изменению наклона зависимости $\Delta E_{10} = \psi(\text{конц. } SO_2)$ и к нарушению ее линейности.

На рис. 2 представлена зависимость $\Delta E_{10} = \psi(\text{конц. } SO_2)$ для системы ферро—феррицианид калия ($C_{ox}^0 : C_{red}^0 = 10:1$; $C_{ox}^0 = 0,1$ н.) с различным значением рН. Смещение рН окислительно-восстанови-

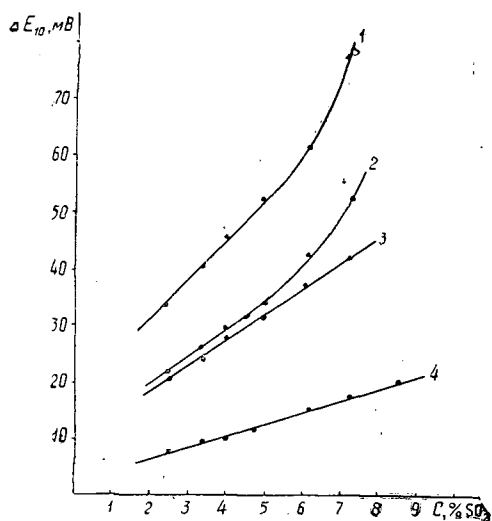


Рис. 1.

1 — отношение окисленной и восстановленной форм 10:1 ($C_{Ox} = 0,04$ н.); 2 — 5:1 ($C_{Ox} = 0,05$ н.); 3 — 10:1 ($C_{Ox} = 0,1$ н.); 4 — 1:1 ($C_{Ox} = 0,1$ н.).

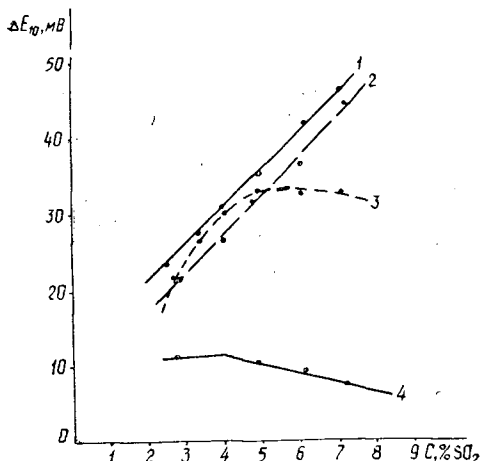


Рис. 2.

1 — 1 н. NaOH; 2 — буферный раствор, pH=11; 3 — буферный раствор, pH=7,8; 4 — буферный раствор, pH=4,65.

тельной системы из щелочной в нейтральную (pH=7,8) и слабо кислую (pH=4,65) приводит к нарушению линейности этой зависимости с потерей чувствительности данного метода к концентрации SO_2 . Можно предполагать, что изменение знака градиента функции при pH=7,8 и pH=4,65 вызвано наличием в растворе окислительно-восстановительных систем, компоненты которых до определенного значения SO_2 окисляются, а при дальнейшем увеличении концентрации SO_2 сами становятся окислителями.

Следовательно, требованиям, предъявляемым к окислительно-восстановительным системам, удовлетворяет система ферро—феррицианид калия с отношением окисленной и восстановленной форм 10:1 ($C_{Ox} = 0,1$ н.), имеющая сильно щелочную pH.

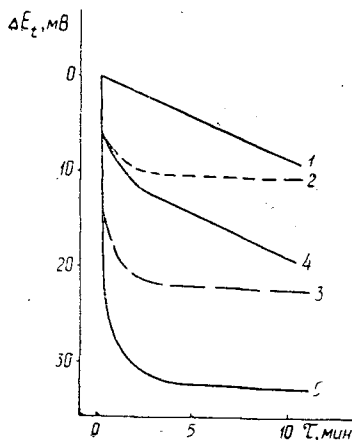


Рис. 3.

1 — 0,1 М водный раствор глюкозы; 2 — водный раствор SO_2 ; 3 — 0,1М щелочной раствор гваякола; 4 — смесь растворов глюкозы и SO_2 ; 5 — смесь растворов гваякола и SO_2 .

В процессе сульфитной варки целлюлозы в варочном растворе происходит интенсивное накопление продуктов лигнинного и углеводного характера. На рис. 3 приведены кривые изменения ЭДС (ΔE_t) во времени при контакте системы ферро—феррицианид калия с раствором глюкозы, гваякола и SO_2 . Сравнение представленных данных показывает, что характер и количественные изменения ΔE_t для лигнинных компонентов и SO_2 существенно отличаются от углеводных. Для SO_2 и лигнинных модельных веществ за первые 30—60 с после ввода пробы исследуемого раствора в исходную окс.-ред. систему характерно резкое падение потенциала, а затем постепенное выравнивание его и достижение равновесного состояния через 10 мин контакта; для углеводов величина ΔE_t нарастает постепенно и равномерно в течение всех 10 мин.

В случае лигнинных модельных веществ и SO_2 (кривая 5) падение потенциала ΔE_t в первые 30—60 с обусловлено окислением (восстановлением) за счет лигнинных компонентов, а изменение в последующее время можно отнести за счет SO_2 . Исследование растворов, содержащих одновременно сахара и SO_2 , показывает, что скорость окисления SO_2 выше, чем углеводных модельных веществ, и первоначальное изменение ЭДС обусловлено окислением SO_2 (кривая 4 на рис. 3). Величина скачка ΔE_t смешанных растворов является суммой ΔE_t растворов индивидуальных компонентов смеси (табл. 2).

Таблица 2

Вещество	Значение ΔE_t , мВ при продолжительности контакта, мин	
	1	10
SO_2 (водный раствор)	8,2	10,8
Глюкоза	2,5	9,0
Гваякол	19,2	22,6
Глюкоза + SO_2	10,8	20,0
Гваякол + SO_2	28,0	33,4

Следовательно, изменения ЭДС (ΔE_t) в системах органическое вещество — SO_2 аддитивны.

Величина окислительной (восстановительной) емкости веществ различной природы существенно зависит от вида системы. В табл. 3 приведены значения восстановительных емкостей лигнинных и углеводных веществ в окислительно-восстановительных системах ферро—феррицианид калия и церри—церро. Из данных этой таблицы следует, что при увеличении щелочности системы ферро—феррицианид калия (от 1 н. до 3 н. и 5 н. NaOH) восстановительная емкость лигнинных компонентов возрастает незначительно (для ванилинового спирта $\Gamma_{10}=0,771; 0,926; 1,091$). Это же можно сказать о дисахарах и пятичленных сахарах (для арабинозы $\Gamma_{10}=0,199; 0,402; 0,455$). Для шестичленных сахаров в сильно щелочной рН (5 н. NaOH) наблюдается резкое возрастание восстановительной емкости (для глюкозы $\Gamma_{10}=0,141; 0,362; 1,140$) [3, 4].

При использовании церри—церро в качестве окислительно-восстановительной системы происходит резкое возрастание восстановительной емкости для лигнинных веществ, тогда как для сахаров скачок потенциала (ΔE_{10}) составляет 0—3 мВ, а восстановительная емкость в данной системе равна бесконечности.

Выводы

1. Величина восстановительной (окислительной) емкости и чувствительность метода при использовании в качестве окислительно-восстановительной системы растворов ферро — феррицианид калия определяются значением соотношения окисленной и восстановленной форм, их суммарной концентрацией, а также значением рН системы.
2. Восстановительная (окислительная) емкость веществ различной природы определяется видом окислительно-восстановительной системы. Используя систему церри — церро, можно селективно определить лигнинные компоненты.
3. Окислительно-восстановительная система ферро — феррицианид калия с соотношением $C_{ox}^0 : C_{red}^0 = 10 : 1$ ($C_{ox}^0 = 0,1$ н.) в сильно щелочной рН может быть использована для определения концентрации всей SO_2 в сульфитной варочной кислоте.
4. Величина скачка потенциала сложных систем складывается из скачков потенциалов индивидуальных компонентов.
5. Используя различные условия (вид окислительно-восстановительной системы, соотношение окисленной и восстановленной форм, рН), можно селективно определить компоненты в сложных смесях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Боголицын К. Г., Боховкин И. М., Прокшин Г. Ф., Крунчак В. Г., Родичев А. Г., Пальчевский В. В. Потенциометрический метод определения восстановительной емкости промышленных сред ЦБП.— ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 3. [2]. Панченков Г. М., Лебедев В. П. Химическая кинетика и катализ. М., «Химия», 1974. [3]. Химия углеводов. М., «Химия», 1967, с. 82. [4]. Brown H. C., Brewster J. H., Shechter H. J. Am. Chem. Soc, 1954, 76, 467.

Поступила 28 января 1976 г.

УДК 668.473; 547.92

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОМЫЛЕНИЯ ТАЛЛОВОГО ПЕКА

В. Б. НЕКРАСОВА, Э. И. ЕВСТИГНЕЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Представлены материалы, которые позволяют установить параметры процесса, обеспечивающие максимальное содержание фитостерина (в процентах к пеку). Приведены характеристики растворов омыленного пека, мыла и щелока.

Известно, что в процессе ректификации таллового масла происходит этерификация спиртов (в том числе стеринов) жирными, смоляными и оксикислотами и концентрация полученных эфиров в пеке [3].

Анализ литературных данных [1], [3], [4] показывает, что для способов выделения фитостерина из таллового пека характерны две стадии: 1) омыление таллового пека; 2) выделение фитостерина из растворов омыленного пека.

Важное значение имеет первая стадия, поскольку именно в период омыления стеринины переходят из связанного в свободное состояние. Это превращение, обратное процессу этерификации, так же как и этерификация, катализируется протонами, но в отличие от последней ускоряется под действием оснований. Катализаторами в этом случае слу-

жат гидроксильные ионы. Образующаяся при распаде сложного эфира кислота под действием щелочи переходит в соль и удаляется из сферы реакции [6].

Задача настоящих исследований — найти такие условия омыления пека, при которых содержание свободных стероидов в омыленном растворе максимально. Оптимизацию стадии омыления проводили симплексным методом [2].

На основании предварительных опытов наиболее важными факторами, влияющими на процесс омыления, были приняты: давление в растворе α ; время омыления β ; количество щелочи γ ; количество реакционной среды λ . В качестве реакционной среды выбрана вода как наиболее приемлемая для производства и дальнейшей утилизации пека. Для составления исходного плана использовали числовую матрицу четырехмерного симплекса с единичным радиусом (табл. 1).

Таблица 1

Числовая матрица			
0,5	0,289	0,204	0,158
-0,5	0,289	0,204	0,158
0	-0,578	0,204	0,158
0	0	-0,612	0,158
0	0	0	-0,632

Опыты проводили в лабораторном автоклаве типа АЛ (емкостью 5 л) с мешалкой и электрообогревом. Во всех опытах навеска пека 500 г. Исходный пек, полученный на Котласском ЦБК, имел кислотное число 23,60, число омыления 196,5. Продукты омыления анализировали по известным методикам [1], [5].

В табл. 2 приведены основной уровень и интервалы варьирования переменных, а в табл. 3, являющейся матрицей планирования, — значения натуральных переменных, определяющих исходную серию опытов, а также основные параметры, характеризующие качество процесса.

Таблица 2

Факторы	Основной уровень	Интервалы варьирования
Давление, атм	5	2
Время, ч	5	2
Количество щелочи, г	150	50
Количество реакционной среды, г	2500	800

Опыты показали, что максимальное содержание фитостерина 12,18% определено в растворах пека, омыленного при давлении 3,75 атм, соотношении пек — щелочь как 1 к 2,5 (197,5 г щелочи на 500 г пека), соотношении пек — реакционная среда как 1 к 6,6 (3276,8 г воды на 500 г пека) в течение 2,6 ч (табл. 3, опыт 9).

Следует отметить, что в зависимости от условий омыления полученный раствор оставался в виде коллоидного раствора (опыты 3, 4, 7, 8, 9, 11; табл. 3) или делился при отстаивании на мыло из пека и щелок (табл. 4). Продукты, полученные в результате омыления пека, анализировали (табл. 4). Содержание неомыляемых веществ в растворах омыленного пека в зависимости от опробованных условий омыления меняется незначительно, тогда как количество фитостерина меняется в значительных пределах.

Таблица 4

Характеристика растворов омыленного пека, мыла и щелока в зависимости от условий омыления

№ опыта	Раствор омыленного пека				Мыло					Щелок			
	Плотность, г/см ³	Сухое* вещество	Неомыляемые вещества	Фитостерин	Плотность, г/см ³	Влажность, %	Сухое* вещество	Неомыляемые вещества	Фитостерин	Плотность, г/см ³	Сухое* вещество	Неомыляемые вещества	Фитостерин
		% к пеку					% к пеку				% к пеку		
1	—	—	—	—	0,88	60,53	109,5	52,8	5,03	1,05	22,5	0,27	0,09
2	—	—	—	—	1,02	65,95	116,9	60,7	7,32	1,05	15,1	0,19	0,02
3	1,00	132,0	35,2	3,38	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	0,98	123,8	36,2	6,81	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	1,01	42,77	102,7	33,6	4,37	1,07	27,3	0,44	0,10
6	—	—	—	—	0,99	51,76	102,4	47,3	7,36	1,06	32,3	0,80	0,21
7	1,01	131,3	38,1	9,58	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	1,06	128,7	35,6	6,63	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	1,01	139,5	38,4	12,18	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	1,05	44,17	109,2	35,0	6,68	1,09	25,1	0,07	—
11	1,01	141,4	34,2	4,76	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Звездочкой обозначено сухое вещество с учетом щелочи.

Таблица 3

Результаты экспериментов в точках симплекса

№ опыта	Исходный симплекс	Вершина симплекса, в которой ставили опыт	Уровни факторов				Параметр оптимизации
			Давление, атм	Время, ч	Количество щелочи, г	Количество реакционной среды, г	Выход фитостерина, % к пеку
1	АВСДФ	А	6	5,58	160,2	2626	5,03
2	.	В	4	5,58	160,2	2626	7,32
3	.	С	5	3,84	160,2	2626	3,68
4	.	Д	5	5,00	119,4	2626	6,81
5	.	Ф	5	5,00	150,0	1995	4,37
6	АВС*ДФ	С*	5	2,40	173,0	2783,8	7,46
7	АВС*ДФ**	Ф**	5	4,28	156,4	3336,4	9,58
8	А***ВС*ДФ**	А***	3,5	3,05	144,3	3059,9	6,63
9	А***ВС*Д***Ф**	Д****	3,75	2,65	197,5	3276,8	12,18
10	А***В****С*Д****Ф**	В*****	4,62	0,6	175,4	3602,2	6,68
11	А*****В****С*Д****Р**	А*****	5,68	1,91	206,7	3439,5	4,76

Примечание. Звездочками отмечены вершины симплекса, в которых ставили опыт, а количеством звездочек определяется очередность проведения опытов.

При плотности щелока 1,05 и выше высаливается мыло, в котором в зависимости от условий омыления в значительных пределах меняется содержание и неомыляемых веществ и фитостерина. Щелок содержит лишь следы неомыляемых веществ и фитостерина.

Следовательно, в дальнейшем для выделения фитостерина можно использовать растворы омыленного пека или мыло из пека.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Богомолов Б. Д., Соколова А. А. Побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства. М., Гослесбумиздат, 1962. [2]. Горский В. Б., Бродский В. З. Симплексный метод планирования экстремальных экспериментов. — Журн. «Заводская лаборатория», 1965, № 7, с. 831—835. [3]. Зандерман В. Природные смолы, скипидары, талловое масло. М., «Лесная промышленность», 1964. [4]. Матюшкина А. П. Исследования в области повышения выхода и улучшения качества лесохимических продуктов сульфатно-целлюлозного производства. Автореферат дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., ЛТА, 1969. [5]. Некрасова В. Б. Разработка технологии очистки производственного фитостерина и изучение его химического состава. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., ЛТА, 1968. [6]. Потапов В. М. Органическая химия. М., 1970.

Поступила 29 марта 1976 г.

УДК 634.0.865

ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ

В. А. ГЛУМОВА, В. В. ЖЕЛДАКОВА, Г. В. МЕДВЕДЕВА

Уральский лесотехнический институт

Изучали связь между изменением влажности и химическим составом сырья и пластиков, изготовленных при различных температурах горячего прессования.

Температура горячего прессования оказывает существенное влияние на качество лигноуглеводных древесных пластиков. В настоящее время известен ускоренный метод определения оптимальной температуры прессования для любого древесного сырья [1], основанный на том, что влажность пластика непосредственно после запрессовки должна быть равна оптимальной влажности исходного прессматериала [2], [5], в то время как влажность пластика, полученного при повышенной температуре, превышает влажность материала. Это объясняется тем, что для образования кондиционного пластика необходимо, чтобы гидролиз полисахаридов проходил не до мономеров, а до более крупных осколков макромолекул, способных при взаимодействии с лигнином создавать механически прочные и водостойкие связи. При повышении же температуры горячего прессования по сравнению с оптимальной материал претерпевает более глубокие изменения, приводящие не только к разрушению полисахаридов до мономеров, но и к разложению последних, что, в свою очередь, связано с выделением значительного количества воды.

Предварительными исследованиями установлено, что с ужесточением режимов прессования увеличение влажности наблюдается у пластиков из любого сырья, однако скорость этого увеличения различна. Последнее, по-видимому, объясняется различием в химическом составе используемых древесных частиц, а следовательно, и пластиков. Для подтверждения вышесказанного изучали изменения химического состава пластиков в зависимости от температуры горячего прессования.

Исследования проводили на березовых, сосновых и лиственничных опилках. Пластики были изготовлены при давлении прессования 2,5 МПа и прочих оптимальных для каждого вида сырья условиях. Варьировали лишь температуру горячего прессования от 140 до 200°C с интервалом в 10°. Сразу после запрессовок определяли влажность плит. Результаты экспериментов обработаны вариационно-статистическим методом [3].

Для химических исследований были выбраны пластики, изготовленные при оптимальной температуре и температурах, значительно ниже и выше оптимальной.

Данные об изменении химического состава и влажности пластиков в зависимости от температуры горячего прессования приведены в табл. 1. Эти данные хорошо согласуются с имеющимися в литературе. Наибольшие химические изменения компонентов древесины зафиксированы у березы, затем у сосны и лиственницы. Прослеживается прямая зависимость между глубиной химических изменений древесины в процессе прессования и количеством воды, образующейся за счет термической деструкции компонентов древесины. В данном случае таковы-

Показатели	Береза			
	Сырье	П-160	П-180	П-200
Абсолютная влажность, %	23,00	19,22	21,16	37,67
Вещества, экстрагируемые спирто-бензольной смесью, %	3,63	4,50	8,94	37,43
Водорастворимые вещества, %	1,26	1,57	7,65	1,93
в том числе спирто-осаждаемые полисахариды, % к исходной древесине	0,52	0,82	4,58	0,78
то же, % к водорастворимым веществам	41,02	52,22	59,87	40,41
РВ водного экстракта до гидролиза	0	0	0,78	0,25
Легкогидролизуемые вещества, %	30,03	29,79	19,74	3,38
Лигнин по Комарову, %	19,26	18,04	16,89	12,08

ми компонентами, в основном, являются полисахариды, поэтому качественные изменения углеводной части древесины изучали более детально (методом бумажной хроматографии).

Разделению подвергали водорастворимые вещества из сырья и плит, а также гидролизаты выделенных из них полисахаридов.

Результаты хроматографирования показали, что в водных экстрактах плит, полученных при оптимальной температуре прессования из всех исследуемых пород древесины, обнаружены олигосахариды, количество которых значительно падает при дальнейшем повышении температуры. Моносахариды в водорастворимых веществах не были обнаружены.

Интересны данные, полученные при разделении гидролизатов водорастворимых полисахаридов (рис. 1). Сравнивая состав полисахаридов исследуемых древесных пород и пластиков, можно отметить, что в результате частичного гидролиза, имеющего место в процессе горячего прессования, образуются промежуточные продукты деструкции гемицеллюлоз, частично растворяющиеся в воде. Поэтому в гидролизатах полисахаридов пластиков, полученных при оптимальной температуре, наблюдается во всех случаях относительное увеличение таких сахаров, как глюкоза, манноза и ксилоза, которое происходит вследствие частичного гидролиза полисахаридов типа глюкоманнана и глюкуроноксилана. Уменьшение доли арабинозы в полисахариде свидетельствует, что гидролизу подвергается также и арабогалактан.

Известно [4], что содержание пентозанов, в частности, ксилана, в древесине березы значительно больше, чем в древесине сосны и лиственницы; ксиланы, в структурные единицы которых входят урновые кислоты, — наименее термически стабильные компоненты древесины. Поэтому при пьезотермической обработке древесных частей березы ксилан прежде всего переходит в водорастворимое состояние. Полученные нами данные хорошо согласуются с вышесказанным. Так, если в исходном сырье водорастворимый полисахарид на 70% состоял из арабогалактана (9,1% арабинозы и 60,5% галактозы), то в кондиционном пластике он состоял, в основном, из ксилана (83,6% ксилозы).

Увеличение температуры сверх оптимальной (до 200°C) приводит к изменению соотношения всех сахаров в водорастворимом полисахара-

Таблица 1

Сосна				Лиственница			
Сырье	П-140	П-170	П-200	Сырье	П-140	П-170	П-200
19,00	17,65	19,02	27,30	20,00	19,40	20,15	24,66
5,26	5,80	8,27	22,96	3,01	3,61	3,81	11,92
2,14	2,53	6,20	3,88	12,86	15,79	16,55	13,93
1,16	1,43	3,07	0,87	12,65	14,96	14,58	6,08
54,20	56,53	49,42	22,47	93,21	94,72	88,12	44,36
0,10	0,18	0,93	0,87	0,97	0,63	1,30	3,16
20,96	19,67	14,60	4,31	17,17	16,11	12,43	6,20
24,01	24,91	26,00	26,22	24,64	24,78	25,84	27,95

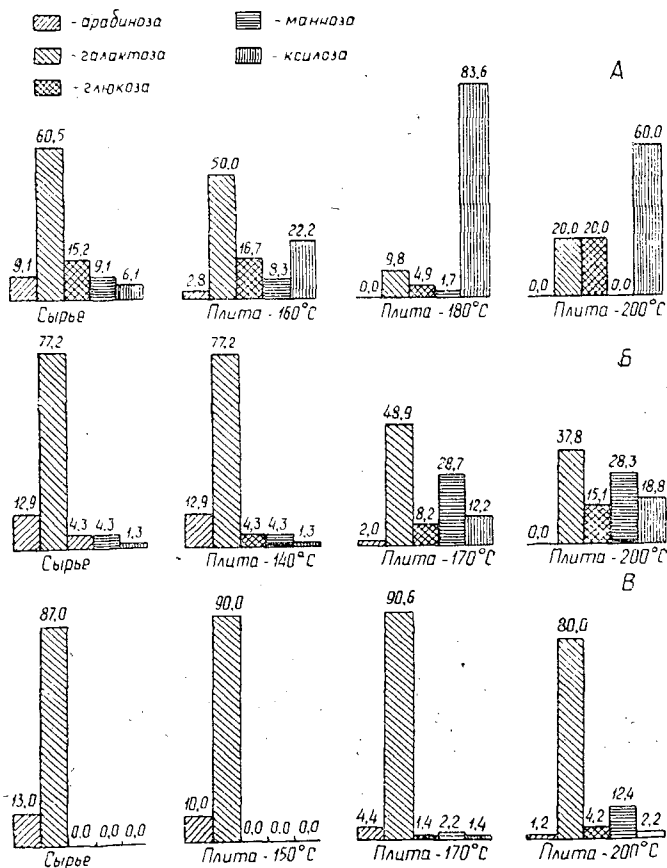


Рис. 1. Влияние температуры горячего прессования на состав водорастворимых полисахаридов древесины.

А — береза; Б — сосна; В — лиственница.

риде. Так, в древесине березы и сосны совсем исчезает арабиноза, в древесине лиственницы количество ее значительно уменьшается (соотношение арабиноза — галактоза как 1 к 66,6). Это говорит о том, что арабиноза не остается в свободном состоянии, а подвергается дальнейшему разрушению. Количество же ксилозы в лиственничном пластике при этом увеличивается немного, а в сосновом более значительно. В пластике из березы количество ксилозы в водорастворимом полисахариде существенно уменьшилось по сравнению с тем, которое было при оптимальной температуре прессования. Так, водорастворимый полисахарид стал состоять на 60% из ксилана (в кондиционном пластике — на 83%). Это находится в соответствии с литературными данными о том, что наибольшая степень распада сахаров характерна именно для ксилозы [6].

Следовательно, за счет термического распада продуктов гидролиза ксилана и арабогалактана может выделяться заметное количество воды, в связи с чем и наблюдается значительный прирост влажности пластиков из березовых опилок при температуре прессования 200°C.

В древесине сосны повышение температуры прессования сверх оптимальной также приводит к перераспределению сахаров в гидролизате, но менее значительному. Так как ксилана в древесине сосны намного меньше, чем в древесине березы, то сильного распада ксилозы не наблюдается, и как следствие этого — влажность пластиков из древесных частиц сосны при 200°C увеличивается меньше, чем влажность пластиков из березовых опилок. Незначительное выделение воды в пластиках из лиственничных опилок, видимо, объясняется тем, что углеводы лиственницы, которые подвергаются гидролизу и вторичным превращениям, состоят, в основном, из остатков гексоз. А оксиметилфурфурол, образующийся из гексоз, при высокой температуре прессования превращается в муравьиную и левулиновую кислоты с поглощением двух молекул воды.

Заслуживает внимания и то, что в гидролизате водорастворимых полисахаридов, полученных из плит (береза), кроме сахаров, обнаружены уроновые кислоты, максимальное количество которых содержится в кондиционной плите.

Известно [4], что в древесине лиственных пород примерно в два раза больше уроновых кислот, чем в древесине хвойных. Природные источники уроновых кислот — некоторые полисахариды, в которые уроновые кислоты входят как структурные элементы. Ксиланы, не содержащие звеньев посторонних сахаров, но связанные со значительными количествами уроновых кислот, являются наиболее важными гемицеллюлозами лиственной древесины.

Исследования показали, что повышение температуры горячего прессования до 200°C приводит к почти полному исчезновению уроновых кислот в гидролизате. В кислой среде может происходить декарбонилирование уроновых кислот, приводящее к образованию углеводородов с меньшим числом углеродных атомов; эти углеводы являются дополнительным источником образования воды.

Незначительное количество уроновых кислот обнаружено также в гидролизате водорастворимых полисахаридов, полученных из сосновых плит при оптимальной температуре. При повышении температуры количество уроновых кислот уменьшается.

Результаты химических анализов показали, что неравномерный прирост влажности у пластиков из березовых, сосновых и лиственничных опилок при жесточенных режимах прессования обусловлен различием в химическом составе древесины этих пород.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Желдакова В. В., Петри В. Н. Способ определения оптимальной температуры горячего прессования древесных пластиков. Решение Государственного Комитета Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий от 21/11-1975 г. о выдаче авторского свидетельства по материалам заявки № 2003887/26—25. [2]. Заверткина Т. Д., Петри В. Н. О взаимосвязи между влажностью и физико-механическими характеристиками древесных пластиков без добавления связующих. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 5, с. 96—98. [3]. Леонтьев Н. Л. Техника статистических вычислений. М., «Лесная промышленность», 1966, 249 с. [4]. Никитин Н. И. Химия древесины и целлюлозы. М.—Л., Изд. АН СССР, 1962, 711 с. [5]. Ошуркова И. К. Исследования в области технологии получения трехслойных лигноуглеводных пластиков. Диссертация. Свердловск, 1968. [6]. Шарков В. И. Гидролизное производство, ч. 1. М., Гослестехиздат, 1945, 287 с.

Поступила 1 марта 1976 г.

УДК 543.42.062; 535—15; 632.953.1

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕНТАХЛОРФЕНОЛА В ПРОПИТОЧНЫХ РАСТВОРАХ И ЭКСТРАКТАХ ИЗ АНТИСЕПТИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

Т. Д. ЖЕВЕДЬ, В. А. ПАНТЕЛЕЕВ, Г. Е. ШАЛТЫКО

Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта

На примере ПХФ подтверждена зависимость межмолекулярной и независимость внутримолекулярной водородной связи от концентрации. Приведены ИК-спектры пропускания ПХФ в растворе четыреххлористого углерода разных концентраций, снятые на спектрофотометре «UR-20».

Инструментальные исследования [1] широко применяются при анализе органических соединений. Один из ведущих инструментальных методов — ИК-спектрофотометрию — мы использовали для количественных определений пентахлорфенола (ПХФ). В основе лежит закон Ламберта — Бугера — Бера

$$D = -\lg T = \lg \frac{I_0}{I} = \epsilon c l, \quad (1)$$

где D — оптическая плотность (поглощение);

T — коэффициент пропускания;

I_0 — световой поток, упавший на тело;

I — световой поток, прошедший через тело;

ϵ — коэффициент молярной экстинкции;

c — концентрация, г-моль/л;

l — толщина слоя, через который проходит световой поток, см.

Работ с описанием типичных количественных определений самих фенолов мало [2]. Это связано с тем, что, несмотря на сильное поглощение гидроксильной группы в инфракрасной области, при разработке частных и общих количественных методов определения этих групп по результатам спектрофотометрических измерений возникают определенные трудности. Они обусловлены тем, что гидроксильные группы могут образовывать между собой и с другими полярными группами водородные связи, влияющие на интенсивность полос поглощения. В отдельных случаях хорошие результаты дают методы, в которых степень ассоциации в системе контролируется путем выбора специальных ус-

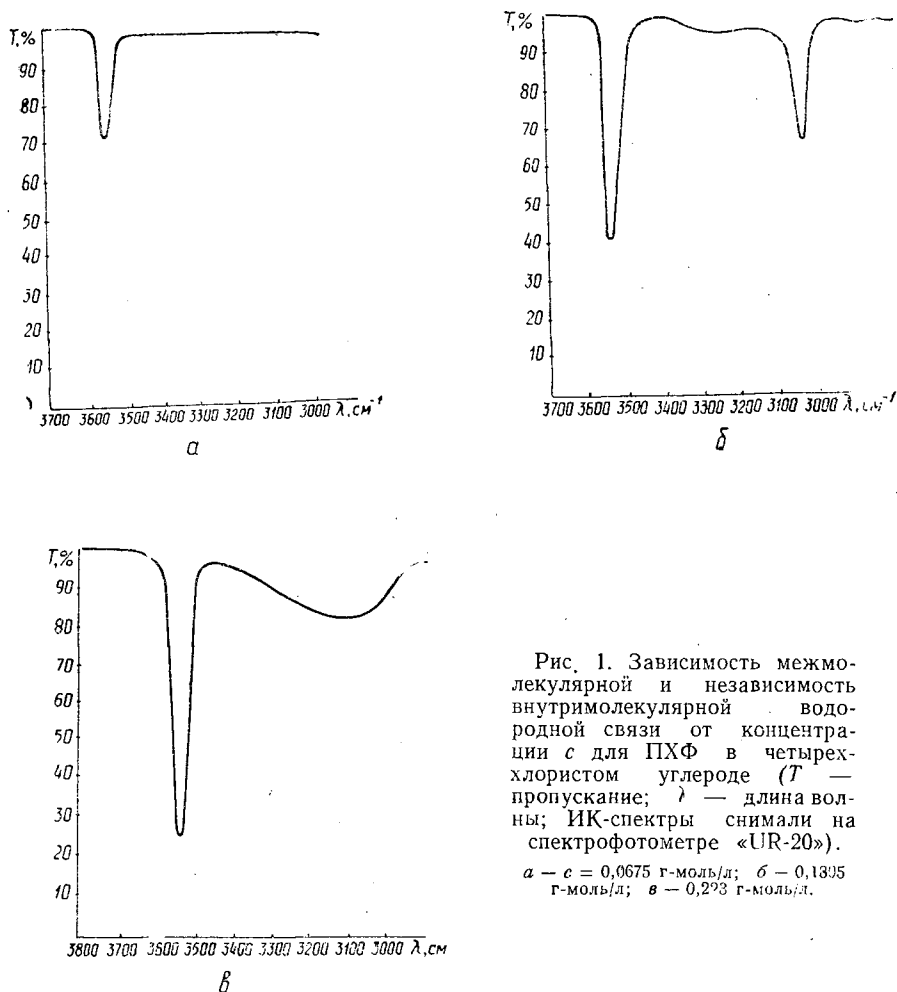


Рис. 1. Зависимость межмолекулярной и независимости внутримолекулярной водородной связи от концентрации c для ПХФ в четыреххлористом углеводе (T — пропускание; λ — длина волны; ИК-спектры снимали на спектрофотометре «UR-20»).

$a - c = 0,0675$ г-моль/л; $б - 0,1805$ г-моль/л; $в - 0,223$ г-моль/л.

ловий. Выбранные условия должны обеспечивать либо полную ассоциацию, либо полную диссоциацию, либо определенное соотношение между ассоциированной и неассоциированной частями анализируемой и стандартной систем. Степень межмолекулярной ассоциации зависит от концентрации. В отличие от межмолекулярной внутримолекулярная водородная связь не зависит от концентрации, так как это свойство индивидуальной молекулы. Изучение ИК-спектров ПХФ в растворе четыреххлористого углерода разных концентраций подтвердило указанное положение.

На рис. 1,а изображен ИК-спектр ПХФ с $c = 0,0675$ г-моль/л. Поглощение в области 3525 см^{-1} характерно для гидроксила, связанного внутримолекулярной водородной связью. Межмолекулярная водородная связь при этой концентрации в спектре не проявляется. На рис. 1,б дан ИК-спектр ПХФ с $c = 0,1805$ г-моль/л. Внутримолекулярная водородная связь так же отчетливо, как и при $c = 0,0675$ г-моль/л, наблюдается при 3525 см^{-1} . При 3020 см^{-1} наряду с внутримолекулярной начинает проявляться межмолекулярная водородная связь. При еще большей концентрации, когда $c = 0,223$ г-моль/л (рис. 1,в), как и в

предыдущих случаях, мы видим пик поглощения в области 3525 см^{-1} , характеризующий внутримолекулярную водородную связь, а в области $3000\text{—}3300\text{ см}^{-1}$ — размытый пик поглощения (горб), типичный для полной ассоциации молекул.

Экспериментальная часть

Исходные вещества — ПХФ с температурой плавления 186°C , очищенный перекристаллизацией из бензола, и четыреххлористый углерод ч. д. а.

Из растворов темных маслянистых растворителей или экстрактов из антисептированной древесины ПХФ экстрагировали 5%-ным водным раствором тетранатриевого пирофосфата, из которого затем осаждали подкислением. Осадок растворяли в четыреххлористом углероде. Затем с помощью спектрометра при использовании в качестве эталона четыреххлористого углерода определяли поглощение в ИК-области. Для сравнительной оценки осадок перекристаллизовывали из бензола, высушивали и определяли по весу. При этом были получены результаты в пределах ошибки весового метода.

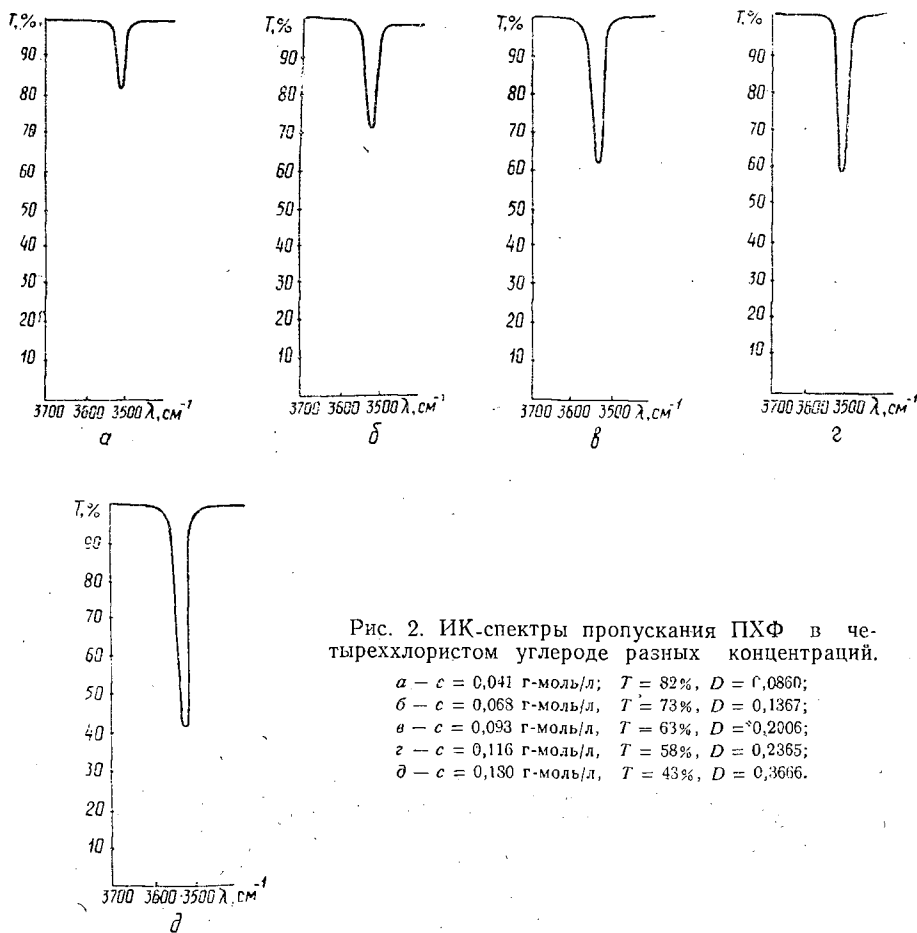


Рис. 2. ИК-спектры пропускания ПХФ в четыреххлористом углероде разных концентраций.

- а — $c = 0,041\text{ г-моль/л}$; $T = 82\%$, $D = 0,0860$;
- б — $c = 0,068\text{ г-моль/л}$, $T = 73\%$, $D = 0,1367$;
- в — $c = 0,093\text{ г-моль/л}$, $T = 63\%$, $D = 0,2006$;
- г — $c = 0,116\text{ г-моль/л}$, $T = 58\%$, $D = 0,2365$;
- д — $c = 0,180\text{ г-моль/л}$, $T = 43\%$, $D = 0,3666$.

Для концентрационных определений ПХФ в растворах четыреххлористого углерода мы выбрали поглощение при 3525 см^{-1} . Оно характерно для внутримолекулярной водородной связи. Готовили растворы ПХФ в четыреххлористом углероде разных концентраций. ИК-спектры этих растворов (рис. 2, а, б, в, г, д) снимали на автоматическом двухлучевом ИК-спектрометре «UR = 20» при $l = 0,1\text{ см}$ в диапазоне длин

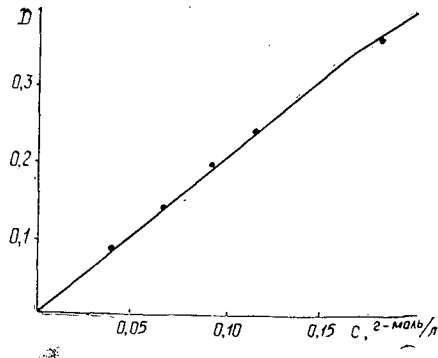


Рис. 3. Калибровочный график для ПХВ в четыреххлористом углероде.

воли $3700\text{--}3400\text{ см}^{-1}$. Для раствора каждой концентрации при 3525 см^{-1} по ИК-спектру определяли интенсивность пропускания, которую с помощью формулы (1) переводили в оптическую плотность. Затем строили графическую зависимость оптической плотности D от концентрации c (рис. 3). Для растворов выбранных концентраций получили полное выполнение закона Ламберта — Бугера — Бера.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Инструментальные методы анализа функциональных групп органических соединений. Под. ред. С. Сиггиа. М., «Мир», 1974. [2]. Goddu R. F. Anal. Chem., 30, 2009, 1958.

Поступила 30 июня 1975 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 634.0.232 : 621.3-52

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ЛЕСНОГО ПИТОМНИКА КАК ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

В. С. ПЕТРОВСКИЙ, П. В. ПОНОМАРЕНКО

Сибирский технологический институт

Приведена классификация агротехнических операций и применяемых рабочих органов в лесных питомниках. Поставлены задачи исследования рабочих органов машин лесного питомника как объектов автоматического управления и показан путь решения задач при помощи экспериментальной установки.

При создании автоматизированного лесного питомника один из главных вопросов — разработка систем автоматического регулирования (САР) рабочих органов. Исследования рабочих органов как объектов автоматического управления дают возможность получить их математическую модель и на основе ее анализа создать высококачественные системы регулирования.

Лесокультурные условия выращивания посадочного материала предусматривают проведение комплекса работ, обеспечивающих большой выход высококачественных сеянцев с единицы площади [1]. Комплекс работ, осуществляемый в лесных питомниках, состоит из следующих операций:

- 1) основная обработка почвы — вспашка;
- 2) предпосевная обработка почвы — выравнивание поверхности почвы, рыхление, уничтожение сорняков, внесение удобрений и полив;
- 3) посев;
- 4) уход за посевами до появления всходов — прикатывание почвы; мульчирование посевов; рыхление почвы; прополка сорняков; внесение удобрений и полив;
- 5) уход за посевами после появления всходов — рыхление; прополка сорняков; подрезка корней; внесение удобрений и полив; затенение всходов;
- 6) выкопка.

Для обеспечения этого комплекса работ применяют плуги; культиваторы; высевальные аппараты; подрезающие и выкапывающие рабочие органы.

Все эти рабочие органы можно рассматривать как объекты в системе автоматического регулирования. Динамическую модель любого из них можно представить в виде звена, имеющего n входов и m выходов [3]. Число входов и выходов зависит от выбранной схемы расчета, степени учета факторов, типа рабочего органа и т. д.

Модель в общем случае является многомерной и нелинейной (рис. 1).

При движении по полю со скоростью v на рабочий орган непрерывно поступают возмущения X_i , обусловленные: неровностью поля $X_1=f(t)$; физико-механическими свойствами почвы $X_2=P(t)$ (влаж-

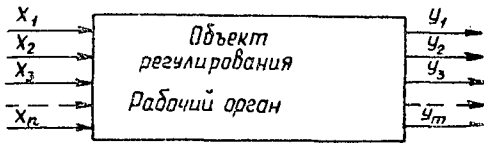


Рис. 1. Модель рабочего органа.

ность, плотность, механический и структурный состав); изменением массы перемещения почвы рабочими органами $X_3 = M(t)$.

Входные воздействия (возмущение X_i) оказывают влияние на следующие основные выходные параметры Y_i : показатели технологических процессов $Y_1 = (t)$; энергетические показатели $Y_2 = G(t)$.

Основные регулируемые параметры — глубина обработки почвы, глубина заделки семян и глубина подрезки. В этом случае перемещение рабочего органа мы рассматриваем в продольно-вертикальной плоскости.

Для изучения движения навесного рабочего органа наиболее целесообразно использовать уравнение Лагранжа второго рода

$$\left(\frac{dt}{a}\right) \frac{\partial T}{\partial \dot{q}} - \frac{\partial T}{\partial q} + \frac{\partial \Pi}{\partial q} + \frac{\partial \Phi}{\partial q} = Q_q, \quad (1)$$

где T и Π — кинетическая и потенциальная энергия агрегата;

Φ — функция рассеивания;

q — обобщенная координата;

Q_q — обобщенная сила, соответствующая координате q .

Уравнение (1) позволяет обосновать математическую модель навесного рабочего органа. Ранее исследователи рассматривали, в основном, навесные агрегаты и изучали их динамику. Рабочие же органы агрегатов в качестве объектов регулирования не были рассмотрены, хотя от их динамических свойств зависит поведение навесного агрегата в целом.

Характером связи тягового устройства с навесными рабочими органами в значительной степени определяется применяемый принцип регулирования. Для создания САР рабочими органами, полностью удовлетворяющей требованиям агротехники, необходимо применять полную силовую связь навесных рабочих органов и тягового устройства [2]. САР глубины обработки почвы, глубины подрезки должны быть следящими, где возмущающее воздействие есть случайная функция времени (пути).

В качестве примера рабочего органа рассмотрим культиваторную секцию овощного культиватора типа КРН-2,8 МО, применяемого для обработки междурядий в лесных питомниках. Для нахождения математической модели культиваторной секции нами разработана схема эксперимента, проводимого на лабораторной установке (рис. 2).

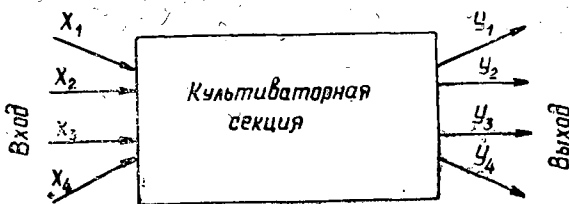


Рис. 2. Принципиальная схема эксперимента.

Входы: X_1 — синусоидальные колебания; X_2 — продольная скорость; X_3 — средняя величина заглубления рабочих органов; X_4 — физико-механические характеристики.

Выходы: Y_1 — перемещение рабочих органов в вертикальной плоскости; Y_2 — усилие в вертикальной плоскости; Y_3 — усилие в горизонтальной плоскости; Y_4 — путь, пройденный рабочим органом.

Рядом исследователей установлено, что передаточная функция культиваторных агрегатов может описываться уравнением

$$W(P) = \frac{k(\tau_1^2 P^2 + \tau_2 P + 1)}{T_1^3 P^3 + T_2^2 P^2 + T_3 P + 1}, \quad (2)$$

где k — коэффициент усиления;
 $\tau_1, \tau_2, T_1, T_2, T_3$ — постоянные времени;
 $P = \frac{d}{dt}$ — оператор Лапласа.

Числитель и знаменатель уравнения (2) выражаются полиномами второго и третьего порядка. Значения коэффициентов, входящих в это уравнение, определяются с помощью эксперимента.

Создание САР навесных рабочих органов имеет ряд особенностей (из-за специфики условий применения):

- 1) сложность и инерционность динамических свойств рабочих органов;
- 2) случайный характер внешних возмущающих воздействий;
- 3) ограниченность выбора структуры САР в связи с наличием гидравлических элементов.

Все это говорит о необходимости глубокого анализа динамических свойств рабочих органов и о создании на его основе систем регулирования, удовлетворяющих агротехническим требованиям.

Следовательно, при изучении и разработке систем регулирования лесохозяйственных агрегатов основополагающим является математическое описание рабочего органа как объекта регулирования и установление характера входных воздействий в эксплуатационных условиях работы.

ЛИТЕРАТУРА

11. Ишин Д. П. и др. Выращивание посадочного материала для защитного лесоразведения. М., «Лесная промышленность», 1971. [2]. Ларионов В. М. Исследование устойчивости глубины хода навесного плуга при обработке почвы на вырубках. Кандидатская диссертация. М., МЛТИ, 1970. [3]. Лурье А. Б. Автоматизация сельскохозяйственных агрегатов. Л., «Колос», 1967.

Поступила 14 января 1974 г.

УДК 621.873/875 : 634.0.848

К ИССЛЕДОВАНИЮ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ КРАНОВ НА ЛЕСНЫХ СКЛАДАХ

В. М. ХОЛМАНСКИХ

Московский лесотехнический институт

Предложен способ определения времени фактической работы (наработки), количества и относительной продолжительности включения элементов электроприводов кранов при их работе на лесных складах.

Для определения времени фактической работы (наработки) и числа включений элементов электропривода до отказа или за период наблюдений использована методика, предложенная Г. Г. Гречушниковой [2] с учетом особенности работы кранов на лесных складах.

Работа крана в производственных условиях для каждого фиксированного интервала времени характеризуется объемом работы Q (м³),

продолжительностью рабочих периодов $T_k = \left(\sum_1^{Z_k} t_p \right)_k$ (г) и числом включений каждого k -того привода крана Z_k .

Нормированная корреляционная матрица [1]

$$A = |r_{ij}|, \quad (1)$$

(где r_{ij} — коэффициенты корреляции величин T_k , Z_k соответствующих приводов и Q).

показывает, что между величинами T_k , Z_k и Q можно установить N парных корреляционных зависимостей

$$N = (1 + 2k)k, \quad (2)$$

где k — число приводов.

Определение наработки

Наработку элементов k -того привода выражаем

$$(T_\Phi)_k = \left(\sum_1^{Z_k} t_p \right)_k + \left(\sum_1^{Z_k - 1} t_0 \right)_k = T_k + T_0. \quad (3)$$

(здесь $\left(\sum_1^{Z_k - 1} t_0 \right)_k = T_0$ — суммарная продолжительность пауз между Z_k включениями)
или через относительную продолжительность включения ε_k

$$(T_\Phi)_k = \frac{T_k}{\varepsilon_k}. \quad (4)$$

Согласно правилам Гостехнадзора, кран можно эксплуатировать только при исправности всех механизмов, а значит и всех элементов электроприводов. Поэтому в фиксированные интервалы времени сумма продолжительностей рабочих периодов и пауз (наработка элементов любого привода) одна и та же

$$(T_\Phi)_1 = (T_\Phi)_2 = \dots = (T_\Phi)_k = T_\Phi. \quad (5)$$

Подставим в формулу (4) значение T_k одного любого привода, определенное из корреляционной зависимости

$$Q = a_k \cdot T_k; \quad (6)$$

учитывая условия (5), получим

$$T_\Phi = A_k \cdot Q. \quad (7)$$

где $A_k = \frac{1}{a_k \cdot \varepsilon_k}$ — коэффициент перехода от времени фактической работы элементов (4) к объему выполненной краном работы (m^3);

$a_k = \frac{\sum_1^n \left(\frac{Q}{T_k} \right)_i}{n}$ — среднее выборочное значение отношения объема работы к суммарной продолжительности рабочих периодов k -того привода;

n — объем выборки при определении a_k .

Определение числа включений

Число включений элементов $(k-1)$ -го и k -того приводов найдем соответственно из корреляционных отношений (8) и уравнения (9). Подставляя значение Z_k из (9) в (8), получим систему (10) для определения числа включений элементов каждого привода.

$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= b_1 \cdot Z_k; \\ Z_2 &= b_2 \cdot Z_k; \\ &\dots \\ &\dots \\ Z_{k-1} &= b_{k-1} \cdot Z_k; \end{aligned} \right\} (8) \quad Q = b_k \cdot Z_k; \quad (9) \quad \left. \begin{aligned} Z_1 &= B_1 \cdot Q; \\ Z_2 &= B_2 \cdot Q; \\ &\dots \\ &\dots \\ Z_{k-1} &= B_{k-1} \cdot Q; \\ Z_k &= B_k \cdot Q, \end{aligned} \right\} (10)$$

где B_1, B_2, \dots, B_{k-1} — коэффициенты перехода от числа включений элементов соответственно 1-, 2-, ..., k -того привода к объему выполненной краном работы;
 b_1, b_2, \dots, b_{k-1} — средние выборочные значения отношений числа включений соответственно 1-, 2-, 3-, ..., $(k-1)$ -го привода к числу включений элементов k -того привода;
 b_k — среднее выборочное значение отношений объема работы к числу включений k -того привода.

Определение относительной продолжительности включения

Пользуясь уравнениями (11), полученными на основании формулы (4) и условия (5), а также корреляционными отношениями (12), определяем систему зависимостей (13) между относительными продолжительностями включений элементов всех приводов.

$$\left. \begin{aligned} T_1 \cdot \epsilon_2 &= T_2 \cdot \epsilon_1; \\ T_1 \cdot \epsilon_3 &= T_2 \cdot \epsilon_1; \\ &\dots \\ &\dots \\ T_1 \cdot \epsilon_k &= T_k \cdot \epsilon_1; \\ T_2 \cdot \epsilon_3 &= T_3 \cdot \epsilon_2; \\ T_2 \cdot \epsilon_4 &= T_4 \cdot \epsilon_2; \\ &\dots \\ &\dots \\ T_2 \cdot \epsilon_k &= T_k \cdot \epsilon_2; \\ &\dots \\ &\dots \\ T_{k-1} \cdot \epsilon_k &= T_k \cdot \epsilon_{k-1}; \end{aligned} \right\} (11) \quad \left. \begin{aligned} T_1 &= C_2 \cdot T_2; \\ T_1 &= C_3 \cdot T_3; \\ &\dots \\ &\dots \\ T_1 &= C_k \cdot T_k; \\ T_2 &= D_3 \cdot T_3; \\ T_2 &= D_4 \cdot T_4; \\ &\dots \\ &\dots \\ T_2 &= D_k \cdot T_k; \\ &\dots \\ &\dots \\ T_{k-1} &= L_{k-1} \cdot T_k; \end{aligned} \right\} (12) \quad \left. \begin{aligned} \epsilon_1 &= C_2 \cdot \epsilon_2; \\ \epsilon_1 &= C_3 \cdot \epsilon_3; \\ &\dots \\ &\dots \\ \epsilon_1 &= C_k \cdot \epsilon_k; \\ \epsilon_2 &= D_3 \cdot \epsilon_3; \\ \epsilon_2 &= D_4 \cdot \epsilon_4; \\ &\dots \\ &\dots \\ \epsilon_2 &= D_k \cdot \epsilon_k; \\ &\dots \\ &\dots \\ \epsilon_{k-1} &= L_{k-1} \cdot \epsilon_k, \end{aligned} \right\} (13)$$

где

$C_{2,3,\dots,k}$, $D_{3,4,\dots,k}$, L_{k-1} — коэффициенты для определения ϵ элементов любого привода, равные средним выборочным значениям отношений между суммарными продолжительностями рабочих периодов соответствующих приводов;

$$C_{2,3,\dots,k} = \frac{\sum_1^n \left(\frac{T_1}{T_{2,3,\dots,k}} \right)_i}{n};$$

$$D_{3,4,\dots,k} = \frac{\sum_1^n \left(\frac{T_2}{T_{3,4,\dots,k}} \right)_i}{n};$$

$$L_{k-1} = \frac{\sum_1^n \left(\frac{T_{k-1}}{T_k} \right)_i}{n}.$$

Используя систему зависимостей (13), для определения относительной продолжительности включения элементов всех приводов достаточно исследовать относительную продолжительность включения одного любого привода.

Нами исследованы режимы работы электроприводов кранов в производственных условиях на лесных складах отдельных леспромов объединения «Кировлеспром» (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что на разных операциях при равной продолжительности смены расхождения между $Q_{см}$, T , ϵ , Z электроприводов одного назначения велики. Учитывая это обстоятельство, коэффициенты A_k , $B_{1,2,\dots,k}$, $C_{2,3,\dots,k}$, $D_{3,4,\dots,k}$, ..., L_{k-1} , а также ϵ_k одного любого k -того привода следует вычислять отдельно для наиболее характерных операций, выполняемых кранами на лесных складах; штабелевка и погрузка лесоматериалов стропами или грейфером, погрузка пиломатериалов. Определяя ϵ_k , необходимо руководствоваться «Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» [3], согласно которым продолжительность включения электродвигателей вычисля-

Таблица 1

Электроприводы	БКСМ-14ПМ2 (штабелевка грейферами)				КБ-572 (погрузка стропами)				ККС-10 (погрузка стропами)						
	Z	ϵ	T	$T_{см}$	$Q_{см}$	Z	ϵ	T	$T_{см}$	$Q_{см}$	Z	ϵ	T	$T_{см}$	$Q_{см}$
Грузовой лебедки	2130	0,44	2,74	7	417	1500	0,4	2,24	7	311	1140	0,35	1,76	7	270
Механизма поворота крана	3560	0,35	2,21	7	417	1120	0,15	0,84	7	311	—	—	—	7	270
Механизма передвижения тележки	1000	0,26	1,63	7	417	900	0,16	0,91	7	311	710	0,3	1,52	7	270
Механизма передвижения крана	90	0,15	0,95	7	417	90	0,09	0,51	7	311	540	0,18	0,92	7	270

Примечание. $T_{см}$ — продолжительность смены, ч; $Q_{см}$ — сменная производительность, м³; значения Z , T , $Q_{см}$ определены как выборочные средние из ряда 30 семичасовых наблюдений; значение ϵ — как выборочное среднее из ряда 80 десятиминутных наблюдений.

ют в десятиминутном интервале. Поэтому ϵ_k находим как выборочное среднее из ряда n десятиминутных измерений.

Зная объем выполненной краном работы и значения указанных выше коэффициентов, можно с достаточной точностью определить T_f , Z , ϵ всех элементов любого привода крана.

Проведенные нами экспериментальные исследования позволили вычислить значения указанных коэффициентов, что дает возможность рассчитывать показатели надежности, решать задачи оптимальной профилактики и расчета комплекта запасных элементов электроприводов не по календарному времени как в действующих нормах, а в зависимости от объема выполняемой краном работы.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М., «Наука», 1964. [2]. Гречушникова Г. Г. Исследование надежности кранового привода и аппаратов системы управления. Автореферат на соиск. учен. степени канд. техн. наук. М., 1975. [3]. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. М., «Металлургия», 1970.

Поступила 3 декабря 1975 г.

УДК 621.86.016

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ РЫЧАЖНЫХ ПЕРЕКЛАДЧИКОВ

Н. В. ЛИВШИЦ, Б. Е. МЕНЬШИКОВ

Уральский лесотехнический институт

Рассмотрены особенности определения угловых параметров рычажных переключателей в зависимости от конкретных условий: поперечного сечения заготовок, коэффициентов трения скольжения. Приведены формулы для определения допускаемого угла встречи и предельного угла контакта между контактной поверхностью рычага и опорной плоскостью, по которой перемещается заготовка.

Рычажные переключатели, применяемые для поперечных перемещений лесоматериалов, представляют собой несколько радиально закрепленных на приводном валу рычагов. Необходимые условия их нормальной работы — перемещение груза без подъема, переворачивания и зажима. Эти условия определяются допустимым углом встречи α (рис. 1) и предельным углом контакта α_1 , представляющим собой соответственно углы между рабочей поверхностью рычагов и нормалью к плоскости перемещения в начальный и конечный моменты движения груза. Значения α и α_1 получают из расчетной схемы (рис. 1) по условию равновесия груза.

В зависимости от технологических требований, предъявляемых к перегрузочным операциям, профиль рабочей поверхности рычагов может быть весьма разнообразным*. На расчетной схеме показаны три вида рычагов: прямолинейный ao ; прямолинейно-ломаный aoo_3 со смещением оси поворота рычагов в направлении движения груза; прямолинейно-ломаные abc_2 и ado_1 со смещением оси поворота в сторону, противоположную движению груза.

* Лившиц Н. В., Меньшиков Б. Е. Технологические особенности рычажных переключателей.—ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 5.

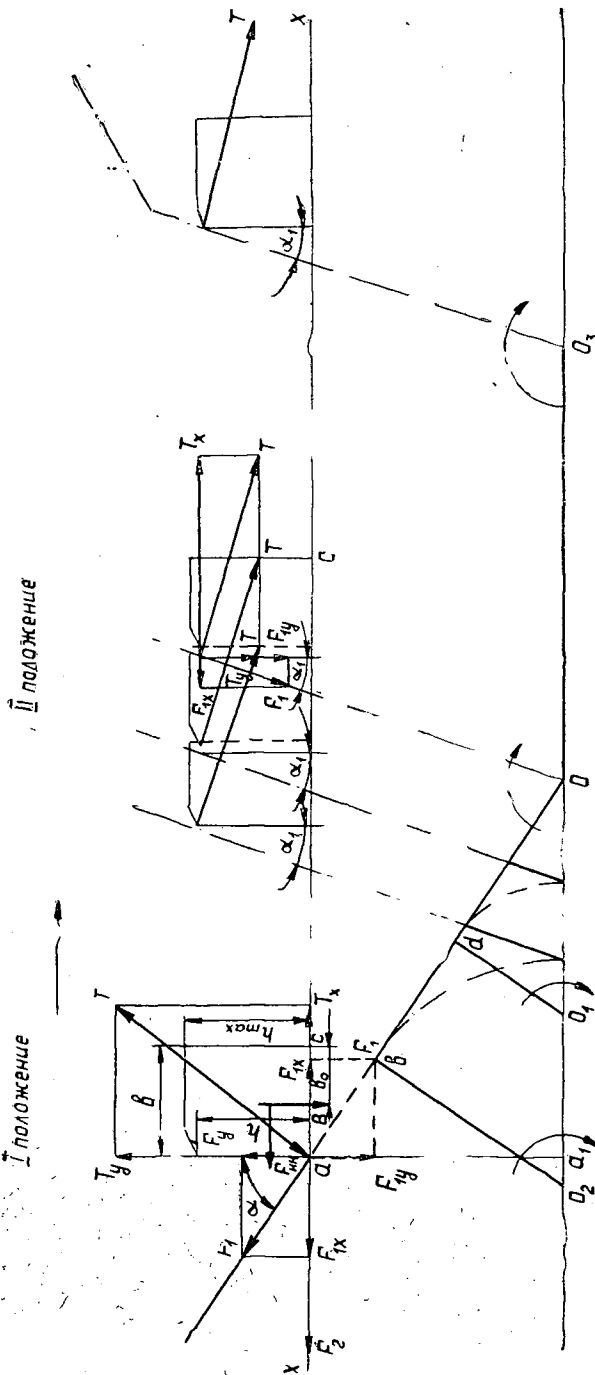


Рис. 1.

Для всех прямолинейных и прямолинейно-ломаных профилей рабочих поверхностей рычагов (как со смещением оси поворота в направлении движения груза, так и в противоположную сторону, но до вертикали aa_1 , соответствующей начальному положению груза) угол встречи α находим из формулы

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{b_0}{b} (1 + \mu_1 \mu_2) - \mu_1 \left(\mu_2 + \frac{a}{g} \right)}{\frac{b_0}{b} (\mu_1 - \mu_2) + \mu_2 + \frac{a}{g}}. \quad (1)$$

Для прямолинейно-ломаных профилей рабочих поверхностей рычагов со смещением оси поворота в сторону, противоположную движению груза, за пределы вертикали aa_1 вследствие изменения направления силы трения груза по рычагу F_1 (на рис. 1 направление силы F_1 показано пунктирной линией) формула (1) приобретает вид (знак перед μ_1 меняется на противоположный)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{b_0}{b} (1 - \mu_1 \mu_2) + \mu_1 \left(\mu_2 + \frac{a}{g} \right)}{\mu_2 - \frac{b_0}{b} (\mu_1 + \mu_2) + \frac{a}{g}}. \quad (1')$$

В формулах (1) и (2) введены следующие обозначения:

μ_1 — коэффициент трения заготовки о поверхность рычага;

μ_2 — коэффициент трения заготовки о поверхность перемещения $X-X$;

b_0 — расстояние от точки c (рис. 1) до центра тяжести заготовки;

b — ширина заготовки;

a — ускорение движения груза;

g — ускорение свободного падения.

Допустимый угол встречи зависит от положения оси поворота рычагов по отношению к вертикали aa_1 , от коэффициентов трения груза по рычагам и поверхности перемещения μ_1 и μ_2 , от отношения $\frac{b_0}{b}$, то есть положения центра тяжести поперечного сечения заготовки по отношению к рычагам и от ускорения движения груза. Рычажные перекладчики применяют обычно для перемещения штучных грузов с плоской опорной поверхностью (брусья, доски, порбыли, пластины и т. д.), которые характеризуются большим разнообразием форм и размеров поперечного сечения. Поэтому для лесных штучных грузов отношение $\frac{b_0}{b}$ колеблется в широких пределах (от 0,25 до 0,75, а иногда и более).

По экспериментальным данным различных авторов коэффициенты трения скольжения древесины по стали измеряются от 0,1 до 0,5, а для неокоренной древесины — от 0,1 до 0,7.

Зависимость угла α от коэффициентов трения μ_1 и μ_2 для различных отношений $\frac{b_0}{b}$ при положении оси поворота справа от вертикали aa_1 показана на рис. 2, а.

При перемещении заготовок рычагами с осью поворота, находящейся слева от вертикали aa_1 , угол встречи α определяют по формуле (1а). Анализ этой формулы показывает, что даже при самых худших условиях — больших коэффициентах трения μ_1 и μ_2 и малом отношении $\frac{b_0}{b}$ — угол встречи всегда больше $\frac{1}{3}\pi$. Знаменатель выражения (1) может быть величиной отрицательной; это говорит о том, что опрокидывания и подъема груза не наблюдается даже при углах α , близких к $\frac{\pi}{2}$. И в этом случае ограничением максимального угла встречи α является угол между нормалью к текущему радиус-

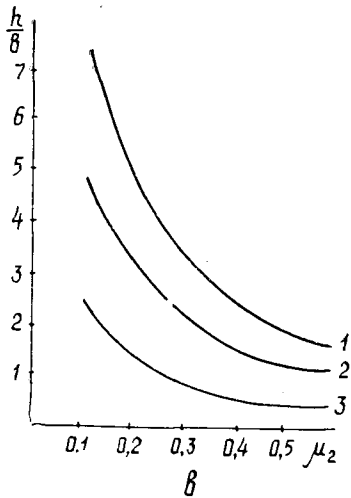
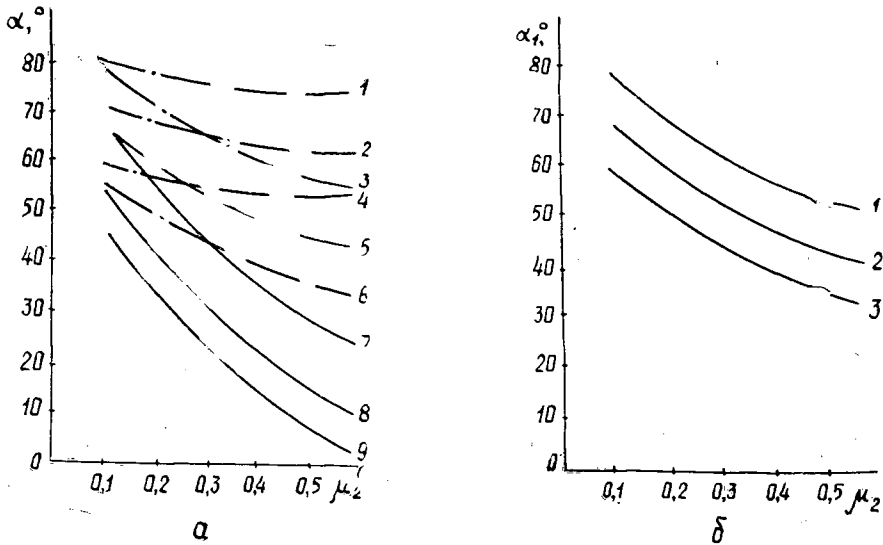


Рис. 2.

- а) 1 — $\frac{b_0}{b} = 0,75$, $\mu_1 = 0,1$; 2 — $\frac{b_0}{b} = 0,75$,
 $\mu_1 = 0,3$; 3 — $\frac{b_0}{b} = 0,5$, $\mu_1 = 0,3$; 4 — $\frac{b_0}{b} = 0,75$,
 $\mu_1 = 0,5$; 5 — $\frac{b_0}{b} = 0,5$, $\mu_1 = 0,3$; 6 — $\frac{b_0}{b} = 0,5$,
 $\mu_1 = 0,5$; 7 — $\frac{b_0}{b} = 0,25$, $\mu_1 = 0,1$; 8 — $\frac{b_0}{b} = 0,25$,
 $\mu_1 = 0,3$; 9 — $\frac{b_0}{b} = 0,75$, $\mu_1 = 0,5$.
- б) 1 — $\mu_1 = 0,1$; 2 — $\mu_1 = 0,3$; 3 — $\mu_1 = 0,5$.
- в) 1 — $\frac{b_0}{b} = 0,75$; 2 — $\frac{b_0}{b} = 0,5$; 3 — $\frac{b_0}{b} = 0,25$.

вектору ao_2 рычага abo_2 и нормально к плоскости перемещения груза, так как при этом угле груз уже не будет двигаться рычагами такого профиля.

Величину предельного угла контакта α_1 определяем по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_1 \leq \frac{1 - \mu_1 \mu_2}{\mu_1 + \mu_2} \quad (2)$$

Угол α_1 не зависит от положения оси поворота рычажного переключателя. На рис. 1 (положение II) показаны предельные положения груза для рычагов различного профиля.

Зависимость угла α_1 от коэффициентов трения μ_1 и μ_2 приведена на рис. 2, б.

При передвижении заготовок из положения I в положение II точка контакта рычагов с заготовкой, находящейся вначале в плоскости X—X, перемещается на высоту h , которая колеблется в пределах $0 - h_{max}$ (рис. 1) и зависит от поперечного сечения заготовки и положения ее по отношению к рычагам.

При движении заготовки без поворота и опрокидывания вокруг точки c (рис. 1) допустимую величину касания можно определить из условия устойчивости при опрокидывании

$$h \leq \frac{b_0}{\mu_2} + (b - b_0) \cdot \left(\frac{\sin \alpha_1 + \cos \alpha_1 \mu_1}{\cos \alpha_1 - \mu_1 \sin \alpha_1} \right). \quad (3)$$

Наибольшая допустимая величина касания заготовки рычагами определяется при $\alpha = 0$, то есть для вертикального положения рычагов

$$h \leq \frac{b_0}{\mu_2} + (b - b_0) \mu_1; \quad (4)$$

при угле $\alpha = 0$ отсутствует перемещение груза относительно рычагов, поэтому $\mu_1 = 0$, тогда

$$h_{max} \leq \frac{b_0}{\mu_2}.$$

На рис. 2, в представлена графическая зависимость h от μ_2 и отношения $\frac{b_0}{b}$.

Выводы

1. При работе перегрузочного устройства с различными лесными штучными грузами исходный угол встречи следует определять по наименьшему, встречающемуся в данной группе грузов отношению $\frac{b_0}{b}$.

2. Для перегрузочного устройства с изменяющимися коэффициентами μ_1 и μ_2 при расчете углов α и α_1 нужно принимать наибольшие их значения.

3. При перегрузке заготовок с отношением $\frac{b_0}{b} \neq 0,5$ следует подавать заготовки на перегрузочное устройство по возможности таким образом, чтобы центр тяжести их находился ближе к рычагам, то есть $\frac{b_0}{b} > 0,5$.

4. Для уменьшения габаритов устройства и увеличения пути перемещения следует уменьшить коэффициенты трения μ_1 и μ_2 за счет лучшей обработки рабочих плоскостей рычагов и поверхности перемещения груза.

5. При определении предельного угла контакта α_1 необходимо учитывать, что трение между рычагами и заготовкой может происходить по неокоренной поверхности лесоматериала в положении II (рис. 1), что ведет к увеличению коэффициента трения μ_1 и, следовательно, к уменьшению угла α_1 .

6. Для гарантированной работы устройства без подъема, переворачивания и зажима груза найденные по формулам (1), (1а), (2) углы α и α_1 следует уменьшить на 5—10°.

7. Расчет на опрокидывание груза вокруг точки c необходимо производить, в основном, при $\frac{h}{b} \geq 1,5$ и $\mu_2 \geq 0,4$.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.79.003.13

К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ ОБОБЩАЮЩЕГО ПОКАЗАТЕЛЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ

А. В. ПЛАСТИНИН

Архангельский лесотехнический институт

Рассматриваются вопросы приведения производственных ресурсов к сопоставимому виду на основе оценок, получаемых из производственных функций.

Анализ, планирование и управление процессом роста эффективности производства во всех звеньях народного хозяйства невозможны без количественного измерения уровня и динамики эффективности. Дискуссия в экономической науке о методах измерения экономической эффективности общественного производства особенно бурно развивалась в последнее десятилетие. Первым этапом этой дискуссии, ее промежуточным результатом следует, по-видимому, считать опубликованный в августе 1972 г. проект системы показателей эффективности общественного производства [3].

В проекте было предложено рассчитывать один из обобщающих показателей эффективности производства на предприятии ε в виде отношения:

$$\varepsilon = \frac{Q_{ч.п}}{G} = \frac{Q_{ч.п}}{F + H + \Phi}, \quad (1)$$

где $Q_{ч.п}$ — чистая продукция;
 F — основные производственные фонды;
 H — нормируемые оборотные средства;
 Φ — фонд заработной платы;
 G — сумма производственных ресурсов.

Однако в методических указаниях Госплана [1], [4] подобного показателя мы не находим, хотя совершенно ясно, что предлагаемые в них в качестве обобщающих такие показатели, как темпы роста товарной или чистой продукции, вряд ли могут быть обобщающими показателями эффективности, поскольку в лучшем случае они характеризуют динамику эффекта (результата), но не эффективности производства.

Основная причина, сдерживающая использование формулы (1), заключается в том, что суммирование производственных ресурсов (основных и оборотных фондов и заработной платы), не приведенных к сопоставимому виду, неправомерно с точки зрения экономической теории. Кроме того, формула (1) как модель эффективности производства далеко не совершенна. Действительно, согласно этой формуле изменение и производственных фондов, и фонда заработной платы на 1 р. совершенно одинаково влияет на эффект $Q_{ч.п}$ и эффективность ε , тогда как даже из общих экономических соображений ясно, что это не верно. Ресурсы в формуле (1) необходимо привести к сопоставимому виду. Тогда формула (1) трансформируется в формулу (2)

$$\varepsilon' = \frac{Q_{ч.п}}{G'} = \frac{Q_{ч.п}}{\alpha F + \beta H + \gamma \Phi}, \quad (2)$$

где α, β, γ — коэффициенты приведения производственных ресурсов.

Одним из плодотворных и перспективных методов приведения производственных ресурсов к сопоставимому виду является, на наш взгляд, метод, основанный на использовании производственных функций. В экономической литературе производственными функциями в узком смысле этого слова называют статистические зависимости типа

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n),$$

где Y — результат (эффект) производства;
 X_1, X_2, \dots, X_n — факторы производства.

Если в соответствии с условиями нашей задачи построить производственную функцию вида

$$Q_{ч.п} = f(F, H, \Phi),$$

то последовательным дифференцированием ее по факторам F, H, Φ можно найти значения частных производных, которые получили название дополнительных продуктов факторов D . Так, дополнительный продукт фактора F определится как

$$D_F = \frac{\partial Q_{ч.п}}{\partial F}.$$

Экономический смысл этого показателя состоит в том, что он характеризует величину приращения результата производства $Q_{ч.п}$ при увеличении данного фактора F на единицу при постоянном значении других факторов. Нетрудно понять, что если мы получим аналогичные характеристики и для других факторов (ресурсов) производства H и Φ , то появляется возможность сравнить влияние изменения каждого из них на изменение результата производства, то есть «взвесить» факторы и привести их к сопоставимому виду.

Практически для подобного сравнения факторов рассчитывают так называемые показатели предельной нормы заменяемости i -того фактора j -тым фактором

$$ПНЗ_D(i|j) = D_j : D_i.$$

Заметим здесь, что показатели дополнительного продукта фактора D , выраженные в относительных величинах, носят название коэффициентов эластичности e . Предельные нормы заменяемости могут быть рассчитаны и через коэффициенты эластичности

$$ПНЗ_e(i|j) = e_j : e_i.$$

Более того, в степенных производственных функциях ПНЗ удобнее всего считать именно через e , ибо в этом случае коэффициенты эластичности e постоянны и равны соответствующим коэффициентам регрессии a . Поэтому, имея в качестве предпосылки идею о дифференцировании производственных функций, практически в степенных функциях достаточно сопоставить коэффициенты регрессии при соответствующих членах

$$ПНЗ(i|j) = e_j : e_i = a_j : a_i.$$

Ранее [2] мы уже рассматривали вопросы построения и использования производственных функций. Здесь отметим лишь, что поскольку

ку речь идет о количественных оценках заменяемости факторов производства, это следует понимать так: производственные фонды «приравниваются» и приводятся к живому труду не по тому количеству труда, которое в них вложено (стоимость), а по тому, которое они заменяют, выступая как фактор производства (потребительная стоимость).

Нами выполнены практические расчеты по приведению к сопоставимому виду производственных ресурсов на основе данных Архангельского, Запорожского и Ленинградского гидролизных заводов, что позволило получить и проанализировать динамику обобщающего показателя эффективности производства, рассчитанного по формуле (2). Так, по данным Запорожского завода была рассчитана производственная функция вида

$$Q_{ч.л} = 0,0615F^{0,0989} H^{0,4813} \Phi^{2,0535}. \quad (3)$$

Из соотношения коэффициентов регрессии факторов находили их предельные нормы заменяемости

$$ПНЗ_e (F/\Phi) = a_\Phi : a_F = 2,0535 : 0,0989 = 20,763;$$

$$ПНЗ_e (H/\Phi) a_\Phi : a_H = 2,0535 : 0,4813 = 4,270.$$

Эти предельные нормы заменяемости и служили «весами» для приведения всех ресурсов к живому труду. Относительно $ПНЗ (F/\Phi)$ отметим, что в уравнении (3) F выражено в млн. р., а Φ — в сотнях тыс. р. Тогда коэффициенты α , β , γ из формулы (2) получили следующие значения

$$\alpha = 1 : 207,63; \quad \beta = 1 : 4,270; \quad \gamma = 1 : 1 = 1.$$

В табл. 1 представлены результаты расчетов по данной методике для Архангельского, Запорожского и Ленинградского гидролизных заводов. Как видно из данных табл. 1, динамика приведенных ресурсов G' качественно не слишком отличается от динамики неприведенных G , полученных непосредственно сложением стоимости основных производственных фондов, нормируемых оборотных средств и фонда оплаты труда (кроме данных Ленинградского завода за 1973 г.). Вместе с тем, структура приведенных ресурсов значительно отличается от структуры неприведенных. Так, если в сумме неприведенных ресурсов доля производственных фондов составляет 70—80%, а доля заработной платы — 6—8%, то в приведенных ресурсах эти показатели, как показывают расчеты, могут поменяться местами. Заметим здесь также, что в принципе ресурсы можно приводить не только к живому труду, но и к производственным фондам. При этом абсолютный размер производственных ресурсов в условных рублях естественно изменится, но структура приведенных ресурсов не зависит от того, к какому виду ресурсов делается приведение. Ясно отсюда, что не зависят от фактора приведения и динамика приведенных производственных ресурсов, и динамика обобщающего показателя эффективности, рассчитанного по формуле (2).

Используя данные табл. 1 о размере приведенных к живому труду ресурсов, рассчитывали сначала по формуле (2) абсолютную величину обобщающего показателя эффективности, а затем — его динамику. В табл. 2 динамика обобщающего показателя эффективности ϵ' , рассчитанного по формуле (2), дана в сравнении с динамикой обобщающего показателя ϵ , рассчитанного по формуле (1).

Анализ данных табл. 2 позволяет сделать вывод о том, что динамика показателей ϵ' и ϵ весьма идентична; однако для Ленинградского

Таблица 1

Завод	Показатели	Значение показателей по годам					
		1968	1969	1970	1971	1972	1973
Запорожский	Вид производственной функции	$Q_{ч.п} = 0,0615 F^{0,0989} H^{0,4813} \Phi^{2,0535}$					
	Предельные нормы заменяемости	$ПНЗ_e F \Phi = 20,763; ПНЗ_e (H \Phi) = 4,27$					
	Неприведенные ресурсы	6679	8481	10306	10362	10612	11150
	То же, % к предыдущему году	—	126,98	121,52	100,54	102,41	105,07
	Приведенные к живому труду ресурсы	697	745	857	893	910	920
	То же, % к предыдущему году	—	106,89	115,03	104,20	101,90	101,10
Архангельский	Вид производственной функции	$Q_{ч.п} = 10^{-11} 0,1774 F^{2,2460} H^{0,3489} \Phi^{7,8679}$					
	Предельные нормы заменяемости	$ПНЗ_e F \Phi = 3,5031; ПНЗ_e (H \Phi) = 22,5506$					
	Неприведенные ресурсы	12922	13227	13903	14830	15341	16492
	То же, % к предыдущему году	—	102,36	105,11	106,67	103,45	107,50
	Приведенные ресурсы	1704	1725	1786	1862	1919	2249
	То же, % к предыдущему году	—	101,23	103,54	104,26	103,06	117,20
Ленинградский	Вид производственной функции	$Q_{ч.п} = 0,05554 F^{0,5161} H^{0,1630} \Phi^{1,2708}$					
	Предельные нормы заменяемости	$ПНЗ_e F \Phi = 2,4623; ПНЗ_e (H \Phi) = 7,7963$					
	Неприведенные ресурсы	7195	7552	7819	8486	9132	9362
	То же, % к предыдущему году	—	104,96	103,54	108,53	107,61	102,52
	Приведенные ресурсы	1193	1226	1248	1285	1322	1317
	То же, % к предыдущему году	—	102,77	101,79	102,96	102,88	99,62

Таблица 2

Завод	Показатели	Значение показателей, % к предыдущему году, по годам				
		1969	1970	1971	1972	1973
Архангельский	ε'	67,75	120,49	56,81	134,54	121,48
	ε	66,99	118,72	55,52	134,02	132,45
Запорожский	ε'	111,24	139,21	150,25	130,12	130,24
	ε	93,81	132,02	154,98	130,12	125,58
Ленинградский	ε'	106,31	111,32	91,73	100,04	103,82
	ε	104,26	109,37	87,03	95,71	100,79

завода в 1972 г. и Запорожского завода в 1969 г. отмечается качественное несовпадение динамики этих показателей: если ϵ свидетельствует о снижении эффективности производства, то ϵ' — о росте эффективности. Для Ленинградского гидролизного завода, например, это расхождение объясняется тем, что значительный прирост в 1972 г. стоимости основных производственных фондов по сравнению с 1971 г. (9,86%) повлиял почти столь же значительно и на прирост объема неприведенных ресурсов, что видно из данных табл. 1. Однако вследствие малой доли основных производственных фондов в составе приведенных ресурсов последние выросли лишь на 2,88%. Отсюда при оценке динамики ресурсов на Ленинградском заводе в 1972 г. с учетом степени их влияния на результат производства (объем чистой продукции) следует признать, что прирост ресурсов был вовсе не выше прироста выпуска чистой продукции (2,91%), следовательно, эффективность производства отнюдь не снижалась, а повышалась.

Сравнивая динамику показателей ϵ' и ϵ , нельзя не отметить, что в большинстве случаев они довольно идентично отражают динамику эффективности производства на предприятиях. Поэтому, признавая важность «взвешивания» ресурсов для расчета обобщающего показателя эффективности в научном исследовании эффективности производства, следует признать и определенную правомерность использования в экономической практике предприятий упрощенной формулы (1), в которой производственные ресурсы суммируются непосредственно, без приведения к сопоставимому виду.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Методические указания к разработке государственных планов развития народного хозяйства СССР. М., «Экономика», 1974, 791 с. [2]. Пластинин А. В. Производственные функции и предельные показатели в расчетах эффективности производства на гидролизных предприятиях. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 2, с. 148—154. [3]. Система показателей эффективности общественного производства. — «Экономическая газета», 1972, № 34, с. 10. [4]. Типовая методика разработки пятилетнего плана производственного объединения (комбината), предприятия. М., «Экономика», 1975, 374 с.

Поступала 28 мая 1975 г.

УДК 634.0.79

О СИСТЕМЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЖИЛЬЕМ ПЕРСОНАЛА ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Т. И. НОВГОРОВОДА

Архангельский лесотехнический институт

Предложена система из пяти показателей. Приведены уровни показателей по объединению «Архангельсклеспром».

Наличие значительных непроизводственных основных фондов — характерная особенность лесозаготовительной промышленности. Создание собственных жилищно-бытовых и социально-культурных объектов обусловлено оторванностью лесозаготовки от городов и населенных пунктов.

Стабильность кадров — одно из условий эффективности производства. В свою очередь, для закрепления кадров необходим определенный комплекс жизненных условий. Именно в недостаточном уровне этого комплекса видят основную причину текучести кадров все авторы, рассматривающие проблемы миграции [1—3], [5—7].

Чтобы успешно решать большие и сложные задачи социально-экономической программы, намеченной XXIV и XXV съездами КПСС, с учетом отраслевой специфики лесозаготовок, необходимо внимательно изучать и анализировать жилищные условия и степень удовлетворенности трудящихся ими. Нужно это и для решения конкретных задач производства: распределения капитальных вложений на производственные и непроизводственные, между промышленными объединениями и внутри них, для обоснования объемов производства и др. Недостаток жилья нередко ставит предел плановым объемам производства действующих предприятий, и если предприятие перспективное, встает вопрос о дополнительном жилищном строительстве, масштабы которого зависят опять-таки от уровня обеспеченности жильем, его благоустроенности и т. д.

Для лесозаготовительной промышленности можно предложить следующую систему показателей обеспеченности жильем:

1) обеспеченность жильем одного проживающего (в квадратных метрах и в стоимостном выражении);

2) степень комфортности (благоустроенности) жилья (стоимостная и индексная формы);

3) уровень обеспеченности жильем с учетом его благоустройства (также в двух формах).

4) «структурные» показатели обеспеченности: жилая площадь на одного работающего; жилая площадь на одного рабочего лесозаготовок;

5) «съём продукции с 1 м² жилья».

Показатель размера жилплощади на одного жителя широко применяется в статистике и, несомненно, является основным. При этом важно проследить не только его динамику (чем пока исчерпывается большинство сведений об обеспеченности жильем), но и провести межотраслевые и территориальные сравнения и сопоставления с нормативами.

Так, средний размер жилой площади на одного проживающего по предприятиям объединения «Архангельсклеспром» составил 8 м² в 1974 г. против 6,5 м² в 1967 г. и был самым высоким для объединений лесной промышленности союзного подчинения. Наивысшим был здесь и темп роста обеспеченности жильем — 123%. К сожалению, рост этого показателя был обусловлен не столько увеличением размеров жилого фонда, сколько снижением численности проживающих: за 1967—1974 гг. жилая площадь увеличилась на 6,9%, а численность проживающих снизилась на 14,7%.

При постоянном росте показатель обеспеченности лесозаготовительных предприятий жильем все еще далек от утвержденного норматива — 9 м² на одного проживающего. Уровень обеспеченности жильем по объединениям отклоняется от среднего по отрасли в пределах от —11 до +13%.

Средняя обеспеченность жильем различна в предприятиях разного типа: в сплавных она составляет 8,4 м², а в прирельсовых — 7,2 м² на проживающего. При удовлетворительной в среднем по объединению обеспеченности, в отдельных лесопунктах эти показатели почти вдвое меньше средней величины. В то же время имеются лесопункты, достигшие нормативной величины обеспеченности и перешагнувшие ее.

Однако одного наращивания объемов жилищного строительства и обеспеченности жилой площадью недостаточно для решения жилищной проблемы. Необходимо, чтобы росту жилого фонда сопутствовало качественное улучшение жилищ, то есть повышение уровня их благоустройства в соответствии с растущими запросами советских людей. В оборудованной современными элементами удобств квартире семья избавлена от многих домашних забот и тратит на ведение домашнего хозяйства значительно меньше времени. Жители лесных поселков не имеют пока возможности пользоваться всеми современными достижениями благоустройства быта.

Степень обеспеченности жилого фонда лесозаготовителей разными видами благоустройства по состоянию на 1 января 1972 г. видна из данных табл. 1.

Таблица 1

Вид благоустройства жилого фонда	Степень обеспеченности, %			
	Города и поселки городского типа Архангельской области [4]	Поселки лесозаготовительных предприятий объединения «Архангельсклеспром»		
		Всего	в том числе	
		городская местность	сельская местность	
Электрическое освещение	100	100	100	100
Водопровод	56	6,3	15,1	1,6
Канализация	52	4,7	11	1,4
Центральное отопление	48	5,6	11,3	2,6
Горячая вода	Нет данных	1,5	2,8	0,8
Газоснабжение	21	4,6	12	0,6
Ванны, души	Нет данных	—	—	—

Обеспеченность лесозаготовителей современными элементами благоустройства намного ниже, чем в городах. Полного набора элементов благоустройства пока нет ни в одном леспромхозе.

Показатель обеспеченности жильем одного проживающего в стоимостном выражении отражает не только количественную характеристику жилья, но и его качественную сторону. Этот показатель колеблет-

ся в леспромпхозах «Архангельсклеспрома» от 448 до 1820 р. (в среднем 780 р.) и зависит от соотношения жилья в кирпичном, рубленом и шитовом исполнении.

Очевидно, что показатель жилой площади на одного проживающего следует дополнить качественной характеристикой.

Уровень благоустроенности жилья (степень комфортности) можно выразить формулой

$$K_{бл} = \frac{Ж_{бл}}{Ж_0 n},$$

где $K_{бл}$ — уровень благоустроенности жилья;

$Ж_0$ — весь жилой фонд;

n — количество элементов благоустройства;

$Ж_{бл}$ — сумма размеров жилой площади, оборудованной каждым из элементов благоустройства.

Применив эту формулу к данным объединения «Архангельсклеспром», получим $K_{бл}$, равный 0,18, причем в городской местности он несколько выше (0,22), чем в сельской (0,15). В жилфонде, который полностью оборудован современными видами благоустройства, $K_{бл} = 1$.

Размер жилой площади на одного проживающего как наиболее важный фактор введем в расчет с коэффициентом $K_{ж} = 1$ при нормативной обеспеченности (в настоящее время — 9 м²). Если обеспеченность не равна нормативу, то $K_{ж}$ пропорционально больше или меньше. Суммируя $K_{бл}$ и $K_{ж}$, получаем обобщенный показатель уровня обеспеченности жильем с учетом его благоустройства, который более точно характеризует жилищные условия, так как в нем находит отражение не только величина жилья, но и благоустроенность жилого фонда.

Предельная величина этого показателя равна 2, для объединения «Архангельсклеспром» она составляет $\frac{8}{9} + 0,18 = 1,07$.

Кратко остановимся на показателях обеспеченности жильем одного работающего и рабочего лесозаготовок. Эти показатели используются при расчете «производственной мощности по жилфонду»:

$$Ж_{п} = \frac{S}{Ч_{п}}; \quad Ж_{р} = Ж_{п} K_{сем}; \quad Ж_{р.лз} = \frac{Ж_{р}}{d_{лз}},$$

где $Ж_{п}$, $Ж_{р}$, $Ж_{р.лз}$ — обеспеченность жильем одного проживающего, работающего и рабочего лесозаготовок, м²;

S — жилая площадь, м²;

$Ч_{п}$ — численность проживающих;

$K_{сем}$ — «коэффициент семейности»;

$d_{лз}$ — доля рабочих лесозаготовок в общей численности работающих.

Показатели обеспеченности жильем одного работающего по предприятиям объединения «Архангельсклеспром» варьируют от 10,8 до 29 м², а одного рабочего лесозаготовок — от 19,5 до 54 м². На величину этих показателей основное влияние оказывают структура персонала $d_{лз}$ и соотношение количества проживающих и работающих $K_{сем}$.

При прочих равных условиях ($K_{сем}$, $d_{лз}$ и др.) можно ставить вопрос об эффективности затрат на жилищное строительство. Действительно, если техническая вооруженность труда и его производительность повышаются, то требуется меньше рабочих и жилья для них. Увеличение вложений в производственные фонды (для повышения технической вооруженности труда) позволяет, таким образом, беречь непроект-

венные вложения. С этой точки зрения правомерен показатель «отдачи» или «съёма» продукции с 1 м² жилья — C , м³/м²

$$C = \frac{B}{Ж_{р.лз}},$$

где B — комплексная выработка на одного среднесписочного рабочего лесозаготовок.

«Съём» продукции с 1 м² жилья, конечно, условный показатель, но он позволяет прямо связать наличие жилья с объемом производства и, следовательно, может быть использован при обосновании планов производства и жилищного строительства, особенно перспективных планов, где преобладают укрупненные расчеты.

ЛИТЕРАТУРА

11. Антосенков Е. Г. К вопросу о социально-экономической природе текучести рабочей силы в народном хозяйстве СССР. — В сб.: Опыт исследования перемены труда в промышленности. Новосибирск, «Наука», СОАН СССР, 1969. [2]. Батаева Т. И. Особенности условий жизни населения Магаданской области. — В сб.: Население и трудовые ресурсы Северо-Востока СССР. М., «Наука», 1968. [3]. Гранник Г. И. Экономические проблемы развития и размещение производительных сил Европейского Севера СССР. М., «Наука», 1971. [4]. Народное хозяйство Архангельской области в цифрах. Северо-Западное книжное изд-во, 1972, с. 206. [5]. Переведенцев В. И. Современная миграция населения в СССР. — В сб.: Народонаселение и экономика. М., «Экономика», 1967. [6]. Петренко А. А., Яновский В. В. Трудные ресурсы Чукотского национального округа. — В сб.: Население и трудовые ресурсы Северо-Востока СССР. М., «Наука», 1968. [7]. Хорев Б. С. Малый город. М., изд-во МГУ, 1972.

Поступила 31 мая 1976 г.

УДК 625.5.003.13

УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАНАТНЫХ УСТАНОВОК

А. Ф. ГАВРИЛОВ

Кавказский филиал ЦНИИМЭ

Рассматривается экономическая целесообразность применения УК-1-31А для освоения горных лесов. Найдены предельные величины, позволяющие принять организационные решения при выборе трелевочно-транспортных средств.

Горные леса, произрастающие в труднодоступных местах (на крутых склонах и на участках, отделенных от лесовозных дорог оврагами, горными ручьями, реками, и т. д.), в настоящее время осваивают с помощью канатных установок, которые являются пока единственным средством доставки древесины от мест повала к местам погрузки на лесовозный транспорт.

Применение канатных установок в сочетании с другими трелевочными средствами обуславливает многоступенчатость процесса трелевки и связанное с этим повышение эксплуатационных затрат.

Характер изменения и зависимость эксплуатационных затрат на трелевку 1 м³ хлыстов от затрат на монтажно-демонтажные работы, подготовку трелевочных волоков, лесовозных усов и использование трелевочных средств по различным технологическим вариантам представлены на рис. 1 и 2.

Расположение кривых показывает, что влияние рассматриваемых факторов на трелевку и транспортировку 1 м³ хлыстов неодинаково.

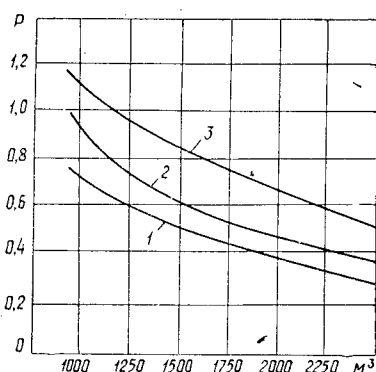


Рис. 1. Зависимость затрат на подготовку трелевочных волоков от объема вырубаемой древесины с лесосеки размером 25 га в расчете на 1 м³.

1 — крутизна склона 16°; 2 — 20°; 3 — 25°.

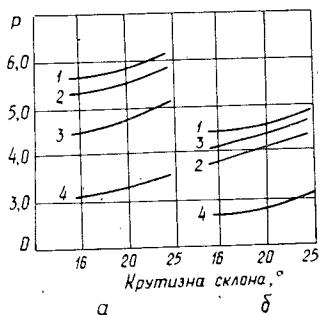


Рис. 2. Изменение себестоимости трелевки 1 м³ хлыстов по сравниваемым вариантам.

а — интенсивность рубки 40%; б — 60%; 1, 2 — трелевка соответственно ТДТ-40 и ТДТ-75 плюс затраты на строительство лесовозной ветки (уса); 3, 4 — трелевка соответственно ТДТ-40 и ТДТ-75 плюс подвесная транспортировка УК-1-31А.

Средние эксплуатационные издержки в расчете на 1 м³ с применением канатных установок типа УК-1-31А по сравнению с издержками при использовании лесовозных усов (базовый вариант) значительно колеблются и составляют 65,1—87,1% от базового варианта.

Изменение эксплуатационных затрат на трелевку и транспортировку 1 м³ хлыстов показано в табл. 1.

Таблица 1

Интенсивность рубки, %	Крутизна склона,	Эксплуатационные затраты, % к базовому варианту	
		ТДТ-40 + УК-1-31А	ТДТ-75 + УК-1-31А
40	16	78,7	58,1
	20	79,5	59,4
	25	80,4	61,2
60	16	94,4	69,6
	20	94,7	70,7
	25	94,9	71,7

Поскольку эксплуатационные издержки на 1 м³ по сравниваемым вариантам различны, то при равной производительности на машино-сменную уровень эффективности использования трелевочных средств также неодинаков. Для практических целей важно знать, при каких условиях более целесообразно применять, на первичном лесотранспорте канатные установки типа УК-1-31А.

Из табл. 1 видно, что по степени влияния на уровень эффективности канатных установок одним из значимых факторов являются издержки на строительство дорожно-транспортной сети. Они составят 13—35% от затрат на выполнение единицы объема работ канатными установками.

По данным С. М. Дмитриевского, коэффициент развития для горных лесовозных веток принят $K=2,85$. Транспортный путь на склонах гор крутизной $20-25^\circ$ в 3,9—4,5 раза длиннее, чем в равнинных условиях. Расчеты показывают, что протяженность лесовозной ветки (уса), пролегающей в виде кольца по лесосеке размером 850×350 м (25 га), составляет 1,65 км, а с учетом коэффициента развития 4,7 км. Протяженность же канатной установки, необходимой для освоения той же лесосеки, при расположении посередине лесосеки (склону горы) составляет 0,8 км.

Очевидно, что в обоих технологических вариантах на строительство и содержание лесовозных веток (усов) или монтаж УК-1-31А потребуются определенные дополнительные средства или за счет себестоимости, или за счет капитальных вложений. В условиях Восточной Сибири (объединения «Забайкаллес», «Читлес») эти затраты при эксплуатации автомобилей МАЗ-501, МАЗ-509 колеблются от 3,2 до 5,7 тыс. р. на 1 км; в условиях Северного Кавказа — от 13 до 18 тыс. р.

Поскольку эксплуатационные издержки складываются из условно-постоянных и переменных затрат, то они могут быть определены по уравнению гиперболы

$$y = a + \frac{b}{x}.$$

Таким образом, эффективность использования канатных установок в сочетании с трелевочными тракторами в значительной мере зависит от объема трелевки, протяженности и стоимости строительства лесовозных веток (усов). В табл. 2 приведены экономические условия эффективности применения системы ТДТ-75+УК-1-31А для освоения горных лесосек с интенсивностью рубки 40%.

Таблица 2

Показатели	Предельные величины
Производительность УК-1-31А за 1 маш.-см., м ³	53 и более
Себестоимость 1 маш.-см., р.	77,74 и менее
Затраты на строительство лесовозной ветки (уса), р./м ³	4,78 и более
Затраты на подготовку и содержание трелевочных водоков, р./м ³	0,17 и менее
Затраты на монтажно-демонтажные работы, р./м ³	0,21 и менее
Интенсивность рубки, %	40 и более

Результаты предыдущих исследований показали, что производительность УК-1-31А на 1 маш.-см. выше достигнутой трелевочными тракторами в условиях Северного Кавказа. В этой связи для полной загрузки УК-1-31А необходимо использовать два трелевочных трактора на трелевке хлыстов к несущему канату.

Выводы

1. Освоение лесных массивов, расположенных на склонах гор крутизной свыше 20° , посредством канатных установок типа УК-1-31А в сочетании с трелевочными тракторами экономически целесообразно.

2. Повышение экономической эффективности использования канатных установок типа УК-1-31А на первичном лесотранспорте достигается благодаря:

а) работе двух трелевочных тракторов на трелевке хлыстов к несущему канату установки;

б) рациональному выбору трассы (просеки) для монтажа канатной установки;

в) отводу большего числа (2 и более) и размера (свыше 25 га) лесосек, тяготеющих к канатной установке.

Поступила 29 апреля 1974 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 634.0.812

О НАРУШЕНИИ СВЯЗИ
МЕЖДУ ВОЛОКНАМИ ДРЕВЕСИНЫ

В. В. ГАМОВ

Брянский технологический институт

При исследовании прочностных свойств древесины учитываются нормальные и касательные адгезионные и когезионные связи. Вопрос рассматривается на уровне клеточного строения древесины.

Деформирование древесины сопровождается переходом части механической энергии в тепловую [1]. Потери энергии, затраченной на разрыв древесных клеток и межклеточного вещества, объясняются не только механическими причинами, более важным является адгезионное и когезионное взаимодействие [4]. В рассматриваемом плане древесина представляет собой многофазную систему. На основе ранее изложенных понятий [3], деформирование древесины с нарушением связи между волокнами (растяжение, сжатие, скалывание, раскалывание, резание и др.) означает разрыв адгезионной или когезионной связи или одновременно той и другой. Исследуем проявление адгезионных и когезионных явлений в различных случаях разрушения древесины. Сравним численно потери энергии при разрыве различных типов связей.

На рис. 1 показана структурная модель для расчета прочности «склеивания» клеток древесины при растяжении в продольном направлении [3], на рис. 2, а, б — структурные модели для определения прочности склеивания трахеид ранней древесины на растяжение соответственно в радиальном и тангенциальном направлениях. При различных видах разрушения древесины наблюдается разрыв клеток и межклеточного вещества, близкий к смешанному типу разрушения, характеризующему наиболее благоприятное сочетание свойств фаз — подложки и адгезива. Допуская, что каждая из упомянутых многофазных систем равнопрочна в случае ее разрыва как по клеткам, так и по межклеточному веществу, рассмотрим разрушение по линиям А, В, С, А₁ В₁ С₁ Д₁ и Е±Н. Разрыв связей по поверхности конуса

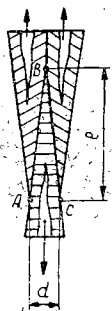


Рис. 1.

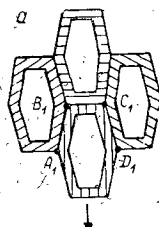


Рис. 2.

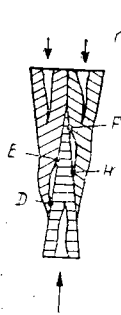
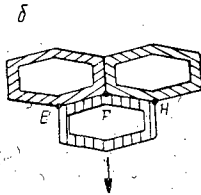


Рис. 3.



Рис. 4.

(рис. 1) близок к касательному, поскольку угол АВС весьма мал и не превышает 1—2°. Разрыв по линиям А₁В₁ и С₁Д₁ (рис. 2, а) также близок к касательному, а по линиям В₁С₁ и Е±Н — к нормальному. Принятые допущения несколько искажают

реальную картину, так как линии разрывов, как правило, проходят не между волокнами, а по вторичной клеточной оболочке. Однако на результатах сравнительных расчетов, которые здесь приведены, это не отражается.

Потери энергии при нормальном (в направлении, перпендикулярном плоскости контакта) разрыве адгезионных или когезионных связей обычно в десятки, если не в сотни, раз больше соответствующих потерь при их касательном, или «срезающем» разрушении, так как почти вся энергия адгезионной или когезионной связи необратимо превращается в тепло. Это означает, что величина потерь близка к энергии самой связи. При касательном разрыве существует значительная вероятность того, что полному разрыву связи предшествуют более или менее многочисленные перескоки ее по поверхности с преодолением малых, по сравнению с энергией связи, потенциальных барьеров. В результате величина потерь в случае касательного разрушения в среднем может быть существенно меньше полной энергии связи. В итоге отношение потерь на разрушение древесины при нормальном и касательном разрывах находится в пределах $10^{-3} - 10^{-1}$. Однако следует иметь в виду, что в действительности не наблюдается строго нормального и касательного разрывов связей, поэтому возможны значительные отклонения от указанного диапазона. Например, по нашим исследованиям, при растяжении ранней древесины лиственницы вдоль волокон прочность касательных связей по конической поверхности ABC (рис. 1) составила 25,09 кгс/см², а при скалывании в радиальной плоскости специальных образцов из ранней древесины лиственницы по линии $E \pm H$ прочность связей, близких к нормальным (рис. 2, б), составила 4,3 кгс/см². При разрушении древесины в радиальном и тангенциальном направлениях даже в пределах одной зоны (ранней или поздней) потери энергии различны, так как они обусловлены геометрией прилегающих друг к другу клеток, то есть характером разрушения связей. При растяжении ранней древесины лиственницы в радиальном направлении предел прочности больше (48,9 кгс/см²), чем в тангенциальном (26,8 кгс/см²), вследствие того, что в первом случае преобладает касательный разрыв связей (рис. 2, а, б).

Структурная модель для расчета прочности склеивания клеток древесины при сжатии вдоль волокон (рис. 3) аналогична изображенной на рис. 1. Среднее значение предела прочности на сжатие древесины вдоль волокон ($\sigma_{ср} = 500$ кгс/см²) меньше предела прочности на растяжение вдоль волокон ($\sigma_{ср} = 1300$ кгс/см²), поскольку из-за продольного изгиба или «усадки» клеток образуется нормальный разрыв связей, например, на участках DE и $+H$. А известно, что деформация при сжатии вдоль волокон выражается в укорочении образца [5].

Наиболее приемлемая структурная модель для определения предела прочности склеивания клеток на скалывание вдоль их длины показана на рис. 4. При скалывании и растяжении образцов вдоль волокон разрыв связей близок к касательному. Удельная прочность связей, то есть разрушающая нагрузка, отнесенная к поверхности контакта клеток в разрывном сечении образца (к поверхности их прилегания), должна быть одинакова для обоих случаев.

Докажем высказанное предположение, определив удельную прочность связей $[\sigma]_1$ при растяжении ранней древесины лиственницы вдоль волокон и удельную прочность связей $[\sigma]_2$ при тангенциальном скалывании по ранней древесине этой же породы. Для случая растяжения используем некоторые ранее выведенные зависимости [3]. На длине контакта e (рис. 1) площадь рабочей поверхности трахеиды

$$S_{тр} = 0,5 \pi d e.$$

По уточненным данным

$$e = 0,295l = 0,295 \cdot 2470 = 730 \text{ мкм},$$

где l — длина ранней трахеиды;

$$d = 0,7D = 0,7 \cdot 0,5 \cdot (D_p + D_T) = 0,7 \cdot 0,5 (52,4 + 32,04) = 0,7 \cdot 42,22 = 29,6 \text{ мкм},$$

где D_p , D_T и D — радиальный, тангенциальный и средний диаметры ранней трахеиды.

$$S_{тр} = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 2,96 \cdot 10^{-3} \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} = 3,38 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2.$$

Количество трахеид в 1 см² сечения образца

$$n_1 = \frac{4}{\pi (D + 2\delta)^2},$$

где 2δ — толщина межклеточного вещества (1,45 мкм);

$$n_1 = \frac{4}{3,14 (4,222 \cdot 10^{-3} + 1,45 \cdot 10^{-4})^2} = 6,65 \cdot 10^4 \text{ шт.}$$

Общая площадь рабочей поверхности прилегания трахеид в 1 см² разрывного сечения

$$S'_{\text{общ}} = n_1 \cdot S_{\text{тр}} = 6,65 \cdot 10^4 \cdot 3,38 \cdot 10^{-4} = 22,5 \text{ см}^2.$$

Предел прочности при растяжении ранней древесины лиственницы вдоль волокон $\sigma_1 = 565 \text{ кгс/см}^2$ [3], отсюда

$$[\sigma]_1 = X_1 \sigma_1 = \frac{1 \text{ см}^2}{S'_{\text{общ}}} \cdot \sigma_1 = \frac{565 \text{ кгс}}{22,5 \text{ см}^2} = 25,09 \text{ кгс/см}^2.$$

В случае тангенциального скалывания по ранней древесине вдоль волокон количество трахеид в разрывном сечении образца

$$n_2 = \frac{1}{S} = \frac{2}{D_T \cdot l} = \frac{2}{3,204 \cdot 10^{-3} \cdot 0,274} = 2,28 \cdot 10^3 \text{ шт.}$$

Площадь поверхности прилегания ранних трахеид в 1 см² разрывного сечения при тангенциальном скалывании (по линии $A_1 B_1 C_1 D_1$ перпендикулярно плоскости чертежа, рис. 2, а)

$$S''_{\text{общ}} = n_2 \cdot S_2 = n_2 \cdot 0,5 \cdot \pi \cdot D_T \cdot l = 2,28 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 3,14 \cdot 3,204 \cdot 10^{-3} \cdot 0,274 = 3,14 \text{ см}^2.$$

Для полученного нами значения предела прочности при тангенциальном скалывании по ранней древесине лиственницы $\sigma = 77 \text{ кгс/см}^2$

$$[\sigma]_2 = X_2 \cdot \sigma_2 = \frac{1 \text{ см}^2}{S''_{\text{общ}}} \cdot \sigma_2 = \frac{77}{3,14} = 24,3 \text{ кгс/см}^2.$$

Итак, $[\sigma]_1 \approx [\sigma]_2$.

Размеры трахеид лиственницы в расчетах приняты по В. Е. Вихрову [2]. Аналогичные исследования были проведены для сосны влажностью 12%, у которой, по нашим замерам, размеры ранних трахеид: $D_p = 43,2 \text{ мкм}$, $D_T = 34,0 \text{ мкм}$, $l = 1810 \text{ мкм}$. Предел прочности при растяжении ранней древесины сосны вдоль волокон $\sigma_1 = 342 \text{ кгс/см}^2$, а предел прочности при тангенциальном скалывании по ранней древесине $\sigma_2 = 56,1 \text{ кгс/см}^2$. Значения $[\sigma]_1$ и $[\sigma]_2$ также почти одинаковы и соответственно равны 18,7 и 17,9 кгс/см². Наименьшие потери энергии наблюдаются при нормальном разрыве связей в процессе раскалывания древесины, так как они разрушаются постепенно.

Структурные модели для определения прочности склеивания клеток при сжатии и скалывании поперек волокон сосны такие же, как на рис. 2, а, б, но с соответствующим направлением разрушающих сил. При растяжении, сжатии и скалывании поперек волокон происходит разрыв нормальных и касательных связей приблизительно по одинаковым поверхностям контакта. В этом случае, допуская равнопрочность системы, разрушаться могут как стенки клеток, так и одно лишь межклеточное вещество. Значения пределов прочности для этих видов испытаний почти одного и того же порядка. Например, средние значения пределов прочности на растяжение, сжатие и скалывание поперек волокон березы соответственно равны 72,5, 74,1 и 83,7 кгс/см².

При резании, в частности, торцовом (рис. 5), энергия расходуется на разрыв нормальных и касательных адгезионных и когезионных связей (перерезание волокон), на разрыв касательных адгезионных или когезионных связей при скалывании элемента стружки и на полный обмен связей (трение скольжения), то есть на разрыв всех адгезионных связей в зоне адгезионного контакта с одновременным образованием такого же числа новых связей по поверхности контакта реза с заготовкой и стружкой, а также по поверхности скольжения сколотого элемента стружки о неподвижную часть снимаемого слоя.

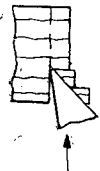


Рис. 5.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Боуден Ф., Тейбор Д. Трение и смазка твердых тел. Машгиз, 1968.
 [2]. Вихров В. Е. Строение и физико-механические свойства ранней и поздней древесины сибирской лиственницы. Труды Института леса, т. IV. Изд. АН СССР, 1949.

[3]. Гамов В. В. К вопросу о структурно-механических свойствах древесины. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 4. [4]. Москвитин Н. И. Физико-химические основы процессов склеивания и прилипания. М., «Лесная промышленность», 1964. [5]. Перельгин Л. М., Уголев Б. Н. Древесиноведение. М., «Лесная промышленность», 1971.

УДК 674.053 : 621.934

РАССЕЯНИЕ ЭНЕРГИИ В КРУГЛЫХ ПИЛАХ ПРИ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЯХ

Ю. М. СТАХИЕВ, М. Л. КОРОТКОВА

ЦНИИМОД

Экспериментально изучено влияние диаметра, толщины, напряженного состояния пилы, диаметра зажимных фланцев, формы и амплитуды колебаний на логарифмический декремент колебаний. Доказана возможность значительного рассеяния энергии (демпфирования колебаний) при размещении между пилой и зажимными фланцами резиновых прокладок.

Колебания круглых пил повышают их динамическую напряженность, снижают прочность и в ряде случаев приводят к необходимости остановки процесса пиления. Борьба с колебаниями — это прежде всего борьба с резонансными явлениями. Имеются два основных метода борьбы с ними: отстройка частот собственных колебаний диска от частот возмущающих сил и увеличение рассеяния энергии (демпфирование) уже возникших колебаний.

Применительно к круглым пилам только первый метод достаточно полно рассмотрен в работах [2], [3]. Это явилось причиной постановки ЦНИИМОДом специальных исследований по второму методу.

Различают следующие виды рассеяния энергии: потери в материале диска пилы (внутреннее конструкционное демпфирование), потери на контактных поверхностях зажимных фланцев (внешнее конструкционное демпфирование) и потери в среде, в которой находится колебательная система.

Рассеяние энергии обычно характеризуют логарифмическим декрементом* колебаний δ [1]. Чем больше δ , тем больше рассеяние энергии и выше демпфирующие свойства системы. Величину декремента δ на выбранном участке виброграммы определяют по формуле

$$\delta = \frac{1}{n} \lg \frac{A_i}{A_{i+n}},$$

где A_i, A_{i+n} — амплитуды затухающих колебаний в начале и конце интервала, состоящего из n циклов.

В ЦНИИМОДе при проведении исследований использовали метод, основанный на записи виброграмм свободных затухающих колебаний невращающихся круглых пил. Виброграммы обрабатывали в соответствии с рекомендациями работы [1] (с. 52). Свободные затухающие колебания диска пилы вызывались срывом вынужденных резонансных колебаний заданной амплитуды и формы. Частоту собственных колебаний контролировали при помощи индукционного датчика и электронного цифрового частотомера Ф519, а амплитуду колебаний пилы с помощью емкостного датчика и осциллографа Н-105.

Исследования показали, что декремент увеличивается с возрастанием амплитуды колебаний A и уменьшается с повышением формы колебаний λ (рис. 1). Для форм колебаний $\lambda \geq 3$ зависимость $\delta = f(2A)$ имеет монотонный характер. Этот вывод справедлив для пил с различным напряженным состоянием.

При одной и той же величине амплитуды колебаний рассеяние энергии уменьшается с увеличением числа узловых диаметров λ . Это снижение весьма существенно. Например, если для невальцованной и непрокованной пилы $D=500$ мм,

* Далее по тексту логарифмический декремент колебаний сокращенно называем декрементом.

$S=2,5$ мм, $d_{\phi}=125$ мм при $2A=0,5$ мм и $\lambda=0$ декремент принять за единицу, то при увеличении λ от 0 до 4 он составляет соответственно 1; 0,46; 0,17; 0,05; 0,025. Для $\lambda=4$ величина δ уже в 40 раз меньше, чем для $\lambda=0$. Такое резкое уменьшение δ с увеличением λ объясняет известную возможность [4] возникновения незатухающих высокочастотных колебаний с большим числом узловых диаметров ($\lambda \approx 8 \div 16$), приводящих к высокочастотному шуму пил («свисту»).

Прокровка и вальцевание оказывают влияние на декремент преимущественно при колебаниях с 0 и 2 узловыми диаметрами (рис. 2). На рис. 2 величина δ представлена в функции отношения частот собственных колебаний ω при $\lambda=2$ и $\lambda=1$ для одной и той же пилы. Отношение частот изменялось проковкой сначала средней, а затем периферийной зон диска пилы. Известно [3], что при $\omega^{\lambda=2} / \omega^{\lambda=1} = 2$ для $d_{\phi} = 125$ мм диск $D=500$ мм находится в критическом состоянии, соответствующем потере устойчивости по форме $\lambda=0$, а при $\omega^{\lambda=2} / \omega^{\lambda=1} \approx 0,8$ — в критическом состоянии, соответствующем потере устойчивости по форме $\lambda=2$.

Характер влияния диаметра и толщины пил на декремент показан на рис. 3 и 4. При оценке влияния диаметра пил (рис. 3) их толщину принимали постоянной и равной 2,5 мм, а диаметр изменяли в пределах 360—630 мм. Отношение $\omega^{\lambda=2} / \omega^{\lambda=1} = 1,8 \div 2$. При оценке влияния толщины пил (рис. 5) их диаметр принимали равным 450 мм, а толщину изменяли в пределах 1,2—2,5 мм. Отношение $\omega^{\lambda=2} / \omega^{\lambda=1} = 1,1 \div 1,2$, то есть пилы были непрокованными. Полученные данные показывают, что декремент уменьшается с увеличением диаметра пилы и уменьшением ее толщины. Однако эти зависимости носят монотонный характер.

Более существенное влияние на декремент δ оказывают зажимные фланцы (рис. 5, табл. 1). В табл. 1 приведены значения δ при $2A=0,5$ мм для вальцованной пилы $D=500$ мм, $S=2,5$ мм, заземленной: а) шариками, расположенными в трех равноотстоящих точках по окружности диаметром 125 мм; б) фланцами диаметром 125 мм; в) фланцами диаметром 200 мм.

Таблица 1

λ	0	1	2	3	4
$\delta_{\text{шар}}, \%$	0,82	0,18	0,06	0,035	0,03
$\delta_{125}, \%$	1,16	0,48	0,19	0,070	0,03
$\delta_{200}, \%$	1,70	0,82	0,42	0,22	—
$\delta_{125}/\delta_{\text{шар}}$	1,41	2,67	3,17	2,00	1,00

Заземление пилы шариками соответствовало рассеянию энергии только в материале пилы. Зажимные фланцы диаметром 125 мм увеличивают δ примерно в 2—3 раза для $\lambda=1 \div 3$. В то же время возрастание диаметра фланцев от 125 до 200 мм повышает δ_{125} еще в 2—3 раза для $\lambda=1 \div 3$. Все это указывает на эффективность увеличения диаметра фланцев как средства демпфирования колебаний низших форм ($\lambda < 4$).

Еще большее влияние на δ оказывают резиновые прокладки, установленные между пилой и зажимными фланцами. Для оценки этого влияния были проведены следующие серии опытов: а) прокладка из технической резины средней твердости (по ГОСТу 7338—65) толщиной 2 мм размещена между диском пилы и только одним из зажимных фланцев; б) резиновые прокладки установлены с двух сторон пилы.

Опыты показали, что наиболее эффективны резиновые прокладки, установленные с двух сторон пилы. В свою очередь, величина этого эффекта зависит от степени суммарного сжатия ϵ обеих прокладок. По мере увеличения ϵ уменьшается δ и увеличивается ω . Графики зависимости δ от $2A$ при $\epsilon=1,0$ мм приведены на рис. 6. Сравнение данных рис. 6 и 1 показывает, что резиновые прокладки при $\epsilon=1,0$ мм увеличивают δ для вальцованной пилы соответственно в 6,1; 9,4; 9,5; 9,3 и 5,0 раз при $2A=0,5$ мм и повышении λ от 0 до 4. Для получения максимального эффекта необходимо провести специальные исследования по выбору материала прокладок.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Писаренко Г. С., Яковлев А. П., Матвеев В. В. Вибропоглощающие свойства резонанционных материалов. Киев, «Наукова думка», 1971. [2]. Стахив Ю. М. Резонансные колебания плоских дисковых пил. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 5. [3]. Стахив Ю. М. Колебания тонких стальных дисков. — «Вестник машиностроения», 1972, № 8. [4]. Фрибе Е. Причина высокочастотных колебаний полотна пилы при холостом ходе. — «Industrieanzeiger», 1971, № 97.

УДК 634.0.813.11

АНОМАЛИЯ ВЯЗКОСТИ РАСТВОРОВ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ В ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ*

С. А. САПОТНИЦКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

В зоне $\text{pH} = 9 \div 11$, создаваемой едким натром, имеет место аномальное изменение вязкости раствора лигносульфоната кальция, сопровождающееся соответствующим изменением электрофоретической скорости коллоидов. При $\text{pH} = 10 \div 10,5$ вязкость и скорость электрофореза достигают максимального значения. При обратном подкислении щелочного раствора возникает гистерезис вязкости.

В литературе имеются указания, что при окислении в щелочной среде лигносульфоновых кислот, сопровождающемся отщеплением сульфогрупп, может иметь место коагуляция десульфонированного лигнина. С. И. Сухановский [3] показал, что в производстве ванилина из лигносульфонатов при подкислении щелочного раствора окисленной реакционной массы в период, когда серной кислотой связывается 30—50% щелочи, масса превращается в малоподвижный студень. Ю. Н. Непенин и Г. А. Пазухина [4] в условиях, моделирующих сульфатную варку, подвергли термообработке смесь сульфитного и зеленого сульфатного щелоков и показали, что в области значений $\text{pH} = 8,5 \div 10,5$ лигносульфонаты выпадают в осадок.

Поскольку в этих примерах потеря сульфогрупп снижает лиофильность лигниновых коллоидов, было исследовано влияние величины pH в щелочной зоне на коллоидные свойства растворов лигносульфонатов при температуре 20—30°C, когда исключено отщепление сульфогрупп.

Концентрат сульфитно-дрожжевой бражки Котласского ЦБК, содержащий лигносульфонат кальция, разбавляли водой до 25%-ной концентрации сухих веществ. Далее раствор ступенчато подщелачивали концентрированным раствором едкого натра и на каждой ступени нейтрализации при 20°C определяли время истечения через вискозиметр с диаметром капилляра 1 мм.

Как видно из рис. 1 (кривая 1), в зоне $\text{pH} = 7 \div 9$ вязкость раствора повышается незначительно, в то время как при дальнейшем увеличении щелочности раствора (до $\text{pH} = 10,5$) наблюдается резкое ее возрастание. В зоне $\text{pH} = 10,5 \div 11,5$ имеет место резкое снижение вязкости, продолжающееся уже более плавно при значениях $\text{pH} > 11,5$. Так, при pH , равном 7; 9; 10,5 и 12,5, время истечения через капилляр составило соответственно 100; 140; 340 и 210 с.

Раствор, доведенный до $\text{pH} = 12,5$, также ступенчато подкисляли серной кислотой. Кривая 2 времени истечения подкисленного раствора через капилляр вискозиметра (рис. 1) оказалась подобной кривой 1. Однако по абсолютной величине для каждого данного значения pH при обратном подкислении время истечения возросло, достигнув 400 с в точке максимума; лишь при $\text{pH} = 7$ кривые подщелачивания и подкисления совпали. Следовательно, при обратном подкислении щелочного раствора лигносульфоната кальция имеет место образование гистерезиса вязкости, существующего только в щелочной среде.

Но несмотря на столь резкое увеличение вязкости, даже в точке максимума коллоидные частицы лигносульфонатов, в отличие от десульфонированного лигнина, не выпадали из раствора. Это указывает на участие присутствующих в растворе электролитов в создании двойного электрического слоя сольватной оболочки коллоидных частиц лигносульфоновых кислот, предотвращающего коагуляцию образующихся в зоне $\text{pH} = 9 \div 11$ ассоциатов.

* Экспериментальная часть выполнена Г. В. Пальяновой.

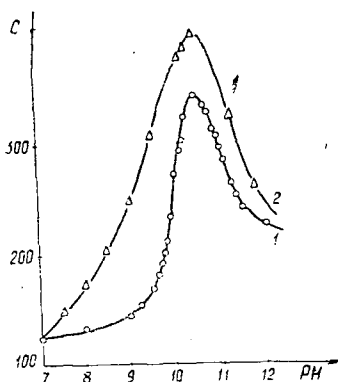


Рис. 1. Влияние pH на время истечения 25%-ного раствора лигносульфоната кальция (диаметр капилляра 1 мм, температура 20°C).

1 — подщелачивание раствора едким натром; 2 — обратное подкисление раствора серной кислотой.

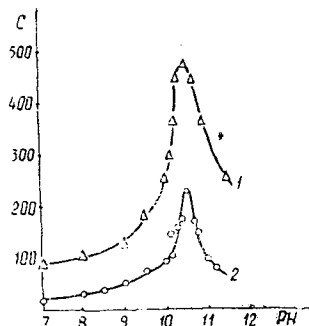


Рис. 2. Влияние pH и температуры на время истечения 35%-ного раствора лигносульфоната кальция при обратном подкислении (диаметр капилляра 1,5 мм).

1 — температура 20°C; 2 — температура 30°C.

Для подтверждения этого во втором опыте концентрацию сухих веществ в растворе лигносульфоната кальция повысили до 35%. В этом случае в растворе отсутствует свободная вода [2] и, следовательно, электролиты растворены в коллоидно-связанной воде сольватной оболочки частиц. Учитывая возрастающую при повышении содержания сухих веществ вязкость раствора, мы использовали вискозиметр с капилляром несколько большего диаметра 1,5 мм. Раствор сразу доводили до pH=12, а затем ступенчато подкисляли серной кислотой.

Как видно из рис. 2, при температуре опыта 20°C, несмотря на отсутствие в растворе свободной воды, на кривой времени истечения (кривая 1) также обнаруживается максимум, отвечающий величине pH=10,5. Повышение температуры раствора до 30°C (кривая 2) лишь ускорило этот процесс, но не привело к изменению характера кривой и положению максимума на ней.

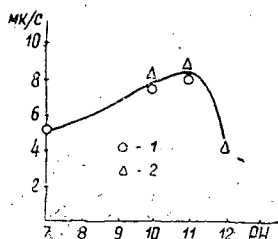


Рис. 3. Влияние pH на скорость электрофореза лигносульфоната кальция при обратном подкислении раствора

1 — концентрация сухих веществ 25%; 2 — 35%.

Была замерена скорость электрофореза щелочных растворов лигносульфоната кальция, содержащих 25 и 35% сухих веществ, на стадии их обратного подкисления. В качестве боковой жидкости применяли раствор хлористого калия, подбирая такую концентрацию KCl, при которой удельная электропроводность этого и испытуемого растворов были бы равными.

Из рис. 3 видно, что кривая изменения электрофоретической скорости коллоидных частиц лигносульфонатов в щелочной зоне весьма близко совпадает с кривыми истечения этих растворов через капилляр. Эти данные также подтверждают, что содержащиеся в лигносульфоновых кислотах сульфогруппы препятствуют электрической нейтрализации коллоидных частиц, образующих в зоне pH=9-11 ассоциаты с мощной сольватной оболочкой, в которую включены электролиты.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Неленин Ю. Н., Пазухина Г. А. Некоторые особенности сульфит-сульфатной варки. — Журн. «Бумажная промышленность», 1970, № 1. [2]. Сапотницкий С. А. Факторы, влияющие на состав и свойства концентрата сульфитно-дрожжевой бражки в процессе его получения. — Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1972, № 8. [3]. Сухановский С. И. Пути снижения расхода едкого натра при получении ванилина. — Труды ВНИИ гидролизной и сульфитно-спиртовой промышленности (ВНИИГС). Гослесбумиздат, 1958, № 6.

УДК 547.992.3 : 541.138

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРОЛИЗ СОСНОВЫХ ОПИЛОК

Е. М. ГОЛУБЧИК, З. И. ЛАРИНА

Брянский технологический институт

Изучен механизм и результат электрохимического воздействия при кислотном гидролизе сосновых опилок.

Одно из направлений использования древесины — гидролиз растительных тканей в кислых средах с целью получения сахаров, спирта, дрожжей и других ценных продуктов. Наиболее широко используется метод, основанный на применении разбавленной серной кислоты [1]. Однако этот метод при относительно небольшом расходе кислоты требует жестких условий ведения процесса, что затрудняет осуществление его непрерывности и снижает выход сахаров из-за их распада. Попытка ведения процесса гидролиза при нормальных условиях приводит к необходимости резко повысить концентрацию серной кислоты, что увеличивает ее расход [6]. Все это заставляет искать новые пути химической переработки растительных материалов.

При наличии карбоксильных групп у шестого углеродного атома в цепях целлюлозы резко снижается ее устойчивость к действию щелочей, кислот и воды. Так, хлопчатобумажная ткань, содержащая 2—3% карбоксильных групп, при кипячении в дистиллированной воде полностью рассыпается в порошок [4]. Сопоставление ладения механической прочности целлюлозного волокна при наличии карбоксильных групп с гидролизующим действием серной кислоты разной концентрации позволяет предполагать, что при этом определенную роль играет окисляющая способность кислоты.

Для проверки этого предположения была исследована зависимость потенциала железного электрода от концентрации серной кислоты. Полученные данные показали, что начиная с 62,5% и выше серная кислота проявляет свойства окислителя, так как при этом электродный потенциал в большей степени смещается к положительным значениям. Таково же значение концентрации серной кислоты и в прямых опытах по гидролизу растительных материалов при нормальных условиях [3].

В связи с тем, что серная кислота повышенной концентрации выступает как окислитель, было изучено действие ее на гидролиз опилок при добавлении хромового ангидрида, марганцевокислого калия и перекиси водорода.

В качестве растительного материала использовали сосновые опилки, высушенные до постоянного веса при 105°C; 1,25 г опилок заливали 10 мл 72%-ной серной кислоты, добавляя соответствующее количество окислителя. При гидролизе смеси не перемешивали. Непрогидролизованную массу отмывали водой до pH=7, высушивали и взвешивали. Во всех случаях введение окислителя повышает количество гидролизованной массы за время опыта.

Данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ п.п.	Окислитель	Продолжительность гидролиза, мин	Концентрация окислителя, г/л	Количество прогидролизованной опилок, %
1	CrO ₃	120	24,8	62,2
2	KMnO ₄	120	23,6	61,2
3	H ₂ O ₂	120	6,7	60,2
4	"	12	33,7	100
5	Без окислителя	120	0	57,5

Применение раствора на концентрированной перекиси водорода (п/п 4) приводит к полному растворению опилок.

Используя полученные данные по влиянию окисляющих агентов, исследовали возможность ускорения процесса гидролиза за счет электрохимического окисления. Эффективность электролиза, как и при действии окислителей, определяли по весу остатка. В качестве электродов использовали платину с поверхностью 2 см². Для электролиза применяли постоянный ток силой 0,1 А. Опилки в количестве 1,25 г заливали 10 мл 72%-ной серной кислоты. В процессе опыта массу опилок не перемешивали. Данные опытов приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ п/п	Продолжительность гидролиза, мин	Количество прогидролизованной массы, %	
		без электролиза	с электролизом
1	20	30,9	60,0
2	30	52,0	59,7

Результаты опытов показывают, что протекание тока в конечном итоге повышает процент прогидролизованной массы опилок при одновременном ускорении процесса.

Гидролиз опилок в условиях электролиза практически полностью протекает за 20—30 мин. Гидролиз с электрохимическим воздействием свыше 2 ч приводит к полному растворению опилок. Однако при этом содержание сахара в гидролизате падает пропорционально длительности процесса.

В выбранных условиях участие самих опилок непосредственно в электродном процессе не представляется возможным. В данном случае косвенно проявляется результат электролиза, который приводит к накоплению перекиси водорода в анодном пространстве [5], способствующей ускорению гидролиза. Это подтверждается также проведением предварительно процесса электролиза с последующим гидролизом. Исходный раствор подвергали электролизу для накопления перекиси водорода в течение 72 ч. Затем 1,25 г опилок гидролизовали полученным раствором кислоты без электролиза в течение 30 мин. Количество опилок, подвергавшееся гидролизу, составило 62,6%.

Данные количественного определения редуцирующих веществ подтверждают значительно большую степень гидролиза в условиях электрохимического воздействия. Предварительно гидролизаты разбавляли водой для проведения инверсии. Водный раствор гидролизата, полученного в условиях электрохимического воздействия, был прозрачным в отличие от раствора гидролизата, полученного обычным способом гидролиза. Это говорит о большем содержании низкомолекулярных соединений в первом гидролизате. Инверсию проводили в течение 2,5 ч. Количественно редуцирующие вещества определяли по методу Бертрана [2]. Количество редуцирующих в растворе, полученном обычным способом, составило 42,3%. В растворе, полученном при гидролизе в условиях электрохимического воздействия, содержание редуцирующих повысилось и составило 52,9%.

Таким образом, гидролиз сосновых опилок в растворе 72%-ной серной кислоты в условиях электрохимического воздействия проходит с большей скоростью и степенью вследствие воздействия перекиси водорода.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гиллер-Бомбин О. К.—«Лесопромышленный вестник», 1899. № 17, с. 217—220. [2]. Емельянова И. З. Химико-технологический контроль гидролизного производства. М., «Лесная промышленность», 1969. [3]. Никитин Н. И. Химия древесины. М., Изд. АН СССР, 1951. [4]. Роговин З. А., Кондрашук Л., Малахов Р.—ЖПХ, 23, 1950, с. 418. [5]. Стендер В. В.—Прикладная химия. Харьков. Изд. Харьковского университета, 1961. [6]. Фогель Н.—Продолжение технического журнала, 7, ч. 3, 1822, с. 37—43.

УДК 674.048

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, СНИЖАЮЩИХ ВЫСАЛИВАНИЕ АНТИПИРЕНОВ

С. Н. ГОРШИН, Н. А. МАКСИМЕНКО

Сенежская лаборатория консервирования древесины ЦНИИМОД

Авторами изучены различные факторы, могущие снизить высаливание антипиренов, применительно к условиям защиты уникальных деревянных построек. В результате проведения исследований установлено, что интенсивность высаливания антипиренов зависит от скорости сушки древесины: чем она выше, тем больше высаливание; высаливание может быть снижено обработкой просушенной и очищенной от соли древесины раствором ГКЖ в уайтспирите.

В случае пропитки древесины антипиренами часть соли при сушке пропитанного материала выступает на его поверхности (первичное высаливание) в виде светлых кристаллических налетов. Такие налеты можно удалить с конструкции щетками, но при следующем цикле «увлажнение — просыхание», обычно происходящем на наружных сторонах сооружений, налеты снова появляются (вторичное высаливание). Это явление — один из недостатков пропитки древесины водорастворимыми защитными средствами. Оно не только ухудшает внешний вид обрабатываемых конструкций, но при смывании высолов дождем ведет к снижению их защищенности. При пропитке деталей новых построек и изделий наличие соли на их поверхности затрудняет склейку и покраску деталей. Весьма неблагоприятно появление солевых налетов на деревянных памятниках истории и культуры, которые часто обрабатываются антисептиками, антипиренами или комплексными препаратами. Явление высаливания выражено сильнее при обработке антипиренами потому, что они обычно вводятся в количестве 5—10 раз больше, чем антисептики.

Нами изучены различные факторы, снижающие высаливание как при первом просушивании, которое может быть единственным для внутренних конструкций, так и при последующих циклах увлажнения и сушки, которые характерны для открытых конструкций.

Опыт был проведен применительно к условиям защиты уникальных деревянных объектов на образцах, выколотых (с сохранением наружного слоя) из древесины сосны различной степени разрушенности. Брели следующие типы древесины: I — древесина здоровая, с незначительной синевой; II — с синевой и ковровой гнилью*; III — с ковровой гнилью; IV — с бурой гнилью.

Образцы пропитывали до насыщения вымачиванием в 20%-ном растворе препарата СД (сульфат аммония + диаммонийфосфат = 1 : 1). Чистое поглощение соли для древесины I типа — 44 кг/м³; II — 70; III — 80; IV типа — 86 кг/м³. Такие поглощения типичны для защиты древесины указанных типов от возгорания.

Одну часть образцов просушивали в открытом виде при температурах 5, 10 и 25°C или при 25°C, но с покрытием поверхности различными материалами, или после дополнительной обработки в сыром виде различными химическими веществами, наносимыми за три раза с общим расходом 200 г/м². После просушивания образцов изучали и оценивали первичное высаливание.

Другую часть образцов после открытой сушки при 25°C и очистки поверхности от налетов соли обрабатывали троекратно при помощи кисти растворами специальных химических веществ, предположительно могущих понизить высаливание. После отверждения таких покрытий образцы подвергали увлажнению с помощью мокрой панели из бязи в течение 30 мин. После следующего высушивания образцов оценивали вторичное высаливание.

* Гниль, вызываемая грибами синевы, а также *Peniophora gigantea* (Fr).
Mass. *Corticium* sp. и др.

В связи с тем, что измерение количества соли, выступившей на поверхности, представляет определенные трудности, авторы ограничились следующей классификацией высолов по интенсивности: I — сильное высаливание, сплошное, в виде белой корки; II — умеренное высаливание, неравномерное, с просветами древесины; III — слабое высаливание в виде мелких блестящих кристаллов, с хорошо просматриваемой текстурой древесины; IV — без высаливания.

Результаты опыта приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Высаливание антипиренов на поверхности старой древесины
в зависимости от ряда воздействующих факторов**

Исследованные варианты условий сушки	Высаливание вне зависимости от типа древесины
Сушка при 5°C » » 10°C » » 25°C	Слабое Умеренное Сильное
Замедленная сушка при покрытии поверхности полиэтиленовой пленкой *	Без высаливания
Сушка с плотно наложенной на сырую древесину мокрой фильтровальной бумагой	» »
Сушка после обработки сырой древесины 15%-ным раствором ГКЖ в уайтспирите	Сильное
Повторная сушка после освобождения от высолов, обработки 15%-ным раствором ГКЖ в уайтспирите и второго увлажнения	Без высаливания
Сушка после обработки сырой древесины 15%-ным раствором лака К-55 в уайтспирите	Сильное
Повторная сушка после освобождения от высолов, обработки 15%-ным раствором лака К-55 в уайтспирите и второго увлажнения	»
Сушка после обработки сырой древесины 15%-ным раствором петролатума в уайтспирите	»
Повторная сушка после освобождения от высолов, обработки 15%-ным раствором петролатума в уайтспирите и второго увлажнения	»

* В этом и во всех остальных случаях температура 25°C.

Уже в ходе опыта было установлено, что существенной зависимости между типом древесины, характером и степенью высаливания не наблюдается, а интенсивность высаливания зависит главным образом от скорости просыхания.

Если пропитанную древесину сушить быстро, то на ее поверхности возникают сильные высолы (рис. 1, а). По мере понижения скорости сушки, обеспечиваемой различными методами, уменьшается и высаливание. Так например, при сушке при 5°C высаливание слабое, при 10°C — умеренное, при 25°C — сильное. Если еще мокрую древесину плотно прикрыть полиэтиленовой пленкой, то и при 25°C она просыхает медленнее и высолов на ее поверхности не появится (рис. 1, б, в).

Было установлено, что высаливания не наблюдается и в случае, когда еще сырую древесину перед сушкой плотно обертывают смоченной фильтровальной бумагой (рис. 1, г, д), так как поверхностью испарения является бумага, на которой и появляются высолы.

Обработка мокрой поверхности сразу после пропитки, а также высушенной после ее чистки 15%-ными растворами лака К-55 и петролатума в уайтспирите не дает положительных результатов. Отрицательные результаты получаются и при обработке сырой поверхности раствором ГКЖ. Однако весьма положительно влияет обработка просушенной и очищенной от соли древесины раствором ГКЖ (рис. 1, е). В этом случае после второго цикла «увлажнение — сушка» высаливания не наблюдается.

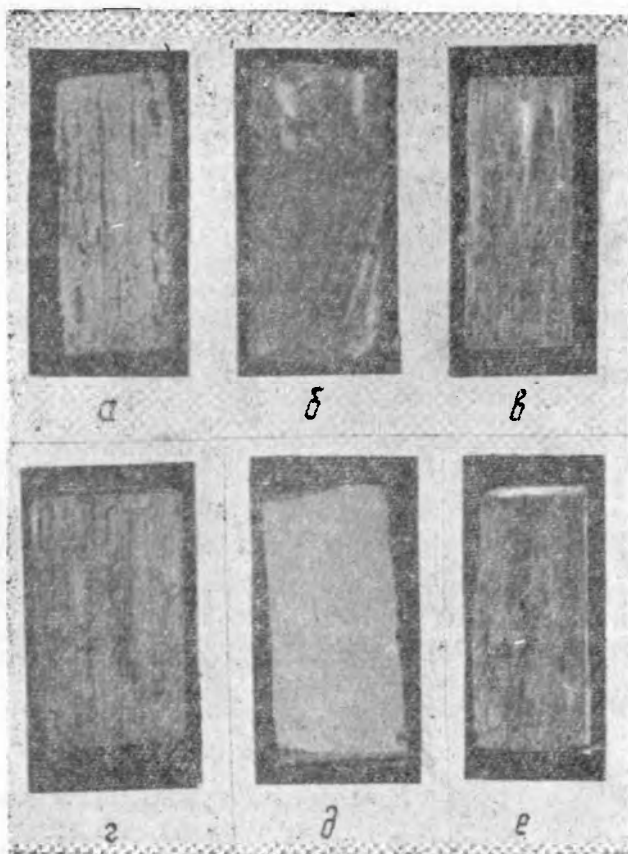


Рис. 1. Степень высаливания антипиренов на поверхности старой пропитанной ими древесины при ее сушке.

а — быстрой при температуре 20°C; *б, в* — под полиэтиленовой пленкой (образцы до и после снятия пленки); *г, д* — при плотной накладке на сырую поверхность мокрой фильтровальной бумаги (образцы до и после снятия бумаги); *е* — после обработки просушенной и очищенной от соли поверхности раствором ГКЖ в уайтспирите и вторичного цикла «увлажнение — сушка».

УДК 634.0.813.13

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОТБЕЛКА СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

В. Д. ДАВИДОВ, В. А. ДЕМИН, Б. Д. БОГОМОЛОВ

Архангельский лесотехнический институт, Коми филиал АН СССР

Изучено влияние условий электрохимической отбелки (анодной плотности тока, рН и температуры) на физико-механические свойства целлюлозы. Показано, что в исследованных условиях можно значительно повысить белизну сульфатной целлюлозы (от 32 до 73,9%) при незначительном окислении и деструкции полисахаридов.

Отбелка целлюлозы — сложный многоступенчатый процесс, в котором в большинстве случаев основная делигнификация осуществляется путем хлорирования небеленой целлюлозы и последующей щелочной экстракции хлорлигнина. Сточные воды после ступени щелочения сульфатной целлюлозы содержат значительные количества окра-

шенных веществ и ряд токсичных соединений (тетрахлор-о-бензохинон, хлорокатехолы) [2], способствующих отравлению водоемов. Обработка целлюлозы на первой ступени отбелики совместно двуокисью хлора и хлором позволяет лишь частично снизить степень загрязненности сточных вод после отбелики [3].

Наиболее перспективный и позволяющий исключить стадию хлорирования при отбелике кислородно-щелочной способ может служить лишь в качестве одной из ступеней отбелики, добелика при этом осуществляется с использованием других веществ, так как ни один из существующих белящих реагентов не обеспечивает возможности получения в одну ступень целлюлозы с физико-механическими показателями и белизной, необходимыми по ГОСТу.

Применяемые для отбелики гипохлорит и двуокись хлора, окисляя лигнин, не образуют токсичных для рыб хлоропроизводных [2]. Обычная гипохлоритная отбелика обладает рядом недостатков [1] и постепенно теряет свои позиции в производстве беленой целлюлозы, однако заслуживает внимания тот факт, что сточные воды после гипохлоритной ступени окрашены незначительно.

Настоящая работа посвящена выяснению возможности применения электрохимической отбелики сульфатной целлюлозы в качестве первой ступени отбелики. Отбелика при этом происходит непосредственно в электролизере продуктами электролиза раствора хлористого натрия. Основной белящий реагент — гипохлорит натрия, образующийся при бездиафрагменном электролизе водного раствора поваренной соли. Выделяющийся на катоде водород в результате перемешивания массы барботируется через нее.

Исследовали влияние некоторых параметров электрохимической отбелики (анодная плотность тока, рН, температура) на химические и физико-механические свойства целлюлозы.

Экспериментальная часть

Отбелике подвергали хвойную сульфатную целлюлозу Сыктывкарского ЛПК со следующими показателями: жесткость 106°Бе; содержание α -целлюлозы 90,0%, карбоксиллов 0,026%, карбониллов 0,029%; белизна 32%. Навеску воздушносухой целлюлозы (10 г) помещали в электролизер, туда же заливали 3%-ный раствор хлористого натрия. Концентрация массы 1,75%, начальное значение рН = 6,45. После 20-минутного перемешивания начинали электролиз (отбелику), не выключая мешалку электролизера (анод выполнен из платины, катод — из железа). По окончании отбелики целлюлозу быстро отделяли от отбеленного раствора, промывали водой и подвергали кислотке в течение 1 ч (расход HCl — 1% к весу волокна, температура 20°C, концентрация массы 4%). Затем целлюлозу снова промывали и высушивали.

Беленую целлюлозу анализировали на содержание α -целлюлозы, карбонильных и карбоксильных групп, определяли выход и белизну. В отбеленном растворе определяли количество гипохлорита (по активному хлору) и величину рН.

Были проведены три серии опытов, в которых исследовали влияние температуры на отбелику целлюлозы (I серия), влияние анодной плотности тока (II) и зависимость физико-механических показателей целлюлозы от температуры отбелики (III).

Обсуждение результатов

Электрохимическая отбелика позволяет поддерживать рН на определенном уровне и не сопровождается его снижением к концу процесса (рис. 1), как это происходит при обычной гипохлоритной отбелике, что приводит к деструкции целлюлозы [1]. При постоянной плотности тока с повышением температуры отбелики конечное значение рН отбеленного раствора снижается. Это связано с ускорением расхода гипохлорита на отбелику при постоянной скорости его образования и с накоплением кислых продуктов; образующихся в результате окисления лигнина и полисахаридов (рис. 2).

Выход беленой целлюлозы и содержание в ней α -целлюлозы в зависимости от температуры отбелики приведены на рис. 3 (анодная плотность тока 0,065 А/см², продолжительность отбелики 1 ч).

Сопоставив результаты исследований (рис. 2 и 3), видим, что выход беленой целлюлозы и содержание в ней α -целлюлозы зависят от конечного значения рН, которое в свою очередь зависит от температуры проведения процесса. При повышении температуры от 25 до 38°C содержание α -целлюлозы уменьшается незначительно (от 85,4 до 81,6%), при дальнейшем увеличении температуры ее количество резко падает (до 37% при 70°C).

С ростом температуры отбелики при одновременном снижении рН повышается содержание карбонильных и карбоксильных групп. При повышении температуры выше 50°C наблюдается резкое увеличение содержания карбонильных групп, причем в этой же области температур содержание α -целлюлозы уменьшается (рис. 3 и 4) и рН

Рис. 1. Содержание активного хлора и pH отбелного раствора в зависимости от продолжительности отбелки (анодная плотность тока 0,065 А/см², температура 25°C).

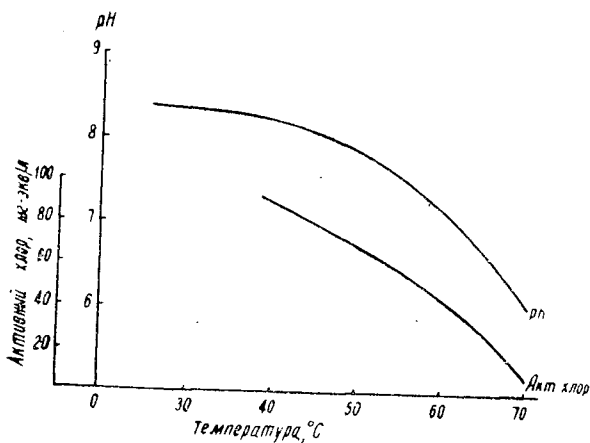
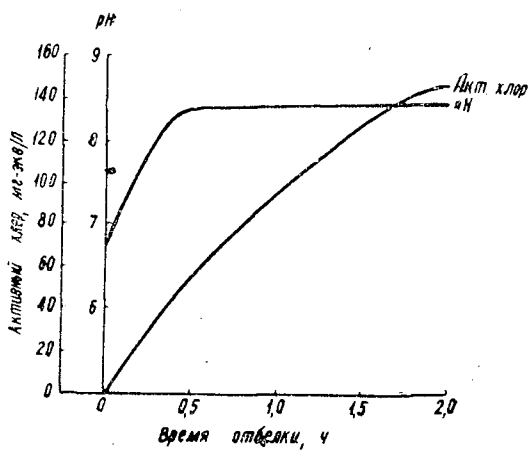


Рис. 2. Содержание активного хлора и pH отбелного раствора в зависимости от температуры (анодная плотность тока 0,065 А/см², продолжительность отбелки 1 ч.).

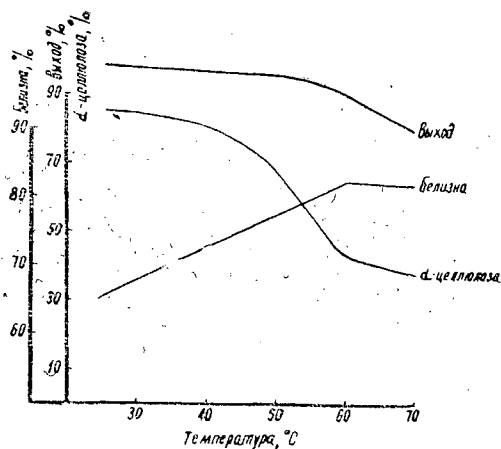


Рис. 3.

падает (рис. 2). Количество карбоксильных групп при температуре около 40°C повышается, а при температурах выше 60°C — уменьшается, что объясняется падением рН до 7 и ниже (рис. 4 и 2).

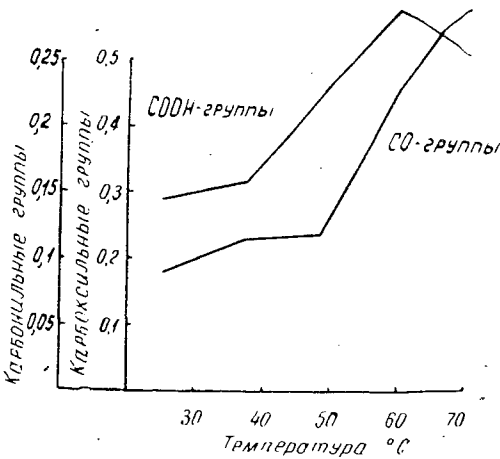


Рис. 4. Содержание карбонильных и карбоксильных групп в зависимости от температуры (анодная плотность тока 0,065 А/см², продолжительность отбелки 1 ч).

Белизна целлюлозы равномерно увеличивается от 65 до 82% с ростом температуры до 60°C, при дальнейшем повышении температуры белизна не улучшается (рис. 3).

Рис. 5. Содержание активного хлора в зависимости от анодной плотности тока (температура отбелки 40°C, продолжительность 1 ч).

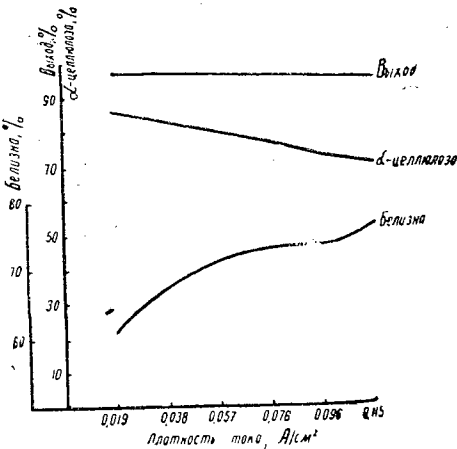
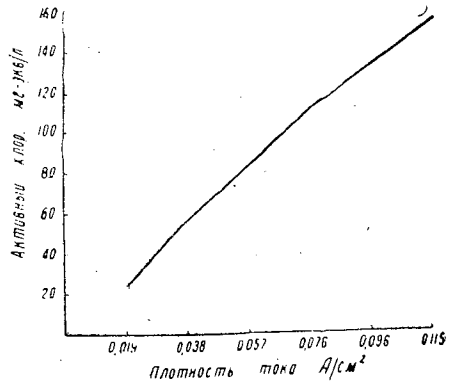


Рис. 6. Выход, белизна и содержание α-целлюлозы в зависимости от анодной плотности тока (температура 40°C, продолжительность 1 ч).

Рис. 7. Содержание карбонильных и карбоксильных групп в зависимости от анодной плотности тока (температура 40°C, продолжительность 1 ч).

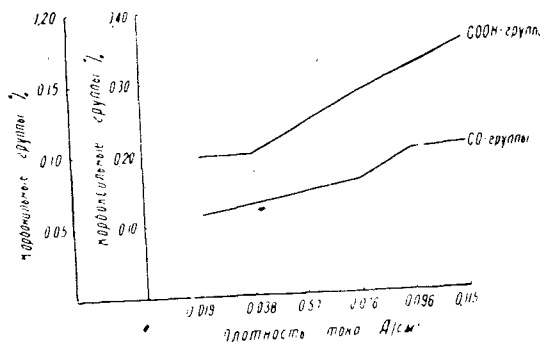


Таблица 1

Влияние температуры электрохимической отбелки при плотности тока 0,057 А/см² и продолжительности процесса 1,5 ч) на химические свойства и физико-механические показатели беленой целлюлозы

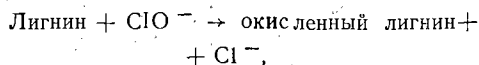
Условия опыта		Характеристика беленой целлюлозы								
температура °С	рН	Активный хлор, г экв/л	Выход, %	Жесткость, °Бэ	α-целлюлоза, %	Время размола до 60 ШР, мин	Разрывная длина, м	Сопротивление излому, ч. дв. п.	Сопротивление раздиранию, гс	Белизна, %
25	8,6	0,115	96,1	40	84,2	52	4980	2211	116	67,8
37,5	8,3	0,104	95,4	32	78,0	27	5240	168	72	73,9
50	7,6	0,077	91,5	28	46,5	2	1560	0	34	81,6

Количество гипохлорита, образующегося в растворе, можно регулировать, изменяя анодную плотность тока (рис. 5), и таким образом замедлять или ускорять процесс отбелки (рис. 6). При этом с увеличением плотности тока при незначительном уменьшении выхода беленой целлюлозы наблюдается понижение содержания α-целлюлозы (при увеличении плотности тока от 0,019 до 0,115 А/см² количество α-целлюлозы уменьшается от 86,1 до 70%). Содержание карбонильных групп с увеличением плотности тока повышается незначительно, в то же время наблюдается быстрый рост количества карбоксильных групп (рис. 7), что указывает на более глубокое окисление полисахаридов.

Условия электрохимической отбелки оказывают влияние и на физико-механические показатели беленой целлюлозы (табл. 1). С увеличением температуры процесса сокращается время, необходимое для размола целлюлозы до 60°ШР, уменьшается разрывная длина, сопротивление излому и раздирание. Лучшие физико-механические показатели имела целлюлоза, отбеленная при 25°C до жесткости 40°Бэ.

Приведенные результаты предварительных исследований показали, что при электрохимической отбелке можно легко регулировать количество гипохлорита в растворе и соответственно получать беленую целлюлозу с определенными свойствами. При этом белизну можно повысить на 35% при содержании α-целлюлозы около 84% (табл. 1).

Поскольку окисление лигнина идет по схеме



расход NaCl незначителен. Например, при проведении процесса при плотности тока $0,019 \text{ А/см}^2$, температуре 40°C и времени обработки 2 ч расход NaCl составляет $0,07 \text{ г/г}$ небеленой целлюлозы. Расход электроэнергии при этих же условиях отбелики составляет 1 Вт/г небеленой целлюлозы.

При проведении электрохимической отбелики на катоде выделяется водород, который может взаимодействовать с целлюлозой. Вероятно, вследствие этого беленая целлюлоза имеет стабильную белизну, которая в течение двух лет почти не изменилась. Например, если сразу после отбелики белизна равнялась 67,8; 73,9 и 81,6%, то через два года она составляла соответственно 66,2%, 73,0 и 80,4.

Таким образом, нами показано, что при проведении электрохимической отбелики в мягких условиях можно значительно повысить белизну целлюлозы при слабом окислении и деструкции полисахаридов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Непенин Ю. Н. Технология целлюлозы. М., Гослесбумиздат, 1963, с. 665.
 [2]. Das B. S., Reid S. C., Betts I. L., Patric K. Tetrachloro-o-benzoquinone as component in bleaching kraft chlorination effluent toxic to young salmon. — «Pulp. and Pap. Mag. Can.», 1972, с. 73, 10, 65. [3]. Stevens C. F. B. Bleaching men preach purity. — «Pulp. and Pap. Mag. Can.», 1973, с. 74, 7, 53—54, 56.

УДК 62-52

УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СОРТИРОВКИ КЛАССИФИКАЦИЯ НЕКОТОРЫХ СИСТЕМ

А. М. КИЛЯКОВ

СевНИИП

Дана классификация, указаны характерные особенности и области преимущественного применения различных вариантов систем управления процессом сортировки, имеющих датчики контроля за положением лесоматериалов на транспортере.

Вопросы классификации систем управления процессом сортировки рассмотрены в работах [1]—[3], [6]. В настоящей статье приведены данные по определению места и области применения тех систем, которые характеризуются наличием в них датчиков, выявляющих ординату положения лесоматериала на транспортере. Эти датчики обычно расположены в створе с задним торцом пачки лесоматериалов, формируемой в данном кармане-накопителе. Системы с таким принципом получения информации непосредственно по положению сортируемого груза автором названы системами непосредственного моделирования (СНМ), в отличие от систем косвенного моделирования, в которых информацию получают по времени или углу поворота туера транспортера.

Каждому датчику в СНМ соответствует определенная ячейка. В общем случае ячейка может содержать n кодовых групп элементов памяти; каждая из групп в течение некоторого времени хранит код одного адреса. Величина n определяется максимальным количеством сортиментов, которые могут находиться в зоне датчика (под зоной подразумевается расстояние между данным датчиком и впереди расположенным смежным). Для продольных сортировочных устройств величина $n=1 \div 3$, для поперечных $n=3 \div 4$. Случай $n>4$ может встретиться, например, при решении задачи совмещения функций операторов узлов раскрывки и сортировки, когда эти узлы сильно разобцены.

Один из вариантов СНМ для случая $n=2$ представлен на рис. 1. На этом рисунке введены следующие обозначения:

РД — реле датчика;

P_1 — выходное реле одной ячейки системы в другую;

P_2 — выходное реле ячейки, преобразующее двоичный код адреса в сигнал сбрасывателю;

1РК, 2РК — группы реле кодов, предназначенные для хранения двух транзитных команд;

P_3 — реле, определяющее кодовую группу для хранения очередной транзитной команды и сдвигающее вторую команду с группы 2РК на группу 1РК после переноса первой команды в следующую ячейку.

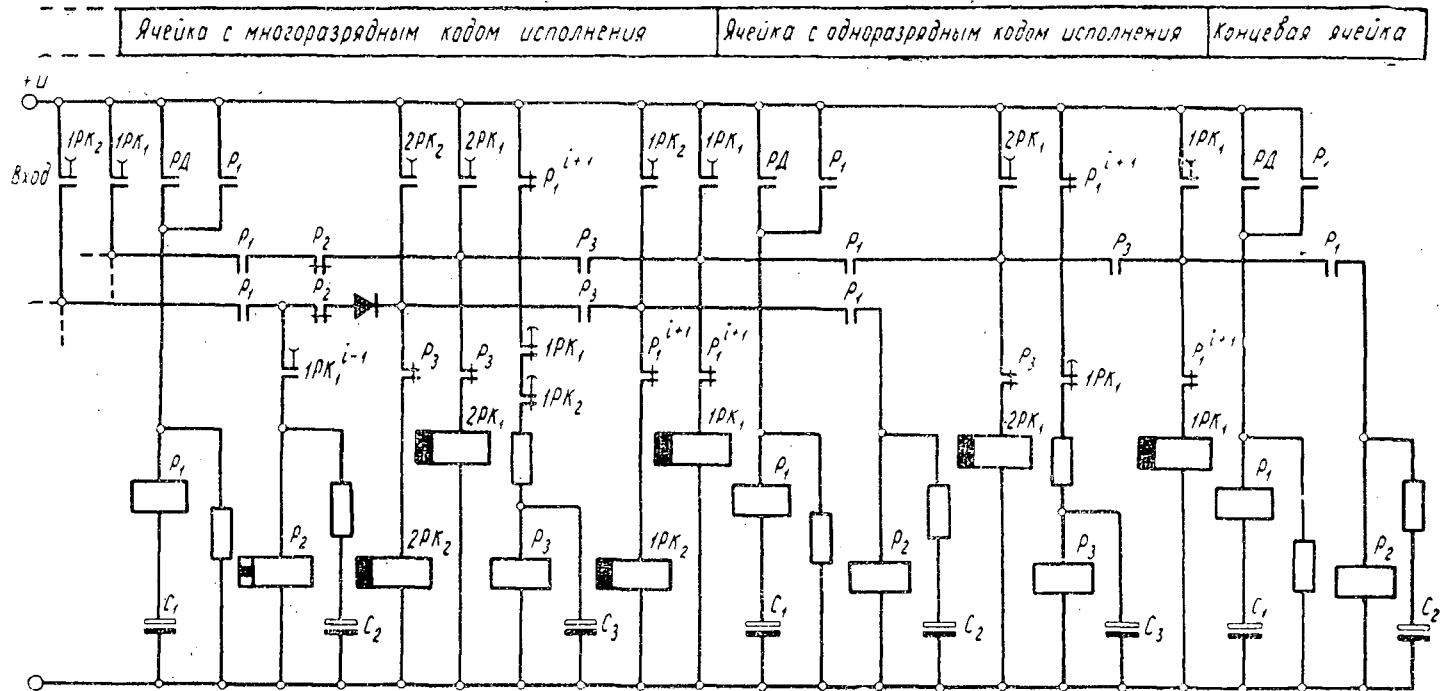


Рис. 1. Принципиальная схема релейной системы управления процессом сброски лесоматериалов в три последних кармана сортировочного устройства.

В принципе, как известно, адреса сброски лесоматериалов можно задавать в десятичном коде. В этом случае уменьшается количество срабатываний элементов системы по сравнению с тем случаем, когда применяются двоичный код. Однако десятичный код в гораздо большей степени увеличивает число элементов памяти системы, чем уменьшает количество срабатываний. К тому же следует иметь в виду, что увеличение числа срабатываний можно свести к минимуму путем присвоения двоичных кодов, содержащих минимум единиц, наиболее часто встречающимся в потоке сортиментам.

В зависимости от способа прохождения команд в системе, количества кодов исполнения на ячейку и количества функций, выполняемых системой, множество СНМ можно подразделить на три ступени, согласно схеме классификации (рис. 2).

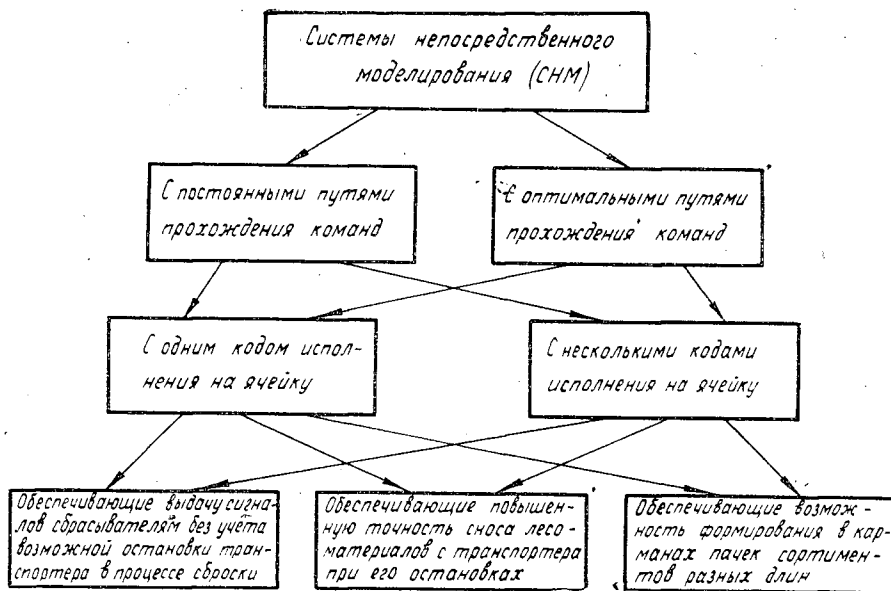


Рис. 2. Схема классификации систем непосредственного моделирования

В системах с постоянными путями прохождения команд число кодовых групп, принимающих участие в передаче i -того кода, определяется только адресом сортимента и не зависит от плотности потока лесоматериалов. Эти системы характеризуются увеличенным числом срабатываний элементов и сравнительно высоким быстродействием. Систему с постоянными путями прохождения команд можно построить, например, по схеме рис. 1 работы [4], исключив из схемы контакты реле блокировки и непосредственно связанные с ними замыкающие контакты реле P_2 . Благодаря быстродействию такие системы предпочтительны при больших значениях n .

В случае $n > 1$ из множества СНМ следует выделить группу систем с оптимальными путями прохождения команд (рис. 1). Системы данной группы характеризуются тем, что при неплотных потоках лесоматериалов часть кодовых групп из работы автоматически исключается. Это уменьшает число срабатываний элементов и делает систему более живучей. Последнее объясняется тем, что при недостаточно плотном потоке лесоматериалов система остается в принципе работоспособной даже тогда, когда по какой-то причине не могут срабатывать все кодовые группы, кроме первой. Недостаток систем с оптимальными путями прохождения команд — их повышенная инерционность.

В зависимости от назначения каждая из СНМ может иметь один или несколько кодов исполнения на ячейку. Действующие автоматизированные сортировочные устройства чаще всего имеют один такой код. Однако для управления сортировочным устройством двухстороннего действия ячейка системы должна содержать два кода исполнения. В принципе можно представить себе сортировочное устройство, в котором, необходимое число кодов исполнения в ячейке больше двух.

Одна из систем с двумя кодами исполнения на ячейку представлена в работе [5] и относится к группе систем с оптимальными путями прохождения команд.

Степень сложности и надежность систем управления существенно зависят от количества выполняемых ими функций. Системы, выполняющие некоторые дополнительные функции, отражены в последней ступени схемы классификации.

Системы, обеспечивающие повышенную точность сноса лесоматериалов с транспортера при его остановках, имеют в своем составе элементы блокировки, которые исключают возможность сброски лесоматериала после определенного снижения скорости при отключении транспортера. Один вариант системы с блокировкой представлен в работе [4] (рис. 1).

Системы, обеспечивающие возможность формирования в карманах-накопителях пачек сортиментов разных длин, содержат элементы блокировки и реле времени с изменяемой выдержкой на срабатывание. Когда в данном кармане формируют пачку сортиментов большой длины, то выдержку устанавливают равной нулю. При уменьшении длины выдержку увеличивают. Одна из систем с такими возможностями управления представлена в работе [3] (рис. 16) и относится к группе систем с оптимальными путями прохождения команд.

Помимо разного числа n , любая из рассмотренных систем может иметь различное исполнение, начиная от механического и кончая бесконтактным. Для бесконтактного исполнения наиболее удобны системы с постоянными путями прохождения команд.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вильке Г. А. Автоматизация производственных процессов лесопромышленных предприятий. «Лесная промышленность», 1972. [2]. Запольский Б. А., Серов Б. В. Цифровая вычислительная техника для автоматизации лесопромышленных предприятий. «Лесная промышленность», 1966. [3]. Киялков А. М. Элементы автоматики на лесных складах (Из опыта Верховского леспромхоза). «Лесная промышленность», 1967. [4]. Киялков А. М. О пределах упрощения моделирующих систем управления процессом сортировки.— ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 6. [5]. Киялков А. М. Об особенностях автоматизации двухсторонних сортировочных устройств.— ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 5, [6]. Штольцер Н. Г. Автоматическое управление сортировками. «Лесная промышленность», 1969.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 634.0.902 (477)

КНИГА О ЛЕСАХ УКРАИНЫ

Издательство «Лесная промышленность» в 1975 г. выпустило в свет новую книгу доктора сельскохозяйственных наук С. А. Генсирука «Леса Украины».

Монография посвящена различным аспектам проблемы ведения лесного хозяйства и охраны лесов на территории Украинской ССР. Она является первой сводкой разрозненных материалов о лесах этого крупного и своеобразного географического района.

В книге широко освещены вопросы эволюции лесов и лесистости Украины. На основе анализа архивных документов и результатов специальных исследований автор восстановил картину распространения и состава лесов от первого тысячелетия до наших дней. Приведенные сведения весьма интересны как для специалистов лесного хозяйства, так и для самого широкого круга читателей. Они убеждают в том, что человеческое общество в процессе развития оказало большое влияние на ландшафты юго-запада нашей страны и что в условиях социализма ему порислены задачи крупномасштабного целенаправленного преобразования природы.

Большое место в монографии отведено вопросам современного состояния и рационального использования лесных богатств, их восстановлению и повышению продуктивности, защитным водоохраным и оздоровительным функциям леса. Достаточно подробно рассмотрены особенности биологии и экологии леса, типологическая характеристика лесов, лесокультурное дело, способы рубок леса, комплексное районирование лесной территории, прогнозирование лесных ресурсов и перспективы лесопользования. Приводятся научные основы ухода за лесом, реконструкции малоценных лесных насаждений, пути и методы создания защитных и агрономических лесонасаждений.

Занимая позицию комплексного подхода к лесным объектам, С. А. Генсирук уделяет много внимания средообразующей и социальной функциям лесов. Автор приводит убедительные доказательства большой роли лесов в сохранении природной среды, поддержании ими естественного состояния биосферы и экологического равновесия на планете. Дается оценка и приводятся наглядные примеры рекреационного, культурно-эстетического и санитарно-гигиенического значения лесов.

Широта затронутых вопросов, объем фактического материала и глубина анализа теории и практики лесоводства свидетельствуют о фундаментальности исследований, о многолетних и успешных поисках, проведенных автором книги.

Книга «Леса Украины» несомненно является значительным вкладом в лесную науку и послужит ценным пособием для специалистов лесного дела.

Н. И. Казимиров

Институт леса КФ АН СССР.

УДК 634.0.81

НАУКА О ДРЕВЕСИНЕ*

Выход в свет монографии Ф. Кшисека «Древесиноведение» — значительное явление не только для польской лесной науки. Эта книга, представляющая собой оригинальный труд и вместе с тем сводку знаний о дереве и древесине, безусловно, привлечет внимание не только древесиноведов, но и широкого круга специалистов разных стран, интересующихся проблемами изучения, переработки и рационального использования древесного сырья. По сравнению с монографией того же названия, опубликованной Ф. Кшисеком в 1957 г., данная монография во многом обновлена, дополнена актуальными материалами, то есть представляет собой новый труд. Как сказано в аннотации к этой книге, приводимые в ней сведения о древесине отвечают потребностям высшего образования, практике лесного хозяйства и промышленного использования древесного сырья.

Рецензируемая монография — результат многолетних исследований большого коллектива сотрудников, возглавляемого Ф. Кшисеком, а также его личных работ и обобщений. Ф. Кшисеку принадлежит основная часть книги, отдельные главы написали А. М. Коженевский, Б. Гонет, В. Дзбеньский; в работе над монографией принимали участие Я. Доминик, Я. Коцонь, А. О. Корчевский, А. Кшистик, М. Матеяк, Я. Шмит и С. Вальтер.

Монография включает следующие главы: 1) вступительные замечания; 2) строение дерева и древесины; 3) пороки древесины; 4) ростовые напряжения в древесине; 5) стойкость древесины; 6) физические свойства древесины; 7) механические свойства древесины; 8) методы сбора исследовательского материала и обработка результатов; 9) методы исследования без разрушения древесины.

В конце каждой главы дан список специальной литературы, изданной в Польше и других странах Европы, США, Японии. В книге использованы также материалы исследований советских ученых: С. И. Ванина, Л. М. Перельгина, В. Е. Вихрова, И. Н. Никитина, А. Т. Вакина, В. К. Лакатоша, В. А. Баженова и др.

Во вступительной главе приведены определения понятий о древесине и древесном сырье; дан краткий очерк использования древесины в прошлом; характеризуются запасы древесины в Польше и во всем мире и основные направления ее применения и переработки.

Во второй главе рассматривается морфология дерева и его частей, даны понятия о полнодревесности, сбежистости, образующей древесного ствола. На наш взгляд, здесь, пожалуй, следовало бы сказать и о таксационных показателях (коэффициент формы и видовой число), характеризующих форму древесного ствола.

При характеристике макроскопического строения древесины подробно рассматриваются сердцевина и вторичная древесина, годичные слои, ранняя и поздняя древесина, ядро и заболонь, их размещение по стволу, процесс ядрообразования, влажность и технические качества ядровой и заболонной древесины, ложное ядро и причины его возникновения. Обширный раздел посвящен микроскопическому строению древесины, анатомическому строению и функциям различных тканей и элементов древесины, деятельности камбия. В книге, в отличие от многих руководств по древесиноведению, помимо общих сведений, о строении и функции коры, дано понятие о формовом разнообразии ее, морфологии в пределах вида. Мы полагаем, что на специфические особенности строения коры и древесины в пределах вида необходимо обращать внимание, так как они зачастую характеризуют не только внутривидовые биологические и экологические формы древесных пород, но и их технические качества.

Специальные разделы посвящены субмикроскопическому строению древесины, микеллярной структуре целлюлозы, а также рентгеноскопическому исследованию древесины. Подробно описаны химический состав древесины, строение и состав целлюлозы, лигнина и гемицеллюлозы, запасные вещества и продукты выделения, кислотность (рН) древесины разных пород. В разделе «Коррозия древесины» помещены данные о стойкости ее к действию кислот и оснований.

В первых двух разделах третьей главы описаны дефекты формы ствола и строения древесины, обусловленные особенностями роста и развития дерева (кривизна, сбежистость, сучковатость, нерегулярность слонстости древесины и пр.), приведены способы определения параметров этих пороков, влияние их на качество продукции.

* Krzysik F. Nauka o drewnie. Państwowe wydawnictwo naukowe. Warszawa, 1975, 654 с., 402 рис., 122 табл. с приложениями.

Три следующих раздела содержат сведения о пороках и изменениях древесины, вызываемых грибами и насекомыми. Описаны виды гнилей, их размещение, локализация и динамика распространения в стволе, влияние на технические, химические, физические и механические свойства и качество древесины. Столь же обстоятельно характеризуются энтомоповреждения, которые дифференцируются на поверхностные, мелкие и глубокие (по глубине радиального проникновения), большие и малые (по диаметру ходов), отдельно для хвойных и лиственных пород и обработанной древесины, но указаны также их возбудители и во многих случаях причины, вызывающие их распространение и активность. По нашему мнению, не лишним было бы подробнее указать на зависимость пораженности насаждений от условий произрастания и возраста.

Следующие четыре раздела главы третьей касаются пороков, вызываемых внешними абиотическими факторами (морозобоины и иные факторы растрескивания древесины), механическими повреждениями (отшмыги, затески и другие поражения), а также скоплениями в локальных местах живицы и воды.

Все пороки ствола и древесины систематизированы (табл. 18). Выделено 10 групп пороков, которые дифференцируются на 49 видов и ряд разновидностей. Книга богато иллюстрирована, только в третьей главе помещено 135 рисунков, в том числе 114 оригинальных, отлично выполненных фотографий.

В четвертой главе дано понятие о ростовых напряжениях (продольных и поперечных), существующих в различных частях древесины ствола и приводящих после рубки и распиловки к различным деформациям.

В пятой главе рассматривается устойчивость древесины, которая ставится в зависимость от биологических особенностей вида, структурных частей древесины, ее химического состава, условий хранения.

Половину объема книги занимают шестая и седьмая главы, характеризующие соответственно физические и механические свойства древесины. При характеристике физических свойств использована, в основном, классификация С. И. Ванина и Л. М. Перельгина. После краткого описания внешних качеств древесины (окраска, яркость, рисунок, запах) пять разделов шестой главы посвящены описанию влажности древесины, гигроскопическим свойствам, насыщенности и проницаемости, набуханию и усушке. В остальных разделах описаны свойства, связанные с удельным весом и плотностью древесины, тепловые и акустические свойства, влияние некоторых физических явлений (лучей Рентгена, ультрафиолетовых лучей, газового состава воздушной среды). Приведены четкие характеристики каждой группы свойств и отдельных свойств, формулы определений и расчетов, динамика и зависимость качеств от тех или иных состояний древесины, сравнительная оценка древесины разных пород.

В главе о механических свойствах древесины приведены основные понятия стереомеханики, описаны машины и механизмы для испытания древесины на прочность, дана подробная характеристика всех целевых испытаний древесины. В конце главы приведен перечень польских норм (государственных стандартов) на физические и механические свойства древесины. Мы считаем, что не лишне было бы дать специальный раздел о зависимости механических свойств от типов леса и условий произрастания.

В восьмой главе обобщены методы сбора и обработки материалов, имеются разделы об организации полевых исследований, о применении статистических методов обработки данных.

В конце книги дан обзор методов исследования физических и механических свойств и выявления дефектов древесины без ее разрушения.

В приложениях приведены обобщающие таблицы «Важнейшие древесные породы и их использование» (в которых описаны диагностические, микроскопические и важнейшие технические признаки древесины) и «Физические и механические свойства важнейших древесных видов при 15% влажности древесины» с характеристикой 18 основных показателей.

Достоинства рецензируемой монографии безусловны.

Н. И. Федоров

Белорусский технологический институт.

В. С. Гельтман

Институт экспериментальной ботаники АН СССР

УДК 634.0.6

ИНТЕРЕСНАЯ КНИГА*

Лесозономическая литература пополнилась новой интересной работой по экономике лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности, написанной сотрудниками НИИ лесного хозяйства Венгерской Народной республики. В 16 разделах освещаются основные вопросы экономики лесных отраслей страны.

Лесистость Венгрии составляет немногим более 13% (по отдельным районам от 3,3 до 31%). Леса представлены преимущественно лиственными породами, среди которых основное место занимают дуб и акация белая. Свыше половины всех площадей лесокультурного фонда облесяется искусственным путем.

Лесное хозяйство и первичная деревообработка находятся в ведении Министерства лесного хозяйства и пищевой промышленности. В общем объеме общественного продукта Венгрии на лесные отрасли приходится 3,1%, они дают 2,9% национального дохода и 1,7% всего экспорта страны.

В Венгрии все леса имеют денежную оценку. Общая стоимость корневых запасов оценивается в 44 млрд. форинтов, средняя стоимость 1 га — 36 тыс. форинтов, на 1 м³ запаса приходится 266 форинтов.

По расчетам авторов, в перспективе для целей лесозаготовки будет использоваться 70% лесов страны, для отдыха и охоты — 20%, для противоэрозионных, водоохраных и других защитных целей — 10%.

Не безынтересен для наших читателей и тот факт, что в лесном хозяйстве Венгрии широко применяются принципы хозрасчета. На бюджетном финансировании находятся лишь предприятия, ведущие хозяйство в лесах специального назначения — парковых, учебно-опытных и в некоторых охотничьих угодьях. Остальные предприятия находятся на хозрасчете. Помимо лесовыращивания и большого объема побочного пользования, они выполняют все работы по заготовке леса и частичной его переработке.

Большое значение при этом имеют цены на продукцию лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности. В Венгрии действуют три группы цен: твердые, то есть обязательные для всех предприятий данного ведомства, ограниченные по максимуму и свободные. Цены второй и третьей групп устанавливаются по соглашению сторон. На большинство видов продукции лесозаготовок действуют цены, ограниченные по максимуму, на продукцию деревообработки — в основном свободные цены. В связи с тем, что свыше половины деловой древесины, потребляемой народным хозяйством Венгрии, ввозится извне, решающую роль в определении уровня цен играют цены импортных лесоматериалов.

Попенная плата в Венгрии имеет форму так называемого взноса на содержание лесов, который гослесхозы выплачивают из своей прибыли за каждый кубометр заготовленной древесины. Эти взносы дифференцированы в зависимости от древесной породы и природных условий, в которых работает предприятие. Гослесхозам, находящимся в наиболее благоприятных условиях, установлены повышенные ставки, находящимся в менее благоприятных условиях — пониженные. Из этих взносов формируется централизованный фонд, за счет которого покрываются затраты на лесовосстановление (100%) и рубки ухода в молодняках (на 50%) тех гослесхозов, которые, находясь в неблагоприятных почвенно-климатических условиях, не имеют для

* Экономические основы лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности. Под ред. Б. Керестеши и Л. Маркуша. Будапешт, изд-во сельскохозяйственной литературы, 1975, 239 с. На венгерском языке.

этого собственных средств. Затраты на эти работы оплачиваются по единой системе расчетных ставок, дифференцированных в зависимости от условий проведения работ и их характера. Разрешение на оплату этих работ за счет названного фонда дает Государственный лесной надзор, который предварительно проверяет их качество.

Таким образом, фонд на содержание лесов, помимо основной своей задачи — покрытия расходов на лесовосстановление и уход за лесом — выполняет роль регулятора прибыли, получаемой гослесхозами; с помощью взносов, образующих этот фонд, по существу, извлекается дифференциальная рента.

Этим же целям — регулированию прибылей и извлечению дифференциальной лесной ренты — служат также взносы за лесопользование, выплачиваемые гослесхозами Венгрии за каждый кубометр заготовленной древесины. Эти взносы дифференцированы в зависимости от древесных пород и составляют в среднем около 60% от величины ставок, установленных для платежей на содержание леса.

Плата за основные и оборотные фонды, вносимая гослесхозами, равна 5% от стоимости фондов; начисления на заработную плату — 25% от общей суммы выплаченной зарплаты.

В общей сложности в виде различных отчислений и налогов предприятия лесного хозяйства и лесной промышленности выплачивают 40% прибыли; остальные 60% остаются у предприятия. Часть этой суммы идет на образование фонда участия в прибылях, который в целом по стране составляет 8,7% годового фонда заработной платы, и на образование фонда развития производства, составляющего 1,2% от стоимости основных и оборотных средств. За счет фонда участия в прибылях премируются работники предприятия.

Даже краткий обзор книги позволяет оценить ее содержание. Книга прекрасно издана, иллюстрирована схемами и диаграммами.

Т. А. Кислова

Львовский лесотехнический институт.

СОДЕРЖАНИЕ

Б. М. Буглай. Основные итоги научно-исследовательской деятельности лесотехнических вузов в IX пятилетке	3
---	---

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

В. М. Еремин. К вопросу о систематическом положении <i>Pinus lappronica</i> Maug. (по данным анатомии коры)	9
В. С. Поляков. О товарности древостоев сосны искусственного происхождения Брянского лесного массива	13
А. А. Божок. Рост и некоторые физические свойства древесины воротничковой формы сосны обыкновенной	16
И. Ф. Совершаев. Гистохимические исследования белков в вегетативных и репродуктивных органах сосны обыкновенной	19
А. П. Плехотин, Л. Г. Михалкина, С. В. Бердникова. Математическое моделирование температурно-биометрических связей	24
Л. Е. Астрологова. Динамика площади листьев растений на луговиковой вырубке	27
В. С. Теодоронский, Н. Я. Попова, Г. Г. Лопатина. Влияние антитранспирантов на некоторые процессы водного режима и роста древесных пород	30
С. И. Казакова, Н. С. Лепехин. Влияние воздушного потока, создаваемого вентилятором опрыскивателя, на равномерность распределения ядохимиката по высоте дерева	35

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

С. Ф. Орлов, Ю. Г. Артамонов, В. П. Стефанович. Общий метод решения задач по перемещению деревьев	40
Г. М. Анисимов. Формирование крутильных колебаний трансмиссии трелевочного трактора	45
С. И. Булдаков, Б. П. Ерыхов, Н. С. Колбас. Применение неразрушающего метода испытания укрепленных грунтов, используемых для лесовозных дорог	48
А. В. Дуров. Расчет расхода топлива поездными узкоколейными тепловозами с ГМП на установившихся режимах	52
С. В. Гулидов. Определение объема воды, участвующей в колебаниях плота на волне	57
В. Н. Шестаков, А. Н. Шестаков. Вероятностный прогноз расчетной влажности грунта полотна автомобильных дорог методами теории надежности	62

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

В. М. Хрулев, Р. Ш. Хасанов. Долговечность клеевых соединений древесины под нагрузкой в агрессивной среде	66
А. Н. Кириллов, В. А. Шачнев. Определение разрушающей нагрузки для шпона с трещиной	71
Л. А. Тетерин, Э. А. Фомина. Исследование усадки еловых пиломатериалов в процессе их сушки	77
И. С. Винтонив. Особенности строения древесины явора, произрастающего в Украинских Карпатах	80
Л. П. Скиба, Ю. П. Мысин. О возможности определения напечных гнилей методом радиационной спектроскопии	84
Г. Л. Тышкевич. Физико-механические свойства древесины бука, произрастающего в Молдавии	88
Н. А. Крылов, М. Л. Биричевский. Расчет клееной деревянной балки с дефектами склеивания, нагруженной произвольной нагрузкой	92

Л. В. Борцова. Изготовление образцов из клееной прессованной древесины и их термолабильная обработка	96
В. С. Мурзин. Исследование смачиваемости древесины разных пород	99

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Э. И. Чупка, Т. А. Храпкина, И. Л. Малеева, В. М. Никитин. Влияние типов сопряжения молекулярной массы на некоторые физико-химические свойства лигнина	103
К. Г. Боголицын, И. М. Боховкин, Г. Ф. Прокишин, В. Г. Крунчак, А. Г. Родичев. Потенциометрический метод определения восстановительной емкости компонентов сульфитных варочных растворов	109
В. Б. Некрасова, Э. И. Евстигнеев. Определение оптимальных параметров процесса омыления таллового пека	113
В. А. Глумова, В. В. Желдакова, Г. В. Медведева. Изучение химического состава древесных пластиков в зависимости от температуры горячего прессования	117
Т. Д. Жеведь, В. А. Пантелеева, Г. Е. Шалтыко. Количественное определение пентахлорфенола в пропиточных растворах и экстрактах из антисептированной древесины методом ИК-спектроскопии	121

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

В. С. Петровский, П. В. Пономаренко. Постановка задач исследования рабочих органов машин лесного питомника как объектов автоматического управления	125
В. М. Холманских. К исследованию надежности электроприводов кранов на лесных складах	127
Н. В. Лившиц, Б. Е. Меньшиков. Определение угловых параметров рычажных переключателей	131

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

А. В. Пластинин. К вопросу о построении обобщающего показателя эффективности производства на предприятии	136
Т. И. Новгородова. О системе показателей обеспеченности жильем персонала лесозаготовительных предприятий	141
А. Ф. Гаврилов. Условия эффективности канатных установок	144

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

В. В. Гамов. О нарушении связи между волокнами древесины	148
Ю. М. Стахив, М. Л. Короткова. Рассеяние энергии в круглых пилах при изгибных колебаниях	151
С. А. Сапотницкий. Аномалия вязкости растворов лигносульфонатов в щелочной среде	153
Е. М. Голубчик, З. И. Ларина. Влияние электрохимического воздействия на гидролиз сосновых опилок	155
С. И. Горшин, Н. А. Максименко. Исследования факторов, снижающих высаливание антипиренов	157
В. Д. Давыдов, В. А. Демин, Б. Д. Богомолов. Электрохимическая отбелка сульфатной целлюлозы	159
А. М. Киляков. Классификация некоторых систем управления процессом сортировки	164

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Н. И. Казимиров. Книга о лесах Украины	168
Н. И. Федоров, В. С. Гельман. Наука о древесине	189
Т. А. Кислова. Интересная книга	171

CONTENT

<i>B. M. Buglay</i> . Main results of research work at forest engineering institutes in the 9-th five-year plan	3
---	---

FORESTRY

<i>V. M. Eremin</i> . On taxonomic position <i>Pinus lapponica</i> Mayr. (according to the data of bark's anatomy)	9
<i>V. S. Polyakov</i> . On valuation of pine-stand of artificial origin in Bryansk forests	13
<i>A. A. Bozhok</i> . Growth and some physical properties of collar form pine wood	16
<i>P. F. Sovershaev</i> . Gistochemical investigations of albumens in vegetative and reproductive organs of <i>Pinus silvestris</i>	19
<i>A. P. Plekhotin, L. G. Mikhalkina, S. V. Berdnikova</i> . On modelling of temperature and biometric bonds	24
<i>L. E. Astrologova</i> . Development of the surface of plants' leaves on the grassland clearing	27
<i>V. S. Teodoronsky, N. Ja. Popova, G. G. Lopatina</i> . Influence of antitranspirants on some processes of water regime and growth of wood species	30
<i>S. I. Kazakova, N. S. Lepekhin</i> . Influence of air stream in a sprayer fan on the uniformity of distribution of chemical in the tree crown	35

FOREST EXPLOATATION

<i>S. F. Orlov, Ju. G. Artomonov, V. P. Stefanovich</i> . General method of solving the task of dislocating logs	40
<i>G. M. Anisimov</i> . The formation of torsional vibrations in the transmission of skidding tractor	45
<i>S. I. Buldakov, B. P. Erykhov, I. S. Kolbas</i> . Utilization of indestructible method of testing stabilized soils for construction of forest roads	48
<i>A. V. Durov</i> . Calculating fuel consumption for narrowgauge diesel locomotives equipped with hydromechanical gear at constant speeds	52
<i>S. V. Gulidov</i> . Definition of water volume involved in the oscillation of the raft on the wave	57
<i>V. N. Shestakov, A. N. Shestakov</i> . Probable predictions of subgrade moisture by using methods of reliability theory	62

MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

<i>V. M. Khrulev, R. Sh. Khasanov</i> . Durability of wood glue joints under load in an aggressive medium	66
<i>A. N. Kirillov, V. A. Shachnev</i> . Destrifying load definition for veneer with split	71
<i>L. A. Teterin, E. A. Fomina</i> . Research of fir lumber shrinkage in the process of drying	77
<i>I. S. Vintoniv</i> . Special features of wood structure of sycamore maple (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.) growing in the Ukrainian Carpathians	80
<i>L. P. Skiba, Ju. P. Mysin</i> . On determination of the stump rots by radiational spectroscopy	84
<i>G. L. Tyshkevich</i> . Physical and mechanical properties of beech wood growing in Moldavia	88
<i>N. A. Krylov, M. L. Birtchevsky</i> . Calculation of glued wooden beam with cracks due to poor glueing under any load	92
<i>L. B. Bortsova</i> . Manufacture of samples of glued and pressed wood and their heat and wet treatment	96
<i>V. S. Murzin</i> . Investigation of wettability of wood of various species	99

 CHEMICAL WOODWORKING

<i>E. I. Chupka, T. A. Khrapkova, I. L. Moleva, V. M. Nikitin.</i> Influence of types of conjugation and MM on some physico-chemical lignin properties	103
<i>K. G. Bogolitsyn, I. M. Bokhovkin, G. F. Prokshin, V. G. Krunchak, A. G. Rodichev.</i> Potentiometric method of determination of reduction capacity of components in sulphite cooking solutions	109
<i>V. B. Nekrasova, E. I. Eustigeev.</i> Determination of optimum parameters in process of tall pitch saponification	113
<i>V. A. Glumova, V. V. Zheldakova.</i> Study of chemical composition of wood plastics depending on temperature of hot pressing	117
<i>T. D. Zheved, V. A. Panteleeva, G. E. Shaltyko.</i> Quantitative determination of pentachlorophenol in saturated solutions and in antiseptic wood extracts by infrared analysis	121

 COMPLEX MECHANIZATION
 AND AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES

<i>V. S. Petrovsky, P. V. Ponomarenko.</i> Setting the problems of investigating forest nursery machine working parts as the objects of automatic control	125
<i>V. M. Kholmanskikh.</i> Reliability investigation of electrical equipment of cranes at timber-yards	127
<i>N. V. Livshits, B. E. Menshikov.</i> The calculation of the angular parameters of the lever loaders	131

ECONOMIC AND ORGANIZATION OF THE PRODUCTION

<i>A. V. Plastinin.</i> On construction of the general efficiency index of the factory production	136
<i>T. I. Novgorodova.</i> On the system of indices of dwelling-conditions at logging enterprises	141
<i>A. F. Gavrilov.</i> Conditions of cable setting effectiveness	144

SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>V. V. Gamov.</i> On braking wood fibre bonds	148
<i>Ju. M. Stakhiev, M. L. Korotkova.</i> Dispersion of energy in circular saws at bend vibrations	151
<i>S. A. Sapotnitsky.</i> Anomalous viscosity of lignosulphonate solutions in alkaline medium	153
<i>E. M. Golubchik, Z. I. Larina.</i> Influence of electro-chemical effect upon hydrolysis of pine sawdust	155
<i>S. N. Gorshin, N. A. Maximenko.</i> Investigation of factors reducing the blooming of fire-retardants	157
<i>V. D. Davidov, V. A. Demin, B. D. Bogomolov.</i> Electro-chemical bleaching of sulphate cellulose	159
<i>A. M. Kilyakov.</i> Classification of some sorting process control systems	

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

<i>N. I. Kazimirov.</i> The book on Ukrainian forests	168
<i>N. I. Fedorov, V. S. Geltman.</i> Wood science	169
<i>T. A. Kislova.</i> Interesting book	171

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений.

Статьи, представляемые в журнал, не должны превышать 6—7 страниц машинописного текста. Статьи, превышающие указанный объем, к рассмотрению не принимаются. Статьи библиографического характера должны быть не более 3 страниц. В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) на русском и английском языках и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 мм. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны на машинке или разборчиво чернилами от руки.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные — двумя черточками сверху. Особенно это касается таких букв, как: *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k*, *U* и *u*, *C* и *c*. Необходимо самое серьезное внимание обращать на аккуратное вписывание схожих по начертанию букв: *h* и *n*, *q* и *g*, *l* и *e*, *v* и *u*, *u* и *a*, *l* и *J*, *z* и *ξ*.

Для отличия от буквы *O* ноль (0) остав-

наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылки на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы или номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. В списке указываются фамилия и инициалы автора, название работы, журнал, в котором она опубликована (для книг — место издания и издательство), год издания, № журнала. Название журнала, в котором опубликована упоминаемая в списке литературы работа, дается полностью. Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры; должны быть написаны дата отправки рукописи, полные имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации представляются в двух экземплярах. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью пером на ватмане, тени на рисунках — при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на отдельном листе, перепечатанном на ма-

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ обозначенного здесь срока

и приложены
ия.
дать авторам не
с требованием
и более аккурат
производить со
изменения руко
авторам, как
я.
ратно 10 отти-
чением публи-
ции и хроник).

дол
даш
П
тери
табл
назв
Воз
тых
циф
тиче
пред
упом
нуж
сокр

ПРОИЗВОДИТСЯ ПОДПИСКА НА 1977 ГОД

На ежемесячный научно-технический журнал
«Известия высших учебных заведений МВССО СССР»

по разделу

«ЭНЕРГЕТИКА»

Журнал рассчитан на инженерно-технических работников энергетических и промышленных предприятий, работников научно-исследовательских институтов и проектных организаций, научных работников вузов и техникумов и студентов старших курсов.

В журнале публикуются материалы по новейшим достижениям в области энергетики, а также научно-исследовательские работы, итоги внедрения законченных работ, дискуссии по актуальным вопросам энергетики, материалы межвузовских научных конференций и совещаний, отдельные разделы диссертационных работ, отзывы на монографии, учебники и учебные пособия, научная и техническая информация вузов, научно-исследовательских учреждений и производственных предприятий.

Журнал имеет следующие разделы:

1. Общая энергетика.
2. Электрические станции, сети и системы.
3. Релейная защита и системная автоматика.
4. Техника высоких напряжений.
5. Теоретические основы электротехники.
6. Электроснабжение и автоматизация систем электроснабжения.
7. Теплоэнергетические установки электростанций.
8. Вопросы топливоиспользования и водоподготовки электрических станций и промышленных установок.
9. Теплофикация и теплоснабжение.
10. Промышленная энергетика.
11. Теоретические основы теплотехники.
12. Теплофизика.
13. Гидроэнергетические установки.
14. Экономика энергетики.
15. Хроника и научно-техническая информация.
16. Библиография.

Объем журнала 10 печатных листов, подписная цена на год 8 р. 40 к., цена отдельного номера — 70 к.

Подписка принимается с любого очередного месяца городскими отделами «Союзпечати», районными отделениями связи и общественными распространителями печати. Отдельные номера журнала можно выписать наложенным платежом.

Индекс журнала по каталогу «Союзпечати» — 70385.

Адрес редакции: 220027, Минск, Ленинский проспект, 65. Белорусский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт. Тел. 33-29-66, доб. 3-92.

Цена 1 руб.

Подписывайтесь

на журнал

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР**

Раздел

„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“

Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, отдельные номера журнала высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».

Таблица 3

Исследуемое вещество	Характеристика окислительно-восстановительных систем				Восстановительная емкость, единицы емкости, при продолжительности контакта, мин				
	Окс.-ред. система	$C_{ox}^o : C_{red}^o$	$\frac{C_{o.r.}^o}{г-экв л}$	Растворитель	1	3	5	7	10
Ионол (0,1 М спиртовый раствор)	$Fe(CN)_6^{3-}$	10:1	0,1	1 н. NaOH	0,380	0,566	0,614	0,642	0,664
	$Fe(CN)_6^{4-}$	10:1	0,1	3 н. NaOH	0,347	0,477	0,534	0,549	0,558
	Ce^{4+}/Ce^{3+}	10:1	0,1	5 н. NaOH	0,311	0,439	0,506	0,549	0,603
Хинон (0,1 М спиртовый раствор)	$Fe(CN)_6^{3-}$	10:1	0,1	0,05M H ₂ SO ₄	—	—	—	—	—
	$Fe(CN)_6^{4-}$	10:1	0,1	1 н. NaOH	1,105	1,251	1,356	1,428	1,552
	Ce^{4+}/Ce^{3+}	10:1	0,04	3 н. NaOH	1,069	1,261	1,386	1,492	1,578
Гваякол (0,1 М раствор в 0,1 н. NaOH)	$Fe(CN)_6^{3-}$	10:1	0,1	5 н. NaOH	1,192	1,492	1,709	1,880	2,103
	$Fe(CN)_6^{4-}$	10:1	0,1	0,05M H ₂ SO ₄	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200
	Ce^{4+}/Ce^{3+}	10:1	0,04	1 н. NaOH	0,744	0,842	0,875	0,899	0,923
Изоэвгенол (0,1 М раствор в 0,1 н. NaOH)	$Fe(CN)_6^{3-}$	10:1	0,1	3 н. NaOH	—	—	—	—	—
	$Fe(CN)_6^{4-}$	10:1	0,1	5 н. NaOH	—	—	—	—	—
	Ce^{4+}/Ce^{3+}	10:1	0,04	0,05M H ₂ SO ₄	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200
Ванилиновый спирт (0,1 М водный раствор)	$Fe(CN)_6^{3-}$	10:1	0,1	1 н. NaOH	0,374	0,453	0,506	0,546	0,594
	$Fe(CN)_6^{4-}$	10:1	0,1	3 н. NaOH	—	—	—	—	—
	Ce^{4+}/Ce^{3+}	10:1	0,04	5 н. NaOH	0,287	0,327	0,347	0,362	0,384
Глюкоза (0,1 М водный раствор)	$Fe(CN)_6^{3-}$	10:1	0,1	0,05M H ₂ SO ₄	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200
	$Fe(CN)_6^{4-}$	10:1	0,1	1 н. NaOH	0,534	0,624	0,672	0,721	0,771
	Ce^{4+}/Ce^{3+}	10:1	0,04	3 н. NaOH	0,552	0,704	0,805	0,868	0,926
Фруктоза (0,1 М водный раствор)	$Fe(CN)_6^{3-}$	10:1	0,1	5 н. NaOH	0,822	0,978	1,023	1,062	1,091
	$Fe(CN)_6^{4-}$	10:1	0,1	1 н. NaOH	0,039	0,067	0,091	0,114	0,141
	Ce^{4+}/Ce^{3+}	10:1	0,04	3 н. NaOH	0,041	0,103	0,164	0,240	0,362
Ксилитоза (0,1 М водный раствор)	$Fe(CN)_6^{3-}$	10:1	0,1	5 н. NaOH	0,123	0,359	0,609	0,858	1,140
	$Fe(CN)_6^{4-}$	10:1	0,1	0,05M H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0
	Ce^{4+}/Ce^{3+}	10:1	0,04	1 н. NaOH	0,046	0,087	0,128	0,172	0,247
Мальтоза (0,1 М водный раствор)	$Fe(CN)_6^{3-}$	10:1	0,1	3 н. NaOH	0,070	0,108	0,141	0,170	0,215
	$Fe(CN)_6^{4-}$	10:1	0,1	5 н. NaOH	0,051	0,114	0,180	0,258	0,364
	Ce^{4+}/Ce^{3+}	10:1	0,04	0,05M H ₂ SO ₄	0,170	0,464	0,737	0,948	1,280
Манноза (0,1 М водный раствор)	$Fe(CN)_6^{3-}$	10:1	0,1	1 н. NaOH	0,024	0,041	0,052	0,062	0,084
	$Fe(CN)_6^{4-}$	10:1	0,1	3 н. NaOH	0,030	0,036	0,054	0,079	0,106
	Ce^{4+}/Ce^{3+}	10:1	0,04	5 н. NaOH	0,079	0,180	0,276	0,347	0,477
Арабиноза (0,1 М водный раствор)	$Fe(CN)_6^{3-}$	10:1	0,1	0,05M H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0
	$Fe(CN)_6^{4-}$	10:1	0,1	1 н. NaOH	0,036	0,089	0,145	0,198	0,285
	Ce^{4+}/Ce^{3+}	10:1	0,04	3 н. NaOH	0,050	0,145	0,243	0,380	0,517
Лактоза (0,1 М водный раствор)	$Fe(CN)_6^{3-}$	10:1	0,1	5 н. NaOH	0	0	0	0	0
	$Fe(CN)_6^{4-}$	10:1	0,1	1 н. NaOH	0,027	0,062	0,099	0,137	0,199
	Ce^{4+}/Ce^{3+}	10:1	0,04	3 н. NaOH	0,070	0,160	0,243	0,323	0,402
Сахароза (0,1 М водный раствор)	$Fe(CN)_6^{3-}$	10:1	0,1	5 н. NaOH	0,180	0,372	0,423	0,445	0,455
	$Fe(CN)_6^{4-}$	10:1	0,1	1 н. NaOH	0,036	0,054	0,070	0,087	0,114
	Ce^{4+}/Ce^{3+}	10:1	0,04	3 н. NaOH	0,030	0,059	0,087	0,110	0,147
Сахароза (0,1 М водный раствор)	$Fe(CN)_6^{3-}$	10:1	0,1	5 н. NaOH	0,053	0,126	0,211	0,311	0,471
	$Fe(CN)_6^{4-}$	10:1	0,1	0,05M H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0
	Ce^{4+}/Ce^{3+}	10:1	0,04	1 н. NaOH	0,024	0,043	0,059	0,072	0,089
Сахароза (0,1 М водный раствор)	$Fe(CN)_6^{3-}$	10:1	0,1	3 н. NaOH	0,021	0,046	0,070	0,091	0,121
	$Fe(CN)_6^{4-}$	10:1	0,1	5 н. NaOH	0,070	0,148	0,219	0,280	0,354
	Ce^{4+}/Ce^{3+}	10:1	0,04	0,05M H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0

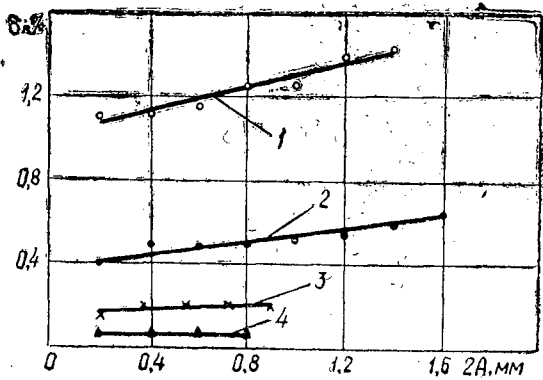


Рис. 1. Графики $\delta = f(2A)$ для различных форм колебаний пилы ($D=500$ мм, $S=2,5$ мм, $d_{\phi}=125$ мм), вальцованной по одной окружности с относительным радиусом 0,8.

1 - $\lambda = 0$, $\nu = 35$ Гц; 2 - $\lambda = 1$, $\nu = 52$;
3 - $\lambda = 2$, $\nu = 103$; 4 - $\lambda = 3$, $\nu = 184$ Гц.

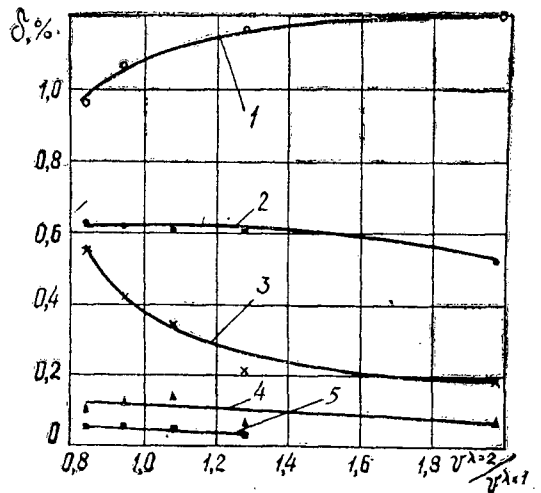


Рис. 2. Графики $\delta = f(\nu\lambda^2 | \nu\lambda^2=1)$ для различных форм колебаний λ прокованной пилы ($D=500$ мм, $S=2,5$ мм, $d_{\phi}=125$ мм, $2A=0,5$ мм).

1 - $\lambda = 0$; 2 - $\lambda = 1$; 3 - $\lambda = 2$;
4 - $\lambda = 3$; 5 - $\lambda = 4$.

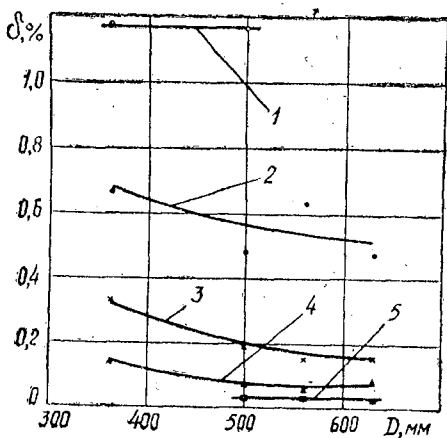


Рис. 3. Графики $\delta = f(D)$ для различных форм колебаний λ пил ($S=2,5$ мм, $2A=0,5$ мм), вальцованных по одной окружности с относительным радиусом 0,8.

1 - $\lambda = 0$; 2 - $\lambda = 1$; 3 - $\lambda = 2$;
4 - $\lambda = 3$; 5 - $\lambda = 4$.

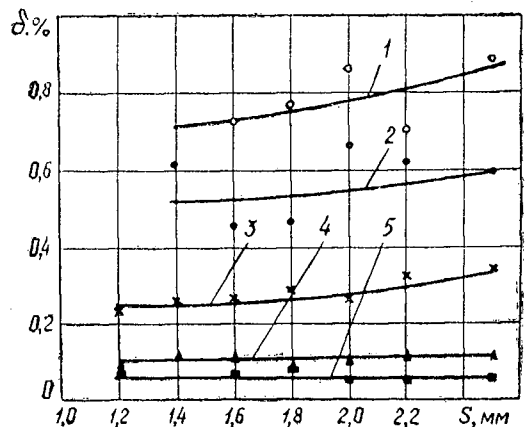


Рис. 4. Графики $\delta = f(S)$ для различных форм колебаний λ невальцованных и непрокованных пил ($D=450$ мм, $2A=0,5$ мм).

1 - $\lambda = 0$; 2 - $\lambda = 1$; 3 - $\lambda = 2$;
4 - $\lambda = 3$; 5 - $\lambda = 4$.

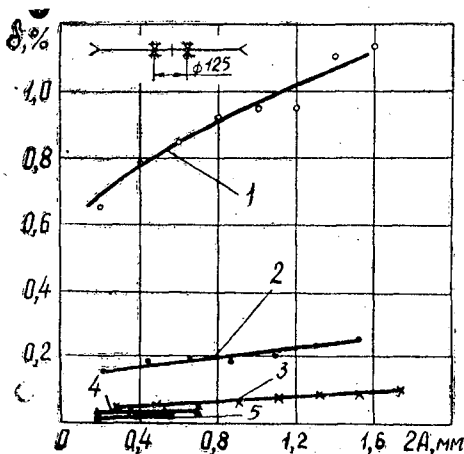


Рис. 5. Графики $\delta = f(2A)$ для различных форм колебаний λ пилы ($D=500$ мм, $S=2,5$ мм), вальцованной по одной окружности с относительным радиусом 0,8 и защемленной шариками в трех равноотстоящих точках по окружности диаметром 125 мм.

1 - $\lambda = 0$, $\nu = 25$ Гц; 2 - $\lambda = 1$, $\nu = 40$;
3 - $\lambda = 2$, $\nu = 85$; 4 - $\lambda = 3$, $\nu = 175$;
5 - $\lambda = 4$, $\nu = 280$ Гц.

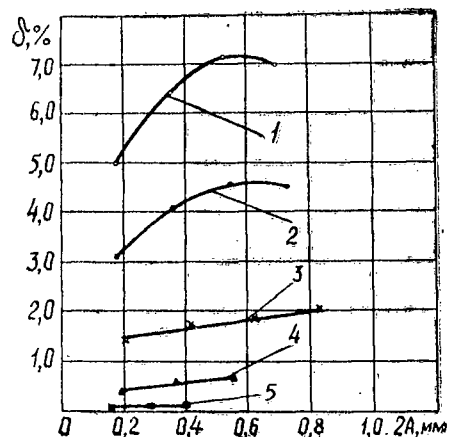


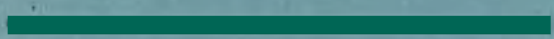
Рис. 6. Графики зависимости $\delta = f(2A)$ при $\varepsilon = 1,0$ мм для различных форм колебаний λ пилы ($D=500$ мм, $S=2,5$ мм, $d_{\phi}=125$ мм), вальцованной по одной окружности с относительным радиусом 0,8, при установке между пилой и фланцами резиновых прокладок толщиной 2 мм.

1 - $\lambda = 0$, $\nu = 36$ Гц; 2 - $\lambda = 1$, $\nu = 52$;
3 - $\lambda = 2$, $\nu = 100$; 4 - $\lambda = 3$, $\nu = 181$;
5 - $\lambda = 4$, $\nu = 290$ Гц.

05
U-332

ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

4



1976