

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ВОСЕМНАДЦАТЫЙ

1

1975

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. Войчал, 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, доц. В. О. Самуилло, проф. В. Н. Худоногов, проф. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь редакции А. И. Кольцова.

«Лесной журнал» публикует научные статьи по рении законченных исследований в производство всем отраслям лесного дела, сообщения о внед 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», 1975.

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17.

Архангельский лесотехнический институт, тел. 4-13-37.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИИ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 1.

(Год издания восемнадцатый)

Сдан в набор 23/ХІІ 1974 г. Подписано к печати 19/ІІ 1975 г.
Форм. бум. 70X108/16. Печ. л. 15,4 + 2 вкл. Физ. печ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,35.
Тираж 2400. Сл. 00008. Заказ 9546. Цена 1 руб.

Типография им. Склепина, г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

НАШИ ЗАДАЧИ В 1975 ГОДУ

Страна вступила в новый 1975 год. Перспективы нашего развития в завершающем году девятой пятилетки определены в решениях декабрьского (1974 г.) Пленума ЦК КПСС. Главный политический итог прошедших четырех лет состоит в том, что обеспечено динамичное развитие народного хозяйства в целом, сделан большой шаг в создании материально-технической базы коммунизма, укрепляется экономическая мощь нашей страны. Сельское хозяйство уверенно превращается в высокоразвитый сектор социалистической экономики, успешно выполняется программа роста народного благосостояния.

Все достижения нашей страны являются результатом вдохновенного труда рабочего класса, колхозного крестьянства, народной интеллигенции, последовательного осуществления ленинской внутренней и внешней политики Коммунистической партии.

Декабрьский (1974 г.) Пленум ЦК КПСС и сессия Верховного Совета СССР предусмотрели на 1975 г. рост социалистической индустрии. Промышленное производство увеличится на 6,7%. При этом более высокими темпами будут развиваться отрасли промышленности, определяющие технический прогресс всей экономики. Дальнейшее развитие получит комплексное сельское хозяйство, капитальное строительство, полнее станут удовлетворяться материальные и духовные потребности трудящихся. Будут развиваться все отрасли науки, расширяться сеть народного образования и здравоохранения, вся сфера социально-культурного и бытового обслуживания населения.

Ответственные задачи в завершающем году пятилетки поставлены перед лесной промышленностью: предстоит вывезти 230 млн. м³ древесины, выработать почти 208,5 млн. м³ деловой древесины, ввести новые мощности в районах Сибири и Дальнего Востока, продолжать работу по более полному и комплексному использованию древесного сырья.

Подъем лесной промышленности может быть осуществлен совершенствованием методов хозяйствования и ускорения научно-технического прогресса. Важная роль здесь принадлежит высшей лесной школе. Ученые лесных вузов должны еще активнее развивать научные исследования, крепить связи с производством, обеспечивать дальнейший научно-технический прогресс этой важной отрасли народного хозяйства. Работникам высшей школы необходимо повышать качество подготовки инженерных кадров, которые смогли бы хорошо анализировать работу предприятий, находить резервы повышения производительности с учетом разумного и экономного использования материальных, денежных и природных ресурсов.

Планы завершающего года пятилетки — напряженные, но трудящиеся нашей страны полны решимости выполнить их. Для этого имеются все возможности: накопленный опыт, огромная экономическая мощь, научно-технический потенциал, богатые природные ресурсы.

ЦК КПСС обратился к партии и советскому народу с призывом отдать все силы и энергию на выполнение и перевыполнение намечен-

ных планов завершающего года пятилетки. С большим энтузиазмом трудящиеся развертывают социалистическое соревнование, берут повышенные обязательства и стремятся внести свой достойный вклад в общее дело выполнения решений XXIV съезда КПСС. Девизом соревнования, как отмечено в Обращении, было и остается — дать продукции больше, лучшего качества с меньшими затратами.

Вузовские коллективы берут на себя социалистические обязательства более широко внедрять в учебный процесс технические средства обучения, более полно обеспечивать вузы современными учебниками и учебными пособиями, развивать научные исследования, широко вовлекать студентов в научную работу. Особое внимание будет уделено повышению ответственности студентов за своевременное и высококачественное выполнение учебных планов, учебных заданий, графиков, укреплению дисциплины, вовлечению студентов во время прохождения практик в производственную и общественную деятельность трудовых коллективов. В лекционной пропаганде ученые вузов должны сосредоточить свое внимание на проблемах научно-технического прогресса, воспитания нового человека.

Большое поле деятельности принадлежит кафедрам общественных наук. На основе решений декабрьского (1974 г.) Пленума ЦК КПСС, Обращения ЦК КПСС к партии, к советскому народу, Постановления ЦК КПСС «О 70-летию революции 1905—1907 гг. в России» они призваны обеспечить безусловное выполнение мероприятий, принятых в связи с Постановлением ЦК КПСС «О работе в Московском училище им. Н. Э. Баумана и Саратовском государственном университете им. Н. Г. Чернышевского по повышению идейно-теоретического уровня преподавания общественных наук» и «О работе по подбору и воспитанию идеологических кадров в партийной организации Белоруссии».

Нынешний год особенный. В мае наш народ будет отмечать 30-летие победы в Великой Отечественной войне. В этой величайшей из битв советские люди, проявив массовый героизм и мужество, отстояли честь и свободу своей Родины, спасли народы мира от угрозы фашистского порабощения. Верные идеалам мира и прогресса наша партия и Советское правительство настойчиво добиваются претворения в жизнь программы мира, делают все, чтобы трудящиеся Советского Союза могли жить и работать в мирных условиях.

Советские люди стремятся достойно встретить юбилей великой победы, ознаменовать его новыми достижениями на всех участках коммунистического строительства. Советские люди единодушно поддерживают внутреннюю и внешнюю политику нашей партии. Мобилизуя все свои силы на решение поставленных задач, они твердо уверены в том, что 1975 год станет годом новых больших свершений, годом новых больших побед!

УДК 674.093

ЛЕСОПИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СССР. СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ

Ю. А. КУДРЯВЦЕВ

Госплан СССР

По данным исторических исследований, первые зачатки лесопильной промышленности в России появились во второй половине XVII столетия. Это были водяные пильные мельницы, построенные в нижнем течении р. Северной Двины.

Начиная со второй половины XVIII в., русская лесопильная промышленность стала быстро развиваться. Внедрение в XIX в. в лесопильную промышленность паровых двигателей и совершенствование оборудования постепенно вытеснили ручную распиловку древесины и сделали лесопильные заводы более производительными.

Коренной перелом произошел после Октябрьской революции, когда все народное хозяйство советской республики перешло на плановую систему развития. В короткие сроки лесопильная промышленность превратилась из полукустарной в индустриальную, механизированную отрасль. Темпы роста производства показаны в табл. 1.

Таблица 1

Годы	1913	1930	1935	1940	1950	1955	1960
Производство пиломатериалов, млн. м ³	14,2	21,9	35,7	34,8	49,5	75,6	105,5

Начиная с 60-х годов, Советский Союз по производству пиломатериалов занимает первое место в мире. В последние годы в нашей стране ежегодно вырабатывается около 115—120 млн. м³ пиломатериалов, для этого расходуется 175—178 млн. м³ круглого леса, или около 45% всей заготавливаемой в стране древесины.

Такими же быстрыми темпами, как и рост производства, шло техническое перевооружение лесопильной промышленности. В период с 1918 по 1928 гг. установлено 800 новых лесопильных рам, в 1929—1932 гг. — 1272 рамы, в 1933—1937 гг. — 1986 рам и в 1938—1939 гг. — 762 рамы. В эти же годы было построено свыше 100 крупных лесопильных заводов, которые по своему оборудованию, технологии и уровню механизации не уступали передовым предприятиям капиталистических стран с развитой лесной промышленностью. К числу предприятий, построенных в годы первых пятилеток, относятся Соломбальский и Цигломенский комбинаты в Архангельске, Онежский в Онеге, Саратовский на Волге, Дубровский под Ленинградом и ряд других. Наряду со строительством новых лесопильных заводов в эти годы на многих действующих лесопильных предприятиях изношенные и устаревшие лесопильные рамы были заменены новыми, технически более совершенными, установлено значительное количество транспортных устройств для

механизации трудоемких работ на складах сырья, лесопильных цехах и сортировочных площадках.

В послевоенные годы работа по техническому перевооружению, начатая в годы первых пятилеток, продолжалась. Наряду с оснащением действующих и вновь строящихся предприятий технически более совершенным технологическим оборудованием, механизмами и подъемно-транспортными устройствами для механизации тяжелых и трудоемких работ в последние 15 лет широкое распространение получила окорка древесины перед распиловкой. Это, помимо повышения производительности лесопильных рам, позволило улучшить использование древесины на лесопильных заводах путем организации переработки кусковых отходов, получающихся при распиловке, на технологическую щепу для варки целлюлозы.

Значительное развитие, особенно на лесозэкспортных предприятиях, получило антисептирование пиломатериалов. Ввод в действие в восьмой и девятой пятилетках новых сушильных камер, установок для торцовки, сортировки и пакетирования способствовал внедрению на крупных предприятиях новой технологии обработки пиломатериалов с окончательной подготовкой их после сушки. Это позволило перейти на пакетный метод перевозки, складирования и погрузки как на железнодорожном, так и морском транспорте.

Однако объемы и темпы внедрения достижений науки и техники в лесопильную промышленность недостаточны и не привели к заметному повышению уровня технической вооруженности этой промышленности в целом по стране. По данным за 1970 г., уровень механизации и автоматизации производства по предприятиям планируемого круга в среднем составляет всего лишь 26%, а степень механизации труда — 25%. Энерговооруженность на лесопильных предприятиях СССР в среднем составляет около 5 л. с. на работающего. Даже на наиболее механизированных заводах Архангельска энерговооруженность почти в три раза ниже, чем средняя по лесопильным заводам США. Затраты труда на выработку 1 м³ пиломатериалов в лесопильной промышленности СССР значительно выше, чем в капиталистических странах. Например, на выработку 1 м³ пиломатериалов из пиловочного сырья со средним диаметром 20 см на механизированных заводах (без затрат на погрузку, в паросиловом хозяйстве и ремонтно-механических мастерских) затраты труда в 1970 г. составляли в Канаде — 2,36; Швеции — 2,55; СССР — 6,08 чел.-ч. Годовая выработка на одного работающего в среднем по лесопильной промышленности СССР (планируемый круг) составляет 290 м³, в то время как в США она равна 525 м³.

Началом нового этапа в развитии лесопильной промышленности как в нашей стране, так и за рубежом явились 60-е годы XX в. Этот этап развития характеризуется двумя направлениями.

Первое направление — это переход к комплексной переработке поступающей на лесопильные предприятия древесины. С этой целью в последние годы организована переработка кусковых отходов лесопиления на технологическую щепу для целлюлозно-бумажной промышленности, введены в действие цехи и заводы по производству древесноволокнистых и древесностружечных плит — высокоэффективного материала, заменяющего пиломатериалы в строительстве и производстве мебели. При проектировании и строительстве новых лесопильно-деревообрабатывающих предприятий предусматривается создание мощностей по производству 10—20 млн. м² древесноволокнистых плит для крупных заводов по выпуску древесностружечных плит.

Второе направление — это концентрация лесопильного производства. Наиболее быстрыми темпами она идет в Канаде и странах Скандинавии. В нашей промышленности концентрация производства пиломатериалов осуществляется крайне низкими темпами и пока только, в основном, в системе Минлеспрома СССР.

В последние годы темпы роста производства пиломатериалов в нашей стране несколько снизились. В девятой пятилетке выработка пиломатериалов фактически стабилизировалась и в 1975 г. ожидается на уровне 1970 г.

Замедление темпов роста в 1965—1975 гг. характерно не только для лесопильной промышленности Советского Союза, но и для мирового производства пиломатериалов. Следует отметить, что для большинства капиталистических стран, имеющих развитую лесную и лесоперерабатывающую промышленность, стабилизация и даже снижение уровня выпуска пиломатериалов связаны, прежде всего, с истощением ресурсов древесины и развитием производства древесных плит и плит из стеблей однолетних растений. В условиях нашей страны на развитие лесопильной промышленности оказали и оказывают влияние другие факторы. К ним относятся, в первую очередь, серьезные недостатки в развитии и организации работы лесопильной промышленности.

Низкий уровень концентрации и ведомственная раздробленность — один из крупнейших недостатков современного состояния и развития стечественной лесопильной промышленности. Это имеет свои исторические корни.

В годы первых пятилеток и в послевоенные годы, когда специализированные лесопильные предприятия не могли обеспечивать быстро растущие потребности народного хозяйства в пиломатериалах, наряду со строительством новых крупных предприятий было установлено значительное количество лесопильных рам строительными организациями на строительных дворах, а также другими различными организациями в примитивных подсобных цехах крупных промышленных предприятий других отраслей народного хозяйства. Возникло так называемое потребителское лесопиление, которое сохраняется до наших дней. В тот период такое решение вопроса в какой-то мере было оправдано, но в наши дни рассредоточенность производства пиломатериалов по мелким предприятиям неспециализированных министерств и ведомств приносит значительный ущерб народному хозяйству.

Если производственные мощности по лесопилению по предприятиям Минлеспрома СССР ежегодно используются на уровне 93—95%, то по прочим министерствам и ведомствам — на уровне 60%. Средняя годовая мощность одной двухэтажной рамы по предприятиям других министерств и ведомств почти на 10 тыс. м³ меньше, чем по Минлеспрому СССР.

Сопоставление экономических показателей работы предприятий лесопильной промышленности показывает, что если себестоимость 1 м³ пиломатериалов на предприятиях Минлеспрома СССР составляет 35 руб., то по другим министерствам и ведомствам она достигает 50—55 руб.

Второй серьезный недостаток развития и организации работы лесопильной промышленности — диспропорция между размещением имеющихся мощностей по лесопилению и лесосырьевых ресурсов страны. В настоящее время значительная часть мощностей по производству пиломатериалов находится в малолесных и безлесных районах страны.

Нерациональность территориального размещения лесопильной промышленности является следствием тех же причин, которые привели и

к ведомственной раздробленности лесопильных предприятий. К сожалению, зародившийся в годы первых пятилеток стихийный процесс создания мелких лесопильных предприятий в местах потребления пиломатериалов, то есть без учета возможностей обеспечения этих предприятий сырьем, действует и в наши дни.

Существующее территориальное размещение действующих мощностей по производству пиломатериалов, отставание с вводом в действие новых лесопильных заводов в многолесных районах, в том числе в районах Западной и Восточной Сибири, при существенном росте объема лесозаготовок в этих районах, привело к необходимости дорогостоящих перевозок пиловочного сырья на значительные расстояния.

Крупным недостатком в работе лесопильной промышленности является выпуск и поставка потребителям большого количества так называемых обезличенных товарных пиломатериалов.

Лесопильные предприятия Минлеспрома СССР ежегодно отгружают потребителям около 20 млн. м³ пиломатериалов, в том числе I—III сортов — 60—70%. Остальная часть — IV сорт и обаполы. Почти 30% поставляемых потребителям пиломатериалов необрезные и около 4% короткомерные. Положение усугубляется еще и тем, что поставщики, как правило, отгружают продукцию повышенной влажности, а спецификация (размерность по толщине, ширине и длине) и сортность не соответствуют требованиям потребителя. Этот фактор объясняет стремление многих министерств и ведомств вырабатывать пиломатериалы на своих предприятиях, то есть способствует сохранению раздробленности лесопильной промышленности и появлению новых мелких предприятий. Кроме того, поставки потребителям нерассортированных пиломатериалов на 5—10% увеличивают их расход при последующей переработке на другие виды продукции.

Весьма существенным отрицательным фактором является крайне медленное строительство новых лесопильных заводов, реконструкция и расширение действующих. Медленные темпы ввода в действие новых мощностей по лесопилению при одновременном значительном выбытии действующих мощностей на предприятиях Минлеспрома СССР из-за пожаров тормозят осуществление мероприятий по концентрации производства в многолесных районах, по сокращению количества мелких предприятий и постепенной ликвидации существующей ведомственной распыленности лесопильного производства.

Отрицательно сказывается также и то, что выпускаемое отечественным станкостроением оборудование не отвечает современным требованиям и по техническому уровню значительно уступает аналогичным видам машин и механизмов, изготовляемых для лесопильно-деревообрабатывающих предприятий в Финляндии, Швеции, Канаде и США, а отдельные виды машин и механизмов для лесопиления, получившие широкое распространение в этих странах, в нашей стране не выпускаются совсем. Главная причина такого положения — слабая техническая база отечественного деревообрабатывающего станкостроения.

Отсутствие прогрессивных перспективных разработок по новым видам и типам машин и механизмов для лесопильной промышленности, а также слишком длительный промежуток времени (7—10 лет) от научных разработок до изготовления опытных образцов и организации серийного выпуска новых машин и механизмов, в течение которого часть машин и механизмов морально стареет, привели к тому, что в лесопильной промышленности нашей страны практически, например, не внедряются новые технологические процессы, базирующиеся на применении ленточнопильных и фрезернобрусующих агрегатов, которые за

последние годы получили широкое распространение в США, Канаде и Швеции. Не ведутся у нас также работы по созданию комплекса машин для механизации и автоматизации производства по всему циклу технологического процесса лесопиления.

Отрицательный фактор в организации работы лесопильной промышленности — существующая система реализации выделенных министерствам и ведомствам фондов на пиловочное сырье. По указаниям и решениям органов и организаций Госснаба СССР пиловочное сырье поставляется леспромпхозами Минлеспрома СССР в первую очередь предприятиям других министерств и ведомств, расположенным как в многолесных, так и малолесных районах. Квалифицированные крупные предприятия Минлеспрома СССР в Архангельской, Свердловской, Кировской и других областях, Карельской АССР, Красноярском крае, на Средней и Нижней Волге остаются без сырья и простаивают.

Говоря о недостатках в развитии и организации работы лесопильной промышленности, следует особо остановиться на системе управления предприятиями этой отрасли.

В первом томе «Капитала» К. Маркс, давая научное определение управлению, сравнил органы управления с дирижером, который объединяет всю массу исполнителей в едином ритме. К. Маркс считал, что форма управления не только должна следовать за движением производства, но, в свою очередь, она оказывает также и воздействие на условия и ход производства, ускоряя или замедляя его развитие. Если проанализировать действующую в настоящее время систему управления лесопильными предприятиями, то станут более понятными и причины всех ранее изложенных недостатков в развитии и организации работы лесопильной промышленности.

Управление лесопильными предприятиями, например, в строительных министерствах осуществляется территориальными строительными трестами и строительно-монтажными управлениями, в машиностроительных министерствах — машиностроительными предприятиями и объединениями, в остальных министерствах и ведомствах — теми отраслевыми организациями, в состав которых входит лесопильное производство. Лесопильные предприятия, находящиеся в ведении Советов Министров союзных республик, входят, в основном, в состав республиканских министерств топливной промышленности, бытового и коммунального обслуживания; управление ими осуществляется местными неспециализированными организациями. Положение усугубляется еще и тем, что Министерство лесной и деревообрабатывающей промышленности СССР как отраслевое министерство не оказывает соответствующего влияния на эти министерства и ведомства в вопросах технической политики, совершенствования технологии лесопиления и использования древесины, повышения уровня концентрации и рациональности территориального размещения лесопильного производства.

Анализ современного состояния лесопильной промышленности позволяет сделать вывод, что при существующей в настоящее время системе управления предприятиями этой отрасли практически невозможно осуществить те мероприятия, которые позволили бы хотя бы частично устранить отрицательные факторы в организации работы и развития лесопильной промышленности.

Для претворения в жизнь задач по повышению эффективности производства, изложенных в решениях XXIV съезда КПСС, Декабрьского (1973 г.) Пленума ЦК КПСС, Обращения ЦК КПСС к партии и советскому народу, а также устранения недостатков в развитии и организации работы лесопильной промышленности, необходимо, в первую

очередь, осуществить меры по концентрации лесопильного производства, направленные на полное использование производственных мощностей средних и крупных лесопильных предприятий независимо от ведомственной подчиненности их, укрупнение предприятий с необходимой если это экономически целесообразно, их реконструкцией и постепенную ликвидацию мелких цехов и установок.

Эта работа должна проводиться всеми министерствами и ведомствами, в ведении которых находятся лесопильные предприятия, цехи и установки. Безусловно, при этом следует учитывать и рациональность территориального размещения. Реконструировать и расширять лесопильные предприятия неспециализированных министерств и ведомств, расположенные в малолесных и безлесных районах, конечно, нецелесообразно. Первые шаги по концентрации лесопильного производства и укрупнению лесопильных предприятий уже сделаны. За последние годы значительная работа в этом направлении проделана в Минлеспроме СССР, а также в строительных министерствах: Минпромстрое СССР, Минтяжстрое СССР и Минстрое СССР. Принимая во внимание большое народнохозяйственное значение работы по концентрации лесопильного производства, все министерства и ведомства Украинской ССР, предприятия которых расположены на территории республики, в течение 1973—1975 гг. должны значительно сократить количество заводов, цехов и установок, занимающихся выработкой пиломатериалов. Это позволит повысить технический уровень лесопильного производства на Украине и более рационально использовать перерабатываемую древесину.

При осуществлении мероприятий по повышению уровня концентрации лесопильного производства целесообразно также совершенствовать структуру управления лесопильными предприятиями путем создания специализированных производственных и промышленных объединений в составе отдельных министерств и ведомств, имеющих значительный объем лесопиления (300—400 тыс. м³ и более).

Следующим этапом по улучшению и совершенствованию организации работы лесопильной промышленности должна быть централизация лесопильного производства в системе специализированного министерства. Чтобы не нарушить сложившейся в других министерствах системы по обеспечению потребностей в пиломатериалах и изделиях деревообработки и обеспечить нормальную бесперебойную работу предприятий, следует в обязательном порядке сохранить на длительный срок те прямые связи, которые сложились в настоящее время между потребителями и поставщиками пиломатериалов и изделий из древесины. При несоблюдении этого условия у потребителей пиломатериалов могут возникнуть серьезные затруднения в обеспечении нормального ритма в работе отдельных производств и целесообразность проведения этого важного мероприятия будет поставлена под сомнение.

Это все меры организационно-технического порядка. Главным же мероприятием в вопросе концентрации лесопильного производства и устранения имеющихся в настоящее время недостатков следует считать форсированное создание в системе Минлеспрома СССР на территории многолесных районов, в первую очередь Западной и Восточной Сибири, новых крупных лесопильно-деревообрабатывающих предприятий и промышленных комплексов, оснащенных высокопроизводительным оборудованием и передовой технологией. Без этого нельзя добиться серьезных сдвигов в обеспечении потребностей народного хозяйства в пиломатериалах и изделиях деревообработки, снижении потерь древесины в производстве и ее использовании, роста производительности тру-

да, сокращения нерациональных перевозок лесных грузов по железной дороге, повышения эффективности работы лесопильно-деревообрабатывающей промышленности в целом, улучшения структуры управления предприятиями этой отрасли.

Практическое претворение этого мероприятия, безусловно, потребует значительных капитальных вложений, материальных и трудовых затрат и длительных сроков. Это должно быть учтено при разработке пятилетнего (на 1976—1980 гг.) и перспективного (на 1976—1990 гг.) планов развития народного хозяйства.

Наряду с мерами по концентрации и централизации лесопильного производства должна проводиться работа и по упорядочению и совершенствованию структуры управления предприятиями этой отрасли. Целесообразно, чтобы совершенствование структуры управления было осуществлено на всех ступенях, то есть от предприятия до министерства, и новая структура в полной мере должна отвечать установленным положениям и требованиям.

Для устранения серьезных недостатков в организации работы лесопильной промышленности, помимо мероприятий, которые должны выполняться внутри этой отрасли, целесообразно также внести соответствующие изменения в действующий порядок обеспечения лесопильных предприятий пиловочным сырьем, имея при этом в виду необходимость первоочередной поставки этого сырья предприятиями Минлеспрома СССР, так как лесопильно-деревообрабатывающие заводы и комбинаты этого министерства являются главными поставщиками пиломатериалов и изделий деревообработки для нужд народного хозяйства. Необходимо также принять меры и по укреплению и развитию машиностроительной базы деревообрабатывающего станкостроения, ибо без серьезных сдвигов в этом вопросе отечественная лесопильно-деревообрабатывающая промышленность не сможет достигнуть необходимого технического уровня и решить стоящие перед ней задачи по повышению эффективности лесопильно-деревообрабатывающего производства.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.54

О БОНИТИРОВАНИИ ДРЕВОСТОЕВ
ПОРΟΣЛЕВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

М. В. ДАВИДОВ

Украинская сельскохозяйственная академия

Составлена дифференцированная бонитировочная шкала для бонитирования порослевых насаждений в связи с выявленными особенностями их роста в высоту. Применение ее в практике лесоустройства позволит более правильно классифицировать порослевые насаждения как по продуктивности, так и по энергии роста (типу роста).

В периодической литературе [3], [5], [7] за последние годы некоторое внимание уделено вопросу об особенностях роста и бонитировании древостоев семенного происхождения. При этом были сделаны выводы и предложения, имеющие важное значение как для теории, так и для практики лесного хозяйства.

С этой точки зрения определенный интерес представляет также изучение древостоев порослевого происхождения. Закономерности их роста до сих пор изучены недостаточно. Между тем в настоящее время мы располагаем подробными сведениями об особенностях роста порослевых древостоев дуба, черной ольхи, осины и березы.

Ход роста черноольховых древостоев, как известно, изучен в различных районах европейской части СССР: в брянском лесном массиве [2], Белоруссии [2], [9], украинском Полесье [2], Эстонии [10] и в Литве [1]. В результате были составлены таблицы хода роста древостоев данной породы как местного, так и республиканского значения.

Тщательный анализ названных таблиц позволил прийти к выводу, что рост древостоев черной ольхи в высоту имеет специфические особенности. Оказалось, что в природе, наряду с древостоями «обычного» типа роста (T_0), сравнительно редко встречающимися в наших лесах, большие площади занимают ольшаники, характеризующиеся ускоренным приростом в высоту в молодые годы и убывающей интенсивностью впоследствии (тип роста T_1). При бонитировании их по общепринятой шкале можно удостовериться в том, что сначала они относятся к более высокому классу бонитета, а после 30—40 лет происходит замедление роста, сопровождающееся «падением» бонитета на один класс. Такая же тенденция роста в высоту отмечается в осинниках и березняках.

Не менее важные данные были получены и при изучении опубликованных материалов о росте порослевых дубовых древостоев [4], [6], [8]. Особый интерес здесь представили данные анализа модельных деревьев, срубленных при исследовании хода роста дуба на Украине (Киевская, Полтавская, Волынская и Подольская обл.), в Белоруссии (б. Кошелевская дача) и в Воронежской области (Шипов лес и Теллермановская роща).

Анализируя накопленный материал по исследованию хода роста порослевых дубовых древостоев и используя результаты непосредствен-

ных наблюдений в Шпиловом лесу и на Украине (Киверцовский лесхоз-заг), можно убедиться, что при определенных условиях местопроизрастания (D_3, D_{2-3}) они растут несколько иначе, чем это представлено в опубликованных таблицах хода роста для данной породы. При указанных условиях местопроизрастания, как выяснилось, исследуемые древостои в молодом возрасте растут относительно медленно в высоту, но с 40-летнего возраста энергия роста их возрастает и класс бонитета «повышается», что характерно для древостоев, развивающихся по типу роста с возрастающей интенсивностью (тип роста T_v). Очевидно, что в обоих рассмотренных случаях бонитирование по единой бонитировочной шкале будет сопряжено с неизбежными погрешностями (табл. 1), устранение которых возможно лишь при наличии дополнительных бонитировочных таблиц.

Таблица 1

Возраст, лет	Высота древостоев, м. разных классов бонитета и типов роста					
	I			II		
	по обще- бонитиро- вочной шкале— T_o	дуба— T_v	черной ольхи— T_y	по обще- бонитиро- вочной шкале— T_o	дуба— T_v	черной ольхи— T_y
10	6,1	4,9	8,2	5,1	3,0	6,5
20	12,2	9,4	14,3	10,0	7,7	11,9
30	16,5	13,9	18,1	14,0	11,0	15,4
40	19,7	17,9	20,8	16,8	14,6	18,2
50	22,4	21,4	23,0	19,3	17,3	20,2
60	24,5	24,2	24,5	21,2	20,6	21,6
70	26,4	26,0	25,6	23,0	22,6	22,6
80	27,9	27,5	26,4	24,3	24,7	23,3

Вскрытые особенности роста в высоту порослевых древостоев дуба и черной ольхи послужили основанием для построения двух таблиц: для древостоев с ускоренным и замедленным ростом в высоту в молодые годы. По данным общепобонитировочной шкалы было выполнено графическое и аналитическое выравнивание высот, ограничивающих верхний и нижний пределы классов бонитета. Затем по классам бонитета вычисляли и графически выравнивали средние высоты по пятилетиям. По этим данным определяли вероятные средние высоты по пятилетиям в древостоях соответствующих классов бонитета и типов роста. Для этого использовали редуциционные числа по высоте R_h , которые были найдены по пятилетиям как частное от деления средней высоты древостоя (ольхи, дуба) в данном возрасте и классе бонитета на соответствующую высоту из общепобонитировочной шкалы. Полученные таким путем величины R_h систематизировали по типам роста и классам бонитета: при этом в пределах типа роста, но независимо от класса бонитета, наметилась определенная связь между R_h и возрастом A : для древостоев типа T_y

$$R_h = 0,578 + 1,44A^{-0,286};$$

для древостоев типа T_v

$$\frac{1}{R_h} = 0,66 + 3,12A^{-0,515}.$$

Пользуясь найденными величинами R_h и располагая средними высотами по пятилетиям и классам бонитета, представленными в общепобонитировочной шкале, стало возможным найти вероятные средние вы-

Воз- раст, лет	Высоты порослевых древостоев по классам бонитета*				
	Іа	І	ІІ	ІІІ	ІV
Тип роста Т ₀					
5	3,8—3,2	3,1—2,7	2,6—2,1	2,0—1,5	1,4—1,0
10	7,8—6,8	6,7—5,7	5,6—4,6	4,5—3,5	3,4—2,5
15	11,6—10,1	10,0—8,6	8,5—6,9	6,8—5,4	5,3—3,9
20	15,0—13,3	13,2—11,2	11,1—9,1	9,0—7,2	7,1—5,3
25	17,8—15,9	15,8—13,5	13,4—11,1	11,0—8,9	8,8—6,7
30	20,1—17,9	17,8—15,3	15,2—12,8	12,7—10,3	10,2—7,9
35	22,1—19,7	19,6—16,9	16,8—14,3	14,2—11,6	11,5—9,0
40	24,0—21,3	21,2—18,4	18,3—15,5	15,4—12,7	12,6—9,9
45	25,6—22,8	22,7—19,7	19,6—16,7	16,6—13,7	13,6—10,7
50	27,2—24,1	24,0—21,0	20,9—17,8	17,7—14,6	14,5—11,5
55	28,5—25,4	25,3—21,9	21,8—18,7	18,6—15,4	15,3—12,2
60	29,6—26,4	26,3—23,0	22,9—19,7	19,6—16,2	16,1—12,8
65	30,5—27,3	27,2—23,9	23,8—20,5	20,4—16,9	16,8—13,4
70	31,5—28,2	28,1—24,7	24,6—21,3	21,2—17,7	17,6—13,9
75	32,4—29,1	29,0—25,6	25,5—22,0	21,9—18,1	18,0—14,5
80	33,3—29,8	29,7—26,3	26,2—22,5	22,4—18,6	18,5—15,0
90	34,5—30,9	30,8—27,3	27,2—23,6	23,5—19,7	19,6—16,0
100	35,3—31,9	31,8—28,3	28,2—24,6	24,5—20,7	20,6—17,0
Тип роста Т _у					
5	5,2—4,5	4,4—3,8	3,7—3,1	3,0—2,3	2,2—1,5
10	10,0—8,6	8,5—7,3	7,2—6,0	5,9—4,6	4,5—3,2
15	14,0—12,4	12,3—10,4	10,3—8,4	8,3—6,6	6,5—4,8
20	17,8—15,7	15,6—13,3	13,2—10,8	10,7—8,6	8,5—6,3
25	20,7—18,1	18,0—15,4	15,3—12,6	12,5—10,0	9,9—7,4
30	23,0—20,2	20,1—17,2	17,1—14,3	14,2—11,6	11,5—8,5
35	24,8—21,7	21,6—18,4	18,3—15,6	15,5—12,7	12,6—9,4
40	26,2—23,1	23,0—19,6	19,5—16,7	16,6—13,7	13,6—10,4
45	27,6—24,1	24,0—20,7	20,6—17,6	17,5—14,6	14,5—11,1
50	28,8—25,2	25,1—21,7	21,6—18,5	18,4—15,4	15,3—11,7
55	29,7—26,0	25,9—22,5	22,4—19,3	19,2—16,1	16,0—12,3
60	30,5—26,8	26,7—23,3	23,2—20,1	20,0—16,7	16,6—12,9
65	31,1—27,5	27,4—24,0	23,9—20,7	20,6—17,2	17,1—13,5
70	31,8—28,2	28,1—24,7	24,6—21,4	21,3—17,7	17,6—14,0
75	32,4—28,9	28,8—25,3	25,2—21,9	21,8—18,2	18,1—14,4
80	32,9—29,4	29,3—25,8	25,7—22,4	22,3—18,7	18,6—14,9
90	33,8—30,3	30,2—26,7	26,6—23,2	23,1—19,4	19,3—15,8
100	34,6—31,2	31,1—27,7	27,6—24,1	24,0—20,2	20,1—16,6
Тип роста Т _в					
5	2,3—2,1	2,0—1,8	1,7—1,5	1,4—1,2	
10	5,4—4,5	4,4—3,7	3,6—3,0	2,9—2,3	
15	8,5—7,3	7,2—6,1	6,0—4,6	4,5—3,9	
20	11,5—10,0	9,9—8,3	8,2—6,8	6,7—5,4	
25	14,4—12,4	12,3—10,5	10,4—8,6	8,5—6,9	
30	17,0—14,8	14,7—12,8	12,7—10,5	10,4—8,4	
35	19,2—16,7	16,6—14,4	14,3—12,1	12,0—9,8	
40	21,4—18,7	18,6—16,1	16,0—13,6	13,5—11,1	
45	23,5—20,4	20,3—17,7	17,6—15,0	14,9—12,5	
50	25,3—22,3	22,2—19,4	19,3—16,4	16,3—13,5	
55	27,2—23,8	23,7—20,9	20,8—17,6	17,5—14,7	
60	28,9—25,5	25,4—22,3	22,2—18,8	18,7—15,7	
65	30,2—26,8	26,7—23,5	23,4—20,0	19,9—16,7	
70	31,5—28,1	28,0—24,5	24,4—21,0	20,9—17,6	
75	32,6—29,0	28,9—25,4	25,3—21,9	21,8—18,3	
80	33,7—29,8	29,7—26,2	26,1—22,7	22,6—19,0	
90	35,1—31,3	31,2—27,6	27,5—23,9	23,8—20,1	
100	36,0—32,4	32,3—28,8	28,7—24,8	24,7—21,0	

* Высоты выравнены и интерполированы автором.

соты по классам бонитета, а также установить интервалы между ними. В окончательном виде дифференцированная бонитировочная шкала представлена в табл. 2.

Предлагаемые бонитировочные таблицы, разумеется, являются условной классификационной шкалой, как и общербонитировочная (М. М. Орлова), так как не могут полностью отразить всех особенностей роста древостоев порослевого происхождения. Однако они позволяют более правильно классифицировать их не только по продуктивности, но и по энергии роста в высоту (типу роста), что позволит исключить неточности, возможные при применении единой бонитировочной шкалы. В связи с этим в интересах производства желательным было бы проверить составленную дифференцированную шкалу, чтобы убедиться в пригодности ее для целей лесоустройства.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бутенас Ю. Б. Исследование хода роста черноольховых насаждений Литвы. ВНИИЛМ, вып. 48, 1964. [2]. Давидов М. В. Чорна вільха Европейської частини СРСР. Київ, вид-во УСГА, 1960. [3]. Давидов М. В. Бонитет как единица таксационной классификации насаждений. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1968, № 4. [4]. Давидов М. В. Типы роста дубовых насаждений в Шиповом лесу. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 5. [5]. Козловский Б. Б., Степин В. В. Нужны новые бонитетные шкалы. — «Лесное хозяйство», 1966, № 1. [6]. Науменко И. М. Ход роста порослевого и семенного дуба. — Записки Воронежского сельскохозяйственного института, т. VIII, 1927. [7]. Никитин К. Е. К вопросу бонитирования насаждений. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1959, № 4. [8]. Шустов Б. А. Порослевые дубовые насаждения Южной России. — Труды по лесному опытному делу, вып. 52. Спб., 1914. [9]. Юркевич М. Д., Гельтман В. С., Ловчий Н. Ф. Типы и ассоциации черноольховых лесов. Минск, «Наука и техника», 1968. [10]. Haller V. Uurimasi Mustlepa (*Alnus glutinosa* Paertn.), Kusvu-Kaigust. Tartu, 1932.

Поступила 22 июля 1974 г.

УДК 634.0.232

ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТУР СОСНЫ, СОЗДАНЫХ ПОСАДКОЙ СЕЯНЦЕВ ПУЧКАМИ

Е. Н. НАУМЕНКО, Т. С. СМОГУНОВА

Воронежский лесотехнический институт

Отмечаются особенности формирования 20-летних культур сосны, созданных посадкой сеянцев пучками. Дается сравнительная оценка этих культур с обычными рядовыми посадками с точки зрения их продуктивности, энергии роста и дифференциации деревьев. Рассматриваются особенности размещения корней в пределах био группы, отмечаются случаи их срастания и влияние этого физиологического явления на рост надземной части сосны.

На территории Сомовского лесхоза Воронежской области имеются чистые культуры сосны, созданные рядовой посадкой сеянцев пучками по типу строчно-луночных культур. Они заложены в 1953 г. на темно-серых лесных супесчаных почвах, содержащих в пахотном горизонте около 1,6% гумуса. К моменту исследования сосна имела возраст 20 лет.

Сосну сажали в плужные борозды, число посадочных мест (лунок) 7,7 тыс. шт. на 1 га (0,75 × 1,75 м). В одну посадочную щель высаживали различное число сеянцев, поэтому не представилось возможным

точно установить первоначальную густоту, но к моменту исследования в лунках сохранилось от 1 до 7 сосенок (в среднем 2,5 дерева).

Строчно-луночные культуры созданы среди обычных рядовых посадок с первоначальной густотой 10 тыс. посадочных мест на 1 га (2,0 × 0,5 м). Сравнительная характеристика этих культур по материалам пробных площадей приведена в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Величина показателей в зависимости от варианта посадки		
	строчно-луночный	в том числе лучшие в строчно-луночных посадках	рядовые (контроль)
Густота посадки	7700 лунок	—	10 000 шт.
Размещение, м	1,75 × 0,75	—	2,0 × 0,5
Сохранность			
шт.	14 000	—	7150
%	(5620 лунок)	—	
Распределение деревьев по состоянию и их размеры	73	—	71,5
здоровых ($\frac{\text{шт.}}{\%}$)	$\frac{7530}{53,8}$	$\frac{5620}{—}$	$\frac{4630}{64,8}$
Н, м	7,9	8,4	7,6
Д, см	7,5	8,4	7,8
ослабленных ($\frac{\text{шт.}}{\%}$)	$\frac{3120}{22,3}$	—	$\frac{1110}{15,5}$
Н, м	7,2	—	6,5
Д, см	5,5	—	6,4
отмирающих ($\frac{\text{шт.}}{\%}$)	$\frac{910}{6,5}$	—	$\frac{420}{5,9}$
Н, м	6,2	—	6,1
Д, см	3,9	—	5,3
сухих ($\frac{\text{шт.}}{\%}$)	$\frac{2440}{17,4}$	—	$\frac{990}{13,8}$
Н, м	5,3	—	5,6
Д, см	3,3	—	4,5
Класс бонитета	I—II	I	II
Полнота	1,8	1,0	1,1
Запас, м ³ /га	170	146	114

Данные распределения деревьев по их физиологическому состоянию свидетельствуют о более интенсивном процессе самоизреживания в строчно-луночных культурах. Так, здоровых деревьев на этом участке оказалось на 11% меньше, а усохших на 3,6% больше, чем при одиночном стоянии деревьев. Однако по абсолютному количеству здоровых деревьев большое преимущество сохраняется за строчно-луночными культурами.

В результате густого стояния деревьев в пределах одного посадочного места нарушается нормальное соотношение их высот и диаметров, что особенно характерно для отстающих в росте, ослабленных, отмирающих и сухих деревьев. Разность высот в метрах и диаметров в сантиметрах составила 1,7—2 единицы. Лишь у лучших в био группе особей, которые в дальнейшем формируют насаждение, размеры по высоте и диаметру соответствуют обычным величинам для молодых культур. Эти деревья отличаются интенсивным ростом и составляют основной запас насаждения, превышающий в 20-летнем возрасте запас обычных культур на 22%.

В больших биогруппах из 6—7 деревьев сильно выражена их дифференциация. При этом задерживается рост не только угнетенной части насаждения, но и всех деревьев. Наибольшими размерами отличаются лучшие деревья в группах из 3—4 растений, что необходимо учитывать при создании культур такого типа.

Анализ средних по размерам модельных деревьев позволил вскрыть особенности в росте сравниваемых культур (рис. 1 и 2).

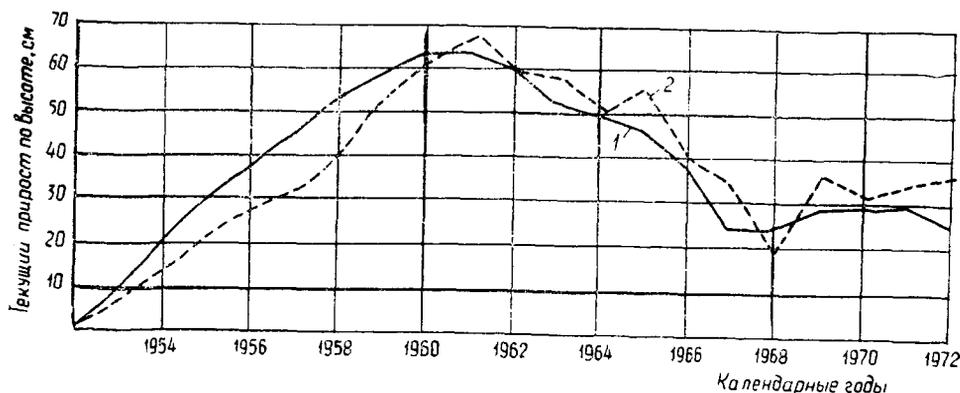


Рис. 1. Текущий прирост культур сосны по высоте на опытном и контрольном участках.
1 — строчно-луночные культуры; 2 — обычные рядовые культуры.

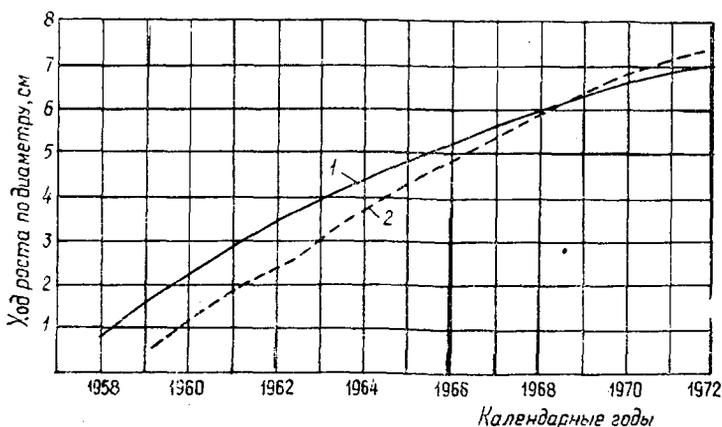


Рис. 2. Ход роста по диаметру культур сосны на опытном и контрольном участках. Обозначения те же.

Для культур, созданных посадкой сеянцев пучками, в отличие от обычных культур характерно относительно плавное изменение текущего прироста. В этом обычно проявляется особенность пустых насаждений, которые благодаря плотно сомкнутому пологу слабее реагируют на изменения погодных условий отдельных лет в сравнении с культурами более редкого стояния.

Второе отличие заключается в том, что примерно до 9—10 лет одично посаженные деревья значительно отставали в росте от групповых посадок, но затем прирост сосны на контрольном участке стал более энергичным, чем в опытных посадках (рис. 1). Это свидетельствует о том, что с возрастом площадь питания для сосны в группах становится недостаточной.

При анализе деревьев в пределах биогрупп было выявлено, что лучшие деревья в момент исследования, как правило, отличались повышенной энергией роста на всем протяжении их жизни, а худшие всегда сильно отставали в росте, что, по-видимому, связано с их наследственной основой. У остальных деревьев в разные периоды жизни наблюдались изменения в их положении в насаждении.

Параллельно с анализом стволов мы занимались раскопкой корней в биогруппах сосны. Поведение корней в культурах с давних пор интересовало многих исследователей ([1], [2] и др.). Как положительное биологическое явление было отмечено срастание корневых систем, в результате которого сильные растения перехватывают воду и минеральные питательные вещества у более слабых и усиливают свой рост.

Нами были отрыты корни сосны в 16 лунках. Внешний их осмотр оставил впечатление полного срастания стержневых и боковых корней. Однако продольные распилы в одиннадцати случаях из пятнадцати показали только тесное переплетение корней. Между ними обычно сохраняется тонкая прослойка коры, а в местах соприкосновения соседних корней годовые кольца сильно сужаются. Это, по-видимому, затрудняет свободное передвижение элементов питания. В соответствии с литературными данными о том, что срастание корней способствует усилению роста сильных экземпляров за счет ослабленных, распилы производили через корни наибольших деревьев в двух взаимно перпендикулярных направлениях. При этом обнаружилось, что корни срастались с корнями как средних, так и ослабленных особей. В одном случае обнаружено параллельное срастание трех стержневых корней, хотя надземная часть у слабого экземпляра сосны отмерла. Срастанию корней предшествовало срастание корневых шеек.

Наиболее крупные деревья с сросшимися корнями не отличались по интенсивности роста от лучших деревьев в лунках, где срастания не было. Возможно, что действие дополнительного подтока зольных элементов питания за счет корней соседних деревьев проявится, когда в биогруппах останется по одному сильному дереву.

Относительно редкая встречаемость срастания корней у отдельных особей (около 30%) не дает достаточного основания, чтобы видеть в срастании главное преимущество культур, создаваемых биогруппами, если даже оно положительно отразится на лучших экземплярах деревьев после уборки остальных.

Мы считаем, что при посадке семян лучками с биологической точки зрения целесообразно вводить в культуры большое количество деревьев, наследственно обладающих не только повышенной энергией роста, но и наибольшей жизнестойкостью. При таком размещении культур сосны в начальном периоде их жизни увеличивается проекция кроны, что способствует лучшему очищению почвы от сорняков. Однако в условиях сложной субори может быть рекомендована посадка не более 4—5 семян в одну щель, поскольку в больших биогруппах ослабляется рост всех особей. За такими насаждениями необходим ранний лесоводственный уход, так как, по данным наших исследований, примерно с 10-летнего возраста положительное взаимовлияние деревьев в биогруппе переходит в отрицательное.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бескаравайный М. М. Биологическая роль срастания корней в естественных сосновых насаждениях. — «Агробиология», 1963, № 5. [2]. Юновидов А. П. Срастание корневых систем сосны в лесу. — «Агробиология», 1951, № 4.

Поступила 25 июня 1974 г.

УДК 634.0.231

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ МОРФОГЕНЕЗА ПОДРОСТА ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

Ю. А. ЗЛОБИН

Ульяновский сельскохозяйственный институт

Рассматривается приложение факторного анализа к параметрам, которые характеризуют жизненное состояние подроста пихты и ели. Приведены оценки уровня целостности морфогенетических процессов и выявлены ключевые признаки, наиболее пригодные для оценки степени угнетения подроста.

Оценка жизненного состояния подроста древесных пород остается актуальной проблемой современного лесного хозяйства [1], [2], [4], [5], [8—12], [15]. Множественность предложенных для этой цели критериев и их явно эмпирический характер свидетельствуют об отсутствии объективной и достаточно универсальной методики. Единственный путь, который позволит найти ключевые параметры, пригодные в качестве индикаторов жизненного состояния подроста, заключается в углубленном изучении морфогенеза подроста, находящегося в разном жизненном состоянии. В результате предпринятого нами изучения особенностей подроста ели и пихты [7] выявлено наличие большого числа коррелятивных связей между морфологическими признаками особей подроста, что нашло подтверждение в работе Н. А. Титова [13].

При числе параметров более 3—4 визуальный анализ корреляционной матрицы является непродуктивным. Свертку имеющейся информации, сведение множества коэффициентов корреляции к небольшому числу внутренних функциональных единиц (факторов) позволяет осуществить факторный анализ [14].

Первый этап факторного анализа — вычисление коэффициентов корреляции между всеми изучаемыми параметрами и составление корреляционной матрицы. На втором этапе вычисляют так называемые общности, представляющие собой суммы квадратов факторных нагрузок (в нашей работе — суммы квадратов коэффициента множественной корреляции — КМК). Эти значения проставляют по главной диагонали корреляционной матрицы. В заключение дают непосредственно факторное решение. Его результатами являются величины вкладов каждого фактора в общее число факторов. Размер вклада по каждому из факторов указывает на их сравнительную важность, число факторов отражает уровень целостности анализируемого комплекса параметров.

На основании выборки из популяции подроста пихты и ели, полученной в ельнике кистлично-липняковом с примесью пихты в древостое (Марийская АССР), были составлены корреляционные матрицы для подроста трех прадаций жизненного состояния. Использованы семь основных морфологических параметров: 1 — годичный прирост главной оси; 2 — годичный прирост боковых осей; 3 — отношение годичного прироста главной оси к годичному приросту боковых осей; 4 — количе-

ство боковых побегов в мутовке; 5 — количество вставочных межмутовочных побегов; 6 — годичный прирост древесины, определяемый по ширине годичных колец на срезах в основании стволиков; 7 — охвоение. Объемы выборок — по 34—36 особей подроста в каждой из трех групп жизненного состояния. Факторный анализ корреляционных матриц (табл. 1) произведен по алгоритмам Г. Хармана [14] на ЭВМ «Мир-1» методом главных факторов с использованием значений КМК в качестве исходных общностей.

Таблица 1

Параметры	1	2	3	4	5	6	7
1	$\frac{0,769}{0,764}$						
2	$\frac{0,733}{0,628}$	$\frac{0,823}{0,682}$					
3	$\frac{0,549}{0,638}$	$\frac{0,426}{0,529}$	$\frac{0,396}{0,491}$				
4	$\frac{0,722}{0,634}$	$\frac{0,788}{0,697}$	$\frac{0,418}{0,358}$	$\frac{0,757}{0,579}$			
5	$\frac{0,482}{0,689}$	$\frac{0,251}{0,679}$	$\frac{0,509}{0,447}$	$\frac{0,403}{0,514}$	$\frac{0,489}{0,666}$		
6	$\frac{0,815}{0,659}$	$\frac{0,783}{0,555}$	$\frac{0,463}{0,379}$	$\frac{0,671}{0,504}$	$\frac{0,393}{0,618}$	$\frac{0,774}{0,540}$	
7	$\frac{-0,347}{-0,329}$	$\frac{-0,337}{-0,213}$	$\frac{-0,363}{-0,378}$	$\frac{-0,117}{-0,181}$	$\frac{-0,388}{0,041}$	$\frac{-0,207}{0,013}$	$\frac{0,442}{0,370}$

Примечание. В числителе коэффициенты корреляции для подроста пихты, в знаменателе — для ели. Номера параметров соответствуют их описанию в тексте.

Таблица 2

Параметры	Пихта			Ель		
	Главные факторы		Общность	Главные факторы		Общность
	F_1	F_2		F_1	F_2	
1	0,89160	0,00399	0,76861	0,88296	-0,12319	0,76402
2	0,85595	0,26349	0,82304	0,82408	0,02549	0,68240
3	0,60280	-0,29331	0,39628	0,64129	-0,31795	0,49075
4	0,81054	0,26761	0,75740	0,72574	0,03496	0,57893
5	0,54535	-0,43919	0,48917	0,77823	0,30278	0,66555
6	0,85184	0,18454	0,77428	0,70385	0,25638	0,54004
7	-0,39546	0,47985	0,44234	-0,25039	0,60507	0,37010
Вклад фактора	3,72735	0,68425	4,45112	3,56042	0,64166	4,09179
Процент исходной общности	83,5	15,4	—	87,0	15,7	—

При анализе факторных решений с объединением подроста разного жизненного состояния по видам древесных пород (табл. 2) видно, что факторные матрицы исчерпываются двумя факторами как у подроста пихты, так и у подроста ели. Получение факторных решений для подроста разных категорий жизненного состояния в отдельности подтверждает эту закономерность, хотя в случае подроста ели был выявлен тре-

тый фактор с вкладом от 7,2 до 18,4%. Небольшое число основных факторов и высокий вклад первого фактора F_1 , составляющий всегда не менее 62,9%, указывают на высокий уровень целостности морфогенетических процессов, сохраняющейся даже при сильном угнетении подростка.

С учетом максимальных нагрузок параметров и характера полярности факторов, первый фактор F_1 интерпретирован как рост. Действительно, максимальный вклад в F_1 дают годовые приросты главной и боковых осей и прирост древесины. Второй фактор F_2 , наибольший вклад в который дает седьмой параметр — охвоение, можно интерпретировать как фактор биологической адаптации, что согласуется с данными других авторов [3] о достоверном изменении охвоения ели и сосны в ряду трофности и влажности почвы. Не исключено, что при анализе более полных корреляционных матриц появится возможность уточнить природу первого и второго морфогенетических факторов и интерпретацию третьего фактора у подростка ели.

Расчет среднего «веса» параметра по каждому фактору и совмещение диаграмм факторных решений позволило охарактеризовать степень изменения морфогенетических факторов в ряду возрастания фитоденотического угнетения подростка. Обнаруженное при этом уменьшение вклада первого фактора и снижение среднего «веса» каждого из параметров по этому фактору означает некоторое снижение уровня целостности морфогенетических процессов по мере нарастания угнетенности подростка. Поскольку это снижение вклада заметнее у пихты, чем у ели (86,2% против 76,0% при сильном угнетении), можно заключить, что в данных лесорастительных условиях пихта оказывается более стойкой к угнетению. Закономерных изменений вклада по второму фактору при возрастании угнетения подростка не обнаружено.

При рассмотрении размеров последовательных смещений вкладов по первому и второму факторам для трех ступеней жизненного состояния подростка отмечается равнозначность шага смещений у подростка пихты и заметная оближенность подростка ели среднего и сильного угнетения. Очевидно, морфогенетические различия у подростка ели этих двух категорий менее существенны, чем у пихты. Сходство в морфогенезе подростка ели среднего и сильного угнетения было ранее нами установлено другим независимым методом [6]. Совпадение результатов является подтверждением информативной ценности факторного анализа.

Обобщая результаты факторных решений, можно заключить, что с достаточной полнотой уровень угнетения подростка ели и пихты может быть оценен, во-первых, признаками, отражающими рост подростка (годовой прирост главной и боковых осей, соотношение приростов главной и боковых осей) и, во-вторых, признаками, отражающими состояние хвои подростка (число хвоинок на единицу длины побега, длина, поверхность и цвет хвои). Факторный анализ как метод многомерной статистики можно с полным правом считать приемлемым и эффективным при изучении морфогенеза древесных растений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алексеев В. И. Текущий прирост — важный признак жизнеспособности подростка ели. — «Лесное хозяйство», 1973, № 6. [2]. Афанасьев А. В. О показателях состояния и жизнеспособности ели. — ИВУЗ «Лесной журнал», 1965, № 3. [3]. Вайчис М. В., Руткаускас А. Ю. Корреляционная связь между длиной хвои и трофностью лесных почв. — В сб.: Материалы конференции, посвященной 10-летию Литовского филиала Всесоюзного общества почвоведов. Каунас, 1969. [4]. Гаас А. А. К вопросу об определении жизнеспособности подростка. — Труды СибНИИЛПа, вып. 12, 1965. [5]. Еремин Н. В. Метод определения степени жизне-

способности сеянцев ели и сосны по интенсивности смолывыделения. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 4. [6]. Злобин Ю. А. Морфогенез особой подростка ели и пихты в условиях фитоценологического угнетения. — «Ученые записки Марийского государственного педагогического института», т. 30, 1968. [7]. Злобин Ю. А. Оценка качества подростка древесных растений. — «Лесоведение», 1970, № 3. [8]. Касимов В. Д. Классификация елового подростка под пологом леса. — «Лесное хозяйство», 1960, № 7. [9]. Котляров А. Е. К методике оценки качественного состояния подростка сосны. — В сб.: Возобновление в лесах Сибири. Красноярск, 1965. [10]. Максимов В. Е. К вопросу о некоторых физиологических признаках жизнеспособности елового подростка. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1968, № 3. [11]. Парамонов Е. Г. Разделение подростка сосны по жизнеспособности. — «Лесное хозяйство», 1972, № 5. [12]. Савченко А. М. Признаки жизнеспособности подростка пихты сибирской. — «Лесное хозяйство», 1965, № 5. [13]. Титов Н. А. О закономерных связях морфологических признаков елового подростка. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 6. [14]. Харман Г. Факторный анализ. М., «Статистика», 1972. [15]. Чмыр А. Исследование степени угнетенности ели под пологом лиственных молодняков. — В сб.: Состояние возобновления и пути формирования молодняков на концентрированных вырубках северо-запада европейской части СССР. Архангельск, 1971.

Поступила 23 сентября 1974 г.

УДК 634.0.232 : 631.8

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В КУЛЬТУРАХ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО И ДУБА КРАСНОГО

И. К. БЛИНЦОВ, А. А. ВАЛАХАНОВИЧ

Белорусский технологический институт

Излагаются результаты восьмилетнего опыта выращивания культур дуба черешчатого и дуба красного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве путем применения минеральных удобрений и люпина многолетнего.

Среди новых путей повышения продуктивности лесов и интенсификации лесного хозяйства немалое место отводится химизации и биологической мелиорации. Одно из перспективных мероприятий по повышению продуктивности насаждений и сокращению сроков их выращивания — применение удобрений в лесодефицитных районах страны.

Целью нашего опыта было изучение эффективности применения минеральных удобрений и многолетнего люпина многолистного в культурах дуба и создание оптимальных условий для его роста в первые 8—10 лет, когда дуб растет медленно. Весной 1966 г. мы закладывали опытные культуры дуба черешчатого и красного в Негорельском учебно-опытном лесхозе Минской области. Почва дерново-подзолистая, легкосуглинистая (табл. 1, по Н. А. Качинскому) на морене, вышедшая из-под ельника дубняково-кисличного, вырубленного и раскорчеванного в 1965 г. Перед посадкой участок продискован с целью выравнивания микроповышений. Культуры создавали посадкой однолетних сеянцев дуба и посевом желудей по 3—5 шт. в лунку. Размещение культур 1,5 м между рядами и 0,7 м в ряду. Исследования проводили по следующим вариантам опыта: контроль, NPK, люпин, люпин + PK. Минеральные удобрения вносили ранней весной из расчета $N_{60}P_{90}K_{90}$ кг/га, а люпин многолетний вводили в междурядья культур по методике проф. Б. Д. Жилькина из расчета 20 кг/га чистых семян.

Данные агрохимического анализа почвы до создания культур (табл. 2) показали, что содержание гумуса в почве невелико, реакция кислая. Степень насыщенности основаниями небольшая, почва сильно выщелочена и оподзолена.

Таблица 1

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Потеря от HCl	Содержание, %, фракции, мм							
			3-1	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
A ₁	3-14	2,1	0,5	10,5	21,2	42,7	8,9	6,8	7,3	23,0
A ₂	25-35	8,7	0,2	20,6	43,0	17,8	2,6	3,8	3,3	9,7
A ₂ B ₁	55-65	8,8	—	21,3	28,0	21,3	3,7	6,2	10,7	20,6
B ₂	100-110	8,2	—	20,0	29,4	21,2	2,0	5,8	13,4	21,2
B ₂	150-160	7,7	0,1	31,4	19,7	16,8	4,7	4,7	15,9	25,3

Таблица 2

Горизонт	Глубина взятия образца, см	KCl	Гидролити- ческая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Емкость поглощения	Степень на- сыщенности почвы осно- ваниями, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	Al'''	Гумус	Азот
							мг - экв на 100 г почвы		мг на 100 г почвы		% на сухую навеску
A ₁	3-14	4,13	6,05	2,28	8,33	27,37	0,82	4,8	9,7	1,58	0,092
A ₂	25-35	4,62	1,74	1,23	2,97	41,41	3,28	3,6	1,9	0,31	0,020
A ₂ B ₁	55-65	4,23	2,07	3,23	5,30	60,94	0,91	5,0	4,6	0,25	0,016
B ₂	100-110	3,98	3,65	3,42	7,07	48,37	5,76	6,7	13,2	—	—
B ₂ C	150-160	3,87	3,73	5,60	9,33	60,02	15,13	7,5	10,9	—	—

Таблица 3

Вариант	Высота, см						Диаметр у шейки корня, мм					
	$M \pm m$	$\pm \sigma$	V, %	P, %	Сравниваемые пары	t	$M \pm m$	$\pm \sigma$	V, %	P, %	Сравниваемые пары	t
Дуб черешчатый												
Контроль	$111,3 \pm 7,2$	51,7	46,4	6,4	—	—	$20,1 \pm 1,5$	7,6	37,9	7,4	—	—
	$124,9 \pm 6,5$	47,0	37,6	5,2			$23,3 \pm 1,2$	9,0	38,6	5,3		
НРК	$179,9 \pm 9,7$	73,6	40,9	5,5	НРК — контроль	5,6	$33,5 \pm 1,8$	13,5	40,2	5,3	НРК — контроль	5,7
	$161,6 \pm 7,7$	57,3	35,4	4,7			$33,1 \pm 1,3$	9,7	29,3	3,9		
Люпин	$259,0 \pm 9,4$	66,5	26,0	3,6	Люпин — контроль	12,4	$36,2 \pm 2,1$	15,3	42,2	6,2	Люпин — контроль	5,3
	$244,8 \pm 9,3$	67,6	27,6	3,7			$38,9 \pm 1,7$	12,3	31,7	4,3		
Люпин + РК	$285,0 \pm 8,9$	65,6	23,0	3,1	Люпин + РК — контроль	15,1	$38,5 \pm 1,4$	10,6	27,4	3,7	Люпин + РК — контроль	8,9
	$277,8 \pm 7,6$	66,1	23,8	2,7			$42,4 \pm 1,2$	9,8	23,1	2,9		
Дуб красный												
Контроль	$118,0 \pm 7,2$	53,3	45,1	6,0	—	—	$17,0 \pm 0,9$	6,4	37,5	5,0	—	—
	$115,0 \pm 7,9$	56,8	49,4	6,9			$19,5 \pm 1,1$	8,2	42,2	5,9		
НРК	$160,4 \pm 8,1$	62,1	38,7	5,0	НРК — контроль	3,9	$21,9 \pm 0,9$	6,6	30,2	3,9	НРК — контроль	4,0
	$148,4 \pm 8,2$	60,0	40,4	5,5			$24,0 \pm 1,4$	10,1	42,1	5,7		
Люпин	$216,8 \pm 10,2$	78,5	36,2	4,7	Люпин — контроль	7,9	$25,3 \pm 1,2$	9,1	36,0	4,6	Люпин — контроль	6,3
	$235,0 \pm 10,9$	80,8	33,9	4,6			$33,2 \pm 1,8$	13,4	40,2	5,4		
Люпин + РК	$275,0 \pm 9,8$	61,6	22,7	3,6	Люпин + РК — контроль	12,9	$33,3 \pm 1,8$	11,3	34,0	5,4	Люпин + РК — контроль	8,1
	$275,4 \pm 10,3$	76,7	27,8	3,7			$37,8 \pm 1,7$	12,8	33,9	4,5		

Примечание. В числителе данные для дуба, созданного посевом; в знаменателе — посадкой.

Уже в первые годы после внесения минеральных удобрений и введения люпина в культуры несколько улучшились агрохимические и водно-физические свойства почвы. Наилучшие показатели имеем в варианте комплексного применения минеральных удобрений и люпина. Благодаря накоплению органической массы люпина, после отмирания его в конце вегетации, содержание гумуса в верхнем горизонте почвы возросло в 1,4 и 1,9 раза соответственно в вариантах люпин и люпин + РК, а в варианте НРК — в 1,1 раза в сравнении с контролем. В секциях с люпином почва содержит в несколько раз больше подвижного фосфора, чем в остальных вариантах, что, вероятно, связано с особенностями совместного произрастания многолетнего люпина и сосны. Люпин способен превращать труднорастворимые соединения фосфорной кислоты в более доступные формы потребления*. Для дерново-подзолистой почвы эта закономерность с наибольшим эффектом проявляется в варианте люпин + РК.

Обменного калия в почве по вариантам НРК, люпин и люпин + РК было больше в сравнении с контролем соответственно на 16,33; 2,23 и 15,99 мг/100 г почвы.

Анализы показали, что в результате применения минеральных удобрений и люпина несколько улучшились и водно-физические свойства почвы. Порозность почвы под влиянием люпина увеличилась на 10%, а под действием НРК — на 4% по сравнению с контролем, возросла также и воздухоёмкость. Люпин несколько повышает полевую влагоёмкость почвы и уменьшает ее влажность.

Исследования показали также, что содержание хлорофилла в листьях дуба черешчатого и дуба красного изменяется в зависимости от сезона года, вида минеральных удобрений и люпина. В период наиболее интенсивного прироста по высоте (июнь) содержание компонентов хлорофилла в листьях дуба было самым высоким, причем у дуба красного значительно больше, чем у черешчатого. С июля количество хлорофилла уменьшилось и удерживалось почти на одинаковом уровне до начала сентября и только с началом пожелтения листвы отмечено довольно резкое снижение его, особенно в листьях дуба красного в вариантах контрольных и НРК. Улучшение условий почвенного питания заметно влияет на накопление пигментов в листьях дуба. Зеленые пигменты в листьях дуба сохраняются гораздо дольше на секциях с люпином и особенно с люпином + РК.

Для учета влияния изменившихся почвенных условий на рост культур осенью 1973 г. обмерены высота и диаметр дубков (табл. 3).

Наши исследования показали, что минеральные удобрения и многолетний люпин на дерново-подзолистой лепкосуглинистой почве, даже по истечении восьмилетнего периода, оказывают свое влияние на рост культур дуба. Комплексное использование минеральных удобрений люпина увеличивает прирост культур дуба черешчатого в 2,5—2,2 раза и дуба красного в 2,3 раза по сравнению с контролем. Люпин, обогащая почву элементами питания и создавая боковое отенение, улучшает рост молодого дуба. Несколько изменяются и биологические особенности дуба: он начинает быстрее расти в молодости, и темп роста не ослабевает к восьми годам.

* Лахтанова Л. И. Биологические основы взаимодействия сосны и люпина. Автореферат кандидатской диссертации. Минск, 1969.

УДК 634.0.231.32.

ИЗМЕНЕНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ЕЛИ ПРИ УХОДЕ ЗА ЛЕСОМ

И. С. МАРЧЕНКО

Брянский технологический институт

На примере разреживания путем интенсивных рубок и кольцевания осинового насаждения с 12-летними культурами ели под пологом показано влияние измененной среды на жизнеспособность елового подростка.

Возрастные изменения в растении протекают с разной скоростью и зависят от ряда условий, среди которых наиболее существенны взаимодействия между частями организма и влияние условий внешней среды. К числу морфологических признаков, характеризующих состояние древесных организмов и его изменения, относится соотношение размеров текущего и среднего прироста по высоте и объему*.

Для установления влияния способа ухода на изменение жизнеспособности ели на пробной площади в квартале 20 Карачижско-Крыловского лесничества у 120 учетных деревьев в течение трех лет после ухода проводили замеры диаметров и высот на секциях: без ухода, с уходом по Наставлению (УСН) и способом кольцевания (УСК) интенсивностью по массе соответственно 68 и 60%.

Насаждение до ухода было представлено 12-летними культурами ели, сомкнутость — 1,0. По участку возобновилась осина. Средняя высота осины — 7 м, ели — 2,6 м; густота ели — 2,5, осины — 13,5 тыс. шт./га; запас 25 м³, тип насаждения — ельник липняковый.

Уход по Наставлению выполнен 30 мая 1970 г., способом кольцевания лиственных пород — в январе 1970 г. Изменение роста ели выявляли для деревьев трех категорий крупности: крупных — высотой более 4,0 м, средних — от 2,5 до 4,0 м и мелких — менее 2,5 м.

При уходе по Наставлению (УСН), а также способом кольцевания (УСК) создаются различные условия формирования нового насаждения, которые отражаются в величинах прироста по диаметру и в высоту.

Независимо от категории крупности деревьев больший прирост отмечается на секции с уходом кольцеванием. Различия в приростах у крупных деревьев составили 26%, у средних — 23,6% и у мелких — 1,9% (табл. 1). За три года после ухода значительно изменились и высоты у мелких елей, меньше — у средних и остались почти без изменений — у крупных.

Изменился и средний сбеж ствола: уменьшился как на секции непрореженной, так и на опытных участках. Лишь у мелких деревьев на контрольной секции средний сбеж ствола стал увеличиваться, что говорит об усилении процесса онтогенетического старения данной категории елей.

* Горшенин Н. М., Криницкий Г. Т., Савич И. П. Влияние травяного покрова вырубок на возобновление бука европейского и методы определения жизнеспособности подростка. — «Лесоведение», 1972, № 4.

Таблица 1

Способ ухода	Прирост по диаметру ствола ели			Прирост по высоте ствола ели		
	крупной	средней	мелкой	крупной	средней	мелкой
УСН	0,1165	0,1233	0,1494	0,1569	0,1809	0,1815
	133,3	136,4	133,4	108,1	114,8	182,2
УСК	0,1392	0,1446	0,1515	0,1513	0,2061	0,2433
	159,3	160,0	135,3	104,2	130,8	244,3
Контроль	0,0874	0,0904	0,1120	0,1452	0,1576	0,0996
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Примечание. В числителе — относительные данные; в знаменателе — в процентах к контролю.

Отмеченные особенности в формировании ствола при различных способах ухода явились следствием изменившихся условий, что нашло отражение в изменении соотношений между текущим и средним приростом деревьев.

По сравнению с годом, предшествовавшим уходу (1969), у крупных елей на контрольной секции отношение текущего прироста к среднему в 1970/71 г. несколько повысилось, а к 1972 г. уменьшилось. У средних и мелких елей отмечается падение приростов, что является следствием плохих условий роста ели под пологом осинника (табл. 2).

Таблица 2

Способ ухода	Соотношение текущего и среднего приростов ели в высоту			
	1969 г. (до ухода)	1970/71 г.	1971/72 г.	1972 г.
Крупные ели				
УСН	1,85	1,66	2,00	2,28
УСК	2,05	1,73	1,98	2,36
Контроль	1,79	2,08	1,97	1,66
Средние ели				
УСН	2,12	1,90	2,24	2,85
УСК	2,33	2,37	2,52	2,81
Контроль	2,05	1,87	1,87	1,77
Мелкие ели				
УСН	2,40	1,79	2,11	2,98
УСК	2,07	2,57	2,82	3,43
Контроль	1,44	1,45	1,38	1,21
В целом по насаждению				
УСН	2,04	1,78	2,12	2,71
УСК	2,14	2,25	2,48	2,93
Контроль	1,84	1,79	1,75	1,68

На секции с уходом по Наставлению у крупных, средних и мелких елей текущий прирост в высоту падает в первый и второй годы после ухода, причем быстрее приспособляются к новым условиям крупные и средние деревья, чем мелкие.

Совсем по-другому чувствует себя ель на секции с уходом кольцеванием. Здесь текущий прирост в высоту снизился только у крупных деревьев. У средних и мелких елей, которые преобладают в насаждении, прирост все время увеличивался.

В целом по насаждению прирост в высоту у ели медленно падает на контроле. На секции с уходом по Наставлению в первые два года прирост снизился и только на третий год достиг уровня, каким был до ухода. При уходе способом кольцевания прирост ели в высоту все время увеличивался.

Однако средние цифры по насаждению не совсем объективно отражают влияние изменившихся условий на жизнеспособность ели. Поэтому было вычислено соотношение деревьев, увеличивших, уменьшивших и не изменивших свой прирост в высоту через один, два и три года после ухода (табл. 3).

Таблица 3

Способ ухода	Распределение деревьев, %, с учетом изменения прироста в высоту		
	Увеличение	Без изменений	Уменьшение
Через год после ухода			
УСН	32,2	7,1	60,7
УСК	42,4	9,1	48,5
Контроль	51,5	9,1	39,4
Через два года после ухода			
УСН	35,8	7,1	57,1
УСК	81,8	6,1	12,6
Контроль	36,4	3,0	60,6
Через три года после ухода			
УСН	87,5	—	12,5
УСК	92,5	—	7,5
Контроль	32,5	—	67,5

Если при уходе кольцеванием разреживание имело отрицательные последствия только в течение одного вегетационного периода для меньшего, чем половина, числа деревьев, то при уходе по Наставлению ель в течение двух вегетационных периодов испытывала отрицательное влияние среды. Число деревьев с уменьшившимся приростом осталось почти таким же, как и в первый вегетационный период. И только на третий год значительно уменьшилось число деревьев, которые еще не достигли темпов роста уровня 1969 г.

Таблица 4

Способ ухода	Распределение деревьев, %, с учетом изменения прироста в высоту	
	Увеличение	Уменьшение
Крупные ели		
УСН	75	25
УСК	83,3	16,7
Контроль	20,0	80,0
Средние ели		
УСН	88	12
УСК	85,7	14,3
Контроль	28,6	71,4
Мелкие ели		
УСН	100	—
УСК	100	—
Контроль	57,1	42,9

При этом среди крупных елей такие деревья составили 25%, тогда как на секции с кольцеванием — 16,7%, среди средних елей их оказалось 12 и 14,3% соответственно, мелкие же деревья все оправились и увеличили прирост в высоту (табл. 4).

Изложенное позволяет сделать вывод, что лучшие условия роста для ели образуются при уходе способом кольцевания.

УДК 634.0.161.4

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ И СОДЕРЖАНИЯ АЗОТА В ХВОЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

П. В. ЛИТВАК

Житомирский сельскохозяйственный институт

Обсуждается вопрос о снижении влажности хвои в период роста побегов. Показано, что хвоя сосны, кроме фотосинтеза, выполняет специфическую роль запасающего органа. Поэтому резкое снижение оводненности хвои в период роста побегов зависит не только от транспирации, но и от превращения запасных пластических веществ в транспортные формы и их отток к точкам роста.

Вопросы оводненности вегетативных органов растений привлекали внимание многих исследователей. Большинство из них рассматривали проблему водного режима на примере сельскохозяйственных культур в связи с их засухоустойчивостью и поливным земледелием. Вопросы оводненности древесных растений, в частности, их листьев, в специальной литературе освещены еще недостаточно. Слабо изучены сезонные изменения влажности у хвойных пород. Как отмечает Н. П. Курбатский [1], у всех вечнозеленых хвойных древесных пород северного полушария установлено весеннее снижение влаги в хвое, совпадающее по времени с ростом побегов. Это своеобразное явление исследователи объясняли внешними условиями [3—6].

Наши наблюдения проведены на экологических стационарах Полесской агролесомелиоративной опытной станции УкрНИИЛХА. Стационары были заложены в 1957 г. в средневозрастных сосновых насаждениях: в сосновых борах — свежем (A_2), влажном (A_3), сыром (A_4) и дубово-сосновых суборах — свежей (B_2), влажной (B_3) и сырой (B_4). Исследовали хвою, одно- и двухлетние стебли, ветви, ствол на высоте 1,3 м и корни. Образцы отбирали в 10—11 ч. из средней части кроны 5—7 средних модельных деревьев каждого стационара. Краткая табличная характеристика и температурный режим почв участков приведены нами ранее [2].

Применение новых методов в экспериментальных исследованиях и рассмотрение растения как целостной открытой динамической системы позволило связать процессы водообмена с общим процессом обмена веществ. В познании жизнедеятельности растений наиболее важен вопрос о водном и азотном обмене.

Наблюдения показали, что содержание воды в хвое зависит как от уровня онтогенетического развития, так и от экологических условий. Наибольшая оводненность наблюдалась в начале образования хвои (свыше 300%) — табл. 1. В дальнейшем с замедлением ростовых процессов она снижается. Так, в хвое первого года жизни с июня по декабрь на всех участках запас влаги снизился более чем в два раза. Если судить по изменению влажности хвои, то в условиях сырых боров и суборей в летний период процессы старения несколько замедляются, по сравнению со свежими и влажными, так как в первые месяцы жизни хвоя наиболее оводнена. В зимние периоды, когда на этих

Таблица 1

Стационар	Содержание воды в хвое сосны на стационарах, %, по месяцам									
	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XII
A ₂	$\frac{—}{130}$	$\frac{—}{133}$	$\frac{—}{134}$	$\frac{—}{107}$	$\frac{311}{135}$	$\frac{224}{139}$	$\frac{184}{127}$	$\frac{146}{125}$	$\frac{143}{117}$	$\frac{132}{115}$
A ₃	$\frac{—}{131}$	$\frac{—}{125}$	$\frac{—}{126}$	$\frac{—}{114}$	$\frac{327}{136}$	$\frac{246}{137}$	$\frac{209}{128}$	$\frac{155}{133}$	$\frac{150}{127}$	$\frac{129}{122}$
A ₄	$\frac{—}{126}$	$\frac{—}{117}$	$\frac{—}{125}$	$\frac{—}{110}$	$\frac{339}{129}$	$\frac{259}{127}$	$\frac{217}{120}$	$\frac{167}{121}$	$\frac{151}{118}$	$\frac{132}{117}$
B ₂	$\frac{—}{132}$	$\frac{—}{139}$	$\frac{—}{116}$	$\frac{—}{101}$	$\frac{321}{128}$	$\frac{255}{129}$	$\frac{193}{122}$	$\frac{146}{119}$	$\frac{144}{119}$	$\frac{134}{117}$
B ₃	$\frac{—}{130}$	$\frac{—}{136}$	$\frac{—}{117}$	$\frac{—}{108}$	$\frac{332}{122}$	$\frac{262}{123}$	$\frac{222}{125}$	$\frac{151}{127}$	$\frac{147}{123}$	$\frac{145}{120}$
B ₄	$\frac{—}{115}$	$\frac{—}{117}$	$\frac{—}{108}$	$\frac{—}{99}$	$\frac{344}{115}$	$\frac{269}{117}$	$\frac{231}{123}$	$\frac{153}{122}$	$\frac{133}{120}$	$\frac{128}{119}$

Примечание. В числителе содержание воды в хвое в год ее появления; в знаменателе — на второй год.

участках влажность почвы была избыточной, картина резко менялась: оводненность ткани мезофилла снижалась по сравнению с хвоей свежих и влажных условий. Как видно, ухудшение аэрации в зоне корней влияет на водный режим хвои.

На всех участках мы также наблюдали характерное снижение содержания влаги в хвое в мае, когда идет интенсивный рост побегов. В июне — июле оводненность хвои снова возрастает, а затем посте-

Таблица 2

Дата отбора образца	Год образования хвои	Содержание общего азота (числитель) и белкового (знаменатель), % к сухому весу, на стационарах					
		A ₂	A ₃	A ₄	B ₂	B ₃	B ₄
25.VI.68 г.	1967	$\frac{0,93}{0,87}$	$\frac{1,01}{0,96}$	$\frac{0,95}{0,92}$	$\frac{1,16}{1,11}$	$\frac{1,02}{0,99}$	$\frac{0,96}{0,91}$
17.IX.68 г.	1967	$\frac{1,12}{1,08}$	$\frac{0,97}{0,93}$	$\frac{1,31}{1,26}$	$\frac{1,23}{1,11}$	$\frac{1,06}{0,97}$	$\frac{1,13}{1,05}$
22.X.68 г.	1967	$\frac{1,07}{1,06}$	$\frac{1,11}{1,05}$	$\frac{1,36}{1,29}$	$\frac{1,48}{1,38}$	$\frac{1,23}{1,04}$	$\frac{1,26}{1,23}$
14.III.69 г.	1967	$\frac{1,17}{1,08}$	$\frac{1,22}{1,14}$	$\frac{1,48}{1,12}$	$\frac{1,50}{1,09}$	$\frac{1,46}{1,02}$	$\frac{1,31}{0,96}$
28.V.69 г.	1967	$\frac{0,96}{0,84}$	$\frac{0,98}{0,91}$	$\frac{1,07}{0,90}$	$\frac{1,18}{1,04}$	$\frac{1,06}{0,93}$	$\frac{1,10}{0,90}$
26.VII.69 г.	1967	0,79	0,86	0,89	0,87	0,93	0,91
22.IX.69 г.	1968	1,14	1,03	1,25	1,38	1,20	1,22
28.X.69 г.	1968	1,26	1,24	1,20	1,32	1,38	1,28
28.X.69 г.	1967	0,61	0,63	0,63	0,64	0,65	0,66
28.X.70 г.	1969	1,39	1,39	1,44	1,40	1,54	1,26
28.X.70 г.	1970	1,38	1,39	1,37	1,55	1,27	1,32
3.VI.71 г.	1969	0,92	0,97	1,02	0,98	1,12	1,04
3.VI.71 г.	1970	1,01	0,99	1,00	1,03	1,14	1,08

ленно снижается. Если бы на этот процесс влияние оказывали только такие внешние факторы, как влажность воздуха или почвы, то резкое снижение запасов воды в хвое в Полесье следовало бы ожидать не в мае, а в августе — сентябре, когда запасы воды в почве минимальны. Однако в действительности в это время хвоя оводнена больше, чем в мае. Учитывая литературные данные [1], [3—6] и результаты наших исследований (табл. 1), очевидно, можно заключить, что снижение оводненности хвои весной в период роста побегов является биологической особенностью вечнозеленых хвойных пород. Во время интенсивного роста побегов сосны, как показывают материалы, снижаются также запасы общего и белкового азота в хвое (табл. 2). Это явление, в первую очередь, подтверждает предположение о том, что водообмен растений является неотъемлемой частью целостного процесса обмена веществ. Поэтому изменение содержания влаги в это время не следует рассматривать в отрыве от всей жизнедеятельности растений и относить его только за счет внешних факторов. Снижение влажности в этот период позволяет предположить, что водообмен связан с азотным обменом и общим обменом веществ.

На всех участках запас азота в хвое был самым высоким в марте. Минимум его приходится на конец мая — июнь, а затем, несмотря на неравномерность поступления, все же отчетливо прослеживается возрастание содержания азота, и к началу вегетации снова наблюдается его максимум. Резко уменьшается запас азота в опадающей хвое (28. X 1969 г.), когда количество его снижается до 0,61—0,66%.

Наши данные позволяют заключить, что наряду с закономерным снижением оводненности хвои сосны в период интенсивного роста побегов наблюдается также уменьшение азотистых соединений в клетках хвои. Очевидно, снижение оводненности хвои в мае на всех участках не может быть в полной мере объяснено внешними факторами. Это прежде всего результат превращения и оттока из хвои имеющихся запасных пластических веществ к верхушечным образовательным тканям. Как видно, мезофилл хвои кроме функции воздушного питания выполняет еще роль запасающей ткани. По-видимому, резкое снижение содер-

Таблица 3

Время суток, час.	Изменение влажности хвои, % к сухому весу, на станциях					
	A ₂	A ₃	A ₄	B ₂	B ₃	B ₄
5	145	146	144	138	135	135
6	148	150	157	138	132	122
7	146	152	154	130	137	122
8	143	143	151	130	133	115
9	140	145	144	133	135	120
10	137	142	147	130	127	120
11	134	137	142	129	128	118
12	140	140	144	131	122	122
13	131	146	144	126	125	116
14	136	136	144	122	122	114
15	133	138	139	122	126	117
16	131	136	127	130	128	119
17	131	140	139	115	128	121
18	134	137	143	129	127	117
19	130	148	140	116	124	109
20	134	143	143	127	127	118
21	141	143	140	134	129	119
Среднее	137	142	144	128	128	119

жания воды в это время связано не только с ее расходом на транспирацию, но и на превращение запасных веществ (преимущественно белковых) в транспортные формы и их передвижение к точкам роста.

Помимо сезонных изменений важным фитобиологическим вопросом является суточное изменение оводненности хвои в период вегетации, которое в определенной мере характеризует режим транспирации и фотосинтеза. На протяжении 1967 и 1968 гг. в группе боров А₂, А₃, А₄ было проведено 19, а в группе суборей (В₂, В₃, В₄) — 7 наблюдений за световые дни (табл. 3). Из полученных данных отчетливо видно, что оводненность хвои в среднедневные часы снижается с определенной ритмичностью, что связано с работой фотосинтетического и транспирационного аппаратов. Это свидетельствует о наличии регуляторных механизмов, которые, возможно, влияют не только на суточную, но и на сезонную оводненность органов растений.

Итак, в хвое сосны в первый вегетационный период накапливаются запасные вещества, которые используются в следующий вегетационный период. В мае в связи с оттоком этих веществ резко снижается оводненность хвои. По-видимому, можно полагать, что у сосны, как и у других хвойных, участие хвои в обеспечении образовательных тканей пластическими веществами — одно из условий, вызвавших сохранение ее в течение нескольких лет.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Курбатский Н. П. Сезонные изменения влажности хвои у вечнозеленых древесных пород тайги. — «Лесоведение», 1972, № 2. [2]. Литвак П. В. Многолетние наблюдения за температурой почвы в сосновых насаждениях Полесья УССР. — «Лесоведение», 1970, № 6. [3]. Молчанов В. П. Об изменении влажности хвои сосны обыкновенной в связи с верховыми пожарами. — «Ботанический журнал», 1957, т. 42, № 2. [4]. Тольский А. П. К вопросу о влиянии метеорологических условий на развитие сосны в Бузулукском бору. — Труды по лесному опытному делу в России, вып. 47, 1913. [5]. Томчук Р. И., Томчук Г. Н. Древесная зелень и ее использование. М., «Лесная промышленность», 1966. [6]. Jan-Wagner, G. E. Seasonal variation in moisture content of eastern Canadian tree foliage and the possible effect crown fires. Forestry Branch Departmental Publication, № 1204. Ottawa, 1967.

Поступила 29 сентября 1974 г.

УДК 634.0.14.35.

ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА ГУМУСА ПОДЗОЛОВ СОСНЯКА ЧЕРНИЧНОГО И СОСНОВОГО МОЛОДНЯКА В СРЕДНЕЙ ПОДЗОНЕ ТАЙГИ

Л. Н. ФРОЛОВА, А. С. КОЗОБРОДОВ

Архангельский лесотехнический институт

Исследован групповой и фракционный состав гумуса подзолов. По данным оптической плотности гуминовых кислот определены качественные особенности кислот. Выявлено влияние почвенной растительности на состав гумуса.

В познании процессов формирования генетического типа почв, а также при оценке их лесорастительных свойств важное значение приобретают данные о составе гумуса. Сложный процесс синтеза гумусовых веществ в почвах определяется многими факторами [4], [5]. Установлено [2], что количество накапливающегося гумуса и его качественный состав в почвах южной тайги под древесной и травянистой растительностью зависят от характера растительного опада. В составе

гумусовых веществ, образовавшихся под травами, преобладают фракции, связанные с кальцием и характеризующиеся большей оптической плотностью.

В северной части средней подзоны тайги нами изучен состав гумуса маломощных подзолов спелого сосняка черничного (6С2Лц2Е, 140 лет, III класс бонитета) и соснового молодняка первого класса возраста, образовавшегося после рубки сосняка черничного (6С2Б1Лц1Е, 15 лет, II класс бонитета). В напочвенном покрове соснового молодняка, наряду с кустарничково-моховой растительностью, много трав (луговик извилистый, герань лесная, майник двулистный, костяника, вейник, марьянник).

В табл. 1 и 2 приведены данные о механическом составе и некоторых химических свойствах изучаемых почв. Маломощные подзолы развиваются на легком суглинке, подстилаемом тяжелым моренным карбонатным суглинком. Отмечается близкое содержание физической глины в одноименных горизонтах обоих разрезов.

Таблица 1

Тип леса	Горизонт	Глубина, см	Содержание, %, фракций, мм			
			1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	<0,01
Сосняк черничный	A ₂	4-15	16,2	22,6	36,0	25,2
	B ₁	15-28	37,5	14,4	12,6	35,5
	B ₂	28-35	16,8	28,7	21,0	33,5
	BC	35-70	12,7	25,0	13,8	47,5
Сосновый молодняк	A ₂	3-11	11,2	31,6	36,0	21,2
	B ₁	11-27	12,5	33,7	23,6	30,2
	B ₂	27-42	24,8	14,4	12,3	35,4
	BC	42-72	18,1	16,3	24,0	41,6

Таблица 2

Тип леса	Горизонт	Глубина, см	pH		Сумма обменных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %
			KCl	H ₂ O						
			мг-экв на 100 г почвы							
Сосняк черничный	A ₀	0-4	3,5	5,5	5,5	10,2	35,0	47,0	173,0	57,0
	A ₂	4-15	3,4	5,3	0,0	7,7	0,0	8,7	5,7	1,2
	B ₁	15-28	4,2	5,5	0,0	7,6	0,0	28,5	1,0	2,3
	B ₂	28-35	4,5	6,0	1,2	3,3	26,4	16,2	3,4	1,3
	BC	35-70	5,1	6,1	8,9	2,5	78,2	34,0	11,6	0,1
Сосновый молодняк	A ₀	0-3	4,2	5,8	12,4	26,5	32,4	29,0	98,0	60,5
	A ₂	3-11	4,0	5,6	0,0	10,1	0,0	1,6	2,5	1,7
	B ₁	11-27	4,0	6,2	2,8	5,4	34,1	9,9	4,0	1,9
	B ₂	27-42	5,2	6,7	16,7	3,2	83,8	22,5	6,4	0,4
	BC	42-72	5,8	6,8	18,4	1,5	92,0	26,0	17,5	0,3

Маломощные подзолы характеризуются кислой реакцией среды в горизонтах A₀, A₂, B₁. Показатели гидролитической кислотности наибольшие в лесных подстилках. Степень насыщенности основаниями в горизонте BC высокая, а в горизонтах A₂ и B₁ спелого леса равна нулю. В подзолистом горизонте содержание подвижных соединений фосфора и калия 1,6—8,7 мг на 100 г почвы, в остальных горизонтах зна-

чительно выше. Содержание гумуса в минеральных горизонтах изучаемых почв не превышает 2,3%, наблюдается незначительное накопление его в горизонте В₁. Отмечаются небольшие изменения в химических свойствах почв соснового молодняка в отличие от свойств почв спелого леса.

Состав гумуса изучали по схеме И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой [3]. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3

Тип леса	Горизонт	Глубина, см	Гуминовая кислота			Фульвокислота			C _Г :C _Ф	Са, мг-экв на 100 г почвы	
			1	2	Σ	1а	1	2			Σ
% к общему углероду											
Сосняк черничный	A ₀	0—4	11,0	0,9	11,9	1,6	8,4	6,5	16,5	0,72	30,0
	A ₂	4—15	3,0	6,0	9,0	2,4	17,0	2,6	22,0	0,41	1,5
	B ₁	15—28	5,7	1,0	6,7	17,2	17,6	1,9	36,7	0,18	1,4
	B ₂	28—35	1,4	1,0	2,4	5,2	4,5	1,8	11,5	0,20	3,5
	BC	35—70	0,3	0,6	0,9	0,9	0,3	1,4	2,6	0,34	8,1
Сосновый молодняк	A ₀	0—3	8,0	0,5	8,5	3,6	10,6	2,4	16,6	0,52	31,6
	A ₂	3—11	4,2	6,8	11,0	6,6	17,1	2,4	26,1	0,42	3,1
	B ₁	11—27	5,2	1,6	6,8	20,5	10,6	1,4	32,5	0,20	2,5
	B ₂	27—42	1,0	1,0	2,0	22,2	2,9	0,8	25,9	0,08	2,5
	BC	42—72	1,6	0,4	2,0	10,0	0,5	6,3	16,8	0,12	13,0

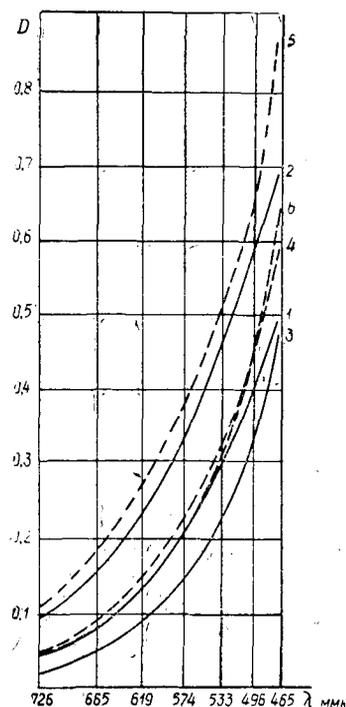


Рис. 1. Оптическая плотность гуматов натрия.

1 — A₀; 2 — A₂; 3 — B₁ — сосняк черничный; 4 — A₀; 5 — A₂; 6 — B₁ — сосновый молодняк.

Из приведенных данных видно, что в составе гумуса изучаемых почв преобладает группа фульвокислот. Отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот значительно меньше единицы. Гуминовые кислоты сильно дисперсны и обнаружены по всему профилю. Относительное содержание их невелико. В основном гуминовые кислоты связаны с подвижными полуторными окислами, и только в горизонте A₂ подзолов довольно много гуминовых кислот, прочно связанных с минеральной частью почвы (фракция 2).

Фульвокислоты в составе гумуса представлены преимущественно фракцией 1, находящейся в полимерных комплексах с соответствующей фракцией гуминовых кислот, и фракцией 1а свободных фульвокислот. В почве соснового молодняка относительное количество свободных

фульвокислот возрастает в горизонтах В₁, В₂, ВС, что, очевидно, объясняется их высокой подвижностью.

Гуминовые кислоты избирательно поглощают электромагнитные излучения. Характер спектра обусловлен природой исследуемой молекулы.

Зависимость оптической плотности растворов гуматов натрия (0,136 г/л углерода) от длины волны определена на спектрофотометре СФ-4 и представлена в виде спектральных кривых на рис. 1. Установлено, что оптическая плотность гуминовых кислот возрастает по мере повышения доли ароматических структур в их молекуле, то есть показывает степень «химической зрелости» [1]. Из рисунка видно, что наименьшая оптическая плотность у растворов кислот из горизонта А₀, где происходит их новообразование. Наибольшая оптическая плотность у кислот, выделенных из подзолистого горизонта, что, по-видимому, связано с оседанием более крупных и сложных молекул из органогенного горизонта при их миграции по профилю почвы. В горизонте В подзолов гуминовые кислоты имеют менее сложное строение. Гуминовые кислоты, выделенные из почв соснового молодняка, в отличие от соответствующих кислот почв сосняка-черничника обладают большей способностью к ослаблению световой волны.

В заключение отметим, что процессы гумусообразования растительных остатков в сосняке-черничнике и сосновом молодняке существенно не различаются; лишь незначительно увеличивается содержание фульвокислот и усложняется строение молекул гуминовых кислот в почве соснового молодняка, что, очевидно, объясняется появлением в составе растительных остатков опада березы и трав.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бельчикова Н. П., Кононова М. М. Электронные спектры поглощения гумусовых веществ почвы. — Органическое вещество целинных и освоённых почв. «Наука», 1972. [2]. Кауричев И. С., Комаревцева Л. Г. Качественный состав гумуса под различной растительностью. — Изв. ТСХА, вып. 2, 1971. [3]. Пономарева В. В., Николаева Т. А. К методике изучения состава гумуса по схеме И. В. Тюрина. — «Почвоведение», 1957, № 8. [4]. Соколов Д. Ф. Влияние лесной растительности на состав гумуса почв различных природных зон. — Изд. АН СССР, 1952. [5]. Тюрин И. В., Пономарева В. В. Материалы по изучению гумуса лесных почв. — Труды ЛТА, вып. 56, 1940.

Поступила 16 сентября 1974 г.

УДК 581.1

СИНТЕЗ И ОБМЕН АМИНОКИСЛОТ В ИЗОЛИРОВАННЫХ КОРНЯХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В СТЕРИЛЬНОЙ КУЛЬТУРЕ

Т. С. МОМОТ

Ленинградская лесотехническая академия

Изучали состав синтезированных аминокислот в изолированных корнях сосны обыкновенной и ели европейской, а также обмен этих аминокислот на основе поглощенной C^{14} сахарозы. Установлена определенная общность основных физиологических параметров в изолированных корнях сосны и ели, хотя выявлены и некоторые отличия.

В проявлении биосинтетических и обменных процессов, протекающих в изолированных корнях и корнях целых растений, существует определенное сходство. Поэтому метод культуры изолированных корней может быть использован для моделирования этих процессов в строго контролируемых условиях при отсутствии надземных органов и микроорганизмов ризосферы [4], [5].

Однако основная часть исследований была проведена на изолированных корнях травянистых растений. Имеется лишь несколько работ по изучению обменных процессов в изолированных корнях некоторых видов сосны [7—9]. Метаболизм аминокислот в изолированных корнях сосны обыкновенной не изучался. Аналогичных работ по ели также нет. Первая культура изолированных корней ели европейской была получена нами в 1969 г., вместе с культурой изолированных корней сосны обыкновенной [1—3].

Цель данной работы заключалась в исследовании синтеза свободных аминокислот из сахарозы в изолированных корнях сосны обыкновенной и ели европейской, а также обмена этих аминокислот на основе поглощенной экзогенной C^{14} сахарозы.

Изолированные корни сосны и ели выращивали на модифицированной нами жидкой питательной среде Сланкиса [1—3] в течение двух месяцев. Затем корни выдерживали в течение определенных промежутков времени (12 и 48 ч) в питательной среде с меченой сахарозой (4,2 мкКи на 1 мл среды), после чего методом одномерной распределительной хроматографии на бумаге [6] устанавливали содержание свободных аминокислот. Общую радиоактивность определяли с помощью сцинтилляционного счетчика Mark II фирмы Nuclear Chicago (США).

Результаты аминокислотного анализа в исследуемых объектах представлены в табл. 1. Из полученных данных видно, что изолированные корни сосны и ели обладали одинаковым набором свободных аминокислот. Повышенное содержание аргинина в корнях сосны и ели дает нам основание метаболизм аминокислот в хвойных растениях условно отнести к «аргининовому» типу обмена, что согласуется с данными других авторов [8], [10]. Значительным было количество дикарбоновых аминокислот и аланина. Содержание остальных аминокислот в обоих объектах было сходным. Исключение составляла Г-АМК (гамма-аминомасляная кислота), повышенное количество которой в корнях сосны (по сравнению с корнями ели) указывает на метаболизацию в

Таблица 1

Аминокислоты	Содержание свободных аминокислот, мкМ на 100 г сырого веса корней			
	сосны		ели	
	продолжительность опыта, ч			
	12	48	12	48
Аргинин	10,04	10,52	7,63	7,50
Аспарагиновая кислота	6,38	6,66	4,35	4,63
Серин	1,08	1,03	0,76	0,81
Глицин	0,40	0,40	0,40	0,33
Глутаминовая кислота	2,17	2,26	1,52	1,52
Треонин	0,35	0,35	0,29	0,29
Аланин	3,91	3,66	2,33	2,43
Пролин	1,30	1,30	0,78	0,78
Гамма-аминомасляная кислота	5,44	5,13	1,81	1,81
Лейцин	0,33	0,33	0,24	0,24

них глутаминовой кислоты до продукта ее декарбоксилирования, то есть Г-АМК.

В табл. 2 представлены данные по удельной радиоактивности свободных аминокислот, синтезируемых в корнях сосны и ели на основе поглощенной C^{14} сахарозы. Из результатов анализов видно, что максимум удельной радиоактивности на данных объектах как в начале опыта, так и в конце приходился на глицин и серин. Из всех анализируемых аминокислот они в наибольшей степени способны к обмену.

Таблица 2

Аминокислоты	Удельная радиоактивность аминокислот, ммкКи/миллиатом углерода на 100 мг сырого веса корней			
	сосны		ели	
	продолжительность опыта, ч			
	12	48	12	48
Аргинин	40	54	112	148
Аспарагиновая кислота	115	152	155	214
Серин	165	443	866	906
Глицин	559	1560	597	2868
Глутаминовая кислота	68	86	103	175
Треонин	189	205	282	1089
Аланин	88	370	428	669
Пролин	35	61	68	83
Гамма-аминомасляная кислота	16	30	125	307
Лейцин	119	374	350	401

Таким образом, общность основных физиологических параметров в изолированных корнях сосны и ели, помимо преобладающего содержания аргинина в растворимой фракции и одинакового набора свободных аминокислот, усматривается также в сходстве физиологической роли глицина и серина. Существенное же отличие заключается в большей величине удельной радиоактивности всех свободных аминокислот в корнях ели по сравнению с корнями сосны. Это свидетельствует о более интенсивном метаболизме аминокислот в корневой системе ели.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Момот Т. С. Культура изолированных корней как метод исследования в физиологии древесных растений. — Тезисы докладов III Уральского совещания по физиологии и экологии древесных растений. Уфа, 1970. [2]. Момот Т. С. Новые методы в изучении корневых систем древесных растений в лабораторных условиях. — Материалы научно-технической конференции 1971 г. ЛТА, 1971. [3]. Момот Т. С., Смирнов А. М., Яценко-Хмелевский А. А. Особенности роста изолированных корней ели европейской *Picea abies* Karst.) в стерильных условиях. — Изв. АН СССР, 1972, № 5. Сер. биологическая. [4]. Смирнов А. М. Рост и метаболизм изолированных корней в стерильной культуре. М., «Наука», 1970. [5]. Уайт Ф. Р. Культура растительных тканей. М., ИЛ, 1949. [6]. Успенская К. К., Кретович В. Л. В кн.: Методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений. М.—Л., изд-во АН СССР, 1962. [7]. Barnes R. L. Glutamine synthesis and translocation in pine. — *Plant Physiol.*, 37, № 3, 1962. [8]. Barnes R. L., Naylor A. W. In vitro culture of pine roots and the use of *Pinus serotina* roots in preliminary metabolic studies. — *Forest Sci.*, 5, 1959. [9]. Barnes R. L., Naylor A. W. Effect of various nitrogen sources on growth of isolated roots of *Pinus serotina*. — *Physiol. plant.*, 12, № 1, 1959. [10]. Durzan D. I., Steward F. C. The nitrogen metabolism of *Picea glauca* (Moench) Voss and *Banksiana Lamd.* as influenced by mineral nutrition. *Can. J. Bot.*, 45, № 5, 1967.

Поступила 8 июля 1974 г.

УДК 634.0.232

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК НА КУЛЬТУРЫ ЛИСТВЕННИЦЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ В ЗАПАДНЫХ ОБЛАСТЯХ УССР

Н. Н. ЗЕЛЕНСКИЙ, Н. П. ЖИЖИН

Львовский лесотехнический институт

Государственный природоведческий музей АН УССР

Исследованы изменения таксационных показателей древостоя, правяного покрова, физических свойств почвы, кустарникового яруса, подроста 34-летних культур лиственницы европейской под влиянием рекреационной нагрузки. Особое внимание обращено на динамику радиального прироста, который может служить показателем длительности и интенсивности рекреационного пресса. Установлено, что лиственница европейская более устойчива к рекреационному воздействию, чем ель европейская.

Работами К. Е. Никитина [7], [8] для равнинной части Украины, В. С. Пешко [9], [10] для западных областей УССР, З. Н. Живицкого [3], [4] для Карпат установлено, что создание культур лиственницы в условиях этих регионов — эффективное средство повышения продуктивности лесов. Уже длительное время различные виды лиственницы, прежде всего европейская, используются в лесном хозяйстве не только в целях получения древесины, но и для повышения эстетической и санитарно-гигиенической роли [12] насаждений зеленых зон. Однако поведение лиственницы европейской в лесах рекреационного назначения изучено явно недостаточно, а для районов западных областей Украины работы такого рода практически отсутствуют.

Изменения молодняков лиственничных культур, широко распространенных в курортных лесах, под влиянием рекреационной нагрузки изучали путем детальных маршрутных обследований насаждений и закладки пробных площадей в наиболее репрезентативных фитоценозах. Описание пробных площадей и определение таксационных показателей древостоя проводили по общепринятым методикам. Однако вследствие

изменения эдактопа и коренной ассоциации двух порядков (создание культур и рекреационная дигрессия) были использованы указания Д. В. Воробьева [1] по исследованию нарушенных местообитаний, а также эдафическая сетка [11]. Твердость почвы определяли с помощью плотномера Голубева, корненаселенность — по методике Хаусдорфера в модификации Каппа.

В процессе изменения структуры биогеоценоза под влиянием рекреационной нагрузки мы, как и другие исследователи [6], [5], выделили 5 стадий дигрессии. В них различны компоненты биогеоценоза: древостой (состав, строение, форма, класс бонитета, прирост по высоте и диаметру, запас и др.), подрост (состав, обилие, прирост, благонадежность), кустарниковый ярус (состав, сомкнутость, высота), напочвенный покров (проективное покрытие, видовой состав, обилие), подстилка (запас, мощность), почва (физические свойства, корненаселенность определенных горизонтов), в каждом случае требуется проведение определенного комплекса хозяйственных мероприятий.

Выявлено, что культуры лиственницы в западных областях УССР подвержены рекреационному влиянию сильнее, чем другие виды культурфитоценозов. Этому способствует ее быстрое очищение от сучьев и значительная освещенность под пологом древостоя, что в условиях этих регионов имеет существенное значение.

Дигрессивно-сукцессионный ряд выбирали с учетом того, чтобы до начала воздействия рекреационной нагрузки все фитоценозы относились к одному типу леса и ассоциации, принадлежность к которым устанавливали по прежним лесоустроительным материалам, анализу почвенных условий, приросту по диаметру.

При обследовании лиственничных насаждений выявлены лишь первые три стадии дигрессии, так как две последние, вследствие относительно незначительной длительности и интенсивности рекреационной нагрузки, а также небольшого возраста культур, пока отсутствуют. Поэтому излагаются результаты, полученные при исследовании первых трех стадий дигрессии фитоценозов, которые принадлежат к одной коренной ассоциации — дубняку лещиново-трясуновско-осоковому — описанной рядом авторов [2], [13].

I стадия дигрессии. Исходные насаждения представлены 34-летними лиственничными культурами с примесью (до 5%) ели европейской. Древостой одноярусный с относительно хорошо выраженной дифференциацией по ступеням полцины. Таксационные показатели древостоев всех стадий, а также объемный вес и твердость верхнего 10-сантиметрового слоя почвы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Стадия дигрессии	Состав	Средние		Класс бонитета	Полнота	Запас, м ³	Почва	
		диаметр, см	высота, м				твердость, кг/см ²	объемный вес, г/см ³
I	10Лц+Е	22,7	19,6	1б	0,89	354	3,5	0,663
II	10Лц, ед. Е	21,4	18,4	1б	0,70	287	7,1	0,977
III	10Лц	20,8	16,5	1а	0,56	227	11,1	1,170

В кустарниковом ярусе с сомкнутостью 0,10—0,15 встречаются лещина обыкновенная, крушина ломкая, малина, бересклет европейский, свидина кроваво-красная. Подрост практически отсутствует. Проективное покрытие травяного покрова вследствие большой освещенности по

сравнению с коренными дубовыми насаждениями увеличивается на 15—25% и составляет 35—45%. В нем господствует осока трясунок-видная, ожика волосистая, сныть, ветреница дубравная, фиалка лесная, кочедыжник женский, реже встречаются копытень европейский, осоки лесная и бледная, щитовник остистый. Почвы кислые дерново-подзолистые, поверхностно-оглеенные, на делювиальных пылевато-тяжелосуглинистых отложениях. Основная масса мелких корней (до 2 мм) сосредоточена в верхнем (до 10 см) слое почвы.

II стадия дигрессии. В составе древостоя доля участия ели сокращается до 1—2%, ухудшаются все таксационные показатели насаждения. Кустарниковый ярус существенных изменений не претерпевает. Снижение полноты верхнего яруса ведет за собой увеличение проективного покрытия травяного покрова до 50—60%, при этом особенно возрастает доля злаковых (кострицы овечьей, белоуса стиснутого, полевицы белой).

III стадия дигрессии. Из состава древостоя полностью выпадает ель. Полнота снижается до 0,56, что ведет к увеличению проективного покрытия травяного покрова до 70—80%. В нем наряду с типично лесными видами коренной ассоциации вследствие повышения освещенности и твердости почвы значительное участие (до 30—40%) принимают злаковые. Кустарники представлены единичными экземплярами, в большинстве случаев с большими механическими повреждениями. Резко снижается корненонаселенность верхнего 10-сантиметрового слоя почвы и увеличивается в более глубоких горизонтах (20—30 см).

Учитывая, что все пробные площади заложены в одинаковых условиях (тип лесорастительных условий, тип леса), насаждения должны были бы иметь приблизительно одинаковую структуру, все таксационные показатели, в частности, радиальный прирост. Однако, как показывает анализ полученных данных, наблюдается существенное различие в строении древостоя, что прежде всего заметно в распределении деревьев по ступеням толщины (табл. 2).

Таблица 2

Стадия дигрессии	Распределение деревьев, %, по ступеням толщины, см						
	8	12	16	20	24	28	32
I	2,7	4,8	13,4	40,4	21,3	12,9	4,5
II	3,7	5,6	15,9	39,2	20,8	11,2	3,6
III	2,7	4,1	20,7	39,7	20,6	12,2	—

Как видно из таблицы, во всех стадиях дигрессии основная масса деревьев сосредоточена в 20-сантиметровой ступени толщины и двух смежных с ней. Существенных колебаний в этих ступенях не наблюдается. С усилением рекреационной нагрузки (II и III стадии) возрастает количество деревьев в нижних ступенях и падает в высших за счет уменьшения прироста по радиусу. Сокращение представительства 8- и 12-сантиметровых ступеней в III стадии дигрессии происходит за счет выборки ослабленных и отмирающих экземпляров.

Как показывают многочисленные работы по динамике древостоев в различных типах леса, прирост по радиусу является хорошим индикатором благоприятности условий местопроизрастания древесной породы. Поэтому мы исследовали изменение прироста по радиусу (с 1948 г., по 1973 г.) в различных стадиях, результаты которых приведены в табл. 3.

Таблица 3

Стадия дигрессии	Изменение радиального прироста, мм, по пятилетиям				
	5	4	3	2	1
I	13,50	16,08	23,08	19,09	18,16
II	12,38	14,51	22,01	18,22	17,58
III	10,41	13,44	20,93	18,11	17,55

Один из надежных критериев для планирования и проведения хозяйственных мероприятий по повышению продуктивности, санитарно-гигиенической ценности насаждения — текущий прирост по ступеням толщины каждой стадии дигрессии. Увеличение твердости и объемного веса почвы, развитие злаковой растительности и перераспределение мелких (до 2 мм) корней по почвенным горизонтам ухудшают водно-воздушный и питательный режимы лиственницы, что, наряду с механическими повреждениями деревьев, приводит к уменьшению радиального прироста. Снижение прироста наблюдается во всех ступенях толщины, но наиболее четко оно проявляется в самых низких (табл. 4).

Таблица 4

Ступени толщины, см	Радиальный прирост среднего дерева, мм, по пятилетиям				
	5	4	3	2	1

I стадия

8	6,4	6,8	7,1	6,8	6,6
12	7,6	8,1	11,4	10,7	10,3
16	8,3	10,8	18,9	14,8	14,5
20	12,1	15,2	24,5	18,4	17,9
24	16,2	19,7	25,0	21,1	18,8
28	18,8	20,6	25,9	25,4	24,3
32	21,8	23,5	26,9	26,8	25,8

II стадия

8	5,1	6,0	7,3	7,0	6,7
12	5,8	6,7	11,8	11,1	11,3
16	7,8	10,2	19,2	14,6	14,4
20	11,7	13,6	22,9	17,9	16,6
24	15,4	18,6	24,8	20,7	18,3
28	18,4	20,1	26,5	24,5	23,9
32	21,5	23,7	27,1	26,2	25,3

III стадия

8	3,6	5,2	6,9	7,1	6,7
12	4,2	8,1	12,3	12,6	10,9
16	5,8	10,4	18,5	16,8	14,7
20	10,8	13,1	21,4	18,1	16,8
24	14,1	17,4	24,2	21,5	18,9
28	16,2	18,6	26,9	25,8	24,4

Прирост уменьшается вследствие задержки перехода деревьев со временем из низших ступеней толщины в высшие. В нашем случае причиной отсутствия в III стадии дигрессии деревьев толщиной 32 см служит плохой прирост по диаметру. Резкое ослабление жизнеустойчивости деревьев с увеличением уплотнения почвы приводит к их суховершинности и отмиранию, в первую очередь, в низших классах роста и развития.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Воробьев Д. В. Исследования нарушенных местообитаний. — В сб.: Лесовозобновление и лесоразведение. Киев, «Урожай», 1964. [2]. Гринь Ф. О. Дубові ліси. — В кн.: Рослинність УРСР. Ліси. Киев, «Наукова думка», 1971. [3]. Живицкий З. Н. Распространение лиственницы в Украинских Карпатах. — Доклады ТСХА, вып. 124. М., 1967. [4]. Живицкий З. Н. Высокопродуктивные насаждения лиственницы в Украинских Карпатах. — Доклады ТСХА, вып. 133. М., 1968. [5]. Казапская Н. С. Изучение рекреационной дигрессии естественных группировок растительности. — Изв. АН СССР. Сер. географическая, 1972, № 1. [6]. Карпионова Р. А. Дубравы лесопарковой зоны Москвы. М., «Наука», 1967. [7]. Никитин К. Е. Лиственница на Украине. — В сб.: Внедрение лиственницы в лесные насаждения. М., Гослесбуиздат, 1956. [8]. Никитин К. Е. Лиственница на Украине. Киев, «Урожай», 1966. [9]. Пешко В. С. Культуры лиственницы японской в Романовском лесхозе Львовской области. — Научные труды Львовского лесотехнического института, т. 4. Львов, 1959. [10]. Пешко В. С. Лиственницы в культурах западных областей Украинской ССР. Автореферат кандидатской диссертации. Харьков, 1965. [11]. Погребняк П. С. Общее лесоводство. М., «Колос», 1968. [12]. Токин Б. П. Целебные яды растений. Л., Лениздат, 1967. [13]. Kostyniuk M., Wieczorek K. Zespoly lesne okolicy Morszyna. Kosmos, 62. Lwow, 1937.

Поступила 20 мая 1974 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 634.0.372

**МЕТОД РАСЧЕТА НЕСУЩЕГО КАНАТА
С ЖЕСТКО ЗАКРЕПЛЕННЫМИ КОНЦАМИ
С УЧЕТОМ ЕГО УПРУГИХ НЕСОВЕРШЕНСТВ***Н. М. БЕЛАЯ, И. И. СЛЕПКО*

Львовский лесотехнический институт

Предложен метод расчета несущего каната с учетом его упругих несовершенств. Получено уравнение общего состояния каната и приведен графический метод решения в предположении, что продольная жесткость каната является линейной функцией его натяжения. Результаты теоретических исследований сравниваются в результатами экспериментальных исследований в производственных условиях.

Несущие канаты временных подвесных лесотранспортных установок обоими концами жестко закрепляются на опорах, поэтому усилия в них зависят не только от величины и положения груза в пролете, но и от изменения температуры.

Задача по определению натяжения несущего каната с жестко закрепленными концами является статически неопределимой, для решения которой приходится рассматривать три ее стороны: статическую, геометрическую и физическую [1]. Существующая теория расчета несущих канатов как гибких нитей с малыми стрелками провеса, разработанная В. К. Качуриным [5], предполагает, что канат как агрегат следует закону Гука. Исследования [2], [3], [6] показали, что продольная жесткость каната зависит от его натяжения и изменяется в процессе эксплуатации.

В предложенной ранее методике расчета несущих канатов подвесных лесотранспортных установок [1], [2] для сохранения зависимости между начальным T_0 и конечным T_1 натяжением каната, вызванным полезной нагрузкой, рекомендуется в уравнение общего состояния каната вместо модуля упругости каната E_k вводить приведенный модуль упругости E_n системы канат — опоры, в которой канат рассматривается как главный деформируемый элемент. Величина E_n зависит от величины монтажного натяжения каната и податливости опор и на основании опытных данных [1] принимается постоянной для каждой схемы навески каната. Однако натяжение несущих канатов подвесных лесотранспортных установок при движении груза в пролете изменяется в широких пределах.

Как показали экспериментальные исследования, проведенные в производственных условиях [1], [2], отношения максимального натяжения каната к монтажному $\frac{T_{max}}{T_0}$ колеблются в пределах 1,3—2,6. Следовательно, изменяется и упругость системы. До настоящего времени это обстоятельство в расчетах не учитывалось.

В данной статье приводится метод расчета несущего каната с жестко закрепленными концами с учетом его упругих несовершенств.

В результате решения задачи [1] получены следующие зависимости: из условий статики — связь между усилиями, действующими на канат,

$$H = \frac{M_0}{f}, \quad (1)$$

где H — горизонтальная составляющая натяжения каната;
 M_0 — изгибающий момент в балке на двух опорах с пролетом, равным пролету каната, и нагруженной так же, как канат;
 f — стрелка провеса каната;

из условий геометрии — связь между деформациями до и после загрузки каната

$$\Delta L = L_1 - L_0^*, \quad (2)$$

где ΔL — абсолютное удлинение каната;
 L_0 — длина каната, нагруженного собственным весом и монтажной нагрузкой;
 L_1 — длина каната после дополнительного нагружения полезным грузом.

Длина каната в пролете при расположении опор на разных уровнях [5]

$$L = \frac{l}{\cos \alpha} + \frac{\cos^3 \alpha}{2H^2} \int_0^l Q_x^2 dx, \quad (3)$$

где l — длина пролета по горизонтали;
 α — угол наклона хорды провисшего каната к горизонту;
 Q_x — перерезывающая сила в сечении балки на двух опорах с пролетом, равным пролету каната, и нагруженной так же, как канат.

На основании выражения (3) общая длина каната m -пролетной установки в предположении, что трение каната на промежуточных опорах отсутствует или что опоры податливы, равна:

а) под действием монтажной нагрузки

$$L_0 = \sum_{i=1}^m \frac{l_i}{\cos \alpha_i} + \frac{1}{2T_0^2} \sum_{i=1}^m \cos \alpha_i \int_0^{l_i} Q_{0i}^2 dx; \quad (4)$$

б) под действием монтажной и полезной нагрузок

$$L_1 = \sum_{i=1}^m \frac{l_i}{\cos \alpha_i} + \frac{1}{2T_1^2} \sum_{i=1}^m \cos \alpha_i \int_0^{l_i} Q_{1i}^2 dx, \quad (5)$$

где T_0 и T_1 — монтажное и конечное натяжение каната;
 l_i — длина i -го пролета по горизонтали;
 α_i — угол наклона хорды i -го пролета к горизонту.

Подставляя выражения (4) и (5) в уравнение (2), для m -пролетной нити получим

* Здесь и далее индекс «0» относится к канату, нагруженному монтажным грузом; индекс «1» — к несущему канату, нагруженному монтажными и дополнительными нагрузками.

$$\Delta L = \frac{\sum_{i=1}^m \cos \alpha_i \int_0^{l_i} Q_{0i}^2 dx}{2T_1^2} - \frac{\sum_{i=1}^m \cos \alpha_i \int_0^{l_i} Q_{0i}^2 dx}{2T_2^2} \quad (6)$$

Рассматривая физическую сторону задачи, установим связь между растягивающими усилиями, действующими в канате, и его деформациями.

В общем случае величина модуля упругости

$$E = \frac{d\sigma_p}{d\varepsilon}, \quad (7)$$

где σ_p — напряжение растяжения;
 ε — относительное удлинение.

Предполагая, что между модулем упругости каната E_k и напряжениями растяжения σ_p существует линейная зависимость, найдем

$$E_k = E_n + k' \sigma_p, \quad (8)$$

где E_n — условный модуль продольной упругости ненапрянутого каната;
 k' — безразмерный коэффициент, зависящий от степени предварительного натяжения каната и его конструкции.

Используя выражения (7) и (8), получим формулу для приращения относительной деформации каната

$$d\varepsilon = \frac{d\sigma_p}{E_n + k' \sigma_p}. \quad (9)$$

Поскольку

$$\sigma_p = \frac{T}{F}, \quad (10)$$

где T — натяжение каната;
 F — площадь металлического сечения каната, то

$$\varepsilon = \frac{1}{k'} \ln \frac{1 + kT}{1 + kT_0}, \quad (11)$$

где $k = \frac{k'}{A_n}$ ($A_n = E_n F$ — коэффициент продольной жесткости нового каната [3]).

Температурная относительная деформация каната пропорциональна приращению температуры Δt

$$\varepsilon_t = \alpha_t \Delta t, \quad (12)$$

где α_t — коэффициент линейного расширения материала проволок каната ($\alpha_t = 125 \cdot 10^{-7}$);

$$\Delta t = t_p - t_m;$$

t_p — температура среды в процессе работы;

t_m — температура во время монтажа.

Тогда полная абсолютная деформация каната m -пролетной установки

$$\Delta L = \left(\frac{1}{k'} \ln \frac{1 + kT}{1 + kT_0} + \alpha_t \Delta t \right) \sum_{i=1}^m \frac{l_i}{\cos \alpha_i}. \quad (13)$$

На основании выражений (7) и (13) получим уравнение общего состояния несущего каната многопролетной подвесной установки с учетом упругих несовершенств каната

$$\ln \frac{1 + kT_1}{1 + kT_0} = \left(\frac{C_1}{T_1^2} - \frac{C_0}{T_0^2} - \alpha_i \Delta t \right) k', \quad (14)$$

где

$$C_1 = \frac{\sum_{i=1}^m \cos \alpha_i \int_0^{l_i} Q_{1i}^2 dx}{2 \sum_{i=1}^m \frac{l_i}{\cos \alpha_i}}; \quad C_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \cos \alpha_i \int_0^{l_i} Q_{0i}^2 dx}{2 \sum_{i=1}^m \frac{l_i}{\cos \alpha_i}}.$$

Величины коэффициентов C_1 и C_0 зависят от схемы навески каната и равны:

а) для однопролетной нити с маятниковым движением груза

$$\left. \begin{aligned} C_0 &= \frac{q^2 l^2}{24}; \\ C_1 &= \frac{q^2 l^2}{24} + \frac{1}{2} P (P \cos \alpha + ql) \left(1 - \frac{x}{l} \right) \frac{x}{l} \cos \alpha, \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

где P — вес сосредоточенного груза;

q — вес 1 пог. м каната;

x — расстояние груза от левой опоры по горизонтали;

б) для многопролетной нити с маятниковым движением груза

$$\left. \begin{aligned} C_0 &= \frac{q^2}{24} \cdot \frac{\sum_{i=1}^m \frac{l_i^3}{\cos \alpha_i}}{\sum_{i=1}^m \frac{l_i}{\cos \alpha_i}}; \\ C_1 &= \frac{1}{2 \sum_{i=1}^m \frac{l_i}{\cos \alpha_i}} \left[\frac{q^2}{12} \sum_{i=1}^m \frac{l_i^3}{\cos \alpha_i} + P (P \cos \alpha_k + ql_k) \left(1 - \frac{a_k}{l_k} \right) a_k \right], \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

где l_k — длина k -того пролета, в котором находится груз;

a_k — расстояние груза P от левой опоры k -того пролета по горизонтали.

Уравнение (14) можно решить относительно конечного T_1 и монтажного T_0 натяжения каната методом последовательных приближений или графически.

Максимальное натяжение в канате будет наблюдаться при положении груза посередине наибольшего пролета, то есть когда коэффициент C_1 максимален. Для многопролетной подвесной установки с маятниковым движением груза максимальное натяжение определяется из уравнения [1]

$$T_{max} = T_1 + q \left(\frac{h_k}{2} + \sum_{i=k+1}^m h_i \right), \quad (17)$$

где T_1 — искомое натяжение каната посередине расчетного k -того пролета;

- h_k — превышение опор в k -том наибольшем расчетном пролете, в котором расположен груз P ;
- h_i — превышение опор в пролетах, расположенных выше расчетного.

Графический метод решения уравнения общего состояния каната заключается в следующем. Вводя обозначения

$$y_1 = \ln \frac{1 + kT_1}{1 + kT_0}; \quad y_2 = \frac{C_1 k'}{T_1^2} - \left(\frac{C_0}{T_0^2} + \alpha_t \Delta t \right) k', \quad (18)$$

выбираем систему координат yOT и строим графики функций y_1 и y_2 (рис. 1).

График функции y_1 — логарифмическая кривая, которая пересекает ось T в точке T_0 , а график функции y_2 — гиперболою, смещенная по оси y вниз на величину $\left(\frac{C_0}{T_0^2} + \alpha_t \Delta t \right) k'$. Абсцисса точки пересечения кривых соответствует действительному корню уравнения (14).

Используя значения модуля упругости, которые приведены в работе [6] для каната ГОСТа 3070—55*, имеем: $E_n = 0,63 \cdot 10^6$ кгс/см²; $k' = 100$. На рис. 1 показано графическое решение уравнения общего состояния несущего каната ВТУ-3, характеристика продольного профиля которой дана в табл. 1; исходные данные для расчета следующие:

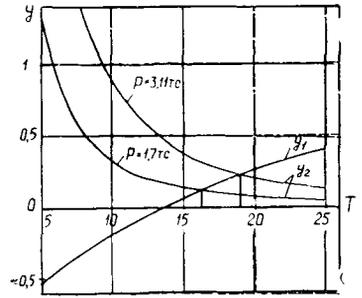


Рис. 1.

Таблица 1

Номер пролета	Длина пролета l_i	$\cos \alpha_i$
1	60	0,984
2	92	0,986
3	128	0,990
4	180	0,994
5	440	0,979

- канат 25-160-В ГОСТ 3070—55;
- разрывное усилие каната $T_p = 31,15$ тс;
- площадь металлического сечения каната $F = 2,29$ см²;
- вес 1 пог. м каната $q = 2,17$ кгс;
- монтажное натяжение каната $T = 13,8$ тс;
- вес груза $P = 3,11$ тс и $P = 1,7$ тс.

Таблица 2

Вес груза P , тс	Значения натяжения каната T		Погрешность,
	экспериментальные	по уравнению (15)	
3,11	18,25	19,00	+4,1
1,7	16,09	16,25	+0,9

В табл. 2 для сравнения приведены значения усилий, полученные экспериментально [1] и по предложенной методике. Результаты оказались весьма близкими.

На основании исследований можно сделать вывод, что полученное уравнение позволяет исследовать зависимость натяжения несущих ка-

* Использование канатов ГОСТа 3070—66 в качестве несущих в настоящее время не рекомендуется. Расчет усилий приведен для каната этого ГОСТа, поскольку для него имеются данные экспериментальных исследований, проведенных в производственных условиях [1].

натов с жестко закрепленными концами от различных факторов с учетом упругих несовершенств каната, как агрегата.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. Канатные лесотранспортные установки. М., «Лесная промышленность», 1964. [2]. Белая Н. М. Исследование работы подвесных канатных лесотранспортных установок и перспективы их развития и совершенствования. — В сб.: Проблемы комплексных лесных предприятий в Карпатах. Ужгород, «Карпаты», 1969. [3]. Глушко М. Ф. Стальные подъемные канаты. Киев, «Техніка», 1966. [4]. Дукельский А. И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. М.—Л., «Машиностроение», 1966. [5]. Качурин В. К. Теория висячих систем. Л.—М., Государственное изд-во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962. [6]. Ковальский Б. С., Жиряков А. И. Модуль упругости каната двойной свивки. — В сб.: Расчеты деталей машин и элементов сооружений, вып. 2, ХВКИУ, 1969.

Поступила 29 августа 1974 г.

УДК 634.0.377.44

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ ДЛЯ УСЛОВИЙ РАВНИННЫХ ЛЕСОВ УССР

М. С. АНДРУШЕНКО, Ю. Г. САВИЦКИЙ

Львовский лесотехнический институт

Приведена экономико-математическая модель оптимизации процесса трелевки в условиях мелких разобленных лесосек УССР и результаты исследований, полученные с помощью ЭЦВМ, по установлению оптимальных параметров гусеничных трелевочных тракторов.

Оптимальные параметры трелевочных тракторов для условий мелких разобленных лесосек УССР до настоящего времени не определены, так как работа трелевочных тракторов в специфических условиях равнинных лесов Украины изучена недостаточно. Научные исследования в этой области относятся к установлению целесообразности применения различных типов серийных тракторов.

Существующая методика определения оптимальных параметров тракторов не учитывала таких важных, взаимосвязанных переменных факторов, как энергонасыщенность тракторов, режимы их работы и некоторые эксплуатационные показатели.

В результате проведенных исследований составлена экономико-математическая модель оптимизации процесса трелевки, исключая указанные недостатки существующих методик. С помощью ЭЦВМ вычислены изменения целевой функции оптимизации в зависимости от переменных параметров.

Основное уравнение экономико-математической модели имеет вид

$$U = \frac{\left\{ l_{cp}(v_p + v_x) + \frac{4,71Qv_p v_x}{aq} + Qv_p v_x \left[\frac{0,26}{q} + 2,063 - 1,85q + \left(\frac{1,64aq - 1,85aq^2 + 3,6}{Q} \right) \left(\frac{Q}{aq} - 1 \right) \right] \right\} (A + BN + CG)}{Tqv_p v_x Q}, \quad (1)$$

где U — удельные приведенные затраты, к./м³;
 N — мощность двигателя трактора, л. с.;
 G — вес трактора, кгс;

- v_p, v_x — рабочая и холостая скорости трактора, м/мин;
 l_{cp} — среднее расстояние трелевки, м;
 q — средний объем хлыста, м³;
 a — количество деревьев в пачке, сформированной за один прием, шт.;
 T — длительность смены, мин;
 φ — коэффициент использования рабочего времени;
 A — постоянная часть приведенных затрат, к.;
 B — коэффициент, характеризующий приведенные затраты, зависящие от мощности трактора;
 C — коэффициент, характеризующий приведенные затраты, зависящие от веса трактора.

Значение Q в уравнении (1) определяется из энергетического баланса трактора

$$Q = \frac{3564N - 3564NvG(\omega_r + p) - Gv_p(\omega_r + p)}{10^3\gamma(3564Nv + v_p)[k(\omega_r + p) + (1 - k)(\omega'_2 + p)]}, \quad (2)$$

- где v — величина, зависящая от условий работы гунтозацепов, 1/ккс;
 ω_2^1 — приведенный коэффициент сопротивления передвижению пружа;
 ω_r — коэффициент сопротивления передвижению трактора;
 p — проходимость трактора;
 γ — объемный вес древесины, т/м³;
 k — коэффициент, учитывающий распределение рейсовой нагрузки между щитом трактора и волоком.

Для получения реальных удельных приведенных затрат при подсчете их на ЭЦВМ, вводили ограничения по нагрузке к сцеплению

$$Q > 0; \frac{4500\eta N}{v_p} \leq (G + kQ \cdot 10^3\gamma) \varphi_{сц},$$

где η — коэффициент полезного действия трансмиссии трелевочного трактора;

$\varphi_{сц}$ — коэффициент сцепления.

На рис. 1—4 приведены графики изменения удельных приведенных затрат в зависимости от энергонасыщенности, веса и рабочей скорости трелевочных тракторов в условиях лесосек равнинной части УССР.

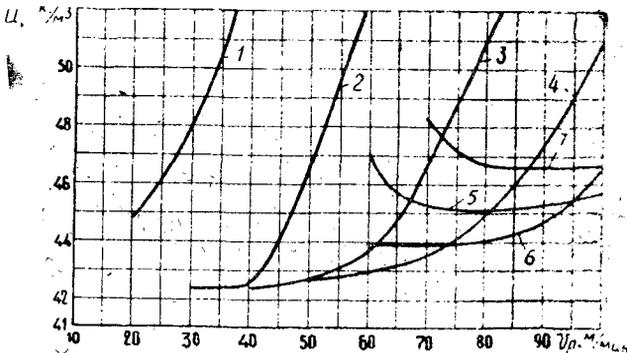


Рис. 1.

$G = 3$ тс; $l_{cp} = 200$ м; $1 - \frac{N}{G} = 4$ л.с./т; $2 - 6$ л.с./т;
 $3 - 8$ л.с./т; $4 - 10$ л.с./т; $5 - 12$ л.с./т; $6 - 14$ л.с./т;
 $7 - 16$ л.с./т;

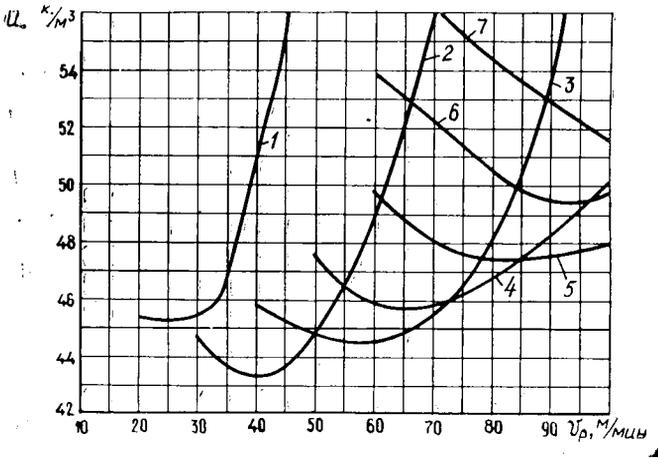


Рис. 2.
 $G = 4$ тс; $l_{cp} = 200$ м;
 обозначения кривых см.
 рис. 1.

Рис. 3.
 $G = 5$ тс; $l_{cp} = 200$ м; обо-
 значения см. на рис. 1.

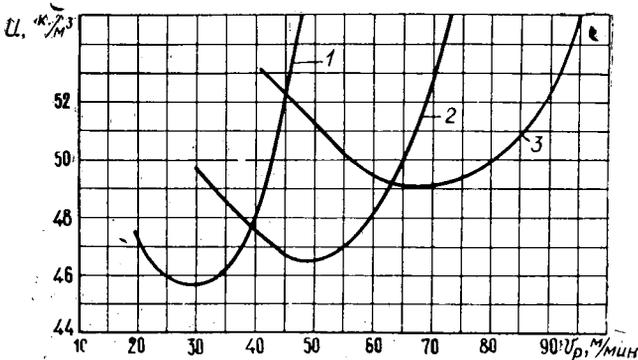
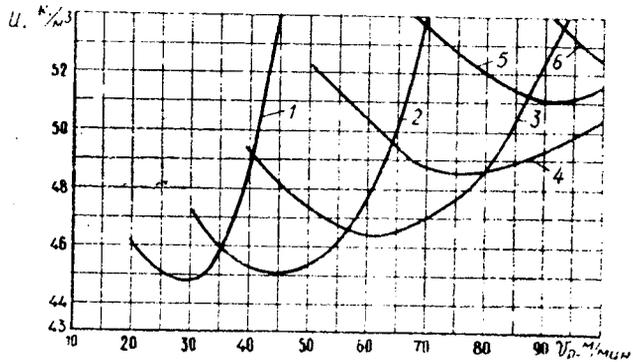


Рис. 4.
 $G = 6$ тс; $l_{cp} = 200$ м;
 обозначения те же.

Анализ результатов исследований, приведенных на графиках, позволяет сделать следующие выводы.

1. Для каждого типа-варианта трактора по G имеется оптимальная энергонасыщенность, при которой удельные приведенные затраты минимальны, а минимум их соответствует оптимальной рейсовой нагрузке и определенной скорости рабочего хода.

2. С увеличением эксплуатационного веса трактора величина оптимальной энергонасыщенности уменьшается, а реализация оптимальных рейсовых нагрузок достигается при меньших рабочих скоростях.

3. При оптимальных по времени формировании и отцепки рейсовых нагрузках для лесоэксплуатационных условий Украины (3—4 м³) и при выполнении условия $G < Q$, предложенного С. Ф. Орловым и др.*, где G — вес трактора, тс, а Q — рейсовая нагрузка, м³, трелевочный трактор должен иметь вес 3—4 тс; оптимальная мощность трактора составит 30—32 л. с. при $\frac{N}{G} = 10 \div 8$ л. с./тс, что соответствует малым удельным приведенным затратам и достаточно высокой производительности трактора при реальных рабочих скоростях 60—70 м/мин.

4. Увеличение веса тракторов по сравнению с Q нецелесообразно ввиду роста при этом удельных приведенных затрат.

5. Параметры серийного трелевочного трактора ТДТ-40М наиболее близки к оптимальным для условий лесхоззагов УССР.

Поступила 20 мая 1974 г.

УДК 634.0.32

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИНАХ МАНИПУЛЯТОРНОГО ТИПА

В. А. АЛЕКСАНДРОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований динамики лесосечных машин с манипуляторами.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями [1—5] установлена целесообразность изучения динамики лесосечных машин на динамических моделях с применением математических методов.

На рис. 1 показана обобщенная расчетная схема для исследования переходных процессов в технологическом оборудовании лесосечных машин на базе колесных и гусеничных тракторов с манипуляторами. Эта схема представляет собой систему сосредоточенных дискретных масс, соединенных при помощи упругих невесомых связей и нагруженных приведенными силами.

Приняты следующие обозначения:

P — движущее усилие на штоке гидроцилиндра (гидроцилиндров) подъема стрелы, кгс;

P' — движущее усилие на штоке гидроцилиндра (гидроцилиндров) рукояти, кгс;

r, r' — соответственно плечи сил P и P' , м;

m_0 — масса опорно-поворотной конструкции манипулятора и подрессоренной базы, динамически приведенная к оси опорного шарнира стрелы, кгс·сек²/м;

m_2 — масса стрелы, рукояти, захвата (бесчokerные тракторы) и стрелы, рукояти, захватно-срезающей головки (валочно-пакетирующие машины), динамически приведенная к концу рукояти, кгс·сек²/м;

m_3, m_3'' — масса дерева, динамически приведенная в центр тяжести его, кгс·сек²/м;

* Орлов С. Ф., Одлис Б. Н. и др. Перспективы применения манипуляторов на лесозаготовках. — «Лесная промышленность», 1973, № 2.

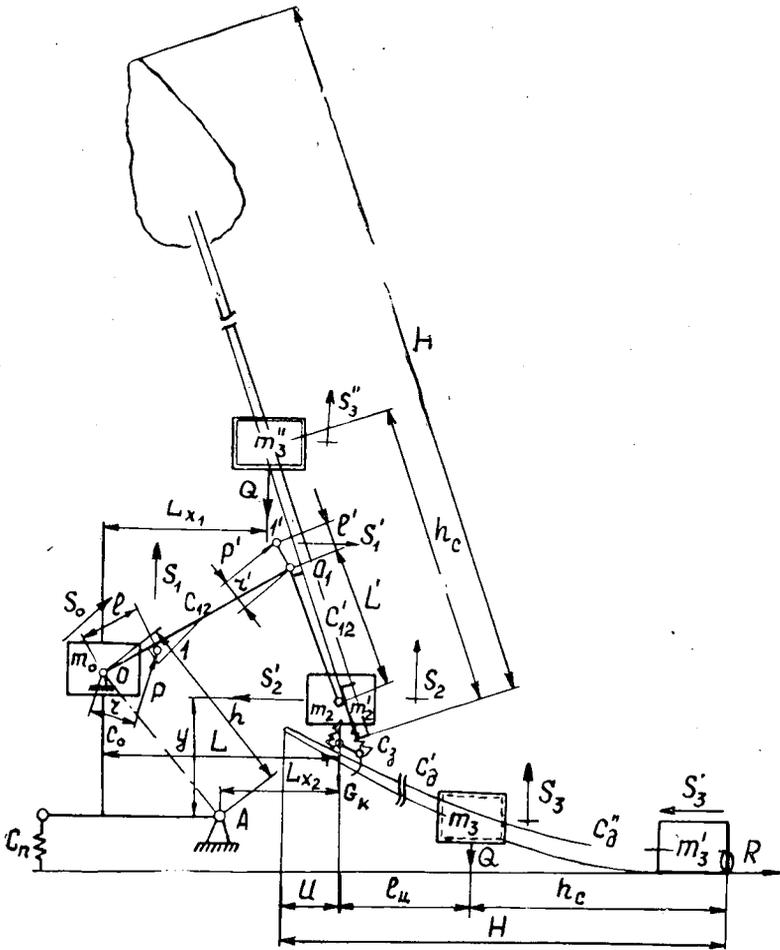


Рис. 1.

m_2' — масса рукоятки, захвата манипулятора (бесчokerные тракторы) и рукоятки, захватно-срезающей головки (валочно-пакетирующие машины), динамически приведенная к концу рукоятки, кгс·сек²/м;

m_3' — масса дерева, статически приведенная к волочащемуся концу дерева, кгс·сек²/м;

m_{20} — масса стрелы, рукоятки, захвата (бесчokerные тракторы) и стрелы, рукоятки, захватно-срезающей головки (валочно-пакетирующие машины), статически приведенная к концу рукоятки, кгс·сек²/м;

$S_0, S_1, S_2, S_3, S_1', S_2', S_3', S_3''$ — обобщенные координаты центров приведенных масс $m_0, m_2, m_3, m_2', m_3', m_3''$ и безмассовых точек I и I' ;

h — расстояние от точки O — центра приведения массы m_0 — до центра неподвижной системы координат точки A , м;

l — расстояние от точки I до точки O — центра подвижной системы координат, м;

L — вылет манипулятора, м;

- G_k — приведенный вес металлоконструкции манипулятора, кгс;
 C_0 — приведенная жесткость опорно-поворотной конструкции манипулятора, кгс/м;
 c_n — приведенная жесткость пружин (рессор) подвески (у колесных тракторов — жесткость шин), кгс/м;
 c_{12}, c_{12}' — соответственно приведенные жесткости стрелы с рукоятью и рукоятки, кгс/м;
 u — длина свеса вершинной или комлевой части дерева, м;
 c_3 — приведенная жесткость хватного устройства, кгс/м;
 $c_{д}$ — жесткость (при изгибе) вершинной части дерева, кгс/м;
 $c_{д}''$ — жесткость (при изгибе) комлевой части дерева, кгс/м;
 Q — статический вес дерева, кгс;
 H — высота дерева, м;
 $l_{ц}$ — расстояние от точки зажима дерева хватом до центра его тяжести, м;
 h_c — расстояние от комля дерева до центра его тяжести, м;
 l' — расстояние точки I' от шарнира O_1 , м;
 L' — расстояние от шарнира O_1 до центра приведения массы m_2' , м;
 R — сила сопротивления перемещению дерева, кгс;
 y — координата перемещения массы m_2' относительно центра неподвижной системы координат точки A ;
 L_{x_1} — расстояние от центра тяжести дерева до центра подвижной системы координат точки O , м;
 L_{x_2} — расстояние от точки подвеса хватно-срезающего устройства ВПМ до центра неподвижной системы координат точки A , м.

При наиболее тяжелых режимах нагружений (торможение стрелы в конце подъема — опускания пакетируемого дерева и торможение рукоятки при подтаскивании дерева) динамические процессы в технологическом оборудовании лесосечных машин описываются дифференциальными уравнениями четвертого порядка с постоянными коэффициентами вида [1], [2], [5]:

$$\frac{d^4(S_{1n} - S_2)}{dt^4} + A \frac{d^3(S_{1n} - S_2)}{dt^3} + B \frac{d^2(S_{1n} - S_2)}{dt^2} + C \frac{d(S_{1n} - S_2)}{dt} + D(S_{1n} - S_2) = E; \quad (1)$$

$$\frac{d^4(S'_{1n} - S'_2)}{dt^4} + A' \frac{d^3(S'_{1n} - S'_2)}{dt^3} + B' \frac{d^2(S'_{1n} - S'_2)}{dt^2} + C' \frac{d(S'_{1n} - S'_2)}{dt} + D'(S'_{1n} - S'_2) = E'; \quad (2)$$

здесь

$$S_{1n} = S_1 \frac{L}{l}; \quad S'_{1n} = S'_1 \frac{L'}{l'};$$

$$A = \frac{b'c_{12}h^2Lc_0}{c'e_0c_{12}Lh^2 + c_0r_f n h^2 + c_{12}r_f n L^2 \mu};$$

$$B = \frac{m_3(c'e_{12}h^2Lc_n c_0 + h^2 r_f n c_n c_0 + c_{12} r_f n L^2 c_0 \mu + c_{12} r_f n L^2 c_n \mu) + m_2(c'e_{12}h^2Lc_0 c_n + h^2 r_f n c_n c_0 + c_{12} r_f n L^2 c_n \mu)}{m_3 m_2 (c_0 c' c_{12} L h^2 + c_0 r_f n h^2 + c_{12} r_f n L^2 \mu)};$$

$$C = \frac{(m_3 + m_2) b' c_{12} h^2 L c_{\Pi} c_0}{m_3 m_2 (c_0 c' c_{12} L h^2 + c_0 r f_{\Pi} h^2 + c_{12} r f_{\Pi} L^2 \mu)} ;$$

$$D = \frac{c_{12} r f_{\Pi} L^2 c_{\Pi} c_0 \mu}{m_3 m_2 (c_0 c' c_{12} L h^2 + c_0 r f_{\Pi} h^2 + c_{12} r f_{\Pi} L^2 \mu)} ;$$

$$E = \frac{r f_{\Pi} L^2 c_{\Pi} c_0 \mu (Q' + G_K - F_{12K})}{m_3 m_2 (c_0 c' c_{12} L h^2 + c_0 r f_{\Pi} h^2 + c_{12} r f_{\Pi} L^2 \mu)} , \quad *$$

$$Q' = Q \frac{h_c}{(H - u)} .$$

Решение дифференциальных уравнений (1) и (2) при заданных начальных условиях на АВМ позволяет устанавливать оптимальные параметры проектируемых лесосечных машин.

На рис. 2—5 приведены некоторые результаты теоретических исследований динамики переходных процессов в технологическом оборудовании бесчokerных тракторов ТБ-1 и Т-40ЛБ, а также валочно-пакетирующей машины на базе трактора ТБ-1, полученные путем обработки свыше 300 вариантов основных параметров этих машин.

Оциллограммы были получены на аналоговой машине МН-7 с регистрирующим прибором ДРП-2.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы.

1. С увеличением скорости подъема стрелы резко возрастает динамическая нагрузка на манипулятор (рис. 2, 3 — кривая 7). Она может быть снижена введением в захватное устройство упругого подвеса (кривые 3, 4, 5, 6), а также применением распределителя с регулятором скорости, с целью увеличения времени торможения стрелы (кривые 8, 9).

2. Оптимальная жесткость пружины упругого подвеса захватного устройства для бесчokerных тракторов ТБ-1, Т-40ЛБ и валочно-пакетирующей машины на базе ТБ-1, равна 100 кгс/см.

3. При уменьшении приведенной жесткости подвески базы бесчokerных тракторов или ВПМ до 600 кгс/см снижается динамическая нагрузка на манипулятор. Дальнейшее уменьшение приведенной жесткости подвески базы приводит к обратному явлению, причем максимальные динамические нагрузки на манипулятор возникают при жесткости пружины упругого подвеса 50 кгс/см.

4. Оптимальная (с точки зрения пакетирования деревьев) приведенная жесткость базы находится в пределах 600—1000 кгс/см.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Александров В. А. Исследование динамики гидроманипулятора трактора ТБ-1 в период подъема поваленных на лесосеке деревьев. — Материалы научно-технической конференции ЛМФ. Изд. ЛТА, 1970, с. 8—11. [2]. Александров В. А., Родионов С. С. Исследование динамики гидроманипулятора бесчokerного трактора в период подтаскивания груза-дерева рукоятью. — Материалы научно-технической конференции ЛМФ. Изд. ЛТА, 1971, с. 19—23. [3]. Александров В. А. Аналитическое и экспериментальное исследование процесса подъема груза-дерева стрелой гидроманипулятора. — Машины и орудия для механизации лесозаготовок и лесного хозяйства. Научные труды, вып. 147. Изд. ЛТА, 1972, с. 68—73. [4]. Александров В. А. Аналитическое и экспериментальное исследование процесса подтаскивания груза-дерева рукоятью гидроманипулятора. — Машины и орудия для механизации лесозаготовок. Межвузовский сборник научных трудов, вып. 2. Изд. ЛТА, 1974,

* В целях сокращения в статье приведены лишь коэффициенты дифференциального уравнения (1) в режиме подъем (опускание) груза-дерева стрелой манипулятора бесчokerного трактора.

с. 9—14. [5]. Троязыков В. М., Александров В. А. Исследование динамики гидроманипулятора валочно-пакетирующей машины. — Механизация лесоразработок и транспорт леса. Научные труды, вып. 150. Изд. ЛТА, 1972, с. 80—85.

Поступила 4 октября 1974 г.

УДК 634.0.31

АНАЛИЗ РАБОТЫ УЗКОЗАХВАТНЫХ ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩИХ МАШИН МЕТОДОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА

В. Г. КОЧЕГАРОВ

Ленинградская лесотехническая академия

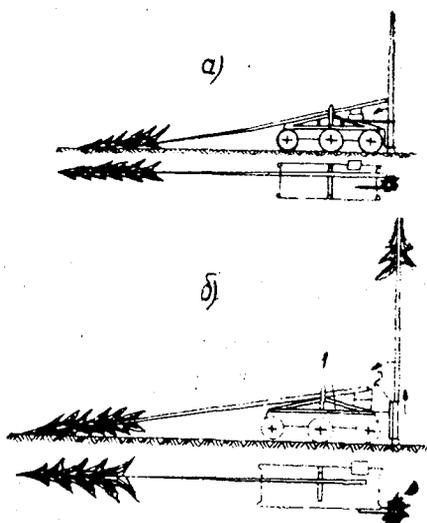
Приведены математические модели энергоёмкости валки, сбора и формирования деревьев в пачки, теоретической и действительной производительности машин с циклическим и непрерывным способами выполнения операций. Даются рекомендации об условиях применения таких машин.

С помощью узкозахватных валочно-пакетирующих машин (ВПМ) можно формировать деревья в пачки как в полупогруженном, так и в погруженном положениях. Комли деревьев в формирующее устройство машин можно доставлять различными способами.

На рис. 1, а представлена схема ВПМ фронтального типа, которая валит деревья, расположенные на пути ее движения, непосредственно в формирующее устройство. Машины с аналогичной схемой технологического оборудования могут выполнять операции циклическим и непрерывным способами. На рис. 1, б изображена схема ВПМ фронтального или флангового типа. Машина снимает деревья с пней после срезания и, поворачивая их, укладывает комлевые части в формирующее устройство. Захват 2 со срезающим устройством поворачивается вокруг оси 1, устанавливаясь в рабочее и транспортное положения. На рис. 1, б движения дерева при его обработке показаны стрелками.

Рис. 1. Схемы узкозахватных ВПМ фронтального типа.

а — доставка деревьев путем валки их непосредственно в формирующее устройство машины;
б — доставка деревьев путем подъема, поворота их и укладки комлей в формирующее устройство.



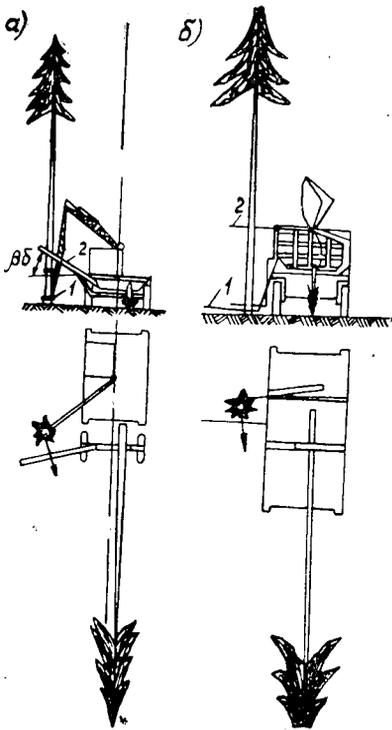


Рис. 2. Схемы узкозахватных ВПМ флангового типа,

а — доставка комлей деревьев путем смещения их в формирующее устройство по наклонной приемной балке; б — доставка комлей деревьев путем подъема их приемно-погрузочным рычагом в формирующее устройство машины.

На рис. 2 а изображена схема ВПМ флангового типа. Срезающее устройство смонтировано на захвате 1, который подается к деревьям с помощью манипулятора. Деревья валят на наклонную приемную балку 2, по ней комлевые части смещаются в формирующее устройство.

Угол наклона балки β_6 выбирается с таким расчетом, чтобы при работе машины с допустимыми боковыми кренами комли деревьев смещались по балке под действием собственного веса. На рис. 2, б представлена схема ВПМ флангового типа. Машина с помощью сталкивающего рычага 2 валит деревья на приемно-погрузочный рычаг 1 с последующим подъемом их комлей в формирующее устройство.

Математическая модель энергоемкости валки и пакетирования деревьев в общем виде выразится уравнением

$$\mathcal{E}_{в-п} = \mathcal{E}_в + \mathcal{E}_д + \mathcal{E}_{з.д} + \mathcal{E}_{ф.у} + \mathcal{E}_{м.р} + \mathcal{E}_{р.п} \text{ кВт} \cdot \text{ч/га},$$

где $\mathcal{E}_в$ — затраты энергии на валку деревьев;

$\mathcal{E}_д$ — на доставку деревьев в формирующее устройство машины;

$\mathcal{E}_{з.д}$ — на захват деревьев (для машины, схема которой представлена на рис. 1, б);

$\mathcal{E}_{ф.у}$ — на зажим пачек в формирующем устройстве машины;

$\mathcal{E}_{м.р}$ — на движения машины с деревьями в процессе выполнения технологической работы;

$\mathcal{E}_{р.п}$ — на разгрузку пачек деревьев (эти затраты учитываются, если пачки формируются в погруженном положении, что неизбежно при непрерывном способе выполнения операций).

$$\mathcal{E}_в = Cn \left[\frac{\pi d_c^3}{4} c_1 b k \left(\frac{v_1}{\eta_{0.1} \eta_{1.1}} + \frac{c_2 u_n v_2}{v_{рез} \eta_{0.2} \eta_{1.2}} \right) + \frac{A_d v_3}{\eta_{0.3} \eta_{1.3}} + \frac{v_4}{\eta_{0.4} \eta_{1.4}} \int_0^\alpha M(\alpha) d\alpha \right], \quad (2)$$

- где C — коэффициент пропорциональности ($C = \frac{1}{3,6 \cdot 10^6}$);
- n — число деревьев на 1 га;
 - d_c — диаметр дерева в месте срезания, м;
 - c_1 — коэффициент, учитывающий наличие недопила в момент сталкивания дерева с пня;
 - b — ширина пропила, м;
 - k — удельная работа резания, Дж/м³;
 - v_i — коэффициент, учитывающий увеличение затрат энергии от наличия непроизводительных движений соответствующих рабочих органов машины;
 - $\eta_{0,1}$ — КПД устройств, передающих энергию от двигателя к срезающему механизму;
 - $\eta_{1,1}$ — КПД срезающего механизма;
 - c_2 — коэффициент пропорциональности между усилиями резания и подачи;
 - u_n — скорость подачи срезающего механизма, м/с;
 - $v_{рез}$ — скорость резания, м/с;
 - $\eta_{0,2}$ — КПД устройств, передающих энергию от двигателя к подающему устройству срезающего механизма;
 - $\eta_{1,2}$ — КПД подающего устройства;
 - A_d — работа, затрачиваемая на доставку валочного устройства к дереву, Дж;
 - $\eta_{0,3}$ — КПД устройств, передающих энергию от двигателя к механизму подачи рабочих органов к дереву;
 - $\eta_{1,3}$ — КПД механизма подачи рабочих органов машины к дереву;
 - M — момент, необходимый для сталкивания дерева с пня, Н·м;
 - $\eta_{0,4}$ — КПД устройств, передающих энергию от двигателя к механизму сталкивания дерева с пня;
 - $\eta_{1,4}$ — КПД сталкивающего устройства;
 - α — угол сопровождения дерева сталкивающим устройством, рад.

$$\mathcal{E}_d = C \frac{n v_3}{\eta_{0,3} \eta_{1,3}} [G_d h_d k' + G_{п.м} r_2 \omega_1 (1 + m_{1,0})], \quad (3)$$

- где G_d — вес дерева, Н;
- h_d — высота подъема дерева, м;
 - k' — коэффициент распределения веса дерева между машиной и грунтом;
 - $G_{п.м}$ — вес рабочего органа машины, Н;
 - r_2 — среднее, за время подъема дерева, расстояние по горизонтали от центра тяжести рабочего органа до оси его поворота, м;
 - ω_1 — угол поворота рабочего органа за время подъема дерева, рад;
 - $m_{1,0}$ — коэффициент, учитывающий затраты энергии на подачу рабочего органа к дереву. Для машин со схемами технологического оборудования, изображенными на рис. 1, а и 2, а, затраты энергии \mathcal{E}_d не учитываются.

$$\mathcal{E}_{з.д} = C \frac{n r_1 \varphi_3 v_5}{\eta_{0,5} \eta_{1,5}} (P_3 + P_{0,3}), \quad (4)$$

- где r_1 — радиус захватов, м;
- φ_3 — угол поворота захватов, рад;

$P_3, P_{0,3}$ — средние усилия перемещения захватов на радиусе r_1 соответственно при захвате дерева и раскрытии захватов, Н.

$$\mathcal{E}_{\text{ф.у}} = C \frac{n'_{\text{ср}} \gamma_6}{n_1 \gamma_{0,6} \gamma_{1,6}} (P_{\text{ср}} + P_3), \quad (5)$$

где $L'_{\text{ср}}$ — средний путь зажимов формировочного устройства при закреплении пачки (дерева), м;
 n_1 — число деревьев, обрабатываемых с одной рабочей позиции машины;
 $P_{\text{ср}}, P_0$ — средние значения усилий перемещения зажимного устройства на пути $L'_{\text{ср}}$ соответственно при закреплении дерева (пачки) и раскрытии формировочного устройства, Н.

$$\mathcal{E}_{\text{м.р}} = C \cdot 10^4 G_{\text{п}} \frac{k_0 \gamma_0}{\Delta \gamma_{0,0}} \left(\frac{\psi_{\text{п.ср}}}{2} + a_1 \psi_{\text{м.с}} \right), \quad (6)$$

где $G_{\text{п}}$ — вес формируемой пачки деревьев, Н;
 K_0 — коэффициент, учитывающий увеличение пути, проходимого машиной, по отношению к расчетному;
 Δ — ширина разрабатываемой ленты леса, м;
 a_1 — отношение веса машины к весу пачки;
 $\psi_{\text{п.ср}}$ — среднее значение коэффициента сопротивления пачки с учетом уклона пути;
 $\psi_{\text{м.с}}$ — коэффициент сопротивления движению машины с учетом уклона пути;

$$\psi_{\text{п.ср}} = k' (\varphi_{\text{м}} \cos \alpha_1 \pm \sin \alpha_1) + (1 - k') (\varphi_{\text{п}} \cos \alpha_1 \pm \sin \alpha_1), \quad (7)$$

где $\varphi_{\text{м}}$ — коэффициент сопротивления движению машины;
 $\varphi_{\text{п}}$ — коэффициент сопротивления движению пачки по грунту;
 α_1 — угол отклонения пути движения машины от горизонтали, рад.

$$\mathcal{E}_{\text{м.х}} = C \cdot 10^4 G_{\text{п}} \frac{k_0 \gamma_0}{\Delta \gamma_{0,0}} a_1 \psi_{\text{м.с}} L_x, \quad (8)$$

где L_x — путь, проходимый машиной на холостом ходу, м/га.

Если принять $\frac{L_x}{L_p} = m_1$ (здесь L_p — путь, проходимый машиной в процессе выполнения технологической работы, м/га), то

$$\mathcal{E}_{\text{м.р}} + \mathcal{E}_{\text{м.х}} = C \cdot 10^4 G_{\text{п}} \frac{k_0 \gamma_0}{\Delta \gamma_{0,0}} \left[\frac{\psi_{\text{п.ср}}}{2} + a_1 \psi_{\text{м.с}} (1 + m_1) \right]. \quad (9)$$

Теоретическая производительность (производительность чистой работы) ВПМ (в м³/ч) определяется по уравнениям: при циклическом способе выполнения операций

$$P_{\text{т.в-п}} = \frac{q}{\sum_{i=1}^{n_{\text{ц}}} \frac{\mathcal{E}_i}{N \xi_i}}; \quad (10)$$

при непрерывном способе выполнения операций

$$P_{\text{т.в-п}} = \frac{q N \xi_{\text{в-п}}}{\mathcal{E}_{\text{в-п}}}, \quad (11)$$

где q — запас леса на 1 га, м³;

$n_{\text{ц}}$ — число операций или движений, выполняемых циклическим способом;

N — возможная к использованию мощность двигателя, кВт;
 ξ_i — коэффициент использования мощности двигателя при выполнении i -той операции;
 \mathcal{E}_i — энергоемкость i -той операции, кВт·ч/га;
 $\xi_{в-п}$ — среднее значение коэффициента использования мощности двигателя;

$$q = \frac{G_d n (1 - \beta_{кр} - \beta_k)}{\gamma_V}, \quad (12)$$

где $\beta_{кр}$ — доля веса пачки, приходящаяся на кроны;
 β_k — доля веса пачки, приходящаяся на кору;
 γ_V — объемный вес древесины, Н/м³.

Действительная производительность ВПМ (в м³/ч) выразится уравнением

$$П_{д.в-п} = П_{т.в-п} K_m, \quad (13)$$

где K_m — коэффициент использования теоретической производительности машины

$$K_m = \frac{T}{T + T_x + T_{пр}}, \quad (14)$$

здесь T — время чистой работы, ч/га;

T — время, затрачиваемое на холостые движения машины, ч/га;

T_p — время, затрачиваемое на выполнение подготовительных, вспомогательных работ и простоя по организационно-техническим причинам, ч/га;

$$T = \sum_{i=1}^{i=n_u} \frac{\mathcal{E}_i}{N \xi_i}; \quad (15)$$

$$T_x = \frac{L_x}{3600v_x}, \quad (16)$$

где v_x — скорость движения машины на холостом ходу, м/с.

С учетом уравнений (1), (10), (13) и (14) математические модели производительности ВПМ выразятся следующими уравнениями.

Математические модели теоретической производительности: при цикличном способе выполнения операций

$$П_{т.в-п} = \frac{q}{\frac{\mathcal{E}_в}{N \xi_1} + \frac{\mathcal{E}_д}{N \xi_2} + \frac{\mathcal{E}_{з.д}}{N \xi_3} + \frac{\mathcal{E}_{ф.у}}{N \xi_4} + \frac{\mathcal{E}_{м.р}}{N \xi_5}}; \quad (17)$$

при непрерывном способе выполнения операций

$$П_{т.в-п} = \frac{q N \xi_{в-п}}{\mathcal{E}_в + \mathcal{E}_{м.р} + \mathcal{E}_{р.п}}. \quad (18)$$

Математические модели действительной производительности: при цикличном способе выполнения операций

$$П_{д.в-п} = \frac{q}{\frac{\mathcal{E}_в}{N \xi_1} + \frac{\mathcal{E}_д}{N \xi_2} + \frac{\mathcal{E}_{з.д}}{N \xi_3} + \frac{\mathcal{E}_{ф.у}}{N \xi_4} + \frac{\mathcal{E}_{м.р} + \mathcal{E}_{м.х}}{N \xi_5} + T_{п.р}}; \quad (19)$$

при непрерывном способе выполнения операций

$$P_{д.в.-п} = \frac{qN\xi_{в.-п}}{\mathcal{E}_в + \mathcal{E}_{м,р} + \mathcal{E}_{р.п} + \mathcal{E}_{м.х} + T_{пр}N\xi_{в.-п}}. \quad (20)$$

Энергоемкость разгрузки пачек при формировании их в погруженном положении выразится уравнением

$$\mathcal{E}_{р.п} = CG_d \frac{n\varphi_k \gamma_t}{\gamma_{0,7} \gamma_{1,7}} \left(r_{п} + \frac{2G_k r_k}{G_{п}} \right) \text{ кВт. ч/га}, \quad (21)$$

где φ_k — угол поворота разгрузочных балок, рад;

$r_{п}$ — среднее расстояние по горизонтали от продольной оси пачки до оси поворота разгрузочных балок, м;

G_k — вес разгрузочной балки, Н;

r_k — среднее расстояние по горизонтали от центра тяжести разгрузочной балки до оси ее поворота, м.

При работе узкозахватных ВПМ основной составляющей являются затраты энергии на движения машины с деревьями в процессе сбора пачек (холостые движения машины не учитываются, так как затраты энергии на них зависят от принятой схемы движений машины при разработке лесосеки), поэтому с достаточной точностью математическая модель энергоемкости процесса может быть записана в следующем виде:

$$\mathcal{E}_{в.-п} = C \cdot 10^4 G_{п} \frac{k_0 \gamma_0}{\Delta \gamma_{0,0}} \left(\frac{\psi_{п.ср}}{2} + a_1 \psi_{м.с} \right) k_{п}, \quad (22)$$

где $k_{п}$ — коэффициент, учитывающий увеличение затрат энергии на валку деревьев, подачу комлей в формировочное устройство и другие операции и движения.

Изучение математических моделей энергоемкости процесса показало, что значение коэффициента $k_{п}$ изменяется незначительно с изменением запаса леса на 1 га. Из сказанного можно сделать вывод, что энергоемкость процесса при работе узкозахватных машин практически не зависит от запаса леса на 1 га, поэтому их целесообразно использовать для разработки лесосек с большими запасами леса.

Анализ математических моделей производительности машин показал, что при работе ВПМ циклического действия мощность двигателя достаточно полно используется лишь во время движений машины с деревьями в процессе сбора пачек. При непрерывном рабочем процессе производительность машины повышается с увеличением мощности двигателя, что видно из уравнений (18) и (20).

Поступила 12 ноября 1974 г.

УДК 629.1-44

ПОСТРОЕНИЕ БЕЗРАЗМЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДОЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЕСНОЙ ТРЕЛЕВОЧНО-ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ

П. Д. КЛЫЧКОВ

Хабаровский политехнический институт

Дан вывод уравнений и изложена методика построения номограммы для определения критических углов продольной динамической устойчивости колесной трелевочно-транспортной машины в зависимости от ее конструктивных параметров и условий производственной эксплуатации.

Известно [1], [3], что критическое состояние при прямолинейно-поступательном движении колесного трактора наступает (рис. 1) при $R = 0$.

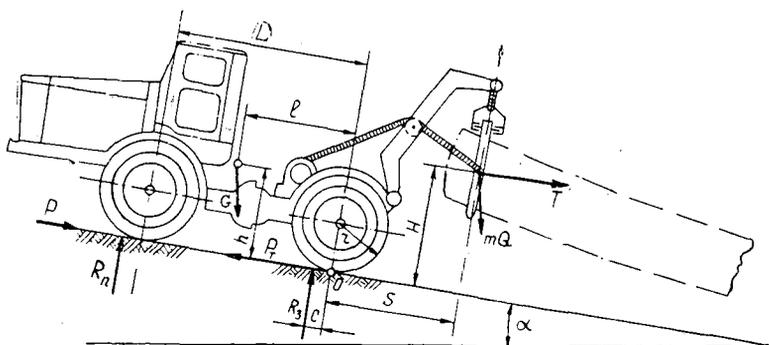


Рис. 1. Схема сил, действующих на машину при равномерном прямолинейном движении на подъеме.

Уравнение моментов (без учета инерционных сил) относительно точки O в данном случае имеет вид:

$$Gl \cos \alpha = Gh \sin \alpha + G_{\text{сц}} f_r \cos \alpha + mQ(S \cos \alpha + H \sin \alpha) + TH, \quad (1)$$

где

$$G_{\text{сц}} = G + mQ; \quad T = (1 - m) Q (f_v \cos \alpha + \sin \alpha);$$

$$G_{\text{сц}} \varphi \cos \alpha \geq P_T \leq \frac{M_e}{r} \eta_i, \quad (2)$$

G — конструктивный вес машины;

l — расстояние от центра тяжести порожнего тягача до задней оси;

h — высота расположения центра тяжести порожнего тягача;

- $G_{\text{сц}}$ — вес, приходящийся на ведущие оси;
 f — коэффициент сопротивления качению;
 r — радиус колеса (динамический);
 α — угол подъема;
 m — доля от веса пакета хлыстов, приходящаяся на оси тягача;
 Q — рейсовая нагрузка (вес пакета хлыстов);
 S — вылет гидрозахвата;
 H — высота подъема комлевой части пакета хлыстов;
 T — сопротивление движению, создаваемое волочащейся частью пакета;
 φ — коэффициент сцепления;
 $f_{\text{в}}$ — удельное сопротивление волочению;
 M_e — максимальный крутящий момент двигателя;
 η — коэффициент полезного действия трансмиссии;
 i — общее передаточное число трансмиссии на данной передаче;
 $P_{\text{т}}$ — сила тяги.

Стабилизирующий момент, создаваемый тягачом,

$$M_{\text{ст}} = Gl(\cos \alpha - h \sin \alpha).$$

Полагая, что $h = al$, можно написать

$$M_{\text{ст}} = Gl(\cos \alpha - a \sin \alpha). \quad (3)$$

Опрокидывающий момент при движении на подъем грузовой машины

$$M_{\text{оп}} = G_{\text{сц}} fr \cos \alpha + mQS \cos \alpha + [(1 - m) Q f_{\text{в}} \cos \alpha + Q \sin \alpha] H. \quad (4)$$

Критический угол продольной динамической устойчивости ($M_{\text{ст}} = M_{\text{оп}}$):

$$\operatorname{tg} \alpha''_{\text{кр}} = \frac{l - (1 + mq) fr - q[mS + f_{\text{в}} H (1 - m)]}{qH + al},$$

где $q = \frac{Q}{G}$ — удельная рейсовая нагрузка.

Графическое решение уравнения показано на рис. 2 (точка II).

Из уравнения (2) следует, что движение буксования возможно, если

$$\varphi \geq f + \operatorname{tg} \alpha + \frac{(1 - m) Q}{G_{\text{сц}}} (f_{\text{в}} + \operatorname{tg} \alpha) = f + \operatorname{tg} \alpha + \frac{q - mq}{1 + mq} (f_{\text{в}} + \operatorname{tg} \alpha).$$

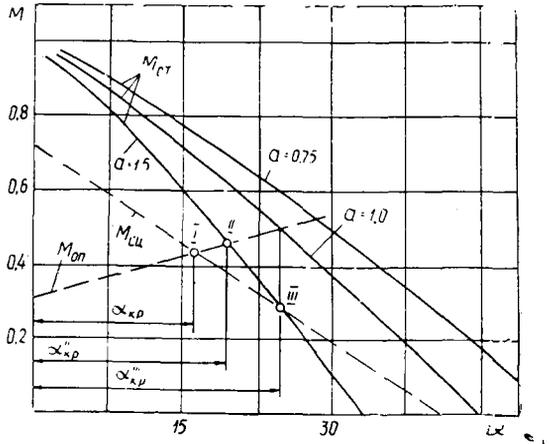
Следовательно, максимально возможное значение

$$q = \frac{\varphi - f - \operatorname{tg} \alpha}{(1 - m) f_{\text{в}} + \operatorname{tg} \alpha - m(\varphi - f)},$$

а наибольшая величина горизонтальной составляющей крюковой нагрузки (сила натяжения троса лебедки)

$$m Q \sin \alpha + (1 - m) Q (f_{\text{в}} \cos \alpha + \operatorname{tg} \alpha) = G_{\text{сц}} (\varphi - f) \cos \alpha - G \sin \alpha.$$

Рис. 2. Безразмерная характеристика продольной устойчивости колесной трелевочно-транспортной машины.



Подставив это выражение в уравнение (4), определим максимально возможный по условию сцепления опрокидывающий момент

$$M_{сц} = G_{сц} f r \cos \alpha + m Q S \cos \alpha + [G_{сц} \cos \alpha (\varphi - f) - G \sin \alpha] H. \quad (5)$$

Точка I на рис. 2 ($M_{сц} = M_{оп}$) соответствует критическому углу подъема, при котором наступает буксование,

$$\operatorname{tg} \alpha'_{кр} = \frac{G_{сц} (\varphi - f) - (1 - m) Q f_{в}}{G + Q} = \frac{(1 + m q) (\varphi - f) - q (1 - m) f_{в}}{1 + q}.$$

Потеря продольной устойчивости ($R_{п} = 0$) при движении колесной трелевочно-транспортной машины с грузом на подъем наступит при $M_{сц} = M_{ст}$. Это возможно, если

$$\begin{aligned} \varphi &\geq \frac{G [l - (al - H) \operatorname{tg} \alpha] + G_{сц} f (H - r) - m Q S}{G_{сц} H} = \\ &= \frac{l - (al - H) \operatorname{tg} \alpha + (1 + m q) f (H - r) - m q S}{(1 + m q) H}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{в} &\leq \frac{q(1 - m)}{H} [l - (al - H) \operatorname{tg} \alpha + (1 + m q) f (H - r) - m q S] - \\ &\quad - \frac{1 + m q}{q(1 - m)} (f + \operatorname{tg} \alpha) - \operatorname{tg} \alpha. \end{aligned}$$

Точку III на рис. 2 можно отыскать из выражения

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha'''_{кр} &= \frac{Gl - G_{сц} [f r + H(\varphi - f)] - m Q S}{G (al - H)} = \\ &= \frac{l - (1 + m q) [f r + H(\varphi - f)] - m q S}{al - H}. \end{aligned}$$

Затяжной подъем, на котором не может быть рекомендована длительная работа колесной трелевочно-транспортной машины из условия перегрузки заднего моста, определится из формулы:

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{RL - G(L - l) - (1 - m) Q f_{в} H - m Q (S + L)}{Gal + QH},$$

где R — максимально допустимая нагрузка на задний мост;
 L — база тягача.

Поскольку m есть функция H , то из условия $\frac{d \operatorname{tg} \alpha_{\text{кр}}}{dH} = 0$ можно определить оптимальную высоту подвешивания пачки. По опытам [2], проведенным при участии автора, когда за H принималась высота подъема центра сечения пачки на расстоянии 0,5 м от комлей, было получено как среднее по 6 деревьям (1Б2Ос3Е):

$$m = 0,28 + 0,11H.$$

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Львов Е. Д. Теория трактора. Машгиз, 1960. [2]. Отчет ЦНИИМЭ по хозяйственному с Могилевским заводом. ПТО, 1962. [3]. Поспелов Ю. А. Устойчивость трактора. «Машиностроение», 1966.

Поступила 21 октября 1974 г.

УДК 625.2

ОБ ОСНОВНОМ СОПРОТИВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЮ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА УЖД

А. В. ДУРОВ

Архангельский лесотехнический институт

Обобщен и систематизирован экспериментальный материал по основному сопротивлению движению подвижного состава УЖД. Рекомендуются формулы для определения этого сопротивления применительно к тепловозам с механической и гидромеханической силовыми передачами и пруженым вагонам-сцепам ЦНИИМЭ—АВЗ.

Основные удельные сопротивления движению локомотива как поковки w'_0 , прицепного подвижного состава w_0'' и поезда w_0 — важнейшие характеристики, позволяющие определять вес поезда, скорость движения, производительность, расход топлива и пр.

В настоящее время накоплен некоторый экспериментальный материал по основному сопротивлению движению подвижного состава УЖД. Статья посвящена обобщению и систематизации этого материала.

На величину w_0 влияют многочисленные факторы: состояние пути, тип рельса и шпального основания, тип и состояние подвижного состава и буксовых подшипников, скорость движения, средняя нагрузка на рельс, колебания наддресорного строения, время года и др.

В тяговых расчетах на УЖД средние суммарные (нерасчлененные) величины w'_0 или w_0'' обычно представляют в виде графиков или в виде эмпирических формул

$$w'_0 = a + bv + cv^2,$$

в которых влияние всех факторов, кроме скорости v , учитывают эмпирическими коэффициентами a , b и c .

Для локомотивов, в частности, для тепловозов, кроме w'_0 , как известно, различают сопротивление движению тепловоза как машины на холостом ходу

$$w_x = w'_0 + w_3.$$

Величина ω_3 учитывает дополнительное (к основному ω_0') сопротивление движению, обусловленное механическими и гидравлическими потерями в силовой передаче на выбеге тепловоза, то есть при силе тяги $F_k = 0$.

В справочнике П. Н. Астахова и др. [3] приведены обобщенные значения величин ω_0' и ω_x , относящиеся преимущественно к паровой тяге, а также к тепловозам с гидравлической и электрической передачами (ТУ2, ТУ3). Для тепловозов с гидравлической передачей приводятся лишь значения ω_x , а данные о сопротивлениях тепловозов с механической передачей отсутствуют. Тепловозы ТУ2 и ТУ3, вследствие большой нагрузки на ось (8 тс), получили очень ограниченное применение на лесотранспорте, и выпуск их прекращен. Весьма скудные материалы о сопротивлениях ω_0' , ω и ω_0'' приводятся и в ПТР [8].

Для тепловозов с механической (МД54, ТУ6) и гидромеханической (ТУ4, ТУ5, ТУ7) передачами, буксы которых снабжены подшипниками качения, значения ω_x определялись на магистральных путях Промтранспроект [9], ЦНИИМЭ [6], [1], [2], АЛТИ [4], [5] и ВНИТИ [3]. В этих опытах сопротивление ω_0' , необходимое для производства тяговых расчетов, не определяли, а при установлении значения ω_x карданные валы, идущие от реверс-редуктора к редукторам тележек, были отсоединены. Поэтому величина ω_x включала (кроме ω_0') дополнительные механические и гидравлические потери в редукторах тележек; они могут быть оценены коэффициентом механических потерь η_m , то есть

$$\omega_0' = \omega_x \eta_m.$$

Располагая зависимостью $\omega_x = f_1(v)$, мы аналитическим путем получили функцию $\omega_0' = f_2(v)$. При подсчете η_m учитывали потери в зацеплении шестерен и в подшипниках, а также от взбалтывания масла в редукторах. Поскольку мощность от реверс-редуктора к редукторам тележек у всех тепловозов передается параллельно, то при подсчете учитывали КПД только одной тележки с учетом последовательно-параллельного распределения мощности в ней.

Таблица 1

Серия тепловоза	Формула	Значения ω_x и ω_0' , кгс/тс, при скоростях движения v , км/ч								
		10	15	20	25	30	35	40	45	50
МД54	$\omega_x = 4,5 + 0,09 v$ [5]	5,4	5,9	6,3	6,7	—	—	—	—	—
	$\omega_0' = 3,7 + 0,08 v$	4,5	4,9	5,3	5,7	—	—	—	—	—
ТУ6	$\omega_x = 4 + 0,02v + 0,0035v^2$ [9], [6]	4,6	5,1	5,8	6,7	7,8	—	—	—	—
	$\omega_0' = 3,6 + 0,018v + 0,0032v^2$	4,1	4,6	5,2	6,0	7,0	—	—	—	—
ТУ4	$\omega_x = 4,3 + 0,2v + 0,0007v^2$ [8]	6,4	7,5	8,6	9,7	10,9	12,2	13,4	14,7	16,1
ТУ5	$\omega_0' = 3,9 + 0,18v + 0,00064v^2$	5,8	6,8	7,8	8,8	9,9	11,1	12,2	13,4	14,6
ТУ7	$\omega_x = 5,94 - 0,086v + 0,0069v^2$	5,8	6,2	7,0	8,1	9,5	11,4	13,5	—	—
	$\omega_0' = 5,4 - 0,078v + 0,0063v^2$	5,3	5,7	6,4	7,4	8,7	10,4	12,3	—	—
ТУ2	$\omega_x =$ (по графику)	5,2	5,7	6,3	7,0	7,8	8,8	9,8	11,0	12,4
	$\omega_0' = 1,9 + 0,1v$	2,9	3,4	3,9	4,4	4,9	5,4	5,9	6,4	6,9

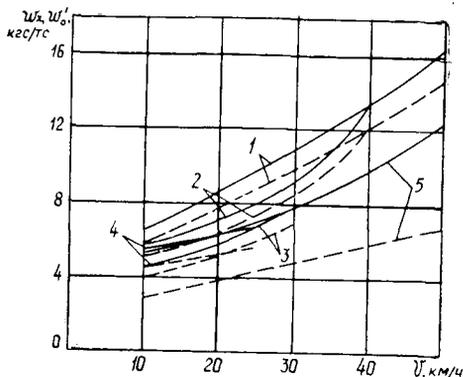


Рис. 1. Основное удельное сопротивление движению тепловозов как повозки ω'_0 (пунктирные линии) и на холостом ходу ω_x (сплошные линии) в зависимости от скорости движения.

1 — ТУ4, ТУ5; 2 — ТУ7; 3 — ТУ6, ТУ6А; 4 — МД54; 5 — ТУ2.

Полученные формулы для определения ω'_0 , а также значения ω_x и ω'_0 при различных v приведены в табл. 1, по данным которой на рис. 1 построены графики функций $\omega_x = f_1(v)$ и $\omega'_0 = f_2(v)$.

Для тепловозов ТУ2 с электрической передачей сопротивление ω'_0 (данные ВНИИЖТа) [8], примерно в два раза меньше, чем для остальных тепловозов. Это можно объяснить, в основном, лучшим состоянием пути, на котором проводили эксперименты с ТУ2.

Тепловозы ТУ6А (дизель ЯМЗ-М204) и ТУ6 (дизель АМ-41) имеют одинаковые кинематические схемы силовой передачи, поэтому их сопротивления ω'_0 и ω_x можно считать тоже одинаковыми.

В новых «Правилах» [8] приводятся формулы по определению ω''_0 груженых и порожних крытых вагонов и платформ грузоподъемностью 20 т. Для лесовозного прицепного состава эти формулы, как показывают подсчеты, дают заниженную величину ω''_0 ; они получены при хорошем состоянии пути и не могут быть использованы в тяговых расчетах.

Сопротивление ω''_0 экспериментально определено для груженых вагонов-сцепов ЦНИИМЭ—АВЗ (ДВЗ), снабженных буксовыми подшипниками скольжения и качения на магистральных путях при $v = 5 \div 35$ км/ч. Для порожних сцепов такие данные в литературе мы не нашли.

Опытами ЦНИИМЭ [10], которые проводились в Крестецком лесопромхозе с группой груженых сцепов (рельсы типа Р15), установлено существенное влияние состояния пути на ω''_0 , которое особо проявляется при $v > 25$ км/ч.

В МЛТИ [7] проведены сравнительные опыты и получены зависимости $\omega''_0 = f(v)$ при различных типах рельсов (Р11, Р18, Р24) и шпальном основании для груженых сцепов ЦНИИМЭ—ДВЗ ($v = 4 \div 28$ км/ч). Установлено, что применение рельсов Р24 вместо Р18 снижает ω''_0 в среднем на $0,5 \div 0,6$ кгс/тс, а укладка пути УЖД на щебеночный балласт уменьшает ω''_0 в среднем на $0,5 \div 0,6$ кгс/тс.

В табл. 2 приведены формулы для определения ω''_0 , полученные ЦНИИМЭ и АЛТИ, а на рис. 2 — графики $\omega''_0 = f(v)$, построенные по этим формулам.

Сравнение данных табл. 2 позволяет сделать следующие заключения. Формула (1) применима в тяговых расчетах только при хорошем техническом состоянии пути и сцепов. Формулы (2), (3) — (5) в большей мере отражают действительное состояние пути и прицепного состава, хотя при одинаковых v величины ω''_0 несколько различаются. Обработ-

Таблица 2

Формула	Данные и источник	Значения w_0'' , кг/тс, при скоростях движения v , км/ч							Интервал скоростей, в котором применима формула, км/ч
		5	10	15	20	25	30	35	
Груженые вагоны-цепы ЦНИИМЭ—АВЗ с подшипниками скольжения									
$w_0'' = 3,19 - 0,05v + 0,0023v^2$ (1)	ЦНИИМЭ, [10]	3,00	2,92	2,94	3,11	3,37	3,76	4,26	5—35
$w_0'' = 3,31 - 0,194v + 0,012v^2$ (2)	ЦНИИМЭ, [10]	2,64	2,57	3,10	4,23	5,96	8,29	—	5—30
$w_0'' = 0,94 + 0,21v$ (3)	АЛТИ, [5]	—	3,04	4,09	5,14	6,19	7,24	—	10—30
$w_0'' = 2,45 + 0,09v + 0,0025v^2$ (4)	АЛТИ, [5]	—	3,60	4,36	5,25	6,76	7,40	—	10—30
$w_0'' = 4,24 - 0,21v + 0,0096v^2$ (5)	АЛТИ	3,04	3,10	3,25	3,98	4,99	6,58	8,65	4—40
$w_0'' = 2,67 - 0,017v + 0,0058v^2$ (6)	АЛТИ	2,73	2,98	3,72	4,65	5,87	7,38	9,17	4—40
Груженые вагоны-цепы ЦНИИМЭ—АВЗ с подшипниками качения									
$w_0'' = 1,43 + 0,0047v + 0,0004v^2$ (7)	ЦНИИМЭ, [10]	—	1,94	2,22	2,53	2,85	3,20	3,57	10—35
$w_0'' = 1,12 + 0,14v + 0,0007v^2$ (8)	АЛТИ	—	2,59	3,38	4,20	5,06	5,95	6,88	10—35

* — хорошее состояние пути; ** — плохое состояние пути.

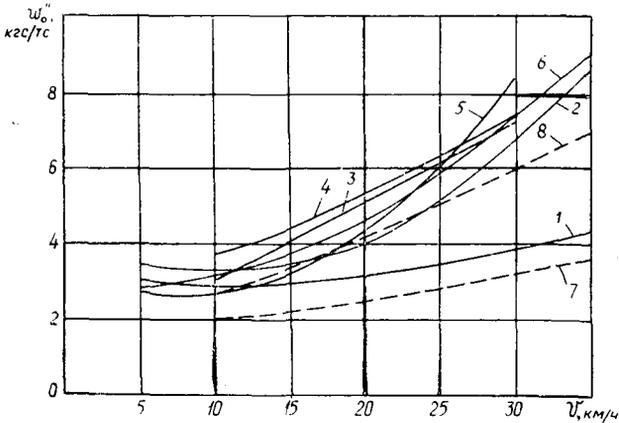


Рис. 2. Основное удельное сопротивление движению груженых вагонов-цепов ЦНИИМЭ—АВЗ (ДВЗ), снабженных подшипниками скольжения (сплошные линии) и качения (пунктирные линии) в зависимости от скорости движения. Цифры у кривых соответствуют номеру формулы, приведенной в табл. 2.

ка величин w_0'' , вычисленных по этим формулам (Крестецкий, Конечгорский и Костылевский леспромхозы), позволила получить усредненную зависимость (6). При ходовых скоростях лесовозных поездов 20—30 км/ч значения w_0'' , определенные по формуле (6), отличаются от результатов расчетов по формулам (2), (3)—(5) не более чем на 10%. Составляющая sv^2 , отражающая сопротивление воздушной среды, наиболее весомо проявляется при $v > 25 \div 30$ км/ч.

Величина w_0'' для цепов с подшипниками качения, по нашим опытным данным, значительно больше, чем по данным, полученным в опытах ЦНИИМЭ при хорошем состоянии пути.

До получения опытных данных величину сопротивления порожних цепов $w_{0.п}''$ ЦНИИМЭ—АВЗ для магистрального пути можно ориентировочно оценить по выражению

$$w_{0.п}'' = w_{0.г}'' k_w,$$

где $w_{0.г}''$ — сопротивление груженых цепов;
 k_w — поправочный коэффициент.

Величина поправочного коэффициента k_w возрастает с увеличением v (табл. 3) и получена нами путем сопоставления значений $w_{0.п}''$ и $w_{0.г}''$, приведенных в работах [8] и [11].

Таблица 3

v , км/ч	10	15	20	25	30	35	40
k_w	1,10	1,13	1,22	1,25	1,32	1,36	1,40

Зная сопротивление ω'_0 и ω''_0 , величину ω_0 можно определить по известному уравнению

$$\omega_0 = \frac{P\omega'_0 + Q\omega''_0}{P + Q}.$$

Подсчеты показали, что при $v = \text{const}$ влияние составляющей $P\omega$ на ω_0 проявляется лишь при небольшом весе состава Q , когда относительный вес локомотива P в общем весе поезда $P+Q$ значителен. С увеличением Q величина ω_0 изменяется мало (на 5—8%) и в практических расчетах можно полагать, что $\omega_0 = f(v)$.

При трогании состава с места величина ω_0 резко возрастает. Опытами ЦНИИМЭ [10], проведенными в весенний период, для группы груженых вагонов-сцепов ЦНИИМЭ—АВЗ при $v = 1 \div 4,5$ км/ч получена зависимость

$$\omega''_0 = 19,45 - 5,44v + 0,57v^2,$$

которая показывает, что с уменьшением v величина ω''_0 резко увеличивается.

Полученные уравнения были использованы для исследования топливной экономичности тепловозов. Вследствие худшего технического состояния и меньшей жесткости пути узкоколейных дорог по сравнению с ширококолейными сопротивление ω_0 и энергозатраты по перевозкам существенно выше на УЖД. Если на дорогах МПС при движении поездных тепловозов по площадке расход дизельного топлива на 10^4 тскм брутто составляет 20—40 кг, то для тепловозов ТУ4, как установлено нашими исследованиями [4], он в 3—4 раза больше.

Выводы

1. Для тепловозов МД54, ТУ6, ТУ6А, ТУ4, ТУ5 и ТУ7 величины ω'_0 и ω''_0 рекомендуется определять по формулам, приведенным в табл. 1.

2. Для груженых вагонов-сцепов ЦНИИМЭ—АВЗ, снабженных подшипниками скольжения, при движении по магистральным путям для определения величины ω''_0 предложена формула (при $v = 5 \div 35$ км/ч)

$$\omega''_0 = 2,67 - 0,017v + 0,0058v^2,$$

3. Для порожних вагонов-сцепов, снабженных подшипниками скольжения, при движении по магистральным путям величину ω''_0 можно ориентировочно оценить, используя данные табл. 3.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Абрамов С. А., Шевченко Ю. Л., Гмызин А. А., Иванов П. В. Лесовозный железнодорожный транспорт. М., 1971. [2]. Абрамов С. А., Гмызин А. А. О расчете весов составов и норм выработки при тепловозной тяге. — Труды ЦНИИМЭ, вып. 115. 1971. [3]. Астахов П. Н., Гребенюк П. Т., Скворцова А. И. Справочник по тяговым расчетам. М., «Транспорт», 1973. [4]. Дуров А. В. Об эксплуатационной топливной экономичности лесовозных узкоколейных тепловозов при поездной работе. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 4. [5]. Дуров А. В., Орленко О. Д. О расходе топлива для лесовозных узкоколейных тепловозов, следующих резервом. — Труды АЛТИ, вып. XXII, 1970. [6]. Залит Н. Н. Справочник по тепловозам промышленного транспорта. М., «Транспорт», 1969. [7]. Кувалдин Б. И., Белоусов Б. А. Влияние конструкции узкоколейного железнодорожного пути на сопротивление движению подвижного состава. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1964, № 5. [8]. Правила тяговых расчетов для проездной работы. — М.П.С., ВНИИЖТ. М., «Транспорт», 1969. [9]. Рахмилевич А. М. Опыт проведения испытаний тепловозов промышленного транспорта. — Труды Промтранснаипроекта, вып. 1. М., 1968. [10]. Шевченко Ю. Л. Сопротивление движению вагонов-сцепов

ЦНИИМЭ—АВЗ. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1964, № 2. [1]. Щелкунов В. В., Скрипов Н. Н. О сопротивлении движению подвижного состава узкоколейных железных дорог. — Сборник научно-исследовательских работ АЛТИ. Архангельск, 1949.

Поступила 18 сентября 1974 г.

УДК 634.0.378.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВИБРОТОРЦОВКИ ПАЧЕК БРЕВЕН

М. В. БОРИСОВ, А. В. КОЗЛОВ

ВКНИИВОЛТ

На основании результатов аналитических и экспериментальных исследований рассмотрен вопрос о взаимосвязи величины усилий торцевания пачек круглых лесоматериалов и параметров вибрации для случая совпадения по направлению сил торцевания и переносных сил инерции колебаний. Приведены аналитические зависимости, определяющие соотношение между усилиями торцевания пачек в обычных условиях и в вибрационном режиме.

Результаты ряда исследований [2] — [4] показали, что применение вибрации при сплотке пучков и выравнивании торцев бревен позволяет уменьшить усилие сжатия (торцевания).

Один из основных параметров при проектировании торцевателей пакетоформирующих машин — усилие торцевания, которое мы определим для случая действия вибрации вдоль продольной оси пучка. С целью упрощения решения поставленной задачи введем некоторые допущения, не искажающие сущность рассматриваемого явления, а именно: вибрация одинаково передается всем бревнам, соприкасающимся с виброшитом; сумма векторов распорных сил и сил тяжести, действующих на расчетное бревно, принимается равной нормальной реакции N , совпадающей по направлению с линией действия сил тяжести.

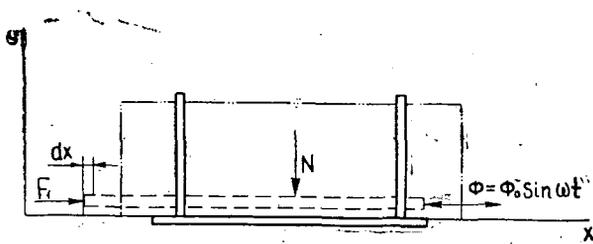


Рис. 1. Схема сил, действующих на пачку бревен при торцевании в условиях горизонтально направленной вибрации.

dx — величина смещения; Φ — переносная сила инерции; Φ_0 — амплитудное значение переносной силы инерции; ω — угловая частота.

Определим работу, которая совершается при перемещении бревна без вибрации на величину dx (рис. 1),

$$dA = F_{cr} dx, \quad (1)$$

де $F_{\text{ст}} = fN$ — усилие, необходимое для перемещения бревна;
 f — коэффициент трения между бревнами.

Для определения усилий торцевания при вибрации воспользуемся эффективным коэффициентом трения $f_{\text{эф}}$ [1], зависящим от некоторой неявной функции $b(\omega)$, которая учитывает специфичность исследуемого тела — пачки бревен. Следовательно, перемещение бревна в условиях вибрации будет происходить при

$$F_{\text{в}} > f_{\text{эф}} N. \quad (2)$$

Составим уравнение движения бревна, находящегося под действием сил (рис. 1),

$$\frac{md^2x}{dt^2} = F_1 - f_{\text{эф}} N, \quad (3)$$

где m — масса расчетного бревна.

Для рассматриваемого случая, когда направления действия сил торцевания и переносных сил инерции совпадают, эффективный коэффициент трения определяем из выражения [1]

$$f_{\text{эф}} = f \left[1 - \frac{\Phi_0}{fN} \sin \omega t + b(\omega) \right], \quad (4)$$

где Φ_0 — амплитудное значение переносной силы инерции;
 ω — угловая частота.

Подставляя выражение $f_{\text{эф}}$ из равенства (4) в уравнение (3), получим

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{F_1}{m} - f [1 + b(\omega)] \frac{N}{m} + \frac{\Phi_0}{m} \sin \omega t. \quad (5)$$

Проинтегрировав выражение (5), определим величину dx ; подставив ее в уравнение (1), получим значение выполненной элементарной работы

$$A_1 = \left\{ F_1 - f [1 + b(\omega)] N \right\} \frac{t^2 F_1}{2m} - \frac{\Phi_0 F_1}{m \omega^2} (\omega t - \sin \omega t). \quad (6)$$

Учитывая, что минимальному значению работы соответствует минимальное усилие торцевания (не учитывая затраты энергии на возбуждение колебаний), то есть при $A_1 = 0$ из уравнения (6) получим

$$F_{1_0} = \frac{fN}{2} [1 + b(\omega)] - \frac{\Phi_0}{\omega^2 t^2} (\omega t - \sin \omega t). \quad (7)$$

Величина $F_{1_0} < F_{1_{\text{max}}}$ (где $F_{1_{\text{max}}}$ — максимальное усилие на перемещение бревна) при условии, что функция

$$\begin{aligned} b(\omega) &\rightarrow 1, \text{ когда } \omega \rightarrow 0; \\ b(\omega) &\rightarrow 0, \text{ когда } \omega \rightarrow \infty. \end{aligned}$$

Указанным свойством удовлетворяет степенная зависимость. Полагаем, что неявная функция имеет приближенный вид:

$$b(\omega) \approx e^{-\Theta \omega}, \quad (8)$$

где Θ — некоторый коэффициент, определяемый экспериментально и зависящий от параметров вибрируемой пачки бревен.

С учетом выражения (8), усилие смещения одного бревна

$$F_{1_0} = \frac{fN}{2} [1 + e^{-\theta\omega}] - \frac{f\Phi_0}{\omega^2 t^2} (\omega t - \sin \omega t). \quad (9)$$

Для нахождения усилия торцевания пачки в условиях горизонтально направленной вибрации значение N заменим величиной из формулы М. В. Борисова [2], тогда

$$F_{\text{внбр}} = \frac{kfQ}{2} \left[\frac{H}{2d \cos \alpha} (3 - \mu) + \mu \right] (1 + e^{-\theta\omega}) - \frac{4k\rho_s S_{\text{п}} \Phi_0}{\pi d^2 t^2 \omega^2} (\omega t - \sin \omega t), \quad (10)$$

где k — отношение числа выступающих торцов бревен к их общему числу в пачке;
 Q — вес пачки;
 H — высота пачки;
 μ — коэффициент трения бревен поперек волокон;
 α — угол, определяющий взаимное положение бревен в пачке;
 ρ_s — коэффициент полндревесности пачки по поперечному сечению;
 d — диаметр бревен.

Анализ формул (9) и (10) показал, что применение вибрации снижает усилие торцевания на величину, зависящую от угловой скорости ω , переносной силы инерции Φ_0 , амплитуды колебания. При $\omega = 0$ получаем формулу для определения F без вибрации.

С целью определения величины неявной функции $b(\omega)$ и влияния параметров вибрации на усилия торцевания были выполнены экспериментальные исследования на масштабных моделях. В результате получены оптимальные параметры вибрации, при которых ускорение колебаний равно величине $2g$ и $\frac{F_b}{Q} = \text{const}$ (где g — ускорение свободного падения тел; F_b — величина возмущающей силы).

Обработка и анализ материалов исследований позволили получить формулу для определения эффективного коэффициента трения в рассматриваемом случае торцевания бревен

$$f_{\text{эф}} = f \left(e^{-\theta\Phi_0} - \eta \frac{\Phi_0}{fN} \right), \quad (11)$$

где θ и η — опытные коэффициенты, зависящие от параметров вибрации.

По своим граничным пределам выражение (11) удовлетворяет значениям эффективных коэффициентов трения:

а) при $\Phi_0 = 0$ величина $f_{\text{эф}} = f$, откуда следует, что без вибрации усилие торцевания наибольшее;

б) при $\Phi_0 > 0$ значение $f_{\text{эф}} < f$. Величина Φ_0 возрастает до значений, соответствующих $f_{\text{эф}} = 0$ (практически близких к нулю). Дальнейший рост Φ_0 не имеет смысла.

При значениях $\eta = \frac{\Phi_0}{fN}$, близких к нулю, закономерность изменения $f_{\text{эф}}$ для данного процесса определяется видом степенной зависимости $e^{-\theta\Phi_0}$,

Используя полученные зависимости и выполняя соответствующие преобразования, получим выражение для общего усилия, необходимого для торцевания пачки в условиях горизонтально направленной вибрации,

$$F_{\text{вibr}} = fQk \left[\frac{H}{2d \cos \alpha} (3 - \mu) + \mu \right] e^{-\Theta \Phi_0} - \gamma \Phi_0. \quad (12)$$

Используя экспериментальные данные (формулу (11)), найдем

$$F_{\text{вibr}} = F_{\text{ст}} e^{-\Theta \Phi_0} - \gamma \Phi_0, \quad (13)$$

где $F_{\text{ст}}$ — усилие торцевания пачки бревен в обычных условиях (без вибрации).

На рис. 2 для сравнения даны кривые, полученные на ЭВМ «Наири» по зависимости (13) и построенные по опытным точкам. Для кривых 1, 2, 3, 5, и 6 коэффициент Θ соответственно равен 0,03; 0,05; 0,06; 0,07; 0,10, а коэффициент $\gamma = 0,001$. Лучшее всего экспериментальная кривая совпадает с аналитической при коэффициентах $\Theta = 0,06$ и $\gamma = 0,001$.

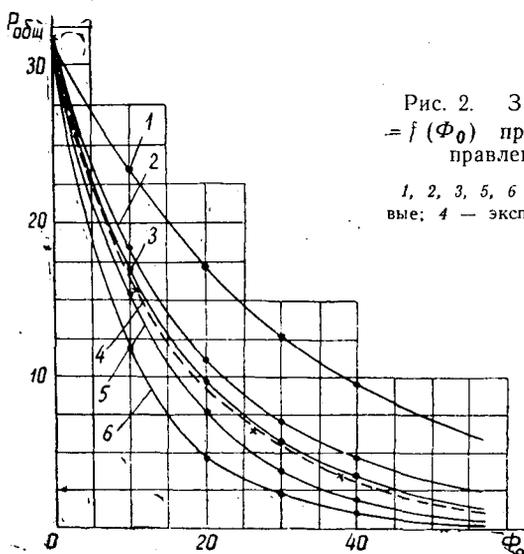


Рис. 2. Зависимости $F_{\text{вibr}} = f(\Phi_0)$ при горизонтально направленной вибрации.

1, 2, 3, 5, 6 — аналитические кривые; 4 — экспериментальная кривая.

Из проведенного сопоставления видно, что зависимостью (13) достоверно описывается исследуемый процесс, и с учетом коэффициентов Θ и γ , специфичных для различных видов древесины, эту зависимость можно использовать для характеристики процесса.

Таким образом, в результате проведенных исследований для определения усилия торцевания нами получены эмпирические зависимости (10) или упрощенная формула (12). Аналитические исследования показали, что с применением вибрации, направленной вдоль торцуемых бревен, усилие торцевания снижается, что согласуется с данными лабораторных исследований; при вибрации усилие торцевания в 4—5 раз меньше, чем без вибрации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Блехман И. И., Джанелидзе Г. Ю. Вибрационное перемещение. «Наука», 1964. [2]. Борисов М. В. Перевозка леса в судах. «Лесная промышленность», 1971. [3]. Таубер Б. А. Грейферные механизмы. Машгиз, 1967. [4]. Шварц Д. М. Определение амплитуды колебаний и возмущающей силы вибратора при вибрировании пачки бревен. — Сборник трудов по лесосплаву, № 11, «Лесная промышленность», 1969.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 634.0.824.81/85

РАСЧЕТ КЛЕЕНОЙ ДЕРЕВЯННОЙ БАЛКИ
С СИММЕТРИЧНЫМ НЕПРОКЛЕЕМ

Н. А. КРЫЛОВ, А. И. ПОТАПОВ, М. Л. БИРИЧЕВСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены теоретические и опытные исследования прочности симметрично загруженной двухопорной балки с симметричной щелью — непроклеем. Выведены расчетные формулы для определения нормальных и касательных напряжений и перемещений в балке. Приводятся результаты опытов.

Современное состояние развития техники позволяет определить физико-механические свойства, дефекты, параметры состава и структуры различных конструкций и изделий без их разрушения. В Ленинградском инженерно-строительном институте проводятся исследования по разработке и выбору эффективных методов и аппаратуры по контролю наиболее типичных дефектов клееных конструкций — непроклея.

Задача настоящей работы — оценить влияние дефектов типа непроклея на прочность клееных деревянных конструкций. В таких конструкциях отдельные ветви элемента скреплены между собой путем склеивания. Если элементы склеены непрерывающимися швами на всем их протяжении, то такая конструкция монолитна. Если между элементами имеются зазоры (непроклеи), то клееную конструкцию считают составной [3].

Так как клеевое соединение, благодаря малой толщине клеевого шва, является жестким, то оно не может рассматриваться как податливое. Однако податливость самой древесины на одвиг (вдоль и поперек волокон) позволяет рассматривать слой ее между осью каждого отдельного элемента и швом как податливую упругую связь, действующую непрерывно вдоль шва [1], [2]. Вот почему при выводе расчетных формул для балки с непроклеем был использован метод, основанный на разработанной А. Р. Ржаницыным [4] общей теории расчета составленных стержней на упруго-податливых связях.

Рассмотрим двухопорную балку с симметричным непроклеем, длиной $l = 2a$, загруженную сосредоточенной силой на середине пролета (рис. 1). Используем следующее дифференциальное уравнение [4]:

$$\frac{T''}{\epsilon} = \gamma T + \Delta, \tag{1}$$

где:

$$\begin{aligned} T & \text{ — сдвигающее усилие на уровне непроклея, кгс;} \\ \epsilon = \frac{2Gb}{h} & \text{ — коэффициент жесткости связей одвига, кгс/см}^2; \\ \gamma = \frac{1}{EF_1} + \frac{1}{EF_2} + \frac{v^2}{\Sigma EI} & \text{ — коэффициент, характеризующий приращение сдвигов от единичных сдвигающих усилий, 1/кгс;} \\ \Delta = - \frac{M^0 v}{\Sigma EI} & \text{ — приращение сдвигов от действия внешней нагрузки;} \\ v & \text{ — расстояние между центрами тяжести верхнего и нижнего стержней, составляющих балку.} \end{aligned}$$

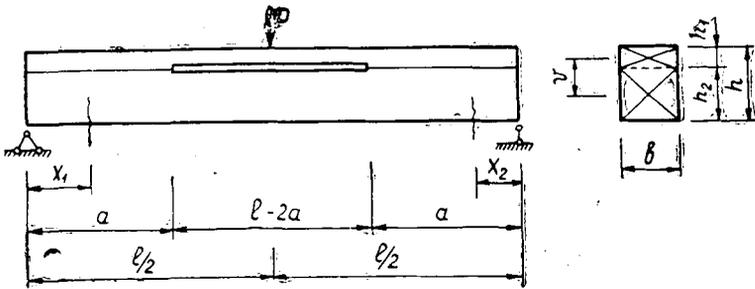


Рис. 1.

На первом участке при $0 \leq x_1 \leq a$ изгибающий момент

$$M^0 = \frac{Px}{2}.$$

Общее решение неоднородного линейного дифференциального уравнения

$$T_1 = C_1 \operatorname{sh} \lambda x_1 + C_2 \operatorname{ch} \lambda x_1 + \frac{Pv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} x_1, \quad (2)$$

где C_1 и C_2 — постоянные интегрирования;

$$\lambda = \sqrt{\gamma \varepsilon}.$$

При $x_1 = 0$ $T_1 = 0$, следовательно, $C_2 = 0$.

Производная от T_1 по абсциссе x_1 дает касательное напряжение, отнесенное к единице длины балки, кгс/см. Таким образом,

$$T_1 = C_1 \operatorname{sh} \lambda x_1 + \frac{Pv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} x_1; \quad (3)$$

$$\tau_1 = \lambda C_1 \operatorname{ch} \lambda x_1 + \frac{Pv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI}. \quad (4)$$

Аналогично, рассматривая второй участок балки, при $0 \leq x_2 \leq a$ получаем

$$T_2 = C_3 \operatorname{sh} \lambda x_2 + \frac{Pv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} x_2. \quad (5)$$

$$\tau_2 = \lambda C_3 \operatorname{ch} \lambda x_2 + \frac{Pv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI}. \quad (6)$$

Так как при $x_1 = a$ и $x_2 = a$ $T_1 = T_2$, то $C_1 = C_3$. Для определения C_1 используем четвертое граничное условие: при $x_1 = a$ и $x_2 = a$

$$\frac{1}{\varepsilon} (\tau_1 + \tau_2) = \Delta^M - \Delta^T, \quad (7)$$

здесь Δ^M — суммарный сдвиг на правом и левом концах непрочлея, вызываемый внешним моментом, см;

Δ^T — суммарный сдвиг на правом и левом концах непрочлея, вызываемый сдвигающей силой T , см;

$$\Delta^M = 2 \int_a^{l/2} \frac{v}{\rho} dx = \frac{2v}{\Sigma IE} \int_a^{l/2} \frac{P}{2} x dx = \frac{Pv}{\Sigma EI} \left(\frac{l^2}{8} - \frac{a^2}{2} \right);$$

$$\Delta T = \left(\frac{1}{EF_1} + \frac{1}{EF_2} + \frac{v^2}{\Sigma EI} \right) (l - 2a) T_1 = \gamma T_1 (l - 2a).$$

Из формулы (7) находим

$$C_1 = C_3 = \frac{Pv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} \left(\frac{l^2}{8} + \frac{a^2}{2} - \frac{al}{2} - \frac{1}{\lambda^2} \right) 2\lambda. \quad (8)$$

Подставив выражение (8) в формулы (3) и (4), окончательно получим

$$T = \frac{Pv\varepsilon x}{2\lambda^2 \Sigma EI} \left[1 - \frac{\lambda^2 \left(\frac{1}{\lambda^2} + al - \frac{l^2}{4} - a^2 \right)}{2\text{ch } \lambda a + \lambda (l - 2a) \text{sh } \lambda a} \cdot \frac{\text{sh } \lambda x}{\lambda x} \right]; \quad (9)$$

$$\tau = \frac{Pv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} \left[1 - \frac{\lambda^2 \left(\frac{1}{\lambda^2} + al - \frac{l^2}{4} - a^2 \right)}{2\text{ch } \lambda a + \lambda (l - 2a) \text{sh } \lambda a} \right] \text{ch } \lambda x. \quad (10)$$

При определении нормальных и касательных напряжений по высоте сечения балки, а также ее прогибов рассмотрим частный случай $h_1 = h_2 = \frac{h}{2}$. Стержни, входящие в составную балку, можно считать независимыми друг от друга (рис. 2).

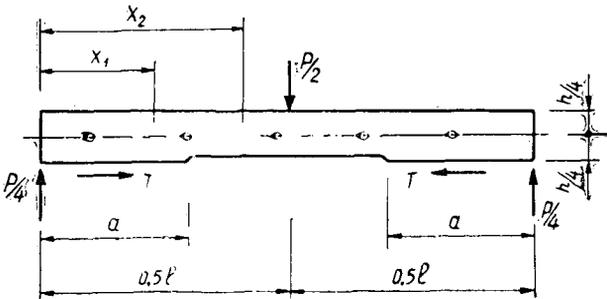


Рис. 2.

Для определения прогибов и углов поворота сечений балки можно применить приближенное дифференциальное уравнение изогнутой оси балки $EIy'' = M_x$. Решая его при обычных граничных условиях

$$\begin{aligned} x_1 = 0, & \quad v_1 = 0; \\ x_1 = x_2 = a, & \quad y_1 = y_2; \\ x_1 = x_2 = a, & \quad y'_1 = y'_2; \\ x_2 = \frac{l}{2}, & \quad y'_2 = 0, \end{aligned}$$

получим уравнение изогнутой оси балки. Из-за громоздкости общей формулы приведем лишь выражение для прогиба в среднем сечении балки

$$EI f_{\text{сеп}} = -\frac{Pl^3}{12} + \frac{3P}{4} \left[\frac{al^2}{4} - \frac{a^3}{3} - \frac{\lambda \left(\frac{2}{\lambda^2} + al - \frac{l^2}{4} - a^2 \right) \text{sh } \lambda a}{2\text{ch } \lambda a + \lambda (l - 2a) \text{sh } \lambda a} \cdot \left(\frac{l^2}{4} - a^2 + \frac{2a\text{ch } \lambda a}{\lambda} - \frac{2}{\lambda^2} \right) \right]. \quad (11)$$

Формулу (11) можно получить также способом перемножения эпюр (способ Верещагина).

В частном случае при $a = 0,5 l$, то есть при $l - 2a = 0$ (балка без непроклея), получим выражение для прогиба по середине балки

$$f_{\text{сер}} = - \frac{Pl^3}{48EI} \left[1 + \frac{36}{(\lambda l)^2} - \frac{72}{(\lambda l)^3} \cdot \text{th} \frac{\lambda l}{2} \right],$$

которое полностью совпадает с приведенной в работе [3] формулой (97) для составной балки без непроклея.

Нормальные краевые напряжения в стержне (рис. 2)

$$\sigma = \pm \frac{Pl \cdot 24}{8bh^2} \pm \frac{2T}{bh} \mp \frac{Th \cdot 24}{4bh^2}. \quad (12)$$

Касательные напряжения по высоте стержня при $0 \leq x_1 \leq a$

$$\tau = \frac{QS_z}{Ib} - \frac{dM^*S_z}{dxIb} + \frac{dT}{dx} \cdot \frac{2\left(\frac{h}{4} - z\right)}{bh}. \quad (13)$$

В этой формуле по первому слагаемому определяют касательные напряжения от действия поперечной силы P . Второе слагаемое дает величину касательных напряжений, возникающих от моментного действия продольной силы T , и представляет собой обычную формулу Журавского. По третьему слагаемому определяют касательные напряжения, вызываемые сжимающим действием продольных сил T . Буквой z обозначено расстояние от нейтрального слоя ветви до той точки, в которой определяют напряжения.

При $a \leq x_2 \leq \frac{l}{2}$ второе и третье слагаемые равны нулю, так как $T = \text{const}$.

Пример. Имеем деревянную балку: $h_1 = h_2 = \frac{h}{2}$; $a = 0,20l$; $\frac{l}{h} = 10$; $\frac{G}{E} = \frac{1}{20}$

Решение.

$$\gamma = \frac{1}{EF} + \frac{1}{EF} + \frac{h^2}{4\Delta EI} = \frac{16}{Ehb};$$

$$\lambda \sqrt{\gamma e} = \sqrt{\frac{16}{Ehb} \cdot \frac{2Gb}{h}} = \frac{1,265}{h} = \frac{12,65}{l}.$$

Расчетные формулы (9) и (10) приобретают вид

$$T = \frac{3Px}{4h} \left[1 - \frac{\lambda^2 \left(\frac{2}{\lambda^2} + al - \frac{l^2}{4} - a^2 \right)}{2\text{ch} \lambda a + \lambda (l - 2a) \text{sh} \lambda a} \cdot \frac{\text{sh} \lambda x}{\lambda x} \right]; \quad (14)$$

$$\tau = \frac{3P}{4h} \left[1 - \frac{\lambda^2 \left(\frac{2}{\lambda^2} + al - \frac{l^2}{4} - a^2 \right)}{2\text{ch} \lambda a + \lambda (l - 2a) \text{sh} \lambda a} \cdot \text{ch} \lambda x \right]. \quad (15)$$

где $\frac{3Px}{4h}$ — сдвигающая сила T_M , кгс в монолитной балке;

$\frac{3P}{4h}$ — касательное напряжение τ_M , кгс/см, в монолитной балке.

Задавая значения x , равные 0; 0,04l; 0,08l; 0,12l; 0,16l и 0,20l, вычисляем сдвигающее усилие T (рис. 3, б) и касательное напряжение τ (рис. 3, в). Штриховыми линиями на этих рисунках показаны сдвигающая сила T и касательное напряжение τ в монолитной балке.

С целью проверки теоретических вычислений проведены опыты по определению прочности балок с непроклеем.

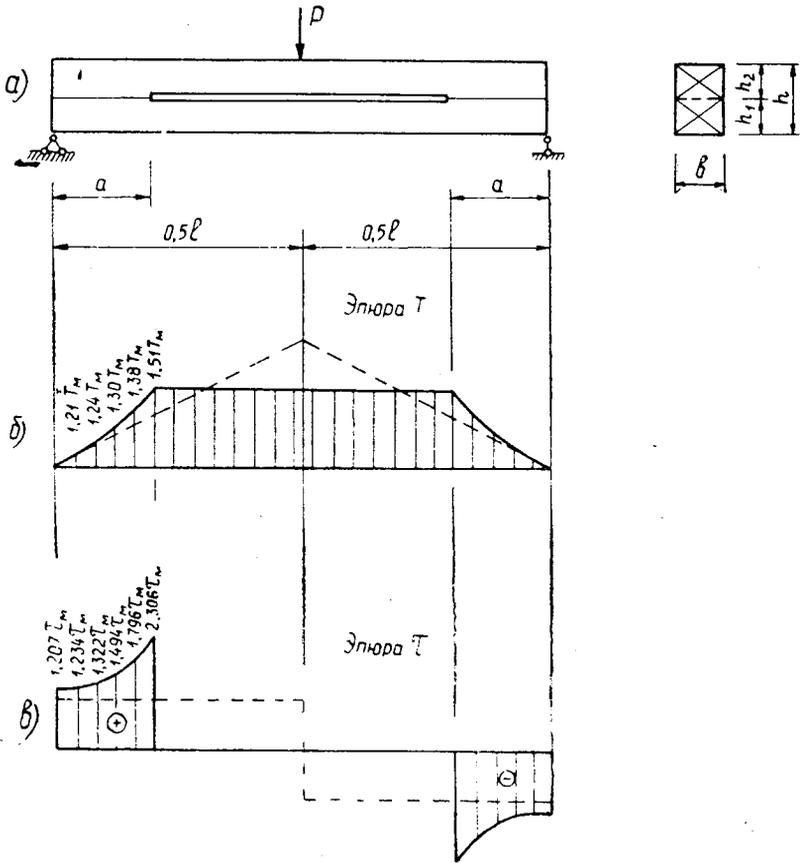


Рис. 3.

Были изготовлены деревянные балки сечением 20×20 мм и длиной $l = 200$ мм, с непроклеем $l - 2a$ различной величины. Непроклей создавали двумя способами. Первый заключался в том, что в клеевой шов закладывали полиэтиленовую пленку. Это позволило создать непроклей определенной формы и с четко фиксированной площадью. При втором способе в цельных деревянных балочках выпиливали щель необходимого размера с целью исключения возможности применения недоброкачественного клея.

В соответствии с формулой (15) условие прочности по касательным напряжениям

$$\tau = K \frac{3P}{4bh} \leq R_{ск},$$

где через K для краткости обозначено выражение в квадратных скобках.

Следовательно, разрушающая нагрузка

$$P_{раз} = \frac{4bhR_{ск}}{3K}.$$

Принимая для дерева (сосна, ель) предел прочности на скалывание вдоль волокон $R = 60 \div 80$ кгс/см², строим графики ожидаемой разрушающей нагрузки (рис. 4).

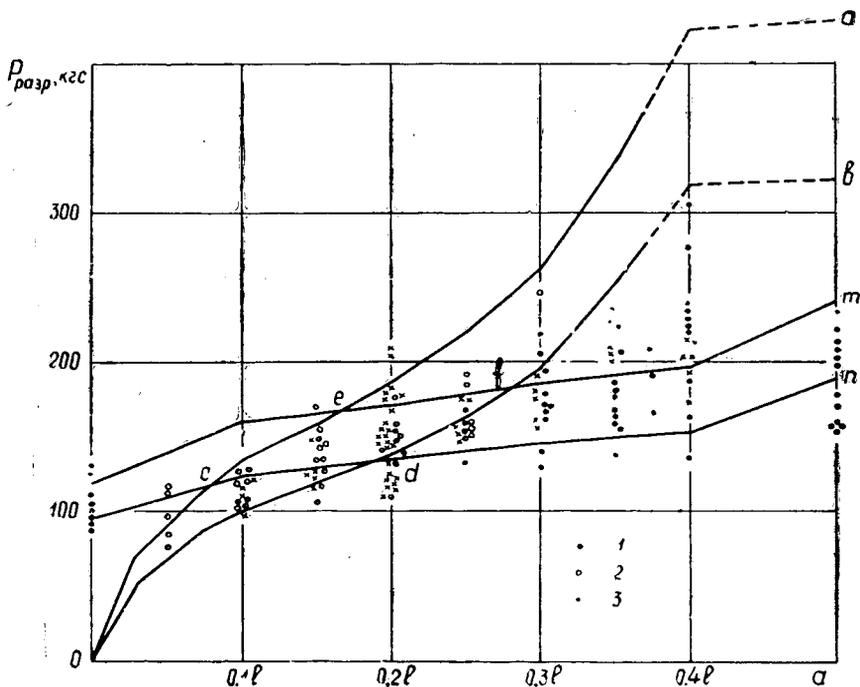


Рис. 4.

1 — пропил, разрушения по σ ; 2 — пропил, разрушение по τ ; 3 — клей, разрушение по σ .

Кривая *odfb* соответствует величине $R_{ск} = 60 \text{ кгс/см}^2$, а кривая *осса* величине — $R_{ск} = 80 \text{ кгс/см}^2$. Подобным же образом, пользуясь формулой (12), строим графики разрушающей нагрузки $P_{разр}$, принимая предел прочности при изгибе для дерева $R_{и} = 700 \div 900 \text{ кгс/см}^2$. В области *ocd* ожидается разрушение балки вследствие скальвания, а в области *fdnm* — вследствие превышения предела прочности нормальными напряжениями. В области *cefd* разрушение возможно и по касательным, и по нормальным напряжениям.

Было испытано 150 балок. Как видно из графика (рис. 4), опытные данные удовлетворительно согласуются с теоретическими.

Приведенные расчеты показали, что непрочлей снижает прочность балки, так как при этом возрастают и касательные, и нормальные напряжения; кроме того, увеличивается деформативность балки. Целесообразно рассмотреть влияние непрочлея на прочность при других нагрузениях балки и другом расположении непрочлея.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Быковский В. Н., Соколовский Б. С. Деревянные клееные конструкции, М., Машстройиздат, 1949. [2]. Губенко А. Б. Клееные конструкции из досок. М., Стройиздат, 1949. [3]. Плешков П. Ф. Теория расчета деревянных составных стержней. М.—Л., Госстройиздат, 1952. [4]. Ржаницын А. Р. Теория составных стержней строительных конструкций. М., Стройиздат, 1948.

УДК 674.047

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЬШЕЙ ВЕЛИЧИНЫ СИЛЫ КОРОВЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ СУШКЕ

В. Н. ГЛУХИХ, А. М. ЕМЕЛЬЯНОВ

Сибирский технологический институт

Разработаны методы расчета наибольшей величины силы коробления древесины при сушке в зависимости от ширины досок и местоположения их в стволе. Применение в сушильной практике предложенных авторами и рассмотренных в статье уравнений позволит более успешно предупреждать коробление пиломатериалов.

Силу прижима, необходимую для предотвращения поперечного коробления древесины, определяют по формуле [1]

$$P_k = \frac{4R^2 \Delta WEL}{3B} (\alpha_2 - \alpha_1) (1 + \beta \Delta W), \quad (1)$$

из которой видно, что на величину силы оказывают влияние размеры сечения пиломатериалов, разность коэффициентов усушки пластей доски, перепад влажности и другие факторы.

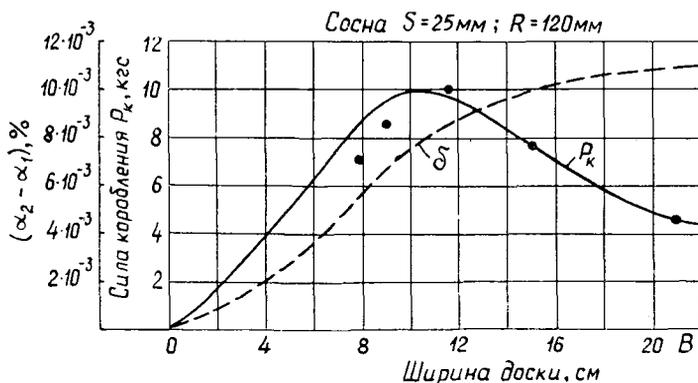


Рис. 1. Зависимость разности коэффициентов усушки и силы коробления от ширины доски.

Опытные данные [3] (рис. 1) показали, что при увеличении ширины образцов величина силы вначале возрастает, достигает максимального значения и затем уменьшается. Нарастание и уменьшение P_k определяется отношением $\frac{\alpha_2 - \alpha_1}{B}$.

Если скорость увеличения разности коэффициентов усушки $(\alpha_2 - \alpha_1)$ превышает скорость изменения ширины образца B , то усилие P_k нарастает. Если же скорость увеличения $(\alpha_2 - \alpha_1)$ меньше, чем скорость изменения ширины B , то величина P_k начинает убывать. При выравнивании скоростей изменения $(\alpha_2 - \alpha_1)$ и B сила коробления является наибольшей для данных размеров пиломатериала.

Рассмотрим аналитически задачу по определению тех значений ширины пиломатериалов, для которых требуется наибольшее усилие прижима для предотвращения коробления. Разность коэффициентов усушки пластей доски изменяется по ширине доски [2]

$$\alpha_2 - \alpha_1 = \frac{\alpha_t r_2^2 + \alpha_r x^2}{r_2^2 + x^2} - \frac{\alpha_t r_1^2 + \alpha_r x^2}{r_1^2 + x^2}. \quad (1')$$

Обозначим $\frac{\alpha_t}{\alpha_r} = c$ и $\alpha_2 - \alpha_1 = \delta$, тогда выражение (1') приобретает вид

$$\delta = \alpha_r \left[\frac{cr_2^2 + x^2}{r_2^2 + x^2} - \frac{cr_1^2 + x^2}{r_1^2 + x^2} \right], \quad (2)$$

где r_1 и r_2 — расстояние от центра бревна до ближайшей и наиболее удаленной пластей доски;

x — изменение ширины доски;

α_r, α_t — коэффициенты радиальной и тангенциальной усушки.

Для определения абсциссы точки перегиба на кривой $\delta(x)$, после которой скорость нарастания $\delta(x)$ начинает падать (скорость увеличения B постоянна), приравняем к нулю вторую производную $\frac{d^2\delta}{dx^2}$ и полученное выражение решим относительно x .

Так как

$$\frac{d^2\delta}{dx^2} = 2\alpha_r (1 - c) \left[\frac{r_2^2 (r_2^2 - 3x^2)}{(r_2^2 + x^2)^3} - \frac{r_1^2 (r_1^2 - 3x^2)}{(r_1^2 + x^2)^3} \right].$$

и $2\alpha_r(1 - c) \neq 0$, то

$$\frac{r_2^2 (r_2^2 - 3x^2)}{(r_2^2 + x^2)^3} - \frac{r_1^2 (r_1^2 - 3x^2)}{(r_1^2 + x^2)^3} = 0. \quad (3)$$

Отсюда

$$-3x^8 + (r_2^2 + r_1^2)x^6 + 12r_1^2 r_2^2 x^4 + 3r_1^2 r_2^2 (r_2^2 + r_1^2)x^2 - r_1^4 r_2^4 = 0.$$

Обозначим $r_2^2 + r_1^2 = B$; $r_1^2 r_2^2 = A$, тогда

$$-3x^8 + Bx^6 + 12Ax^4 + 3ABx^2 - A^2 = 0. \quad (4)$$

Полагая

$$x^2 = y; \quad \frac{B}{3} = a; \quad 4A = b; \quad AB = c_1; \quad \frac{A^2}{3} = d;$$

получим алгебраическое уравнение

$$y^4 - ay^3 - by^2 - c_1y + d = 0, \quad (5)$$

корни которого находим с помощью ЭЦВМ «Проминь» при различных значениях коэффициентов a, b, c_1, d , соответствующих толщинам пиломатериалов 20; 25; 30; 40; 50; 60 мм, выпиленных из разных зон бревна. Результаты вычислений приведены на рис. 2.

Характерной особенностью уравнения (5) является то, что абсцисса точки перегиба графика функции $\delta(x)$ не зависит от породы древесины, поэтому этот график общий для всех пород. Из рис. 2 видно, что наибольшее сопротивление предотвращению коробления окажут, например, доски толщиной $S = 30$ мм и шириной $B = 9$ см или $S = 50$ мм, $B = 7,9$ см, выпиленные на расстоянии 14 см от оси бревна.

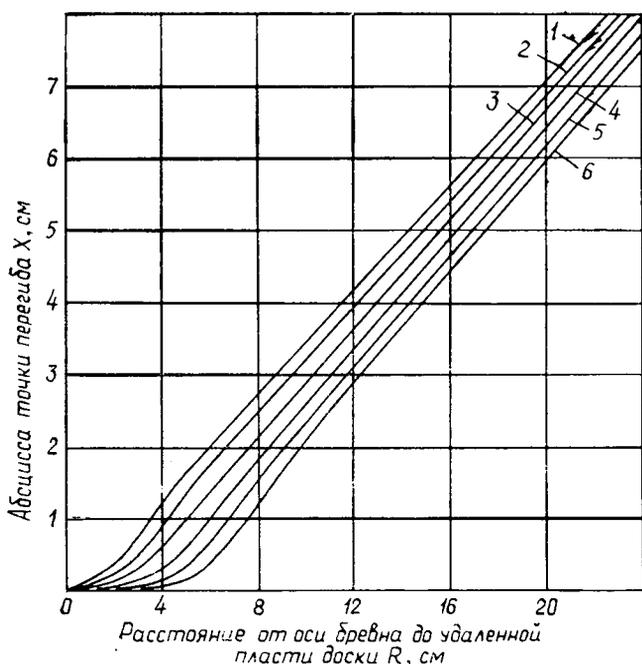


Рис. 2. Зависимость абсциссы точки перегиба кривой $\delta(x)$ от размеров и положения доски в бревне.

1 — $s = 10$ мм; 2 — 20 мм; 3 — 30 мм; 4 — 40 мм;
5 — 50 мм; 6 — 60 мм.

Результаты расчетов весьма близки к имеющимся опытным данным [2].

Для определения наибольшей величины силы коробления пиломатериалов необходимо вначале вычислить δ по формуле (2), с учетом данных рис. 2, и затем подставить найденное значение в выражение (1).

Полученное решение позволяет предвидеть потери пиломатериалов от коробления при сушке без прижима, с учетом размеров и положения досок в сечении бревна, а также определить наибольшую величину силы прижима для предотвращения коробления пиломатериалов при сушке.

Следовательно, приведенное решение позволяет установить, какие размеры пиломатериалов желательно избегать при распиловке с целью уменьшения потерь от коробления при последующей сушке.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Глухих В. Н. Определение величины силы коробления древесины при сушке. — Материалы научно-технической конференции ЛТА, 1971. [2]. Глухих В. Н. Аналитическое определение средней величины коэффициента усушки по ширине доски. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 4. [3]. Соколов П. В., Глухих В. Н. Влияние некоторых факторов на силу коробления древесины. — «Деревообрабатывающая промышленность», 1971, № 3.

Поступила 18 июля 1974 г.

УДК 674.047

О РАБОТЕ КОЛПАЧКОВОГО ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ПРИ ПСЕВДООЖИЖЕНИИ ДРЕВЕСНЫХ ЧАСТИЦ

В. П. ВОРОБЬЕВ

Брянский технологический институт

Рассмотрены некоторые типы газораспределительных решеток, используемых в аппаратах с псевдоожженным слоем древесных частиц. Приведены исследования зоны действия «чистой» струи и на основании их выбраны конструкции и рассчитаны параметры провального и беспровального газораспределителей.

Простота конструкции сушильных аппаратов с псевдоожженным слоем древесных частиц и их высокая удельная производительность [2], [5] свидетельствуют о целесообразности внедрения в промышленность этого способа сушки.

Для практического решения этой задачи нужно определить основные гидродинамические условия псевдоожжения. Важный фактор, влияющий на состояние псевдоожженных систем, — конструкция газораспределительных устройств [1], [2], [3], [6]. Предпочтение следует отдать колпачковому газораспределителю [3], [6], что обусловлено следующими обстоятельствами: во-первых, древесные частицы имеют полидисперсный состав (присутствуют очень мелкие частицы — пыль), поэтому для беспровального газораспределителя без колпачков [3] необходимо применять решетку с большим количеством отверстий малого диаметра, что нетехнологично [9]; во-вторых, при оптимальном значении живого сечения решетки $\varphi = 7\%$ [2] и диаметре отверстия истечения $d_n = 3$ мм расстояние между отверстиями составляет около 10 мм; следовательно, некоторые частицы будут находиться в неподвижном состоянии между отверстиями и могут загореться.

При правильном выборе размеров колпачков и их равномерном размещении можно добиться хорошего газораспределения. Из литературы [4], [6], [8], [9] известно большое количество колпачковых газораспределителей и конструкций колпачков.

Наши исследования показали, что колпачок, изображенный на рис. 1, является лучшим по конструкции. Угол в вершине конуса α должен составлять 60° . В этом случае частицы «текут» по поверхности колпачка, что исключает их прилипание (из-за наличия смолистых веществ) и пригорание к газораспределителю.

На рис. 1 (по данным А. П. Баскакова и В. Е. Козина [5]) показано движение частиц материала вблизи колпачкового газораспределителя. Выходящий из отверстия колпачка газ образует практически свободный от частиц факел длиной $l_{стр}$; участок от $l_{стр}$ до $l'_{стр}$ имеет отличную от остального слоя температуру и концентрацию частиц [7], [8], [9]. На участке I температура практически не падает, так как газ контактирует с частицами только по поверхности струи. На участке II (от $l_{стр}$ до $l'_{стр}$), вследствие наличия небольшого количества интенсивно движущихся частиц, происходит падение температуры газа до темпе-

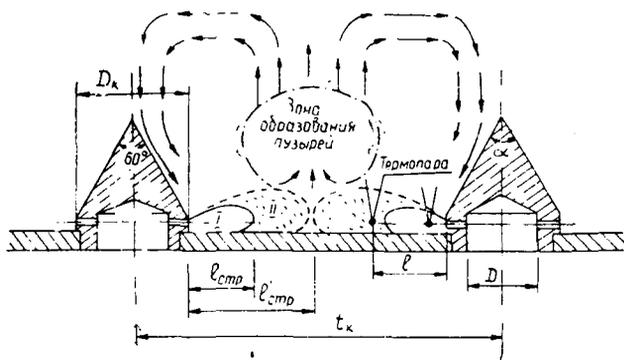


Рис. 1. Движение частиц на колпачковом газораспределителе.

I — участок, свободный от частиц;
II — участок с низкой концентрацией частиц.

ратуры слоя. Следовательно, измеряя температуру слоя незащищенной термопарой, можно определить зону действия колпачка.

Мы определяли длину действия струи в зависимости от насыпной плотности материала (табл. 1), толщины решетки $h_{\text{реш}}$, диаметра отверстия истечения $d_{\text{ист}}$ и скорости истечения $v_{\text{ист}}$.

Таблица 1

Частицы	Насыпная плотность, кг/м ³	Форма частиц
Опилки	205—320	Кубикообразная
Дробленка	190—300	Продолговатая игльчатая

Температуру замеряли ХК-термопарами с непрерывной записью показаний на двенадцатиточечный потенциометр ЭПП-09МЗ. Каждую термопару закрепляли на определенном расстоянии l от отверстия истечения. При исследовании провальной решетки термопары устанавливали напротив отверстия на разной высоте от газораспределительной решетки.

При обработке данных эксперимента вычисляли отношение температуры $T_{\text{сл}}$, которую показывает термопара, к температуре газа на входе в слой $T_{\text{вх}}$. Отношение $\frac{T_{\text{сл}}}{T_{\text{вх}}}$ можно использовать для любых значений влажности древесных частиц и температуры теплоносителя.

Анализ данных, приведенных на рис. 2, показывает, что длина действия струи очень незначительно зависит от исследованных факторов. На расстоянии до 7 мм наблюдается малое падение температуры газа. Участок от 7 до 28 мм отмечается ее интенсивным падением. На расстоянии 28 мм и дальше температура практически равна температуре слоя.

Для создания сплошной газовой подушки, или точнее подушки с малой концентрацией высокоподвижных частиц, необходимо расположить колпачки по углам равностороннего треугольника со стороной

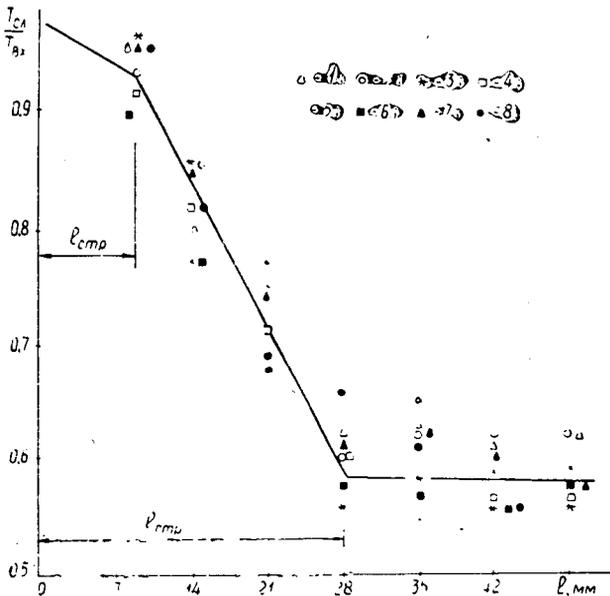


Рис. 2. Зависимость отношения $\frac{T_{сл}}{T_{вх}}$ от расстояния l термопары, измеряющей $T_{сл}$, до отверстия истечения.

Для опылок: 1 — при $v_{ист} = 13$ м/с; 2 — 18 м/с; 3 — 32 м/с; 4 — при $\varphi = 7\%$, $d_{ист} = 3$ мм; $H_0 = 300$ мм; $h_{реш} = 4$ мм; для дробленки: 5 — при $\varphi = 7\%$, $d_{ист} = 3$ мм, $H_0 = 300$ мм, $h_{реш} = 4$ мм; 6 — $h_{реш} = 4$ мм, $\varphi = 7\%$, $d_{ист} = 3$ мм; 7 — $h_{реш} = 8$ мм, $\varphi = 7\%$, $d_{ист} = 3$ мм; 8 — $h_{реш} = 16$ мм, $\varphi = 7\%$, $d_{ист} = 3$ мм.

$$t_k = 2h_k + D_k, \tag{1}$$

где $2h_k$ — расстояние между стенками двух соседних колпачков;
 D_k — наружный диаметр колпачка;

$$D_k = D + 10, \tag{2}$$

здесь D — внутренний диаметр колпачка (рис. 3).

Чтобы исключить неподвижные участки, следует принять $h_k = 20$ мм, исходя из длины струи и расположения колпачков.

Конструктивно рекомендуемое количество отверстий n в одном ряду на колпачке беспровальной решетки должно быть равно 12, а для колпачковой решетки с перфорированным основанием — 9. Для исключения потерь напора на динамический удар сумма площадей отверстий истечения должна быть равна площади входного отверстия колпачка, или для колпачковой решетки с перфорированным основанием

$$D = \sqrt{n} d_k, \tag{3}$$

а для беспровальной решетки

$$D = \sqrt{2n} d_k. \tag{4}$$

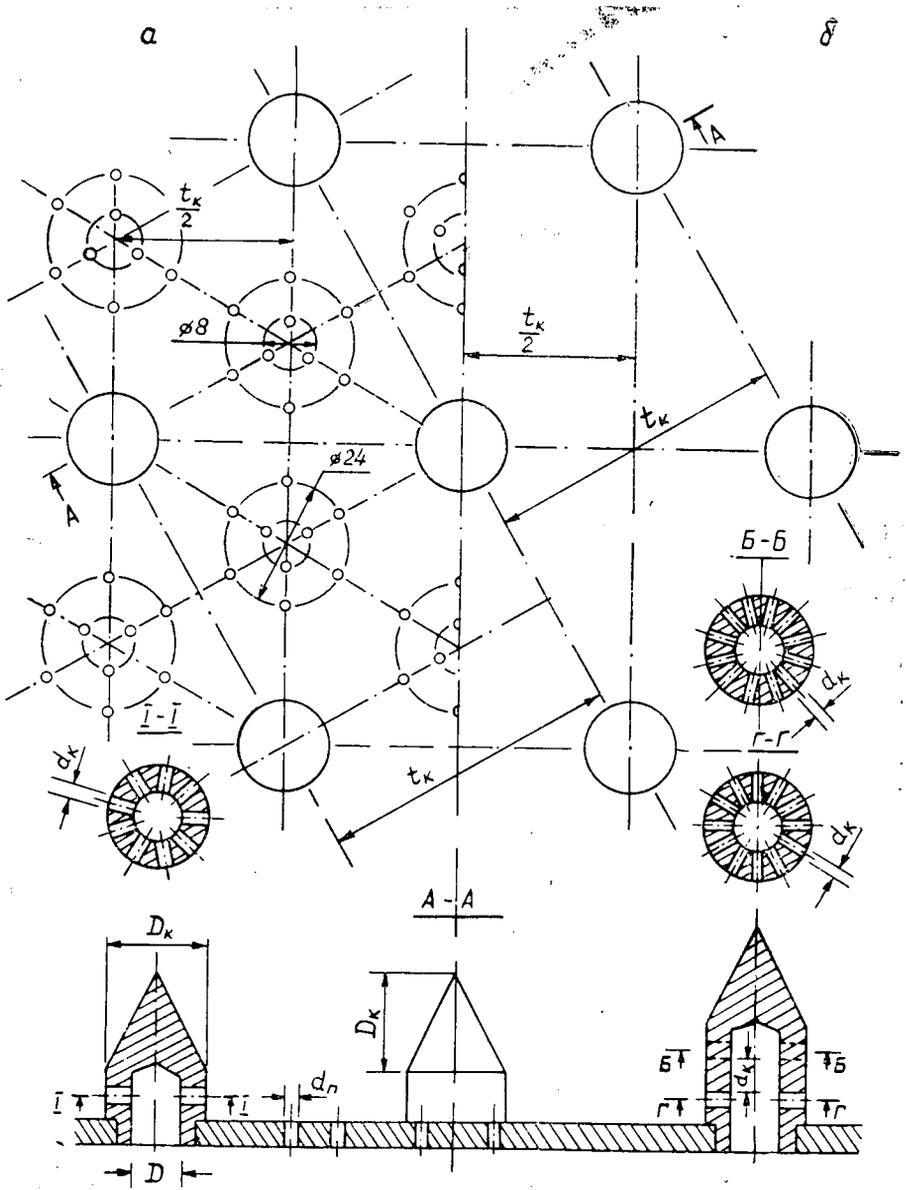


Рис. 3. Схема газораспределительной решетки.

а — колпачковой с перфорированным основанием;
 б — беспровальной колпачковой.

Количество отверстий перфорированного основания равно 9 (на каждый треугольник площади газораспределителя, образованной тремя соседними колпачками). Диаметр отверстия перфорированного основания

$$d_n = \frac{d_k}{1,43}. \quad (5)$$

Диаметр отверстия в колпачке и живое сечение решетки связаны следующими выражениями:

для беспровальной решетки

$$\varphi = \frac{2170d_k^2}{(50 + 4,9d_k)^2}; \quad (6)$$

для колпачковой решетки с перфорированным основанием

$$\varphi = \frac{1630d_k^2}{(50 + 3d_k)^2}. \quad (7)$$

Выбор живого сечения определяется сыпучестью материала. В случае легкосыпучего материала (опилки) живое сечение следует принимать равным 10—15%. При псевдооживлении специально резанной (плоской) стружки (от станков ДС-6 и др.) нужно выбрать решетку с $\varphi = 6 \div 8\%$. При получении кипящего слоя отходов деревообрабатывающих производств, игольчатой стружки (от ДС-5 и др.) требуется решетка с $\varphi = 8 \div 10\%$. Первые полупромышленные аппараты [2] с псевдооживленным слоем (при сушке в них древесных частиц широкого полидисперсного состава) работают с решетками, имеющими живое сечение 7%.

Нами предложена следующая последовательность расчета газораспределительного устройства.

1. В зависимости от свойств материала (сыпучесть, фракционный состав, форма и др.) выбирают долю живого сечения и тип газораспределителя.

2. По формулам (6) или (7) определяют диаметр отверстий колпачка, а по формулам (2), (3), (4) — конструктивные размеры колпачка.

3. Из выражения (1) вычисляют шаг между колпачками.

4. По формуле (5) для колпачковой решетки с перфорированным основанием определяют диаметр отверстий истечения.

На основании приведенных выше данных рассчитаны параметры провальной (табл. 2) и беспровальной (табл. 3) газораспределителей.

Таблица 2

Характеристика решетки			Характеристика колпачка		
$\varphi, \%$	$t_k, \text{мм}$	$d_{п'}, \text{мм}$	$d_k, \text{мм}$	$D, \text{мм}$	$D_k, \text{мм}$
4,2	59	2,1	3	9	19
6,8	62	2,8	4	12	22
9,6	65	3,5	5	15	25

Таблица 3

Характеристика решетки		Характеристика колпачка		
$\varphi, \%$	$t_k, \text{мм}$	$d_k, \text{мм}$	$D, \text{мм}$	$D_k, \text{мм}$
4,7	65	3	15	25
7,2	70	4	20	30
9,8	75	5	25	35

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Баскаков А. П., Козин В. Е. О работе газораспределительных устройств в аппаратах с псевдооживленным слоем зернистых материалов. — «Химическая промышленность», 1966, № 6. [2]. Воробьев В. П., Кобыльских А. П. Псевдооживление и сушка древесных частиц. — В сб.: Рациональное использование лесосырьевых ресурсов и низкокачественной древесины в лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности. Л., 1969. [3]. Воробьев В. П., Петри В. Н. Основные условия псевдооживления. В сб.: Всесоюзное научно-техническое совещание по новой технике и прогрессивной технологии в процессах сушки, вып. 11, 1969. [4]. Добрыгин Л. Г., Давыдов В. Н. К выбору живого сечения колпачковой газораспределительной решетки для аппаратов с псевдооживленным слоем. — «Химическая промышленность», 1966, № 6. [5]. Кобыльских А. П., Петри В. Н. Сушка древесных опилок в кипящем слое. — «Деревообрабатывающая промышленность», 1966, № 7. [6]. Кобыльских А. П. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. Свердловск, 1967. [7]. Козин В. Е., Баскаков А. П. Исследование дальности струи в слое зернистых частиц. — «Химия и технология топлив и масел», 1967, № 3. [8]. Козин В. Е., Баскаков А. П. Исследование прирешетчатой зоны псевдооживленного слоя над колпачковым газораспределителем. — «Химия и технология топлив и масел», 1967, № 8. [9]. Козин В. Е., Баскаков А. П. Особенности псевдооживления зернистого слоя на колпачковых газораспределителях и методика их расчета. — «Химия и технология топлив и масел», 1968, № 11.

Поступила 24 июня 1974 г.

УДК 634.0.812

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА «КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ» ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОСКОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ДРЕВЕСИНЕ

Ю. Г. ЛАПШИН, Л. В. ПИНТУС

Московский лесотехнический институт

Показана возможность применения метода «конечных элементов» при исследовании плоского напряженного состояния древесины в условиях изменяющейся влажности и температуры.

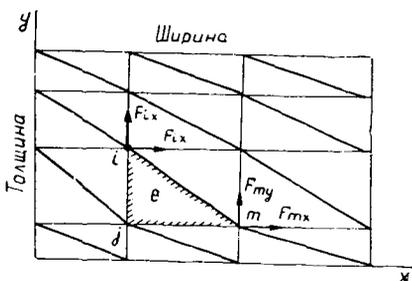
Для решения задач механики деформируемых материалов применяют метод «конечных элементов» (МКЭ) [1], [3], так как он обладает относительно простой логикой, а это удобно для реализации на ЭВМ. Кроме того, данный метод позволяет учесть анизотропию, пластические свойства и особенности деформирования материалов в условиях переменной температуры и влажности [2].

Сущность МКЭ в том, что сплошная среда с бесконечным числом связей заменяется структурой из большого, но конечного числа элементов, связанных между собой в узловых точках (рис. 1). Деформации и напряжения в пределах элемента постоянны, а в узлах действуют фиктивные узловые силы. В предположении линейной зависимости между узловыми силами F_i и перемещениями δ_i узлов i -того элемента основная зависимость МКЭ имеет вид

$$\{F\}^e = [K]^e \{\delta\}^e + \{F\}_p^e + \{F\}_{e_0}^e, \quad (1)$$

где $\{F\}^e$ — матрица-столбец узловых сил элемента e ;
 $\{\delta\}^e$ — матрица-столбец перемещений узлов элемента;
 $\{F\}_p^e$ — матрица-столбец узловых сил от воздействия внешней нагрузки на грани элемента;

Рис. 1. Разбиение тел на структуру из типичных треугольных элементов.



$\{F\}_{\epsilon_0}^e$ — матрица-столбец узловых сил от начальной деформации ϵ_0 (температурной, монтажной);

$[K]^e$ — матрица жесткости элемента.

Выражение (1), записанное для всей структуры, представляет собой систему линейных уравнений относительно неизвестных перемещений δ_i . По известным значениям перемещений можно вычислить деформации

$$\{\epsilon\} = [B] \{\delta\}, \quad (2)$$

здесь $[B]$ — матрица деформаций, зависящая от вида выбранной функции перемещений внутри элемента.

Напряжения в элементе

$$\{\delta\} = [D] (\{\epsilon\} - \{\epsilon_0\}), \quad (3)$$

где $[D]$ — матрица упругости, зависящая от показателей механических свойств материала;

$\{\epsilon_0\}$ — матрица-столбец начальных деформаций.

Для случая плоского напряженного состояния анизотропной (ортоанізотропной) среды матрица упругости элемента в главных осях анизотропии имеет вид

$$[D] = \frac{E_2}{(1 - \nu_2^2)} \begin{bmatrix} n & n\nu_2 & 0 \\ n\nu_2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & m(1 - \nu_2^2) \end{bmatrix}, \quad (4)$$

здесь E_1, E_2 — модули упругости в главных направлениях анизотропии;

G — модуль сдвига;

ν_2 — коэффициент Пуассона;

$$n = \frac{E_1}{E_2}; \quad m = \frac{G}{E_2}.$$

Для типичного треугольного элемента (рис. 1), внутри которого перемещения линейны,

$$[B] = \frac{1}{2\Delta} \begin{bmatrix} b_i & 0 & b_j & 0 & b_m & 0 \\ 0 & c_i & 0 & c_j & 0 & c_m \\ c_i & b_i & c_j & b_j & c_m & b_m \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где Δ — площадь элемента;

$$b_i = y_i - y_m;$$

$$c_i = x_m - x_i \text{ и т. д.};$$

(x_i, y_i — координаты узлов элемента).

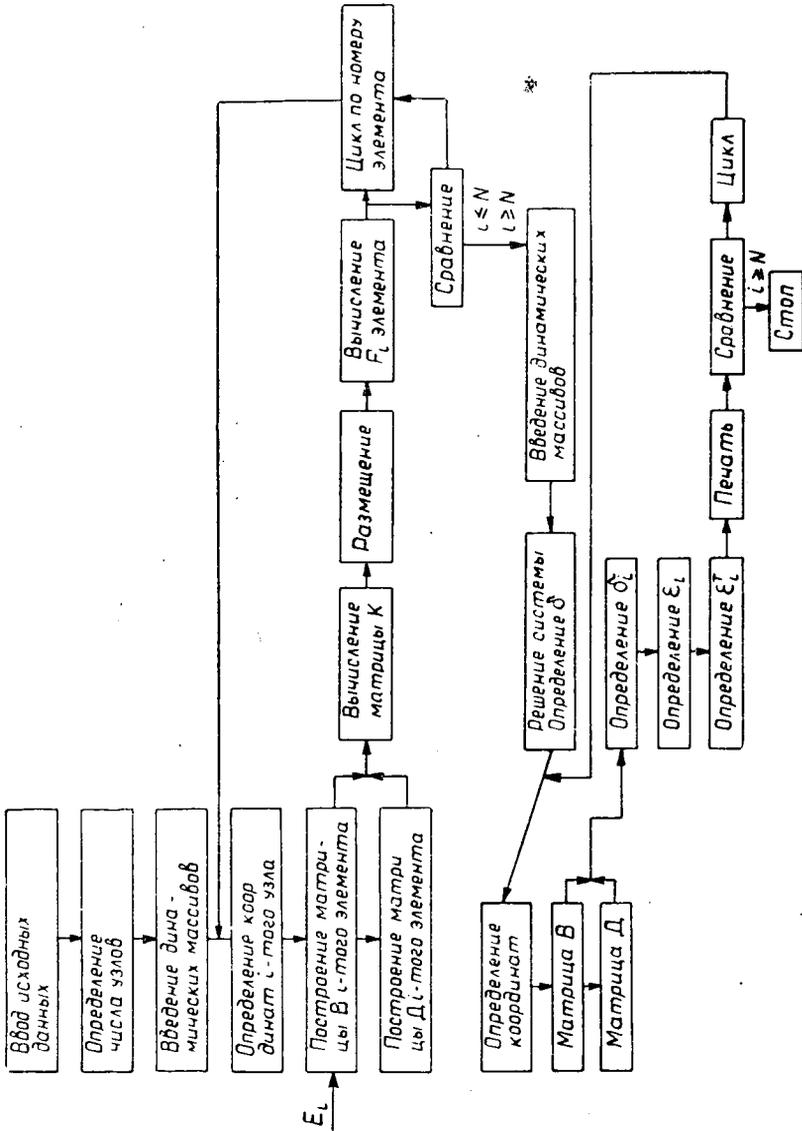


Рис. 2. Блок-схема решения задачи.

Матрица жесткости элемента

$$[K] = [B]^T [D] [B] \Delta, \quad (6)$$

где индексом t обозначена операция транспонирования.

Нелинейные задачи МКЭ решают шаговым способом, при котором внешние воздействия (нагрузки, температуры) задаются небольшими приращениями-шагами. В пределах каждого шага свойства материала принимаются постоянными, а после изменения напряженного состояния при каждом шаге вносят изменения в матрицу $[D]$, а через нее в матрицу $[K]$ соответствующие изменения, учитывая закономерности деформирования; затем цикл повторяется.

Применяя этот способ для расчета напряжений при сушке пиломатериалов, можно учесть закономерности деформирования древесины.

при изменяющейся влажности, нелинейность зависимости между напряжениями и деформациями при постоянной влажности, а также увеличение жесткости при разгрузке [2].

На рис. 2 представлена последовательность операций (блок-схема) по вычислению напряжений в высыхающей древесине при изменении влажности на один шаг, равный 2%; из-за отсутствия экспериментальных данных нелинейность диаграммы $\delta - \epsilon$ не учитывали.

В соответствии с представленной блок-схемой была составлена программа (на языке АЛГОЛ-60) и проведены расчеты на вычислительной машине БЭСМ-6.

Поперечное сечение доски разбивали на 80 элементов с 55 узлами, что при реализации давало систему с 110 неизвестными, а объем оперативной памяти (МОЗУ) ЭВМ позволяет решать систему порядка 150 уравнений, поэтому при необходимости можно было увеличить точность вычислений. Порядок изменения влажности элементов — последовательность шагов — увязывали с кинетикой процесса сушки.

В качестве примера приведем результаты расчета напряжений, возникающих при сушке сосновой доски с начальной влажностью около 30%. Исходные данные: поперечное сечение доски 50×120 мм; режим сушки 4В; температура сухого термометра $t_c = 73^\circ\text{C}$ (при этих условиях равновесная влажность составляет 9,5%); коэффициенты влагопереноса: $a' = 20 \cdot 10^{-5}$ см²/с; $a'' = 20 \cdot 10^{-6}$ см²/с; модуль упругости $E = 300(1 + 0,43W)$ кг/см² (где W — перепад влажности от предела гигроскопичности); коэффициент усушки $\alpha = 0,0022$.

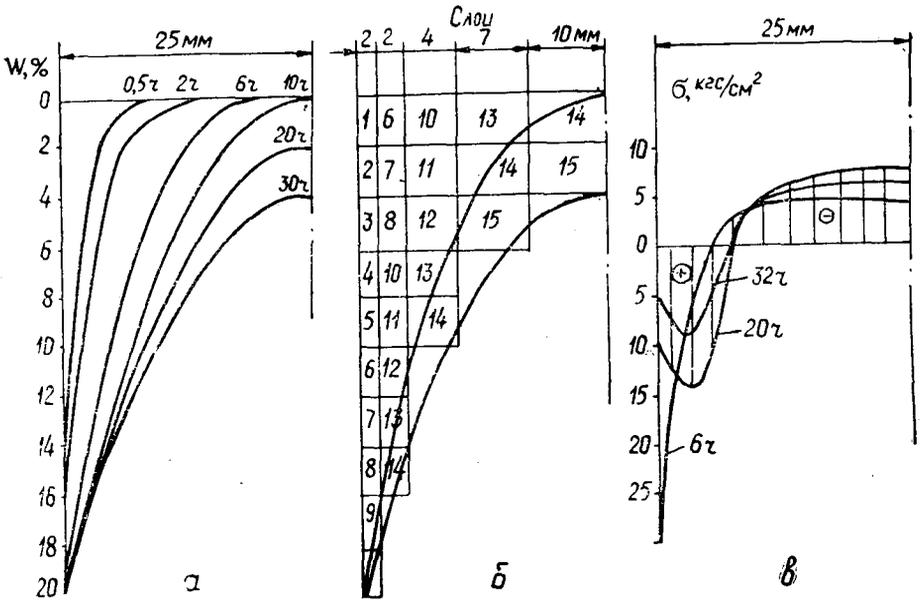


Рис. 3. К расчету напряжений в сосновой доске.

По результатам расчета влагопереноса первоначально были построены графики распределения влаги по толщине доски в различные моменты времени (рис. 3, а). Затем выбраны размеры элементов и назначен порядок шагов изменения перепада влажности по элементам (рис. 3, б). Как видно из рисунка, для вычисления напряжений на рассматриваемом этапе сушки потребовалось 15 шагов, что заняло около 1,5 ч машинного времени. В результате расчета были получены данные о напряжениях, деформациях и перемещениях всех элементов структуры.

На рис. 3, в приведены эпюры нормальных напряжений по толщине доски в различные моменты времени сушки. Как видно из рисунка, в период уменьшения напря-

жений эшора приобретает сложный (пидлообразный) вид, что часто наблюдается в экспериментальных исследованиях.

В заключение следует указать на перспективность применения МКЭ при исследованиях напряжений в таких технологических процессах как сушка древесины, гнутье, фанерование, отделка и других, связанных с деформированием древесины и древесных материалов, в условиях переменной влажности и температуры.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Розин Л. А. Основы метода конечных элементов. Л., «Энергия», 1972. [2]. Уголев Б. Н., Лапшин Ю. Г., Пинтус Л. В., Кузнецова Т. В. Влияние изменения влажности и температуры на деформации напряженной древесины. — «Деревобрабатывающая промышленность», 1973, № 12. [3]. Lienkiewich O. C., Cheung Y. K. The finite element method in structural and continuum mechanics. New-York, 1971.

Поступила 10 июня 1974 г.

УДК 674.812

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПЛАСТИФИЦИРОВАННОЙ МОЧЕВИНОЙ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

В. А. ШАМАЕВ, Л. В. ЕЛЬКОВ, И. С. САМОДУРОВ

Воронежский лесотехнический институт

Показано, что пластификация цельной древесины мягколиственных пород растворами мочевины облагораживает текстуру древесины, снижает усилия прессования и повышает стабильность пластифицированной древесины в 2—2,5 раза.

Пластифицированную древесину используют в различных отраслях народного хозяйства. Пластификацию цельной древесины в настоящее время осуществляют жидким и газообразным аммиаком с последующим уплотнением и сушкой [4]. При этом получают материал, формоустойчивость которого примерно вдвое выше по сравнению с прессованной древесиной [7]. Однако данный метод требует сложного технологического оборудования и мер предосторожности в обращении с аммиаком.

Цель наших исследований — найти равноценный и нетоксичный пластификатор вместо аммиака. Известно, что в водных растворах мочевины способна гидролизоваться до углекислого газа и аммиака при повышенной температуре [5]. Процесс гидролиза значительно ускоряется в кислой и щелочной среде. При этом из одной молекулы мочевины получают две молекулы аммиака. Следовательно, раствор мочевины может служить своеобразным генератором аммиака. Известно также, что мочевины пластифицирует древесину, снижая усилия при гнутье и сжатии [2], [6].

В данной работе изучали влияние мочевины на физико-механические свойства прессованной древесины. Для экспериментов применяли бруски осины и березы размером 50×50×180 мм (последний размер вдоль волокон) с исходной влажностью 20—80%. Методом горячих (3 ч при 90—95°C) и горяче-холодных ванн (3 ч при 90—95°C и 3 сут при 18°C) бруски пропитывали раствором мочевины (концентрация

20%), затем высушивали до влажности 20—25% и прессовали в радиальном направлении на 50%. Спрессованную древесину высушивали до влажности 2—3% при $103 \pm 2^\circ\text{C}$ и термообработывали в сушильной камере при 160°C в течение 3 ч. Из готовых брусков вырезали образцы размером $15 \times 15 \times 22,5$ мм и определяли предел прочности при сжатии вдоль волокон, а также объемное разбухание согласно ГОСТу 9629—66 «Древесина прессованная». Результаты экспериментов обрабатывали методом вариационной статистики.

Замечено, что после химической обработки древесина осины и сосны приобретает характерный цвет и имеет текстуру, отличающуюся от натуральной. Пластифицированная древесина осины сходна с грецким орехом, а древесина березы становится похожей на красное дерево или темно-красный бук.

Таблица 1

Порода древесины	Обработка древесины мочевиной	Конечное усилие, кг/см ²	Плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии вдоль волокон, кг/см ²	Объемное разбухание в воде за 30 суток, %
Осина	Методом горячей ванны	110	980	1190	62
„	Методом горяче-холодной ванны	110	1250	1380	39
„	Необработанная	160	970	1250	100
Береза	Методом горяче-холодной ванны	210	1270	1540	35
„	Необработанная	290	1090	1250	98

Примечание. Приведены средние данные по результатам восьми опытов. Влажность образцов 5—6%.

Физико-механические свойства пластифицированной мочевиной прессованной древесины березы и осины приведены в табл. 1, из данных которой видно, что наиболее эффективна обработка мочевиной методом горяче-холодных ванн; в этом случае максимальное разбухание ДП составляет 35—41% и при высыхании образец полностью возвращается к размерам до разбухания. Усилие прессования пластифицированной ДП снижается на 35—45%. Прочность при сжатии вдоль волокон у ДП, обработанной мочевиной, выше, чем у натуральной. Это объясняется, по-видимому, дополнительным сближением волокон древесины под влиянием мочевины.

Как показали опыты, начальная влажность брусков не имеет существенного значения для качества получающейся ДП, так как вследствие явления осмоса градиент концентрации на границе древесина — раствор мочевины исчезал на вторые сутки пропитки. При пропитке образцов с высокой влажностью приходилось учитывать снижение суммарной концентрации раствора.

Пропитка древесины березы и осины растворами мочевины с последующей термообработкой при 160°C значительно повышает формоустойчивость ДП в среде с переменной влажностью, в первую очередь, в воде (рис. 1). Разбухание даже несколько ниже, чем у пластифицированной аммиаком древесины [1].

Резкое уменьшение сорбционных свойств модифицированных мочевиной образцов происходит, по-видимому, из-за протекания целого ряда физико-химических реакций. Формоустойчивая древесина получается лишь в результате термообработки при $160—170^\circ\text{C}$ в течение

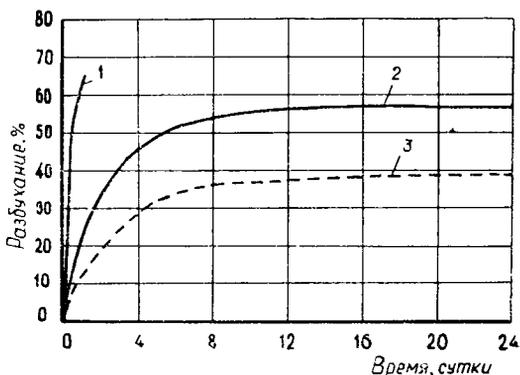


Рис. 1. Разбухание древесины пластифицированной мочевиной и аммиаком, в зависимости от времени пребывания в воде.

1 — натуральная ДП; 2 — пластифицированная аммиаком; 3 — пластифицированная мочевиной.

4—5 час. При этой температуре гигроскопичная мочевиная переходит в биурет и циануровую кислоту, труднорастворимые в воде. Одновременно появляется возможность блокирования гидроксильных групп гемицеллюлоз мочевиной или биуретом [3].

Нами установлено, что мочевиная при повышенных температурах химически реагирует с компонентами древесины и продукт взаимодействия содержит 1,13% азота; причем во взаимодействие вступает не только целлюлозная часть, но и лигнин.

Таким образом, пластификация древесины мягких лиственных пород растворами мочевины снижает усилие прессования на 35—45%, повышает формоустойчивость ДП во влажной среде в 2—2,5 раза и улучшает текстуру древесины.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ахеро М. С., Дарзиньш Т. А., Юкна А. Д. «Химия древесины», 3, Рига, «Зинатне», 1969. [2]. Берлин А. А. Исследование в области и технологии облагороженной древесины и древесных пластических масс. Л., Гослесбуиздат, 1950. [3]. Гамова И. А., Солечник Н. Я. «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1968, № 7, с. 9—11. [4]. Калинин А. Я. Вестник АН СССР, 17, 1972. [5]. Каррер. Курс органической химии. ГХИ, 1960. [6]. Леонович А. А., Солечник Н. Я. Материалы научно-технической информации ЛТА, ч. II, 1968, с. 110—113. [7]. Хухрянский П. Н. Прессование древесины. М., 1974.

Поступила 6 августа 1974 г.

УДК 634.0.812

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКОЙ УПРУГО-ВЯЗКОЙ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЯЮЩЕГО ОСНОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ РАСКАЛЫВАНИИ

В. С. БОБИК, Т. М. ШКИРЯ

Львовский лесотехнический институт

Сделана попытка с помощью теории упруго-вязкого тела представить реальную взаимосвязь напряжений с деформациями в древесине при ее раскалывании вдоль волокон. Используя отдельные положения теории упруго-вязкого тела и подобрав реологическую схему, соответствующую конкретному виду нагрузки, получили уравнения, позволяющие определить величины напряжений в древесине при ее раскалывании вдоль волокон по времени протекания процесса, по длине чураков в зависимости от угла заострения раскалывающего клина и от изменения диаметра чурака.

При изучении процесса раскалывания С. А. Воскресенский использовал модель распределяющего упругого основания, на котором якобы лежит отделяемая половина бруска [2], вторая половина бруска считается жестким основанием Π (рис. 1). Между этими половинами бруска имеется упругая связь, осуществляемая элементами n_i , длину Δx

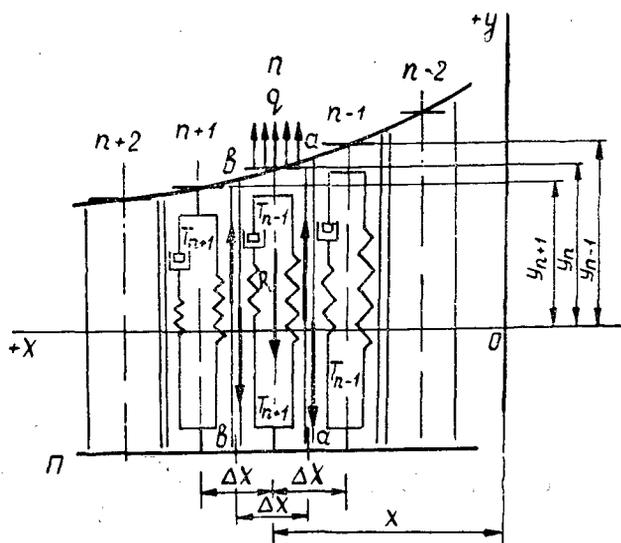


Рис. 1. Модель распределяющего упругого основания с учетом реологических особенностей древесины при раскалывании.

и ширину B которых принимают равными единице длины. Характер этой связи определяется гипотезой Фусса — Винклера [2]

$$\sigma_p = c y, \quad (1)$$

где σ_p — растягивающее напряжение в упругом элементе;
 c — коэффициент упругости основания;
 y — абсолютная деформация растяжения элемента.

С. А. Воскресенский допускал, что элементы не изолированы друг от друга, а соединены между собой в плоскостях $a-a$, $b-b$ некоторой упругой связью, способной воспринимать касательные силы, величины которых T_i зависят от разности абсолютных деформаций Δu соседних элементов. Растягивающую силу определяют умножением равномерно распределенной нагрузки q на площадь соответствующего элемента $\Delta x \cdot B$. Сила R , стремящаяся сжать элемент, равна $\sigma_p \Delta x \cdot B$. При этих предпосылках получено уравнение изгиба балки (бесконечно большой балки), связанной с распределяющим упругим основанием,

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} - K \frac{d^2 y}{dx^2} + \sigma_p = 0, \quad (2)$$

где E — модуль упругости древесины 1-го рода;
 I — момент инерции поперечного сечения балки (отделяемой части чурака);
 K — коэффициент пропорциональности, характеризующий упругость основания при касательных нагрузках.

Уравнение (2) предполагает линейность зависимости напряжений в древесине от величины деформаций (1) на всех стадиях раскалывания. В действительности древесина подчиняется такой закономерности только на незначительном участке, поэтому представление об идеальной упругости древесины весьма приближенно.

Установление более реальной взаимосвязи напряжений и деформаций древесины возможно на основании теории упруго-вязкого тела путем подбора реологической схемы, соответствующей конкретному виду нагрузки.

При раскалывании древесины вдоль волокон преобладающий вид нагрузки в плоскости расщепления — растяжение поперек волокон. Имеются две области деформирования материала: в первой — области прочного сопротивления — развиваются деформации упругого последействия, затухающие во времени; во второй — области разрушающей нагрузки — со временем образец разрушается.

Реологическую схему деформирования древесины (рис. 2), соответствующую процессу раскалывания, принимаем по Б. И. Огаркову [6]. В схеме приняты следующие обозначения:

- E_1 — модуль упругости инкрустов (лигнин, гемицеллюлоза и другие наполнители);
- E_2 — модуль упругости целлюлозы;
- η_1 — коэффициент вязкости инкрустов.

Тогда дифференциальное уравнение деформирования древесины, учитывающее явление упругого последействия, имеет вид [6]

$$nE \frac{d\varepsilon}{dt} + H\varepsilon = n \frac{d\sigma}{dt} + \sigma, \quad (3)$$

где n — время релаксации инкрустов ($n = \frac{\eta_1}{E_1}$);

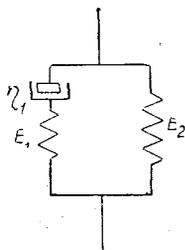


Рис. 2.

E — мгновенный модуль упругости ($E = \frac{E_1 F_1 + E_2 F_2}{F}$);

F, F_1, F_2 — площади сечения соответственно цельной древесины, инкрустов и целлюлозы ($F = F_1 + F_2$);

H — длительный модуль упругости ($H = \frac{E_2 F_2}{F}$);

ε и σ — соответственно деформация и напряжение.

Уравнение (3) ранее было получено А. Р. Ржаницыным.

В итоге, с учетом реологической схемы деформирования древесины, модель распределяющего упругого основания имеет вид, показанный на рис. 1. При раскалывании древесины вдоль волокон уравнение (3) описывает поведение под нагрузкой элементов $n-1$; $n-2$; $n+1$; $n+2$ и т. д. и дает возможность установить взаимосвязь напряжения с деформацией при любых случаях нагрузки.

И с л у ч а й: внедрение клина в древесину с постоянной скоростью V . Так как деформация при этом увеличивается равномерно

$$\varepsilon = Wt, \quad (4)$$

(где W — постоянная скорость изменения деформации; t — время протекания деформации), то уравнение (3) принимает вид

$$EnW + HWt = n \frac{d\sigma}{dt} + \sigma. \quad (5)$$

При равенстве нулю начального напряжения получим [4]

$$\sigma = HWt + n(E - H)W \left(1 - e^{-\frac{t}{n}}\right). \quad (6)$$

Зависимость между скоростью внедрения клина V по оси x и скоростью изменения деформации W по оси y (величина Δx равна единице длины) имеет вид

$$W = \frac{y}{1} = Vy, \quad (7)$$

поэтому

$$\sigma = Hy + n(E - H)V \left(1 - e^{-\frac{1}{Vn}}\right)y. \quad (8)$$

Подставляя выражение (8) в уравнение (2) и принимая, что ширина балки равна диаметру чурака, получим

$$HI \frac{d^4 y}{dx^4} - K \frac{d^2 y}{dx^2} + \left[H + n(E - H)V \left(1 - e^{-\frac{1}{Vn}}\right) \right] By = 0. \quad (9)$$

И с л у ч а й: мгновенное (импульсное) раскалывание, например, взрывом. При больших скоростях деформирования величины σ и ε чрезвычайно малы по сравнению с $\frac{d\sigma}{dt}$ и $\frac{d\varepsilon}{dt}$. Из уравнения (3), с учетом того, что $\varepsilon = y$, имеем

$$\sigma = Ey. \quad (10)$$

Так как $B \neq I$, то уравнение (2) принимает вид

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} - K \frac{d^2 y}{dx^2} + EBy = 0. \quad (11)$$

Запишем однородные дифференциальные уравнения (9) и (11) в общем виде

$$A \frac{d^4 y}{dx^4} - B \frac{d^2 y}{dx^2} + Cy = 0, \quad (12)$$

где A, B, C — коэффициенты соответственно равенства (9) или (11).

Соответствующее характеристическое уравнение

$$s^4 - \frac{B}{A} s^2 + \frac{C}{A} = 0 \quad (13)$$

имеет две пары сопряженных комплексных корней

$$s = \pm \alpha \pm i\beta, \quad (14)$$

где $\alpha = \sqrt{\frac{1}{2} \sqrt{\frac{C}{A} + \frac{B}{A}}}$; $\beta = \sqrt{\frac{1}{2} \sqrt{\frac{C}{A} - \frac{B}{A}}}$.

Следовательно, общее решение уравнения (12):

$$y = C_1 e^{\alpha x} \cos \beta x + C_2 e^{\alpha x} \sin \beta x + C_3 e^{-\alpha x} \cos \beta x + C_4 e^{-\alpha x} \sin \beta x. \quad (15)$$

Постоянные интегрирования определяем исходя из начальных условий

при $x = 0$ $A \frac{d^2 y}{dx^2} = M = 0$; $A \frac{d^3 y}{dx^3} = P_2$;

при $x = \infty$ $y = 0$; $\frac{d^2 y}{dx^2} = 0$.

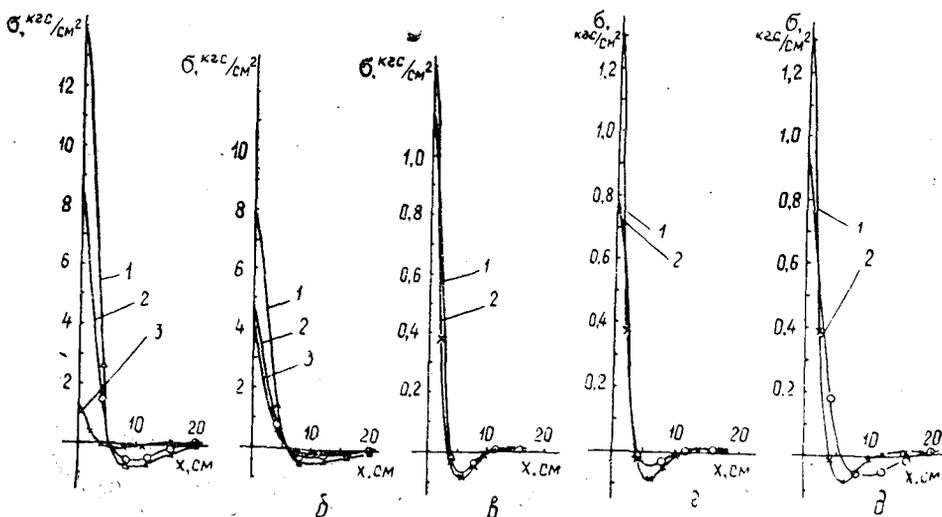


Рис. 3. Распределение напряжений вдоль оси чурака при раскалывании.
 а — при $V = \text{const}$; 1 — береза; 2 — дуб; 3 — сосна ($L = 100$ см, $d = 20$ см); б — при $V \rightarrow \infty$: 1 — береза; 2 — дуб; 3 — сосна ($L = 100$ см, $d = 20$ см); в — для сосны клином с разным углом заострения: 1 — $\alpha = 10^\circ$; 2 — $\alpha = 60^\circ$ ($L = 100$ см, $d = 20$ см); г — для сосны разной длины; 1 — $L = 100$ см; 2 — $L = 50$ см ($d = 20$ см); д — для сосны разного диаметра: 1 — $d = 20$ см; 2 — $d = 40$ см ($L = 100$ см).

Решение уравнения (12) имеет вид

$$y = \frac{P_2}{\beta(\alpha^2 + \beta^2)A} [2\alpha\beta e^{-\alpha x} \cos \beta x + (\alpha^2 - \beta^2) e^{-\alpha x} \sin \beta x]. \quad (16)$$

Закон изменения величины y с определенной степенью приближения m определяет закон изменения напряжения.

Выражение (16) для различных условий было решено на ЭЦВМ «Проминь-2». Численные значения n , E , H взяты из работы [5], величину P_2 определяли по данным работы [3], скорость V принимали равной 0,5 м/с, величина K взята из [2].

Полученные результаты представлены на рис. 3. Сопоставляя рис. 3, а и 3, б, видим, что при мгновенном протекании процесса весьма рельефно проявляется тенденция к стиранию различий в величинах напряжений для отдельных пород, тогда как при незначительной скорости нагружения разница в величинах возникающих напряжений для различных древесных пород очень существенна.

Полученные нами зависимости качественно совпадают с результатами экспериментов, проведенных в ЦНИИМЭ [1], и предопределяют пригодность реологической упруго-вязкой модели распределяющего основания для исследования напряжений при раскалывании.

Таким образом, модель распределяющего упругого основания дает возможность судить о напряжениях в древесине при различных скоростях протекания процесса раскалывания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Воскресенский С. А. Резание древесины. М., Гослесбумиздат, 1956. [2]. Воскресенский С. А. Теория и расчеты процессов резания древесины. Автореферат докторской диссертации. М., 1959. [3]. Рахманов С. И., Гороховский Н. Ф. Машины и оборудование лесоразработок. М., «Лесная промышленность», 1967. [4]. Ржаницын А. Р. Теория ползучести. М., изд-во литературы по строительству, 1968. [5]. Уголев Б. Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке. М., «Лесная промышленность», 1973. [6]. Хухрянский П. Н. Прочность древесины. М.—Л., Гослесбумиздат, 1955.

Поступила 13 марта 1974 г.

УДК 634.0.865

РЕЖУЩИЕ СВОЙСТВА И СТОЙКОСТЬ КРУГОВ С АБРАЗИВОМ ИЗ СТЕКЛА ПРИ ШЛИФОВАНИИ ДРЕВЕСНОСЛОИСТОГО ПЛАСТИКА

В. Г. ЛЮБИМОВ

Львовский лесотехнический институт

Приведены экспериментальные данные о влиянии режимных факторов на удельную производительность, удельный износ, скорость съема материала и стойкость кругов при шлифовании древеснослоистого пластика марки ДСП-В.

В данной статье приведены результаты исследования режущих свойств и стойкости кругов с абразивом из стекла на бакелитовой связке [2], [4] при шлифовании древеснослоистого пластика марки ДСП-В (ГОСТ 8697—58).

Крупы имели следующие характеристики: наружный диаметр 190—196 мм, высота 22 мм, зернистость 50, твердость 800 кгс/см². Шлифование проводили на металлообрабатывающем шлифовальном

станке модели 371-М1. Исследуемые образцы длиной 280 мм, шириной 45 мм жестко закрепляли на столе станка и шлифовали в двух направлениях: перпендикулярно к расположению слоев шпона (торцовые поверхности) и в направлении слоев шпона (боковые поверхности). По данным линейного износа круга определяли его объемный износ W_k за период стойкости. Режущие свойства кругов оценивали скоростью съема материала Q (см³/мин), объемом сошлифованного материала за период стойкости круга W_n (см³), удельной объемной производительностью $q = \frac{W_n}{W_k}$ (см³/см³) и удельным объемным износом

$$q_1 = \frac{W_k}{W_n} \quad (\text{см}^3/\text{см}^3). \text{ Критерием стойкости служило относительное}$$

удвоение высоты микронеровностей за время работы круга между правками. В качестве критерия чистоты поверхности принимали высоту неровностей R_z по ГОСТу 2789—59. Правку кругов осуществляли твердосплавным конусом. Шлифование образцов производили при постоянной окружной скорости круга $v = 30$ м/с.

Оставляя все факторы строго постоянными и меняя только исследуемый, устанавливали влияние глубины шлифования t , скорости подачи u , поперечной подачи s_n на стойкость кругов T и характеристики режущих свойств Q , W_n , q и q_1 .

Характеристики режущих свойств кругов непосредственно связаны с их стойкостью. Данные о зависимости стойкости кругов при обработке древеснослоистого пластика от глубины шлифования, скорости подачи изделия и поперечной подачи приведены в таблице. Древеснослоистые пластики имеют анизотропное строение, физико-механические свойства их во взаимноперпендикулярных направлениях различны, в связи с этим стойкость кругов при шлифовании боковых и торцовых поверхностей неодинакова, но в обоих случаях с увеличением t , u и s_n стойкость кругов уменьшается, а следовательно, изменяются их режущие свойства.

Таблица 1

Глубина шлифования t , мм	Стойкость круга T , мин	Скорость подачи u , м/мин	Стойкость круга T , мин	Поперечная подача s_n , мм/ход	Стойкость круга T , мин	Поперечная подача s_n , мм/ход	Стойкость круга T , мин
$u = 5$ м/мин; $s_n = 4$ мм/ход		$s_n = 4$ мм/ход; $t = 0,1$ мм		$u = 5$ м/мин; $t = 0,1$ мм		$u = 5$ м/мин; $t = 0,2$ мм	
0,05	$\frac{252}{166}$	5	$\frac{161}{102}$	1	$\frac{460}{300}$	1	$\frac{264}{212}$
0,1	$\frac{161}{102}$	10	$\frac{63}{38}$	2	$\frac{254}{190}$	2	$\frac{142}{102}$
0,2	$\frac{91}{59}$	15	$\frac{38}{20}$	4	$\frac{161}{102}$	4	$\frac{91}{59}$
0,3	$\frac{70}{39}$	20	$\frac{23}{10,5}$	8	$\frac{87}{53}$	8	$\frac{47}{30}$
0,5	$\frac{47}{27}$	—	—	16	$\frac{50}{29}$	16	$\frac{17}{8,5}$

Примечание. Скорость круга $v = 30$ м/с; твердость круга $H_k = 800$ кгс/см², зернистость 50. В числителе указана стойкость круга при шлифовании боковых поверхностей образцов; в знаменателе — при шлифовании торцовых поверхностей.

Увеличение шероховатости за период стойкости круга связано с характером износа абразивных зерен из стекла. Предел прочности стекла значительно ниже, чем электрокорунда и карбида кремния. В связи с этим разрушение стеклянных абразивных зерен при определенных сочетаниях характеристик инструмента и режимов шлифования происходит за счет скалывания и выкрашивания режущих элементов, то есть имеет место хрупкое разрушение. Приближенной характеристикой хрупкой прочности материалов может являться предел прочности на растяжение и сжатие, а также предел прочности на изгиб [1]. Сопоставление пределов прочности разных абразивных материалов, дает возможность судить об их относительной хрупкой прочности.

Не менее важными характеристиками стекла являются механическая прочность, определяемая по методу ВНИИАШа [3], и микротвердость. Эти показатели для стекла в 4—6 раз ниже, чем для электрокорунда и карбида кремния. При шлифовании пластмасс желательна низкая хрупкая прочность материала абразива, так как она в сильной мере снижает склонность абразивных инструментов к засаливанию, но при этом с течением времени шероховатость обработанной поверхности увеличивается, так как возрастает разновысотность зерен, а также наблюдается выпадение целых зерен из связки, что в конечном итоге приводит к уменьшению количества абразивных зерен, приходящихся на единицу рабочей поверхности круга.

Важный параметр, влияющий на стойкость абразивных кругов при шлифовании пластмасс, — твердость кругов. С увеличением количества связки (пудербакелита) и увлажнителя (жидкого бакелита) на 100 вес. частей абразива твердость кругов возрастает [4]. На рис. 1 показана зависимость стойкости кругов T от их твердости H_k при шлифовании торцовых поверхностей древесностроистого пластика ($v = 30$ м/с; $u = 5$ м/мин; $s_n = 8$ мм/ход; $t = 0,1$ мм). Твердость кругов изменялась за счет увеличения связки и увлажнителя от 6,3 до 23 вес. частей на 100 вес. частей абразива при постоянном удельном давлении прессования 10 кгс/см².

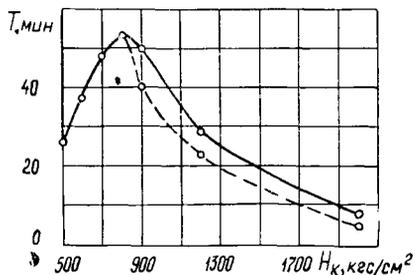


Рис. 1.

Для оценки стойкости кругов при их изготовлении и испытании принимали два критерия: относительное удвоение высоты неровностей R_z за время работы кругов между двумя правками (сплошная линия) и появление прижогов на шлифуемых поверхностях (штриховая линия). Зависимость $T = f(H_k)$ носит экстремальный характер. Начиная с $H_k = 900$ кгс/см² на шлифуемых поверхностях появляются первые прижоги, а из зоны резания начинает выделяться дым. Прижоги изменяют физико-механические свойства поверхностных слоев и снижают качество обрабатываемых изделий. Прижоги образуются раньше, чем произойдет удвоение высоты неровностей R_z . Очевидно, точки, начиная с которых происходит раздвоение кривых стойкости, соответствуют оптимальному значению твердости кругов, при обработке которыми достигаются наибольшая стойкость и наилучшее качество шлифованной поверхности. Следовательно, нами установлено, что оптимальная твердость кругов для шлифования древесностроистого пластика составляет 800 кгс/см², что соответствует 11,1 вес. частям связки и увлаж-

нителя, взятым на 100 вес. частей абразивного материала. Круги, изготовленные по данной рецептуре, имеют открытую структуру. При этом применяли малое удельное давление прессования (10 кгс/см^2). Для более высоких удельных давлений уменьшается пористость инструмента, что приводит к возрастанию сил резания и снижению стойкости кругов.

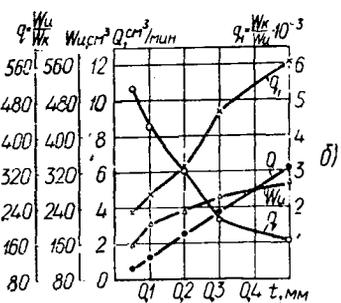
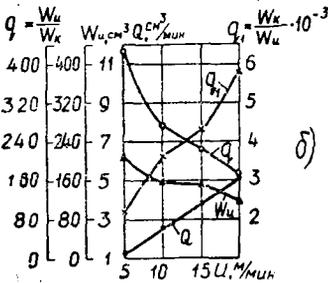
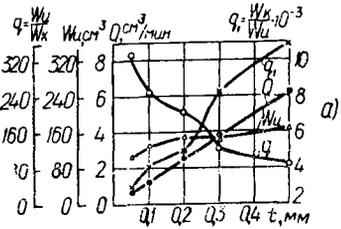
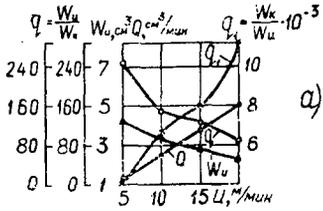


Рис. 2. Зависимость удельной производительности q , удельного износа q_1 , объема сошлифованного материала за период стойкости круга W_n и минутного съема материала Q от глубины шлифования.

а — для торцовых поверхностей;
б — для боковых поверхностей ($v = 30 \text{ м/с}$; $u = 5 \text{ м/мин}$; $s_n = 4 \text{ мм/ход}$).

Рис. 3. Зависимость удельной производительности q , удельного износа q_1 , объема сошлифованного материала за период стойкости круга W_n и минутного съема материала Q от скорости подачи изделия.

а — для торцовых поверхностей;
б — для боковых поверхностей ($v = 30 \text{ м/с}$; $s_n = 4 \text{ мм/ход}$; $t = 0,1 \text{ мм}$).

На рис. 2—5 показано влияние элементов режима резания на режущие свойства кругов твердостью $H_k = 800 \text{ кгс/см}^2$ для тех же условий шлифования, при которых были получены стойкостные зависимости (см. табл. 1). С увеличением глубины шлифования (рис. 2) скорость съема материала и объем сошлифованного материала за период стойкости круга увеличиваются, однако удельная производительность круга значительно снижается, а удельный износ возрастает. Например, с изменением глубины шлифования от 0,05 до 0,5 мм удельная производительность при шлифовании торцовых поверхностей снижается с 336 до $90 \text{ см}^3/\text{см}^3$, а при шлифовании боковых поверхностей — с 507 до $162 \text{ см}^3/\text{см}^3$. Наибольшая удельная производительность и наименьший удельный износ круга наблюдаются при глубине шлифования 0,05 мм, а наибольший объем сошлифованного материала за период стойкости круга достигается при $t = 0,5 \text{ мм}$. Удельный объемный износ круга при $t = 0,05 \text{ мм}$ составляет $2,97 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3/\text{см}^3$ (1 : 336) при шлифовании торцовых поверхностей и $1,97 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3/\text{см}^3$ (1 : 507) при шлифовании боковых поверхностей. Скорость съема материала возрастает пропорционально увеличению глубины шлифования. Например, с возрастанием глубины от 0,05 до 0,5 мм скорость съема материала

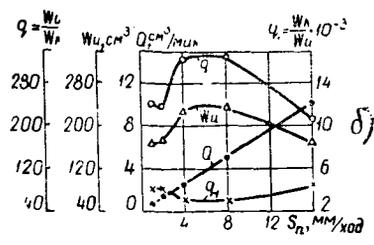
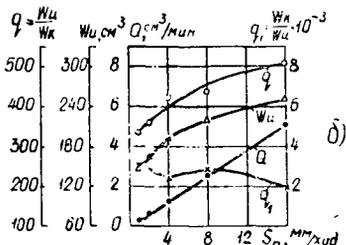
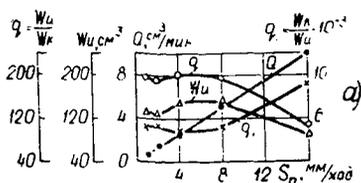
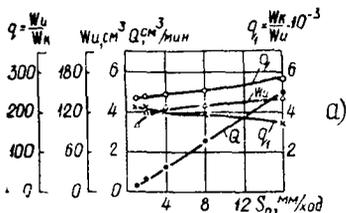


Рис. 4. Зависимость производительности q , удельного износа q_1 , объема сошлифованного материала за период стойкости круга W и минутного съема материала Q от поперечной подачи круга.

а — для торцовых поверхностей;
б — для боковых поверхностей ($v = 30$ м/с; $u = 5$ м/мин; $t = 0,01$ мм).

Рис. 5. Зависимость удельной производительности q , удельного износа q_1 , объема сошлифованного материала за период стойкости круга W и минутного съема материала Q от поперечной подачи круга.

а — для торцовых поверхностей;
б — для боковых поверхностей ($v = 30$ м/с; $u = 5$ м/мин; $t = 0,2$ мм).

увеличивается с 0,63 до 6,3 см³/мин при шлифовании торцовых и боковых поверхностей.

С повышением скорости подачи изделия (рис. 3) объем сошлифованного материала и удельная производительность снижаются, окорость съема материала и удельный износ возрастают. Так, с изменением скорости подачи от 5 до 20 м/мин удельная производительность при обработке торцовых поверхностей снижается в 2,8 раза, при обработке боковых поверхностей — в 2,4 раза; удельный износ соответственно увеличивается в 2,8 и 2,4 раза. Наименьший удельный износ круга соответствует скорости подачи 5 м/мин.

При работе с глубиной резания 0,1 мм с увеличением поперечной подачи круга скорость съема материала, объем сошлифованного материала и удельная производительность возрастают, а удельный износ несколько снижается (рис. 4); при глубине резания 0,2 мм (рис. 5) удельная производительность и объем сошлифованного материала за период стойкости круга имеют максимум при $s_n = 4 \div 8$ мм/ход. Например, при обработке торцовых поверхностей с увеличением поперечной подачи от 1 до 4 мм/ход удельная производительность повышается с 193 до 201 см³/см³ и при $s_n = 16$ мм/ход снижается до 107 см³/см³. При обработке боковых поверхностей с увеличением поперечной подачи от 1 до 8 мм/ход удельная производительность повышается с 242 до 332 см³/см³ и при $s_n = 16$ мм/ход снижается до 214 см³/см³. Максимальным значениям удельной производительности соответствуют минимальные величины удельного износа круга. При $s_n = 4 \div 8$ мм/ход достигаются оптимальные условия шлифования древеснослоистого пластика, при которых удельный расход абразивного инструмента минимален. Скорость съема материала Q возрастает пропорционально величине поперечной подачи.

В связи с относительно малым износом кругов оптимальной твердости и относительно высокой их стойкостью объемная потеря сошлифованного материала в среднем составляет 0,1—0,3%. Практически можно считать, что скорость съема материала (производительность шлифования) возрастает пропорционально глубине шлифования, скорости подачи изделия и поперечной подаче круга. При черновом шлифовании древеснослоистого пластика обработку следует производить с большими поперечными подачами ($s_n = 8$ мм/ход) и глубинами шлифования ($t > 0,1$ мм); при этих условиях достигаются наибольшая производительность и, как показали расчеты, наименьшая себестоимость шлифовальной операции.

Для достижения высоких классов чистоты поверхности шлифование следует производить с малыми поперечными подачами ($s_n = 1 \div 2$ мм/ход), однако при этом скорость съема материала минимальна. В указанном режиме обработки шероховатость на боковых и торцовых поверхностях находится в пределах 3—4,2 мкм [2] (7—8 классы чистоты). При оптимальных условиях шлифования ($s_n = 48$ мм/ход и $t = 0,2$ мм) шероховатость поверхностей колеблется в пределах 5—9,8 мкм [2] (6—7 классы чистоты).

Из изложенных данных следует, что удельный объемный износ кругов с абразивом из стекла при шлифовании древеснослоистого пластика в зависимости от режима работы и направления шлифования изменяется от 1:88 до 1:516. Таким образом, шлифовальные круги, у которых в качестве абразивного материала используется стекло, обладают высокими режущими свойствами и могут успешно применяться для обработки древеснослоистых пластиков.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лоладзе Т. Н., Бокучава Г. В. Износ алмазов и алмазных кругов. М., «Машиностроение», 1967. [2]. Любимов В. Г. Исследование шероховатости при шлифовании древеснослоистого пластика. — «Лесной журнал», 1972, № 5. [3]. Методы испытания дробленых искусственных абразивных материалов. — Сб. ВНИИАШ. М., ЦИНТИАМ, 1963. [4]. Яцюк А. И., Якубовский А. В. Рецептура абразивных кругов для шлифования древесины. — «Лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность», Киев, 1969, № 5.

Поступила 16 сентября 1974 г.

УДК 674.05

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРОГРАММНОЙ НАСТРОЙКИ ФРЕЗЕРНЫХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

А. С. ГРИГОРЬЕВ

Львовский лесотехнический институт

Дано обоснование и приведена схема электромеханической системы программной настройки механизмов, воспроизводящих замкнутый криволинейный контур. Система состоит из источников регулируемого напряжения, подключенных на входы синусно-косинусных потенциометров.

Электромеханическая система программной настройки, предназначенная для оснащения фрезерных станков при обработке криволиней-

ных деталей, создана на основе математической модели — аппроксимирующего тригонометрического полинома, который имеет вид

$$T_m(t) = \sum_{\substack{k=0 \\ (k=0,1,2,\dots,m)}}^m (a_k \cos k\omega t + b_k \sin k\omega t), \quad (1)$$

где a_k и b_k — амплитуды соответственно косинусной и синусной гармоник;
 ω — угловая скорость;
 t — время.

Такой вид математической модели позволяет синтезировать на ее основе задающий механизм. Контуры мебельных деталей обычно образуются несколькими плавно сопряженными участками прямых и окружностей. Это обеспечивает небольшое число членов тригонометрического полинома (8—10), позволяет достаточно точно воспроизвести контур механизмом и легко осуществить настройку.

Для создания механизма, воспроизводящего замкнутый криволинейный контур, уравнение контура следует выразить в параметрическом виде, то есть в виде двух тригонометрических полиномов соответственно для координат x и y .

На кафедре автоматизации ЛЛТИ создана экспериментальная установка, реализующая в процессе работы зависимость (1).

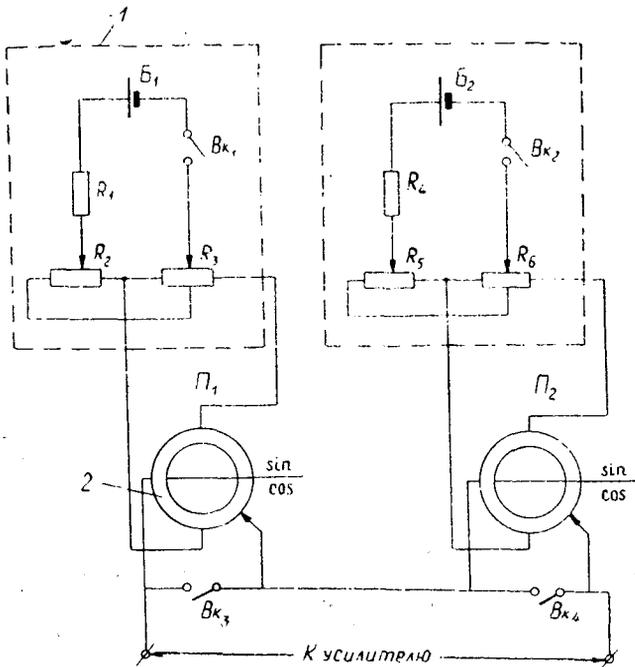


Рис. 1.

Электромеханическая система программной настройки (рис. 1) состоит из источников регулируемого напряжения I , подключенных на входы синусно-косинусных потенциометров 2. Образованный таким путем блок соответствует одной гармонике тригонометрического ряда.

Соединяя последовательно m таких блоков (на рис. 1 показано последовательное соединение двух блоков), на выходе получаем переменное напряжение, соответствующее уравнению (1).

Валы потенциометров жестко соединены с валами многоосевого редуктора, обороты валов которого относятся друг к другу как нормальный ряд целых чисел. Грубая установка напряжения осуществляется реостатами R_2 и R_5 , а точная — реостатами R_3 и R_6 , что соответствует значениям амплитуд a_k и b_k из выражения (1). Выключатели Bk_1 , Bk_2 , Bk_3 , Bk_4 предназначены для включения или выключения соответствующих гармоник.

Задатчик программы может работать с любым усилителем и исполнительным механизмом, которые установлены на столе вертикально-фрезерного станка. В лабораторных условиях в качестве усилителя и исполнительного механизма использовали двухкоординатный самопишущий прибор ПДС-021М.

Настройку устройства на воспроизведение различных криволинейных контуров производят в такой последовательности: 1) на основании чертежа детали криволинейный контур задают в виде координат отдельных точек; 2) с помощью ЭЦВМ «Проминь» по координатам точек находят коэффициенты полинома (1) a_k и b_k , являющиеся параметрами настройки; 3) соответственно значениям a_k и b_k с помощью реостатов устанавливают величины напряжений на входе синусных потенциометров.

Описанная система с программной настройкой была изготовлена, испытана и показала в работе хорошие результаты. Во время испытаний на приборе ПДС были вычерчены (в масштабе 1:2) контуры некоторых мебельных деталей: царги и спинки стула, спинки и сиденья кресла.

Поступила 16 мая 1974 г

УДК 674.815-41

АНИЗОТРОПИЯ УПРУГИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНОЙ ПЛИТЫ

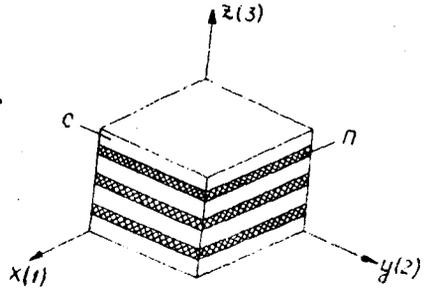
А. А. ПОЗДНЯКОВ

Ростовский на-Дону институт инженеров железнодорожного транспорта

Элементарный объем материала рассматривается в различных напряженных состояниях. При рассмотрении линейного напряженного состояния в плоскости плиты получены выражения для модуля упругости и коэффициента Пуассона в этой плоскости. Рассматривая линейное напряженное состояние в направлении, перпендикулярном плоскости плиты, получили уравнения для модуля упругости и коэффициента Пуассона в этом направлении.

Для рассмотрения упругих свойств древесностружечной плиты отнесем элементарный объем (рис. 1) к системе прямоугольных координат: ось x и y (или 1 и 2) расположим в плоскости плиты, а ось z (или 3) — перпендикулярно плоскости. Упругие свойства рассматриваемого элемента полностью характеризуются шестью постоянными: модулями упругости в плоскости плиты $E_{11} = E_{22}$, и перпендикулярно плоскости плиты E_{33} ; коэффициентами Пуассона $\mu_{12} = \mu_{21}$ и $\mu_{13} = \mu_{23}$;

Рис. 1. Расчетная схема элементарного объема материала.



модулями сдвига G_{12} и $G_{13} = G_{23}$. Выразим эти величины через упругие характеристики слоев. Для этого воспользуемся методом, изложенным в работе [4] и примененном [2] для определения упругих свойств слоистого пластика. При этом элемент материала подвергается различным напряженным состояниям.

Рассмотрим линейное напряженное состояние, при котором элемент подвержен действию только напряжений σ_x . При этом деформации слоя стружки

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{cx} &= \frac{1}{E_{11}^c} (\sigma_{cx} - \mu_{12}^c \sigma_{cy}); \\ \varepsilon_{cy} &= \frac{1}{E_{11}^c} (-\mu_{12}^c \sigma_{cx} + \sigma_{cy}) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

и слоя связующего

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{nx} &= \frac{1}{E_n} (\sigma_{nx} - \mu_n \sigma_{ny}); \\ \varepsilon_{ny} &= \frac{1}{E_n} (-\mu_n \sigma_{nx} + \sigma_{ny}). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Из условий равновесия элемента можно записать

$$\left. \begin{aligned} h_c \sigma_{cx} + h_n \sigma_{nx} &= h \sigma_x; \\ h_c \sigma_{cy} + h_n \sigma_{ny} &= h \sigma_y. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

здесь h_c, h_n и h — суммарные толщины слоев стружки, полимерного связующего и полная толщина плиты.

Из условий совместности деформаций следует

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{cx} &= \varepsilon_{nx} = \varepsilon_x; \\ \varepsilon_{cy} &= \varepsilon_{ny} = \varepsilon_y. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Решив совместно уравнения (1) — (4), получим выражение для деформации конгломерата в направлении оси x

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{\gamma E_n E_{11}^c} \cdot \frac{n_1 (1 + \mu_n \mu_{12}^c) + n_2 (\mu_n + \mu_{12}^c)}{n_1^2 - n_2^2}, \quad (5)$$

$$\text{где } n_1 = \frac{1}{E_{11}^c} + \frac{1 - \gamma}{\gamma} \cdot \frac{1}{E_n};$$

$$n_2 = \frac{\mu_{12}^c}{E_{11}^c} + \frac{1 - \gamma}{\gamma} \cdot \frac{\mu_n}{E_n};$$

$\gamma = \frac{h_{\Pi}}{h} \approx \frac{v_{\Pi}}{v}$ — относительное содержание полимерного связующего по объему.

При рассматриваемом линейном напряженном состоянии $\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E_{11}}$, следовательно, модуль упругости плиты

$$E_{11} = E_{22} = \frac{\gamma E_{\Pi} E_{11}^c (n_1^2 - n_2^2)}{n_1 (1 + \mu_{\Pi} \mu_{12}^c) - n_2 (\mu_{\Pi} + \mu_{12}^c)}. \quad (6)$$

Из уравнений (1) — (4) получим также выражение для деформации конгломерата в направлении оси y

$$\varepsilon_y = - \frac{\sigma_x}{\gamma E_{\Pi} E_{11}^c} \cdot \frac{n_1 (\mu_{\Pi} + \mu_{12}^c) - n_2 (1 + \mu_{12}^c)}{n_1^2 - n_2^2}. \quad (7)$$

В то же время $\varepsilon_y = - \frac{\mu_{12}}{E_{11}} \sigma_x$, следовательно, коэффициент Пуассона плиты

$$\mu_{12} = \mu_{21} = \frac{n_1 (\mu_{\Pi} + \mu_{12}^c) - n_2 (1 + \mu_{\Pi} \mu_{12}^c)}{n_1 (1 + \mu_{\Pi} \mu_{12}^c) - n_2 (\mu_{\Pi} + \mu_{12}^c)}. \quad (8)$$

Рассмотрим линейное напряженное состояние, при котором на элемент действуют только напряжения σ_z . Деформации слоя стружки

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{cx} = \varepsilon_{cy} &= \frac{1}{E_{11}^c} (\sigma_{cx} - \mu_{12}^c \sigma_{cx} - \mu_{31}^c \sigma_{cz}); \\ \varepsilon_{cz} &= \frac{1}{E_{33}^c} (-2\mu_{13}^c \sigma_{cx} + \sigma_{cz}) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

и слоя связующего

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{nx} = \varepsilon_{ny} &= \frac{1}{E_{\Pi}} [\sigma_{nx} - \mu_{\Pi} (\sigma_{nx} + \sigma_{nz})]; \\ \varepsilon_{nz} &= \frac{1}{E_{\Pi}} (-2\mu_{\Pi} \sigma_{nx} + \sigma_{nz}). \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Из условия равновесия элемента следует

$$\left. \begin{aligned} h_c \sigma_{cx} + h_{\Pi} \sigma_{nx} &= 0; \\ \sigma_{cz} = \sigma_{nz} &= \sigma_z. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Из условий совместности деформаций

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{cx} = \varepsilon_{nx} &= \varepsilon_x; \\ h_c \varepsilon_{cz} + h_{\Pi} \varepsilon_{nz} &= h \varepsilon_z. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Решив совместно систему уравнений (9) — (12), получим выражение для деформации конгломерата в направлении оси z

$$\varepsilon_z = \frac{n_1 (n_1 - n_2) + 2(1 - \gamma) n_3 n_5}{n_1 - n_2} \sigma_z, \quad (13)$$

здесь дополнительно введены следующие обозначения:

$$n_3 = \frac{\mu_{31}^c}{E_{11}^c} - \frac{\mu_{\Pi}}{E_{\Pi}};$$

$$n_4 = \frac{1 - \gamma}{E_{33}^c} + \frac{\gamma}{E_n};$$

$$n_5 = \frac{\mu_n}{E_n} - \frac{\mu_{13}^c}{E_{33}^c} = -n_3.$$

При линейном напряженном состоянии $\varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E_{33}^c}$, следовательно, модуль упругости плиты в направлении, перпендикулярном ее плоскости,

$$E_{33} = \frac{n_1 - n_2}{n_4(n_1 - n_2) + 2(1 - \gamma)n_3 n_5}. \quad (14)$$

Решим эту систему относительно деформации в направлении оси x

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_z}{E_{11}^c} \left[\frac{n_3}{n_1 - n_2} (1 - \mu_{12}^c) - \mu_{31}^c \right]. \quad (15)$$

В то же время $\varepsilon_x = -\frac{\mu_{13}^c}{E_{33}^c} \sigma_z$, тогда

$$\mu_{13}^c = \frac{(n_1 - n_2)\mu_{31}^c - n_3(1 - \mu_{12}^c)}{E_{11}^c [n_4(n_1 - n_2) + 2(1 - \gamma)n_3 n_5]}. \quad (16)$$

Далее рассмотрим чистый сдвиг в плоскости xoz , то есть элемент подвержен действию только касательных напряжений τ_{xz} . На основании закона Гука чистый сдвиг можно записать для слоя стружки

$$\gamma_{cxz} = \frac{\tau_{cxz}}{G_{13}^c} \quad (17)$$

и слоя связующего

$$\gamma_{nxz} = \frac{\tau_{nxz}}{G_n}. \quad (18)$$

Чистому сдвигу подвержен весь элемент, поэтому из условия равновесия

$$\tau_{cxz} = \tau_{nxz} = \tau_{xz}. \quad (19)$$

Условие совместности перемещений

$$h_c \gamma_{cxz} + h_n \gamma_{nxz} = h \gamma_{xz}. \quad (20)$$

Совместное решение уравнений (17) — (20) дает выражение для относительного сдвига конгломерата

$$\gamma_{xz} = \tau_{xz} \frac{(1 - \gamma) G_n + \gamma G_{13}^c}{G_n G_{13}^c}. \quad (21)$$

В то же время при чистом сдвиге для элемента плиты справедливо выражение $\gamma_{xz} = \frac{\tau_{xz}}{G_{13}}$; сравнивая его с уравнением (21), можно записать для модуля сдвига плиты

$$G_{13} = G_{23} = \frac{G_n G_{13}^c}{(1 - \gamma) G_n + \gamma G_{13}^c} \quad (22)$$

Рассмотрим чистый сдвиг в плоскости xoy , то есть элемент подвержен действию касательных напряжений τ_{xy} . При этом сдвиг в слое стружки

$$\gamma_{сху} = \frac{\tau_{сху}}{G_{12}^c} \quad (23)$$

и в слое связующего

$$\gamma_{пху} = \frac{\tau_{пху}}{G_{п}} \quad (24)$$

Уравнение равновесия

$$h_c \tau_{сху} + h_n \tau_{пху} = h \tau_{ху}; \quad (25)$$

уравнение совместности деформаций

$$\gamma_{сху} = \gamma_{пху} = \gamma_{ху}. \quad (26)$$

Решая совместно равенства (23) — (26), получим выражение для сдвига элемента материала

$$\gamma_{ху} = \frac{\tau_{ху}}{(1 - \gamma) G_{12}^c + \gamma G_{п}} \quad (27)$$

На основании закона Гука сдвиг элемента можно записать $\gamma_{ху} = \frac{\tau_{ху}}{G_{12}}$, следовательно, модуль сдвига плиты в ее плоскости

$$G_{12} = (1 - \gamma) G_{12}^c + \gamma G_{п}. \quad (28)$$

Полученные уравнения (6), (8), (14), (16), (22) и (28) выражают упругие постоянные плиты $E_{11} = E_{22}$; E_{33} ; μ_{12} ; $\mu_{13} = \mu_{23}$, G_{12} ; $G_{13} = G_{23}$ через упругие постоянные слоя стружки $E_{11}^c = E_{22}^c$; E_{33}^c ; μ_{12}^c ; $\mu_{13}^c = \mu_{23}^c$; G_{12}^c , $G_{13}^c = G_{23}^c$ и изотропного слоя связующего $E_{п}$; $\mu_{п}$; $G_{п}$. В свою очередь, упругие постоянные слоя стружки можно выразить через упругие постоянные исходной древесины на основании решения, приведенного нами ранее [1].

Как следует из полученных выражений, упругие постоянные плиты зависят от содержания связующего. Проследим изменение упругих постоянных с изменением содержания связующего для плит, описанных в работе [1]. Упругие постоянные слоя стружки: $E_{11}^c = 30000$ кгс/см²; $E_{33}^c = 5500$ кгс/см²; $G_{12}^c = 11620$ кгс/см²; $G_{13}^c = 11900$ кгс/см²; $\mu_{12}^c = 0,315$; $\mu_{21}^c = 0,350$; $\mu_{13}^c = 0,064$; для слоя связующего: $M = 60$; $E_{п} = 32500$ кгс/см²; $G_{п} = 12300$ кгс/см²; $\mu_{п} = 0,32$.

Графики изменения упругих постоянных древесностружечной плиты с изменением содержания связующего (рис. 2) построены по полученным зависимостям. Из графиков видно, что модули упругости E_{11} и E_{33} возрастают с повышением содержания связующего. Остальные упругие постоянные также увеличиваются, но это увеличение незначительно. В соответствии с полученным решением модули упругости повышаются на 30% по сравнению с модулями упругости слоя стружки. Однако экспериментально такое увеличение наблюдается не всегда. Очевидно, это можно объяснить тем, что в древесностружечной плите нет сплошной пленки связующего. Этот факт отмечен в одной из работ [3].

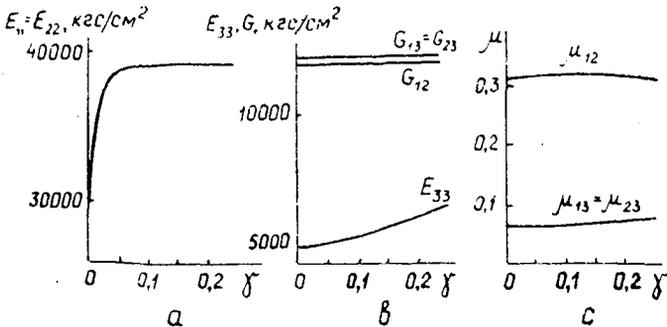


Рис. 2. Графики изменения упругих постоянных древесностружечной плиты с изменением содержания связующего γ .

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Поздняков А. А. Упругие постоянные древесностружечной плиты как квазиизотропного материала. «Лесной журнал», 1969, № 5. [2]. Роценс К. А., Скудра А. М. Матрица податливости упругого материала, армированного изотропными пленками. — В сб.: Исследования по механике строительных материалов и конструкций, вып. IV. Механика бетона, 1969, Рига. [3]. Эльберт А. А. Водостойкость древесностружечных плит. М., «Лесная промышленность», 1970. [4]. Hoff N. The Strength of Laminates and Sandwich Structural Elements. «Engineering Laminates», New-Jork, 1949.

Поступила 28 января 1974 г.

УДК 658.512 : 258.813

ИССЛЕДОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ ПОДАЧИ СЫРЬЯ В РАЗДЕЛОЧНЫЙ ЦЕХ

Н. В. ЛИВШИЦ, В. В. ОБВИНЦЕВ, К. Ф. ГОРОХОВСКИЙ

Уральский лесотехнический институт

На основании статистического анализа распределения интервалов времени подачи сырья получена математическая модель этой операции. Анализ этой модели показывает необходимость учета случайных воздействий на операцию подачи для более точного и обоснованного выбора параметров подающих транспортеров.

На технологический процесс цехов по переработке низкокачественной древесины влияет множество постоянных и случайных факторов. Если воздействие постоянных факторов можно заранее предусмотреть, то влияние противоречивых случайных факторов учесть обычными методами исследования не удастся.

Математическое моделирование технологического процесса предполагает разделение его на отдельные операции, наиболее простые с точки зрения их математического описания, статистический анализ операций и синтез всего процесса на ЭЦВМ [7].

В 1973 г. на кафедре механизации лесоразработок УЛТИ проведено исследование операции подачи сырья в цех с целью математического описания операции.

Расчетную штучную производительность операции подачи сырья в цех при коэффициенте использования рабочего времени, равном 1, определяют по формулам

$$\Pi_r = 3600 \frac{v}{l} \text{ шт./ч;} \quad (1)$$

$$\Pi_r = 3600 \frac{v}{l_c} C \text{ шт./ч.} \quad (2)$$

В этих формулах скорость подачи сырья в цех V постоянна, а величина $l = l_c + l_{\Delta}$ подвержена случайным воздействиям. Длина сырья l_c не имеет строго определенного значения, а всегда существует какое-то отклонение $\pm \Delta l_c$. Величина межторцевых разрывов l_{Δ} также носит случайный характер. Вследствие этого при расчете производительности вводят коэффициент заполнения транспортера C , определяемый по уравнению

$$C = \frac{l_c \pm \Delta l_c}{l_c \pm \Delta l_c + l_{\Delta}}. \quad (3)$$

Поскольку в этой формуле все величины переменные и случайные, то точно определить значение коэффициента C не представляется возможным. Обычно величина его колеблется в пределах 0,5—0,9, при расчете его принимают без достаточного обоснования.

Время подачи единицы сырья $t = \frac{l}{v}$ — величина, зависящая не только от l_c и l_{Δ} , но и от ряда случайных факторов, воздействующих на технологический процесс в целом, например, от схем раскроя сырья, емкости буферных магазинов и т. д.

Учитывая воздействие случайных факторов на операцию подачи сырья в цех, расчетную штучную производительность этой операции выразим функциональной зависимостью вида

$$\Pi_r = 3600 \varphi(t), \quad (4)$$

где $\varphi(t)$ — функция распределения интервалов времени поступления сырья в цех.

Аналогичной функциональной зависимостью можно представить и другие технологические операции, например, операцию раскроя сырья на лесопильных рамах, шпалорезных станках и др.

Для получения надежных и достоверных выводов о законе распределения интервалов времени t подачи сырья в цех необходимо квалифицированно провести эксперимент. По данным зарубежных и отечественных ученых [1], [4], [5], [8], [10], [11], [12], [15], существуют противоречивые требования на выбор объема наблюдений и их обработку, поэтому нами были проведены предварительные опыты, после которых вычисляли коэффициент вариации и уточняли объем наблюдений в данных условиях.

При построении гистограмм распределения величины t учитывали, что правильный выбор числа интервалов группирования K и их ширины Δ позволяет отразить все особенности распределения случайной величины, не увеличивая объема вычислительных работ.

Так как нет строгих правил выбора величин K и Δ [1], [3], [6], [13], то строили несколько вариантов гистограмм при различных K и Δ и по их виду логически выбирали гистограмму, наиболее отвечающую особенностям исследуемой операции.

Ориентировочно

$$K = 1 + 3,32 \lg n \quad [15]; \quad (5)$$

$$\Delta = \frac{t_{max} - t_{min}}{K} \quad [3], [15], \quad (6)$$

где n — число наблюдений;
 t_{max} и t_{min} — максимальное и минимальное значения интервала времени.

По результатам статистических наблюдений была выдвинута гипотеза об экспоненциальном и гамма-распределении интервалов времени t . Обработку статистического экспериментального материала проводили по программам, разработанным в лаборатории ЭВТ СНИИЛПа.

Степень согласия эмпирического распределения с предполагаемым теоретическим проверяли по критериям К. Пирсона χ^2 и А. Колмогорова λ . При вероятности $P(\chi^2) > 0,1$ [2], [9] или $P(\lambda) > 0,05$ [11], [14] выдвинутые гипотезы о теоретическом распределении принимают как рабочие, то есть степень согласия эмпирического и теоретического распределений удовлетворительна. Аналогично для критерия λ считают, что если $P(\lambda) > 0,25$, то степень согласия удовлетворительна.

На рис. 1 показано эмпирическое и соответствующее теоретическое экспоненциальное (I) и гамма-распределение (II) плотности вероятностей интервалов времени t .

Формально за рабочую гипотезу, то есть модель операции подачи сырья, можно принимать как экспоненциальное распределение, для которого $P(\chi^2) = 0,19$ и $P(\lambda) = 1,00$, так и гамма-распределение при

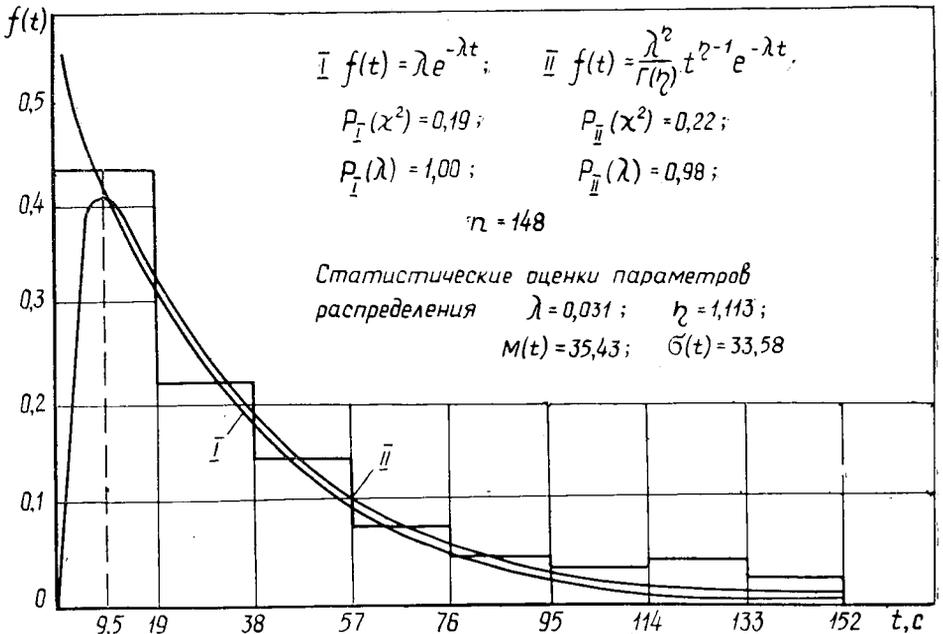


Рис. 1.

$P(x^2) = 0,22$ и $P(\lambda) = 0,98$. При этом необходимо иметь в виду и логическое соответствие принимаемых распределений особенностям изучаемой операции. Из рис. 1 видно, что при экспоненциальном распределении

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad (7)$$

(где λ — параметр распределения, равный 0,031 ед. сырья/с и показывающий интенсивность подачи сырья в цех при определенных условиях: скорость транспортера подачи $v=0,36$ м/с, длина сырья $l_c=2,0 \pm 0,2$ м и др.) малым значениям t соответствуют большие значения вероятности, хотя практически осуществить это невозможно.

При $0 < t \leq 9,5$ функция гамма-распределения лучше отражает особенности операции подачи сырья в цех

$$f(t) = \frac{\lambda^\eta}{\Gamma(\eta)} t^{\eta-1} e^{-\lambda t}, \quad (8)$$

здесь λ — параметр масштаба;
 η — параметр формы.

За математическую модель операции подачи сырья в цех можно принять: 1) экспоненциальное распределение — формула (7) — при некоторых ограничениях; 2) гамма-распределение для всех значений интервалов времени — формула (8); 3) совместное применение экспоненциального распределения при $t > 9,5$ и гамма-распределения при $0 < t \leq 9,5$

$$f(t) = \begin{cases} \frac{\lambda^\eta}{\Gamma(\eta)} t^{\eta-1} e^{-\lambda t} & \text{при } 0 < t \leq 9,5; \\ \lambda e^{-\lambda t} & \text{при } t > 9,5; \\ 0 & \text{при } t = 0. \end{cases}$$

По формуле (2) при $v=0,36$ м/с, $l_c=2,0$ м и $C=0,7$ вычисляем, что $\Pi_r = 454$ шт./ч.

Однако анализ функциональной зависимости интервалов времени подачи единицы сырья показывает, что в исследуемых условиях расчетная производительность не является необходимой. Можно считать, что при достаточном объеме наблюдений величина t стремится к математическому ожиданию $M(t)$ генеральной совокупности, поэтому оптимальную штучную производительность можно определить, зная $M(t)$.

При экспоненциальном и гамма-распределении $M(t) = 35,43$ с, поэтому оптимальная штучная производительность операции подачи сырья

$$\Pi_r = \frac{3600}{35,43} = 117 \text{ шт./ч.}$$

Из рис. 1 видно, что штучная производительность операции подачи сырья в цех, с учетом воздействия случайных факторов, увеличивается при изменении интервала времени от 0 до $t=9,5$ и уменьшается при $t > 9,5$ с. Поэтому максимально необходимая для цеха производительность возможна при $t = 9,5$ с и равна 377 шт./ч.

Таким образом, применение метода математического моделирования для описания операции подачи сырья в цех позволяет более точно установить оптимальную и максимально необходимую производительность транспортера, обслуживающего цех, и на основании этого дает возможность более обоснованно выбирать параметры (скорость, мощность двигателя и т. д.).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алдохин И. И. Теория массового обслуживания в промышленности. М., «Экономика», 1970. [2]. Бородюк В. П., Филаретов Г. Ф. О границах применимости методов корреляционного и регрессивного анализа для математического описания промышленных объектов с динамическими характеристиками. — «Автоматизация химических производств», вып. 1, 1964. [3]. Венецкий И. Г., Кильдшиев Г. С. Основы теории вероятностей и математической статистики. М., «Статистика», 1968. [4]. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М., «Статистика», 1968. [5]. Лукомский Я. И. Теория корреляции и ее применение к анализу производств. М., Госстатиздат, 1961. [6]. Маликов Н. М. Надежность судовой электронной аппаратуры и систем автоматического управления. Л., ЛПИ, 1968. [7]. Математическое моделирование технологических процессов и обоснование целесообразности его применения для оптимизации технологических процессов тарного производства. — Отчет №22/72. Депонированный, номер государственной регистрации 72023470. [8]. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. М., Физматгиз, 1961. [9]. Окороков В. Р. Надежность производственных систем. Изд-во ЛГУ, 1972. [10]. Пижурин А. А. Современные методы исследования технологических процессов в деревообработке. М., «Лесная промышленность», 1972. [11]. Редькин А. К. Применение теории массового обслуживания на лесозаготовках. М., «Лесная промышленность», 1973. [12]. Рувинский А. А., Зак Ю. А., Рейдман Р. М. Математические модели и алгоритмы в системах управления картонно-бумажным производством. М., «Лесная промышленность», 1971. [13]. Шакалис В. В. Моделирование технологических процессов. М., «Машиностроение», 1973. [14]. Шпирян Г. П. Методика построения комплексной модели экономической задачи линейного программирования с заменяемыми продуктами. Научный совет по кибернетике АН УССР. — В сб.: Экономика, кибернетика и исследование операций, вып. 6, Киев, 1963. [15]. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика, статистический контроль качества. М., «Мир», 1970.

Поступила 29 сентября 1974 г.

УДК 62-52

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СОРТИРОВКИ

Н. А. СКУРИХИН

Ленинградская лесотехническая академия

Дано теоретическое обоснование метода определения вероятностных параметров процессов сортировки. Основное математическое средство решения этих вопросов — аппарат производящих функций. Выведенное выражение производящей функции позволяет сразу, при конкретных числовых расчетах, получить значения вероятностей нахождения на сортировочном транспорте числа предметов от нуля до максимально возможного, то есть закон распределения вероятностей. Отсюда непосредственно можно определить все вероятностные параметры процесса сортировки.

Среднее число сортируемых предметов на сортировочном транспорте можно определить с помощью ряда методов [1], [3]. Все они базируются на использовании вероятностных закономерностей распределения сортируемых предметов по адресам. Анализ физической сущности процессов сортировки и вывод математических выражений основываются на принципах теории массового обслуживания.

Важность применения этой теории к рассмотрению подобных процессов несомненна. Однако предположения о свойствах входящего потока и законах распределения длительности обслуживания поступающих требований довольно условны и соответствуют в значительной мере идеализированным ситуациям, не встречающимся на практике. Хотя окончательные выводы (математические выражения) вполне корректны, однако их бесспорное толкование сомнительно в виду допущенного произвола в исходных предположениях.

Стремление ограничить количество постулатов, сужающих область применения результатов исследования, и тем самым повысить достоверность окончательных результатов, заставило нас при решении вопросов определения среднего числа сортируемых предметов на транспортёре обратиться непосредственно к теории вероятностей.

При этом достаточно оперировать только с вероятностным распределением этих предметов по адресам, значения которых получены при независимом распределении предметов на транспортёре. Такая предпосылка наилучшим образом соответствует сравнительно часто встречающимся ситуациям при сортировке различных материалов.

Необходимо, однако, учитывать, что сами значения вероятностей в общем случае нестационарны и могут изменяться, что, однако, не снижает ценности вероятностных методов.

Из нескольких изученных нами методов определения вероятностных параметров процесса сортировки мы остановимся на одном, а именно, на методе использования производящих функций. Он достаточно прост и эффективен, а особенности методики вывода уравнений позволяют просто их формализовать для проведения практических расчетов.

В качестве основных исходных данных были взяты следующие:

n — число адресов;

M — максимально возможное число одновременно находящихся на сортировочном транспортёре предметов. Распределение этих M предметов по длине транспортёра задается равенством.

$$M = m_1 + m_2 + \dots + m_n = \sum_{i=1}^n m_i, \quad (1)$$

здесь m_i — число предметов на участке Y_i транспортёра от $i-1$ до i -того адреса.

Каждый из сортируемых предметов направляется по i -тому адресу с вероятностью p_i , так что $\sum_{i=1}^n p_i = 1$. По значениям p_i можно по-

строить функцию φ_i вероятности нахождения предметов по участкам. Для участка Y_1 — от начала слежения до первого адреса (накопителя) — $\varphi_1 = 1$ (при условии, что вероятность поступления предметов на транспортёр равна единице), так как любой сортируемый предмет дол-

жен пройти этот участок. Для второго участка Y_2 $\varphi_2 = 1 - p_1 = \sum_{i=2}^n p_i$,

так как вероятность предмета попасть на этот участок снижается на величину, равную вероятности адресования предметов в первый накопитель.

Вообще для k -того значения участка Y_k

$$\varphi_k = 1 - (p_1 + p_2 + \dots + p_{k-1}) = 1 - \sum_{i=1}^{k-1} p_i = \sum_{i=k}^n p_i. \quad (2)$$

Следовательно, для каждого адресуемого предмета вероятность φ_k оказаться на некотором участке Y_k задается значением функции φ_k для этого участка. Соответственно вероятность отсутствия предмета на участке Y_k равна $1 - \varphi_k$, то есть два взаимоисключающих события — наличие и отсутствие предмета на участке Y_k — характеризуются ве-

роятностями φ_k и $1 - \varphi_k$. А потому мы вправе рассматривать наличие предмета на участке Y_k как целочисленную случайную величину X_k с распределением вероятностей

$$\begin{cases} P\{X_k = 1\} = \varphi_k; \\ P\{X_k = 0\} = 1 - \varphi_k. \end{cases} \quad (3)$$

Для величины X_k существует производящая функция

$$\varphi(S) = (1 - \varphi_k) + \varphi_k \cdot S, \quad (4)$$

где S — некоторая переменная.

Эта функция действительна для любого из m_k предметов на участке Y_k . Для всех m_k предметов, находящихся на участке Y_k , производящая функция

$$\varphi^{m_k}(S) = [(1 - \varphi_k) + \varphi_k S]^{m_k}. \quad (5)$$

Поскольку значения φ меняются от участка к участку, то для последующего анализа распределения предметов на транспортере целесообразно использовать вероятностную модель Бернулли с переменными вероятностями событий. Согласно этой модели, число предметов на транспортере, определяемое как сумма случайных целочисленных величин S_{m_i} количества предметов на всех отдельных участках, — является случайной величиной S_M

$$S_M = S_{m_1} + S_{m_2} + \dots + S_{m_n} = \sum_{i=1}^n S_{m_i}, \quad (6)$$

причем $\max S_{m_i} = m_i$ и $\max S_M = M$.

Производящая функция $\Phi(S)$ величины S_M — это произведение производящих функций случайных величин S_{m_i} при $i=1, 2, 3, \dots, n$

$$\begin{aligned} \Phi(S) &= [1 - \varphi_1 + \varphi_1 S]^{m_1} \cdot [(1 - \varphi_2) + \varphi_2 \cdot S]^{m_2} \dots [(1 - \varphi_n) + \varphi_n \cdot S]^{m_n} = \\ &= \prod_{i=1}^n [(1 - \varphi_i) + \varphi_i \cdot S]^{m_i}. \end{aligned} \quad (7)$$

Полученную производящую функцию можно записать в виде ряда

$$\Phi(S) = \psi_0 + \psi_1 \cdot S + \psi_2 S^2 + \dots + \psi_M \cdot S^M = \sum_{j=0}^M \psi_j \cdot S^j, \quad (8)$$

где $\psi_j = P\{S_M = j\}$ при $j=0, 1, 2, \dots, M$ есть вероятность получения на транспортере числа предметов $S_M = j$.

Математическое ожидание числа предметов $E(S_M)$, находящихся одновременно на сортировочном транспортере, можно определить как сумму средних значений числа предметов, находящихся на каждом из участков,

$$E(S_M) = \sum_{i=1}^n E(S_{m_i}). \quad (9)$$

Среднее количество предметов на участках определяют следующим образом. Если на первом участке может находиться одновременно m_1

предметов, то при вероятности поступления предметов, равной единице, в любой момент времени получаем эти m_1 предметов, то есть $E(S_{m_1}) = m_1$. На втором участке может одновременно размещаться m_2 предметов. Но поскольку при прохождении мимо первого накопителя каждый из предметов может быть направлен в этот накопитель с вероятностью p_1 , а на второй участок перейти с вероятностью $1 - p_1 = \sum_{i=2}^n p_i = \varphi_2$, то на этом участке среднее число предметов

$$E(S_{m_2}) = m_2 \cdot \varphi_2.$$

В общем случае для участка с номером k среднее число предметов определяется произведением

$$E(S_{m_k}) = m_k \cdot \varphi_k. \quad (10)$$

Используя полученное выражение (8), найдем $E(S_M)$ в терминах производящих функций. Для этого достаточно продифференцировать $\Phi(S)$ по S и вычислить значение производной при $S = 1$ [2]

$$E(S_M) = \Phi'(1). \quad (11)$$

Дисперсию $D(S_M)$ можно найти с помощью выражения

$$D(S_M) = \Phi''(1) + \Phi'(1) - [\Phi'(1)]^2. \quad (12)$$

Производящая функция (8) позволяет сразу получить вероятность того, что на транспортере будет находиться точно m предметов. Эта вероятность равна коэффициенту ψ_m при S^m в многочлене $\Phi(S)$.

Исходя из вышеизложенного, предлагаем следующую методику определения вероятностных характеристик распределения предметов на сортировочном транспортере.

1. На основании имеющихся вероятностей распределения предметов по накопителям p_i находим вероятности наличия предмета на каждом из участков φ_k согласно выражению (2).

2. Для всех участков составляем уравнения производящих функций вида (5).

3. Находим общую производящую функцию по уравнениям (7) и (8).

4. По формулам (8), (11), (12) определяем вероятность наличия на транспортере точно m предметов, среднее число и дисперсию предметов, размещающихся на транспортере.

Представление распределения вероятностей числа предметов на транспортере в виде производящих функций позволяет просто находить и другие параметры процесса сортировки, например, вероятность нахождения предметов или их среднего числа на определенных участках, имеющих различную длину и местоположение на транспортере, вероятность получения на транспортере числа предметов между значениями m' и m'' , вероятность нахождения на транспортере числа предметов больше m и т. д. Так, для определения вероятности наличия на транспортере числа предметов большего m , достаточно сложить коэффициенты членов в многочлене (8) при степенях переменной S , больших m .

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Наумов В. Б. О расчете числа автономных приборов системы управления конвейерной сортировки бревен. — Сб. научных трудов по лесосплаву, № 12. М., «Лесная промышленность», 1970. [2]. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения, т. 1. М., «Мир», 1967. [3]. Фишгоп М. С. Математическое моделирование потока бревенотаска и определение объема памяти управляющего устройства для сортировки бревен. — «Лесной журнал», 1967, № 2.

Поступила 21 июня 1974 г.

УДК 676.2.052-83

СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО НАКАТА

Г. П. ЗНАМЕНСКИЙ, С. Б. МАЛЯРЕВСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Приведен расчет предложенной учеными ЛТА системы привода и разработана его схема.

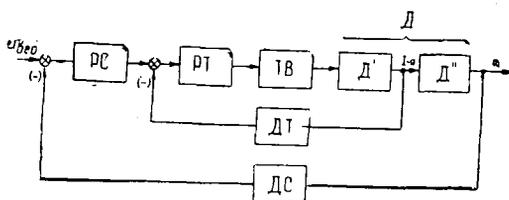
В данной работе приведены материалы по замене электропривода периферического наката системы Г-Д (привод разработан английской фирмой АЕ1 для бумажной машины, установленной на Сясыоком ЦБК) электроприводом системы тиристорный выпрямитель — двигатель с подчиненным регулированием параметров на блоках УБСР.

Машина предназначена для выработки санитарно-бытовых бумаг весом 15—30 г/м² и имеет следующие технические характеристики: скорость 188—915 м/мин; обрезная ширина полотна 4200 мм; производительность 60 т/сутки; степень крепирования до 1:3.

Секционные электроприводы бумажной машины, в том числе и привод наката, построены по системе Г-Д со схемой автоматического регулирования скорости с применением транзисторных и магнитных усилителей в цепи возбуждения генератора. Система имеет жесткую отрицательную обратную связь по скорости и гибкую обратную связь по напряжению генератора. Функциональная схема электропривода наката представлена на рис. 1.

Рис. 1. Функциональная схема электропривода наката фирмы АЕ1.

$U_{вед}$, M_c , n — ведущее напряжение, момент сопротивления и скорость вращения двигателя; ППУ — полупроводниковый усилитель; МУ — магнитный усилитель; Г — генератор; Д — двигатель; ГОСН — гибкая обратная связь по напряжению; ТГ — тахогенератор.



К системе электропривода периферического наката предъявляются следующие требования: 1) следует поддерживать соотношение скоростей (с точностью $\pm 0,1\%$) при изменении момента сопротивления на $\pm 10\%$ и температуры на $\pm 10\%$, а также при изменении напряжения на $\pm 10\%$ и частоты на $\pm 1\%$; 2) необходимо поддерживать окружную (линейную) скорость (точность 0,05—0,15%) при увеличении диаметра наматываемого рулона 1:6 на любой скорости движения бумажного полотна в пределах 188—915 м/мин.

Существующая схема электропривода фирмы АЕ1 имеет ряд существенных недостатков, к числу которых относятся [2], [4]: низкий $\cos\phi$, зависящий от скорости движения бумажного полотна; большая установ-

ленная мощность и соответственно низкий КПД привода; склонность к автоколебаниям; низкое быстродействие системы, определяемое электромагнитными постоянными времени обмотки возбуждения генератора и обмотки управления магнитного усилителя и электромеханической постоянной времени привода наката.

Схема секционного электропривода, предлагаемая учеными ЛТА, системы управляемый тиристорный выпрямитель — двигатель (ТВ-Д) с подчиненным регулированием параметров на блоках УБСР не содержит указанных недостатков и позволяет обеспечить приведенные выше требования к секционному электроприводу с оптимизацией времени переходных процессов [1], [5], [6].

Приводной двигатель секции наката имеет следующие паспортные данные: тип ДВУ-4432; мощность $P_n = 37,5$ кВт; напряжение $U_n = 440$ В; ток якоря $I_n = 92,6$ А; скорость вращения $n_n = 1500$ об/мин.

Питание якорной цепи указанного двигателя предлагается осуществлять от тиристорного преобразователя, выпускаемого заводом ХЭМЗ: тип ТПР-100-460; напряжение $U_n = 460$ В; номинальный выпрямленный ток $I_n = 100$ А; предельно допустимый ток перегрузки в течение 15 с $I_{pp} = 200$ А; напряжение питающей сети $U_c = 380$ В.

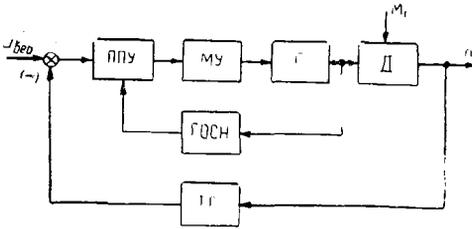


Рис. 2. Функциональная схема электропривода наката с тиристорным выпрямителем и с системой подчиненного регулирования параметров.

Д — двигатель постоянного тока; Д' и Д'' — звенья якорной цепи двигателя и механической инерции привода; ТВ — тиристорный выпрямитель; РТ и ДТ — регулятор тока и датчик тока; РС и ДС — регулятор скорости и датчик скорости; $U_{вед}$ — ведущее (задающее) напряжение; $I_{я}$ — ток якоря и скорость вращения двигателя.

Построение тиристорного электропривода секции наката с подчиненным регулированием параметров предлагается осуществить в соответствии с функциональной схемой, приведенной на рис. 2. При этом образованы два контура регулирования: внутренний контур регулирования тока якоря и внешний контур регулирования скорости двигателя. В соответствии с этим построена блок-схема с указанием всех элементов в цепях обратных связей операционных усилителей (рис. 3).

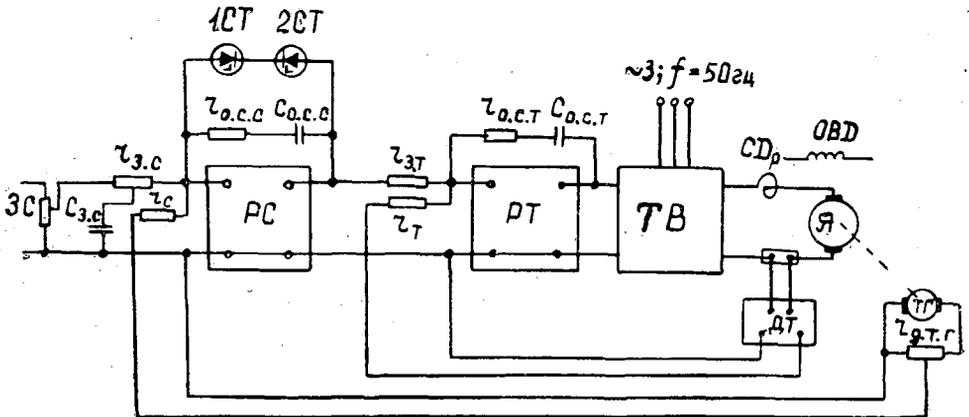


Рис. 3. Блок-схема электропривода наката с тиристорным выпрямителем и с системой подчиненного регулирования параметров.

Я — якорь двигателя; ТВ — тиристорный выпрямитель; РТ — регулятор тока; РС — регулятор скорости; ДТ — датчик тока; ТГ — тахогенератор (датчик скорости).

Для расчета системы подчиненного регулирования скорости секционного привода наката использованы данные, снятые экспериментальным путем:

$T_{яд} = 0,0154$ с — электромагнитная постоянная времени якорной цепи;

$GD^2 = 14,65$ кгм² — маховой момент привода;

$C_m \Phi = 0,262$ кгм/А. — коэффициент;

$K_{лс} = 0,2 \frac{В}{об/мин}$ — коэффициент передачи датчика скорости (тахогенератора).

Система секционного электропривода наката с подчиненным регулированием параметров должна обеспечивать астатическое регулирование скорости двигателя при возмущении по нагрузке. В связи с этим принята оптимизация контуров тока и скорости по симметричному оптимуму [5].

Выбор параметров ИП-регулятора тока должен производиться из условия компенсации большой постоянной времени якорной цепи $T_{яд} = 0,0154$ с.

Нескомпенсированную постоянную времени токового контура принимаем равной сумме малых постоянных времени в прямом и обратном каналах [3].

$$T_{\mu \tau} = T_{\mu \text{рт}} + T_{\mu \text{пр}} + T_{\mu \text{дт}} = 2 + 4 + 5 = 11 \text{ мс},$$

где $T_{\mu \text{рт}}$, $T_{\mu \text{пт}}$, $T_{\mu \text{дт}}$ — малые постоянные времени регулятора тока, тиристорного выпрямителя и датчика тока.

Величина постоянной времени обратной связи регулятора

$$T_{\text{ост}} = 4T_{\mu \tau} = 44 \text{ мс}.$$

Постоянную интегрирования находим из условия [3]

$$B_{\text{от}} = 2T_{\mu \tau} = 22 \text{ мс}.$$

Величина сопротивления в цепи обратной связи по току

$$r_{\tau} = \frac{r_{\text{ост}}}{K_{\text{рт}}} = 5,5 \text{ кОм}.$$

Задаваясь величиной $C_{\text{ост}} = 1$ мк Ф, найдем

$$r_{\text{ост}} = \frac{4T_{\mu \tau}}{C_{\text{ост}}} = \frac{44 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-6}} = 44 \text{ кОм}.$$

Коэффициент усиления регулятора тока устанавливаем выбором величины r_{τ} на входе регулятора тока

$$K_{\text{рт}} = \frac{r_{\text{ост}}}{r_{\tau}} = \frac{44 \cdot 10^3}{5,5 \cdot 10^3} = 8.$$

Выбирая сопротивление на входе регулятора тока по задающему каналу $r_{\text{зт}} = 100$ кОм, найдем коэффициент передачи замкнутого токового контура

$$K_{\Gamma} = \frac{r_{\tau}}{r_{\text{зт}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{дт}}} = \frac{5,5 \cdot 10^3}{100 \cdot 10^3} \cdot \frac{1}{1,3 \cdot 10^{-3}} = 42,3 \text{ А/В}.$$

Расчет ИП-регулятора скорости с оптимизацией по симметричному оптимуму проводим следующим образом.

Нескомпенсированная малая постоянная времени токового контура $T_{\mu \tau} = 11$ мс; коэффициент усиления токового контура $K_{\tau} = 42,3$ А/В;

постоянная времени датчика скорости $T_{\mu\text{дс}} = 5 \text{ мс}$ [3]; постоянная времени регулятора скорости $T_{\mu\text{рс}} = 2 \text{ мс}$ [3].

Нескомпенсированная постоянная времени контура скорости

$$T_{\mu\text{с}} = 2T_{\mu\text{т}} + T_{\mu\text{рс}} = 24 \text{ мс.}$$

Постоянная интегрирования

$$B_{\text{ос}} = 2T_{\mu\text{с}} + T_{\mu\text{дс}} = 53 \text{ мс.}$$

Постоянную времени цепи обратной связи регулятора скорости РС выбираем из соотношения

$$\tau_{\text{осс}} = 4T_{\mu\text{с}}.$$

Задаваясь величиной $C_{\text{осс}} = 2 \text{ мккФ}$, найдем

$$r_{\text{осс}} = \frac{4T_{\mu\text{с}}}{C_{\text{осс}}} = \frac{4 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-6}} = 48 \cdot 10^3 \text{ Ом} = 48 \text{ кОм},$$

Коэффициент усиления регулятора скорости [3]

$$K_{\text{рс}} = \frac{GD^2}{375 \cdot C_{\text{м}} \Phi K_{\text{т}} K_{\text{дс}} B_{\text{ос}}} = \frac{14,65}{375 \cdot 0,262 \cdot 42,3 \cdot 0,2 \cdot 53 \cdot 10^{-3}} = 0,332.$$

Величина сопротивления в цепи обратной связи по скорости

$$r_{\text{с}} = \frac{r_{\text{осс}}}{K_{\text{рс}}} = \frac{48 \cdot 10^3}{0,332} = 145 \text{ кОм.}$$

На входе регулятора скорости, оптимизированного по симметричному минимуму, необходимо установить фильтр со следующими параметрами:

сопротивление фильтра

$$r_{\text{зс}} = \frac{K_{\text{дзс}} \cdot U_{\text{зс max}}}{K_{\text{дс}} \cdot n_{\text{max}}} \cdot r_{\text{с}} = \frac{0,1 \cdot 300}{0,02 \cdot 1500} \cdot 145 \cdot 10^3 = 145 \text{ кОм};$$

емкость фильтра на входе регулятора скорости

$$C_{\text{зс}} = \frac{4T_{\mu\text{с}}}{r_{\text{зс}}} = \frac{96 \cdot 10^{-3}}{145 \cdot 10^3} = 0,66 \text{ мкФ.}$$

Приведенные на рис. 3 блок-схемы регулятора тока и регулятора скорости (РТ и РС), представляющие собой интегрально-пропорциональные (ИП) регуляторы, реализованы на блоках УПТ-3 системы УБСР.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Барышников В. Д., Соколовский Г. Г., Новиков В. А., Шестаков В. М. Построение систем автоматизированного электропривода с тиристорными преобразователями. Л., ЛДНТП, 1968. [2]. Башарин А. В., Голубев Ф. Н., Келперман В. Г. Примеры расчетов автоматизированного электропривода. Л., «Энергия», 1972. [3]. Гарнов В. К., Рабинович В. Б., Вишневецкий Л. М. Унифицированные системы автоуправления электроприводом в металлургии. М., «Металлургия», 1971. [4]. Куликовский П. К., Шустов А. Д. Электропривод машин целлюлозно-бумажной промышленности. Госэнергоиздат, 1962. [5]. Лебедев Е. Д., Неймарк В. Е., Пистрак М. Я., Слежановский О. В. Управление вентиляльными электроприводами постоянного тока. М., «Энергия», 1970.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 632.9

ОБ ОСАЖДЕНИИ ЧАСТИЦ ГРУБОДИСПЕРСНОГО АЭРОЗОЛЯ НА ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ

В. Ф. ДУНСКИЙ, Л. М. МОНДРУС

Восточно-Сибирский технологический институт

На основании экспериментального исследования показано, что эффективность осаждения частиц грубодисперсного аэрозоля на переднюю сторону растений можно приближенно оценивать, пользуясь предлагаемой эмпирической формулой. На обратной стороне листьев оседает в среднем в 10 раз меньше частиц, чем на передней стороне.

Химический метод защиты лесов, лесопосадок, лесополос от вредителей и болезней имеет важное значение, несмотря на известные недостатки. Этот метод широко применяют в лесах Сибири, особенно в восточных ее районах. Эффективному и рациональному применению химического метода способствует использование математического анализа (даже когда он сугубо приближенный) распространения и осаждения частиц пестицида.

В качестве примера рассмотрим движение аэрозоля (с радиусом частиц r и счетной концентрацией n) через однородный растительный слой (упрощенная модель леса), средняя скорость ветра в котором равна u . Частицы осаждаются на листьях деревьев под действием инерционных сил и сил тяжести. Мелкие частицы, увлекаемые ветром, движутся относительно листьев по пологим траекториям; благодаря инерции частиц эти траектории не совпадают с линиями тока воздуха, обтекающего растения. В результате происходит осаждение частиц на листьях. Главная характеристика инерционного осаждения частиц на препятствиях — коэффициент захвата E , который является функцией безразмерного критерия Стокса K [5]. Величины K и E при прочих равных условиях возрастают с увеличением размера частиц r . Как показывает решение данной задачи [4], счетная концентрация частиц n , равная n_0 при входе в лес, убывает по мере увеличения расстояния x от входа по экспоненциальному закону

$$n = n_0 e^{-Esx}, \quad (1)$$

где S — характеризующая густоту леса средняя площадь проекции листьев в единице объема на вертикальную плоскость.

Поскольку коэффициент захвата растет с увеличением размера частиц, то высокодисперсный аэрозоль осаждается в редком лесу почти равномерно, а грубодисперсный аэрозоль, в основном, осаждается в наветренной части густого леса. При ветре с параметрами $u = 3$ м/с и $S = 2$ м²/м³, если принять для листьев значения E , соответствующие плоской пластинке [3], то получим, что для осаждения половины частиц радиусом 0,5 мкм потребовалась бы протяженность леса $x = 10\,000$ км, то есть при этих условиях инерционного осаждения частиц практически не происходило бы (гравитационно на про-

тяжении 1 км осело бы частиц примерно 1%). При радиусе частиц 10 мкм в этих условиях на протяжении 10 м осело бы 88% частиц, то есть уже на входе в лес почти весь аэрозоль осел бы инерционно (гравитационно на протяжении 10 м осело бы примерно 3% частиц). Наконец, для относительно крупных частиц ($r = 100$ мкм) уже на протяжении первого метра осело бы их 85%, то есть при данной скорости ветра и густоте леса этот аэрозоль практически не смог бы проникнуть в лес.

На результаты расчета по формуле (1) и по другим аналогичным формулам сильно влияет величина коэффициента захвата. Этот коэффициент известен лишь для изолированных тел простой формы (цилиндр, шар, пластина), для листьев растений он до сих пор неизвестен.

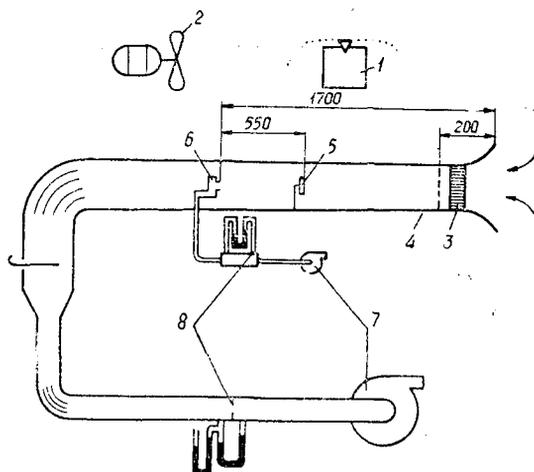


Рис. 1.

При исследовании мы использовали экспериментальную установку, схематически показанную на рис. 1. Для образования приблизительно одинаковых мелких капелек применяли аэрозольный монодисперсный генератор 1 типа воздушной турбинки, то есть с ротором-волчком, плавающим на воздушной подушке [1]. Образующиеся капельки распределялись по всему объему помещения при помощи осевого вентилятора 2. Воздух с взвешенными капельками поступал через конфузор и спрямляющую решетку 3 в цилиндрическую рабочую часть аэродинамической трубы 4 (с внутренним диаметром 240 мм) и обтекал препятствие 5 (модель единичного листа, модель системы листьев или живые листья растений). Для измерения счетной концентрации капелек за препятствием помещали каскадный импактор 6 с изокINETическим режимом забора проб [2] (7 — вентилятор центробежный; 8 — расходомер). Пластины-модели листьев и вставные стекла импактора предварительно покрывали тонким слоем силикона, на котором коэффициент растекания применявшейся жидкости (смесь из 60% глицерина и 40% воды) равен 1,50. После опыта модели листьев, живые листья и пластины импактора просматривали под микроскопом и определяли количество осевших на них капелек, размер которых вычисляли заранее (капельки водно-глицериновой смеси до и после осаждения сохраняли приблизительно постоянный размер, который изменялся в пре-

делах 12% в зависимости от влажности воздуха в помещении). При опытах с живыми листьями к жидкости добавляли люминофор (4% флуоресцеина), подсчет капелек на листьях под микроскопом вели в отраженном ультрафиолетовом свете. Радиус капелек был постоянен в каждом опыте, а при различных опытах составлял 9; 22 или 40 мкм. Скорость воздуха в трубе (скорость ветра) изменяли от 2 до 7,5 м/с.

В первой серии опытов изучали осаждение капелек на модели изолированного листа — стеклянной пластинке размером 25×75 мм, расположенной на оси трубы перпендикулярно потоку. Вычисленные значения коэффициента захвата для передней стороны пластинки оказались близкими к полученным другими авторами [3] и возрастали почти в два раза при турбулизации потока в трубе с помощью турбулизирующей решетки на входе.

Далее проводили опыты на модели системы листьев — плоской решетке, состоящей из дисков диаметром 30 мм, расположенных симметрично в плоскости, перпендикулярной оси трубы. Место центрального диска занимала стеклянная пластинка размером 25×28 мм, которую рассматривали под микроскопом. Значения E в этом случае оказались выше, чем для единичной пластинки.

При опытах с шестью решетками, расположенными последовательно друг за другом с интервалом 150 мм, стеклянную пластинку помещали в центре последней шестой решетки. Степень перекрытия сечения трубы каждой решеткой составляла 0,22. Коэффициент захвата E был значительно выше, чем для единичной стеклянной пластинки (соответственно 0,62 и 0,21 при $K = 0,36$).

Данные этих опытов показали, что усиление турбулентности и увеличение числа Стокса K (скорости набегающего потока) приводят к возрастанию коэффициента захвата E для передней стороны пластинки и к относительному увеличению его для обратной стороны (для обратной стороны E в 100—200 раз меньше, чем для передней, но при наличии системы решеток лишь в 10—40 раз меньше).

После опытов на моделях исследовали осаждение капелек на листьях растений. В аэродинамическую трубу помещали ветку растения (25—30 листьев). Ширина листьев изменялась от 6 до 8 мм (молодые листья) и от 30 до 50 мм (взрослые листья). Средняя площадь одного взрослого листа, измеренная планиметром по 72 модельным листьям, составляла 18 см^2 со среднеквадратическим отклонением $\sigma = 48\%$.

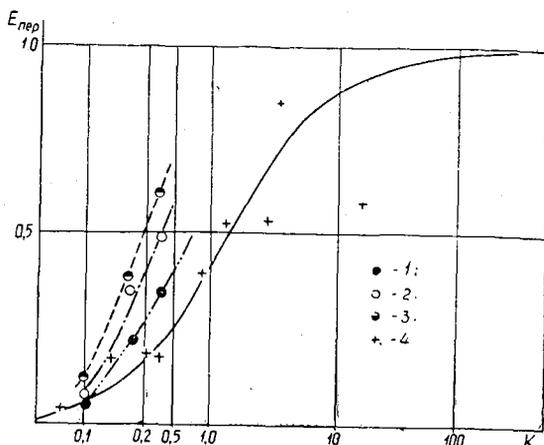


Рис. 2. Эффективность инерционного осаждения аэрозольных частиц на моделях и листьях растений.

1 — единичная пластинка; 2 — одна решетка; 3 — шесть решеток; 4 — листья растений.

Значения коэффициента захвата $E_{\text{пер}}$ в зависимости от величины K , полученные для передней стороны пластинок и листьев растений, приведены на рис. 2. Из этого рисунка видно, что для передней стороны листьев E значительно меньше, чем для решеток, состоящих из моделей листьев. По-видимому, это объясняется тем, что в отличие от жестко установленных решеток листья растений отклоняются потоком и принимают при этом относительно обтекаемую форму, что влечет за собой сокращение миделева сечения; при опытах коэффициент захвата определяли не по реальному миделеву сечению листьев, а по полной площади расплавленных (плоских) листьев.

Полученные в опытах значения коэффициента захвата E для передней стороны листьев растений в зависимости от K удовлетворительно описываются эмпирической формулой

$$E = \frac{K}{K + 1,5}, \quad (2)$$

$$\text{где } K = \frac{2r^2 \rho u}{9\eta l},$$

здесь за характерный размер препятствия l принимают ширину листа;
 ρ — плотность жидкости;
 η — вязкость воздуха.

Для обратной стороны листьев значение E в среднем в 9,1 раза меньше, чем для передней стороны; для модели из шести решеток — в 34 раза меньше, для единичной пластинки — в 150 раз.

В опытах мы определяли значения коэффициента вариации $v = \sigma/E$ при осаждении капелек на передней стороне пластинки или листа. Для моделей этот коэффициент характеризовал различия результатов, полученных при повторении данного опыта 5—10 раз, и изменялся в пределах 0,033—0,260. Для листьев растений величина v представляла различия в количестве капель, осевших на разных листьях при всех повторностях данного опыта, и изменялась в пределах 0,33—0,82. Увеличение значения σ/E для листьев в сравнении с моделями характеризует степень неравномерности осаждения капель на листьях.

Эти результаты, конечно, не являются полным решением вопроса. В лесу или в поле процессы осаждения частиц на листьях более сложны, чем в аэродинамической трубе. Тем не менее, полученные результаты и формула (2) позволят уменьшить ошибку при ориентировочных расчетах осаждения аэрозолей на листьях растений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Аэрозоли в сельском хозяйстве.— Сборник под ред. Ю. Н. Фадеева. М., «Колос», 1973. [2]. Дунский В. Ф., Южный З. М., Хохлов Д. Н. Методика определения дисперсности и фракционных концентраций аэрозолей.— «Заводская лаборатория», 1955, № 5, с. 575. [3]. Левин Л. М. Исследования по физике грубодисперсных аэрозолей. М., АН СССР, 1961. [4]. Применение аэрозолей в сельском хозяйстве.— Сборник под ред. А. Г. Амелина. М., ИЛ, 1955. [5]. Фукс Н. А. Механика аэрозолей. М., АН СССР, 1955.

УДК 547.92

ВЫДЕЛЕНИЕ β -СИТОСТЕРИНА ИЗ ФИТОСТЕРИНА СУЛЬФАТНОГО МЫЛА ЧЕРЕЗ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Э. И. ЛАРИНА, В. Б. НЕКРАСОВА, А. Л. АГРАНАТ

Ленинградская лесотехническая академия

Показана возможность выделения препарата β -ситостерина из фитостерина-сырца и очищенного фитостерина через молекулярные соединения с мочевиной. Стериносодержащие продукты, полученные из сульфатного мыла по способу ЛТА, фракционировали с мочевиной; выделена фракция, содержащая более 85% β -ситостерина.

Нами проведены исследования молекулярных соединений мочевины с растительными стеринами — фитостеринами, выделенными из сульфатного мыла по способу ЛТА [5]. Процесс образования молекулярных соединений со стеринами представляет большой интерес, поскольку в этом случае можно фракционировать стерины, а также выяснить роль того или иного стерина в биохимических процессах, происходящих в организме [4].

Нам удалось выделить β -ситостерин как непосредственно из фитостерина-сырца, так и из очищенного фитостерина*, и продукта, обогащенного алифатическими спиртами**, что имеет практическое значение.

Первые опыты проводили по методике, описанной в монографии Берчфилда и Сторрса (среда — этиловый спирт) [1]. Представленные в нашей статье данные получены при фракционировании стеринов в среде изопропилового спирта — более дешевого растворителя.

Физико-химическая характеристика взятого на исследование фитостерина: т. пл. 90—94°C, содержание β -ситостерина 85,0% (по бромид-броматному методу), не растворимых в дихлорэтано примесей 0,2%, летучих 0,3%, алифатических спиртов 14,5% (по разности).

Результаты фракционирования фитостерина при помощи молекулярных соединений с мочевиной представлены в табл. 1. Выделенные

Таблица 1

№ фракции	Количество фракции, % от стеринов в исходном продукте	Интервал плавления, °С	Качественная реакция Либермана—Бурхардта
I	До 40	136—137	Положительная интенсивная
II	До 19	64—80	Отрицательная
III	До 60	68—132	Положительная замедленная

* Фитостерин-сырец — первичный продукт, содержащий стерины, алифатические спирты и не растворимые в дихлорэтано примеси; очищенный фитостерин — продукт, содержащий стерины и алифатические спирты.

** При получении медицинского препарата β -ситостерина из фитостерина-сырца по способу ЛТА [2] образуется побочный продукт — фитостерин, обогащенный алифатическими спиртами.

Таблица 2

Исходный продукт	I фракция			II фракция			III фракция		
	Количество, % к исходному	Температура плавления, °С	Реакция Либермана — Бурхардта	Количество, % к исходному	Температура плавления, °С	Реакция Либермана — Бурхардта	Количество, % к исходному	Интервал плавления, °С	Реакция Либермана — Бурхардта
Фитостерин-сырец	12,2	136—137	Положительная интенсивная	Следы	Не определялась	Отрицательная	72,6	128—135	Положительная
Очищенный фитостерин	30,1	136—137	"	"	"	"	50,7	128—135	"
Фитостерин, обогащенный алифатическими спиртами	26,9	103—115	Положительная	18,2	67—68	"	53,6	100—110	"

Примечание. Расчет проведен к исходному количеству стерinov в фитостерине-сырце.

Таблица 3

Растворитель	Молекулярное соединение		β-ситостерин			Остаток из маточника (фитостерин + мочевины)		Фитостерин из маточника		
	% от теоретического количества	Интервал плавления	% от молекулярного соединения	% от исходного фитостерина	Интервал плавления, °С	% от теоретического количества	Интервал плавления, °С	% от остатка из маточника	% от исходного фитостерина	Интервал плавления, °С
Изопропиловый спирт	78,8	155—160	52,6	86,0	135—138	14,0	137—140	41,9	13,0	110—115
Этиловый	61,6	148—153	56,4	87,6	135—137	29,7	130—135	28,0	12,2	100—107

Примечание. За теоретическое количество принята сумма исходных количеств фитостерина и мочевины. Характеристика исходного очищенного фитостерина: содержание β-ситостерина 94,5; летучие 1,8; алифатические спирты 3,7 (по разности).

фракции не являются индивидуальными соединениями. Фракции I и III содержат стерины, что подтверждается качественной реакцией Либермана — Бурхардта; фракция II не имеет стеринов и, как удалось установить методом ГЖХ [3], является смесью алифатических спиртов C_{12} — C_{26} (основные компоненты — лигноцерилловый и бегеновый спирты, составляющие около 80% от общего количества алифатических спиртов).

В дальнейшем фракционировали с мочевиной различные стеринсодержащие продукты, выделенные из сульфатного мыла. Предвари-

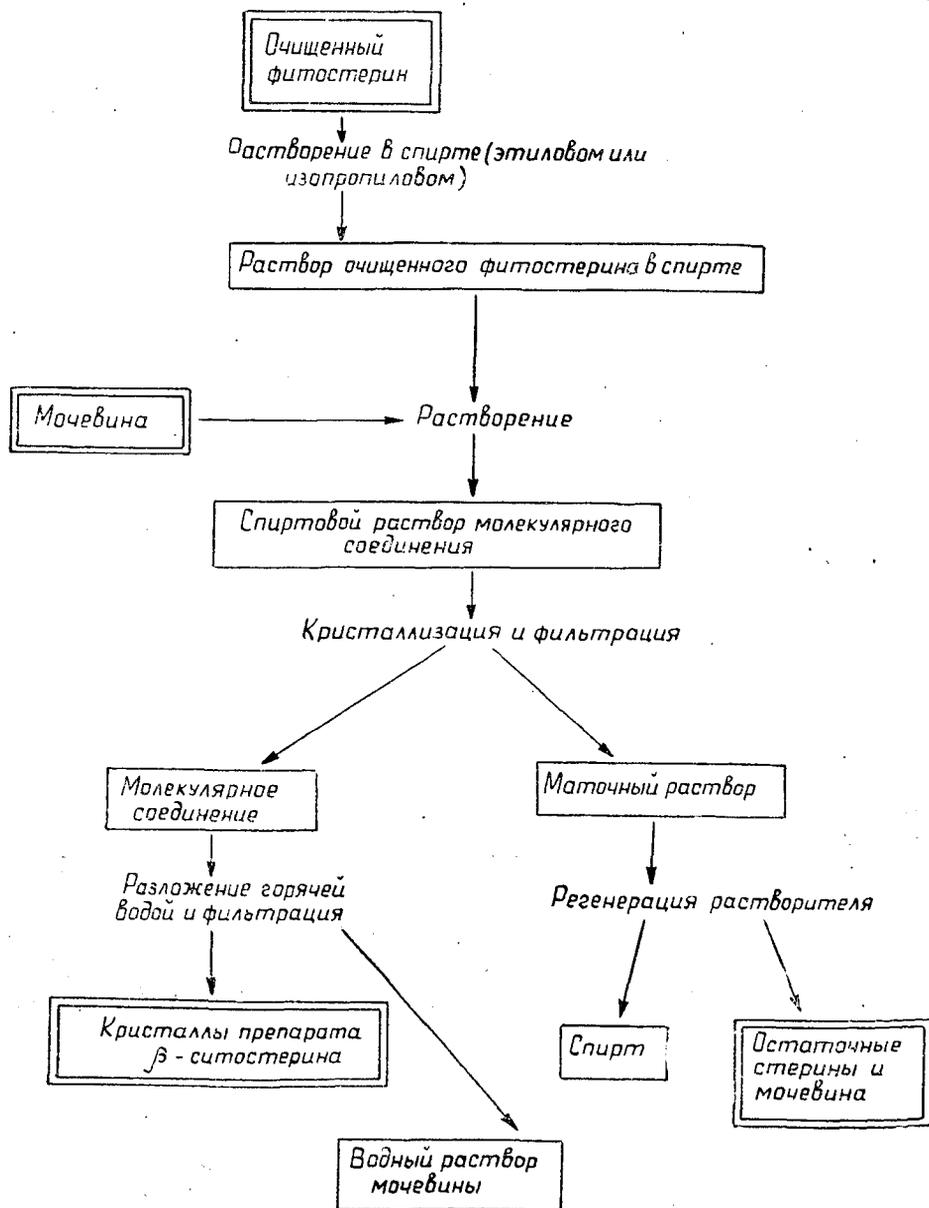


Рис. 1.

тельно все образцы обрабатывали горячим изопропиловым спиртом с последующей фильтрацией осадка, выпавшего из охлажденного раствора; таким образом отделяли твердые мыла (примеси). К раствору фитостерина в изопропиловом спирте последовательно добавляли мочевины в количестве 10% от исходного содержания фитостерина.

Результаты фракционирования с мочевиной различных стериносодержащих продуктов, выделенных из сульфатного мыла по способу ЛТА, представлены в табл. 2, из данных которой видно, что при фракционировании фитостерина, обогащенного алифатическими спиртами, выделена фракция алифатических спиртов; из фитостерина-сырца и очищенного фитостерина получена фракция стеринов с температурой плавления 136—137°C и инфракрасным спектром, соответствующим β -ситостерину. Особый интерес представляет фракция, обогащенная β -ситостерином, так как последний — самостоятельное лечебное средство антисклеротического действия и, кроме того, он может быть исходным сырьем для синтеза стероидных гормонов.

Экспериментально установлено оптимальное соотношение фитостерина к мочеvine (1 : 10), при котором выделялось наибольшее количество β -ситостерина — 80—87% от исходного содержания. При таком соотношении исходных компонентов молекулярные соединения получали по схеме (рис. 1). Реакцию проводили в среде этилового и изопропилового спиртов при соотношении очищенного фитостерина к раствору так как 1 : 20.

Результаты опытов представлены в табл. 3, из которой видно, что из очищенного фитостерина через молекулярные соединения с мочевиной как в среде этилового, так и изопропилового спиртов выделили β -ситостерин с выходом более 85% от содержания его в исходном продукте.

Таким образом, нами показана возможность фракционирования стеринов сульфатного мыла с помощью мочевины в среде этилового и изопропилового спиртов. Из очищенного фитостерина выделен β -ситостерин. Из фитостерина, обогащенного алифатическими спиртами, получена фракция алифатических спиртов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Берчфилд, Сторрс. Газовая хроматография в биохимии. М., 1964. [2]. Некрасова В. Б., Ларина Э. И., Агранат А. Л., Солодкий Ф. Т. — «Химическая переработка древесины», 1969, № 36. [3]. Некрасова В. Б., Агранат А. Л., Солодкий Ф. Т. «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1970, № 1. [4]. Сози А. И. Архив биологических наук, т. 40, вып. 2, 1935, с. 189—194. [5]. Солодкий Ф. Т. «Бумажная промышленность», 1941, № 2, 18.

Поступила 5 мая 1974 г.

УДК 51 : 634.0.813.13

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА СТУПЕНЧАТОГО ОТБОРА СУЛЬФИТНОГО ЩЕЛОКА

С. А. САПОТНИЦКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Проведен математический анализ баланса ступенчатого отбора сульфитного щелока. Показано, что количество и концентрация отбираемых веществ сульфитного щелока обусловлены всеми факторами отбора, которые, в свою очередь, не могут быть случайными, так как жестко взаимосвязаны. Выведено уравнение ступенчатого отбора и определены границы, в которых оно справедливо.

С точки зрения комплексного использования древесины в сульфит-целлюлозном производстве отбор сульфитного щелока — наиболее сложный процесс, поскольку в этом случае необходимо одновременно решить следующие задачи: с максимальной полнотой отделить щелок от волокна при минимально возможном разбавлении щелока, так как любое разбавление, помимо увеличения потока перерабатываемой жидкости, повышает расход тепла на последующих технологических операциях.

Наибольшее распространение получил ступенчатый отбор сульфитного щелока по схеме проф. Н. Н. Непенина. Однако кажущаяся простота отбора по этой схеме привела к тому, что количество и соотношение потоков оказались случайно подобранными. Следствие этого — необоснованно высокое разбавление отбираемого щелока и большое количество не утилизируемых щелокосодержащих сточных вод.

Чтобы показать, что ступенчатый отбор сульфитного щелока — управляемый процесс, требующий определенных режимных условий, мы представили его математическое описание. В качестве модели рассмотрен один из возможных вариантов ступенчатого отбора, баланс которого показан на рис. 1.

Как видно из рис. 1, после отека не связанной с волокном части крепкого щелока в котел подают первый оборотный щелок, смешивающийся с оставшимся крепким щелоком. Смесь отбирают для подачи на совместную переработку с отекившим крепким щелоком, после чего все содержимое котла вымывают в ссезу продолжающим поступать в котел первым оборотным щелоком (ссеза 1). Сначала в ссезе происходит отекание части щелока с отбором его из-под ложного дна, а после подачи второго оборотного щелока продолжается отбор для накопления первого оборотного щелока (ссеза 2). После этого в ссезу подают горячую воду (ссеза 3) и отекающий раствор направляют в сборник второго оборотного щелока.

При этом введены следующие обозначения:

- n — количество крепкого щелока в котле, м³/т целлюлозы;
- n_1 — количество щелока, переданного на переработку, м³/т целлюлозы;
- C_k — концентрация веществ в щелоке в котле, кг/м³;
- $C_{отб}$ — концентрация веществ в щелоке, переданном на переработку, кг/м³;
- C_1 — концентрация веществ в первом оборотном щелоке, кг/м³;

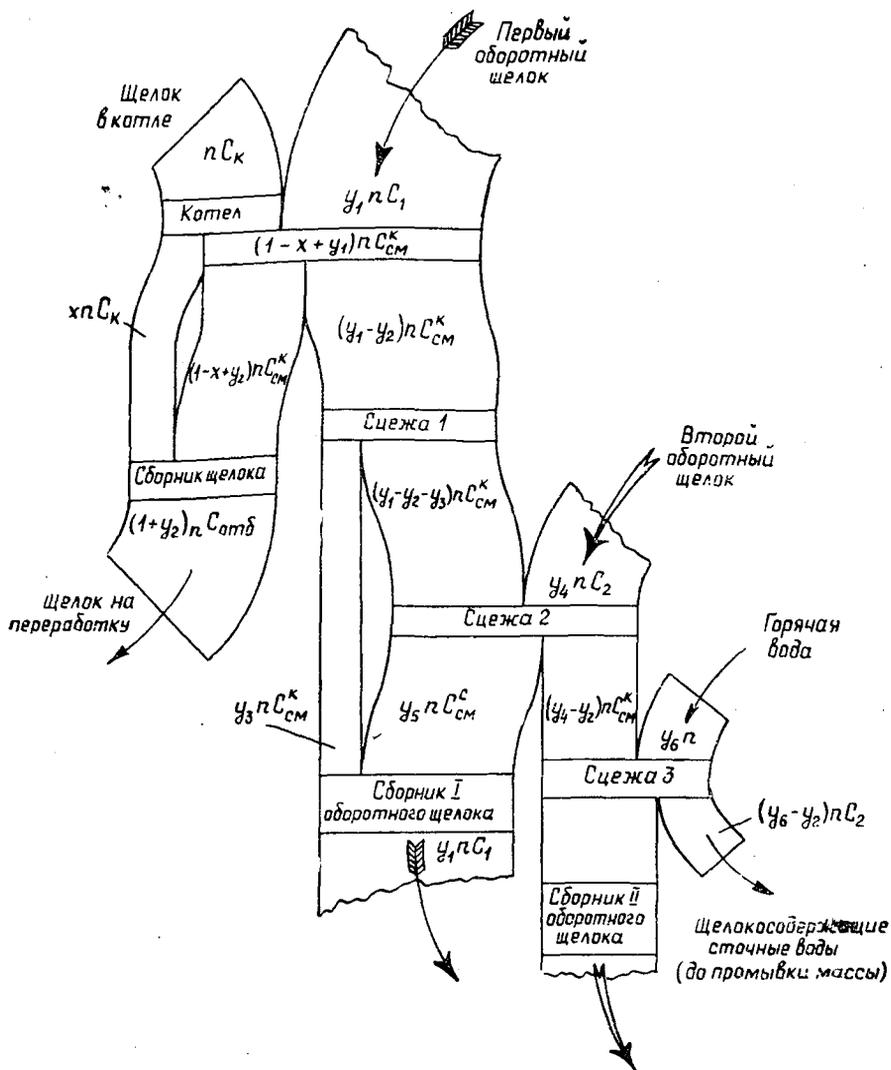


Рис. 1.

- C_2 — концентрация веществ во втором оборотном щелоке, кг/м³;
 C_{CM}^k — » » » в растворе в котле после смешения оставшегося крепкого щелока с первым обратным щелоком, кг/м³;
 C_{CM}^c — концентрация веществ в растворе в сцеже после смешения оставшейся в сцеже жидкости со вторым обратным щелоком, кг/м³.

Для получения сравнимых относительных данных следующие обозначения выражены в долях n от содержания крепкого щелока в котле:

- x — количество щелока, не связанного с целлюлозой и свободно оттекающего;
 y_1 — количество первого обратного щелока, поданного в котел;

- y_2 — количество щелока, дополнительно отобранного из котла за счет первого оборотного щелока;
- y_3 — количество щелока, отекающего в ссезе под ложное дно после вымывки в нее массы;
- y_4 — количество второго оборотного щелока, поданного в ссезу для накопления первого оборотного щелока;
- y_5 — количество щелока, отекающего в ссезе под ложное дно после подачи в нее второго оборотного щелока;
- y_6 — количество горячей воды, поданной в ссезу для накопления второго оборотного щелока.

Из баланса следует

$$n_1 = 1 + y_2;$$

$$y_4 = y_3 + y_5.$$

Баланс позволяет выявить взаимосвязь между концентрациями веществ во всех потоках. Так,

$$C_2 = \frac{y_4 - y_2}{y_4 - y_2 + y_6} C_{см}^c; \quad (1)$$

$$C_{см}^c = \frac{y_1 - y_2 - y_3}{y_1 - y_2 - y_3 + y_4} C_{см}^k + \frac{y_4}{y_1 - y_2 - y_3 + y_4} C_2; \quad (2)$$

$$C_1 = \frac{y_3}{y_1} C_{см}^k + \frac{y_5}{y_1} C_{см}^c; \quad (3)$$

$$C_{см}^k = \frac{1 - x}{1 - x + y_1} C_k + \frac{y_1}{1 - x + y_1} C_1; \quad (4)$$

$$C_{отб} = \frac{x}{1 + y_2} C_k + \frac{1 - x + y_2}{1 + y_2} C_{см}^k. \quad (5)$$

Решаем эту систему уравнений. В выражение (2) подставим значение C_2 из уравнения (1). После преобразования получим

$$C_{см}^c = \frac{(y_1 - y_2 - y_3)(y_4 - y_2 + y_6)}{(y_1 - y_2 - y_3)(y_4 - y_2 + y_6) + y_4 y_6} C_{см}^k, \quad (6)$$

Обозначим

$$y_1 - y_2 - y_3 = a;$$

$$y_4 - y_2 + y_6 = b,$$

тогда

$$C_{см}^c = \frac{ab}{ab + y_4 y_6} C_{см}^k. \quad (6a)$$

После подстановки выражения $C_{см}^c$ из равенства (6a) в уравнение (3) и после преобразования имеем

$$C_1 = \frac{y_1 ab + y_3 y_4 y_6}{y_1 (ab + y_4 y_6)} C_{см}^k. \quad (7)$$

Подставив значение C_1 из уравнения (7) в выражение (4) и преобразовав, получим

$$C_{см}^k = \frac{(1 - x)(ab + y_4 y_6)}{(1 - x)(ab + y_4 y_6) + y_4 y_5 y_6} C_k. \quad (8)$$

Обозначим

$$(1 - x)(ab + y_4 y_6) = A,$$

тогда

$$C_{\text{см}}^{\text{к}} = \frac{A}{A + y_4 y_5 y_6} C_{\text{к}} \quad (8a)$$

Наконец, в уравнение (5) подставим выражение $C_{\text{см}}^{\text{к}}$ из уравнения (8a). После преобразования имеем

$$C_{\text{отб}} = \frac{A(1 + y_2) + x y_4 y_5 y_6}{(1 + y_2)(A + y_4 y_5 y_6)} C_{\text{к}} \quad (9)$$

Так как $n_1 = (1 + y_2)$, то количество передаваемых на переработку веществ шелока

$$n_1 C_{\text{отб}} = \frac{A(1 + y_2) + x y_4 y_5 y_6}{A + y_4 y_5 y_6} n C_{\text{к}} \quad (10)$$

или в относительных единицах (при $n = 1$)

$$n_1 C_{\text{отб}} = \frac{A(1 + y_2) + x y_4 y_5 y_6}{A + y_4 y_5 y_6} C_{\text{к}} \quad (10a)$$

Уравнения (9) и (10a) показывают, что количество и концентрация передаваемых на переработку веществ сульфитного шелока обусловлены всеми факторами отбора, которые, в свою очередь, не могут быть случайными, так как находятся в жесткой взаимосвязи. Это подтверждается анализом уравнения (10a). Поскольку количество отбираемых веществ сульфитного шелока всегда меньше их содержания в котле, то, следовательно, числитель уравнения (10a) меньше знаменателя

$$A(1 + y_2) + x y_4 y_5 y_6 < A + y_4 y_5 y_6$$

Расшифровывая величину A , получим

$$(1 - x)[(y_1 - y_2 - y_3)(y_4 - y_2 + y_6)y_2 - y_4 y_5 y_6] < 0;$$

Так как $(1 - x) > 0$, то, следовательно,

$$(y_1 - y_2 - y_3)(y_4 - y_2 + y_6)y_2 - y_4 y_5 y_6 < 0.$$

Преобразовываем это неравенство

$$y_2^3 - (y_4 + y_5 + y_6)y_2^2 + (y_4 y_5 + y_5 y_6 + y_4 y_6)y_2 - y_4 y_5 y_6 < 0. \quad (11)$$

Следовательно, неравенство (11) определяет границы, в которых справедливо уравнение ступенчатого отбора сульфитного шелока, и показывает, что количество отбираемого из котла неразбавленного крепкого шелока не влияет на взаимосвязь остальных перечисленных выше показателей процесса.

Чтобы исключить излишнее разбавление шелока даже при высокой степени отбора веществ, необходимо обеспечить постоянство концентраций оборотных шелоков, неизбежно разбавляющихся от одного оборота к другому вводимой в систему водой.

Выразим концентрации оборотных шелоков через концентрацию крепкого шелока в котле. Для этого в уравнение (7) подставим значение $C_{\text{см}}^{\text{к}}$ из выражения (8a). После преобразования имеем

$$C_1 = \frac{(1 - x)(y_1 a b + y_3 y_4 y_6)}{y_1 (A + y_4 y_5 y_6)} C_{\text{к}} \quad (12)$$

Аналогичным образом получим

$$C_2 = \frac{(1 - x)(y_4 - y_2) a}{A + y_4 y_5 y_6} C_{\text{к}} \quad (13)$$

Отсюда следует, что необходимо обеспечить не только постоянство абсолютных концентраций в оборотных щелоках, но и следующее их соотношение:

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{y_1 a b + y_3 y_4 y_6}{(y_4 - y_2) y_1 a} \quad (14)$$

Для выполнения этого условия необходимо периодически, через определенное число оборотов, укреплять первый оборотный щелок крепким щелоком. В конкретных условиях производства в полученные уравнения следует внести коррективы, учитывающие число потоков в системе отбора сульфитного щелока.

Поступила 12 июня 1974 г.

УДК 634.0.813.13

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТИЛМЕРКАПТАНА И ДИМЕТИЛДИСУЛЬФИДА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ПРИ ИХ СОВМЕСТНОМ ПРИСУТСТВИИ ПОЛЯРОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

О. Ф. ГОРБУНОВА, Б. Д. БОГОМОЛОВ

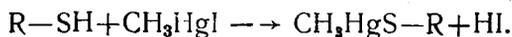
Архангельский лесотехнический институт

Представлена методика определения тиольных и дисульфидных групп. В основу методики положена реакция тиольных групп с метилмеркуриодидом, который дает хорошо воспроизводимую полярографическую волну с $E_1 = -0,55 \pm 0,06$ В. Средняя относительная ошибка определения не превышает 7—8%.

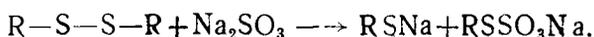
Метилмеркаптан и диметилдисульфид — весьма токсичные соединения; они часто присутствуют в сточных водах варочных цехов сульфатно-целлюлозных заводов. Для определения этих соединений обычно используют амперометрические или потенциометрические методы титрования солями серебра или ртути, а также фотоколориметрический и методы, основанные на окислении [1], [4].

Присутствие в сточных водах продуктов распада древесины алифатической и фенольной природы затрудняет определение метилсернистых примесей, особенно в случае их малого содержания. Метилмеркуриодид (ММИ) по сравнению с вышеуказанными соединениями в этом отношении имеет ряд преимуществ: специфичность к тиольным группам, высокую реакционную способность, стабильность даже слабых растворов и идеальные полярографические свойства [5]. Кроме того, ММИ не реагирует с органическими сульфидами.

Предлагаемая методика основана на количественном взаимодействии тиольных групп и ММИ по реакции



В случае присутствия дисульфида тиольные группы возникают в результате расщепления дисульфидных связей сульфитом натрия по схеме



Метилмеркуриодид в растворе с $pH = 7 \div 9$ дает две полярографические волны с величиной E_1 , равной $-0,55$ В и $-1,4$ В, относительно

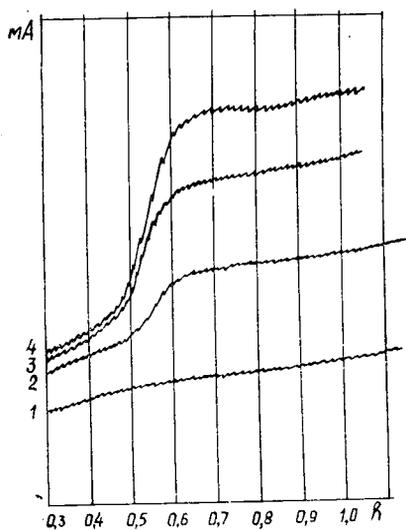


Рис. 1. Полярограммы ММИ 0,005 М до реакции с тиольными группами (чувствительность $12 \cdot 10^{-9}$ А/мм).

1 — фон; 2 — 0,1 мл ММИ 0,005М;
3 — 0,2 мл ММИ 0,005М; 4 — 0,3 мл ММИ 0,005М.

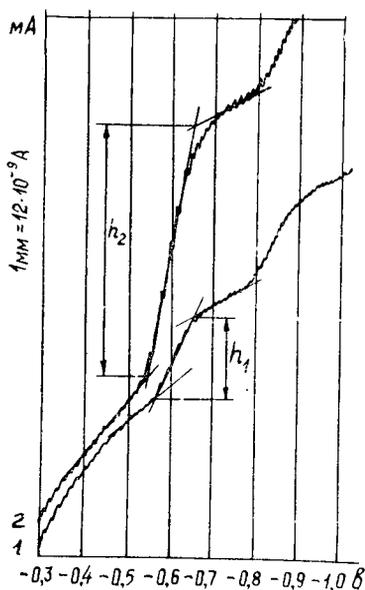


Рис. 2. Полярограммы ММИ 0,005 М после реакции с тиольными группами.

1 — 0,04 мл меркаптанного раствора концентрации 1250 мг/л + 0,4 мл ММИ 0,005 М; 2 — 0,04 мл меркаптанного раствора концентрации 1250 мг/л + 0,8 мл ММИ 0,005 М.

НКЭ (насыщенного каломельного электрода) и с $E_{\frac{1}{2}}$, равной $-0,4$ и $-1,2$ В, относительно донной ртути. При реакции с тиольными группами возникает третья волна (приблизительно с $E_{\frac{1}{2}} = 0,85$ В относительно НКЭ).

На рис. 1 и 2 приведены полярограммы метилмеркуриодида до реакции (рис. 1) и после реакции (рис. 2) с тиольными группами. При количественных определениях удобнее пользоваться первой полярографической волной с $E_{\frac{1}{2}} = -0,55$ В (НЭК). При серийных исследованиях

можно использовать калибровочный график зависимости высоты волны ММИ от концентрации. Однако в этом случае необходима термостатированная ячейка. Кроме того, ввиду неоднородности и загрязненности сточных вод, влияющих на высоту волны рабочего определения, мы считали более целесообразным применить метод добавок.

Для анализа используют фон с рН = 9, содержащий хлористый аммоний, аммиак, хлористый калий и сульфит натрия. В случае применения фона, содержащего сульфит натрия, при анализе сточных вод вместе с ММИ определяется суммарное количество метилсернистых веществ (метилмеркаптана и диметилдисульфида) в молях. В отсутствие сульфита натрия определяется только метилмеркаптан. В последнем случае требуется тщательная продувка раствора инертным газом для удаления кислорода.

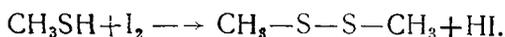
В нашей методике предложено использовать фон, содержащий сульфит натрия, при определении как метилмеркаптана, так и диметилдисульфида. При этом требуется провести два определения: 1) найти

Таблица 1

№ п/п	Вещества	Концентрация исследуемого вещества				Количество исходной пробы, мл	Количество ММИ, мл	Концентрация исследуемого вещества в ячейке		Относительная ошибка, %	Средняя квадратическая ошибка определения, %	
		в исходной пробе		по результатам определения				по условиям анализа	мг/л			ммоль/л
		мг/л	ммоль/л	мг/л	ммоль/л							
1	Диметилдисульфид (ДМДС)	520	5,52	528	5,63	0,6	0,6*	31,2	0,332	+1,53	± 13	
2	"	300	3,2	270	2,87	0,9	0,6*	27,0	0,287	-10		
3	"	878	9,35	910	9,7	0,2	0,4	17,56	0,187	+3,64		
	"	878	9,35	965	10,05	0,2	0,5	17,56	0,187	+9,62		
	"	878	9,35	765	8,1	0,3	0,5	26,34	0,263	-14,5		
4	"	16,7	0,178	15,4	0,164	1,0	0,1	1,67	0,0178	-7,8		
	"	16,7	0,178	14,8	0,158	2,0	0,1	3,34	0,0356	-11,4		
	"	16,7	0,178	16,3	0,17	2,0	0,11	3,34	0,0356	-2,5		
	"	13,0	0,139	11,5	0,123	1,0	0,1	1,3	0,0138	-8,8		
5	Метилмеркаптан (ММ)	3150	66,0	3500	73	0,03	0,5	9,78	0,104	+10,4	± 7,2	
	"	3150	66,0	2800	59,5	0,03	0,7	9,78	0,104	-11,6		
	"	3150	66,0	3000	62,5	0,01	0,6	3,26	0,0359	-5,45		
6	"	3150	66,0	2800	59,5	0,03	0,7	9,78	0,204	-11,6		
	"	3150	66,0	3200	66,7	0,01	0,5	3,26	0,0678	+0,95		
7	"	3150	66,0	3450	72	0,05	0,7	15,3	0,38	+8,85		
	"	3150	66,0	3150	65,5	0,03	0,6	9,78	0,204	0,0		
8	"	1250	24,0	1290	26,8	0,04	0,4	5,0	0,104	+3,1		
9	"	1250	24,0	1350	27,4	0,1	1,0	12,5	0,26	+11,35		
	"	1250	24,0	1250	13,0	0,06	0,3	6,5	0,136	0,0		
						Средняя арифметическая ошибка определения				± 8,0	± 8,5	
10	Смесь:											
	а) суммарное количество ММ и ДМДС	—	7,2	—	6,8	0,5	0,8	—	0,34	-5,57		
	б) суммарное количество ММ и ДМДС, определенное после окисления	—	4,4	—	4,32	0,5	0,6	—	0,216	-1,82		
	в) ДМДС	150	1,6	173	1,84	—	—	8,65	0,092	+15,2		
	ММ	270	5,6	258	4,96	—	—	12,9	0,268	-4,65		

* Концентрация ММИ 0,01 М, во всех остальных случаях 0,005 М.

суммарное количество метилмеркаптана и диметилдисульфида; 2) метилмеркаптан окислить йодом в кислой среде по реакции



Избыток йода удаляют, добавляя раствор сульфита натрия. В этом случае при взаимодействии с ММИ определится половина молей метилмеркаптана и весь дисульфид. Удвоенная разность между результатами первого и второго определений (ммоль/л) дает содержание метилмеркаптана, а разность между общим количеством метилсернистых соединений при первом определении и содержанием метилмеркаптана или разность между общим содержанием метилсернистых соединений при втором определении и полусодержанием метилмеркаптана дает содержание диметилдисульфида.

Как показали результаты исследований (табл. 1, № 1—4), при концентрации исходной пробы диметилдисульфида 0,1—10 ммоль/л на анализ требуется 0,2—2 мл пробы. При этом относительная ошибка не превышает 8%. Точность определения метилмеркаптана с метилмеркуриодидом была проверена по методике при использовании фона как без сульфита натрия (табл. 1, № 7), так и с сульфитом натрия (табл. 1, № 5), с предварительным окислением пробы и без окисления (табл. 1, № 6 и 8). Во всех случаях определения метилмеркаптана и диметилдисульфида концентрация их в ячейке составляла 0,01—0,4 ммоль/л. Средняя относительная ошибка всех определений 8%.

Оценка [3] относительной квадратической ошибки по каждой из приведенных в табл. 1 концентраций показала, что ошибка с надежностью 0,95 для метилмеркаптана составляла $\pm (7,2 \div 7,5)$, для диметилдисульфида $\pm 5,6$.

Результаты анализа искусственной смеси метилмеркаптана и диметилдисульфида до окисления йодом и после окисления представлены в табл. 1, № 10.

При анализе, предусматривающем окисление йодом, сульфид натрия или сероводород не мешают определению метилсернистых веществ, так как они превращаются в элементарную серу, которая не реагирует с ММИ. При определениях без предварительного окисления йодом сероводород завышает содержание метилмеркаптана, поэтому отдельную пробу воды перед анализом необходимо обрабатывать ртутью. Использование в обоих случаях фона, содержащего сульфит натрия, продиктовано еще и тем, что в присутствии сульфита натрия растворенный кислород не мешает определению.

Для анализа брали следующие реактивы: метилмеркуриодид — 0,005М раствор в диметилформамиде (ДМФ); ДМФ; йод (0,01 н.); соляная кислота (10%-ный раствор); фон, содержащий хлористый аммоний (0,16М), аммиак (0,04М), хлористый калий (0,5М) и сульфит натрия (0,2М).

ММИ получали при обработке навески ртути избытком йодистого метила в кварцевой пробирке в течение нескольких недель с последующей перекристаллизацией его из метанола [5]. Другие методы синтеза ММИ приведены в монографии [2].

А. Определение суммарного содержания метилмеркаптана и диметилдисульфида. При концентрации метилсернистых соединений 0,05—0,1 ммоль/л пробу 1—2 мл помещают в полярографическую ячейку, добавляют 1—2 мл ДМФ, 0,1—0,2 мл ММИ, 6—7 мл фона. Раствор в ячейке продувают инертным газом (аргоном) в течение 2—3 мин, запись производят в пределах $-0,3 \div -0,8\text{В}$ при

чувствительности $12 \cdot 10^{-9}$ А/мм. Измеряют высоту волны H_1 при $E_{\frac{1}{2}} = -0,55 \div -0,6$ В. (Если при этом потенциале волна отсутствует, опыт повторяют с большим количеством ММИ). Затем в ячейку добавляют такое же количество ММИ и измеряют высоту волны H_2 . По разности H_2 и H_1 находят высоту волны при холостом определении ($H = H_2 - H_1$). Расчет производят по следующей формуле:

$$\frac{H - H_1}{H} \cdot \frac{0,005 \cdot a \cdot 1000}{b} \text{ ммоль/л,}$$

где 0,005 — концентрация ММИ;

a — количество ММИ, взятого для получения высоты волны H_1 , мл;

b — объем пробы сточной воды, взятой для исследования, мл.

Б. Определение диметилдисульфида после окисления. Пробу сточной воды, как и в случае А, в полярографической ячейке подкисляют 1—2 каплями 10%-ной соляной кислоты, обрабатывают несколькими каплями 0,01 н. водного раствора йода до появления бледной соломенно-желтой окраски раствора. Избыток йода удаляют, добавляя 1—2 капли 0,2 М раствора сульфита натрия или фона, затем прибавляют диметилформамид, метилртутидид, фон, как в определении А, и полярографируют раствор, как указано выше.

Если результат необходимо выразить в миллиграммах на 1 л, то в случае дисульфидов полученную величину следует умножить на число 94, а в случае меркаптанов — на 48. В табл. 1 приведены результаты определения диметилдисульфида и метилмеркаптана и их смеси полярографическим методом с помощью метилртутидида. Этим методом можно определить и сероводород, и сульфид натрия при использовании фона без сульфита натрия.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Губен-Вейль. Методы органической химии, т. 2. М., 1963, с. 591. [2]. Макарова Л. Г., Несмеянов А. Н. Методы элементо-органической химии. Ртуль. «Наука», 1965, с. 16, 21, 219, 220, 222. [3]. Физико-химические методы анализа. Под ред. В. Б. Алесковского и К. Б. Яцимирокого. «Химия», 1971, с. 38. [4]. Черошис Н. Д., Ма Т. С. Микро- и полумикрометоды органического функционального анализа. М., 1973, с. 304—305. [5]. Leach S. J. Australian Journal of Chemistry, vol. 13, No 4, 1960, p. 520—566.

Поступила 6 мая 1974 г.

УДК 634.0.867.39.9

К ВОПРОСУ О СОСТАВЕ ТОПОЧНОЙ РАСТВОРИМОЙ СМОЛЫ ИЗ КОРЫ — ОТХОДА ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Т. И. ПРОХОРЧУК, Э. М. ЦАЦКА, В. И. РОЩИН

Ленинградская лесотехническая академия

Показано, что происхождение сырья и его качество оказывают влияние не только на выход, но и на состав растворимой смолы. С увеличением содержания примеси древесины в коре-отходе снижается количество ароматических и возрастает содержание алифатических соединений в растворимой смоле.

Одно из возможных направлений использования коры как отхода целлюлозно-бумажных и деревообрабатывающих предприятий — ком-

Таблица 1

Сырье	Показатели коры-отхода			Выход растворимой смолы, % от веса абс. сухого сырья	Показатели кислой воды					
	Содержание примеси древесины, %	Относительная влажность, %	Время пребывания в камере швелевания, мин		Плотность, г/см ³	Органические вещества, %	Растворимая смола, %	Летучие кислоты, %	Спирты, %	Эфиры, %
Кора — отход бумажной фабрики № 1 им. Горького	2,2	15,5	10	2,5	1,034	11,84	6,70	2,75	0,40	0,28
Кора — отход Архбумкомбината	15,4	16,9	6	3,0	1,035	12,94	7,10	2,83	0,50	0,19
	25,0	16,7	5	3,3	1,047	15,72	8,56	3,73	0,66	0,18
	34,8	15,9	7	5,8	1,061	19,83	12,38	3,85	0,68	0,13

Таблица 2

Сырье	Состав безводного остатка экстракта, %											Нейтральные вещества	Потери
	Вещества, не растворимые в эфире	Кислоты			Вещества, реагирующие со щелочью,								
		эфиро-растворимые	бутанолорастворимые	всево	фенолы I	выделенные из осадка		выделенные из раствора		всево			
						фенолы II	бутанолорастворимые	эфиро-растворимые	бутанолорастворимые				
Кора — отход бумажной фабрики № 1 им. Горького	1,4	22,6	6,6	29,2	29,6	9,0	3,9	7,7	3,0	53,2	6,3	9,9	
Кора — отход Архбумкомбината	2,0	21,6	5,9	27,5	31,6	8,1	4,0	5,9	4,8	54,4	7,0	9,1	
	2,4	19,5	11,1	30,6	26,4	7,2	3,5	9,0	6,9	53,0	6,3	7,7	
	3,7	24,2	7,6	31,8	28,4	9,2	3,9	5,8	4,7	52,0	5,1	7,4	

плексное сжигание ее в топках-генераторах ЦКТИ системы В. В. Помранцева, позволяющее наряду с паром получать пирогенные смолы. В связи с тем, что кора, остающаяся при окорке балансовой древесины, перед подачей в топку паровых котлов обычно смешивается с отходами от сортировки технологической щепы и опилками, представляет интерес не только изучить состав топочной растворимой смолы из коры-отхода, но и выяснить влияние количества примеси древесины в коре.

На полузаводской топке-генераторе ЛТА были выполнены опыты пиролиза производственных образцов коры — отхода бумажной фабрики № 1 им. Горького и Архангельского целлюлозно-бумажного комбината. Содержание древесины в коре-отходе изменялось от 2 до 35%. Влажность сырья после предварительной подсушки колебалась незначительно. В табл. 1 представлены показатели, характеризующие опыты пиролиза. Как видно, с увеличением содержания примеси древесины в коре выход растворимой смолы (РС) возрастает. Все основные показатели кислой воды также повышаются. Кислая вода трехкратной экстракцией серным эфиром в объемном отношении 1:3 при механическом размешивании была разделена на эфирорастворимую (экстракт) и нерастворимую в эфире (эфировода) части.

От экстрактов на кипящей водяной бане в вакууме ($P_{\text{ост}} = 20 \div 30$ мм рт. ст) отогнаны легколетучие вещества, которые составляли 35—39% от веса экстракта и имели кислотность 60—64% в пересчете на уксусную кислоту. В остатке экстракта содержалось летучих кислот 6—8%, воды 2—5%.

Остаток экстракта, представляющий собой (за вычетом летучих кислот и воды) эфирорастворимую часть РС, был подвергнут групповому разделению на фенолы, кислоты и нейтральные вещества. Результаты деления приведены в табл. 2, из которой видно, что кислоты составляют 27—32%, нейтральные вещества — 5—7%, вещества, реагирующие со щелочью, — свыше половины безводного остатка экстракта. Причем последние включают наряду с несомненными фенолами и другие слабокислые соединения. Фенолы I и II составляют в среднем около 70% от суммы веществ, извлекаемых щелочью. Соотношение между фенолами I, экстрагируемыми эфиром из щелочного раствора фенолятов после его насыщения углекислотой, и фенолами II, выделяемыми из образующегося при этом осадка, составляло в среднем 77 и 23% соответственно. Характеристика фенолов топочной растворимой смолы из коры-отхода представлена в табл. 3. Содержание условного пирокатехина (то есть всех ортодиоксибензолов) определено объемным методом [2], [3].

Суммарные фенолы проанализированы методом газо-жидкостной хроматографии, что позволило установить их качественный и относительный количественный состав. Условия хроматографирования: хроматограф ЛХМ-7А, неподвижная фаза — 5% ПФМС-6 на хромосорбе «С»

Таблица 3

Сырье	Фенолы I		Фенолы II	
	% ОСН ₃	Условный пирокатехин, %	% ОСН ₃	Условный пирокатехин, %
Кора—отход бумажной фабрики № 1 им. Горького	4,9	49,04	5,1	20,97
Кора—отход Архбумкомбината	5,3	41,89	4,9	24,72
	7,3	38,47	5,5	27,39
	9,9	35,59	6,4	27,62

Таблица 4

Сырье	Показатели эфироводы					
	Плотность, г/см ³	Органические вещества, %	Растворимая смола, %	Летучие кислоты, %	Суммарные оксикислоты, %	Левоглюкозан, %
Кора — отход бумажной фабрики № 1 им. Горького	1,0272	9,82	5,71	0,97	2,21	1,84
Кора — отход Архбумкомбината	1,0306	10,50	6,51	1,22	2,05	1,52
	1,0393	13,05	7,97	1,32	2,74	1,89
	1,0456	17,09	11,59	1,54	5,01	2,51

Таблица 5

Сырье	Содержание примеси древесины в коре-отходе, %	Состав растворимой смолы, %										
		Эфирорастворимая часть РС							Не растворимая в эфире часть РС			Всего определено
		Нелетучие кислоты	Вещества, реагирующие со щелочью,				Нейтральные вещества	Итого	Суммарные оксикислоты	Левоглюкозан	Итого	
			Всего	Фенолы		условный пирокатехин						
суммарные	суммарные											
Кора — отход бумажной фабрики № 1 им. Горького	2,2	8,0	15,9	11,5	4,9	1,9	25,8	31,1	19,0	50,1	75,9	
Кора — отход Архбумкомбината	15,4	9,1	19,6	14,3	5,5	2,5	31,2	25,6	19,0	44,6	75,8	
	25,0	10,0	18,5	11,7	4,2	2,2	30,7	27,7	19,0	46,7	77,4	
	34,8	8,1	16,5	10,5	3,5	1,4	26,0	36,8	18,5	55,3	81,3	

(120/140 меш), программирование температуры колонки в интервале 110—200°C со скоростью 3 град/мин. Определено 17 компонентов, 15 из них идентифицировано: фенол, о-, м+п-крезолы, 2,4- и 2,6-ксиленолы; гваякол, 4-метил-, 4-этил-, 4-пропилгваяколы; пирокатехин и 4-метилпирокатехин; диметиловый эфир пирогаллола и диметиловые эфиры 4-метил-, 4-этил- и 4-пропилпирогаллола. Одноатомные фенолы составляют 29—31%, двухатомные 52—59% и трехатомные 9—19% от суммы элюированных компонентов.

Эфировода, включающая не растворимую в эфире часть РС, была охарактеризована по основным показателям (табл. 4). Содержание левоглюкозана в ней определено поляриметрически, а суммарных оксикислот — по методике Н. А. Иванова [1] через бариевые соли с учетом предложенного нами уточнения, касающегося летучих кислот [4]. С увеличением примеси древесины в коре возрастает содержание органических веществ в эфироводе, в том числе растворимой смолы в целом, левоглюкозана и суммарных оксикислот как отдельных ее составляющих.

Групповое разделение остатка экстракта и анализ эфироводы позволили установить на 75—81% состав растворимой смолы из коры отхода. Полученные данные представлены в табл. 5, откуда видно, что с возрастанием примеси древесины в коре-отходе имеет место тенденция к увеличению не растворимой в эфире части РС, в том числе суммарных оксикислот, и к снижению общего количества эфирорастворимых веществ, в частности, фенолов и условного пирокатехина. Количество левоглюкозана остается практически постоянным. Весьма последовательно иллюстрируют указанную тенденцию данные трех опытов на коре — отходе Архбумкомбината — и несколько нарушают ее стройность результаты первого опыта, выполненного на коре — отходе бумажной фабрики № 1, что, по-видимому, обусловлено различным происхождением сырья.

Выводы

1. Топочная растворимая смола из коры (отхода ЦБП) содержит около 19% левоглюкозана, 26—37% не растворимых в эфире суммарных оксикислот, 8—10% эфирорастворимых нелетучих кислот, 16—20% эфирорастворимых веществ, реагирующих со щелочью, в том числе 10—14% фенолов, из которых 4—5% условного пирокатехина. Суммарные фенолы состоят на 29—31% из одноатомных, на 52—59% из двухатомных и на 9—19% из трехатомных фенолов.

2. Происхождение сырья и его качество оказывают влияние не только на выход, но и на состав топочной растворимой смолы. С увеличением содержания примеси древесины в коре-отходе снижается количество ароматических и возрастает содержание алифатических соединений в растворимой смоле.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Иванов Н. А., Лямин В. А. Метод количественного определения суммарных «оксикислот» в газогенераторных конденсатах. — В сб.: Материалы научно-технической конференции 1967 г., ч. II, Л., 1967, с. 131—138. [2]. Карпов О. Н. О количественном определении пирокатехина. — Журнал аналитической химии, 1963, XVIII, № 12, с. 1507—1508. [3]. Прохорчук Т. И., Лямин В. А. К вопросу о содержании пирокатехина в растворимой смоле. — В сб.: Материалы научно-технической конференции 1967 г., ч. II, Л., 1967, с. 80—85. [4]. Прохорчук Т. И., Цацка Э. М. Получение смолы путем комплексного сжигания коры (отходов ЦБК) на модели топки-генератора ЦКТИ системы Померанцева, определение выходов и изучение состава. — Отчет НИСа по теме № 19а-V—Ид за 1970 г., с. 57—58.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.6

ЛЕСОВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ
КВАЛИТЕТНОГО ПРИЗНАКА ЛЕСА

В. М. ИВАНЮТА

Московский лесотехнический институт

Предлагается денежную оценку леса на корню производить не по категориям крупности древесины, а по категориям крупности насаждений, то есть в зависимости от их среднего диаметра и запаса на 1 га.

Квалитет леса характеризует качественную сторону запаса [12]. В прошлом его определяли в зависимости от величины «качественной цифры» [11]. Биометрический анализ «качественной цифры» показывает, что ее величина тесно связана со средним диаметром древостоев. Если средний диаметр древостоя в сантиметрах разделить на среднюю высоту в метрах, то с некоторым приближением это отношение можно приравнять к единице и бонитетное семейство кривых (по средним высотам насаждений) заменить квалитетным семейством (по средним диаметрам насаждений). В пределах указанного семейства кривых квалитетный признак древостоя определится через отношение среднего диаметра к корню квадратному из возраста насаждения [4].

Таблица 1

Возраст насаждений, лет	Квалитетный признак леса по классам бонитета						
	Ia	I	II	III	IV	V	Va
30	2,6	2,3	2,0	1,6	1,3	1,0	—
40	2,9	2,6	2,2	1,8	1,4	1,1	—
50	3,1	2,8	2,4	2,0	1,6	1,2	—
60	3,4	3,0	2,6	2,2	1,8	1,3	—
70	3,6	3,2	2,8	2,3	1,9	1,5	1,0
80	3,8	3,3	2,9	2,4	1,9	1,5	1,1
90	3,9	3,4	3,0	2,5	2,0	1,6	1,2
100	4,0	3,6	3,1	2,6	2,1	1,6	1,2
110	4,0	3,6	3,1	2,6	2,1	1,6	1,2
120	4,0	3,6	3,1	2,6	2,1	1,6	1,2
130	4,0	3,6	3,1	2,6	2,1	—	—
140	4,0	3,6	3,1	2,6	2,1	—	—

Сосновые древостой по таблицам хода роста [13] имеют значения квалитетного признака, показанные в табл. 1. Данные этой таблицы свидетельствуют о том, что для древостоев в возрасте 100 лет и старше квалитетный признак остается неизменным. Именно поэтому представляется удобным в зависимости от величины квалитетного признака выделить следующие три группы типов леса: от 1 до 2 — малой продуктивности; от 2 до 3 — средней продуктивности; 3 и более — высокопродуктивные [9].

Таблица 2

Средний диаметр насаждения, см	Таксовая стоимость 1 м ³ деловой древесины, р. — к., по лесотаксовым поясам						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Разряд такс 1							
	4-46	3-79	2-74	1-57	0-89	0-57	
	4-74	3-99	2-89	1-64	0-94	0-59	
	4-96	4-16	3-01	1-70	0-98	0-60	
	5-14	4-29	3-10	1-75	1-01	0-61	
	5-31	4-42	3-20	1-81	1-04	0-63	
	5-49	4-55	3-30	1-86	1-07	0-64	
	5-64	4-67	3-38	1-91	1-10	0-65	
	5-78	4-78	3-46	1-96	1-12	0-67	
	5-90	4-87	3-53	2-00	1-14	0-67	
	6-10	5-02	3-64	2-07	1-18	0-69	
	6-26	5-15	3-74	2-13	1-21	0-71	
	6-38	5-25	3-81	2-18	1-24	0-72	
	6-47	5-32	3-86	2-21	1-25	0-72	
	6-55	5-38	3-91	2-24	1-27	0-74	
	6-58	5-40	3-93	2-25	1-28	0-74	
Разряд такс 2							
26	3-62	2-34	2-01	1-47	0-84	0-48	0-27
48	3-86	2-49	2-11	1-54	0-87	0-50	0-29
20	3-75	2-60	2-20	1-60	0-90	0-53	0-30
22	3-86	2-70	2-28	1-65	0-93	0-54	0-31
24	3-06	2-79	2-34	1-70	0-95	0-56	0-32
26	3-96	2-88	2-41	1-75	0-98	0-58	0-33
38	3-14	2-96	2-48	1-79	1-01	0-59	0-34
32	3-32	3-03	2-53	1-83	1-03	0-61	0-35
46	3-38	3-09	2-58	1-86	1-05	0-62	0-36
40	3-29	3-20	2-66	1-92	1-09	0-64	0-37
44	4-27	3-28	2-72	1-97	1-12	0-66	0-38
28	4-54	3-34	2-77	2-01	1-14	0-67	0-38
12	4-18	3-38	2-81	2-03	1-15	0-68	0-39
21	4-22	3-42	2-84	2-05	1-17	0-68	0-39
11	4-24	3-44	2-85	2-06	1-18	0-69	6-39
Разряд такс 3							
12	2-21	1-79	1-47	1-01	0-50	0-37	0-21
14	2-31	1-88	1-54	1-08	0-63	0-39	0-22
16	2-40	1-95	1-60	1-13	0-65	0-40	0-23
18	2-47	2-01	1-65	1-17	0-67	0-41	0-23
20	2-54	2-07	1-70	1-21	0-69	0-43	0-24
22	2-60	2-12	1-75	1-26	0-60	0-43	0-25
24	2-66	2-17	1-79	1-30	0-73	0-44	0-25
26	2-71	2-22	1-83	1-34	0-74	0-45	0-26
28	2-74	2-25	1-86	1-37	0-77	0-46	0-26
32	2-81	2-32	1-92	1-43	0-76	0-47	0-27
36	2-86	2-37	1-97	1-47	0-89	0-48	0-28
40	2-90	2-40	2-01	1-51	0-80	0-48	0-28
44	2-93	2-43	2-03	1-53	0-82	0-49	0-29
48	2-95	2-45	2-05	1-55	0-83	0-49	0-29
52	2-96	2-46	2-06	1-56	0-83	0-49	0-29
Разряд такс 4							
12	1-19	0-95	0-84	0-32	0-17	0-10	0-05
14	1-28	1-01	0-87	0-34	0-17	0-11	0-06
16	1-35	1-05	0-90	0-35	0-18	0-11	0-06
18	1-41	1-09	0-92	0-36	0-19	0-11	0-06

Продолжение табл. 2

Средний диаметр насаждения, см	Таксовая стоимость 1 м ³ деловой древесины, руб. — коп., по лесотаксовым поясам						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
20	1—47	1—12	0—95	0—38	0—19	0—12	0—06
22	1—52	1—16	0—97	0—39	0—20	0—12	0—07
24	1—57	1—19	0—99	0—40	0—20	0—12	0—07
26	1—62	1—22	1—00	0—41	0—21	0—12	0—07
28	1—65	1—24	1—01	0—44	0—21	0—12	0—07
32	1—72	1—28	1—04	0—44	0—22	0—13	0—07
36	1—77	1—31	1—05	0—46	0—23	0—13	0—08
40	1—80	1—34	1—07	0—47	0—23	0—13	0—08
44	1—83	1—35	1—08	0—48	0—24	0—14	0—08
48	1—85	1—37	1—08	0—48	0—24	0—14	0—08
52	1—86	1—38	1—09	0—49	0—24	0—14	0—08

Рассмотрим более подробно лесоводственно-экономическое значение качественной признака на этапе «сложившегося типа леса» [10], то есть в период главной рубки [9], [2]. Дифференциальная рента I по плодородию и положению лесных участков (насаждений) принадлежит государству и не может быть использована промышленными предприятиями непосредственно в своих интересах. Ее использование в государственных целях регулируется системой таксовых платежей (попеной платой).

Таксовая стоимость 1 м³ сосновой деловой древесины, найденная при помощи вероятностного закона Пуассона, в масштабах страны характеризуется данными, приведенными в табл. 2. Перемножая запасы деловой древесины по насаждениям на соответствующие показатели табл. 2, мы получим общую таксовую стоимость насаждений (по деловой древесине) [1], [3—5]. Таксовую стоимость дров, сучьев и другой биомассы следует учитывать отдельно. В широкой лесохозяйственной практике важно знать не только общую величину таксовой стоимости леса, но и ее динамику, то есть в какие сроки и на какую величину она изменяется. В этих целях было бы целесообразно рассмотреть и другое лесоводственно-экономическое понятие об относительной (удельной) доходности насаждения. Этот показатель можно получить, если произведение процента текущего прироста на соответствующий показатель табл. 2 разделить на 100.

Умножая величину запаса деловой древесины на относительную (удельную) доходность насаждения, мы найдем, какой величины прибавку таксового дохода в год следует ожидать от данного насаждения. При помощи качественной признака леса можно легко перейти от среднего диаметра к возрасту насаждения и, наоборот, от возраста к диаметру, а от него к оценке леса в денежном выражении.

По нашему мнению, в условиях экономического стимулирования промышленного производства назрела необходимость произвести качественно-денежную оценку всех лесосырьевых баз лесозаготовительных предприятий. В этих целях надо от таксовой оценки леса по категориям крупности древесины перейти к его оценке по категориям крупности насаждений, то есть в зависимости от среднего диаметра насаждения и запаса на 1 га. Эту задачу можно было бы решить и эмпирически — путем применения среднестатистических показателей таксовой стоимости насаждений с разными средними диаметрами. Но автор считает более целесообразным ее решение при помощи вероятностного закона Пуассона [1—8].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Иванюта В. М. Определение числа стволов в ступенях толщины при помощи вероятностного закона Пуассона. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1967, № 1. [2]. Иванюта В. М. К вопросу главного пользования лесом. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1968, № 6. [3]. Иванюта В. М. Введение в лесную биометрию. МЛТИ, 1969. [4]. Иванюта В. М. Биометрический анализ таксовой стоимости леса. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 6. [5]. Иванюта В. М. К вопросу о биометрическом анализе хозяйственной спелости леса. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 2. [6]. Иванюта В. М. Биометрическая теория и метод расчета сроков и размеров пользования лесом. — Материалы научно-технической конференции. МЛТИ, 1971. [7]. Иванюта В. М. К проблеме экономической оценки лесных площадей. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 1. [8]. Иванюта В. М. Процессы формирования и оценка леса. МЛТИ, 1972. [9]. Мелехов И. С. Рубки главного пользования. М., «Лесная промышленность», 1966. [10]. Мелехов И. С. Лесоведение и лесоводство. МЛТИ, 1970. [11]. Переход В. И. Основы экономики лесоводства. Киев, 1958. [12]. Третьяков Н. В., Горский П. В., Самойлович Г. Г. Справочник таксатора. Гослесбумиздат, 1952. [13]. Тюрин А. В. Лесная вспомогательная книжка. Гослесбумиздат, 1956.

Поступила 12 сентября 1974 г.

УДК 634.0.78 : 338.912

КАТЕГОРИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Е. С. РОМАНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Выделены пять групп факторов, которые способны выступить как ограничения полного использования наличной производственной мощности.

Существует и действует множество причин, препятствующих полному использованию производственных мощностей. Эти причины можно разделить на две группы.

К первой группе относятся причины (назовем их внутренними), которые заключены в понятии мощности, и ее компонентов, в методах их расчета. Так, если производительность и режим времени действительно максимальны, они долгое время не будут достигнуты. Более того, мощность динамична и объективно растет, даже если пересчет ее запаздывает. Мощность «выражает собою максимальные возможности, к освоению которых производство стремится постоянно, но никогда не достигает их в силу одновременного увеличения самой производственной мощности» [2].

Строго говоря, причины первой группы правильнее называть обстоятельствами, факторами, объясняющими, почему мощность не может быть освоена на 100%. Они в известной мере субъективны, обусловлены нашими представлениями, подходом.

Другую группу составляют причины, внешние по отношению к показателю производственной мощности. Они не влияют на величину мощности, но так или иначе мешают использовать ее наилучшим образом.

Природа причин второй группы совершенно иная, чем первой: они существуют объективно, вне мощности, вместе с нею влияя на объем производства. По отношению к мощности они выступают как ограничения ее использования. Мощность выражает потенциально возможный объем

производства: ограничениями является все то внешнее, что мешает полностью использовать мощность.

Понятие и перечень ограничений использования производственных мощностей лесозаготовительных предприятий впервые были сформулированы Т. С. Лобовиковым [2]. Он же предложил деление ограничений на три группы в зависимости от возможности их преодоления и дал понятия абсолютного и относительного излишка производственных мощностей (по сравнению с ограничениями). Разделяя в основном положения Т. С. Лобовикова, мы попытались систематизировать ограничения, а также внести ряд уточнений.

Все ограничения по их экономическому содержанию можно разделить на следующие четыре группы.

1. Ограничения, действующие со стороны предметов труда

Здесь входят:

лимиты материально-технического снабжения;
ограниченность ресурсов электроэнергии, тепло- и водоснабжения;
размеры запасов сырьевой базы и отпуска сырья.

Из факторов, связанных с предметом труда, только один непосредственно влияет на величину мощности — это качество предмета труда. От него зависит уровень использования объемно-пропускных характеристик оборудования и, следовательно, его производительность [4]. Все количественные характеристики, а также качество энерго-, водо- и теплоснабжения влияют не на мощность, а на степень ее использования, то есть являются ограничениями.

Особое место среди ограничений занимает размер сырьевой базы. Этот фактор действует в добывающей промышленности. В настоящее время он является причиной разногласий между теорией и практикой определения мощностей, источником научных дискуссий. Порождаемая всем этим неясность проникла в отраслевые инструкции.

Противостоят две точки зрения: 1) состояние запасов сырья должно отражаться в самом показателе мощности (то есть это фактор мощности); 2) от состояния запасов зависит не мощность, а возможность ее использования (следовательно, это ограничение).

Например, в «Методических указаниях» Госплана СССР [3] сказано: «Производственная мощность рассчитывается по горным предприятиям (шахтам, карьерам, приискам, драгам, гидравлическим установкам)... исходя из... состояния разведанных, вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов...» В. С. Куротченко и П. А. Осада [1] пишут: «Если балансовые запасы полезного ископаемого вследствие выработки месторождения недостаточны и не обеспечивают полного использования мощности шахтной подъемной установки или транспорта штольни в течение длительного периода, то производственная мощность рудника может быть установлена исходя из горно-технических условий». В лесозаготовительной промышленности применяется показатель «производственная мощность по размеру годичной лесосеки».

Ошибочность этих положений очевидна. В них проявляется широко распространенное среди производственников смешение двух понятий: производственной мощности и производственной программы. Различие этих понятий достаточно разъяснено экономической наукой и факты их смешения, по-видимому, чаще идут не от незнания, а от незаинтересованности работников производства в выявлении мощностей.

Не существует способа, которым можно бы, например, в поддающихся точному расчету технических параметрах мощности угольной шахты учесть количество угля, находящегося в недрах. Точно так же потенциальная производительность комплекса машин для заготовки, подвозки, вывозки и разделки леса — производственная мощность лесозаготовительного предприятия — не зависит от размера отпуска леса, как бы он ни был обоснован.

Создавая мощности, конечно, учитывают размеры запасов сырья. Но когда система машин и производственных сооружений сформирована и приведена в действие, только ее техническими возможностями определяется производственная мощность. Иначе получится, что мощность одной и той же системы сегодня больше, а завтра меньше только потому, что с каждым днем сокращаются запасы сырья.

Правило, что производственная мощность не зависит от обеспеченности сырьем, действительно как для обрабатывающей, так и для добывающей промышленности. Размеры запасов сырья и его отпуска не являются компонентами мощности, но могут выступать в роли ограничений полного ее использования.

II. Ограничения со стороны рабочей силы

Принято считать, что обеспеченность рабочей силой ни вообще, ни по профессиям, в частности, не влияет на величину показателя мощности. Дефицит кадров может оказаться причиной недоиспользования мощностей, но эти два вида ресурсов не смешивают, не подчиняют один другому, а рассматривают как вполне равноправные факторы объема производства. При планировании баланс рабочей силы составляется параллельно с балансом мощностей.

Есть, однако, специфический случай более сложной связи между обеспеченностью рабочей силой и использованием производственной мощности. Мы имеем в виду ситуацию, когда между этими двумя факторами становится третий — наличие ведомственной жилой площади.

В добывающей промышленности, в сельском и лесном хозяйстве нередко недостаточен не только уровень благоустройства жилфонда, но и его размер. В предприятиях, где весь (или почти весь) персонал проживает на ведомственной жилплощади, нетрудно подсчитать, какой объем производства возможен по наличию жилья. Это обстоятельство оказывает большое влияние как на текущие, так и на перспективные объемы.

Высокая капиталоемкость жилья, длительные сроки строительства, ограниченность капиталовложений на эти цели превратили жилфонд в самое узкое место многих лесозаготовительных предприятий. А это, в свою очередь, выразилось в стремлении ввести жилфонд в расчеты мощностей и даже устанавливать общую мощность предприятия именно по жилфонду. Подобная практика существовала и в угольной промышленности. Таким образом, непроизводственный фактор претендует на роль ведущего для установления производственной мощности. Теоретическая несостоятельность этой претензии очевидна. Однако нельзя так просто отмахнуться от этого вопроса. Дело в том, что при обосновании производственной программы ни один из балансов (материальные, рабочей силы, мощностей) не учитывает обеспеченности жильем. Планирование и финансирование жилищного строительства отделено от тех же функций по производству. В итоге план по производству нередко оказывается неподкрепленным мерами по расширению жилья. Как «выход» из этого положения и родилась идея включить

жилфонд в число факторов производственной мощности, чтобы при планировании он проходил через баланс мощностей.

Не вдаваясь в подробную аргументацию, заметим, что наиболее правильно ввести специальный показатель «ограничение производственной программы по степени обеспеченности жилфондом», выраженный в единицах программы и учитываемый при ее обосновании либо самостоятельно, либо через баланс рабочей силы. Это необходимо для того, чтобы во всех отраслях показатель производственной мощности был качественно однородным и служил характеристикой только производственных основных фондов.

Своеобразным моментом, связанным с «человеческим фактором» и в то же время находящим отражение в показателе производственной мощности, являются некоторые условия и требования охраны труда и техники безопасности. Например, в угольной промышленности производственную мощность шахты определяют по условиям вентиляции. На лесозаготовках сменность работы на лесосеке установлена ниже, чем на транспорте и нижних складах, именно по условиям безопасности труда. По существу в этих и подобных им примерах имеем дело с ограничениями, но они учитываются в мощности.

III. Ограничения, обусловленные размером спроса на продукцию

В соотношении понятий спроса, мощности и уровня ее использования нет каких-либо методических неясностей. Изменение спроса влияет на объем производства и через него на уровень использования мощности. Но зависимость эта не прямо пропорциональная и даже не всегда прямая, так как мощность в силу ее динамичности не остается неизменной.

Если со временем спрос уменьшается, то показатели использования мощности ухудшаются еще значительно, ибо мощность растет. Точно так же стабильность спроса не означает стабильности коэффициентов использования мощности, а при растущем спросе эти коэффициенты могут и улучшаться и ухудшаться в зависимости от соотношения темпов изменения спроса и мощности. Наконец, имеются предприятия, построенные с расчетом на увеличение спроса в будущем. В этом случае часть мощности оказывается резервной, что необходимо учитывать при оценке уровня использования всей мощности.

Разумеется, на практике указанные обстоятельства обнаруживают себя только при систематических перерасчетах мощности, отражающих прогресс технологии и организации производства, организации труда и др.

IV. Транспортно-сбытовые ограничения

К этой группе относятся ограничения со стороны транспорта готовой продукции (транспортной отрасли): недостаточное развитие подъездных путей, причалов, пристаней и т. п.; ограниченная подача грузового состава (вагоны, баржи и т. д.) под погрузку; малая пропускная (провозная) способность путей транспорта: железных и шоссейных дорог, сплавных рек и др.; ограничения, предъявляемые органами транспорта к виду отгружаемой продукции.

Все перечисленные моменты являются непосредственным продолжением процесса производства. Если возможности по отгрузке и перевозке готовой продукции меньше, чем производственная мощность, полное использование последней недостижимо. В то же время нет оснований рассматривать все эти моменты как узкие места мощности. В каждом

производстве должна быть четко зафиксирована последняя по ходу производственного процесса операция, учитываемая в показателе мощности. Все последующие операции могут выступить лишь как ограничения. На лесозаготовках «закрывающей» операцией следует считать штабелевку сортиментов на нижнем складе. При этом необходимо учесть размеры складских площадей и их «оборачиваемость». Операция отгрузки готовой продукции относится уже к категории ограничений.

Особую роль играют те элементы основных производственных фондов, которые не учитываются в мощности, но могут воспрепятствовать полному ее использованию. Таковы вспомогательные цехи: ремонтные, инструментальные; энергетика, внутризаводской транспорт (кроме вывозки леса), а также то оборудование основных цехов, которое не участвует в расчетах мощности (например, погрузочно-разгрузочные средства на лесозаготовках).

Все это — части единого производственного аппарата, что принципиально отличает их от рассмотренных выше внешних ограничений. Если вопрос о внешних ограничениях возникает тогда, когда мощность уже определена и можно переходить к обоснованию программы, то возможности перечисленных здесь объектов — не ограничения, а компоненты мощности. Сейчас их учитывают, если они оказываются узкими местами. В дальнейшем же, с развитием методов оптимизации, вспомогательные производства и «неведущее» оборудование основного производства, несомненно, должны учитываться во всех случаях. В связи с этим возникает необходимость в разработке методов соизмерения мощностей основного и вспомогательных производств.

Своеобразная неполнота использования мощности возникает и тогда, когда основное оборудование, по которому устанавливается мощность, может быть отвлечено для выполнения работ, «не входящих» в мощность. Таково, например, участие трелевочных машин в сплавных, подготовительных, лесохозяйственных работах, лесовозных машин — в капитальном строительстве и т. д. Разумеется, при определении мощности эти работы должны приниматься в минимальном объеме, но было бы ошибкой совершенно игнорировать их. Методически этот момент следует учитывать путем соответствующего снижения мощности (то есть не конструируя особого ограничения).

Выделение категории ограничений использования производственной мощности имеет большое практическое значение. Оно состоит, во-первых, в том, чтобы, четко различая понятия мощности и ограничений, не допускать превращения ограничений в факторы мощности, так как это всегда направлено на занижение мощности. Во-вторых, внимательное изучение ограничений и разработка надежных и точных методов их измерения весьма важны для правильного обоснования плановых объемов производства, с одной стороны, и подготовки мер по снятию или смягчению ограничений, с другой. Наконец, четкая и ясная система ограничений необходима для плодотворного факторного анализа возможностей производства и перспектив его развития.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Куротченко В. С., Осада П. А. Производственная мощность промышленного предприятия. М., Госпланиздат, 1961. [2]. Лобовиков Т. С. Экономика лесозаготовительной промышленности СССР. Л., 1958. [3]. Методические указания к составлению государственного плана развития народного хозяйства СССР. М., «Экономика», 1969. [4]. Петров Б. С. Организация и планирование производства на деревообрабатывающих предприятиях. Изд. 3-е, перераб. М., «Лесная промышленность», 1970.

УДК 674.038.6.003.13

К ВОПРОСУ ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОРТИРОВКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПО ПРОЧНОСТИ

А. Д. ГОЛЯКОВ

Архангельский лесотехнический институт

На основе экспериментальных данных с помощью аналитических расчетов показан экономический эффект использования пиломатериалов невысоких сортов ГОСТ 8486—66 в качестве конструкционного материала при наличии сортировки по прочности.

Широко распространенный в настоящее время метод визуального контроля качества пиломатериалов не позволяет определить их прочность. Среди пиломатериалов второго, третьего сортов (ГОСТ 8486—66) всегда есть сортименты с прочностью отборного и первого сортов, и наоборот. На рис. 1 представлен характер распределения пределов прочности сортообразующих сечений при изгибе сырых сосновых пиломатериалов брускового сечения 50×100 мм. Результаты статистической обработки экспериментальных данных показали, что 98,5% брусков первого сорта, 97% второго и 80% третьего сортов имели прочность выше минимальной прочности пиломатериалов отборного сорта (238 кгс/см^2), а 26% первого, 14% второго и 5% третьего сортов выше среднего предела прочности брусков отборного сорта (408 кгс/см^2).

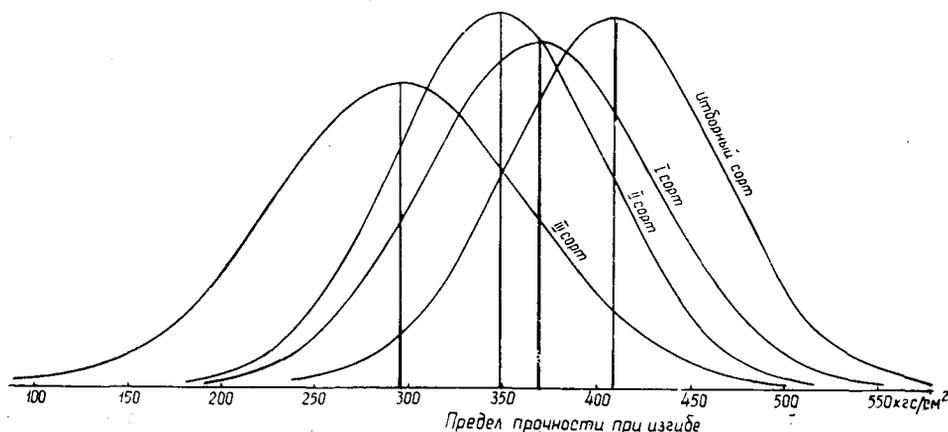


Рис. 1. Распределение пределов прочности при изгибе сырых пиломатериалов визуальной сортировки.

Такое положение с сортировкой пиломатериалов неблагоприятно сказывается на их использовании в качестве конструкционного материала. Конструкторы и проектировщики закладывают в расчеты деревянных конструкций средние или даже условные значения механических характеристик пиломатериалов, часто значительно отличающиеся от фактических. Чтобы повысить надежность рассчитываемых таким об-

разом конструкций, приходится вводить в расчеты повышенные коэффициенты запаса прочности. Это ведет к перерасходу материала, увеличению собственного веса конструкций и их стоимости.

Введение поштучной сортировки пиломатериалов по прочности позволит использовать конструкционную древесину более рационально — в соответствии с действительной прочностью досок. В этом случае ценность конструкционных пиломатериалов определяется их прочностью. Пиломатериалы низкого визуального качества, но достаточной прочности будут реализовываться по более высокой, чем сейчас, цене.

В своих исследованиях эффективности сортировки пиломатериалов по прочности мы условно приняли, что сортименты первого, второго и третьего сортов (ГОСТ 8486—66), имеющие такую же прочность, как и отборные (назовем их отборными конструкционными), продаются по цене отборного сорта C_0 , а остальные по цене соответствующего визуального сорта C_i . В этом случае экономический эффект прочностной сортировки пиломатериалов любого визуального сорта \mathcal{E}_i , получаемый в результате перехода части досок в отборный конструкционный сорт, можно выразить формулой

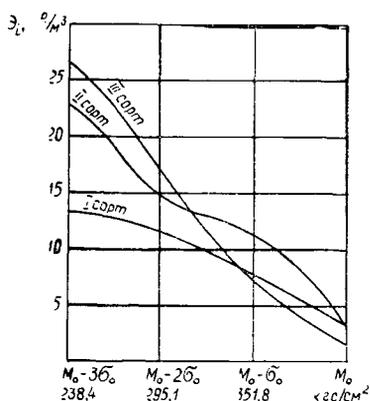
$$\mathcal{E}_i = D_i C_0 + (1 - D_i) C_i - C_i = D_i (C_0 - C_i) \text{ р./м}^3, \quad (1)$$

где D_i — доля пиломатериалов рассматриваемого визуального сорта, обладающих прочностью отборного сорта.

Значения \mathcal{E}_i , вычисленные в предположении, что нижняя граница прочности отборных конструкционных пиломатериалов должна про-

Рис. 2. Зависимость экономического эффекта прочностной сортировки пиломатериалов от точности определения прочности пиломатериалов при неразрушающем контроле.

ходить между средней (M_0) и минимальной ($M_0 - 3\sigma_0$) прочностью досок отборного сорта (σ_0 — среднее квадратическое отклонение прочности пиломатериалов отборного сорта), представлены графически на рис. 2.



При более точном определении экономического эффекта следует учитывать, что прочность пиломатериалов при неразрушающих испытаниях определяется с некоторой погрешностью. Мы имеем возможность учесть эту погрешность, если для прочностной сортировки пиломатериалов используется силовой метод. Этот метод основывается на корреляционной связи прочности и жесткости древесины при поперечном изгибе, когда прямым поштучным контролем устанавливается жесткость досок и прогнозируется их вероятностная прочность. В этом случае погрешность определения прочности характеризуется ошибкой корреляционного уравнения. В частности, для исследованных сырых пиломатериалов сечением 50×100 мм уравнение связи предела прочности при изгибе σ_n и модуля упругости E , измеренного на пролете 1 м,

$$\sigma_n = 3,36 \cdot 10^{-3} E + 68 \text{ кгс/см}^2$$

имеет ошибку $m = 38$ кгс/см². Для того чтобы полностью исключить попадание в «отборный конструкционный» сорт сортиментов с прочностью меньше возможной минимальной прочности досок отборного визуального сорта, при силовой сортировке нужно ориентироваться на более высокую прочность, отстоящую от минимальной прочности отборных пиломатериалов не менее чем на три ошибки уравнения связи. Иными словами, граничное значение прочности «отборного конструкционного» сорта σ_r должно быть на уровне

$$\sigma_r = M_0 - 3\sigma_0 + 3m = 408,5 - 3 \cdot 56,7 + 3 \cdot 38 = 352,4 \text{ кгс/см}^2. \quad (2)$$

Определив в соответствии со значением σ_r доли переходности пиломатериалов низкого визуального качества в «отборный конструкционный» сорт и подставив их в формулу (1), найдем экономический эффект \mathcal{E}_i силовой сортировки. Для пиломатериалов первого сорта он составит около 8 р./м³, второго — 11 р./м³, третьего — 7 р./м³ (рис. 2). Эти цифры не учитывают затрат на машинную сортировку. Затраты на силовую сортировку 1 м³ пиломатериалов, по нашим расчетам, будут на порядок ниже полученного экономического эффекта.

Таким образом, можно сделать вывод о большой экономической эффективности сортировки пиломатериалов по прочности вообще и силовым методом, в частности.

Для наиболее рационального и комплексного использования древесины сортировку по прочности следует сочетать с визуальной. В этом случае силовая сортировка может осуществляться одновременно (по времени и месту) с визуальной, предшествовать визуальной или следовать за ней. В последнем случае, выгоднее пересортировывать, как видно из расчета, пиломатериалы второго сорта ГОСТ 8486—66.

Поступила 30 апреля 1974 г.

УДК 331.015.3

АНАЛИЗ ПОМЕСЯЧНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РОСТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В ЛЕСПРОМХОЗЕ

Н. В. ПОДЛЕСНАЯ

Ленинградская лесотехническая академия

Цель данной работы — выявление и анализ различных методов обоснования плановой производительности труда по материалам Лавельского леспромхоза комбината «Архангельсклеспром». Ставится задача совершенствования методов планирования производительности труда в направлении обеспечения реальности плановых показателей и повышения напряженности производственной программы.

В настоящее время производительность труда является директивным показателем и задается предприятиям в целом на год. По месяцам года производительность планируется самими леспромхозами с таким расчетом, чтобы установить достаточно напряженные, но выполнимые задания по выработке как по предприятию, так и по каждому его подразделению.

Цель данной работы — рассмотреть различные варианты обоснования плановой производительности труда по месяцам года и сопоста-

вить их с опытом планирования. Анализ выполнен вариантным методом на примере Лавельского леспромхоза объединения «Архангельсклеспром».

Исходим из того, что базой планирования производительности труда могут быть либо нормы, либо достигнутый уровень выработки. Возможны следующие варианты планирования производительности:

- 1) на уровне базы;
- 2) на уровне базы с твердой единой добавкой;
- 3) с единой добавкой, исходя из директивного задания по росту производительности труда;
- 4) исходя из опыта и условий работы.

По этим вариантам сделаны расчеты по выработке в кубометрах на машино-смену для малой комплексной бригады Никифорова из Сурского лесопункта (табл. 1).

На лесозаготовительных работах основой планирования является норма выработки ведущего оборудования. В разных условиях этот метод обеспечивает равную, но недостаточную напряженность планов. Именно таким методом ведется планирование в предприятиях многолесных районов (табл. 1, вариант I).

Из данных табл. 1 видно, что нормы устойчиво перевыполняются во все месяцы, за исключением периода распутицы (апрель и ноябрь). Следовательно, задание по производительности труда на уровне нормы (вариант I) не является напряженным. Оно ниже достигнутого уровня производительности труда в целом за год.

Это задание можно повысить, например, на 10%, используя опыт планирования на предприятиях малолесных районов (табл. 1, вариант II). Принципиальных изменений такой метод не вносит, лишь число случаев невыполнения месячного плана по производительности труда увеличивается до четырех.

Добавка 10% повышает напряженность плана, однако недостаточно, чтобы довести до исполнителей директивное задание по производительности труда. Поэтому возможен третий вариант планирования, при котором план предприятия полностью доводится до рабочих мест. Так, план Сурского лесопункта 105 тыс. м³ в год, а сумма планов малых комплексных бригад этого лесопункта 93,2 тыс. м³, то есть предусмотрен рост производительности труда на 12,6%. Исходя из этой цифры, мы сделали пересчет плановых объемов вывозки по месяцам для данной бригады и по плановому количеству машино-смен получили плановую выработку на машино-смену (табл. 1, вариант III). Этот вариант планирования делает задание по производительности труда «сквозным», обеспечивая равенство плана предприятия с суммой бригадных планов. При научно-обоснованном директивном задании по объему продукции на бригаду такой метод планирования позволяет довести задание по росту производительности труда до каждого рабочего.

Следующий вариант планирования (табл. 1, IV) предусматривает индивидуальный подход к обоснованию задания по производительности труда. Он базируется на достигнутом уровне выполнения норм, исходя из того, что норма соответствует равной напряженности труда в разных условиях. В любом случае выработка планируется не ниже норм. Этот вариант планирования зависит от качества норм, от того, насколько точно отражают они природные и сезонные влияния.

Итак, в табл. 1 представлены четыре варианта планирования производительности на рабочих местах. Поскольку на практике в многолесных районах применяется первый из них, можно сделать вывод, что

Месяц	Выработка на маш.-смену, м ³		Показатели по			
	по норме	фактически	I		II	
			План, м ³ /см.	% выполнения плана	План, м ³ /см.	% выполнения плана
Январь	38,6	38,8	38,6	100,5	42,4	91,5
Февраль	33,2	43,4	33,2	131,0	36,5	118,9
Март	25,8	31,0	25,8	120,7	28,4	109,2
Апрель	37,0	34,3	37,0	92,7	40,7	84,3
Июль	35,0	38,0	35,0	108,5	38,5	98,7
Август	44,0	49,9	44,0	113,4	48,4	103,1
Сентябрь	43,4	54,8	43,4	126,5	47,7	114,9
Октябрь	42,0	54,7	42,0	130,0	46,2	118,4
Ноябрь	42,0	36,4	42,0	86,6	46,2	78,8
Декабрь	46,0	53,0	46,0	115,2	50,6	104,7
Итого за год	38,5	44,1	38,5	114,5	42,4	104,0

Месяц	Данные леспромхоза за 1973 г.			Показатели по			
	План		% выполнения плана	IA		IB	
	р.	Отчет		План, р.	% выполнения плана	План р.	% выполнения плана
Январь	281,1	272,4	96,9	259,2	105,1	288,7	94,4
Февраль	294,6	286,9	97,4	284,6	100,8	272,4	105,3
Март	317,0	294,2	92,8	293,2	100,3	286,9	102,5
Апрель	270,0	237,2	87,9	264,2	89,8	294,2	80,6
Май	182,4	106,1	58,2	190,5	55,7	237,2	44,7
Июнь	184,9	262,1	141,7	159,5	164,3	106,1	247,0
Июль	166,7	232,2	139,3	138,8	167,3	262,1	88,6
Август	203,0	210,6	103,7	180,9	116,4	232,2	90,7
Сентябрь	211,0	235,3	111,5	205,2	114,7	210,6	111,7
Октябрь	273,6	268,7	98,2	247,0	108,8	235,3	114,2
Ноябрь	250,6	243,4	97,1	251,8	96,7	268,7	90,6
Декабрь	292,0	265,3	90,8	288,7	91,9	243,4	109,0
Итого за год	2956	2989	101,1	2819	106,0	3012	99,3

на рабочих местах в леспромхозе рост производительности труда не задается.

Для предприятия в целом базой планирования производительности труда работника на год служит достигнутый уровень выработки. На примере показателя выработки товарной продукции в рублях на работника промышленно-производственного персонала рассмотрим, как планируется производительность по месяцам. В табл. 2 приведены расчеты по тем же четырем вариантам планирования производительности. Уровень выполнения плана определен по фактической выработке товарной продукции на работающего за 1973 г.

Приведены также плановые и фактические показатели по месяцам 1973 г. по данным леспромхоза. Эти плановые показатели определены так: государственное задание по производству продукции на квартал распределяют по месяцам; по месячному объему продукции и плановой

Таблица 1

вариантам планирования						
III				IV		
План на бригаду, м ³	Количество тракторо-смен по плану	План, м ³ /см.	% выполнения плана	План, м ³ /см.	% выполнения	
					нормы	плана
1042	24	43,4	89,4	38,6	100,5	100,5
858	23	37,3	116,3	33,4	131,0	130,0
669	23	29,1	106,5	33,8	120,2	91,7
375	9	41,7	82,3	44,4	92,7	77,3
828	21	39,4	96,4	35,0	108,5	108,5
1241	25	49,6	100,6	47,7	113,4	104,6
1270	26	48,9	112,0	49,2	126,5	111,4
1136	24	47,3	115,6	53,1	130,0	103,0
994	21	47,3	77,0	54,6	86,6	66,7
622	12	51,8	102,3	46,0	115,2	115,2
9035	208	43,4	101,6	—	114,5	—

Таблица 2

вариантам						
II		III		IV		
План р.	% выполнения плана	План р.	% выполнения плана	Коэффициент	План р.	% выполнения плана
267,0	102,0	271,9	100,2	1,03	252,7	107,8
293,1	97,9	298,5	96,1	1,15	283,2	101,3
302,0	97,4	307,6	95,6	1,29	317,0	92,8
272,1	87,2	277,1	85,6	1,15	283,2	83,8
196,2	54,1	199,8	53,1	0,64	156,4	67,8
164,3	159,5	167,3	156,7	0,78	192,1	136,4
143,0	162,4	145,6	159,5	0,69	168,9	137,5
186,3	113,0	189,7	111,0	0,80	197,0	106,9
211,4	111,3	215,2	109,5	0,90	221,7	106,1
254,4	105,1	259,1	103,7	1,02	250,5	107,3
259,3	93,9	264,1	92,2	1,02	252,2	96,5
297,4	89,2	302,8	87,6	1,23	302,9	87,6
2903	103,0	2956	101,1	—	2956	101,1

численности работающих рассчитывают производительность труда на каждый месяц. Плановую численность, в свою очередь, определяют из того же объема производства, путем деления его на норму выработки и процент ее перевыполнения. Полученное таким образом количество человеко-дней позволяет по количеству рабочих дней в месяце определить плановую численность рабочих на основных работах.

Как видно из приведенных данных, при таком планировании в 8 месяцах из 12 план по производительности труда не выполнен, хотя годовое задание по производительности труда перевыполнено. Это говорит о необоснованном распределении годового задания по месяцам.

Сравним расчеты плановой производительности по нашим вариантам с существующим методом планирования.

Вариант I — планирование на базовом уровне — распадается в данном случае на два варианта: планирование на уровне выработки,

достигнутом в соответствующий месяц прошлого года (вариант IA), и в предшествующий месяц текущего года (IB).

Первый из них не предусматривает достаточного роста производительности труда, к тому же, вследствие изменения природных и климатических условий, такой план вообще может оказаться необоснованным. Второй подвариант обеспечивает совпадение технических и организационных условий, но не учитывает изменения природно-климатических факторов, что особенно сказывается в межсезонный период (см. перепад апрель—май). К тому же здесь не гарантирован выход на плановый годовой уровень производительности труда, а план на текущий месяц может быть определен только тогда, когда закончится предыдущий, или же должно определяться ожидаемое выполнение плана, что усложнит текущее планирование.

Вариант II (табл. 2) предусматривает рост производительности труда в виде определенного процента к достигнутому уровню (в данном случае 3%). Принятый формально, без конкретных обоснований этот процент не связан с директивным заданием по росту производительности труда и не обеспечивает его достижение.

III вариант планирования производительности по месяцам рассчитан на основе годового задания по росту производительности труда, которое к фактическому уровню 1972 г. составило 4,9%. Такой же рост предусмотрен в данном варианте и помесячно по отношению к фактическим показателям производительности труда за 1972 г.

IV вариант, учитывающий опыт и условия работы, состоит в следующем: годовое плановое задание по производительности труда распределяется по месяцам при помощи коэффициентов, учитывающих динамику фактической производительности труда по месяцам в предшествующие годы. Эти коэффициенты выражают отношение производительности труда в данном месяце к среднемесячной производительности за год. В табл. 2 использованы коэффициенты, рассчитанные из опыта работы предприятия за 1971—1972 гг. Число рабочих дней в месяце учитывается коэффициентом.

Для планирования производительности труда по месяцам сначала по годовому плановому заданию находим среднемесячное, а затем с помощью коэффициентов устанавливаем производительность на каждый месяц. Речь идет, по существу, о дифференциации годового задания: повышении в благоприятные периоды и понижении в неблагоприятные. Коэффициенты учитывают наиболее общие природно-климатические факторы, влияющие на выработку, и поэтому данный метод может быть назван коэффициентным или пофакторным.

Из приведенного в табл. 2 варианта IV видно, что если бы план по производительности труда по месяцам 1973 г. был установлен этим методом, то в 7-месяцах наблюдалось бы перевыполнение плана, был бы выполнен и годовой план. Размах процентов выполнения плана значительно меньше, чем по всем остальным методам.

* * *

В заключение можно сказать, что целям распределения годового задания по росту производительности труда по периодам года и между рабочими наиболее полно отвечают: на уровне предприятия — пофакторный метод с помощью коэффициентов, на рабочих местах — доведение планового задания по объему вывозки до бригад и отсюда — определение плановой выработки на человеко-день или машино-смену.

Чтобы обеспечить заинтересованность предприятия и отдельных работников в применении этих методов, необходимо создать соответствующую систему поощрения за планирование напряженных, но реальных заданий по производительности труда.

Поступила 8 октября 1974 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 634.0.378.3

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОБЪЕМА
СОРТИМЕНТНОГО ПУЧКА БРЕВЕН

Ю. В. ЛОБАНОВ, П. Ф. ВОЙТКО

Марийский политехнический институт

Приведены теоретические и экспериментальные исследования коэффициента полнодревесности сортиментного пучка бревен.

В лесной промышленности учет древесины в сортиментных пучках — одна из трудоемких операций технологического процесса водного транспорта леса. На этих операциях занято около 10% всего персонала сплавных предприятий. Исследования и опыт показывают, что известные методы определения объема пучка бревен имеют ряд недостатков, которые либо ограничивают их применение, либо делают вообще не пригодными для производства. Такое положение объясняется недостаточной теоретической изученностью вопроса.

Объем сортиментного пучка цилиндрической формы определяется по формуле

$$W = 0,25\pi BHL\beta, \tag{1}$$

где B, H, L — ширина, высота и длина пучка бревен, м;
 β — коэффициент полнодревесности пучка.

Коэффициент полнодревесности характеризует плотность укладки бревен в пучке и зависит от следующих основных факторов: диаметра бревен, длины их, угла взаимного расположения бревен в пучке, способа сплотки и длительности транспортировки, пороков формы ствола бревен.

Детальному изучению вопроса полнодревесности пучка посвящены работы ряда авторов ([2—5] и др.). Анализ этих работ позволяет отметить, что строгого аналитического определения коэффициента полнодревесности пучка бревен нет. Полуэмпирические зависимости поправочных коэффициентов, полученные авторами в результате экспериментальных исследований, использовать трудно, так как они противоречивы и содержат значительные расхождения по сравнению с производственными данными.

Для определения коэффициента полнодревесности рассмотрим структуру сортиментного пучка, предварительно приняв следующие допущения: а) в пучке находятся бревна одного диаметра и длины, расположенные параллельно друг другу комлями в разные стороны; б) касание бревен в пучке происходит по эффективному среднему диаметру; в) ширина щели между бревнами постоянна для данного пучка. Очевидно, что величина коэффициента полнодревесности пучка зависит от расположения бревен. На рис. 1 показаны два крайних случая. Один из них соответствует теснейшему расположению бревен, а другой — их наиболее свободному расположению (при условии их соприкосновения). Следовательно, угол ромба изменяется в пределах

$$60^\circ \leq \theta \leq 90^\circ. \tag{2}$$

Площадь ромба

$$S_1 = d_{cp}^2 \sin \theta. \tag{3}$$

Площадь частей сечений бревен, лежащих внутри ромба, составляет один круг площадью

$$S_2 = \frac{\pi d^2}{4}. \tag{4}$$

Тогда коэффициент полнодревесности пучка бревен

$$\beta = \frac{S_2}{S_1} = \frac{\pi d^2}{4d_{cp}^2 \sin \theta}. \tag{5}$$

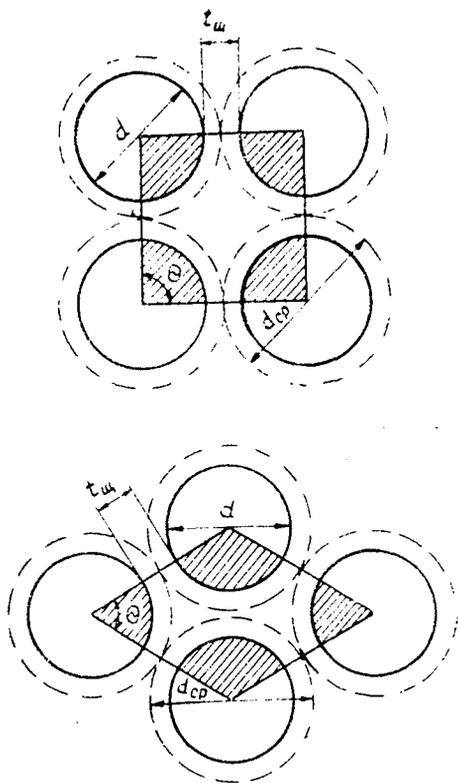


Рис. 1. Возможные схемы расположения бревен в поперечном сечении пучка.

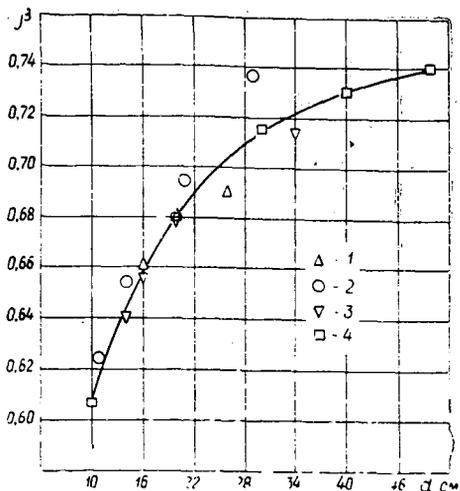


Рис. 2. Зависимость коэффициента полндревесности пучка длиной 6,5 м от диаметра бревен.

1, 2, 3 — данные производственных испытаний Гипролестранса; 4 — теоретические данные.

Предположим, что эффективный средний диаметр бревна равен

$$d_{ср} = \frac{d_k + d}{2}, \tag{6}$$

где диаметр комля бревна определяется по зависимости Н. П. Анучина [1]

$$d_k = \frac{d + 0,39L}{1 - 0,021L}. \tag{7}$$

Подставим выражения (6) и (7) в уравнение (5), тогда

$$\beta = \frac{\pi}{4 \sin \theta} \left(\frac{2d - 0,042Ld}{2d + 0,39L - 0,021Ld} \right)^2, \tag{8}$$

где d — диаметр бревна в верхнем отрубе, см;

θ — угол взаимного расположения бревен в поперечном сечении пучка, град.

Поскольку

$$\frac{d\beta}{dL} > 0; \frac{d\beta}{dd} < 0; \frac{d\beta}{d\theta} < 0, \tag{9}$$

то интервал коэффициента полндревесности сортиментного пучка при $10 \leq d \leq 50$ см, $4,5 \leq L \leq 10$ м, $60^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$,

$$0,412 \leq \beta \leq 0,788. \tag{10}$$

Полученные результаты по определению коэффициента полндревесности пучка бревен имеют удовлетворительную сходимость с производственными исследованиями, проведенными: институтом Гипролестранс [6], Д. Н. Липманом на Керчевском рейде [3], авторами на лесной бирже Соликамского ЦБК (рис. 2).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Анучин Н. П. Таксация и устройство разновозрастных лесов. М., «Лесная промышленность», 1969. [2]. Ариштейн Г. Э., Хахин Н. А. О коэффициенте полноты древесины пучков на лесосплаве. — Труды ЦНИИЭВТа, вып. 10, 1957. [3]. Липман Д. Н. Исследование факторов, влияющих на определение объема лесоматериалов при сплаве. Дисс. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. М., 1996. [4]. Мазкевич Д. Д. Методы и средства автоматического учета леса на сплаве. М., «Лесная промышленность», 1965. [5]. Родионов Б. С. О некоторых размерных характеристиках озерных пучков. — Труды СТИ, т. 9, вып. X, 1955. [6]. Технические указания по проектированию лесосплавных предприятий. Л., «Лесная промышленность», 1965.

УДК 629.1

О ВОЗДЕЙСТВИИ КОЛЕС АВТОМОБИЛЕЙ НА ДОРОЖНУЮ ОДЕЖДУ

Ф. А. ПАВЛОВ, Н. Н. ЧЕРНАКОВА

СевНИИП

Приведены результаты теоретических исследований напряженно-деформированного состояния трехслойной гравийной одежды под воздействием колес автомобилей различной грузоподъемности. Определены вертикальные сжимающие и касательные напряжения, а также осадки в нескольких точках по глубине. Изучено влияние ослабленной грунтовой прослойки на величину напряжений и осадок. Сделаны выводы о величине воздействия автомобилей с разным типом колес на дорожную одежду.

В статье рассматривается задача об условиях применения автомобилей различных типов в зависимости от характера и величины силового воздействия на дорожную одежду или грунта.

Расчет напряжений и осадок сделан для проектного поперечного профиля Ярнемской гравийной дороги в Архангельской области (рис. 1). Гравийно-песчаная смесь с модулем деформации 450 кгс/см² уложена на земляное полотно из суглинка. Суглинок имеет расчетный модуль деформации 130 кгс/см². Пунктиром показаны варианты поперечного сечения при наличии под гравийным покрытием переувлажненного слоя суглинка толщиной 10, 20 и 40 см с модулем деформации 70 кгс/см². Зона переувлажненного грунта земляного полотна может достигать до 80—100 см от верха покрытия.

С введением промежуточного слоя дорожная одежда представляет собой трехслойную систему, которая подвержена воздействию осесимметричной равномерно распределенной нагрузки от колес автомобиля (рис. 2). Анализ напряженного и деформируемого состояний такой системы, как показали многие исследования, можно выполнить с использованием решений теории упругости. Для машинного счета наиболее удобно решение Р. М. Раппопорт [2]. Выражения для компонентов напряжений и деформаций после соответствующих преобразований могут быть представлены в общем виде

$$\sigma_{zi} = -p\beta \int_0^{\infty} F_1(\alpha, \eta, \mu, E) I_0(\alpha\rho) I_1(\alpha\beta) d\alpha; \quad (1)$$

$$\tau_{rzi} = -p\beta \int_0^{\infty} F_2(\alpha, \eta, \mu, E) I_1(\alpha\rho) I_1(\alpha\beta) d\alpha; \quad (2)$$

$$\omega_i = \frac{(1+\mu)p\beta H}{E} \int_0^{\infty} \frac{F_3(\alpha, \eta, \mu, E)}{\alpha} I_0(\alpha\rho) I_1(\alpha\beta) d\alpha. \quad (3)$$

В выражениях (1)—(3) обозначено:

σ_{zi} , τ_{rzi} , ω_i — соответственно сжимающие вертикальные, касательные напряжения и осадки в i -том слое;

F_1, F_2, F_3 — функции, зависящие от упругих констант E, μ (модуля деформации и коэффициента Пуассона), места расположения слоя в конструкции и

параметра интегрирования α . Математические выражения для функций F_1 , F_2 и F_3 приводятся в специальной литературе [3]; $I_1(\alpha^2)$ — функции Бесселя соответственно нулевого и первого порядков, первого рода.

$$\beta = \frac{b}{H}; \quad \eta = \frac{z}{H}; \quad \rho = \frac{r}{H},$$

b — радиус отпечатка колеса;

r — координаты;

ρ — удельное давление на поверхности.

Напряжения и осадки по приведенным выше выражениям определяли численным интегрированием. Функции F_1 , F_2 и F_3 находили из граничных условий на поверхности.

Реализация программ на ЭВМ позволила определить напряжения и осадки долой одежды на различной глубине (через 10 см) при воздействии на поверхности равномерно распределенной нагрузки от колес автомобилей ЗИЛ-157К, З-500, КраЗ-214, КраЗ-219, для которых достаточно полно изучены характеристики шин. Автомобили ЗИЛ-157К и КраЗ-214 широко используются на вывозке леса,ometry автомобиля МАЗ-500 близки к параметрам МАЗ-509 (задняя ось), а автомобиль КраЗ-219 выбран для сравнения.

Основные расчетные характеристики приведены в табл. 1 [5].

Таблица 1

Марка автомобиля	Грузоподъемность, кгс	Общий вес поддресоренной и неподдресоренной частей с полной нагрузкой, кгс		Нагрузка на заднее колесо P_k , кгс
		приходящийся на переднюю подвеску	то же на заднюю подвеску	
ЗИЛ-157К	4500	2675	7850	1962
МАЗ-500	7500	4225	10000	5000*
КраЗ-214	7000	5800	13770	3442
КраЗ-219	12000	4670	18860	4715*

* Нагрузка на спаренные колеса.

По величине нагрузки на колесо и зависимости площади отпечатка от статичекого прогиба (по исследованиям А. А. Фаленкова [4]) определены диаметр отпечатка шин у автомобилей и средние контурные давления на контакте с дорогой (табл. 2).

Таблица 2

Марка автомобиля	Размер шин	Номинальное внутреннее давление воздуха, кгс/см ²		Статический прогиб при полной нагрузке, мм			Параметры отпечатков шин при среднем статическом прогибе		
		передних колес	задних колес	минимальный	максимальный	средний	Контурная площадь, см ²	Эквивалентный диаметр, см	Среднее удельное давление, кгс/см ²
ЗИЛ-157К	12.00-18	3,0	3,2	37	40	38,5	600,6	27,6	3,27
МАЗ-500	12.00-20	4,25	5,5	38	46	42	2×684,6	41,8	3,65
КраЗ-214	15.00-20	2,8	3,2	46	55	50,5	1030,2	36,2	3,34
КраЗ-219	12.00-20	5,0	5,5	35	44	39,5	2×643,8	40,4	3,67

Результаты расчетов напряжений и осадок под центром отпечатка при толщине оя переувлажненного суглинка 40 см и при его отсутствии приведены в табл. 3 и 4. При появлении слабого слоя толщиной 40 см вертикальные сжимающие напряжения уменьшаются на одной и той же глубине, а осадки увеличиваются. Наибольшее уменьшение напряжений выразилось: у автомобиля ЗИЛ-157К — на 24,2%, МАЗ-500 — на 24,4%, КраЗ-214 — на 20,4%, КраЗ-219 — на 21,1%. Увеличение осадок наблюдалось: у автомобиля ЗИЛ-157К — на 14,2%, МАЗ-500 — на 15,8%, КраЗ-214 — на 14,7% и КраЗ-219 — на 13,8%.

Таблица 3

Глубина от поверхности, см	Напряжения σ_{z1} , кгс/см ² , по глубине для машин разных марок при толщине слоя переувлажненного суглинка, см							
	ЗИЛ-157К		МАЗ-500		КраЗ-214		КраЗ-219	
	0	40	0	40	0	40	0	40
0	3,27		3,65		3,34		3,67	
10	-2,58	-2,56	-3,28	-3,23	-2,91	-2,89	-3,28	-3,26
20	-1,35	-1,30	-2,23	-2,14	-1,82	-1,75	-2,19	-2,11
30	-0,65	-0,57	-1,29	-1,13	-0,98	-0,86	-1,24	-1,09
40	-0,33	-0,25	-0,74	-0,59	-0,54	-0,43	-0,71	-0,56
50	-0,23	-0,19	-0,53	-0,44	-0,38	-0,31	-0,50	-0,42
60	-0,17	-0,14	-0,39	-0,35	-0,28	-0,25	-0,38	-0,33
80	-0,10	-0,09	-0,24	-0,24	-0,17	-0,16	-0,23	-0,22

Таблица 4

Глубина от поверхности, см	Осадки w_i , см, по глубине для машин разных марок при толщине слоя переувлажненного суглинка, см							
	ЗИЛ-157К		МАЗ-500		КраЗ-214		КраЗ-219	
	0	40	0	40	0	40	0	40
10	0,23	0,25	0,51	0,56	0,37	0,40	0,48	0,53
20	0,19	0,21	0,45	0,50	0,32	0,36	0,43	0,48
30	0,15	0,19	0,41	0,47	0,29	0,33	0,39	0,44
40	0,14	0,16	0,38	0,44	0,27	0,31	0,36	0,41
50	0,13	0,14	0,33	0,36	0,23	0,25	0,31	0,34
60	0,12	0,12	0,29	0,31	0,20	0,21	0,28	0,29
80	0,10	0,10	0,25	0,25	0,17	0,17	0,22	0,22

Максимальные изменения напряжений и осадок наблюдаются на глубине 40 см от поверхности, то есть на границе покрытия с грунтом. В общем величины, на которые изменились σ_z и w , незначительны при толщине покрытия 40 см и модуле деформации слабой прослойки 70 кгс/см².

Степень снижения напряжений и роста осадок на одной и той же глубине зависит от толщины переувлажненной прослойки. Например, для автомобиля КраЗ-214 на границе с покрытием при толщине прослойки 10 см напряжения снизились на 10,3%; 20 см — на 16,4% и 40 см — на 21,1%, а осадки увеличились соответственно на 7,5; 9,9 и 14,7%. Отмечено, что осадки изменяются не пропорционально толщине слоя, а увеличиваются при малых прослойках. Это говорит о том, что даже незначительная слабая прослойка может снизить прочность и устойчивость покрытия.

Распределение вертикальных сжимающих напряжений и осадок по глубине дорожной одежды для варианта с прослойкой 20 см показано на рис. 3. При номинальной грузоподъемности максимальные напряжения и осадки возникают под автомобилями МАЗ-500. Близки к ним данные для автомобиля КраЗ-219. При примерно одинаковом напряженном состоянии автомобиля КраЗ-219 обеспечивает грузоподъемность в 1,6 раза большую, чем автомобиль МАЗ-500. Следовательно, по напряженному состоянию дорожной одежды от заднего колеса при номинальной грузоподъемности автомобиль КраЗ-219 предпочтительнее на вывозке, чем автомобиль МАЗ. Поскольку КраЗ-219 — трехосный автомобиль, то окончательный вывод можно сделать только после оценки воздействия дополнительной третьей оси. Осадки, возникающие на границе с переувлажненным суглинком, достигают 4,1—4,4 мм. Вертикальная деформация в таких размерах для переувлажненного суглинка, как показывают специальные исследования [1], приводит к интенсивному накоплению осадок, которые могут вызвать разрушение дорожной одежды. При третьей оси время действия нагрузки возрастает.

Таким образом, при появлении весной и осенью переувлажненного слоя из связанных грунтов следует ограничивать движение автомобилей марок МАЗ и КраЗ по рассматриваемой одежде.

При силовом воздействии на дорогу однооскатного автомобиля КраЗ-214 (нагрузка на колесо 3442 кгс) напряжения и осадки меньше (кривая 2 на рис. 3, а и б). Однако уместно рассмотреть воздействие шины 15,0—20 при большей нагрузке на

колесо применительно к автомобилям КраЗ-255Л и КраЗ-260. У этих автомобилей на однооскатное колесо приходится 4,5 тс.

В качестве исходных для такого расчета использованы данные, полученные А. А. Фадеевым [4]: нагрузка на колесо — 4820 кгс, давление воздуха в шине — 5 кгс/см², среднее удельное давление в контакте — 4,77 кгс/см², эквивалентный диаметр площади контакта — 35,9 см. Условия эксплуатации неблагоприятны.

Распределение напряжений по глубине показано на рис. 3, а и б (кривая 5). Они значительно больше, чем для остальных марок автомобилей. Этим в значительной степени можно объяснить разрушение гравийных дорог под автомобилями КраЗ-255Л.

Колеса с шинами 15.00—20 при повышенном давлении воздуха имеют площадь отпечатка в 1,2 раза меньше, чем спаренные шины на автомобилях МАЗ-500 и КраЗ-219. Следовательно, в площади контакта у них возникают большие касательные напряжения, поэтому при эксплуатации однооскатных автомобилей КраЗ, особенно с перегрузками, на гравийных и грунтовых дорогах наблюдается не только смятие грунта за счет больших сжимающих напряжений, но и срезание слоя грунта за счет буксования колес.

Исследования позволили определить зону напряженного и деформируемого состояния дорожной одежды и земляного полотна. На рис. 4 дано распределение сжимающих напряжений σ_z и осадок w_i в зависимости от расстояния до центра отпечатка на глубине 20 и 40 см. Кривые свидетельствуют о том, что зона максимальных напряжений занимает по длине качения колеса примерно 80—100 см.

При изучении зоны напряженного и деформируемых состояний были вычислены на различной глубине касательные напряжения τ_{rz} . Распределение их для варианта одежды, когда второй слой равен 20 см, приведено на рис. 5.

Максимальные касательные напряжения при отсутствии на поверхности касательных сил оказались на глубине 20 см и смещенными на 20—40 см от центра отпечатка.

Сопоставляя рис. 5 и 4, можно сделать вывод, что сдвиг слоев покрытия должен наблюдаться за пределами отпечатка шины, когда касательные напряжения значительно превосходят сжимающие. Это расстояние приблизительно составляет 20 см от края отпечатка применительно к данной конструкции дорожной одежды.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Павлов Ф. А., Жданов С. А. Деформации колеиных покрытий из железобетонных плит и назначение конструкции оснований. — Труды СевНИИПа, вып. 1, 1969. [2]. Раппопорт Р. М. Задачи Буссинеска для слоистого упругого полупространства. — Труды ЛПИ, № 5, 1948. [3]. Туроверов К. К. К вопросу исследования напряженного и деформированного состояния упругого слоистого полупространства. — Научные труды ЛТА, № 94, 1962. [4]. Фадеев А. А. Влияние типа шины и давления воздуха в ней на напряженное состояние гравийной и грунтовой лесовозных дорог. — Труды ЦНИИМЭ, № 72, 1965. [5]. Яценко Н. Н., Прутчиков О. К. Плавность хода грузовых автомобилей. М., «Машиностроение», 1969.

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

ВЫДАЮЩИЙСЯ ЛЕСОВОД-ПРАКТИК XIX в.

(К 150-летию со дня рождения К. Ф. Тюрмера)

2 сентября 1974 г. исполнилось 150 лет со дня рождения лесоведа Карла Францевича Тюрмера (1824—1900 гг.), посвятившего 60 лет жизни лесохозяйственной деятельности. Им создано 6 тыс. га замечательных искусственных насаждений, называемых лесоведами «жемчужиной лесоводства».

К. Ф. Тюрмер родился в местечке Кунцендорф, в Верхней Селезии. Уже в 15 лет он начал свою деятельность на лесном поприще в качестве практиканта, а затем, вы-



держав экзамен на лесничего, заведовал несколькими лесничествами в Германии. В 1853 г. граф Уваров пригласил его в Россию, где К. Ф. Тюрмер до последних дней жизни занимался практикой искусственного лесовыращивания.

Будучи питомцем классического немецкого лесоводства, Тюрмер не последовал господствовавшему в Германии шаблону, а разнообразил агротехнику создания леса и типы лесных культур применительно к условиям местопроизрастания и биологическим особенностям пород. Ныне основные массивы тюрмеровских посадок сосредоточены на территориях Порецкого, Тюрмеровского, Андреевского, Языковского и Муромцевского лесничеств зоны смешанных лесов. Это преимущественно высокобонитетные, высокопроизводительные и высокополнотные лесные культуры хвойных пород в возрасте 74—118 лет.

При создании культур К. Ф. Тюрмер большое внимание уделял тщательной подготовке почвы: проводили двойную вспашку, боронование (на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного пользования), нарезку плужных борозд (на раскорчеванных вырубках) либо приготавливали лопатой опрокинутые дернины (на старых вырубках). Высаживали только хороший посадочный материал. Своевременно выполняли лесокультурные и лесоводственные уходы.

Целью лесохозяйственной деятельности К. Ф. Тюрмер считал выращивание хвойных насаждений. Для искусственного лесовыращивания он использовал сосну, ель и лиственницу. Среди тюрмеровских лесных культур преобладают елово-сосновые и сосново-еловые насаждения со вторым ярусом из ели. Такие древостой в возрасте 80 лет при полноте 1,0 имеют очень высокие запасы древесины на 1 га: в елово-сосновых культурах 567—621 м³, в сосново-еловых — 504—536 м³. Почти для всех насаждений, созданных К. Ф. Тюрмером, характерно то, что их запасы превышают запасы естественных древостоев аналогичных древесных пород.

Поистине непревзойденными посадками являются лиственничные культуры, которые в возрасте 100 лет имеют запасы древесины до 1250 м³ на 1 га. В урочище «Пустошь» Поречского лесничества Московской области можно видеть столетние деревья лиственницы европейской, достигшие высоты 42—43 м и диаметра на высоте груди в 50 см. Это урочище по праву можно называть «подмосковной Линдуловской рощей». В настоящее время уже становится необходимым выявить и выделить эталонные лесные культуры из числа тюрмеровских искусственных насаждений. Эти культуры дадут представление о тех искусственных лесах будущего, к которым необходимо стремиться работникам лесничеств зоны смешанных лесов.

К. Ф. Тюрмер был активным членом Московского отделения Лесного общества и членом-сотрудником Императорского Вольного Экономического Общества. Он охотно принимал многочисленных экскурсантов, знакомил их с посадками, обменивался опытом. К. Ф. Тюрмер с большим интересом изучал лесное хозяйство в различных лесных дачах Московской, Смоленской, Витебской, Пензенской и Владимирской губерний. Свой многолетний лесокультурный опыт он обобщил в ряде печатных научных работ, в том числе на страницах «Лесного журнала».

К. Ф. Тюрмеру принадлежит приоритет посадки семян в плужные гребни (способ плужных гребней). Им создан специальный лесокультурный сажальный кол, получивший впоследствии название кола Тюрмера.

За большие заслуги в деле искусственного лесовозращения К. Ф. Тюрмер был награжден большой золотой медалью в память лесовода Ф. Х. Майера и орденом св. Станислава 3-й степени, а за участие в различных выставках, связанных с лесным хозяйством, — несколькими золотыми и серебряными медалями.

К. Ф. Тюрмер пользовался большим уважением у крестьян. Он разрешал им косить сено в междурядьях лесных культур и отдавал свежие вырубki на несколько лет под сельскохозяйственное пользование. Доказательством популярности К. Ф. Тюрмера служит увековечение его имени в местных географических названиях. Тюрмеровское лесничество (Калужская область), деревня Тюрмеровка (Владимирская область).

В знак большой признательности благородному делу лесовода К. Ф. Тюрмера, оставившего в наследство прекрасные лесные массивы, на гранитном постаменте его надгробия высечены слова: «Ты памятник себе воздвиг в лесах великий».

М. Д. Мерзленко.

Московский лесотехнический институт.

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

ВСЕСОЮЗНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ПРОБЛЕМЫ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ»

В ноябре 1974 г. в Москве состоялась Всесоюзная научная конференция по проблемам лесовосстановления, организованная Московским лесотехническим институтом при участии Государственного комитета лесного хозяйства Совета Министров СССР Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина.

В работе конференции приняли участие около 700 работников науки и производства.

Среди участников Всесоюзной научной конференции были представители 21 высшего учебного заведения, 16 научно-исследовательских институтов, 7 лесных опытных станций, 32 производственных организаций (лесхозов, леспромхозов, лесокомбинатов, лесоустроительных предприятий, управлений лесного хозяйства и др.).

В работе конференции приняли участие ответственные работники ЦК КПСС, Совета Министров РСФСР, Госплана СССР и РСФСР, Комитета народного контроля СССР, руководящие работники Государственного комитета лесного хозяйства Совета Министров СССР, Министерства лесного хозяйства РСФСР, представители Министерств сельского хозяйства СССР и РСФСР, Министерства лесной и деревообрабатывающей промышленности СССР, Академии наук СССР и БССР, Академии ВАСХНИЛ и др.

На конференции было заслушано 115 докладов, в том числе 11 докладов на пленарном и совместном заседаниях секций естественного возобновления леса и искусственного лесовосстановления.

В докладах заместителя председателя Государственного комитета лесного хозяйства Совета Министров СССР К. Ф. Кулакова и акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехова освещены главные вопросы лесовосстановления как составной части лесохозяйственного производства, связанные с повышением продуктивности и качественного состава лесов, сохранением и приумножением лесных богатств.

Доклад К. Ф. Кулакова «Состояние и перспективы развития лесовосстановительных работ в СССР» был посвящен обзору лесовосстановления в нашей стране. В нем приведены данные о территориальном размещении лесокультурного фонда по тем экономическим районам, где ведутся основные лесозаготовки. В этих районах к настоящему времени сосредотачиваются основные работы по лесовосстановлению: сохранение подроста хозяйственно-ценных пород при рубках главного пользования, создание лесных культур, получение последующего возобновления естественным путем. В докладе приведены данные об успешном выполнении директив XXIV съезда КПСС на девятую пятилетку, поставлены задачи на перспективу. К 1990 г. объем посадок и посевов должен достигнуть 1,4—1,5 млн. га. Эта задача может быть решена путем совершенствования технологии лесовосстановительных работ на основе комплексной механизации, повышения качества и эффективности лесных культур. К. Ф. Кулаков дал анализ различных способов лесовосстановления, указав, что они должны увязываться с типами леса и вырубкам и технико-экономическими возможностями лесохозяйственных предприятий. В докладе приведены данные о состоянии лесных культур за последние 10 лет, отмечены недостатки при их создании. Обращено внимание на разработку новых машин и орудий для лесокультурного производства, создание постоянной лесосеменной базы на селекционной основе, укрепление питомнической базы. Много внимания уделено естественному возобновлению леса, установлению более тесной связи между научными учреждениями и практикой.

В докладе акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехова «Научные основы лесовосстановления» отмечено, что восстановление леса — центральная проблема лесоводства, от решения которой зависит непрерывность обеспечения народного хозяйства древесиной и другими продуктами леса, выполнение многосторонних защитных функций, вытекающих из значения леса как составной части биосферы. Большое внимание уделено рекреационному значению леса, охране окружающей среды. В докладе подчеркнута, что возобновление леса — сложный процесс, для изучения которого необходимо учитывать его биологию, экологию и географию. Отмечается, что как естественное, так и искусственное возобновление леса должны соответствовать месту и времени.

Нельзя сохранение подроста хозяйственно-ценных пород признать единственным методом естественного возобновления. Необходимы и другие виды возобновления.

В докладе обращено внимание на научно-обоснованный выбор древесной породы, опирающийся на соответствие ее условиям произрастания, экономической и социальной значимости.

Отмечено, что в лесоводстве накоплен большой материал по характеристике возобновления леса под пологом и на открытом месте (вырубках, гарях, прогалинах и т. д.). Лесорастительные условия выруб и гарей и пути их облесения полнее раскрываются в том случае, если учитываются типы выруб.

И. С. Мелехов изложил научные основы лесовосстановления, указав, что техническая политика в области лесовосстановления должна направляться по пути географической дифференциации, на создание древостоев, наиболее ценных и продуктивных в данных экономических и лесорастительных условиях. Он подчеркнул, что необходима разработка научных основ районирования лесовосстановления в масштабе страны и в пределах регионов. Результатом завершения многостадийного процесса возобновления должно быть образование сомкнутого молодняка, формирование динамического лесного биогеоценоза, что следует учитывать при оценке работ по лесовосстановлению.

Доклад заместителя министра лесного хозяйства РСФСР Р. В. Боброва «Основные направления лесовосстановления на вырубках» был посвящен решению вопросов естественного и искусственного лесовосстановления. В нем отмечено, что темпы роста лесокультурных работ за последние годы значительно выросли. В европейской части РСФСР создается 48% лесных культур от площадей сплошных выруб, в том числе в таежной зоне — 35,8%. Докладчик указал на основные принципиальные положения при выборе способов лесовосстановления. Они должны также тесно увязываться с лесосечными работами, прежде всего по сохранению подроста хозяйственно-ценных пород. Особое внимание должно быть уделено своевременному лесоводственному уходу в лесных культурах. Успешное решение проблемы лесовосстановления на вырубках возможно при создании и внедрении комплекса машин для проведения реконструкции малоценных насаждений.

На совместном заседании секций естественного возобновления и искусственного лесовосстановления было заслушано 8 докладов. Зав. кафедрой лесных культур Московского лесотехнического института доц. А. Р. Родин сделал доклад на тему «Пути повышения эффективности создания искусственных древостоев на вырубках зоны смешанных лесов», в котором указал, что одним из решающих условий успешного выращивания лесных культур является подготовка почвы. Большое значение имеет применение удобрений в лесных культурах, укрупненного посадочного материала, саженцев с закрытой корневой системой. Необходимо обращать внимание на соотношение между надземной биомассой и корневыми системами посадочного материала. В докладе отмечено, что зарастание мягколиственными породами культур сосны и ели приводит к замедлению их роста. Предлагается раньше проводить осветления и считать законченным лесокультурное производство, когда лесные культуры гарантированы от гибели, вызываемой подавлением травянистой и древесной малоценной растительностью.

Охране окружающей среды, повышению рекреационного значения леса был посвящен доклад доктора сельскохозяйственных наук В. Г. Апрохина «Лесовосстановление и преобразующая роль леса».

В докладах директора института «Союзгипролесхоз» канд. сельскохозяйственных наук В. Т. Николаенко «Искусственное лесовосстановление и естественное возобновление в лесах СССР», зав. лабораторией лесных культур ВНИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства канд. сельскохозяйственных наук В. В. Миронова «Экологическое обоснование основных приемов выращивания сосны и ели в культурах на вырубках» изложены основные положения о создании культур хвойных пород на вырубках. Большое внимание обращено на способы обработки почвы, борьбу с нежелательной сменой пород. В докладе В. Т. Николаенко приведены данные о состоянии лесных культур, созданных в Гослесфонде СССР за 10 лет (1959—1968 гг.).

Профессор Московского лесотехнического института, доктор технических наук Б. А. Таубер посвятил свой доклад комплексной лесохозяйственной и лесоэксплуатационной задаче. Он подчеркнул, что в МЛТИ разработаны принципы построения новой системы машин, которые позволяют извлекать при заготовке леса до 97% всей органической массы растущего дерева.

Зам. директора Архангельского института леса и лесохимии, канд. сельскохозяйственных наук В. Г. Чертовской сделал доклад «Типология выруб — основа лесовосстановительных мероприятий в таежной зоне». Он сообщил, что Институтом леса и лесохимии разработана группировка лесорастительных условий выруб и агротехнических приемов, связанных с типами выруб. Это имеет большое не только эколого-лесоводственное, но и производственно-экономическое значение, так

как позволяет наиболее рационально расходовать энергию, труд, средства и материалы.

На секции естественного возобновления леса был заслушан 51 доклад. Интерес вызвали доклады, связанные с учением о типах вырубок (В. Ф. Цветков, Д. Р. Козловский, А. И. Артемьев, А. А. Листов, В. И. Обьденников, В. И. Саутин и др.), о способах рубок и возобновления леса (В. М. Иванюта, Н. А. Коновалов, Г. В. Крылов, Н. М. Набатов, А. С. Тихонов, Н. Ф. Петров и др.), о формировании молодняков (Л. А. Кайррюкштис, А. А. Макаренко, В. Г. Бессалый и др.). Ряд докладов был посвящен методическим вопросам изучения лесовосстановления (С. В. Белов; Н. М. Горшенин, Н. Н. Свалов и др.).

На секции искусственного лесовосстановления было заслушано 53 доклада. Особенностям роста левых культур в различных районах СССР посвящали свои доклады В. В. Огиевский, Р. И. Лоскутов, И. Н. Рахтеенко, Л. С. Мочалкин, Н. В. Лукинас и др.; технологии создания лесных культур — М. П. Албяков, Г. Т. Румянцев, П. М. Малаховец, О. И. Поддубный и др. О результатах применения минеральных удобрений в питомниках и древостоях различного возраста сообщили В. С. Победов, А. И. Стратонович, И. К. Мангалис, П. П. Храмов, Н. Ф. Харитонович и др. Большое внимание было уделено экономическому обоснованию лесокультурных работ в различных природных комплексах (А. Д. Янушко, Т. А. Кислова, В. П. Бельков и др.).

В обсуждении докладов, выступлениях и прениях приняли участие акад. ВАСХНИЛ Н. П. Анучин, проф. В. С. Шумаков, проф. Б. И. Логгинов, представитель Госплана СССР канд. сельскохозяйственных наук Н. Р. Письменный, доц. А. С. Барабанщиков, доц. Н. В. Лукинас, проф. В. П. Тимофеев, проф. Г. И. Редько, доц. А. М. Шебалов, канд. сельскохозяйственных наук В. С. Победов, доц. А. Р. Родин, доц. А. Л. Данилин, канд. сельскохозяйственных наук Б. П. Соловьев, канд. сельскохозяйственных наук Л. Е. Михайлов, проф. С. В. Белов, проф. К. А. Сакс и др. Выступавшие отметили, что доклады, заслушанные на конференции, имеют большое научное и практическое значение. Конференция свидетельствует об огромной важности лесовосстановления и всеобщем интересе к данной проблеме. Обсуждение материалов показало, что в последние годы исследования в области лесовосстановления значительно расширены, углублены и приобрели более разносторонний и комплексный характер. Многие результаты научно-исследовательских работ успешно проходят производственную проверку и внедряются в практику лесохозяйственного производства.

Тезисы докладов опубликованы в двух сборниках общим объемом 21 печ. л.

Всесоюзная научная конференция приняла решение, которое направлено на дальнейшее повышение эффективности лесовосстановления, успешное развитие научных исследований в этой области и внедрение их результатов в производство.

Н. М. Набатов.

Московский лесотехнический институт.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 634.0.5

КНИГА ПО ТАКСАЦИИ ЛЕСОСЕК НА ЭВМ*

Группа ученых Украинской сельскохозяйственной академии во главе с проф. К. Е. Никитиным одной из первых в нашей стране начала и успешно решает проблему применения ЭВМ в лесном хозяйстве. Ими опубликован ряд интересных работ. Рецензируемая работа посвящена применению математических методов и ЭВМ при таксации лесосечного фонда.

Книга состоит из логически связанных между собой трех частей: 1) анализ современных методов таксации леса на корню; 2) методика и техника таксации лесосек с использованием ЭВМ; 3) перспектива дальнейшего совершенствования способов таксации лесосечного фонда.

Научно-обоснованный метод учета лесосечного фонда, как отмечают авторы, должен быть объективным и свободным от систематических ошибок. А случайные ошибки не должны выходить за установленные пределы. Спрашивается, удовлетворяют ли этим требованиям существующие методы учета лесосечного фонда.

«В лесохозяйственной практике метод сплошного пересчета справедливо считается наиболее точным, однако точность его нередко переоценивается. Как и всякому измерительному процессу, ему свойственны ошибки...» К тому же этот метод весьма трудоемок.

Последующее применение разрядных объемных и сортиментных таблиц при материальной оценке лесосек также сопровождается ошибками. Показатели, приводимые в таблицах, представляют собой усредненные величины, которые не могут без ошибок характеризовать отдельные древостой. Соответствие таблиц фактическим данным, как правило, не проверяется из-за трудоемкости работы, что приводит к невыявленной систематической погрешности таблиц. Кроме того, авторы книги убедительно показывают отсутствие формальной, математической строгости практически во всех сортиментных таблицах, применяемых в нашей стране.

Опытно-производственная проверка таблиц для ряда древесных пород проведена с использованием большого фактического материала. Указывается систематическая ошибка, которая имеет место при пользовании таблицами ряда авторов. Правда, методика определения систематической ошибки не совсем ясна. Поэтому возникает вопрос, соответствует ли собранный авторами обширный фактический материал в среднем разряду таблиц. Ведь может быть так, что большинство пробных площадей по своим характеристикам приближается к соответствующему разряду высот, но с одной стороны? Иначе говоря, исключена ли здесь субъективность (модельность и типичность в понимании авторов) в подборе пробных площадей?

Так или иначе, у нас нет сомнения в правильности авторского заключения, потому что методика составления таблиц несовершенна.

Наконец, авторы подтвердили большое несоответствие таблиц объемов бревен и сортиментных таблиц, что до сих пор как-то не принималось во внимание, хотя и было известно. Проведенный авторами анализ существующей системы учета лесосечного фонда убедительно свидетельствует о необходимости совершенствования ее научно-методических основ и организационной структуры.

Методика и техника таксации лесосек с использованием ЭВМ изложены подробно. Принимая во внимание все более широкое распространение ЭВМ в различных

* Никитин К. Е., Швыденко А. З. Таксация лесосек на электронных вычислительных машинах. Киев, «Урожай», 1972.

отраслях народного хозяйства и возрастающую возможность использования ЭВМ органами лесного хозяйства, эту часть книги следует считать весьма полезной.

Здесь лесоведам предлагаются два метода таксации: оценка лесосек на ЭВМ по сортиментным таблицам и оценка лесосек по учетным (модельным) деревьям с использованием ЭВМ.

Описание опыта украинских лесоводов и экономическая эффективность методов свидетельствуют о необходимости широкого использования ЭВМ в лесном хозяйстве. Надо активнее освобождать инженерно-технический персонал лесхозов и лесничеств от кропотливой счетной работы по материальной и денежной оценке лесосек. Исследования авторов показали, что стоимость обработки вручную данных одной лесосеки с наличием четырех пород в 2,5 раза дороже, чем на ЭВМ.

Разработанный авторами метод таксации лесосек по учетным деревьям с использованием ЭВМ безусловно еще требует проверки. Его могут применять высококвалифицированные лесоводы, знакомые с математическими методами и обладающие навыками в таксационной работе. В связи с этим нам кажется недопустимой небрежность в изложении метода определения объема древесного ствола (с. 104).

Перспективы дальнейшего совершенствования способов таксации лесосечного фонда изложены с учетом истории, современных потребностей и возможностей.

Расширение выборочных методов материальной оценки лесосек, разработка теоретических и практических основ их применения рассматриваются как способ сближения методов таксации лесосечного фонда с общегосударственной системой инвентаризации лесов и как создание предпосылок для дальнейшего отказа от специальных работ по отводу и таксации лесосек. Первоочередной задачей является также разработка последовательной объективной методики создания математических моделей различного рода лесотаксационных таблиц на основе выявленных закономерностей и методических основ АСУ.

Предлагаемые авторами методические основы составления таблиц вряд ли дадут возможность избежать систематических погрешностей при таксации отдельных лесосек. Однако эти погрешности будут уменьшены в связи с подразделением насаждений на зоны.

Опубликование данной работы воспринимается как приглашение авторов к использованию и обсуждению методики таксации лесосек на новой основе. Книга является ценным практическим руководством для работников лесохозяйственной науки и производства.

Г. Л. Кравченко.

Брянский технологический институт.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

<i>И. М. Боховкин.</i> Наши задачи в 1975 году	3
<i>Ю. А. Кудрявцев.</i> Лесопильная промышленность СССР. Состояние и проблемы ее развития	5

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>М. В. Давидов.</i> О боинтировании древостоев порослевого происхождения	12
<i>Е. Н. Науменко, Т. С. Смогунова.</i> Особенности культур сосны, созданных посадкой семян пучками	15
<i>Ю. А. Злобин.</i> Факторный анализ параметров морфогенеза подроста древесных пород	19
<i>И. К. Блинцов, А. А. Валаханович.</i> Опыт применения удобрений в культурах дуба черешчатого и дуба красного	22
<i>И. С. Марченко.</i> Изменение жизнеспособности ели при уходе за лесом	26
<i>П. В. Литвак.</i> Сезонные изменения влажности и содержания азота в хвое сосны обыкновенной	29
<i>Л. Н. Фролова, А. С. Козобродов.</i> Характеристика состава гумуса подзолов сосняка черничного и соснового молодняка в средней подзоне тайги	32
<i>Т. С. Момот.</i> Синтез и обмен аминокислот в изолированных корнях сосны обыкновенной и ели европейской в стерильной культуре	36
<i>Н. Н. Зеленский, Н. П. Жижин.</i> Влияние рекреационных нагрузок на культуры лиственницы европейской в западных областях УССР	38

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Н. М. Белая, И. И. Сленко.</i> Метод расчета несущего каната с жестко закрепленными концами с учетом его упругих несовершенств	43
<i>М. С. Андрущенко, Ю. Г. Савицкий.</i> Оптимальные параметры трелевочных тракторов для условий равнинных лесов УССР	48
<i>В. А. Александров.</i> Исследование переходных процессов в лесосечных машинах манипуляторного типа	51
<i>В. Г. Кочегаров.</i> Анализ работы узкозахватных валочно-пакетирующих машин методом энергетического баланса	55
<i>П. Д. Клычков.</i> Построение безразмерной характеристики продольной устойчивости колесной трелевочно-транспортной машины	61
<i>А. В. Дуров.</i> Об основном сопротивлении движению подвижного состава УЖД	64
<i>М. В. Борисов, А. В. Козлов.</i> Исследование процесса виброторцовки пачек бревен	70

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>Н. А. Крылов, А. И. Потапов, М. Л. Биричевский.</i> Расчет клееной деревянной балки с симметричным непрочлеем	74
<i>В. Н. Глухих, А. М. Емельянов.</i> Определение наибольшей величины силы коробления древесины при сушке	80
<i>В. П. Воробьев.</i> О работе колпачкового газораспределителя при псевдооживлении древесных частиц	83
<i>Ю. Г. Лапшин, Л. В. Пинтус.</i> Применение метода «конечных элементов» для исследования плоского напряженного состояния в древесине	88
<i>В. А. Шамаев, Л. В. Ельков, И. С. Самодуров.</i> Некоторые свойства пластифицированной мочевиной прессованной древесины	92
<i>В. С. Бобик, Т. М. Шкиря.</i> Использование реологической упруго-вязкой модели распределяющего основания для исследования напряжений при раскалывании	95
<i>В. Г. Любимов.</i> Режущие свойства и стойкость кругов с абразивом из стекла при шлифовании древесностолостого пластика	99

А. С. Григорьев. Электромеханическая система программной настройки фрезерных деревообрабатывающих станков	104
А. А. Поздняков. Анизотропия упругих свойств древесностружечной плиты	106
Н. В. Лившиц, В. В. Обвинцев, К. Ф. Гороховский. Исследование и математическое описание технологической операции подачи сырья в разделочный цех	111
Н. А. Скурихин. Вероятностный анализ процесса сортировки	115
Г. П. Знаменский, С. Б. Маляревский. Система оптимального управления электроприводом периферического наката	119

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. Ф. Дунский, Л. М. Мондрус. Об осаждении частиц грубодисперсного аэрозоля на листьях растений	123
Э. И. Ларина, В. Б. Некрасова, А. Л. Агранат. Выделение β -ситостерина из фитостерина сульфатного мыла через молекулярные соединения	127
С. А. Сапотницкий. Математическое описание процесса ступенчатого отбора сульфитного щелока	131
О. Ф. Горбунова, Б. Д. Богомолов. Определение метилмеркаптана и диметилдисульфида в водных растворах при их совместном присутствии полярографическим методом	135
Т. И. Прохорчук, Э. М. Цацка, В. И. Роцин. К вопросу о составе топочной растворимой смолы из коры — отхода целлюлозно-бумажных предприятий	139

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

В. М. Иванюта. Лесоводственно-экономическое значение качественного признака леса	144
Е. С. Романов. Категория ограничений использования производственной мощности и их классификация	147
А. Д. Голяков. К вопросу об экономической эффективности сортировки пиломатериалов по прочности	152
Н. В. Подлесная. Анализ месячного планирования роста производительности труда в леспромхозе	154

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

Ю. В. Лобанов, П. Ф. Войтко. К вопросу об определении объема сортиментного пучка бревен	160
Ф. А. Павлов, Н. Н. Чернакова. О воздействии колес автомобилей на дорожную одежду	162

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

М. Д. Мерзленко. Выдающийся лесовод-практик XIX в. (К 150-летию со дня рождения К. Ф. Тюрмера)	166
--	-----

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

Н. М. Набатов. Всесоюзная научная конференция «Проблемы лесовосстановления»	168
---	-----

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Г. Л. Кравченко. Книга по таксации лесосек на ЭВМ	171
---	-----

CONTENTS

<i>I. M. Bokhovkin.</i> Our Tasks in 1975	3
<i>Y. A. Kudryavtsev.</i> Wood-Sawing Industry of the USSR. Condition and Problems of the Development	5

THE FORESTRY

<i>M. V. Davidov.</i> Stocking Bonitation of the Vegetative Regrowth origin . . .	12
<i>E. N. Naumenko, T. S. Smogunova.</i> Characteristics of Pine Trees planted in Batches	15
<i>Y. A. Zlobin.</i> Factor Analysis of Morphogenesis' Parameters of young Growth	19
<i>I. K. Blintsov, A. A. Valakhanovitch.</i> The Experience of the Application of the Fertilizers in the Cultures of <i>Quercus robur</i> (L.) and <i>Q. rubra</i> (L.)	22
<i>I. S. Marchenko.</i> The Change of Spruce viability in the Care of the Forest . . .	26
<i>P. V. Litvak.</i> Seasonal Changes of Humidity and Content of Nitrogen in Pine-Needles of <i>Pinus silvestris</i>	29
<i>L. N. Frolova, A. S. Kozobrodov.</i> Characteristic the Humus Composition of Podzols of Bilberry pinery and Pine undergrowth in the Middle Subzone of Taiga	32
<i>T. S. Momot.</i> The Synthesis and Metabolism of Aminoacids in isolated Roots of Common Pine and European Spruce under sterile Culture	36
<i>N. N. Zelensky, N. P. Jijin.</i> The Influence of Recreation Loading on the European Larch in the Western Regions of the Ukrainian Soviet Socialist Republic	38

THE FOREST EXPLOATATION

<i>N. M. Belaja, I. I. Slepko.</i> The Calculation Method of the Carrying Rape with firmly fixed Ends taking into Consideration its Imperfection as the Elasticity	44
<i>M. S. Andrushchenko, Y. G. Savitsky.</i> Optimal Parameters of Skidders for the Ukr. SSR Plain Forest Conditions	48
<i>V. A. Alexandrov.</i> Investigation of Transitional Processes in Wood-Cutting Area Machines of Manipulating Type	51
<i>V. G. Kochegarov.</i> Analysis of Narrow-Gripping Felling-Bunching Machine Operation by Means of Energetic Balance	55
<i>P. D. Klyckov.</i> Deriving of Demensionless Characteristic of Longitudinal Stability of a Wheel Skidding Machine	61
<i>A. V. Durov.</i> On the Principal Resistance to Motion of Rolling-stock of Narrow-gauge Railway	64
<i>M. V. Borisov, A. V. Kozlov.</i> Research on the Vibration Alignment of Timber Packets	70

MACHINING WOODWORKING AND WOODSCIENCE

<i>N. A. Krilov, A. I. Potapov, M. L. Birihevsky.</i> Calculation of Glued Wooden Beam with Symmetrical Crack due to poor Glueing	74
<i>V. N. Gluhih, A. M. Emelianov.</i> Determining Maximum Value of Deformation (Warping) Forces in Drying Wood	80
<i>V. P. Vorobyov.</i> On Functioning of a Cap Gas-Distributor in the Process of Pseudo-Liquefaction of Wooden Particles	83
<i>Y. G. Lapshin, L. V. Pintus.</i> Application of the „Finite Element“ Method to Calculation of Wood Tension	88
<i>V. A. Shamaev, L. V. Elkov, I. S. Samodurov.</i> Some Properties of the Pressed Wood Blasticized with Urea	92
<i>V. S. Bobik, T. M. Shkirya.</i> The Use of Rheological Elastic-Viscose Model of Distributive Foundation for the Investigation of Tensions in Splitting . .	95
<i>V. G. Liubimov.</i> The Cutting Properties and Stability of Wheels with Glass Abrasive in the Process of Laminated Plastics Sanding	99
<i>A. S. Grigoriev.</i> The Electromechanical System of Programmed Control of Chipping Wood-Working Machines	104
<i>A. A. Pozdnyakov.</i> Anisotropie of Elastic Properties of Particleborden	106
<i>N. V. Livshits, V. V. Obvintsev, K. F. Gorockhovskiy.</i> Investigations and Mathematical Descriptions of Run Material Feeding Technology in the Processing Shop	111

<i>N. A. Skurikhin.</i> Probability analysis in Grading Process	115
<i>G. P. Snamensky, S. B. Maliarevsky.</i> Sistem Optimal Operate of Electrical-drive peripheral Covering	119

CHEMICAL WOODWORKING

<i>V. F. Dunskey, L. M. Mondrus.</i> Deposition of Coarse Aerosol Particles on Plant Leaves	123
<i>E. I. Larina, V. B. Nekrasova, A. A. Agranat.</i> Sytosterol Extraction from Phytosterol of Sulphate Soap through Molecular Compounds	127
<i>S. A. Sapotnitsky.</i> The Mathematic Description of Process of Selection Sulphite Liquor in different Stages	131
<i>O. F. Gorbunova, B. D. Bogomolov.</i> Determination of Methylmercaptan and Dimethyldisulfide, when Both present in Water Solutions by Polarographic Methods	135
<i>T. I. Prokhorchuk, E. M. Tsatska, V. I. Roshchin.</i> Some Aspects of Furnace Soluble Tar Comostion Resulting from Bark as Waste of Pulp and Paper Mills	139

ECONOMICS AND ORGANISATION OF THE PRODUCTON

<i>V. M. Ivaniyta.</i> Qualitative Characteristics of Stands and their Silvicultural and Economic Efficiency	144
<i>E. S. Romanov.</i> Limitations of Productive Capacity Utilisations: Conception and Factors	147
<i>A. D. Goliakov.</i> On Economic Effect of Sorting the Lumber by Strength	152
<i>N. V. Podlesnaya.</i> Month Planing Analysis of Labour Productivity Growth in Logging Camps	154

SHORT REPORT AND EXCHANGE BY EXPERIENCE

<i>Y. V. Lobanov, P. F. Voitko.</i> To the Problem of defining Voiume of Assorted Bundle of Logs	160
<i>F. A. Pavlov, N. N. Chernakova.</i> On the Influence of the Truck Wheels upon the Road Pavement	162

FROM HISTORY OF SCIENCE

<i>M. D. Merzlenko.</i> The Outstanding Forester of the XIX Century (devoted to the 150-anniversary of K. F. Turmer	166
---	-----

SCIENTIFIC CONFERENCES AND DELIBERATION

<i>N. M. Nabatov.</i> All-Union Science Conference „The Problems of Forest regeneration“	168
--	-----

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

<i>G. L. Kravchenko.</i> The Book on Valuation Servey of Woodcutting Areas by electronic Computers	171
--	-----

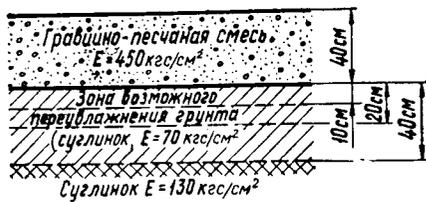


Рис. 1.

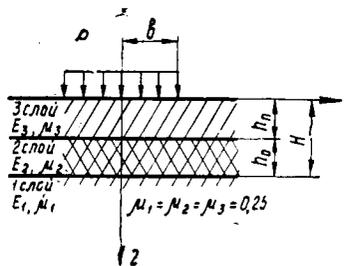


Рис. 2. Расчетная схема.

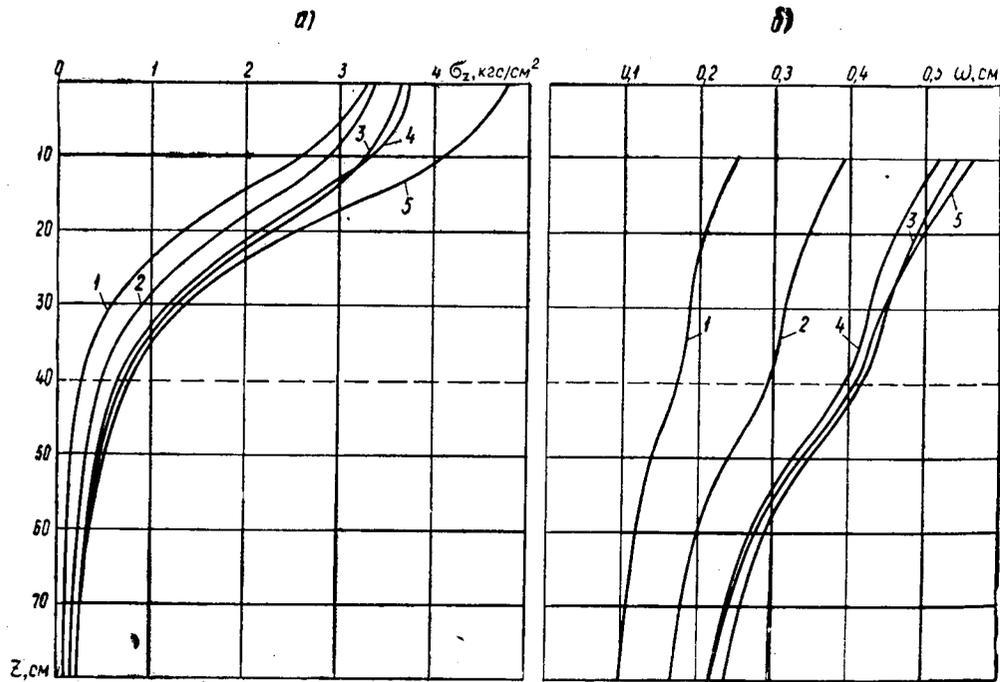


Рис. 3. Распределение напряжений (а) и осадок (б) по глубине дорожной одежды под центром отпечатка.

1 — под автомобилем ЗИЛ-157К; 2 — КраЗ-214; 3 — МАЗ-500; 4 — КраЗ-219; 5 — шина 15.00-20, $P_k = 4820$ кгс, $p = 5$ кгс/см².

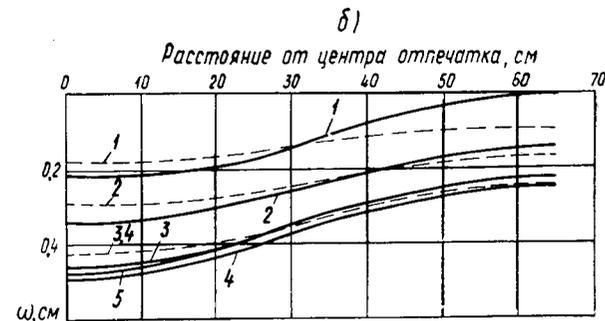
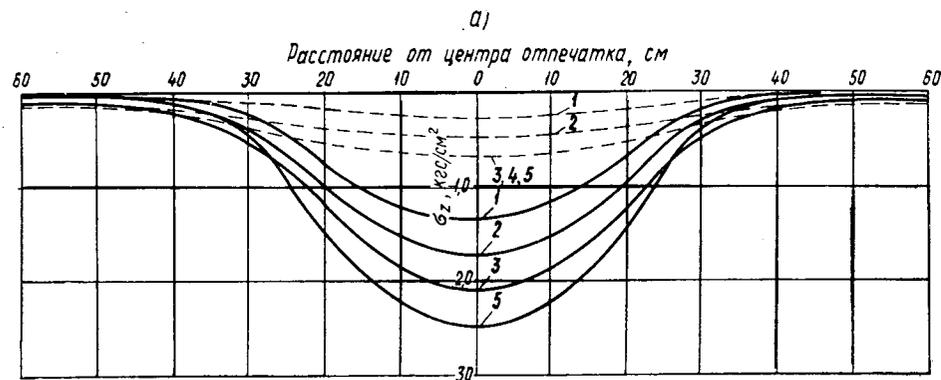


Рис. 4. Величины напряжений (а) и осадок (б) на различном расстоянии от центра отпечатка: пунктирная линия — на глубине 40 см; сплошная — на глубине 20 см.

1 — под автомобилем ЗИЛ-157К; 2 — КраЗ-214; 3 — МАЗ-500; 4 — КраЗ-219; 5 — шина 15.00-20; $P = 4820$ кгс; $p = 5$ кгс/см².

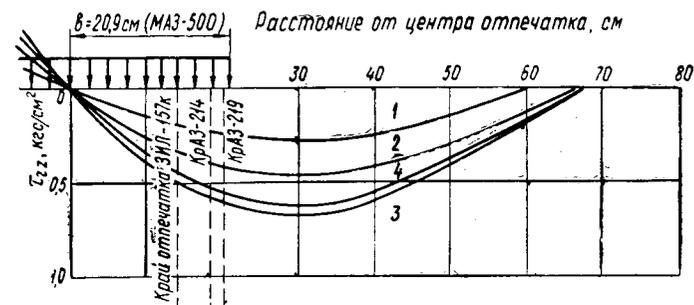


Рис. 5. Максимальные касательные напряжения на глубине 20 см.

1 — под автомобилем ЗИЛ-157К; 2 — КраЗ-214; 3 — МАЗ-500; 4 — КраЗ-219.

05
И392

ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

1

1975