

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ СЕДЬМОЙ

1

1964

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Проф. Ф. И. Коперин (отв. редактор), доц. П. И. Войчалъ (зам. отв. редактора), проф. С. Х. Будька, доц. Г. А. Вильке, проф. И. В. Воронин, проф. А. Э. Грубе, проф. М. Л. Дворецкий, доц. Д. С. Добровольский, доц. Г. Л. Дранишников, проф. М. И. Зайчик, проф. С. Я. Коротов, акад. ВАСХНИЛ проф. И. С. Мелехов, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Н. Песоцкий, проф. С. И. Рахманов, доц. Г. Я. Трайтельман, доц. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь редакции А. И. Кольцова.

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

Выходит 6 раз в год.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 17.
Лесотехнический институт, тел: 4-13-37.

ЛЕСОТЕХНИЧЕСКАЯ НАУКА И ХИМИЗАЦИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Химизация промышленного производства — одно из важнейших направлений технического прогресса. Она сокращает общую массу труда, затрачиваемого при создании продуктов, уменьшает их стоимость и вовлекает в сферу производства новые сырьевые ресурсы. На современном этапе развития социалистического производства и науки главным направлением в развитии лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности является быстрый рост химической переработки древесины, внедрение химических методов и процессов в механическую обработку и полное использование древесных отходов на всех этапах лесного производства. Химия выдвигается сейчас на первый план и в развитии лесной промышленности, и в развитии лесотехнической науки. Такое развитие химии предвидел еще К. Маркс. «По мере овладения человечеством химическими методами и реакциями, — писал он, — механическая обработка будет все более и более уступать место химическому воздействию».

В материалах декабрьского Пленума ЦК КПСС, посвященного развитию химической промышленности, довольно четко вырисовывается важная роль лесной промышленности в химизации производства товаров народного потребления, тяжелой индустрии, строительства и сельского хозяйства. Мировое производство химических волокон в 1962 г. составило около 4 млн. тонн; после хлопка они заняли второе место в балансе текстильного сырья. Из общего объема две трети составляли искусственные волокна, приготовленные из древесины, и лишь одну треть — синтетические.

В нашей стране химических волокон производится 310 тыс. тонн, из них синтетических — около 35 тыс. тонн. Для увеличения выпуска текстильных товаров в 1970 г. намечается довести выработку химических волокон примерно до 1 млн. 350 тыс. тонн, что в общем балансе текстильного сырья составит около 38%. Основными химическими волокнами еще многие годы будут оставаться целлюлозные — вискоза.

Вот почему перед лесохимической наукой стоят задачи увеличения выхода целлюлозы из древесины, повышения ее качеств, облагораживания вискозной целлюлозы, придания ей качеств и свойств, присущих лучшим синтетическим волокнам.

Увеличение производства минеральных удобрений и других химикатов для сельского хозяйства связано с одновременным решением задачи их правильного хранения и транспортировки. Одним из наиболее рациональных способов транспортировки сухих удобрений является перевозка их в бумажных мешках. В настоящее время мы выпускаем 95 млн. битумированных влагонепроницаемых мешков для упаковки удобрений. В 1964—1965 гг. на Сегежском и Котласском комбинатах

должны войти в действие специальные цехи, выпускающие по 400 млн. мешков. В последующие годы выпуск мешочной тары еще увеличится. Однако для полного решения этого вопроса нужно дальнейшее увеличение механической прочности и водостойкости мешков, а также снижение их стоимости. Необходимы научные поиски в области создания новых упаковочных материалов.

По ориентировочным подсчетам, общая потребность сельского хозяйства в 1970 г. в кормовых дрожжах для животноводства составит 2 млн. тонн. Ставится задача всемерного расширения производства этилового спирта, жирных кислот и мощных средств из непищевого сырья.

В производстве этих продуктов огромное значение могут иметь гидролизные заводы и спиртовые цехи целлюлозно-бумажных комбинатов, а также новые открытия в этом направлении, которые сделают ученые лесотехнических и технологических вузов.

Очень важное значение в производстве обуви и галантерейных изделий приобретает сейчас искусственная кожа, в производстве которой не последнее место должен иметь сульфатный лигнин. Как показали исследования, лигнин является активным наполнителем резины и важным компонентом в получении некоторых пластмасс.

Товарищ Н. С. Хрущев в докладе на Пленуме ЦК КПСС 9 декабря 1963 г. очень хорошо сказал о большой экономической эффективности химической переработки древесины: «Дело тут идет недопустимо медленно, нерациональное использование такого национального богатства, как лес, продолжается. Химическая переработка древесины на целлюлозу, бумагу, картон и плиты не превышает у нас 7 процентов от общего объема заготовки леса, тогда как в развитых капиталистических странах она достигла 50 процентов и более.

Эффективным материалом является бакелизованная фанера, которая по многим свойствам способна конкурировать с низколегированными сталями. Она может широко применяться в судостроении, авиостроении, инженерных конструкциях.

...Если перейти при изготовлении столярных изделий на метод пресования отходов древесины, связанных синтетическими смолами, то производство можно организовать на автоматизированных линиях и получить большую экономию средств. Если мы в 3—4 года организуем производство 30—40 миллионов квадратных метров дверных и оконных блоков и 150 миллионов погонных метров других строительных изделий из древесных отходов, что вполне возможно, то в народном хозяйстве высвободится почти 3 миллиона кубометров пиломатериалов лучших сортов.

Интересно привести некоторые обобщенные данные. Если мы по-настоящему внедрим химико-механическую переработку древесины, то при этом же объеме заготавливаемого леса увеличим к 1970 году по сравнению с 1962 годом производство целлюлозы в 4,5 раза, картона — в 6 раз, бумаги — в 2,4 раза, фанеры — более чем в 2 раза. При использовании для химической переработки только одной трети дров и отходов лесопереработки, камыша, соломы можно будет выработать в 1970 году четыреста миллионов квадратных метров древесно-волоконистых и около 4 миллионов кубических метров древесно-стружечных плит. А каждый кубометр древесно-стружечных плит заменяет 3 кубометра деловой древесины, один кубометр древесно-волоконистых плит — 4—5 кубометров».

Осуществление поставленных задач не может быть успешно осуществлено без творческого сотрудничества работников лесной промыш-

ленности и ученых вузов, которые готовят кадры для этой отрасли народного хозяйства. Химизация лесной промышленности — дело всех кафедр, на первый взгляд и очень далеких от этой науки.

Например, пуск и освоение в Верховском леспромхозе Северо-Западного совнархоза опытной энергохимической установки системы Лямина, перерабатывающей в сутки 70 м³ отходов и вырабатывающей 7 тонн суммарных смол, около 1 тонны искусственно-кальциевого порошка и несколько тысяч кубометров генераторного газа, вносит существенные коррективы в организацию и механизацию работ на нижних складах и во всю технологию лесозаготовительного производства. Уже сейчас нужно думать об очистке лесосек от пней и переработке этого ценнейшего древесного сырья на картон или другие продукты; о совмещении технологии лесозаготовок с технологией лесовосстановительных работ и т. д. В связи с расширением производства ядохимикатов огромное значение приобретает разработка химических и биохимических средств защиты леса, древесины, целлюлозы и других древесных материалов от грибов и насекомых. Это требует более тесного союза химиков и биологов, работающих в наших вузах. Новые химические материалы пойдут в строительную индустрию, машиностроение, дорожное строительство и другие инженерные отрасли и требуют активизации научных исследований на всех кафедрах.

Наша партия уже не впервые обращается к проблеме создания мощной химической индустрии. Пленум ЦК КПСС в мае 1958 г. решил широко развернуть строительство предприятий химии, новых исследовательских лабораторий, перестроить работу научных учреждений в соответствии с требованиями времени.

С тех пор сделано немало, в том числе и в высших учебных заведениях. Созданы 34 проблемные лаборатории, ведущие работу в области химии и химической технологии, среди них в Архангельском и Уральском лесотехнических институтах, Ленинградской лесотехнической академии, в Сибирском и Ленинградском технологических институтах, решающих задачи химического использования древесины — природного полимера, который ежегодно воспроизводится природой в сотнях миллионов тонн.

В этих лабораториях и химических кафедрах лесотехнических вузов достигнуты интересные научные результаты, разрабатываются важные для науки и промышленности темы. Так, например, коллективом проблемной лаборатории Архангельского лесотехнического института разработана непрерывная технология получения щелочного сульфатного лигнина, составляющего до 30% древесины, перерабатываемой в целлюлозном производстве. В настоящее время закончен проект опытного цеха мощностью 1 тыс. тонн щелочного лигнина в год. В 1964 г. этот цех будет построен на Соломбальском бумажно-деревообрабатывающем комбинате. При производстве резины и искусственной кожи применение лигнина способствует повышению прочности и улучшению других свойств изделий, в частности, повышает износостойкость автопокрышек. В производстве пластических масс, а также связующих для древесных плит и пульвербакелита щелочной лигнин заменяет половину кристаллического фенола. В ближайшее время на одном из предприятий страны будут выработаны промышленные партии лигнинового пульвербакелита.

Из неприятно пахнущих газов, выделяющихся при сульфатной варке целлюлозы, получены новые продукты: одорант сульфан и диметилсульфид. Установки для производства сульфана созданы на Марийском и Сегежском целлюлозно-бумажных комбинатах.

На основе диметилсульфида работники лаборатории впервые в стране синтезировали новый высокоэффективный растворитель диметилсульфоксид; последний успешно применен в процессе прядения синтетических волокон.

На химико-технологических кафедрах АЛТИ разрабатываются способы получения новых синтетических клеев из сульфатного скипидара, дубителей из коры сплавных еловых бревен, ищутся ингибиторы для предотвращения коррозии химической аппаратуры, ведутся работы по изучению взаимодействия карбамида и фенола с органическими кислотами, представляющие интерес в производстве пластических масс.

Ученые Ленинградской лесотехнической академии разработали технологию и оборудование для энергохимического использования древесных отходов.

В настоящее время работают три опытные энергетические установки: в Башкирии — на щепе из дров; в Новгородской области — на сосновых древесных отходах и в Верховском леспромхозе — на лесосечных отходах. Год работы энергетической установки в Верховском леспромхозе показал положительные результаты. Северо-Западный совнархоз намечает строительство промышленных установок мощностью 25—50 тыс. м³ лесосечных отходов в год. Для переработки выпускаемых этими установками полуфабрикатов — суммарных смол — проектируют Котласский завод лесохимических фенолов. Разработанная в академии технология получения целлюлозы с кислотой на натриевом основании находит промышленное применение.

Заслуживают внимания выполненные в академии работы по теории древесных лигнинов, производству древесных плит из лиственных пород и другим вопросам.

Коллектив Ленинградского технологического института целлюлозно-бумажной промышленности провел интересные теоретические исследования свойств целлюлозы и на их основе дал практические рекомендации по улучшению технологических режимов и процессов производства целлюлозы и бумаги. В этом институте проводят значительные исследования по разработке более совершенных машин и аппаратов для целлюлозной промышленности, ищутся новые виды сырья.

В Уральском лесотехническом институте разрабатывают новые физико-химические методы воздействия на вещество с целью интенсификации химических процессов.

Ученые Сибирского технологического института решают проблему комплексного использования лиственницы в народном хозяйстве.

Перечень научных достижений вузовских коллективов и кафедр можно было бы продолжить.

Однако, как показал Пленум ЦК КПСС и обсуждение его материалов, мы не можем быть удовлетворены уровнем химизации лесной промышленности и состоянием науки в области химической переработки древесины.

Коренной вопрос этой отрасли народного хозяйства — полное и комплексное использование древесины — решается крайне медленно. Научные работы наших вузов очень часто останавливаются на стадии лабораторного эксперимента и освещения их результатов в том или ином периодическом издании.

В ряде случаев уровень квалификации научного работника и его научной активности оценивается не по результатам теоретической значимости или внедрению в производство результатов исследований, а по количеству опубликованных статей и даже написанных научных отчетов. Это неправильно.

Пришла пора органического сочетания научной работы вузов и отраслевых лабораторий, а также конструкторских бюро совнархозов и их опытно-показательных предприятий. Порядок этого содружества должен быть регламентирован правительственным распоряжением, а не доброй волей заинтересованных сторон.

Работники технических управлений совнархозов и кафедры институтов должны превратиться в надежных проводников новой техники и научных достижений в производство, в повседневных борцов с косностью и рутинной, еще уживающихся на наших предприятиях и в вузах.

Важнейшей задачей в настоящее время является максимальное сокращение сроков между завершением лабораторных исследований по получению новых химических веществ, материалов и организацией их массового промышленного производства; к сожалению, это наблюдается не всегда.

Так, например, в Верховском леспромхозе за год работы энергохимической установки получены десятки тонн суммарных смол, решается вопрос о строительстве 27 более мощных промышленных установок. В то же время технология переработки суммарных смол не вышла из стадии лабораторных исследований. Изученные в лаборатории свойства конечных продуктов переработки не апробированы на производстве, а следовательно, не решен вопрос и о потребителе лесохимических фенолов и других побочных продуктов.

Огромное значение для повышения производительности труда, а значит и для снижения трудоемкости изготовления лесохимической продукции, имеет комплексная механизация и автоматизация производства. До сих пор доля ручного труда на лесохимических и целлюлозно-бумажных предприятиях составляет свыше 30%.

Важнейший долг ученых лесотехнических вузов, особенно Московского лесотехнического института, — взяться за автоматизацию управления химическими процессами, за комплексную механизацию трудоемких работ на складах.

Совершенствование методов механической обработки древесины все в большей степени должно базироваться на достижениях современной физики и химии. Так, например, при изыскании новых способов получения древесных плит и пластиков, при облагораживании древесины полезно использовать достижения радиационной химии. По данным этой молодой науки, облучение «гамма-лучами» материалов в процессе полимеризации увеличивает их механическую прочность и уменьшает влагоемкость.

Полное и разумное использование древесины требует научно-обоснованного комбинирования механической и химической переработки древесины, рационального размещения деревоперерабатывающих предприятий. При освоении новых лесосырьевых районов может быть экономически оправдано проектирование и строительство лесопромышленных комплексов, включающих в себя лесное хозяйство, лесозаготовки, механическую и химическую переработку.

В сложившихся крупных лесопромышленных центрах, получающих сырье сплавом и работающих на экспорт, как, например, Архангельск, может оказаться нерациональным строительство в удалении от него перерабатывающих предприятий, базирующихся на лесах Вычегодского и Северодвинского бассейнов. Вопрос научного обоснования освоения и сроков эксплуатации лесов должен быть в центре внимания лесоэкономической науки и Госплана. Лес должен оставаться неиссякаемым источником богатства нашей родины. Значение и ценность древесины будут возрастать с каждым десятилетием.

Получение из целлюлоз и лигнинов, из сложных органических веществ коры или листьев новых химических продуктов во многом связано с техникой и методикой лабораторного эксперимента. Точность, достоверность и быстрота анализа или определения оказывают решающее влияние на результат исследований, в том числе на вероятность новых открытий.

Для выполнения задач большой химии вузовские лаборатории нуждаются в непрерывной модернизации, что возможно только при централизованном их комплектовании главнабом министерства, за счет специальных ассигнований на развитие химических факультетов и сорока или пятидесятипроцентных отчислений от хоздоговорных научно-исследовательских работ. Установленный министерством лимит на приобретение оборудования в размере шести процентов от общей суммы хоздоговорных работ является тормозом в развитии исследовательских лабораторий.

Разработанные партией меры по ускоренному развитию химической промышленности требуют от высшей школы обеспечить народное хозяйство хорошо подготовленными инженерами-химиками. За последние пять лет в наших вузах проделана значительная работа по укреплению и развитию химико-технологических факультетов. Это можно показать на примере Архангельского лесотехнического института, на химико-технологическом факультете которого в 1958 г. обучалось 152 студента. Сейчас на этом факультете 758 студентов обучаются по пяти специальностям: технология лесохимических производств, технология целлюлозно-бумажного производства, технология пластических масс, технология гидролизного производства, машины и аппараты химической промышленности. В ближайшие годы число студентов-химиков еще увеличится. Примерно такими же темпами развивались химические факультеты Сибирского технологического института, Уральского лесотехнического института и Ленинградской лесотехнической академии.

Интересы химизации лесной промышленности выдвигают повышенные требования и к качеству подготовки специалистов. Обучение химиков связано с систематической работой в лабораториях, с большим количеством очных занятий. В рамках существующего учебного плана, при трехсменной работе предприятий, очень трудно организовать высококачественные очные занятия студентов первых курсов и особенно вечерних и заочных факультетов.

Коллективы химико-технологических факультетов предлагают внести коррективы в учебные планы: увеличить количество очных занятий; дело Министерства высшего и среднего специального образования РСФСР — продуманно реализовать предложения.

Расширение подготовки химиков требует соответствующего увеличения лабораторной базы. Для обучения студента-химика требуется в два раза больше учебных площадей, чем для студентов других инженерных специальностей. Прочную основу химических знаний должны получить и студенты других факультетов. Химические курсы должны учитывать специфику каждого факультета и тесно увязываться со специальными дисциплинами.

Химизации лесной промышленности открыта широкая дорога. Лесным предприятиям нужны высококвалифицированные инженерные кадры, новые научные открытия и методы производства, совершенные машины. Дать все это лесному производству должны лесотехнические и технологические вузы.

Ф. И. Коперин,
Профессор.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

ХОД РОСТА КУЛЬТУР СМЕШАННОГО СОСТАВА
С УЧАСТИЕМ ЭКЗОТОВ

В. К. ЗАХАРОВ

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук
(Белорусский технологический институт)

Исследования хода роста культур смешанного состава, а тем более с участием экзотов, представляют бесспорно значительный теоретический и практический интерес, особенно если они охватывают длительный период.

Настоящая работа посвящена строению, ходу роста и хозяйственной оценке смешанных культур с участием сосны веймутовой, лиственницы сибирской, сосны обыкновенной, дуба черешчатого, ели обыкновенной.

Произрастание на однородной по лесорастительным условиям площади нескольких древесных пород, различающихся биологическими и экологическими особенностями, создает новые условия для их взаимодействия, а также их связи со средой.

Эти взаимоотношения отражаются на различной эффективности роста и развития, так как каждая древесная порода нуждается в соответствующих условиях местопроизрастания.

Объектом исследования послужили культуры 1910 г. в пригородной Прилукской лесной даче Минского лесхоза.

Были детально изучены древостои на двух пробных площадях, примыкающих непосредственно одна к другой: 0,33 и 0,44 га.

Однородность условий местопроизрастания позволила объединить данные для совместной обработки с целью получения более достоверных результатов.

Таксационная характеристика древостоя объединенной пробы приведена в табл. 1.

Состав насаждений следующий: сосна веймутова — 48; лиственница — 33; сосна обыкновенная — 9; дуб черешчатый — 9; ель обыкновенная — 1%.

Культуры созданы посадкой саженцев на почве, вышедшей из-под сельскохозяйственного пользования, по дну плужных борозд в ямки под лопату, с расстоянием между рядами 1,5 м, в ряду — 1 м, число посадочных мест — 6666 шт. на 1 га.

Сосна обыкновенная введена в порядке дополнения культур в 1913 г. Ель поселилась естественным путем, средний возраст — около 30 лет.

Напочвенный покров обильный, разнообразный — до 25 представителей, в подлеске лещина, бузина красная, жимолость обыкновенная, рябина, крушина, бересклет бородавчатый. Наблюдается слабое

Возраст, лет	Порода	Ярус	Средние		Класс бонитета	Число стволов на 1 га
			H	D		
50	Сосна веймутова	I	25,7	36,3	Iб	121
50	Лиственница сибирская	I	24,9	26,9	Iб	173
47	Сосна обыкновенная	I	23,2	25,1	Iа	57
Итого в I ярусе						351
50	Дуб черешчатый	II	17,8	17,4	I	143
30	Ель обыкновенная	II	19,7	18,3	Iб	13
Итого во II ярусе						156
Всего на пробе						507

возобновление сосны веймутовой, частично дуба. Тип леса — сосняк дубняково-кисличный (C₂).

Почва дерново-подзолистая сильно оподзоленная, развивающаяся на суглинке среднем, подстилаемом суглинком лессовидным средним.

Химический анализ показывает богатство верхних горизонтов почвы, что подтверждается высоким содержанием гумуса (3,8%), реакцией среды, близкой к нейтральной (рН — 6,2), значительной суммой поглощенных оснований (4,5—10,0 мг-экв. на 100 Г почвы).

Большое плодородие почв обеспечивает высокую продуктивность насаждений.

Основными лесообразующими породами являются сосна веймутова и лиственница сибирская, занимающие по запасу 81%; они относятся к Iб классу бонитета; сосна обыкновенная — Iа класса; дуб во втором ярусе — I класса бонитета.

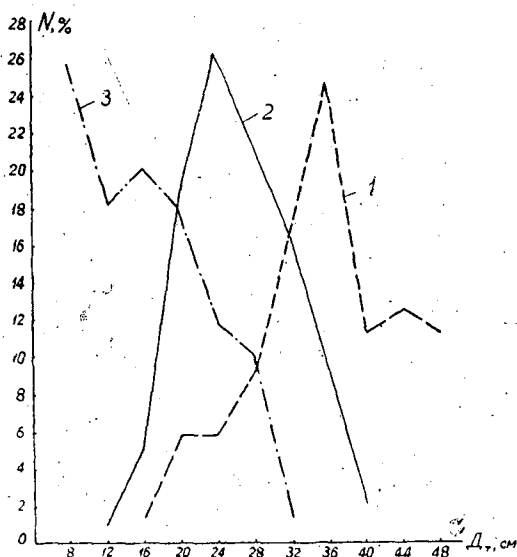


Рис. 1. Распределение числа стволов по ступеням толщины.

1 — сосна веймутова; 2 — лиственница сибирская; 3 — дуб черешчатый.

Таблица I

Сумма площадей сечений, м ² /га	Полнота		Запас, м ³ /га	Средний объем ствола, м ³	Средний прирост, м ³ /га	Процент текущего прироста	Объем текущего прироста, м ³ /га
	по стандартной таблице	по таблицам хода роста					
12,49	0,34	0,28	165	1,362	3,30	5,48	9,05
9,80	0,27	0,23	116	0,671	2,31	4,60	5,32
2,82	0,08	0,06	32	0,560	0,64	4,27	1,36
25,11	0,69	0,57	313	0,890	6,25	5,30	15,73
3,41	0,13	0,12	32	0,224	0,64	4,15	1,32
0,34	0,01	0,01	3	0,269	0,06	10,7	0,32
3,75	0,14	0,13	35	0,225	0,70	—	1,64
28,86	0,83	0,70	348	0,685	6,95	4,91	17,37

Лучший рост имеет сосна веймутова. Если ее средний диаметр принять за 100%, то средний диаметр лиственницы составит 74,0; сосны обыкновенной — 69,2; дуба — 47,8%. Если средний объем ствола сосны веймутовой принять за 100%, то у лиственницы он будет равен 49,2, у сосны обыкновенной — 41,2, у дуба — 16,4%.

Полноту насаждений определяли по стандартной таблице сумм площадей сечений и запасов и по соответствующим таблицам хода роста.

Общий средний прирост насаждений пробы в три, а текущий — в 2,5 раза больше, чем в среднем для лесов БССР.

Заслуживают внимания данные распределения числа стволов смешанных культур по ступеням толщины (рис. 1), отражающие межвидовые взаимоотношения древесных пород. Из графика видно, что кривая для лиственницы наиболее близка к нормальному распределению; у дуба преобладают толстые ступени, а у сосны веймутовой — более тонкие.

Лесоводственно-биологические особенности исследуемых древесных пород и взаимоотношения последних иллюстрируются следующими показателями: 95% деревьев сосны веймутовой относятся к I и II классам роста, у дуба преобладают деревья IV класса (III, IV и V классы вместе составляют 93,2%), у лиственницы — II класса (65,6%).

Протяженность кроны в процентах от высоты ствола по породам и ступеням толщины характеризуется следующими данными.

Таблица 2

Ступени толщины, см	Протяженность кроны (%) по породам			
	сосна веймутова	лиственница сибирская	сосна обыкновенная	дуб черешчатый
8	—	—	—	69,0
12	—	13,9	14,5	74,5
16	21,5	18,5	16,5	78,0
20	25,0	19,7	18,5	80,5
24	27,0	22,1	20,3	83,0
28	29,5	23,7	21,7	84,8
32	31,3	23,9	23,0	86,5
36	33,0	25,3	24,2	—
40	35,0	26,1	25,3	—
44	36,0	27,1	—	—
48	37,5	—	—	—

По мере увеличения диаметра на высоте 1,3 м наблюдается увеличение протяженности кроны для всех пород. Графически это выражается выпуклой кривой вида $Y = a + b \lg d_{1,3}$.

При проведении исследований и картировании всех деревьев на план измеряли также величины проекций крон по четырем радиусам, что позволило установить среднюю площадь проекции кроны для каждой породы и степень сомкнутости полога всех деревьев на 1 га.

Наибольшую среднюю площадь проекции кроны имеет сосна веймутова — 23,0 м²; ель — 20,2 м²; дуб черешчатый — 19,4 м²; лиственница — 9,1 м²; сосна обыкновенная — 5,9 м².

Общая сумма проекций крон на пробе равна 7711 м², что соответствует степени сомкнутости 0,77.

К 50-летнему возрасту на пробе сохранилось 6,2% сосны веймутовой, 6,2% лиственницы сибирской, 7,3% дуба черешчатого (в среднем 6,5% от общего числа посаженных в 1910 г.).

В военное время не сохранилось никаких данных об уходах за культурами. Современное состояние насаждений позволяет сказать, что культуры развивались естественным путем, местами проводили рубки по различным причинам.

Веймутова сосна в данных лесорастительных условиях растет особенно хорошо; в 50-летнем возрасте диаметр отдельных стволов достигает 60 см. Ее стройные стволы выделяются цилиндрической формой; прекрасно развитой густой кроной с ярко-зеленым богатым охвоем, способствующим быстрому обогащению почвы перегноем, а следовательно, и азотом. Народнохозяйственное значение сосны веймутовой велико: в возрасте 50 лет она дает 50% крупной древесины, в том числе пиловочных бревен — 70%, строительных — 11%, шпальника — 5%. Поэтому она заслуживает широкого внедрения в культуры при соответствующих почвенно-грунтовых условиях.

Сибирская лиственница также отличается хорошим ростом, хотя и отстает от сосны веймутовой. Она меньше сосны поражена энтомо- и фитовредителями и дает в основном среднюю по крупности древесину.

Нельзя считать удачным введение в культуры дуба черешчатого при господстве двух светололюбивых хвойных пород. Он оказался под пологом во втором ярусе и характеризуется замедленным ростом.

Самосев ели имеет прекрасный рост и развитие и при данных условиях относится к 1б классу бонитета.

Исследованные культуры характеризуют эффективность искусственного лесоразведения высокопроизводительных и хозяйственно ценных пород-экзотов сосны веймутовой и лиственницы сибирской при данных лесорастительных условиях в БССР.

О СПЕКТРАЛЬНОМ СОСТАВЕ СВЕТА ПОД КРОНАМИ ДЕРЕВЬЕВ

В. П. ДАДЫКИН

Профессор, доктор биологических наук

Е. В. ПОТАЕВИЧ, Б. Н. ГРУШЕВСКИЙ

Младшие научные сотрудники

(Институт биологии Карельского филиала АН СССР)

Лесоводов давно интересует вопрос о количестве света, проникающего под полог леса, и его качественном составе. Световой режим является одним из ведущих факторов, определяющих развитие подроста и другой растительности под пологом леса. Именно поэтому достаточно давно начаты работы по измерению количества света, проникающего в глубь леса, однако данных о его спектральном составе в литературе очень мало. Крамер и Козловский [3], а также К. Рубнер [2], ссылаясь на работы Тауми и Корстиана [4], указывают, что качественный состав света под пологом хвойного леса и на открытом месте мало отличается. В лиственных лесах, по данным Кнухеля [2], свет содержит относительно мало голубых, много желтых и зеленых лучей, сходен с прямым солнечным светом по содержанию оранжево-красных лучей и исключительно богат инфракрасными.

По данным других авторов [2], спектральные кривые под пологом соснового и букового леса близки.

Представляет несомненный интерес получение большого количества достаточно точных данных о качественном составе света.

Изготовленный нами в 1961 г. электронный спектральный прибор [1] для определения оптических свойств листьев позволил исследовать относительный спектральный состав света под кронами различных древесных пород и получить ряд характеристик подобного рода для конкретных условий Карелии.

Для выделения параллельного пучка света, прошедшего через крону дерева, была изготовлена тубус-насадка; для работы в полевых условиях прибор был переведен на питание от сухих батарей и автомобильного аккумулятора.

Прибор устанавливали под пологом леса и на открытой площадке на высоте 1—1,2 м от земли с ориентацией тубуса-насадки в сторону солнца. В этих условиях прибор регистрирует спектральный состав света под пологом леса и учитывает всю падающую радиацию на открытом месте.

Обработка полученных данных сводится к внесению поправок на селективную чувствительность фотоумножителя и к сопоставлению

кривых, полученных для поверхности под кронами деревьев и на открытом месте.

Исследования 1961 г. были выполнены в окрестностях Петрозаводска и в заповеднике Кивач.

Для работы выбирали дни с хорошей безветренной безоблачной погодой. Опыты проводили в околополуденное время при наименее изменчивой во времени общей падающей радиации.

Нам удалось исследовать световой режим под кронами сосны 40 и 120 лет, ели 70 и 120 лет, березы 30 и 40 лет, ольхи 15 лет. Для каждого типа леса кривые обычно снимали 8—10 раз, затем данные осредняли. Участок 40-летнего сосняка подобран в 20 км от Петрозаводска возле деревни Бесовец. Древостой чистый по составу, полнота 0,7, сомкнутость крон 0,7—0,8, подлеска нет, в напочвенном покрове мхи и брусника.

Сосняк 120—150 лет выбран на территории заповедника Кивач. Примесей других пород нет, полнота 0,7, сомкнутость крон 0,7—0,8, в подросте 2—3-летние сосенки, в напочвенном покрове вереск, брусника, мхи.

Ельник в возрасте около 100 лет расположен возле деревни Бесовец; полнота 0,9—1,0, единично встречается сосна, в подросте изредка береза. В напочвенном покрове брусника.

Проникновение света через кроны березы и ольхи исследовано у отдельно стоящих на вырубках хорошо развитых деревьев: березы — 30 и 40 лет, ольхи приблизительно 15 лет.

Результаты исследований представлены в виде спектральных кривых состава прямого солнечного света, прошедшего сквозь кроны деревьев под полог леса (рис. 1, 2, 3).

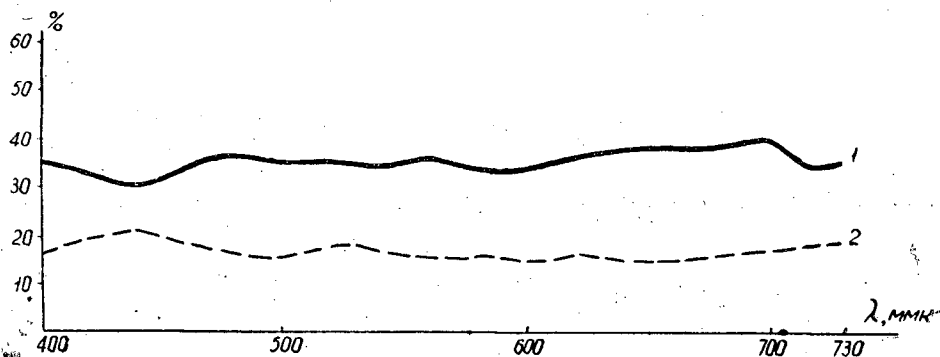


Рис. 1. Количество солнечного света, прошедшего под кроны деревьев сосны разного возраста (% от количества света на открытом месте) в зависимости от длины волны λ : 1 — сосна 120 лет; 2 — сосна 40 лет.

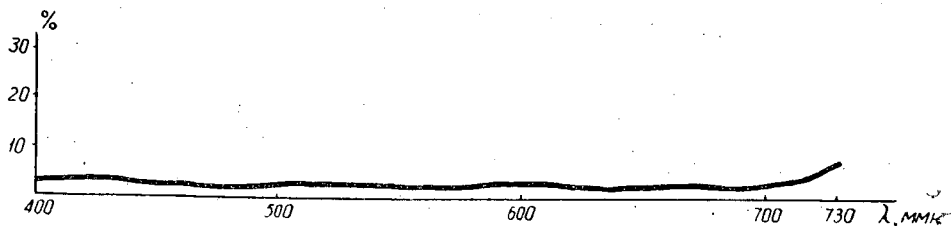


Рис. 2. Количество солнечного света, прошедшего под кроны деревьев в ельнике 100 лет (%), в зависимости от длины волны λ .

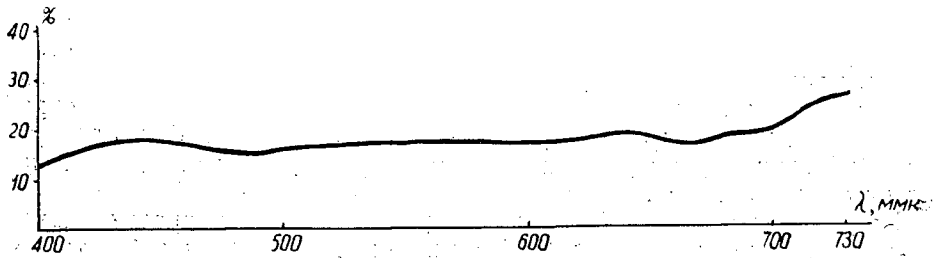


Рис. 3. Количество солнечного света, прошедшего под крону березы 30—40 лет (%), в зависимости от длины волны λ .

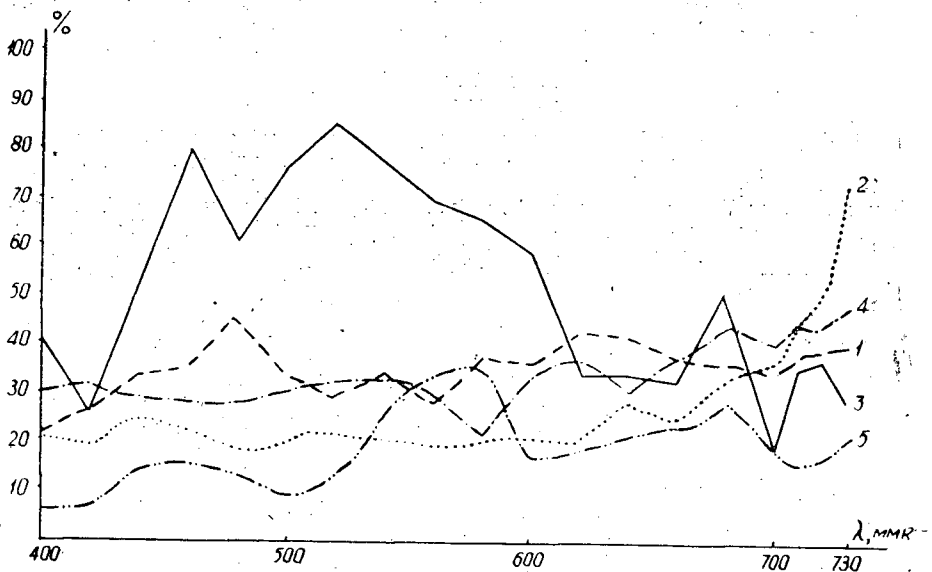


Рис. 4. Количество солнечного света под кронами ели при ветреной погоде 17 августа 1961 г. (%) в зависимости от длины волны λ .

1— в 14 ч. 19 м.; 2— в 14 ч. 25 м.; 3— в 14 ч. 26 м.; 4— в 14 ч. 27 м.; 5— в 14 ч. 30 м.

Из рисунков видно, что представляют собой относительно выравненные линии во всем исследованном диапазоне волн. Заметные незначительные понижения или выпуклости на кривых невелики.

На примере сосны отчетливо выявляется связь между возрастом насаждения и количеством прошедшего под полог света: с возрастом оно увеличивается. У березы и ели картина обратная. Разумеется, это наблюдается в случае отсутствия второго яруса в насаждениях.

Полный штиль и неподвижность крон бывают весьма редко. Даже незначительный ветер приводит в движение верхушки деревьев. Это мгновенно приводит к существенному изменению состава света под пологом. Визуально это можно наблюдать по движению солнечных бликов на напочвенном покрове.

Записи спектральных кривых под пологом леса, сделанные даже при небольшом ветре, дают сильно изломанную кривую (рис. 4).

Анализ подобного рода кривых позволяет предположить, что, по-видимому, в течение 25–30% времени под полог соснового и лиственного леса проникает почти полная солнечная радиация, заметно улучшая световой режим для подроста и напочвенной растительности.

Осенью 1962 г. мы повторили исследования, используя новый прибор, предназначенный для учета лучистой энергии, пропускаемой листьями при рассеянном потоке радиации. Такой прибор разработан, изготовлен и опробован в нашей лаборатории. Он не имеет направляющего тубуса, и в интегрирующую сферу попадает лучистый поток, отражаемый всей полусферой неба. Это позволило получить более точную характеристику состава рассеянного света, проникающего под полог леса и на открытое место.

Результаты определений качественно совпали с предыдущими. Спектральные кривые света для сосны и ели представляют собой также относительно выравненные линии во всем исследованном диапазоне волн.

Позднее изготовление прибора не позволило провести широкие исследования с его помощью. Однако первые несколько десятков кривых для хвойных лесов подтвердили выводы из работ 1961 г.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. П. Дадькин, Б. Н. Грушевский. Электронный спектральный прибор для определения оптических свойств листьев. Физиология растений, т. 9, вып. 3, 1962, стр. 385—389. [2]. Dr. Konrad Rubner. Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaues. Neuman Verlag Radebeul und Berlin, 1960. [3]. P. I. Kramer and T. T. Kozlovsky. Physiology of trees, 1960. [4]. J. W. Toumey and C. F. Korstian. Foundations of silviculture upon an ecological basis, 2-d ed., John. Wiley & Sons, Inc., New York, (цитировано по Крамеру и Козловскому), 1947.

Поступила в редакцию
20 октября 1962 г.

**ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ЛЮПИНА (*Lupinus polyphyllus*
Lindl.) НА ФОТОСИНТЕЗ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
(*Pinus silvestris* L.)**

И. Э. РИХТЕР

Аспирант

(Белорусский технологический институт)

В настоящее время изучению процесса фотосинтеза в природных условиях уделяется большое внимание. Эту проблему широко освещали в своих трудах К. А. Тимирязев [20], В. Н. Любименко [12], [13], Л. А. Иванов [10], [11], Н. Г. Воскресенская [6], В. А. Бриллиант [4], А. А. Ничипорович [14], [15], [16], [17], и др. Однако большинство работ посвящено изучению фотосинтеза травянистых растений. Воздушное питание древесных пород исследовано недостаточно, особенно влияние условий почвенного питания на интенсивность фотосинтеза и накопление хлорофилла. Имеющиеся данные часто противоречивы.

В задачу нашей работы входило установление взаимосвязи между фотосинтезом, дыханием и оттоком ассимилятов в осевые органы и содержанием хлорофилла в зависимости от условий местопроизрастания и междурядной культуры многолетнего люпина. Исследования проводили в августе 1962 г. в Негорельском учебно-опытном лесхозе на стационарах кафедры лесоводства Белорусского технологического института, заложенных для изучения длительного влияния многолетнего люпина на рост и продуктивность сосны.

Для изучения влияния люпина на плодородие почвы в смешанных образцах с двукратной повторностью определили рН в КС1 по Алямовскому, гидролитическую кислотность по Каппену, сумму поглощенных оснований по Каппену—Гильковицу, гумус по Тюрину, общий азот по Кнелядалю, подвижный азот по Тюрину и Кононовой, подвижный фосфор по Кирсанову, калий по Масловой.

Для опытов брали одно- и двухлетнюю хвою трех средних деревьев. Для определения содержания хлорофилла хвою собирали с южной стороны побегов верхней мутовки. Ее сразу же взвешивали на торзионных весах и фиксировали паром. Одновременно брали образцы для определения влажности хвои. (В обоих случаях повторность пятикратная). Пигменты извлекали с помощью ацетона по методу Т. Н. Годнева [7], а концентрацию их в вытяжке устанавливали на спектрофотометре СФ-4. Затем по формулам Ветштейна вычисляли содержание хлорофилла *a* и *b* и каротиноидов *c*.

Для изучения интенсивности фотосинтеза применяли метод Сакса (половинок). Этот метод позволяет улавливать изменения в сухом весе

Стационар	Тип леса и тип лесорастительных условий	pH в КСl	Гидролитическая кислотность, мг-экв на 100 г почвы	Сумма поглощенных оснований, мг-экв на 100 г почвы
8 ^е	Сосняк вересковый, А ₁	4,5	4,03	1,21
		4,3	4,55	1,08
8 ^и	Сосняк бр. сничный, А ₂	4,7	4,64	1,41
		4,4	4,29	1,31
8 ^к	Сосняк орляково-брусничный, В ₂	4,4	5,95	2,53
		4,1	6,73	1,52
8 ^а	Сосняк орляково-черничный В ₃	4,4	9,45	2,12
		4,3	7,61	1,41

Примечание. Глубина взятия образцов — 5—10 см; в этой таблице и в контроле.

хвои, происходящие не только за счет фотосинтеза, но и за счет дыхания и оттока ассимилятов в осевые органы. Метод Сакса очень удобен в применении к сосне обыкновенной, так как ее парные хвоинки значительно различаются в весе (в среднем на 1,5%). Возможность использования этого метода в полевых условиях обоснована рядом авторов ([2], [3], [15], [17] и др.).

Опыты с одно- и двухлетней хвоей на секциях с люпином и контрольных проводили одновременно. Световую хвою брали с тех же побегов, что и хвою для определения хлорофилла. Одну половину парных хвоинок срезали утром, другую — вечером. Разница в весе показывала накопление сухого вещества за день. Затраты сухого вещества на дыхание и отток ассимилятов определяли на затененных побегах. Среднюю хвою тут же фиксировали паром, а взвешивали в лаборатории после доведения хвои до абс. сухого состояния. Проведение опыта только со световой хвоей объясняется тем, что культуры, находящиеся в стадии смыкания, по нашим данным, имеют не более 10% теневой хвои. Анализ почвенных образцов показал, что влияние люпина в течение 8—9 лет способствовало значительному повышению плодородия почвы (табл. 1).

Люпин по своим удобряющим свойствам приближается к навозу [1]. На секциях с люпином выше содержание гумуса, азота и калия, а также обменная кислотность, сумма поглощенных оснований и степень насыщенности почв основаниями. Остальные показатели химического анализа почвы изменяются незначительно.

Полученные результаты согласуются с данными Б. Д. Жилкина [9], В. К. Поджарова [18], В. П. Григорьева [8] и др.

В табл. 2 приведены данные определения влажности хвои, ее размеров и веса единицы поверхности.

Влажность однолетней хвои значительно выше, чем двухлетней, а на секциях с люпином больше, чем на контрольных. Влажность хвои по типам леса в августе изменялась в небольших пределах без всякой закономерности. Это объясняется различиями в возрасте и густоте культур, а также погодными условиями.

С улучшением условий местопроизрастания размеры хвои увеличиваются незначительно, а вес единицы поверхности уменьшается. Охвоенность средних моделей на секциях с люпином во всех типах леса значительно выше, чем на контрольных.

Таблица 1

Степень насыщенности почв основаниями	Гумус, % к абс. сухому весу почвы	Общий азот, % к абс. сухому весу почвы	Подвижный азот, мг/кг почвы	P ₂ O ₅ , мг на 100 г почвы	Калий, мг на 100 г почвы
23,10	2,38	0,14	35,0	2,52	6,36
19,20	1,69	0,08	22,0	3,75	3,46
23,30	2,41	0,14	32,0	14,75	6,36
23,40	1,64	0,09	27,5	13,76	3,46
29,80	3,80	0,21	45,0	12,48	4,90
18,40	1,96	0,10	26,5	14,75	3,46
18,32	4,00	0,27	39,0	3,80	18,66
15,60	2,78	0,10	36,0	2,50	6,36

последующих в числителе показатели на секциях с люпином, в знаменателе —

Таблица 2

Стационар	Возраст хвои, лет	Влажность хвои, % к сырому весу	Длина хвои, мм	Поверхность 100 хвоинок, дм ²	Вес 1 дм ² абс. сухой хвои, мг	Охвоенность средней модели, г абс. сухой хвои
8 ^с	1	64,4	52,1	1,79	800	
		62,3	39,5	1,26	952	
	57,8	40,5	1,21	928	495	
	54,5	39,9	1,28	1092	430	
8 ^н	1	64,5	39,6	1,27	767	
		63,7	44,4	1,46	793	
	59,3	40,5	1,34	997	640	
	57,9	43,3	1,47	978	246	
8 ^к	1	64,6	44,7	1,45	813	
		62,8	42,1	1,38	824	
	59,9	44,8	1,39	931	595	
	57,1	39,3	1,28	1048	244	
8 ^а	1	61,9	46,7	1,55	795	320
	2	60,3	41,9	1,32	755	136
		55,8	44,3	1,57	917	
		54,7	45,3	1,45	881	

Обогащение почвы азотом и зольными элементами в условиях сосняка верескового и брусничного, по данным Б. Д. Жилкина [9] и И. А. Юшкевича [21], способствует не только увеличению размеров хвои, улучшению охвоенности, но и более интенсивному накоплению хлорофилла. Мы установили, что на протяжении года хвоя на секциях с люпином имеет повышенное содержание хлорофилла на единицу веса, что видно из табл. 3:

В большинстве случаев двухлетняя хвоя (в единице сухого веса) имеет больше хлорофилла, чем однолетняя. Наблюдающаяся сезонность в содержании хлорофилла вызывается рядом факторов (температура, освещенность, биологические особенности породы и др.). Уменьшение количества хлорофилла в хвое в период зимнего покоя является результатом реакции растения на низкие температуры. Полученные

данные согласуются с исследованиями Кверхольда [22], Л. Ф. Правдина и К. Г. Щербиной [19].

Таблица 3

Стационар	Возраст хвои, лет	Содержание хлорофилла (мг/г абс. сухого вещества хвои) по месяцам						
		январь	март	апрель	май	июнь	август	октябрь
8 ^е	1	—	—	—	—	$\frac{0,84}{0,67}$	$\frac{1,39}{0,99}$	$\frac{0,98}{0,90}$
	2	$\frac{0,53}{0,40}$	$\frac{0,54}{0,38}$	$\frac{0,69}{0,64}$	$\frac{0,88}{0,60}$	$\frac{0,99}{0,68}$	$\frac{1,44}{1,12}$	$\frac{1,07}{0,75}$
8 ^и	1	—	—	—	—	$\frac{0,98}{0,83}$	$\frac{1,42}{1,07}$	$\frac{1,02}{0,80}$
	2	$\frac{0,57}{0,52}$	$\frac{0,64}{0,51}$	$\frac{0,88}{0,82}$	$\frac{1,12}{0,88}$	$\frac{1,10}{0,94}$	$\frac{1,82}{1,28}$	$\frac{1,08}{0,91}$
8 ^к	1	—	—	—	—	$\frac{1,00}{0,90}$	$\frac{1,42}{1,21}$	$\frac{1,03}{0,95}$
	2	$\frac{0,64}{0,50}$	$\frac{0,72}{0,71}$	$\frac{1,10}{1,09}$	$\frac{1,11}{0,86}$	$\frac{1,27}{1,20}$	$\frac{1,82}{1,39}$	$\frac{1,18}{0,85}$
8 ^а	1	—	—	—	—	$\frac{0,98}{0,84}$	$\frac{1,42}{1,36}$	$\frac{0,93}{0,76}$
	2	$\frac{0,56}{0,52}$	$\frac{1,03}{0,66}$	$\frac{1,07}{1,03}$	$\frac{1,13}{1,07}$	$\frac{1,15}{0,94}$	$\frac{1,59}{1,50}$	$\frac{1,18}{0,82}$

В табл. 4 приводятся данные о содержании хлорофилла *a* и *b* и каротиноидов *c* в хвое сосны.

Таблица 4

Стационар	Возраст хвои, лет	Содержание хлорофилла, мг/г абс. сухого вещества			Содержание каротиноидов <i>c</i> , мг/г абс. сухого вещества	Отношение $\frac{a+b}{c}$	Отношение $a:b$
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>			
8 ^е	1	$\frac{1,084}{0,774}$	$\frac{0,310}{0,211}$	$\frac{1,394}{0,985}$	$\frac{0,434}{0,380}$	$\frac{3,21}{2,59}$	$\frac{3,50}{3,67}$
		$\frac{1,117}{0,857}$	$\frac{0,325}{0,264}$	$\frac{1,442}{1,121}$	$\frac{0,550}{0,401}$	$\frac{2,62}{2,80}$	$\frac{3,44}{3,25}$
8 ^и	1	$\frac{1,092}{0,843}$	$\frac{0,331}{0,228}$	$\frac{1,423}{1,071}$	$\frac{0,425}{0,362}$	$\frac{3,35}{2,96}$	$\frac{3,30}{2,96}$
		$\frac{1,427}{0,986}$	$\frac{0,395}{0,296}$	$\frac{1,822}{1,282}$	$\frac{0,646}{0,352}$	$\frac{2,82}{3,64}$	$\frac{3,61}{3,64}$
8 ^к	1	$\frac{1,111}{0,944}$	$\frac{0,305}{0,262}$	$\frac{1,416}{1,207}$	$\frac{0,534}{0,459}$	$\frac{2,65}{2,63}$	$\frac{3,64}{3,59}$
		$\frac{1,406}{1,055}$	$\frac{0,417}{0,336}$	$\frac{1,823}{1,391}$	$\frac{0,640}{0,522}$	$\frac{2,85}{2,66}$	$\frac{3,37}{3,14}$
8 ^а	1	$\frac{1,098}{1,047}$	$\frac{0,322}{0,308}$	$\frac{1,420}{1,355}$	$\frac{0,485}{0,399}$	$\frac{2,92}{3,40}$	$\frac{3,41}{3,40}$
		$\frac{1,220}{1,106}$	$\frac{0,372}{0,394}$	$\frac{1,592}{1,500}$	$\frac{0,562}{0,436}$	$\frac{2,83}{3,44}$	$\frac{3,28}{2,81}$

Из приведенных данных видно, что с улучшением условий место-произрастания содержание хлорофилла как в однолетней, так и в двух-

летней хвое значительно увеличивается. На секциях с люпином содержание хлорофилла во всех случаях выше, чем на контрольных (на 5—42% в зависимости от типов леса).

Содержание каротиноидов изменяется в небольших пределах; на секциях с люпином оно несколько выше, чем на контрольных.

Соотношение компонентов хлорофилла *a* и *b*, по-видимому, в большей мере зависит от степени освещенности, чем от плодородия почвы. Эти данные согласуются с исследованиями Кверхольда [22].

Таблица 5

Стационар	Средняя за время опыта температура на высоте 1,5 м, °С	Средняя освещенность на высоте 1,5 м тыс. лк	Видимый фотосинтез (мг сухого вещества на 1 дм ² поверхности в час) для хвой		Дыхание и отток ассимилятов (мг сухого вещества на 1 дм ² поверхности в час) для хвой	
			1-летней	2-летней	1-летней	2-летней
8 ^е	16,5	10,2	1,69	1,29	1,06	1,35
	17,9	15,6	1,62	1,23	1,08	0,96
8 ^и	14,6	11,7	2,36	2,32	0,95	1,52
	15,0	17,2	1,52	1,49	0,89	0,95
8 ^к	17,2	10,3	2,80	2,81	1,45	1,29
	18,1	25,8	2,15	1,79	0,58	0,86
8 ^а	19,0	23,8	3,56	2,66	1,12	1,40
	19,8	33,9	2,86	1,86	0,97	0,83

Приведенные в табл. 5 материалы свидетельствуют о тесной связи между условиями местопроизрастания и интенсивностью фотосинтеза, дыхания и оттока ассимилятов в осевые органы.

Несмотря на более низкую температуру воздуха и освещенность, на секциях с люпином наблюдается более интенсивное накопление сухого вещества на единицу поверхности в хвое обоих возрастов, особенно в однолетней.

Таблица 6

Стационар	Возраст хвой, лет	Истинный фотосинтез	
		мг сухого вещества на 1 дм ² в час	мг сухого вещества на среднюю модель
8 ^е	1	2,75	842
		2,70	709
	2	2,64	711
		2,19	361
8 ^и	1	3,31	1467
		2,41	382
	2	3,84	1555
		2,44	299
8 ^к	1	4,25	2039
		2,73	411
	2	4,10	903
		2,65	303
8 ^а	1	4,68	1001
		3,89	457
	2	4,06	664
		2,69	140

С улучшением почвенного питания значительно увеличивается интенсивность дыхания и оттока ассимилятов. Хотя дыхание и приводит к трате органического вещества, накопленного при фотосинтезе, но оно является показателем активности жизненных процессов и повышения его интенсивности, усиливает скорость оттока, переработки и использования ассимилятов. Это явление отметили В. А. Бриллиант и Т. С. Горбунова [5].

Более полное представление о накоплении сухого вещества единицей поверхности дает истинный фотосинтез. Его характеризует сумма количества сухого вещества, накопленного при фотосинтезе и потерянного при дыхании и оттоке ассимилятов.

Из данных табл. 6 видно, что прибавка сухого вещества на единицу поверхности в час на секциях с люпином выше, чем на контрольных. При этом с улучшением условий местопроизрастания интенсивность фотосинтеза повышается. С увеличением возраста хвои накопление ассимилятов как на секциях с люпином, так и на контрольных снижается. Повышенную интенсивность фотосинтеза у молодой хвои отмечал Л. А. Иванов [11].

Улучшение почвенного питания и работы фотосинтезирующего аппарата привело к повышению продуктивности культур сосны. Изменение таксационных показателей исследуемых культур под влиянием люпина приводится в табл. 7. Обследование проведено осенью 1962 г.

Таблица 7

Стационар	Возраст, культур, лет	Срок действия люпина, лет	Средняя высота, см	Средний диаметр, см	Запас на 1 га, м ³	Достоверность разницы
8 ^е	15	9	326,3	3,51	13,88	8,6
			264,8	3,09	7,35	
8 ^и	12	9	326,7	3,54	14,97	7,9
			259,6	2,62	6,46	
8 ^к	12	9	355,6	3,44	24,77	10,0
			268,9	2,71	10,08	
8 ^а	10	8	271,2	2,68	9,56	17,5
			182,2	1,74	3,46	

Из таблицы видно, что лучшие результаты получены в условиях сосняка орляково-черничного и орляково-брусничного, где условия для роста и развития люпина наиболее благоприятны.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. К. Алексеев. Сидеральные удобрения в БССР. Госиздат, 1951. [2]. Ф. З. Бородулина, Л. Г. Колобаева. Учет фотосинтеза по накоплению углерода в листьях. ДАН СССР, т. XC, № 5, 1953. [3]. Ф. З. Бородулина, Л. Г. Колобаева, Г. А. Зверева. К вопросу об определении фотосинтеза в полевых условиях. Труды института физиологии растений им. К. А. Тимирязева, т. X, 1955. [4]. В. А. Бриллиант. Фотосинтез как процесс жизнедеятельности растений. Изд. АН СССР, 1949. [5]. В. А. Бриллиант, Т. С. Горбунова. Эколого-физиологическая направленность в изучении фотосинтеза и его продуктивности. Труды института физиологии растений им. К. А. Тимирязева, т. X, 1955. [6]. Н. П. Воскресенская. О значении катиона калия для фотосинтеза. ДАН СССР, 59, 1948. [7]. Т. Н. Годнев. Строение хлорофилла и методы его определения. Минск, 1952. [8]. В. П. Григорьев. Влияние многолетнего люпина на продуктивность сосняков. Сборник трудов Белорусского технологического института, «Повышение продуктивно-

сти лесов западных и центральных лесов СССР», 1962. [9]. Б. Д. Жилкин. Опыт сценки люпиново-древесиновых хозяйств. Сборник научных трудов БЛТИ, вып. X, 1957. [10]. Л. А. Иванов. Физиология растений. Л., 1936. [11]. Л. А. Иванов. Фотосинтез и урожай. Сборник работ по физиологии растений, М.-Л., 1941. [12]. В. Н. Любименко. Содержание хлорофилла в хлорофильном зерне и энергия фотосинтеза. Труды СПб. общества естествоиспытателей, 41, 1910. [13]. В. Н. Любименко. Фотосинтез и хемосинтез в растительном мире. Сельхозгиз, 1935. [14]. А. А. Ничипорович, Н. Г. Васильева, Л. А. Остапенко. Фотосинтез как фактор урожайности. Реферативные работы учреждений отдела биологических наук АН СССР за 1940 г., М.-Л., 1941. [15]. А. А. Ничипорович. О методах учета и изучения фотосинтеза как фактора учета урожайности. Труды института физиологии растений АН СССР, т. X, 1955. [16]. А. А. Ничипорович. Световое и углеродное питание растений (фотосинтез). Изд. АН СССР, 1955. [17]. А. А. Ничипорович. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. Изд. АН СССР, М., 1956. [18]. В. К. Поджаров. Повышение плодородия лесных почв культурой многолетнего люпина в сосняках вересковом, орляково-брусничном и орляково-черничном. Сборник научных трудов БЛТИ, X, 1957. [19]. Л. Ф. Правдин, К. Г. Щербина. Динамика содержания хлорофилла в хвое и жирность семян сосны обыкновенной разного географического происхождения. Труды института леса и древесины. СО АН СССР, т. L, 1961. [20]. К. А. Тимирязев. Избранные сочинения. Т. 1, 1948. [21]. И. А. Юшкевич. Фотосинтез и продуктивность культур сосны в связи с внесением в почву зеленого удобрения. Сборник ботанических работ, вып. II, 1960. [22]. H. D. Querhold. Seasonal variation of chloroplast pigments and Nutrient Elements in the needles of geographic races of Scotch Pine. *Planta. Silvae genetica*, Bd. 8, H. 41, 1959.

Поступила в редакцию
24 июля 1963 г.

ОПЫТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ХЛОРОФИЛЛА В ЛИСТЬЯХ КЛИМАТИПОВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО

А. М. ШУТЯЕВ

Аспирант

(Воронежский лесотехнический институт)

При изучении географических культур дуба черешчатого в Центрально-Черноземном заповеднике (Курская область) летом 1962 г. мы обратили внимание на различную интенсивность окраски листьев у дубков разного происхождения.

Опыты по определению хлорофилла в листьях мы проводили в чистых рядовых культурах, созданных посевом желудей, полученных из разных пунктов ареала дуба. Культуры расположены на ровном плато водораздела, возраст их — 6 лет. Почва — слабовыщелоченный тяжелосуглинистый чернозем на лессовидном суглинке.

Для опыта были выбраны дубки самых крайних географических пунктов, представленных ранней фенологической формой из нагорных типов леса: тульские (кленово-липовая дубрава), краснодарские (северо-кавказская предгорная злаковая дубрава), могилевские (свежая лещиновая дубрава), башкирские (свежеватая уральская дубрава) и курские (свежая кленово-липовая дубрава).

В пределах каждого климатипа 28 июля 1962 г. собирали листья с пяти модельных нормально развитых дубков. Во всех вариантах листья брали с побегов первого (майского) прироста, имеющих одинаковую экспозицию.

Поскольку в полевых условиях оказалось невозможным определить количество хлорофилла, мы, применив имеющийся опыт [9], собранные листья довели до воздушно-сухого состояния с тем, чтобы колориметрирование провести в лабораторных условиях.

Сушку образцов мы проводили следующим образом. Листья (5—6 шт.), завернутые в двойные бумажные пакеты, помещали под железную крышу. При сухой и жаркой погоде они быстро достигали воздушно-сухого состояния и могли сохраняться до лабораторных исследований.

Листья, законсервированные по методике Т. Н. Бельской [3], оказались непригодными для определения количества хлорофилла, так как они содержали желтые пигменты, а хлорофилла было очень мало.

Определение общего хлорофилла проводили в феврале 1963 г. по методике Т. Н. Годнева [4].

Навеску листьев 0,5 г измельчали с битым стеклом, просеянным через сито с одномиллиметровыми отверстиями. Для извлечения хло-

рофилла применяли спирт крепостью 90°. Вытяжку растворяли в спирте до 50 см³ и колориметрировали. По калибровочной кривой для стандартного раствора, приготовленного по рецепту Т. Н. Годнева [4], находили количество хлорофилла (мг в 1 л раствора). Затем количество хлорофилла пересчитывали в мг на 1 г сухого вещества.

Результаты количественного определения хлорофилла в листьях дубков разного географического происхождения (средние данные для пяти дубков) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Климатипы дуба	Количество хлорофилла	
	мг на 1 г абс. сухих листьев	% по отношению к курским
Северный (Тульский)	6,24	109,8
Центральный (Курский)	5,68	100,0
Южный (Краснодарский)	3,77	66,3
Западный (Могилевский)	5,37	94,5
Восточный (Башкирский)	5,59	98,4

Анализ таблицы показывает, что содержание хлорофилла в листьях уменьшается у дубков южного происхождения по сравнению с северными и у западных — по сравнению с восточными. Наши данные не совпадают с результатами исследований Л. Ф. Правдина и К. Г. Щербина [8].

Различия в содержании хлорофилла и его качественном составе обуславливают разную интенсивность окраски листьев климатипов дуба.

Листья тульских дубков имеют темно-зеленый цвет со слегка сизым оттенком (индекс «Ж7» [1]). Листья курских дубков несколько светлее тульских, а краснодарские имеют светло-зеленый цвет (по шкале цветов ближе к индексу «З1»). Листья могилевских дубков темнее краснодарских, но светлее курских (ближе к индексу «Е1»). Башкирские листья имеют грязно-зеленый оттенок.

Можно считать, что различия в содержании хлорофилла в листьях шестилетних дубков являются их наследственными особенностями, по которым можно судить об исторически выработанных экологических требованиях к определенному количеству света и тепла.

Известно, что каждому виду растений свойственна определенная амплитуда светового напряжения. Но световая энергия как по интенсивности, так и по качеству различна в разных широтах, причем интенсивность света при перемещении по широте меняется сильнее, чем по долготе. Так, примерное количество прямой солнечной радиации, получаемой горизонтальной поверхностью (кал/см²), за летнее полугодие для Тулы составляет 156148, Курска — 159682, Краснодара — 166170 [2].

У растений, произрастающих в разных климатических областях, вырабатываются физиологические особенности, позволяющие климатипам развиваться в соответствующих условиях среды. Одной из них [7] является постепенное увеличение содержания хлорофилла в листьях растений при движении с юга на север.

Для течения фотосинтеза затрачивается очень большое количество энергии, источником которой является солнечная радиация [6]. Уловителем радиации служит хлорофилл.

Исследования Г. А. Тиховым [5] оптических свойств листьев зеленых растений в зависимости от географической широты места их

произрастания показали увеличение поглощения световой энергии с повышением суровости климата.

В. П. Дадыкин и В. П. Беденко [5] установили, что наибольшая величина отражений лучистой энергии листьями древесных пород отмечается в южных точках, малая — в северных. Существенными различия в оптических свойствах становятся в наиболее длинноволновой части (начиная с длины волн 680 мкм).

Основная роль в изменении этих свойств принадлежит хлорофиллу.

В северных и северо-восточных областях ареала дуба с более суровым климатом большое содержание хлорофилла в листьях создает условия для нормального хода физиологических процессов. Эта биологическая особенность в первые годы жизни сохраняется у дуба из одной климатической области после посева его желудей в другой.

Содержание хлорофилла в листьях дубков, выращенных из желудей разного географического происхождения, может служить одним из физиологических признаков для выделения климатипов дуба при селекционных работах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. С. Бондарцев. Шкала цветов. Изд. АН СССР, 1954. [2]. А. А. Борисов. Климатология, Гидрометиздат, Л., 1948. [3]. О. А. Вальтер и др. Практикум по физиологии растений с основами биохимии. Изд. 3, Сельхозгиз, М.-Л., 1957. [4]. Т. Н. Годнев. Строение хлорофилла и методы его количественного определения. Изд. АН БССР, Минск, 1952. [5]. В. П. Дадыкин, В. П. Беденко. О географической изменчивости оптических свойств листьев растений. ДАН, т. 130, № 3, 1960. [6]. Е. А. Дороганевская. О связи географического распространения растений с их обменом веществ. Изд. АН СССР, Институт географии, М., 1951. [7]. В. Н. Любименко. О количестве хлорофилла у растений различных географических широт. Труды императорского петроградского общества естествоиспытателей, т. 45, вып. 1, 1914. [8]. Л. Ф. Правдин, К. Г. Щербина. Динамика содержания хлорофилла в хвое и жирность семян сосны обыкновенной разного географического происхождения. Вопросы лесоводства и лесоведения. Труды института леса и древесины, т. 50, 1961. [9]. К. Г. Щербина. Опыт определения количества хлорофилла в хвое сосны обыкновенной. Физиология древесных растений. Изд. АН СССР, М., 1962.

Поступила в редакцию
10 июня 1963 г.

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛИНЕЙНОГО ПРИРОСТА ЕЛИ
И СВЯЗЬ ЕГО С НЕКОТОРЫМИ ТАКСАЦИОННЫМИ
ПОКАЗАТЕЛЯМИ ДЕРЕВЬЕВ**

И. И. ГУСЕВ

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Для исследования данного вопроса были срублены все деревья на шести пробах (1414 шт.), замерены периодический прирост по диаметру и высоте за последние 10 лет, диаметры на высоте груди, длина ствола, поперечник кроны, подсчитан возраст, установлена фаунистность. Пробы заложены в спелых и перестойных ельниках Архангельской области различной возрастной структуры (табл. 1).

Таблица 1

№ проб	Типы ельников	Средний возраст, лет	Коэффициент вариации возраста, %	Полнота	Коэффициент вариации прироста, %	
					по диаметру	по высоте
Одновозрастные ельники						
20	Кисличник	136	5,8	0,9	50,5	33,6
22	Черничник свежий	157	8,0	0,9	51,9	51,1
21	Зеленомошник чистый	122	9,8	1,0	50,6	44,6
Среднее					51,0	43,1
Разновозрастные ельники						
27	Черничник свежий	230*	15,1	0,8	54,4	38,2
34	Черничник влажный	243 (155)	27,8	0,7	54,8	47,6
35	Приручевой	262 (159)	29,5	0,9	54,6	38,3
Среднее					54,5	44,6

* Разновозрастные ельники с невыраженными возрастными поколениями. Они таксируются как одновозрастные [1].

При анализе изменчивости линейного прироста все деревья на пробах распределяли по ступеням прироста (%), а затем вычисляли коэффициенты вариации прироста по диаметру и высоте.

Коэффициенты вариации линейного прироста по диаметру и высоте в исследуемых одновозрастных и разновозрастных древостоях мало различаются, что дает возможность найти их среднее значение. Отсюда средний коэффициент вариации линейного прироста по диаметру равен 53%, а по высоте 44%. Близкие к этим коэффициенты вариации

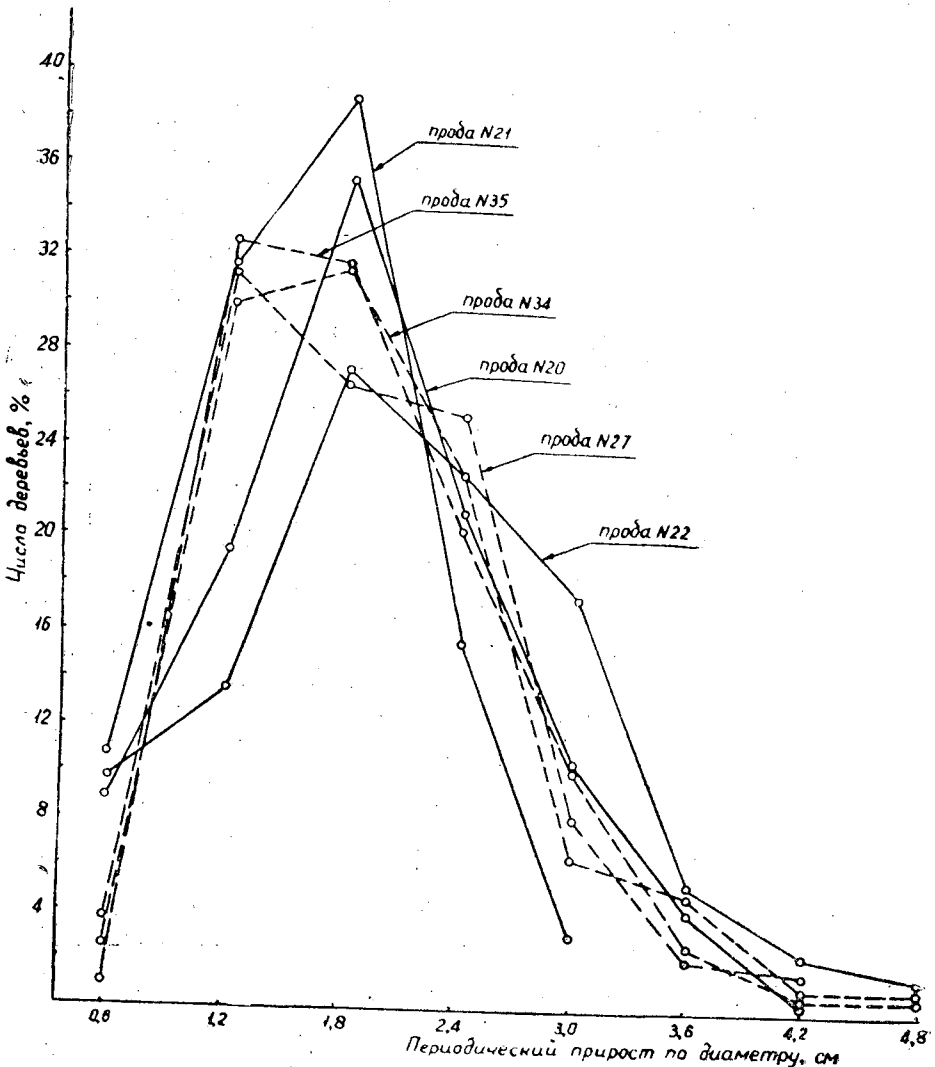


Рис. 1. Сплошная линия — одновозрастные ельники;
пунктир — разновозрастные.

получили М. Л. Дворецкий [2] для сосны средней полосы СССР, В. И. Левин для северной сосны [3] и Ян Борота [4] для ели Словакии (ЧССР).

Распределение деревьев по ступеням прироста по диаметру в одно- и разновозрастных ельниках имеет определенную закономерность. В первом случае оно характеризуется более симметричными вариационными рядами, чем во втором (рис. 1). Аналогичные кривые показывают распределение числа деревьев по ступеням периодического прироста по высоте (рис. 2).

Мы установили, что в одновозрастных древостоях с увеличением толщины деревьев повышается линейный прирост по диаметру (табл. 2). Эта связь характеризуется довольно устойчивым коэффициентом корреляции. На пробах 20, 21, 22 они соответственно равны $0,57 \pm 0,043$; $0,64 \pm 0,030$; $0,57 \pm 0,047$. На двух пробах одновозрастных ельников Словакии Ян Борота установил более тесную связь

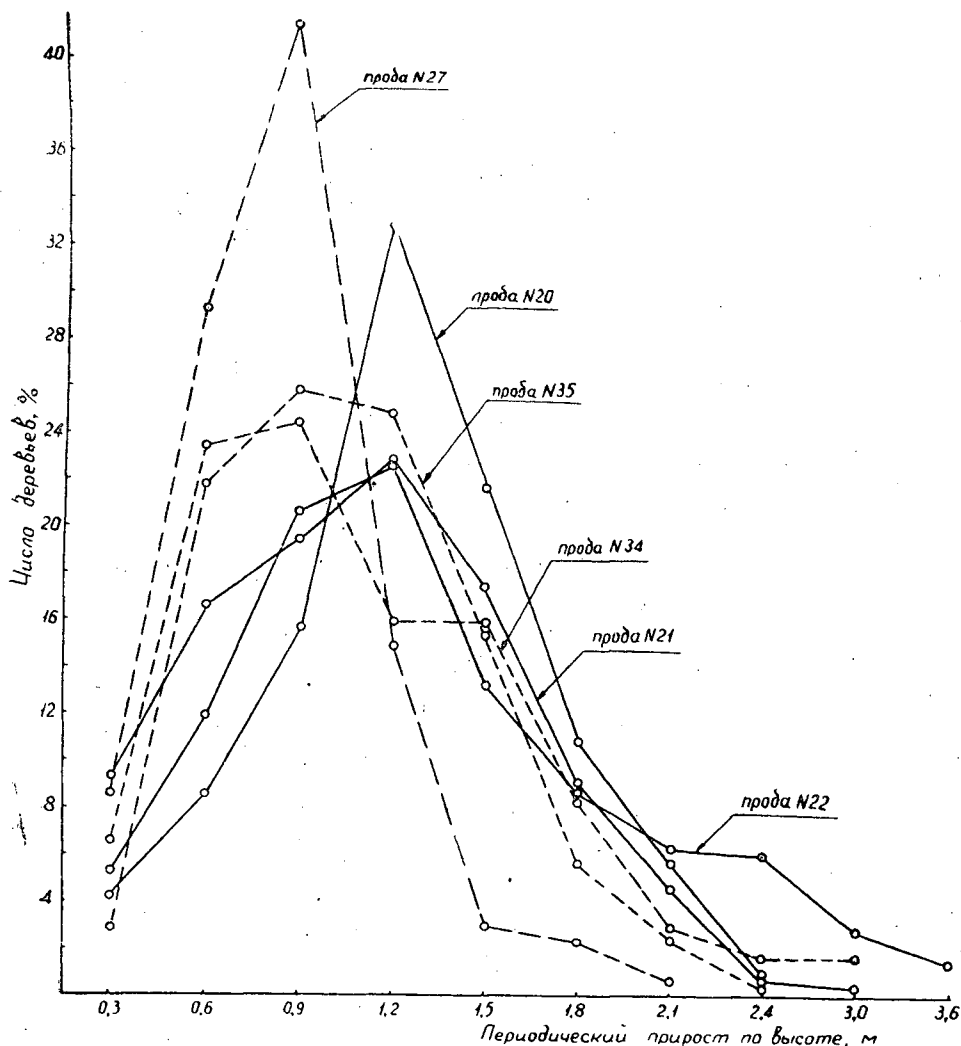


Рис. 2. Обозначения см. на рис. 1.

между толщиной деревьев и приростом по диаметру (0,808 и 0,824). В одновозрастных ельниках эта связь носит линейный характер.

Таблица 2

№ проб	Периодический прирост по диаметру за 10 лет (см) по четырехсантиметровым ступеням толщины								
	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Одновозрастные ельники									
20	0,60	0,70	0,90	1,30	1,48	1,64	1,68	2,30	—
22	0,68	1,02	1,34	1,68	1,92	1,98	2,84	—	—
21	0,50	0,96	1,44	1,58	1,80	—	—	—	—
Разновозрастные ельники									
27	—	1,35	1,20	1,37	1,32	1,32	1,27	1,35	1,60
34	—	1,15	1,46	1,66	1,22	1,35	1,29	1,33	1,70
35	—	1,04	1,23	1,60	1,38	1,30	1,39	1,64	1,64

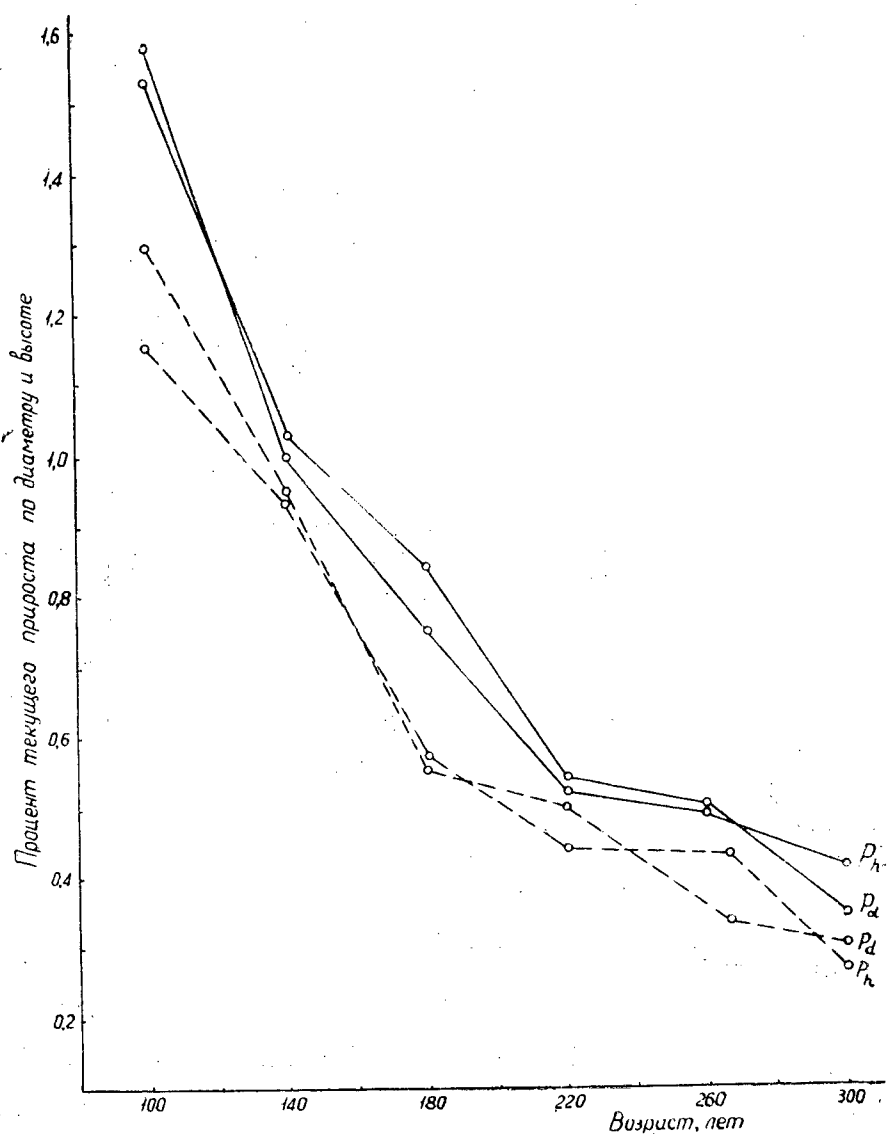


Рис. 3. Сплошная линия — здоровые деревья; пунктир — фаузные.

В разновозрастных древостоях толстомерные деревья имеют более высокий возраст. Так, например, наши исследования показали, что связь возраста с толщиной деревьев выражается коэффициентом корреляции от 0,35 до 0,81 [1]. Деревья с более высоким возрастом чаще фаузные. Это снижает величину прироста толстомерных деревьев, нарушая тем самым связь между диаметром и величиной прироста по толщине.

Однако абсолютное значение прироста не дает полного представления о связи толщины деревьев с линейным приростом и не показывает энергии роста дерева. В этом отношении более показательен процент текущего прироста (табл. 3).

Таблица 3

№ проб	Процент прироста по диаметру по четырехсантиметровым ступеням толщины							
	8	12	16	20	24	28	32	36 и выше
Одновозрастные ельники								
20	0,89	0,68	0,63	0,73	0,69	0,75	0,56	0,70
22	1,0	0,98	0,95	0,95	0,90	0,80	0,99	—
21	0,72	0,90	1,01	0,89	0,84	—	—	—
Разновозрастные ельники								
27	—	0,99	0,61	0,58	0,60	0,43	0,41	0,43
34	1,34	1,07	0,94	0,93	0,58	0,37	0,35	0,30
35	—	0,86	0,86	0,71	0,57	0,53	0,39	0,36

Как видно из табл. 3, в одновозрастных древостоях прирост по диаметру по всем ступеням толщины колеблется в небольших пределах, так как абсолютная величина прироста тесно связана с толщиной деревьев (табл. 2). В разновозрастных древостоях с увеличением толщины деревьев процент текущего прироста сильно уменьшается, то есть у толстомерных деревьев относительная энергия роста слабее, чем у тонкомерных. На пробах эти данные отличаются, что объясняется различием в возрастной структуре, полноте, типе леса и т. д.

В разновозрастных ельниках процент текущего прироста по высоте и диаметру тесно связан с возрастом обратной зависимостью. (табл. 4).

Таблица 4

№ проб	Процент прироста в разновозрастных ельниках $\left(\frac{\text{по диаметру}}{\text{по высоте}} \right)$					
	по 40-летним классам возраста					
	III	IV	V	VI	VII	VIII и выше
27	—	0,91	0,64	0,53	0,43	0,44
		0,68	0,50	0,42	0,43	0,32
34	1,47	1,21	0,92	0,67	0,61	0,31
	1,45	1,26	0,84	0,65	0,55	0,29
35	1,53	0,90	0,72	0,51	0,46	0,34
	1,24	0,84	0,68	0,62	0,49	0,45

Данные табл. 4 показывают, что у деревьев более высокого возраста энергия роста в 2—4 раза ниже, чем у молодых. Следует отметить, что на энергию роста деревьев большое влияние оказывает фауна (рис. 3). Наши материалы также показывают, что в разновозрастных древостоях ель не прекращает роста до глубокой старости. Например, средняя величина периодического прироста по высоте за 10 лет в возрасте 220—300 лет колеблется в различных типах леса от 0,8 до 1,1 м, а в возрасте 300 лет и более — от 0,7 до 1,0 м. При этом отдельные 300-летние деревья в год прирастают до 0,20—0,25 м.

Важное значение имеет установление связи между величиной прироста и диаметром кроны. Используя эту связь при инструментально-измерительном дешифрировании аэроснимков, по диаметру кроны можно судить о приросте. Мы установили, что с увеличением поперечника кроны абсолютный прирост повышается, особенно в одновозрастных ельниках. Так в одновозрастных ельниках на пробах № 20, 21, 22 коэффициенты корреляции между этими величинами соответственно рав-

ны $0,55 \pm 0,045$; $0,50 \pm 0,038$; $0,56 \pm 0,048$, а в разновозрастных ельниках на пробах 27, 34, 35 — $0,43 \pm 0,066$; $0,28 \pm 0,057$ и $0,27 \pm 0,059$.

Однако как в одновозрастных, так и в разновозрастных древостоях диаметр кроны и прирост по нему сильно варьируют. Коэффициент вариации первой величины в среднем равен 22%, второй — от 40 до 60%. Поэтому по величине кроны можно получить лишь ориентировочное представление о приросте деревьев в насаждении.

Связь между поперечником кроны $D_{кр}$ и периодическим приростом по диаметру Z_d^{10} в исследуемых древостоях выражается уравнением прямой линии вида

$$Z_d^{10} = 0,0051D_{кр} - 0,15.$$

Связь между поперечником кроны и периодическим приростом по высоте очень слаба, а в разновозрастных древостоях совсем отсутствует.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. И. И. Гусев. К вопросу о возрастной структуре ельников Архангельской области. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1962. [2]. М. Л. Дворецкий. Изменчивость и взаимосвязь таксационных признаков стволов древостоев. Сборник трудов Поволжского лесотехнического института, № 52, Йошкар-Ола, 1958. [3]. В. И. Левин. Результаты исследования динамики сосновых насаждений Архангельской области. Архангельск, 1959. [4]. J. á n B o g o t a. Variabilita hrúbkového prírastku v govnovékých smrekových porastoch «Lesníctvi» 8, № 7, 1962.

Поступила в редакцию
14 февраля 1963 г.

ИЗЫСКАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ОЧИСТКИ И СОРТИРОВАНИЯ СЕМЯН ХВОЙНЫХ

А. К. КАРАБАКИ

Аспирант

(Ленинградский НИИ лесного хозяйства)

Вопросы рационализации и механизации очистки и сортирования семян хвойных в настоящее время в связи с увеличением их заготовки приобретают актуальное значение.

Еще в тридцатых годах в литературе встречались указания о нерациональности использования горизонтальной воздушной струи в веялках-сортировках для семян хвойных, в особенности для лиственницы [14], [13], [12], [9]. В последнее время изучением вопроса очистки и сортирования хвойных семян занимались П. И. Войчаль [1], [2], [3], [4], Т. М. Соболева [10] и В. Д. Замысловский [5].

На основе подробного изучения физико-механических свойств семян сосны и ели П. И. Войчаль пришел к выводу, что для удаления легковесных примесей и пустых семян наиболее целесообразно использовать вертикально восходящий воздушный поток, позволяющий осуществить стопроцентный отбор полнозернистых семян и сортирование их по удельной парусности.

Мы поставили перед собой задачу — на основе исследований аэродинамических свойств семян лиственницы, сосны и ели установить оптимальный режим работы воздушного потока в вертикальном канале, обеспечивающий разделение семян на пустые и полнозернистые, а также определить связь между абсолютным весом, шириной и толщиной последних.

Предыдущие исследователи ограничивались только установлением скорости витания в порционнопарусном классификаторе конструкции ВИМ, между тем как эти скорости в 1,25—3,0 раза меньше, чем рабочая в воздушном канале [7].

Для исследований, проведенных в лабораториях Ленинградского НИИ лесного хозяйства и на кафедре сельскохозяйственных машин Ленинградского сельскохозяйственного института в 1961—1962 гг., семена сосны и ели были получены из Волосовского леспромхоза Ленинградской области заготовки 1959 г., а семена лиственницы — из лесхозов Архангельской области. Количество полнозернистых семян сосны — 63,2, ели — 67,4 и лиственницы — 50,5%. Примеси (остатки крыльез, хвоя, чешуя и пыль) составляли соответственно 8; 7,1; 6,4 и 8%, а вес 1000 воздушно-сухих семян — 5,25; 5,20 и 6,20 г.

Сортирование по ширине и толщине в решетном классификаторе и проращивание показало, что семена сосны при толщине их до 1,0 мм

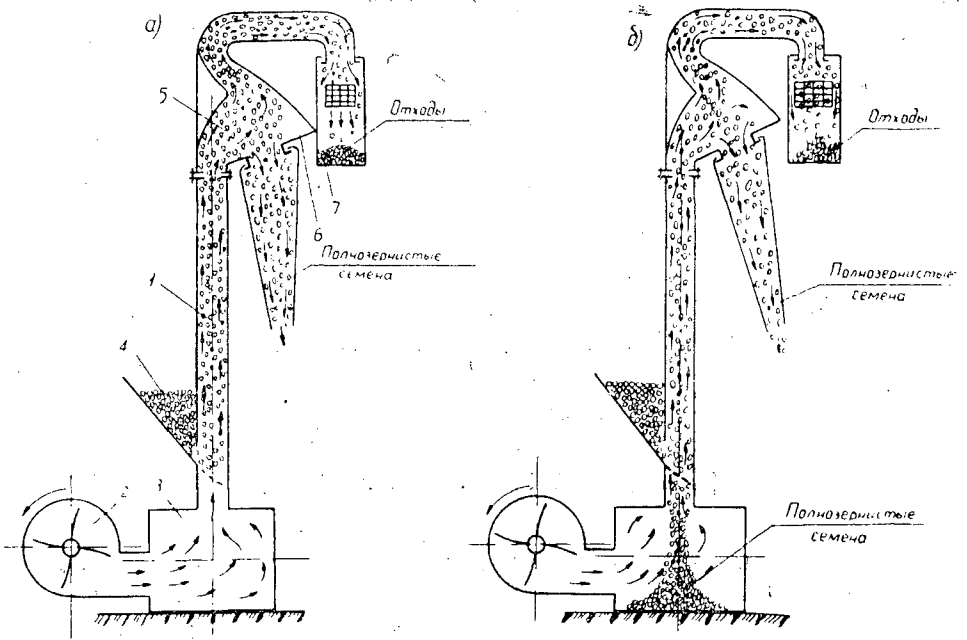


Рис. 1. Схема опытной установки по очистке семян хвойных.

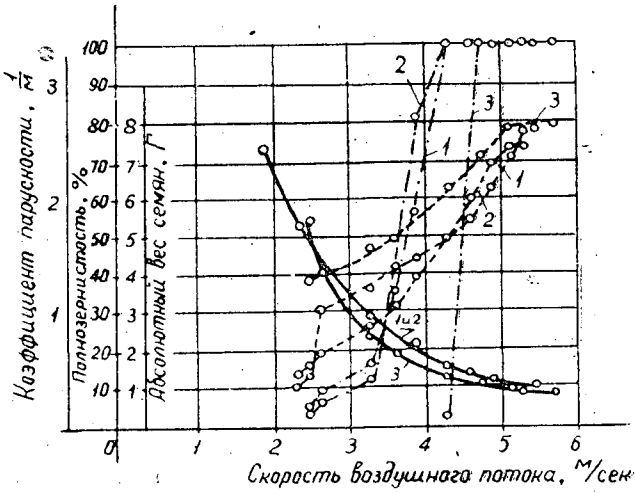


Рис. 2. Изменение коэффициента парусности (сплошная линия), абсолютного веса (пунктир) и полнозернистости (штрих-пунктир) в зависимости от скорости воздушного потока.

1 — сосна; 2 — ель; 3 — лиственница.

и шириной 1,5 мм, ели размерами 0,8 и 1,5 мм и лиственницы соответственно 1,0 и 2,0 мм были щуплыми, недоразвитыми и неспособными к прорастанию.

В состав исходного семенного материала попали частицы примеси, по величине совпавшие с размерами семян. Пустые семена (30—70%) были во всех группах, разделенных на различных решетках.

Опыты по изучению воздушного потока были проведены на созданной автором лабораторной установке (рис. 1), изготовленной экспериментальными мастерскими ЛенНИИЛХа, состоящей из вертикальной трубы 1 высотой 1,5 м и сечением $0,06 \times 0,1$ м, вентилятора 2, резервуара 3, бункера 4, воздушной камеры 5, клапана 6 и приемника для отходов 7.

Предварительно при помощи порционно-парусного классификатора конструкции Всесоюзного НИИ сельского хозяйства было установлено, что коэффициент парусности указанных пород находится в тесной связи с абсолютным весом и полнозернистостью семян, что представлено на рис. 2.

Для выявления эффективности вертикального воздушного потока при разных скоростях разделение и очистку исходного материала осуществляли двумя способами. В первом случае была принята такая скорость воздушного потока, при которой семена, поступившие из бункера в канал, поднимаются по нему и попадают в область пониженной скорости, где вследствие расширения воздушной камеры разделяются на полнозернистые и пустые семена и легкие примеси (рис. 1, а). Во втором случае скорость воздушного потока была задана меньшая. Полнозернистые семена, выходя из бункера, опускались в резервуар, а пустые семена и легковесные примеси направлялись вверх по каналу (рис. 1, б).

Исследование воздушного потока в первом случае показало, что в основном обеспечивается разделение семян на полнозернистые и пустые, однако, вследствие завихрения воздушного потока в окно клапана некоторая часть пустых семян (сосны и ели до 8% и лиственницы до 30%) попадали в группу полнозернистых, а последние примерно в таком же количестве — в отходы.

При очистке семян сосны и ели на повышенных скоростях (6,96—9,5 м/сек), когда отходы составляли 8—14% веса исходного материала, количество полнозернистых семян в очищенной партии достигало 92—100%, в отходах 15—18% (мелких или имевших на поверхности остатки крыльев, в связи с чем они и были вовлечены в воздушную струю).

Очистка семенного материала лиственницы на повышенных скоростях воздушного потока в канале не дала хороших результатов; разделения семян на полнозернистые и пустые фактически не происходило.

Следующий опыт был проведен при пониженных скоростях вертикально восходящего воздушного потока (5,04—6,20 м/сек). При скоростях 5,04 и 5,25 м/сек семенной материал сосны и ели шел не вверх по каналу, а вниз в резервуар. Некоторые пустые семена оставались в канале во взвешенном состоянии. С увеличением скорости (6,06—6,20 м/сек) пустые и некоторая часть полнозернистых семян воздушным потоком поднимались по каналу и попадали в область пониженной скорости воздушной камеры.

Таким образом исходный семенной материал был разделен на три фракции. Первая (60—72% от веса общей пробы) с полнозернистостью семян 100% поступает в резервуар, остальные семена — в воздушную камеру, где вследствие снижения скорости на 50—55% отделяются полнозернистые и пустые. Первые выходят через окно клапана, а вторые вместе с легкими примесями (8—12%) попадают в приемник для отходов (рис. 1). Потеря полнозернистых семян в таких случаях составляла всего лишь до 2% у ели и до 6% у сосны. Это были семена, как указано выше, имевшие остатки крыльев.

Проведенные опыты позволяют заключить, что для получения высококачественного посевного материала сосны и ели очистку следует

производить вторым способом, а лиственницы — на пониженных скоростях вертикального воздушного потока.

До начала опытов исходный семенной материал лиственницы был разделен по толщине на три группы: $< 1,5$ мм, $< 2,0$ мм и $> 2,0$ мм. После взрезывания полнозернистые и пустые семена лиственницы взвешивали по группам на аналитических весах. В табл. 1 приводятся результаты взвешиваний и вес одного семени по категориям толщины.

Таблица 1

Толщина семян, мм	Число семян	Общий вес, г	Вес одного семени, г
$< 1,5$	747	2,742	0,0037
	602	3,571	0,0059
$< 2,0$	890	3,726	0,0048
	950	6,137	0,0065
$> 2,0$	216	1,136	0,0052
	263	1,817	0,0069

Примечание. В числителе приведены данные для пустых семян, в знаменателе — для полнозернистых.

Из таблицы видно, что вес пустых семян лиственницы составляет по группам 61, 74 и 75% от веса полных (по данным зарубежных авторов [13], [14] для лиственницы европейской — 77%).

Семена толщиной меньше 1,5 мм хорошо очищаются при скорости воздушного потока в канале 3,7 м/сек. Значительная часть их (44% от общего веса семенного материала) оказалась в резервуаре; полнозернистость их равна 90%. Отходы (56%) содержали мертвые примеси и пустые семена (94%), а также полнозернистые семена (6%). При увеличении скорости повышается процент полнозернистых семян в резервуаре и в отходах (до 20%).

Семена толщиной меньше 2,0 мм хорошо очищаются при скорости воздушного потока 4,60 м/сек. Половина семенного материала (53% по весу) оказалась в резервуаре, полнозернистость была 91%; в отходах же вместе с легковесной примесью находилось 82% пустых и 18% полнозернистых семян.

Семена толщиной больше 2,0 мм хорошо очищаются при скорости воздушного потока в вертикальном канале 5,04 м/сек. Из общей массы семян 58% направляется в резервуар, их полнозернистость 98—100%; в отходах находилось 88% пустых и 12% полнозернистых семян.

Потери полнозернистых семян можно объяснить незначительной разницей в весе полного и пустого семени и наличием недостаточно обескрыленных семян исходной партии. Из практики известно, что полное обескрыливание семян лиственницы затруднено, поэтому вследствие их большой поверхности коэффициент парусности полнозернистых семян увеличивается.

Таким образом, для получения высококачественного семенного материала лиственницы можно предложить очистку по второму способу, когда тяжелые семена, падая, проходят сквозь восходящую струю воздуха, более же легкие увлекаются воздушной струей и выходят из вертикального канала.

Очищенные полнозернистые семена сосны и ели могут быть крупными и мелкими. Первые обладают большей всхожестью, более высо-

кой энергией прорастания, дольше сохраняют всхожесть при хранении и дают более крупные сеянцы [6], [11], [8] и др.). Поэтому следует стремиться к сортированию полнозернистых семян хвойных по размерам. С целью установления связи между абсолютным весом и толщиной, полнозернистые семена были разбиты на группы через 0,2 мм (табл. 2).

Таблица 2

Порода	Абсолютный вес семян (<i>г</i>) при толщине (<i>мм</i>)					
	2,0—1,8	1,8—1,6	1,6—1,4	1,4—1,2	1,2—1,0	средний
Сосна	8,5	7,0	5,4	4,3	3,2	5,68
Ель	8,4	6,8	6,0	5,0	4,0	6,04

Такая же зависимость существует между абсолютным весом и шириной семян. При разделении полнозернистых семян сосны и ели по размерам границей между мелкими и крупными семенами можно считать толщину 1,6 мм.

Более высокое качество очистки было получено при скорости воздушного потока для сосны и ели 6,06—5,4 м/сек, а лиственницы 3,7—5,4 м/сек. В этом случае полнозернистые семена направляются навстречу воздушному потоку и опускаются вниз, а пустые и примеси выходят за пределы канала.

В результате проведенной работы предложена рабочая схема машины для очистки и сортирования семян хвойных. Для сортирования полнозернистых семян после их отвеивания машина должна иметь решетное устройство, обеспечивающее разделение семян на мелкие и крупные по размерам, а, следовательно, и по абсолютному весу.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. И. Войчалъ. К вопросу о сортировании семян ели и сосны. Сборник научно-исследовательских работ Архангельского лесотехнического института, вып. VIII, изд. АЛТИ, Архангельск, 1946.
- [2]. П. И. Войчалъ. Физические свойства семян сосны и ели и их значение для сортирования. Автореферат диссертации, Институт леса АН СССР, Архангельск, 1953.
- [3]. П. И. Войчалъ. Итоги опытных работ по сортированию семян сосны и ели. Сборник статей по материалам научно-технической конференции Архангельского лесотехнического института, вып. XV, изд. АЛТИ, Архангельск, 1955.
- [4]. П. И. Войчалъ. Опытные культуры сосны из сортированных семян. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1961.
- [5]. В. Д. Замысловский. Исследование аэродинамических свойств семян древесных и кустарниковых пород. Сборник работ по лесному хозяйству ЛенНИИЛХ, вып. 3, 1959.
- [6]. Н. П. Кобранов. Задачи и итоги работ отдела лесоведения лесной опытной станции Воронежского сельскохозяйственного института. Труды по лесному опытному делу, вып. 2 (46), 1925.
- [7]. В. В. Красников. Подъемно-транспортные машины в сельском хозяйстве. Сельхозгиз, М., 1962.
- [8]. Н. А. Майсурян. Биологические основы сортирования семян по удельному весу. Труды Московской сельскохозяйственной академии, им. К. А. Тимирязева, 1947.
- [9]. В. М. Обновленский. Механизация очистки семян хвойных пород. Журн. «Лесное хозяйство и лесозащита» № 11, 1933.
- [10]. Т. М. Соболева. Рациональный метод очистки и сортирования семян древесно-кустарниковых пород. Изд-во Московского лесотехнического института, М., 1957.
- [11]. А. П. Тольский. Основы лесокультурного дела в СССР, ч. 1 — Лесное семенное дело. М.-Л., 1932.
- [12]. Н. И. Тузов. Новейший способ получения высококачественных лиственничных и других семян. Журн. «Лесопромышленное дело» № 4, 1930.
- [13]. W. Hildebrandt. Neue Wege zur Gewinnung hochprozentigen Lärchensamens. «Forstarchiv», № 7, 1929.
- [14]. W. Schmidt, W. Hildebrandt. Rationelle Forstsaatgutreinigung. Zeitschrift für Forst und Jagdwesen, № 1, 2, 1930.

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ИЗРЕЖИВАНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И КАЧЕСТВЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ В СТЕПИ

Г. М. ШИР-ОГЛЫ

Инженер, лесничий

(Батумский лесхоз)

Давно уже назрела необходимость установления правильного режима хозяйства в лесных посадках степи. Не выяснено, в частности, влияние различной степени изреживания на производительность, ход роста деревьев по основным таксационным элементам и т. д.

Необходимость изучения этих вопросов, а также исследования изменения формы ствола, полнодревесности и размеров крон в связи с рубками ухода явились основанием для выполнения настоящей работы.

Мы проводили исследование на Ждановской лесной опытной станции (УССР). Характеристика насаждений приведена в табл. 1.

В марте 1934 г. в этих насаждениях, пройденных в том же году комбинированными рубками ухода, под руководством Б. А. Шустова было заложено 16 постоянных пробных площадей по 0,25 га каждая. Через 5 лет автор произвел на всех пробах сплошные повторные перечеты, а осенью 1939 г. — повторные рубки.

Для анализа хода роста было срублено 240 модельных деревьев. Из-за непродолжительности срока наблюдений мы проследили ход роста за каждый год после прореживаний и за соответствующий период до него. По срубленным моделям вычисляли, наряду с основными таксационными элементами, коэффициенты формы q_1 ; q_2 ; q_3 , а также видовое число и коэффициенты формы за 5-летие до и после рубки.

Путем массовых замеров (2000 деревьев) изучали форму ствола, полнодревесность и размеры крон.

Для оценки достоверности выводов была произведена биометрическая обработка массовых измерений и вычислены показатели точности. Данные о влиянии изреживания (комбинированный метод рубок ухода) на производительность насаждений и прирост по массе представлены в табл. 2. Как видно из табл. 2, наибольшие текущий прирост и производительность наблюдаются в средне изреженных древостоях. Наибольший прирост по диаметру и высоте (как по пересчетным данным, так и по анализу хода роста модельных деревьев) для обоих массивов получен на средне изреженных пробных площадях. Дальнейшее усиление рубки, как показали наши наблюдения, приводит к падению прироста.

Результаты изучения формы ствола и размеров крон в целом по соответствующему ярусу обоих массивов показали, что даже сильное

Таблица 1

№ кварталов и полос	Характер насаждения	Тип посадки	Состав насаждений	Возраст, лет	Полнота	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м ³	Класс бонитета
Квартал 55	Массив	Древесно-теневой	1 ярус — 10Д 2 ярус — каталяпа	22	1,0	7,5	9,5	113	III
Квартал 78	"	"	1 ярус — 8Д 1Яс 1 Кл остр. 2 ярус — 1Д 5Кл остр. 1Яс3Лп	32	0,9	11,3	11,3	124	II
Полоса 26	Полезащитная полоса	Древесно-теневой	1 ярус — 8Д2Яс. 2 ярус — берест, клен полевой	36	0,9	11,8	11,8	116	II
Полоса 61	"	Древесно-кустарниковый	1 ярус — 10Д Подлесок — гордовина	18	0,9	8,0	8,0	80	II

изреживание не оказало на них отрицательного влияния. Больше того, видовые числа и коэффициенты формы выше на сильно и средне изреженных пробных площадях у деревьев III класса Крафта, то есть основной части насаждения.

Так, если в квартале 55 на сильно изреженной пробе до ухода q_1 равнялось 0,91, а $q_2 = 0,66$, то через 5 лет $q_1 = 0,93$, а $q_2 = 0,71$; на слабо изреженной площади до ухода $q_1 = 0,90$; $q_2 = 0,66$, а через 5 лет $q_1 = 0,90$; $q_2 = 0,70$. То же самое наблюдается и в квартале 78.

В результате изреживания древостоев видовое число меняется слабо. Например, в квартале 78 на сильно изреженных пробах до ухода оно составляло 0,553, после ухода через 5 лет — 0,559, а на контрольной соответственно 0,529 и 0,535.

Результаты исследований влияния степени изреживания на производительность лесных полезащитных полос сведены в табл. 3. Как видно из табл. 3, в полосных насаждениях, в отличие от массивов наблюдается постепенное снижение прироста и производительности от контрольных к сильно изреженным участкам.

Результаты повторных расчетов и анализа хода роста модельных деревьев показывают, что прирост по среднему диаметру, как и в массивах, достигает максимума на сильно изреженном участке. Это характерно для всех сильно освещенных древостоев. Такая же закономерность отмечена и для Каменной степи (рукопись Ю. В. Ключникова, 1939).

Прирост по высоте за 5 лет с увеличением степени изреживания падает. Так, в полезащитной полосе 26 на контрольной площади он составил

Таблица 2

Показатели	Величина показателей при разных степенях изреживания ($\frac{\text{квартал 78}}{\text{квартал 55}}$)			
	сильной	средней	слабой	контроль
Запас насаждений в 1934 г. до прореживания, м ³	133	130	129	127
Количество вырубленной в 1934 г. древесины, м ³	92	90	23	91
	49	35	27	—
	29	22	14	—
%	37	27	16	—
	35	24	15	—
Запас насаждений в 1934 г. после прореживания, м ³	84	95	108	127
	63	68	79	91
Запас насаждений в 1938 г. до прореживания, м ³	113	130	132	152
	85	97	99	108
Прирост с 1934 г. по 1938 г., м ³	29	35	24	25
	22	29	20	17
Абсолютный текущий прирост, м ³	5,8	7,0	4,8	5,0
	4,4	5,8	4,0	3,4
Производительность, м ³	162	165	153	152
	114	119	113	108
Производительность после уравнивания начальных запасов, м ³	156	162	151	152
	113	120	111	108

Таблица 3

Показатели	Величина показателей при разных степенях изреживания ($\frac{\text{полезная полоса 26}}{\text{полезная полоса 61}}$)			
	сильной	средней	слабой	контроль
Запас насаждений в 1934 г. до прореживания, м ³	112	113	116	114
Количество вырубленной в 1934 г. древесины, м ³	79	82	77	80
	40	30	18	—
	30	20	10	—
%	35	27	15	—
	38	24	13	—
Запас насаждений в 1934 г. после прореживания, м ³	72	83	98	114
	49	62	67	80
Запас насаждений в 1938 г., м ³	85,0	100	120	135
	60,9	76	91	105
Прирост с 1934 г. по 1938 г., м ³	13	17	22	23
	11	14	24	25
Абсолютный текущий прирост, м ³	2,6	3,4	4,4	4,6
	2,2	2,8	4,8	5,0
Производительность, м ³	125	130,0	138	137
	90	96,0	101	105
Производительность после уравнивания начальных запасов, м ³	127	131	136	137
	91	94	103	108

2,2 м; на слабо изреженной — 1,6; средне — 1,2 и сильно — 1,0 м; на полосе 61 — соответственно 2,0; 1,4; 1,0 и 1,0 м.

В отличие от насаждений степных массивов, в лесных полосах с изреживанием наблюдается ухудшение формы ствола и полнодревесности. Горизонтальная и вертикальная протяженность крон возрастает так же, как в массивах.

Более убедительная и ясная картина вскрывается при анализе хода роста модельных деревьев. Так, показатели q_1 ; q_2 ; q_3 , а также видовое число в сильно и средне изреженных участках обеих полос резко падают, в то время, как на контрольных пробах они остались почти неизменными. На снижение показателей формы и полнодревесности стволов в полосах большое влияние оказывает ветер, действию которого сильно подвержены лесные полосы, менее защищенные, чем массивы. К тому же описываемый район относится к местности с особенно сильными ветрами.

Наши наблюдения о снижении защитной роли лесных полос с изреживанием позже были подтверждены А. П. Чернышевой (1951), И. М. Науменко (1953), С. И. Федоренко (1957) и т. д. Это же ранее неоднократно отмечал в своих работах Г. Н. Высоцкий.

В то же время далеко не желательна и чрезмерная загущенность лесных полос, при которой, как справедливо указывают многие авторы, полосы превращаются из снегораспределительных в снегосборные со всеми вытекающими отсюда вредными последствиями, начиная от снеголома и снеговалов и кончая оставлением межполосных пространств без снега и влаги (В. В. Карвецкий, 1959).

Последние изыскания (А. Я. Смельно, 1959), связанные с установлением оптимальной ажурности лесных полос и максимальным постоянством их защитного действия, не противоречат нашим выводам.

Поступила в редакцию
26 марта 1963 г.

РАЗЛИЧИЯ В ЖИРНОСТИ ПЛОДОВ ЛЕЩИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА *

Е. Н. САМОШКИН

Лекционный ассистент

(Брянский технологический институт)

Из работ С. Л. Иванова [5], Н. И. Шарипова [8] и других известно, что маслообразовательный процесс каждого растения находится в прямой связи с климатом. Данные С. В. Рушковского [6], А. И. Ермакова [2] указывают на колебание жира в растениях одной климатической зоны в зависимости от условий произрастания, что необходимо учитывать при селекционной работе. Однако результатов конкретных исследований этого вопроса в литературе мы не встречали.

Полевой материал мы собирали в Учебно-опытном лесхозе и Мичуринском саду Брянского технологического института, в Клетнянском леспромхозе, в колхозном лесу сельхозартели им. XX партсъезда Почепского производственного колхозно-совхозного управления Брянской области и в парке «Соловьи» г. Брянска. В конце августа и в сентябре 1961 и 1962 гг., когда орехи начали свободно выпадать из оберток (что говорило о полной их зрелости), с модельных кустов брали образцы плодов для анализа. При отборе образцов учитывали указания по биохимическому изучению масличных растений [3]. Масличность ядер орехов определяли по методу «обезжиренного остатка» [7]. Экстрагирование жира из навесок проводили в аппаратах Сокслета при помощи серного эфира.

Установлено [4], что на ход маслообразовательного процесса непосредственное влияние оказывают углеводы, в частности глюкоза. Количество глюкозы в растении определяется интенсивностью фотосинтеза, который, в свою очередь, зависит от энергии солнечного света. Первой задачей нашего исследования и было выявление влияния различной степени солнечного освещения на количество масла в орехах.

Опыт проводили одновременно в двух местах: в парке «Соловьи», где лещина не затенена, и в Мичуринском саду института, где она растет около высоких деревьев маньчжурского и серого орехов (с северной их стороны), довольствуясь лишь рассеянным солнечным светом. В первом случае освещенность в кронах кустов примерно такая же, как на открытом месте, во втором — в четыре раза слабее. Хотя почва в обоих местах серая средне оподзоленная мелкопылеватая суглинистая

* Автор выражает признательность проф. Б. В. Гроздову, под руководством которого выполнена работа.

на лессовидных отложениях, средняя масличность орехов далеко не одинакова: в парке «Соловьи» — $65,05 \pm 0,72\%$; в Мичурином саду — $67,14 \pm 0,10\%$. Различие является вполне существенным. Следовательно, чем меньше затенены кусты, тем выше средняя масличность их орехов. Чтобы глубже понять значение освещенности для накопления масла в плодах, исследовали дополнительно орехи с верхней, хорошо освещенной, и нижней, затененной, частей одного скелетного побега в кусте. Хорошо освещенные плоды куста № 35 в Мичурином саду имели жирность 54,9, теньевые — 51,5%, у куста № 34 соответственно 65,3 и 53,4%*.

Селекционер должен знать внутривидовую и индивидуальную изменчивость жирности орехов в зависимости от погодных условий. Правда, мы не располагаем многолетними наблюдениями, но небезынтересно сравнить среднюю масличность плодов за 1961 и 1962 гг., так как вегетационные периоды этих лет на Брянщине значительно различались. Достаточно сказать, что средняя температура за вегетационный период 1961 г. (Брянское бюро прогнозов) равнялась $13,7^\circ$, а в 1962 г. — $12,9^\circ$; количество осадков соответственно 430 и 506 мм. Лето 1962 г. отличалось более прохладной, сырой и пасмурной погодой (за вегетационный период зарегистрировано только 46 ясных дней); лето 1961 г., напротив, было достаточно теплым и с большим количеством (61) ясных дней. Несмотря на это, средняя масличность орехов (по наблюдениям за 82 модельными кустами) в течение двух лет изменилась незначительно: от $63,80 \pm 0,65\%$ в 1961 г. до $61,80 \pm 0,57\%$ в 1962 г. Эта разница незначительна, значит, погодные условия не оказывают большого влияния на жирность орехов. Имеются, конечно, и некоторые индивидуальные колебания этой величины. Так, у 23 кустов она варьировала от 2 до 5%. Мы изучали также внутривидовую изменчивость масличности плодов в зависимости от почвенных условий, причем все участки подбирали на открытых местах. Результаты исследования даны в табл. 1.

Таблица 1

Местоположение участка	Название почвы	Толщина почвенных горизонтов, $\left(\frac{A_1}{A_2}\right)$ см	Средняя масличность орехов, %
Парк «Соловьи»	Серая средне оподзоленная мелкопылеватая суглинистая на лессовидных отложениях	33	$65,05 \pm 0,72$
		25	
Учебно-опытный лесхоз Брянского технологического института Клетнянский лесхоз	Дерново-среднеподзолистая супесчаная на флювиогляциальных песках	6	$67,68 \pm 0,79$
		13	
.	Дерново-сильноподзолистая пылевато-суглинистая на красной глине моренного происхождения	19	$64,67 \pm 0,87$
		35	

В этом случае разница также незначительна, следовательно, почва не оказывает особого влияния на масличность плодов. Поэтому высокомасличные формы орешника могут с успехом произрастать и на относительно бедных супесях. Поднятию же урожайности способствует высокая агротехника выращивания этой культуры [1].

При отборе ценных форм лещины необходимо обращать внимание и на изменение количества масла в орехах, различающихся по весу

* В зависимости количества жира в орехах от возраста скелетного побега не подмечено.

(крупности) в пределах одного куста. Для изучения этой взаимосвязи собранные с модельных кустов плоды сортировали по весу (с градацией через 0,5 Г) и в пределах каждой весовой категории определяли масличность орехов. Во всех случаях отмечена четкая закономерность между весом орехов и масличностью: более тяжелые (крупные) орехи являлись и самыми высокомасличными. Так, жирность орехов наиболее легкой весовой категории (куст № 17 из учебно-опытного лесхоза) оказалась равной 62,3%, самой тяжелой — 65,1%. На 8% варьировала жирность орехов куста № 61 из колхозного леса сельхозартели им. XX партсъезда, где легкие плоды содержали 59,7% масла, тяжелые — 67,7%*. Это имеет определенное практическое значение, так как ориентирует селекционера на проведение отбора не только лучших кустов, но и лучших орехов с куста. Этот вывод автора относится к орехам одного куста.

Таким образом, селекцию высокомасличных форм следует начинать с отбора нормально развитых, хорошо освещенных лещинников, которые, как правило, не имеют верхнего полога. Методом индивидуального отбора по прямым признакам в этих насаждениях нужно отобрать самые лучшие по качеству кусты (по жирности и весу орехов, толщине скорлупы, проценту ядра к весу ореха, отчасти урожайности и т. д.). Конечным этапом работы должен стать отбор самых крупных орехов с освещенной части выбранного куста. Такой отбор будет способствовать постоянному повышению жирности и веса (крупности) плодов, что в сочетании с агротехническими приемами несомненно приведет к быстрому выделению важных для хозяйства местных сортов.

* Внутривидовой зависимости количества жира в орехах от веса плодов не установлено.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. М. Вересин. Селекция и семеноводство лещины. Сб. «Разводите орешник», Воронежское книжное изд-во, 1960. [2]. А. И. Ермаков. Биохимическое изучение масличных культур в связи с проблемой растительного масла. Доклад на соискание ученой степени доктора биологических наук по совокупности опубликованных работ. Л., 1962. [3]. А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, М. И. Смирнова-Иконникова, И. К. Мурри. Методы биохимического исследования растений. Сельхозгиз, М.-Л., 1952. [4]. С. Л. Иванов. Учение о растительных маслах. Изд. ВСНХ, М., 1924. [5]. С. Л. Иванов. Химия жиров. Снабтехиздат, 1934. [6]. С. В. Рушковский. Методика химических исследований при селекции масличных растений. Труды Всесоюзного научно-методического совещания по масличным культурам 16—21 июля 1946 г., Краснодар, 1946. [7]. С. В. Рушковский. Методы исследования при селекции масличных растений на содержание масла и его качество. Пищепромиздат, М., 1957. [8]. Н. И. Шарапов. Масличные растения и маслообразовательный процесс. Изд. АН СССР, М.-Л., 1959.

Поступила в редакцию
19 июля 1963 г.

РАЗМЕРЫ И ВЕС НАДЗЕМНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ЧАСТЕЙ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ В ДРЕВОСТОЯХ РАЗЛИЧНОЙ ГУСТОТЫ

В. И. КРАВЧЕНКО

Аспирант

(Ленинградский НИИ лесного хозяйства)

Вопросы изучения надземных и подземных частей растений в последние годы оживленно обсуждаются во всей лесоводственной и геоботанической литературе — не только советской, но и зарубежной [4]. Тем не менее, наши сведения о корневых системах ели в древостоях естественного происхождения различной густоты в определенных лесорастительных условиях и типах леса пока ничтожны.

Изучением корневых систем ели занимались Н. А. Качинский [3], А. В. Давыдов [2], Г. Г. Кругликов [5], И. Н. Рахтеенко [6], И. И. Шишков [8], А. И. Бурсова [1], Г. А. Тышкевич [7] и др.

Настоящая статья посвящена изложению данных о подземных органах и соотношении их с надземными на примере 70-летнего ельника черничного в Сиверском учебно-показательном механизированном лесхозе Ленинградской области.

Для выявления весовых соотношений надземных и подземных частей древостоев ели были заложены три пробные площади по принятой в лесной таксации методике. Величину их устанавливали на основании необходимого числа деревьев, обеспечивающих точность измеряемых диаметров в пределах 2%, высот — 3%.

Коэффициент изменчивости в исследуемых древостоях по диаметру в среднем составил 28%, по высоте — 16%. Для получения надежных средних диаметров оказалось необходимым измерить в древостое 196 деревьев и для средней высоты — 28. Мы находили диаметры у 222—364 деревьев основного элемента леса, высоты — у 40—100.

На каждой пробной площади производили сплошной перебор деревьев с замером диаметров в двух взаимно перпендикулярных направлениях с точностью до десятых долей сантиметра.

Для удобства сопоставления данных пробных площадей условно были выделены редкие, средние и густые древостои. Характеристика их приводится в табл. 1. При изучении древостоев ели разной густоты применен статикодинамический метод, заключающийся в регистрации и анализе состояния древостоев одного естественного ряда в тех стадиях, в которых они находились в момент проведения полевых работ.

При рубке модельных деревьев установлено, что древостои сформированы в основном из подроста предварительной генерации. Рубки ухода в них не проводили. Почвы суглинистые средне оподзоленные, подстилаемые валунным суглинком.

№ пробной площади	Площадь, га	Категория древостоя по густоте	Густота (количество деревьев на 1 га)	Полнота	Запас стволовой древесины, м ³ на 1 га	Класс бонитета	Средние	
							сая	
							Д	Н
1	0,26	Редкий	935	1,10	283	III	20,6	18,0
2	0,23	Средний	1413	1,20	292	III	17,6	18,0
3	0,27	Густой	1826	1,10	256	III	13,1	15,6

Примечание. Д — средний диаметр, см; Н — средняя высота, м.

Ввиду большой трудоемкости работ по изучению весовых показателей надземных и подземных частей деревьев ели было выбрано тридцать 70-летних наиболее характерных для пробы модельных деревьев и произведена полная раскопка их корневых систем. На каждом модельном дереве измеряли диаметр на высоте груди и проекции кроны в направлениях С-Ю, В-З, а после снятия верхнего слоя почвы — проекции корневой системы. На срубленном дереве находили общую высоту и отмечали начало живой кроны. Корни отмывали на месте струей воды от ручного опрыскивателя типа «Автомакс». Спустя некоторое время (не более 1 час) корни, ствол и крону взвешивали (по отдельности) на юстенных весах с точностью 0,1 кг. Эту работу производили непосредственно в лесу на пробной площади.

Весь полевой материал обработан методом математической статистики. Результаты исследований приводятся в табл. 2.

Таблица 2

Показатели	Статистические показатели редких древостоев			Статистические показатели для древостоев средней густоты			Статистические показатели для густых древостоев		
	среднее	С	р	среднее	С	р	среднее	С	р
Диаметр на высоте 1,3 м, см	20,0	25,0	6,94	17,5	31,5	9,98	16,1	26,0	8,24
Высота, м	20,7	12,2	3,86	18,3	21,3	6,75	16,6	12,5	3,96
Протяженность живой части кроны по высоте, %	57,0	11,8	3,73	43,2	20,6	6,50	40,1	17,6	5,55
Среднее расстояние до ближайших четырех деревьев, м	4,6	28,0	8,87	3,7	20,8	6,58	2,7	23,0	7,28
Средний диаметр проекции кроны, м	4,4	19,1	6,05	4,2	25,8	8,16	3,3	20,0	6,34
корневой системы	10,3	19,8	6,27	9,8	31,7	10,00	8,5	18,8	5,95
Площадь проекции, м ² кроны	15,6	—	—	14,9	—	—	8,8	—	—
корневой системы	86,4	—	—	83,5	—	—	60,2	—	—
Вес в свежесрубленном состоянии, кг	361,0	38,2	12,10	201,2	21,6	6,83	169,4	13,1	4,15
ствола	108,3	38,8	14,60	49,5	27,6	8,74	47,4	21,9	6,94
кроны	113,7	19,9	6,30	74,9	20,4	6,45	71,6	20,8	6,57
корней									

Примечание. С — коэффициент изменчивости изучаемого признака; р — точность исследования изучаемого признака.

Из данных табл. 2 видно, что протяженность живой части кроны по высоте, средний диаметр проекции кроны и корневой системы, а

Таблица 1

данные по породам								Состав (по запасу)
береза		ольха		сосна		осина		
Д	Н	Д	Н	Д	Н	Д	Н	
16,8	18,0	13,9	14,2	19,6	16,0	—	—	9,6Е, 0,3Ол 0,1Б ед. С 8,5Е, 0,9Ос 0,6Б 6,0Е 3,0С 0,7Б 0,3Ос
12,1	16,2	—	—	—	—	20,8	20,6	
11,9	16,9	—	—	22,2	21,6	17,1	20,3	

также площади их проекций находятся в тесной связи со средним расстоянием между деревьями.

В редком древостое средний диаметр и площадь проекции корневой системы были соответственно в 2,3 и 5,5 раза больше, чем эти же показатели кроны; в среднем — соответственно в 2,3 и 5,6, а в густом — в 2,6 и 6,8 раза.

Из таблицы видно также, что в среднем древостое средний диаметр проекции кроны и корневой системы были соответственно на 4,6 и 4,8%, в густом на 25 и 17,5%, чем в редком, а площади проекций кроны и корневых систем на 4,5 и 3,4% и на 46,8 и 30,4% ниже.

Таким образом, с увеличением густоты древостоя протяжение и площадь проекции кроны становятся меньше. Вернее, происходит уменьшение ассимиляционного аппарата (хвои), а это, в свою очередь, влечет за собой ухудшение жизненных процессов, протекающих в древесном стволе и корневой системе.

В табл. 2 приведены также весовые соотношения надземных и подземных частей деревьев ели в древостоях различной густоты. Из данных таблицы видно, что с увеличением густоты древостоя абсолютный вес стволовой древесины, кроны и корней свежесрубленного дерева уменьшаются.

В заключение следует отметить, что наилучшее развитие надземных и подземных частей деревьев 70-летнего ельника черничного наблюдалось при густоте 935 деревьев на 1 га. Эту густоту следует считать оптимальной.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. И. Бурсова. Корневые системы лесных растений в связи со свойствами почв в основных типах елового леса. Автореферат кандидатской диссертации, Ботанический институт АН СССР, Л., 1956. [2]. А. В. Давыдов. Влияние прореживания древостоев ели на прирост корней. Сб. «Рубки ухода за лесом», ЦНИИЛХ, 1940. [3]. Н. А. Качинский. Корневая система растений в почвах подзолистого типа. Труды «МОСХОС», вып. 7, 1925. [4]. П. К. Красильников. Методы изучения подземных органов деревьев, кустарников лесных сообществ при полевых геоботанических исследованиях. Полевая геоботаника, т. 2, изд. АН СССР, 1960. [5]. Г. Г. Кузнецов. Исследование ветровальности ели в Горечкой даче БССР. Сборник работ по лесному хозяйству БелНИИЛХ, вып. IX, 1949. [6]. И. Н. Рахтеенко. Корневые системы древесных и кустарниковых пород. Гослесбумиздат, М.-Л., 1952. [7]. Г. Л. Тышкевич. Еловые леса Советских Карпат. Изд. АН СССР, 1962. [8]. И. И. Шишков. Корневые системы ели и их значение в практике лесного хозяйства. Труды лесотехнической академии, № 71, 1953.

О МЕТОДИКЕ НАБЛЮДЕНИИ ЗА ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫМИ ВОДАМИ ПРИ ГИДРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

С. Э. ВОМПЕРСКИЙ

Старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук

(Лаборатория лесоведения при Госплане СССР)

Научно-обоснованное проведение гидротехнических мелиораций лесных земель базируется на изучении требований леса к водному режиму в различных почвенно-климатических условиях. Кроме того, экологические, лесоводственные и другие исследования на заболоченных или осушенных площадях так или иначе связаны с наблюдениями за уровнем воды в почве.

Однако точность наблюдений за уровнем воды в заболоченных местах далеко не всегда является достаточной. Так, если весной и в начале лета уровень воды не опускается ниже 10—20 см, то ошибка в 2—3 см по отношению к общему слою без воды составляет значительный процент и недопустима в научных исследованиях. Надо иметь в виду, что часто дополнительные 2—3 см почвы, свободной от гравитационной воды, обеспечивают ощутимый хозяйственный эффект, уже могут сказаться на приросте леса. Отсутствие в литературе методических указаний по этому вопросу дало нам повод высказать некоторые соображения.

Работа по организации и проведению наблюдений за уровнем почвенно-грунтовых вод складывается из следующих этапов: 1) нивелировка исследуемого участка и вычерчивание плана в горизонталях; 2) определение мест расположения смотровых колодцев; 3) определение отметки условного горизонта поверхности почвы; 4) закладка смотровых колодцев; 5) наблюдения за глубиной почвенно-грунтовых вод и обработка полученных результатов.

Нивелировку участка делают по границам с пикетажом через 10 м и привязывают к реперу. Иногда нивелируют также характерные профили (особенно при большой площади, подлежащей изучению), если рельеф имеет явно выраженный уклон в каком-либо направлении. Давно осушенные глубокие торфяники обычно имеют резкий уклон к каналу. Разница в отметках поверхности у канала и за 50—100 м от него может достигать 40—50 см и более; на объектах, осушенных систематической сетью, уклон поверхности, образующийся за счет усадки торфа, бывает значительно меньшим, чем при осушении одиночными каналами (рис. 1). На основании нивелировки вычерчивают план площади в горизонталях с высотой сечения 10 см. Этот план с учетом характера растительности дает возможность наметить границы пробных площадей, а в их пределах — положение колодцев.

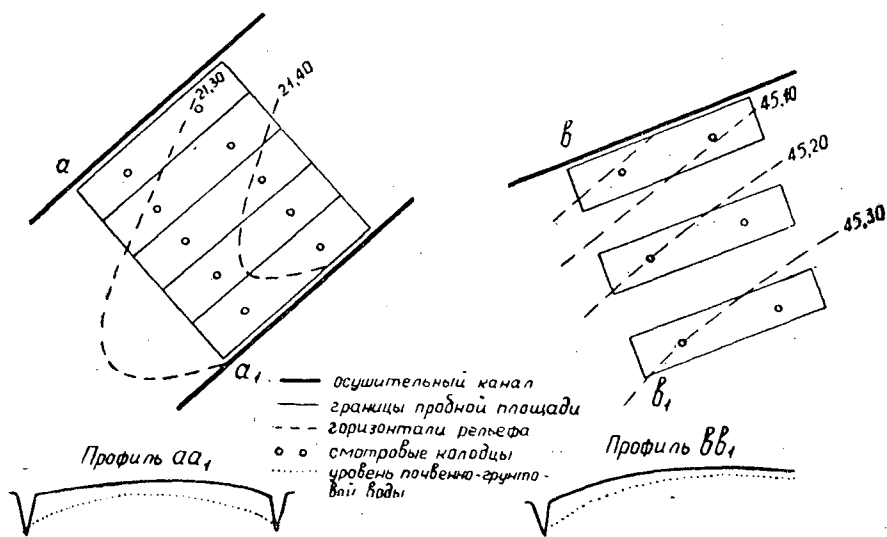


Рис. 1. Схема расположения пробных площадей и смотровых колодцев на мелиорированных участках.

Расположение колодцев в первую очередь зависит от главных задач исследования. Если задача состоит в изучении водного режима всей межканавной площади или объектов со значительным протяжением от одиночного канала, то участок делят линиями, параллельными канаве (или канавам), на пробные площади, различно удаленные от осушителя (рис. 1). Посередине каждой из них делают не менее двух колодцев, равноудаленных от канала. Если наблюдения предполагают изучение особенностей кривой депрессии, то колодцы располагают так, чтобы можно было выявить характерные точки перегиба кривой (рис. 2). В таких исследованиях уровень воды в каналах необходимо измерять по линии смотровых колодцев.

Если надо изучить водный режим части межканавного пространства, выделенной по каким-то другим признакам, то, сообразуясь с ними и принимая во внимание тенденцию изменения уровня воды (кривую

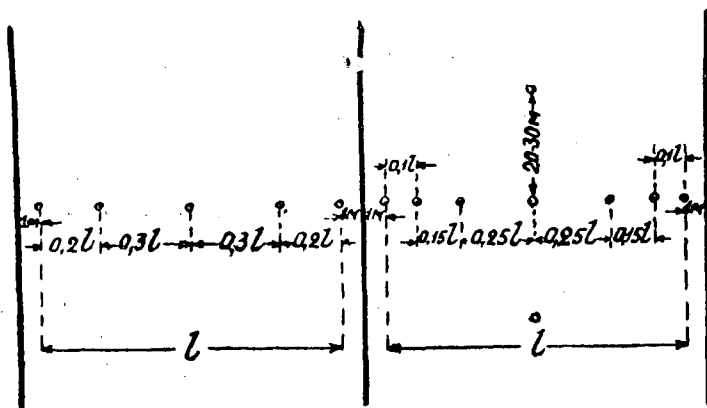


Рис. 2. Размещение колодцев на межканавном пространстве при изучении кривой депрессии почвенно-грунтовой воды.

депрессии) в пределах выделенной части, намечают 2—4 колодца, осредненные данные которых служат для дальнейшего анализа.

Рекомендация закладывать не менее двух колодцев на пробную площадь дает возможность в случае порчи и ремонта одного из них иметь непрерывные наблюдения и получать более надежные результаты, осредненные из двух измерений. Данные этих колодцев практически можно распространить на полосу, ширина которой принимается равной ширине пробной площади. Чем уже такая полоса, тем точнее ее водный режим характеризуется этими колодцами. Кроме того, ширина пробной площади зависит от уклона местности. Поэтому в каждом отдельном случае этот вопрос уточняется на месте с учетом степени осушения площади, рельефа, характера растительности, особенностей торфа и т. д.

После этого приступают к определению отметки условного горизонта поверхности пробной площади, от которого будут исчислять глубину залегания почвенно-грунтовых вод. Часто отметку поверхности почвы у колодца принимают за уровень поверхности всей исследуемой площади. Но смотровой колодец может оказаться в небольшой западине или на повышенном месте. Дело значительно осложняется также наличием сильно выраженного микрорельефа, что вообще характерно для избыточно увлажненных лесов таежной зоны. Даже в условиях временного избытка влаги в сосняке-черничнике, по данным А. В. Веретенникова [1], сосна активно использует микроповышения. Наши наблюдения показали массовое распространение корней в кочках и в этой связи отрицательный их геотропизм на болотах. Большая насыщенность корнями древесных пород любого микроповышения характерна и для осушенных торфяных почв. В ряде случаев давно осушенные болота, несмотря на выход из строя осушительной сети, продолжают обеспечивать хороший рост насаждения, так как деревья в критические по избытку воды периоды вполне довольствуются пищей из микроповышений. Микроповышения в среднем имеют высоту 20—40 (максимум 60) см и могут занимать значительную часть общей площади*. На рис. 3 изображен фактический профиль осушенного переходного болота со средней степенью выраженности микрорельефа по данным нивелировки

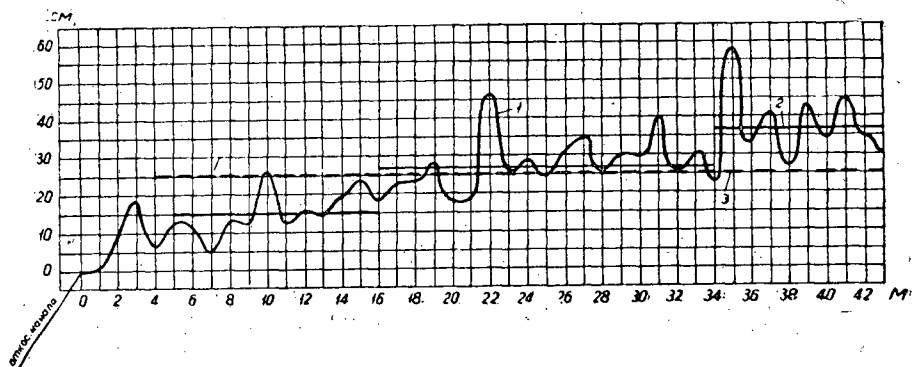


Рис. 3. Профиль поверхности почвы по данным нивелировки через 1 м по линии, перпендикулярной каналу. Ленинградская область, Лисинский лесхоз.

1 — поверхность почвы; 2 — условный горизонт поверхности почвы по различным зонам удаления от канала; 3 — условный горизонт на весь профиль (явно неприемлем).

* Мы встречали объекты, где под различными видами микроповышений было занято около 30% общей площади.

лировки через 1 м. Как видно из рисунка, водный режим кочек и низин резко отличен. Встает вопрос, что же принимать за горизонт поверхности почвы: отметки так называемых ровных положений или низин, или вершин кочек, или, наконец, каких-то средних по высоте точек? В частности Н. И. Пьявченко [2] измеряет глубину воды «от некоторого среднего уровня поверхности почвы, превышающего на 10—12 см поверхность понижений между положительными формами микрорельефа».

Как один из возможных объективных подходов к решению этой задачи мы можем рекомендовать прием, которым мы пользуемся. Сущность его заключается в получении как можно большего количества отметок поверхности пробной площади в различных точках, более или менее равномерно размещенных и выбираемых механическим путем. Их число зависит от особенностей микрорельефа, его разновысотности, частоты встречаемости западин и возвышений и т. д. и устанавливается на основе обычных статистических констант после вычисления среднего значения отметки поверхности, основного отклонения и коэффициента вариации. Затем, задаваясь необходимой точностью P и зная коэффициент вариации C , находят необходимое число точек n по известному отношению $n = \frac{C}{P^2}$.

Практически этот принцип осуществляется следующим путем. Из середины пробной площади нивелиром берут отсчеты по рейке, устанавливаемой прямо на поверхности почвы (без забивки кольев «точек»). Рейку устанавливают в точках, против которых оказываются метровые метки (узелки) шнура, протянутого от места стоянки нивелира в радиальном направлении в виде прямой или несколько ломаной линии до границы площади. Шнур протягивают последовательно в разные стороны так, чтобы эти линии более или менее равномерно покрыли площадь, а общее количество точек на них соответствовало бы заданному. Рейку ставят строго против метки шнура независимо от того, оказалась ли здесь какая-то часть кочки или ямки. Одновременно с этой же стоянки инструмента делают отсчет на репер или связующую точку нивелирования границ площади. Из всех отсчетов по рейкам на всех линиях находят среднее арифметическое значение и на его основе вычисляют среднюю отметку поверхности пробной площади или отметку так называемого условного горизонта. Следует помнить, что найденный условный горизонт при наличии большого общего уклона поверхности почвы, как это часто бывает на давно осушенных территориях, нельзя распространять на значительную в направлении главного уклона площадь, так как это приведет к очевидным ошибкам (рис. 3). Все это говорит в пользу вытянутых по направлению уклона пробных площадей, что также согласуется с кривой депрессии.

Затем приступают к закладке смотровых колодцев. Колодцы лучше всего делать в виде скважин буром диаметром 12—18 см. Во избежание попадания скважины на погребенный в торфе пень или колоду это место предварительно зондируют вешкой или почвенной тростью. Дно колодца должно быть несколько глубже (на 10—20 см) предполагаемого самого низкого уровня почвенно-грунтовой воды. Часто на торфяных почвах бывает достаточной глубина 1 м. Перед бурением в почву забивают ровный кол диаметром 5—7 см и длиной 2—2,5 м на глубоких торфяниках; на мелких торфяниках его заглубляют в минеральный грунт до отказа. Затем вершину его отпиливают на высоте 5—10 см над землей и по касательной к нему вертикально бурят скважину (рис. 4). Глубину воды в колодце в последующем измеряют от торцовой

плоскости кола, который включают в общую нивелировку. По разнице отметок кола и условного горизонта поверхности устанавливают поправку на отсчеты. Когда скважина достигает заданной глубины, из нее выкачивают всю воду и торфяную жижу; спустя некоторое время колодец готов для наблюдений. Рядом ставят сторожок с указанием номера колодца. Скважину сверху закрывают доской для предохранения от засорения. В целях предупреждения вытаптывания от частой ходьбы желательны проложить к колодцу путь в одну тесину.

Измерения глубины воды в колодцах делают с точностью до 2 мм и проводят в зависимости от задач исследования с различной повторностью от ежедневных до 1 раза в 10 дней. В течение сезона 1—2 раза из колодцев надо полностью откачать воду и очистить его от оползшего грунта. Одновременно проверяют правильность показаний глубины залегания урвня воды в почве. Если наблюдения проводят в течение ряда лет, то каждый сезон необходимо проводить повторную нивелировку кольев, так как их высотное положение по разным причинам может несколько меняться. Скважины в связанных торфяных почвах не требуют крепления стенок и могут служить много лет, needing только в периодической чистке.

По результатам полевых измерений глубины воды, после внесения соответствующих поправок, составляют ведомость глубины залегания почвенно-грунтовых вод по всем колодцам. Осредненные данные нескольких колодцев служат итогом наблюдений за уровнем воды данной пробной площади. В дальнейшем этот материал может быть без дополнительного пересчета представлен в виде диаграммы, где одновременно уместно поместить и данные по осадкам, либо его для удобства сравнений группируют и пересчитывают по каким-либо периодам, по которым группируют данные других исследуемых явлений.

Наблюдения за уровнем почвенно-грунтовых вод, организованные с учетом высказанных положений, как нам представляется, дадут довольно надежные результаты, весьма близко отражающие действительную обстановку. Приведенные здесь соображения по методике наблюдений мы не считаем безупречными и рассматриваем их как основу для дальнейшего совершенствования.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. В. Веретенников. Строение и работа корневой системы сосны в связи с временным избыточным увлажнением почвы. Труды ЛТА, 1957. [2]. Н. И. Пьявченко. О взаимовлиянии материнского древоства и подроста в сосняке кустарничково-сфагновом. Труды МОИП, т. III, М., 1960.

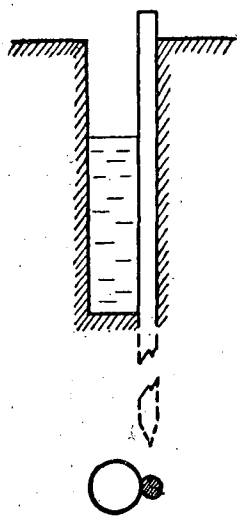


Рис. 4. Схема устройства наблюдательного колодца.

Поступила в редакцию
16 декабря 1962 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТОРМОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ
ЧЕТЫРЕХТАКТНЫМ ДИЗЕЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ,
СНАБЖЕННЫМ ВЫХЛОПНЫМ ТОРМОЗОМ
(ЗАМЕДЛИТЕЛЕМ)**

А. П. ЛИВАНОВ

Директор филиала

А. Н. ПИКУШОВ

Младший научный сотрудник

(Кавказский филиал Центрального НИИ механизации и энергетики
лесной промышленности)

Эксплуатация автомобилей на горных дорогах проходит в условиях интенсивных замедлений и ускорений, что особенно характерно при вывозке леса автопоездами. Так на Северном Кавказе подъемы и спуски составляют около 96% от общей протяженности горных лесовозных дорог. Необходимость частого и интенсивного торможения тяжелых автомобилей приводит к перегреву колесных тормозов, эффективность действия которых при этом снижается, а износ их повышается. Поэтому тормозные накладки в горных условиях обычно выходят из строя через 8 тыс. км. Даже при наличии тормозов на всех колесах торможение на спусках тяжелых автопоездов грузоподъемностью 17—20 Т является проблемой.

Недостаточную эффективность колесных тормозов на горных лесовозных дорогах водители компенсируют использованием самого двигателя как рабочего тормоза. При этом мощность торможения складывается [1] из мощности сопротивления трансмиссии, ходовой части, перекачивания и т. д. и мощности, затрачиваемой на преодоление сопротивлений прокручиваемого двигателя $N_{дв}$

$$N_{дв} = \frac{(p_m + p_{н.ц}) \cdot V_h \cdot z \cdot n_{дв}}{225 \cdot \tau} \text{ л. с.}, \quad (1)$$

где p_m — среднее давление механических сопротивлений, кг/см^2 ;
 $p_{н.ц}$ — среднее индикаторное давление нагрузочного цикла, кг/см^2 ;
 $V_h z$ — рабочий объем цилиндров, л;
 $n_{дв}$ — число оборотов двигателя в минуту;
 τ — тактность двигателя.

При прокручивании двигателя с выключенной подачей топлива насосные потери возрастают, что увеличивает мощность торможения. Мощность ΔN , соответствующая увеличению насосных потерь по сравнению с работающим двигателем [2], определяется формулой

$$\Delta N = \frac{\frac{\pi D^2}{4} \cdot \Delta p \cdot S \cdot \frac{z \cdot n_{дв}}{z}}{60 \cdot 75} \text{ л. с.}, \quad (2)$$

где D — диаметр цилиндра, м;
 Δp — разность удельных насосных потерь прокручиваемого и работающего двигателя, кг/м^2 ;
 S — ход поршня, м.

При прокручивании двигателя линия расширения проходит ниже линии сжатия (рис. 1), образуя «петлю», характеризующую расход энергии на сжатие и расширение.

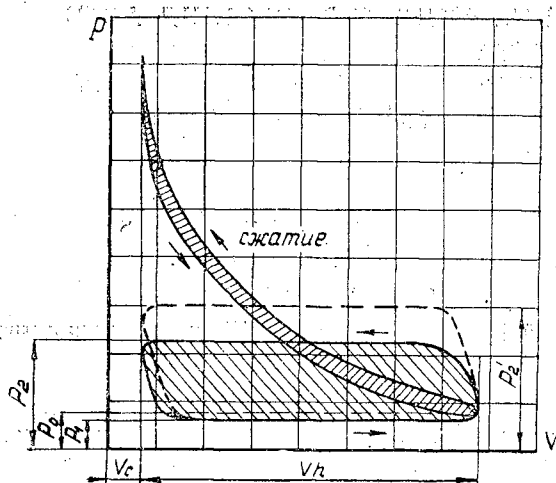


Рис. 1. Цикл индикаторной нагрузки четырехтактного дизельного двигателя с перекрытым выхлопным трубопроводом.

Таким образом, несмотря на отсутствие высоких давлений в цилиндре, мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивлений, выше у прокручиваемого двигателя, чем у работающего. С целью повышения тормозной мощности двигателя включают заведомо низкую передачу. Следствием этого являются малые скорости, на которых спускаются автопоезда по крутым уклонам. Для увеличения эффективности торможения автомобиля и разгрузки колесных тормозов в последнее время стали широко применять различные замедлители: выхлопные, гидравлические, электрические и др.

Особенно широкое распространение получили выхлопные замедлители (тормоза), устанавливаемые, главным образом, на автомобилях с четырехтактными дизельными и карбюраторными двигателями. Принцип выхлопного торможения состоит в том, что выхлопной трубопровод двигателя перекрывается. Возникающее при этом давление в цилиндрах и выхлопной системе (в сочетании с перекрытием доступа горючего) повышает тормозное действие двигателя. Выхлопное торможение можно успешно применять на поворотах, на мокрой, глинистой или обледенелой дороге.

Мягкое наложение тормозного усилия через трансмиссию и более правильное распределение его дифференциалом на колеса исключает возможность «юза» и «заноса».

В результате мягкого торможения и отсутствия блокировки колес увеличивается долговечность покрышек, уменьшается износ двигателя

и трансмиссии, так как на спусках число оборотов двигателя снижается.

Колесные же тормоза применяют только для экстренного торможения, поэтому они не перегреваются и могут работать с полной эффективностью. Кроме того, выхлопное торможение сокращает эксплуатационные расходы, так как значительно снижается износ тормозных колодок и барабанов, а следовательно уменьшается время и стоимость ремонта и регулировки тормозной системы.

При перекрытии выхлопного трубопровода и прекращении подачи топлива индикаторная работа, затрачиваемая на совершение цикла, определяется площадью контура цикла, изображенного на рис. 1. Несмотря на то, что экспериментальному и теоретическому исследованию торможения двигателя были посвящены работы Н. С. Ждановского, Н. Я. Джебашвили, М. И. Погосбекова и других, влияние выхлопного торможения на динамику тяжелого автомобиля с четырехтактным дизельным двигателем изучено крайне недостаточно.

С целью определения эффективности выхлопного торможения тяжелого лесовозного автомобиля в различных эксплуатационных условиях в лаборатории горного автомобильного лесотранспорта Кавказского филиала ЦНИИМЭ в 1961 и 1962 гг. были проведены теоретические и экспериментальные исследования. Опыты проводили на автомобиле Татра-111R.

Для перекрытия выхлопной системы был изготовлен выхлопной тормоз с механическим приводом из кабины водителя.

Автомобиль Татра-111R — трехосная машина грузоподъемностью 10 т, колесная формула 6 × 6. Вес автомобиля с водителем и оператором — 8540 кг. Двигатель 12-цилиндровый, четырехтактный дизель с V-образным расположением цилиндров и воздушной системой охлаждения. Максимальная мощность двигателя при 1800 об/мин — 180 л. с.

Для определения сопротивления движению было проведено динамометрирование заторможенного двигателя автомобиля на горизонтальном участке гравийной дороги (при различных режимах). Кроме того, на ленту осциллографа Н-700 были записаны параметры движения автомобиля по участкам гравийной дороги с различными уклонами (на различных передачах). Контрольные рейсы проводили в сухую летнюю погоду. Во всех случаях, как при торможении без перекрытия выхлопной системы, так и с перекрытием подачу топлива выключали. В процессе испытаний были получены следующие данные.

Давление в выхлопной системе p_2 находилось в пределах 1,8—1,9 кг/см².

Наибольшее давление в выхлопной трубе, подсчитанное обычными методами расчета, значительно больше фактического. Это объясняется самопроизвольным открытием выпускного клапана в тот момент, когда давление превысит силу нажатия пружины клапана. Таким образом, жесткость пружины является одним из важнейших факторов, определяющих давление в выхлопной системе, а следовательно, эффективность торможения. Если бы жесткость пружины, при прочих равных условиях, была больше, то давление в выхлопной системе поднялось бы до p_2' (рис. 1).

Поэтому реализуемая величина среднего индикаторного давления прокручиваемого двигателя с перекрытым выхлопным патрубком должна определяться с учетом силы предварительного сжатия пружины выхлопного клапана.

Это давление с достаточной точностью может быть подсчитано по следующей формуле:

$$P_{н.ц} = \left(\frac{P_k}{F_k} + P_{ц} \right) \left\{ 1 - \frac{1}{(\varepsilon - 1)(n - 1)} \left[1 - \left(\frac{\frac{P_k}{F_k} + P_{ц}}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] - \frac{1}{(\varepsilon - 1) \left(\frac{P_k}{F_k} + P_{ц} \right)} \cdot \left[\varepsilon - \left(\frac{P_k}{F_k} + P_{ц} \right)^{\frac{1}{n}} \right] \right\}, \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \quad (3)$$

где P_k — давление пружины на закрытый выхлопной клапан, кг;
 F_k — площадь внутренней поверхности тарелки выхлопного клапана без площади стержня, см²;
 $P_{ц}$ — текущее давление в цилиндре с учетом атмосферного давления, кг/см²;
 ε — степень сжатия;
 n — показатель политропы сжатия и расширения (при нормальных оборотах они практически равны).

Как видно из формулы (1), мощность торможения зависит не только от давления в цилиндрах, но и от оборотов двигателя. При максимальном числе оборотов тормозная мощность двигателя с включением тормоза достигает 89% максимальной эффективной мощности двигателя.

С увеличением скорости движения на одной и той же передаче мощность торможения возрастает.

Повышение мощности торможения автомобиля Татра-111R за счет включения замедлителя на различных передачах показано в табл. 1.

Таблица 1

Передача	Скорость движения, км/час	Число оборотов двигателя в минуту	Мощность торможения автомобиля (л. с.) при выхлопном тормозе		Увеличение мощности торможения, %
			выключенном	включенном	
IV	20	440	57,8	72,2	33
III	20	750	78	99	27
II	15	1000	83	105	27

Из таблицы видно, что на спуске крутизной до 6° (при прочих равных условиях) у автомобиля с выхлопным тормозом может быть включена передача на одну ступень выше, нежели при движении без него. В. П. Шалягин [3] рекомендует тормозные качества автомобиля оценивать по тормозной характеристике, представляющей собой зависимость тормозного фактора D_T от скорости движения автомобиля. Для различных скоростей движения на каждой передаче КПД тормозной фактор определяется так:

$$D_T = \frac{P_T + P_w}{G_a},$$

где P_T — сила торможения автомобиля двигателем, кг;
 P_w — сила сопротивления воздуха, кг;
 G_a — вес автомобиля, кг.

Применение выхлопного тормоза значительно повышает фактор торможения (см. табл. 2).

Таблица 2

Передача	Скорость движения, км/час	Величина фактора торможения при выхлопном тормозе	
		выключенном	включенном
IV	20	$3,65 \cdot 10^{-2}$	$5,92 \cdot 10^{-2}$
III	20	$6,86 \cdot 10^{-2}$	$10,1 \cdot 10^{-2}$
II	15	$12,0 \cdot 10^{-2}$	$17,1 \cdot 10^{-2}$

Из графика на рис. 2 видно, что с увеличением скорости движения (оборотов двигателя) фактор торможения растет.

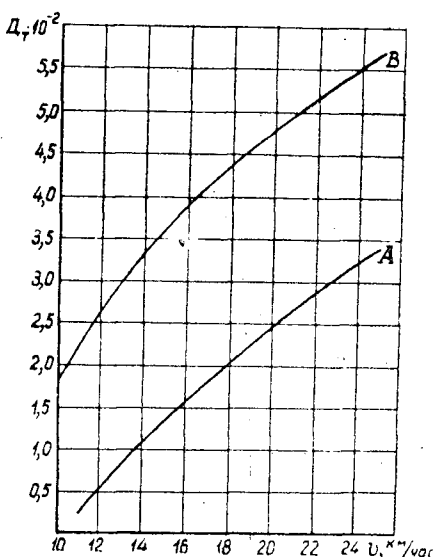


Рис. 2. Тормозная характеристика автомобиля Татра-111R при торможении двигателем на прямой передаче (A — выхлопной тормоз выключен; B — включен).

Представленные на рис. 3 зависимости характеризуют движение автомобиля по горизонтальному участку и склонам (4° и 6°). Графики показывают, что автомобиль снижает скорость до какой-то определенной величины при включенном выхлопном тормозе значительно быстрее, чем при выключенном. С увеличением крутизны спуска интенсивность замедления уменьшается, и на спусках 6° на третьей передаче с выключенным выхлопным тормозом происходит даже ускорение.

Включение тормоза на том же спуске при третьей передаче и движении со скоростью 30 км/час вначале приводит к увеличению скорости до 40 км/час, а затем (вследствие повышения интенсивности торможения от увеличения числа оборотов двигателя) происходит замедление.

Применение выхлопного тормоза значительно повышает среднюю величину замедления на одном и том же участке (табл. 3).

Из данных, приведенных в таблице, еще раз видно, что в одних и тех же условиях при крутизне склона не больше 6° при использовании выхлопного тормоза в коробке передач автомобиля может быть включена передача минимум на одну ступень выше, чем без тормоза.

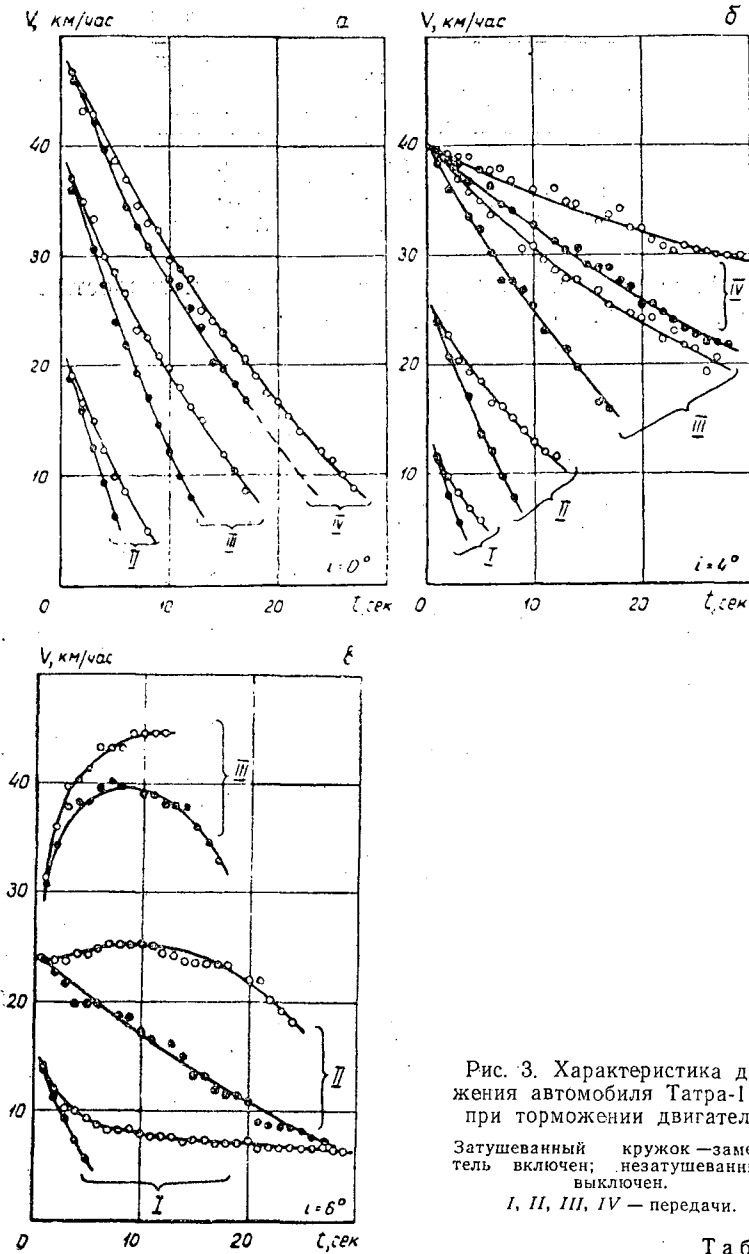


Рис. 3. Характеристика движения автомобиля Татра-111 R при торможении двигателем.

Затушеванный кружок — замедлитель включен; незатушеванный — выключен.

I, II, III, IV — передачи.

Таблица 3

Крутизна склона, °	Передача	Начальная скорость, км/час	Конечная скорость, км/час	Среднее замедление, м/сек ² при замедлителе		Увеличение замедления, %
				выключенном	включенном	
0	IV	48	9	0,400	0,493	24
	III	38	8	0,490	0,724	48
	II	20	5	0,570	0,870	52
4	VI	40	28	0,113	0,204	80
	III	39	20	0,211	0,406	92
	II	25	11	0,338	0,650	92
	I	12	5	0,390	0,750	98

В процессе торможения двигателем темп замедления не остается постоянным. С течением времени замедление снижается (рис. 4). Это объясняется тем, что с уменьшением скорости движения в процессе торможения число оборотов двигателя падает, а следовательно, снижается эффективность торможения.

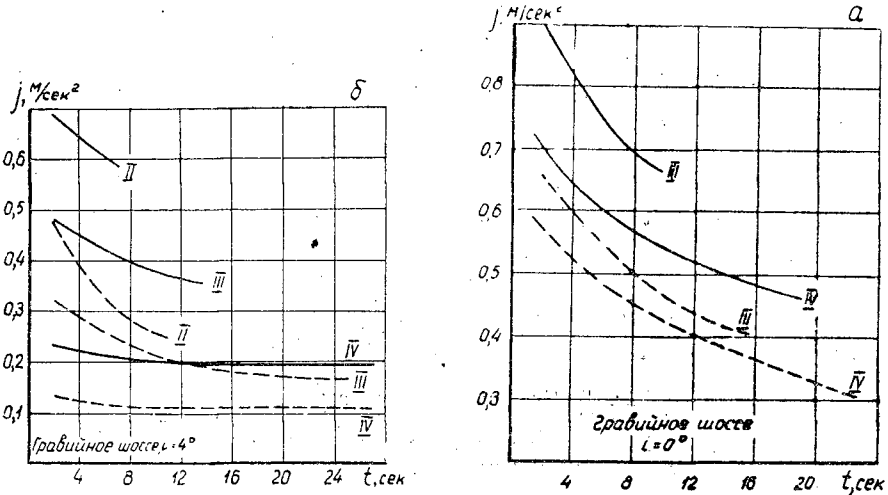


Рис. 4. Изменение замедлений автомобиля Татра-111 R, при торможении двигателем: сплошная линия — замедлитель включен; пунктир — замедлитель выключен.

Для общего случая (движения автомобиля без скольжения колес) при торможении двигателем с выключенной подачей топлива и включенным замедлителем величина замедления определится по формуле

$$j = -g \frac{G_a \cdot (f \pm i) + K_w \cdot F_w \cdot \frac{v^2}{13} + P_{тр} + P_{т.дв}}{\delta \cdot G_a} \text{ м/сек}^2 \quad (4)$$

- где f — общий коэффициент сопротивления качению;
 i — синус угла подъема (спуска);
 K_w — коэффициент сопротивления воздуха, $\frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}^4}$;
 F_w — лобовая площадь автомобиля, м^2 ;
 v — скорость автомобиля, $\frac{\text{км}}{\text{час}}$;
 δ — коэффициент вращающихся масс с учетом деталей двигателя;
 g — ускорение силы тяжести;
 $P_{тр}$ — сила сопротивления движению автомобиля, создаваемая трением в трансмиссии, кг ;
 $P_{т.дв}$ — сила сопротивления вращению коленчатого вала двигателя с перекрытым выхлопным патрубком, отнесенная к ведущим колесам, кг .

На рис. 5 показано, как изменяется $P_{т.дв}$ с увеличением оборотов.

$$P_{тр} = \frac{M_{тр} \cdot i_{тр}}{r} \cdot (1 - \eta_{тр}),$$

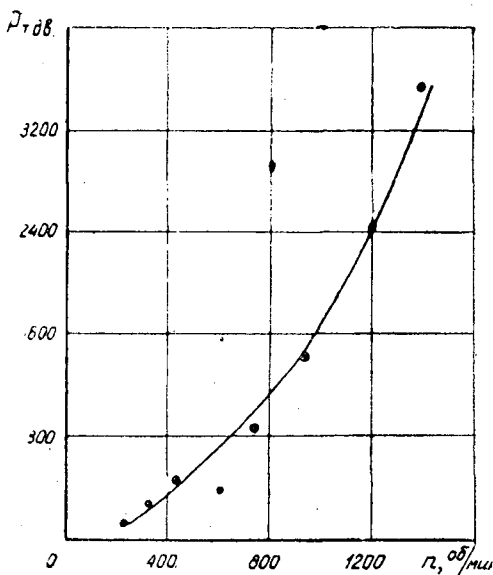


Рис. 5. Сила торможения автомобиля Татра-111R, создаваемая сопротивлением вращению коленчатого вала двигателя с перекрытым выхлопным трубопроводом.

где $M_{тр}$ — момент торможения двигателя, кгМ;
 $i_{тр}$ — общее передаточное число трансмиссии;
 r — радиус ведущего колеса, м;
 $\eta_{тр}$ — механический к. п. д. трансмиссии.
 Так как

$$M_{тр} = 716,2 \frac{(p_M + p_{H-Ц}) \cdot V_H \cdot z}{225 \cdot \tau},$$

то

$$P_{тр} = 716,2 \frac{(p_M + p_{H-Ц}) \cdot V_H \cdot z \cdot i_{тр}}{225 \cdot \tau \cdot r} (1 - \eta_{тр}). \quad (5)$$

Сила торможения двигателем $P_{т.дв}$ определится как

$$P_{т.дв} = 716,2 \frac{(p_M + p_{H-Ц}) \cdot V_H \cdot z \cdot i_{тр}}{225 \cdot \tau \cdot r}. \quad (6)$$

Подставив $P_{тр}$ и $P_{т.дв}$ из формул (5) и (6) в формулу (4), получим окончательное выражение величины замедления при торможении автомобиля двигателем с выключенной подачей топлива и включенным замедлителем

$$j = -g \frac{G_a \cdot (f \pm i) + K_w \cdot F_w \cdot \frac{v^2}{13} + 716,2 \frac{(p_M + p_{H-Ц}) \cdot V_H \cdot z \cdot i_{тр}}{225 \cdot \tau \cdot r} \cdot (2 - \eta_{тр})}{\delta \cdot G_a} \quad (7)$$

Величины замедлений, подсчитанные по формуле (7), близки к данным, полученным при испытаниях автомобиля Татра-111R при торможении двигателя с выключенной подачей топлива и включенным выхлопным тормозом.

Проведенные нами эксперименты на автомобиле Татра-111R, имеющем четырехтактный дизель, по мощности близкий к новым отечественным дизелям ЯМЗ, подтверждают необходимость и экономическую целесообразность оборудования тяжелых лесовозных автомобилей типа МАЗ-501, МАЗ-509, КрАЗ-214 и других выхлопными тормозами с синхронным устройством для выключения подачи топлива.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Н. С. Ждановский. О загрузке буксированием тракторов при тяговых испытаниях. Журн. «Тракторы и сельхозмашины» № 3, 1962. [2] В. В. Махалдиани. Особенности работы автотракторных двигателей в высокогорных условиях. Госиздат Грузинской ССР, Тбилиси, 1957. [3] В. П. Шалягин. Динамика торможения автомобиля двигателем. Журн. «Автомобильная промышленность» № 4, 1959.

Поступила в редакцию
15 мая 1963 г.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СИЛ В СЦЕПКЕ КАНАДСКОГО ТИПА АВТОМОБИЛЯ С РОСПУСКОМ

Г. П. МАЛЬЦЕВ

Аспирант

(Центральный НИИ механизации и энергетики лесной промышленности)

В ряде зарубежных стран применяют * автопоезда с так называемой канадской сцепкой. Таковую сцепку имел автомобиль фирмы «ХЕЙС», испытанный ЦНИИМЭ.

Схема ее напоминает широко известную прямую сцепку. Отличие заключается лишь в том, что дышло не воспринимает продольную силу: оно выполнено телескопическим. Крюк буксирного прибора жестко связан с трубой, которая свободно перемещается во втулке в задней поперечине рамы автомобиля. Это сделано для того, чтобы при движении автопоезда по профильным кривым и кривым в плане не возникло распорных усилий на кониках со стороны пакета бревен. Дышло, разгруженное от продольных сил при перевозке груза, удерживает роспуск от продольного наклона.

При движении без груза труба буксирного крюка фиксируется штырем.

Между элементами прямой сцепки имеются зазоры, которые, как известно, при эксплуатации автопоезда постоянно увеличиваются. Работа элементов прямой сцепки в пределах этих зазоров аналогична таковой при сцепке с телескопическим дышлом. Поэтому метод определения сил в сцепке с телескопическим дышлом может быть распространен на первую. Это позволит оценить влияние зазоров на распределение тягового усилия по элементам прямой сцепки.

Кроме того, представляется возможным оценить влияние дышла на величину ширины кониковой балки. Это может быть использовано при выборе коника в случае бездышловой сцепки автомобиля с роспуском.

На рис. 1 показана схема положения двухосного роспуска при передаче тягового усилия X_c от автомобиля к роспуску. Пунктирными линиями показано первоначальное положение системы; сплошными — смещенное, полученное в результате действия внешних и внутренних сил.

Начало координат O системы находится в точке соединения буксирного крюка со сцепной петлей дышла роспуска; ось y направлена вверх, а ось x — вправо, вдоль оси дышла. Величина конструктивного смещения Δ_0 коника от оси балансиров двухосного роспуска принята поло-

* Я. Х. Закин. Эксплуатация грузовых автомобильных поездов. Автотрансиздат, М., 1962.

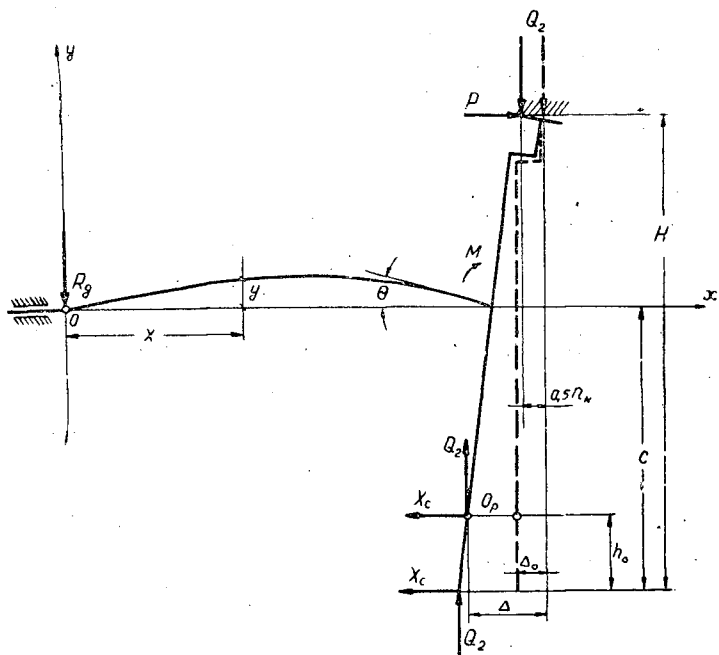


Рис. 1.

жительной при смещении назад, а отрицательной — вперед. Ширина кониковой балки обозначена n_k . Ось O_p балансиров балансирной подвески роспуска расположена на высоте h_0 от опорной поверхности.

При передаче тягового усилия от автомобиля к роспуску на колесах последнего возникает реакция со стороны дороги. Показанное на рис. 1 направление X_c отвечает случаю передачи толкающего (тягового) усилия.

Сила X_c может быть перенесена в точку O_p с добавлением момента, который возникает на оси балансиров и который можно не учитывать вследствие незначительности его величины.

Сила P на конике со стороны пакета бревен, по данным наших испытаний, приложена по верхней плоскости кониковой балки. Тяговое усилие передается через груз, поэтому

$$P = X_c. \quad (1)$$

При передаче тягового усилия рама роспуска наклоняется, дышло изгибается. Изгибающий момент со стороны роспуска может быть представлен зависимостью

$$M = X_c (H - h_0) + \Delta Q_r, \quad (2)$$

где H — высота от опорной поверхности до плоскости коника;

Δ — полное смещение точки приложения Q_r на конике от оси балансиров подвески роспуска.

Полагая, что коник и рама роспуска достаточно жесткие, то есть при продольном наклоне роспуска коник сразу же начинает соприкасаться с пакетом бревен по своему краю, можем написать

$$\Delta = \Delta_0 - 0,5n_k + \Delta_1, \quad (3)$$

где Δ_1 — смещение коника от оси балансиров, вызванное наклоном рамы роспуска, см.

Величина Δ_1 может быть определена при рассмотрении деформации упругой оси дышла при поперечном изгибе. Прогиб * от собственного веса q двухшарнирной свободно опертой балки равен

$$y_1 = -\frac{ql^3x}{24EI} \left(1 - 2\frac{x^2}{l^2} + \frac{x^3}{l^3}\right), \quad (4)$$

а от конечного момента M

$$y_2 = \frac{Mlx}{6EI} \left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right). \quad (5)$$

Суммарный прогиб упругой оси дышла может быть представлен в виде

$$y = y_1 + y_2$$

или

$$y = \frac{Mlx}{6EI} \left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right) - \frac{ql^3x}{24EI} \left(1 - 2\frac{x^2}{l^2} + \frac{x^3}{l^3}\right), \quad (6)$$

где l — длина дышла, см;
 x — расстояние от начала координат до сечения, для которого определяется прогиб, см;
 E — модуль упругости материала дышла, кг/см²;
 I — осевой момент инерции дышла, см⁴.

Угол поворота поперечного сечения дышла в произвольной точке равен

$$\theta = \dot{y}. \quad (7)$$

Так как при $x = l$ угол поворота сечения дышла равен углу наклона рамы роспуска, то можно написать

$$\Delta_1 = \dot{y}(H - h_0). \quad (8)$$

Дифференцируя уравнение (6) и принимая во внимание уравнения (2), (3) и (8), после соответствующих преобразований получим выражение для определения полного смещения точки приложения Q_r на конике от оси балансиров балансирной подвески двухосного роспуска

$$\Delta = l(H - h_0) \frac{X_c(H - h_0) - \frac{ql^2}{8}}{3EI - (H - h_0)IQ_r} + \frac{\Delta_0 - 0.5n_k}{1 - (H - h_0)\frac{IQ_r}{3EI}}. \quad (9)$$

При рассмотрении передачи тягового усилия, растягивающего сцепку, необходимо изменить знак перед X_c на обратный. Изгибающий момент в любом поперечном сечении дышла равен

$$M_{(x)} = EI\ddot{y}. \quad (10)$$

Вертикальное давление дышла на крюк буксирного прибора равно поперечной (перерезывающей) силе в сечении $x = 0$, то есть

$$R_d = \dot{M}_{(x)}.$$

* Н. М. Белыев. Сопротивление материалов. М., 1962.

Дважды дифференцируя уравнение (6) и принимая во внимание уравнения (2), (3) и (10), после соответствующих преобразований получим выражение для вертикального давления дышла на крюк буксирного прибора

$$R_d = \frac{M}{l} - \frac{ql}{2}. \quad (11)$$

Наибольший расчетный изгибающий момент, воспринимаемый дышлом,

$$M = W \cdot \sigma_n, \quad (12)$$

где W — момент сопротивления поперечного сечения дышла, $см^3$;

σ_n — расчетное сопротивление изгиба материала дышла, $кг/см^2$.

После преобразований уравнений (2), (9) и (12) получим выражение максимально допустимой величины суммарного конструктивного смещения точки приложения груза Q_r на конике от оси балансиров двухосного роспуска

$$\Delta_0 - 0,5n_k = \frac{1}{3EI} \left\{ W \cdot \sigma_n \left[\frac{3EI}{Q_r} - (H - h_0)l \right] + \frac{ql^3}{8} (H - h_0) \right\} - \frac{X_c (H - h_0)}{Q_r}. \quad (13)$$

При $X_c = 0$ неравенство

$$\Delta_0 - 0,5n_k \leq \frac{1}{3EI} \left\{ W \sigma_n \left[\frac{3EI}{Q_r} - (H - h_0)l \right] + \frac{ql^3}{8} (H - h_0) \right\},$$

полученное из выражения (13), выражает условие, при котором запас прочности дышла будет исчерпываться моментом от груза Q_r на конике.

На основании полученных аналитических зависимостей произведен расчет сил и деформаций элементов сцепки применительно к двухосному роспуску 2-Р-8, для которого $Q_r = 8000$ кг; $H = 150$ см; $C = 90$ см; $h_0 = 42,3$ см; $I = 13300$ см⁴ (при диаметре дышла 23 см); $E = 10^5$ кг/см²; $\sigma_n = 130$ кг/см² (для древесины).

Результаты расчета представлены в виде графиков на рис. 2 ÷ 5.

На рис. 2 представлен график зависимости функций Δ , M и R_d от тягового усилия, вызывающего растяжение и сжатие сцепки, при $\Delta_0 = 0$, $n_k = 0$, $l = 300$ см (пунктирные линии) и $l = 800$ см (сплошные).

Все функции возрастают при увеличении тягового усилия. Так как по условию задачи дышло не воспринимает продольную силу, то тяговое усилие полностью передается через пакет бревен, то есть

$$P = X_c.$$

Приращение величины Δ больше при передаче тягового усилия, растягивающего сцепку, чем сжимающего. На графике это особенно хорошо видно для случая сцепки с длинным дышлом.

Вертикальное давление дышла R_d , определяемое его собственным весом, на крюк буксирного прибора при $X_c = 0$ для короткого и длинного дышла равно соответственно 45 и 120 кг. По абсолютному значению величина R_d больше при передаче тягового усилия, растягивающего сцепку, чем сжимающего.

Изгибающий момент M , действующий со стороны рамы роспуска, при длинном дышле больше, чем при коротком (сказывается влияние

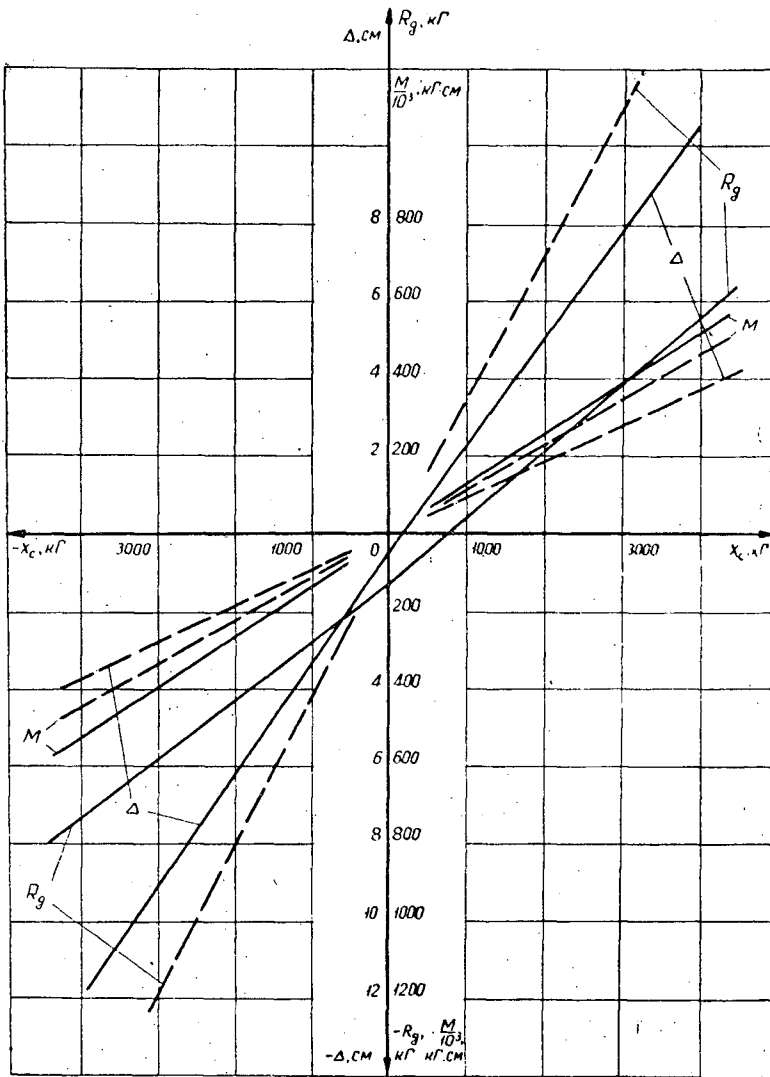


Рис. 2.

величины Δ). Приращение величины M , как и Δ , больше при передаче тягового усилия, растягивающего сцепку. Поэтому, исходя из условий механической прочности дышла, следует считать, что более опасным является режим передачи тягового усилия, вызывающего растяжение сцепки.

Описанная картина будет иметь место и при прямой сцепке, работающей в пределах имеющихся в ней зазоров.

График изменения Δ в определенном масштабе представляет собой величину зазора Δ_3 в прямой сцепке, при наличии которого работа ее аналогична сцепке с телескопическим дышлом. Для принятого нами расчетного случая $\Delta = 0,83 \Delta_3$.

Пример. Для прямой сцепки с длинным дышлом зазор $\Delta_3 = 4$ см, тогда $\Delta = 3,32$ см, что соответствует по графику (рис. 2) тяговой силе $X_c = 1350$ кг. Значит, прямая сцепка при изменении тяговой силы от 0-

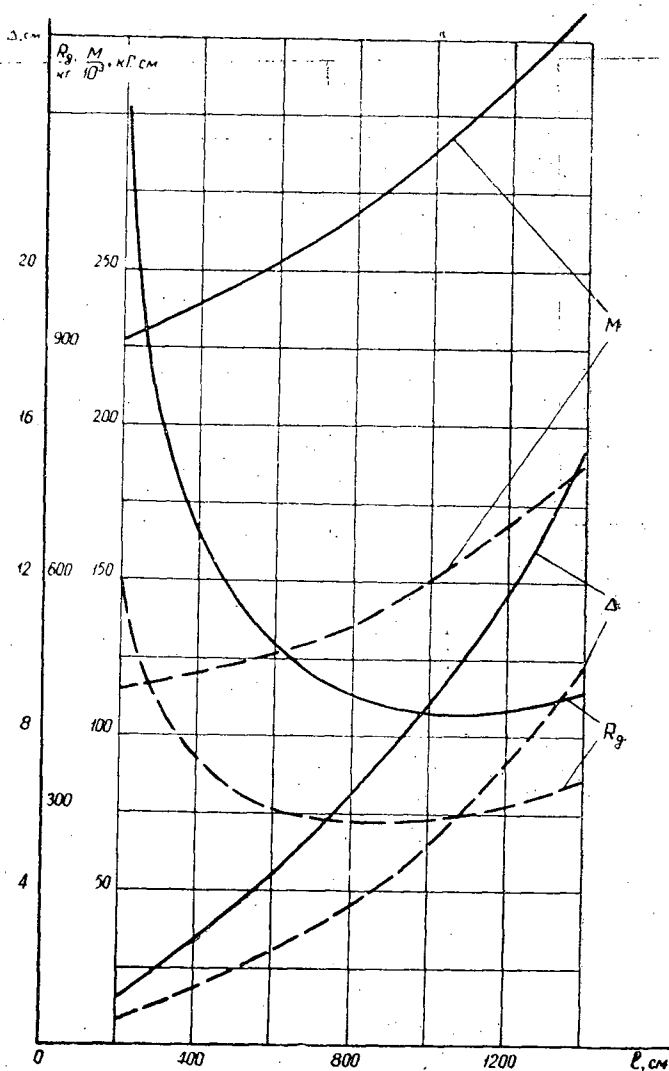


Рис. 3.

до 1350 кг ведет себя, как и сцепка с телескопическим дышлом. Соответственно в этих пределах по графику определяются значения M и R_d .

На рис. 3 представлена зависимость функций Δ , M и R_d от длины дышла l при $\Delta_0 = 0$, $n_k = 0$ и тяговом усилии $X_c = -1000$ кг (пунктирные линии) и $X_c = -2000$ кг (сплошные).

Увеличение длины дышла приводит к довольно быстрому возрастанию величины Δ . Так, например, при изменении l от 200 см до 1400 см при $X = -1000$ кг Δ возрастает от 0,6 до 9,8 см.

С длиной дышла растет его гибкость, что облегчает наклон роспуска под пакетом бревен и увеличение Δ .

Изгибающий момент M также увеличивается с длиной дышла, так как одна из составляющих момента прямо пропорциональна величине Δ (см. уравнение (2)).

Для $X_c = -1000$ кг с изменением длины дышла от 200 до 1400 см момент M возрастает с $112,5 \times 10^3$ до 188×10^3 кг·см.

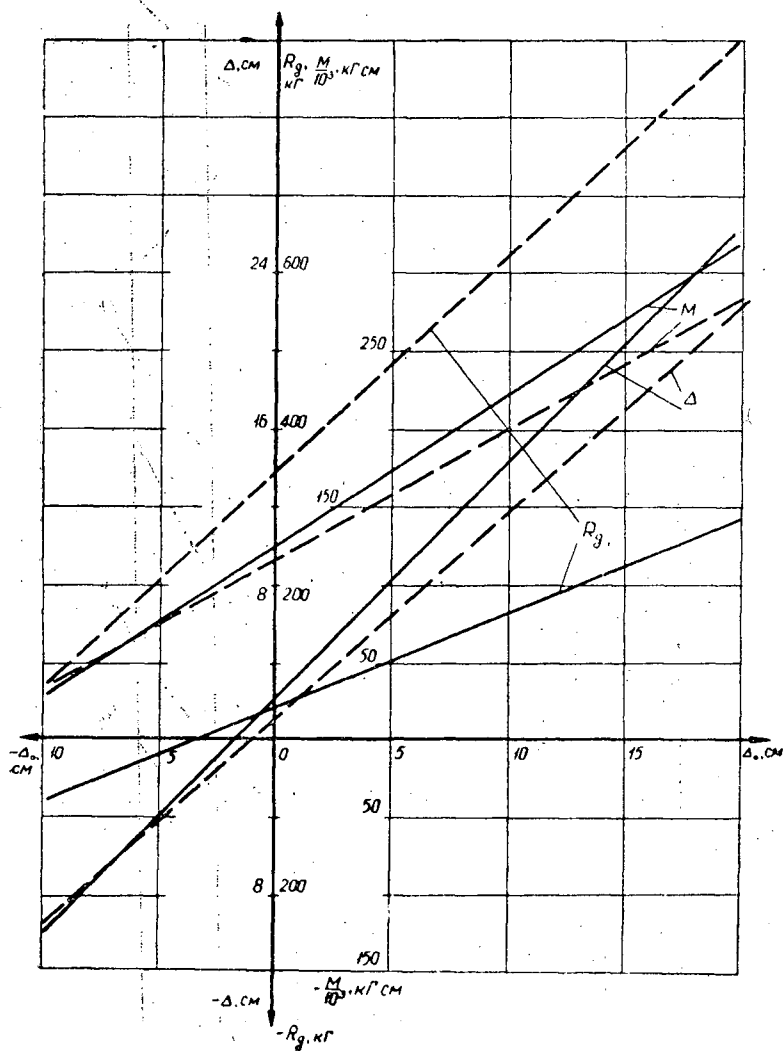


Рис. 4.

Сила вертикального давления R_d дышла на крюк буксирного прибора при увеличении длины дышла падает вначале резко, затем плавно, а в дальнейшем повышается. Это объясняется влиянием изгибающего момента M со стороны рамы роспуска, величина которого, как было установлено выше, возрастает при увеличении длины, а также собственного веса дышла.

При $X_c = -2000$ кг изменение функций Δ , M и R_d аналогично. На рис. 4 представлена зависимость функций Δ , M и R_d от величины конструктивного смещения Δ_0 коника от оси балансиров двухосного роспуска при $X_c = 1000$ кг, $l = 300$ см (пунктирные линии) и $l = 800$ см (сплошные). Ширина кониковой балки не учитывается, то есть $n_k = 0$.

При длинном дысле и $\Delta_0 = 0$, $\Delta = 2,2$ см. В случае смещения коника на 10 см от оси балансиров роспуска вперед $\Delta = -10$ см, а при

смещении назад $\Delta = 14,4$ см. При этом происходит увеличение изгибающего момента M с 25×10^3 до 220×10^3 кг·см, а силы R_d — с 75 до 160 кг.

Итак, при передаче тягового (толкающего) усилия от автомобиля к роспуску смещение коника от оси балансиров двухосного роспуска вперед приводит к уменьшению, а назад — к возрастанию функций Δ , M и R_d .

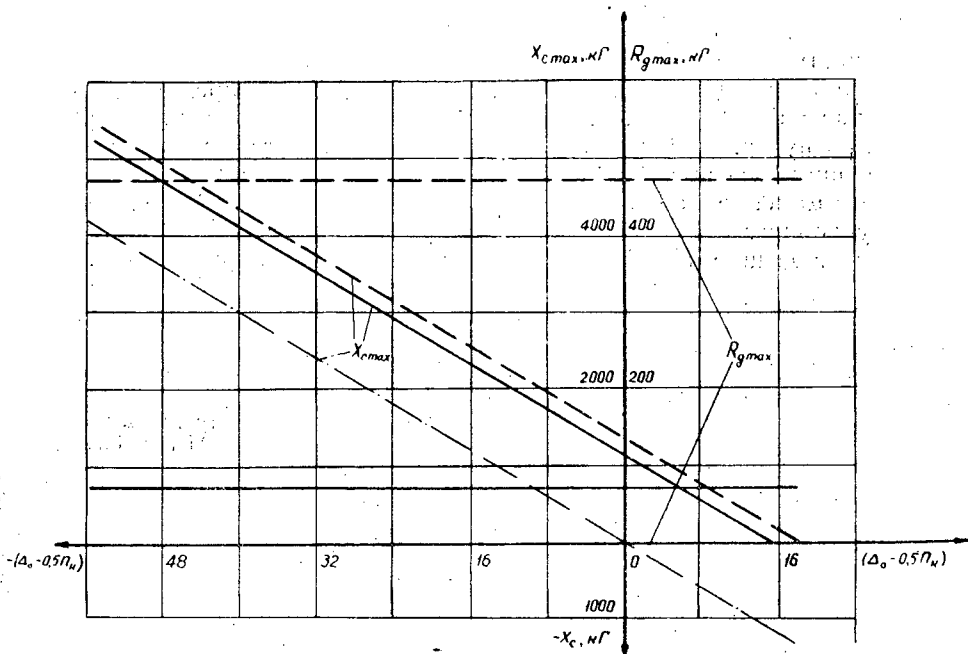


Рис. 5.

В реальных условиях кониковая балка имеет определенную ширину, так что при передаче тягового усилия, растягивающего или сжимающего сцепку, функции Δ , M и R_d будут меньше, чем при $n_k = 0$, на величину, зависящую от ширины кониковой балки. При заданной ширине последней смещение коника от оси балансиров делает более жестким режим работы дышла.

На рис. 5 приведена графическая зависимость влияния суммарного конструктивного смещения $(\Delta_0 - 0,5 n_k)$ точки приложения нагрузки Q_r на конике от оси балансиров роспуска на максимальную величину передаваемого тягового усилия $X_{c max}$ при $l = 300$ см (пунктирные линии) и $l = 800$ см (сплошные линии).

При $\Delta_0 = \text{const}$ с увеличением ширины кониковой балки сила $X_{c max}$ возрастает. Эта зависимость выражается прямой линией. Для случая $\Delta_0 - 0,5 n_k = 0$ максимальное тяговое (толкающее) усилие, которое может быть передано от автомобиля к роспуску, при длинном и коротком дышле составляет соответственно 1150 и 1350 кг. Из этого следует, что несущая способность короткого дышла выше, чем длинного на 17,35%.

Чем больше величина Δ_0 , тем ниже значение $X_{c max}$. Так, например, при $0,5 n_k = 24$ см и длинном дышле изменение Δ_0 от 0 до 24 см снижает величину $X_{c max}$ с 2900 до 1150 кг. Неравенство $|(\Delta_0 - 0,5 n_k)| \geq 15$ см (рис. 5) выражает условие, при котором уже в случае $X_{c max} = 0$

происходит поломка длинного дышла изгибающим моментом от груза Q_r .

На графике штрих-пунктирной линией показана зависимость $X_{с max}$ от $(\Delta_0 - 0,5 n_k)$ для бездышловой сцепки. Зависимость получена из условия предельной продольной устойчивости роспуска, которое выражается неравенством

$$\Delta_0 - 0,5n_k \geq \frac{X_{с max}}{Q_r} (H - h_0).$$

Разность значений величин максимальной тяговой силы для двух сцепок (с телескопическим дышлом и бездышловой) представляет величину тяговой силы, при передаче которой дышло обеспечивает устойчивость роспуска. В нашем случае она равна соответственно для короткого и длинного дышла 1350 и 1150 кг.

Максимальная величина вертикального давления R_d дышла на крюк буксирного прибора равна 70 и 470 кг. Сила $R_{d max}$ зависит от параметров дышла (l, W, E, σ_n) и не связана с шириной кониковой балки.

Поступила в редакцию
20 мая 1963 г.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НА ИЗГИБ ЛОНЖЕРОНОВ РАМ АВТОЛЕСОВОЗОВ

Б. Д. ВАСИЛЬЕВ-КОЗЛОВ

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

Расчет на изгиб лонжеронов рам автомобилей, изложенный в трудах Е. А. Чудакова, является одним из основных и необходимых критериев оценки прочности рам и в настоящее время широко применяется на наших заводах. Этот метод развивается в других работах [2], [4]. При этом авторы рассматривают только вертикальные динамические нагрузки, возникающие при езде по неровной дороге, так как именно эти силы оказывают решающее влияние на общую прочность рамы автомобиля.

Изучение работы рамы автолесовоза в эксплуатации дает основание утверждать, что нельзя пренебрегать горизонтальными силами. Встает вопрос, какие горизонтальные силы принять за расчетные? Напряжения, возникающие в раме автолесовоза, обуславливаются в основном силами взаимодействия между колесами и дорогой. Очевидно, наибольшие нагрузки возникают при ударе. Однако если вести расчет на эти нагрузки, то конструкция получается чрезвычайно тяжелой. Такой подход к решению вопроса не оправдывается практикой. За расчетные принимают силы, возникающие при разгоне или торможении. Эти силы вполне определенные, максимальное значение их ограничено коэффициентом сцепления, равным единице [3], [6]. Ударные нагрузки при этом учитываются коэффициентом динамичности. При расчете рамы автолесовоза возможны три случая: торможение только передними колесами (рис. 1, а); торможение только задними колесами (рис. 1, б); торможение передними и задними колесами одновременно (рис. 1, в).

В первом случае вертикальная реакция дороги на переднее колесо

$$z_1 = \frac{1}{2} m_1 G_a \frac{b}{L}, \quad (1)$$

где G_a — вес автолесовоза;

b — проекция расстояния от центра тяжести автолесовоза до оси задних колес на горизонтальную плоскость;

L — база автолесовоза;

m_1 — коэффициент изменения реакции при торможении только передними колесами. Он определяется формулой

$$m_1 = \frac{L}{L - \varphi h}, \quad (2)$$

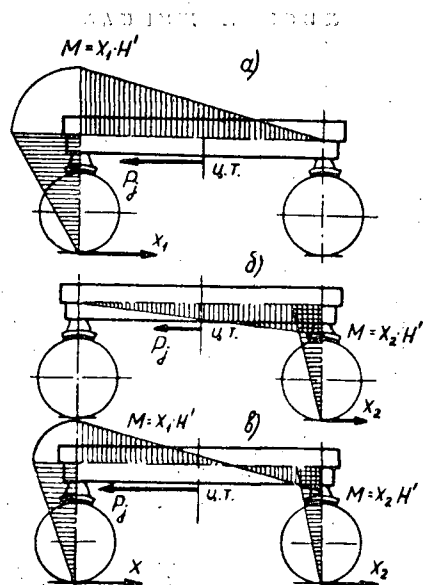


Рис. 1.

где h — высота расположения центра тяжести автолесовоза;
 φ — коэффициент сцепления.

Продольная реакция X_1 , действующая на переднее колесо, равна

$$X_1 = z_1 \varphi. \quad (3)$$

Подставляя значение z_1 из формулы (1), получим

$$X_1 = \frac{1}{2} m_1 G_a \frac{b}{L} \varphi. \quad (4)$$

В ряде работ [3], [6], [7] показано, что силы, действующие между колесом и дорогой, могут достигать величин, близких величинам, соответствующим коэффициенту сцепления $\varphi = 1$, поэтому при расчете следует принимать $\varphi = 1$. Продольная реакция X_1 и сила инерции при торможении нагружают узел крепления подвески переднего колеса к лонжерону изгибающим моментом M_A , равным

$$M_A = \frac{1}{2} m_1 G_a \frac{b}{L} \varphi H', \quad (5)$$

где H' — расстояние от дорожного полотна до центра сечения лонжерона.

Такой же момент действует и на второй лонжерон, поэтому они изгибаются одинаково, а поперечины не нагружены. Примем продольную реакцию на задние колеса $X_2 = 0$. Тогда изгибающий момент в узле крепления задней подвески к лонжерону будет равен нулю. Изгибающий момент по длине лонжерона изменится по прямой (рис. 1, а). Изгибающий момент, действующий в любом сечении лонжерона, выражается зависимостью

$$M_x = \frac{M_A (L - x)}{L}, \quad (6)$$

где x — расстояние от оси передних колес до рассматриваемого сечения.

При торможении только задними колесами вертикальная реакция дороги на заднее колесо

$$z_2 = \frac{1}{2} m_2 G_a \frac{a}{L}, \quad (7)$$

где a — проекция расстояния от центра тяжести автолесовоза до оси передних колес на горизонтальную плоскость;

m_2 — коэффициент изменения реакции при торможении только задними колесами. Он определяется формулой

$$m_2 = \frac{L}{L + \varphi h} \quad (8)$$

и составляет 0,71—0,73.

Как показали эксперименты [5], горизонтальная нагрузка для задних колес может быть на 10% больше, чем при торможении до юза, поэтому с некоторым запасом можно принять $m_2 = 1$.

Продольная реакция, действующая на заднее колесо,

$$X_2 = z_2 \varphi \quad (9)$$

или

$$X_2 = \frac{1}{2} m_2 G_a \frac{a}{L} \varphi. \quad (10)$$

Момент, нагружающий раму в узле крепления подвески заднего колеса к лонжерону,

$$M_B = \frac{1}{2} m_2 G_a \frac{a}{L} \varphi H'. \quad (11)$$

При $X_1 = 0$ изгибающий момент в узле крепления передней подвески M_A равен нулю. Эпюра изгибающих моментов показана на рис. 1, б. Изгибающий момент, действующий в любом сечении лонжерона, выразится зависимостью

$$M_x = \frac{M_B \cdot x}{L}. \quad (12)$$

Напряжения в расчетных сечениях равны

$$\sigma' = \frac{M_x}{W_x}, \quad (13)$$

где σ' — напряжения от изгиба лонжерона при торможении.

Кроме напряжений от изгиба, при торможении в лонжероне возникают напряжения растяжения или сжатия

$$\sigma'' = \frac{X}{F}. \quad (14)$$

К напряжениям от горизонтальных сил необходимо прибавить напряжения от изгиба вертикальными силами, подсчитанные, например, по методике, разработанной Д. Б. Гельфгатом и В. А. Ошноковым [2].

При проектировании нового автолесовоза составление весовой спецификации, необходимой для расчета по этому методу, не всегда возможно. Задача облегчается, если поддрессоренный вес автолесовоза принять сосредоточенным в сечениях штанг грузоподъемного механизма. У автолесовозов Т-80, например, неподдрессоренный вес практически распределяется поровну на все четыре колесца. Такой расчет дает напряжения в опасном сечении на 3,1% больше, чем при точном учете распределения нагрузки по лонжерону.

Суммарные напряжения от изгиба и растяжения (сжатия) под действием горизонтальных сил, а также веса автолесовоза и пакета с учетом коэффициента динамичности сравниваются с допускаемым напряжением R .

$$R = \frac{\sigma_s}{k}, \quad (15)$$

где σ_s — предел текучести материала;
 k — коэффициент безопасности.

Коэффициент безопасности можно принять, исходя из данных дорожных тензометрических испытаний рам грузовых автомобилей [2], в пределах 1,3—1,8, так как для рам автолесовозов опытные данные отсутствуют. Следует помнить, что движение у автолесовоза реверсивное, поэтому сказанное относится как к передним, так и к задним колесам.

Коэффициент динамической нагрузки k_d , необходимый для расчета, может быть найден непосредственным замером максимальных прогибов пружин подвески по положению сгона масла на нижней направляющей подвески. Положение границы сгона замеряли при помощи линейки с точностью 1 мм. Затем по упругой характеристике пружин вычисляли усилия в подвеске.

Жесткость пружин подвески определяли по формуле

$$C = \frac{Gd^4}{8D^3i}. \quad (16)$$

При диаметре прутка $d = 25$ мм; диаметре пружины $D = 100$ мм; числе рабочих витков $i = 17$ и модуле упругости $G = 7,6 \cdot 10^5$ $C = 218$ кг/см. Это значение жесткости пружины хорошо согласуется с данными тарировки. При проверке нескольких пружин расхождений в жесткости не обнаружено.

В программу испытаний были включены движение с максимальной возможной по условиям безопасности скоростью по наиболее разбитым участкам мостовой, проезд препятствий высотой до 113 мм и погрузка пакетов на баржу.

В табл. 1 даны максимальные динамические усилия в пружинах подвески за время испытаний*. Как показывает анализ результатов, наибольший коэффициент динамической нагрузки за время испытаний

Таблица 1

Вес пакета, кг	Усилия в пружинах, кг		Коэффициент $k_d = \frac{P_{дин}}{P_{ст}}$	
	для передних колес	для задних колес	для передних колес	для задних колес
0	1440	1810	1,80	2,30
	1440	1770	1,80	2,20
3440	1600	1220	0,98	0,73
	1850	1500	1,11	0,88
4420	1850	1700	0,96	0,85
	1790	1680	0,93	0,85

Примечание. В числителе — данные для левого колеса, в знаменателе — для правого.

* Испытывали автолесовоз Т-80 на территории экспериментального завода «Красный Октябрь».

наблюдался при переезде бруса толщиной 75 мм со скоростью около 20 км/час. При весе пакета 4420 кг он составляет 0,96. Таким образом, для расчета можно принять $k_d = 1$.

Для сравнения приводим величину k_d для основных типов автомобилей [1]

грузовых автомобилей — 2,0—2,5;

автобусов — 1,5—2,0;

легковых автомобилей — 1,0—1,5.

Низкий коэффициент динамической нагрузки для автолесовозов следует объяснить небольшой скоростью движения и эксплуатацией в сравнительно хороших дорожных условиях.

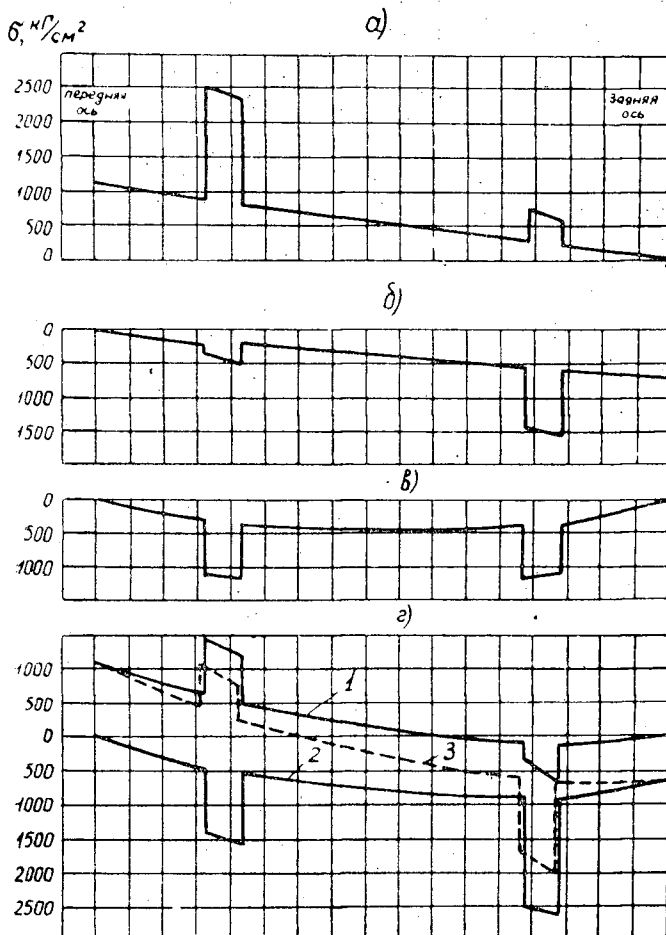


Рис. 2.

По результатам подсчетов, выполненных для автолесовоза Т-80, построены эпюры напряжений в лонжероне рамы (рис. 2): а — напряжения при торможении передними колесами; б — напряжения при торможении задними колесами; в — напряжения от действия веса автолесовоза и пакета с учетом коэффициента на динамическую нагрузку; г — суммарные эпюры: кривая 1 — $a + б$; кривая 2 — $б + в$; кривая 3 построена суммированием эпюр $a + б + в$, что соответствует случаю

торможения передними и задними колесами, но в предположении, что реакции достигли предельных величин для передних колес в случае торможения только передними, для задних — только задними.

Эпюры *a*, *b*, *в* показывают, что напряжения от горизонтальных сил могут быть решающими для прочности лонжерона и превышать напряжения от действия подрессоренных масс автолесовоза, следовательно, их нужно обязательно учитывать.

При сравнении кривых 1, 2 и 3 (рис. 2, *г*) видно, что наибольшие суммарные напряжения имеют место при торможении только задними колесами. Они достигают максимума в нижних волокнах задней части заднего колодца и могут достигать $\sigma = 2660 \text{ кг/см}^2$ (растяжение), что превышает предел текучести. (Материал рамы — сталь ст. 3 по ГОСТу 500—52 с пределом текучести 2500 кг/см^2). В сечении переднего колодца напряжения также высоки — $\sigma = 1600 \text{ кг/см}^2$ (растяжение).

При торможении только передними колесами наибольшие суммарные напряжения имеют место в сечении заднего колодца — $\sigma = 700 \text{ кг/см}^2$ (растяжение).

В неослабленных сечениях, в том и другом случаях, напряжения не превышают 1000 кг/см^2 .

Выводы расчета подтверждаются практикой: в сечениях колодцев уже через 3—6 месяцев эксплуатации, как правило, появляются трещины. В остальных сечениях лонжерона трещины от изгиба не наблюдаются.

Предлагаемая методика является первой приближенной попыткой расчета рам автолесовозов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. И. Воронцова и др. Тензометрирование деталей автомобиля. Машгиз, 1962.
- [2]. Д. Б. Гельфгат, В. А. Ошноков. Рамы грузовых автомобилей. Машгиз, 1959.
- [3]. Б. В. Гольд. Конструирование и расчет автомобиля. Изд. 2, Машгиз, 1962.
- [4]. И. Г. Пархировский. Графоаналитический метод расчета лонжеронов рам на изгиб. Журн. «Автомобильная промышленность» № 12, 1959.
- [5]. Труды Всесоюзного научно-технического совещания по исследованию действительных нагрузок в агрегатах автомобиля 1—3 апреля 1958 г., ч. II, НАМИ-НТО, Машпром, 1958.
- [6]. Е. А. Чудаков. Расчет автомобиля. Машгиз, 1947.
- [7]. T. K. Garrett. Automobile Dynamic Loads. «Automobile Engineer», II, т. 43, № 563, 1953.

Поступила в редакцию
19 июня 1963 г.

ЭЛЕКТРОТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДОЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ЛЕСОВОЗНЫХ ВАГОНОВ-СЦЕПОВ

В. И. МЕЛЬНИКОВ

Доцент, кандидат технических наук

П. Н. БУТИН

Аспирант

(Поволжский лесотехнический институт)

Изучение вопросов продольной динамики узкоколейных вагонов необходимо, с одной стороны, для совершенствования существующих конструкций подвижного состава или создания новых, более совершенных типов его, а с другой — для улучшения эксплуатации подвижного состава. Последнее понятие включает в себя режимы движения (скорости и ускорения), требования к размещению груза на отдельных единицах подвижного состава, допустимое взаимодействие между грузом и составом и т. п.

Уже на первых порах вывозки леса в хлыстах вопрос о передаче продольных усилий от одного полусцепы к другому был одним из основных как при переоборудовании существующего подвижного состава, так и при создании новых типов его.

По способу передачи продольных усилий между полусцепами подвижной состав ужд можно разделить на три группы (рис. 1).

Первая группа (рис. 1, а) включает все лесовозные вагоны, у которых в загруженном состоянии отдельные единицы (полусцепы) не соединены между собой внутрикомплектными сцепными приборами, и продольные усилия от одного полусцепы к другому передаются только через пачку хлыстов; к этой группе можно отнести сцепы из переоборудованных платформ Лесосудмашстроя, из тележек РТ-2 и Т-55, а также из короткобазных платформ Алтайского завода.

К подвижному составу второй группы (рис. 1, б) относятся вагоны-сцепы, состоящие из двух полусцепов, продольные усилия между которыми передаются через внутрикомплектные ударно-сцепные приборы, укрепляемые на хребтовых балках. В эту группу входят вагоны-сцепы ЦНИИМЭ-ДВЗ и ЦНИИМЭ-АВЗ.

К третьей группе (рис. 1, в) относятся вагоны для перевозки хлыстов, состоящие из двух полусцепов, соединенных между собой металлической жесткой, шарнирно связанной при помощи шкворней рамой. Сюда включаются вагоны-сцепы ЦНИИМЭ-60 и ЦНИИМЭ-61.

Платформы-сцепы Ленинградской лесотехнической академии по принципу передачи продольных усилий занимают промежуточное поло-

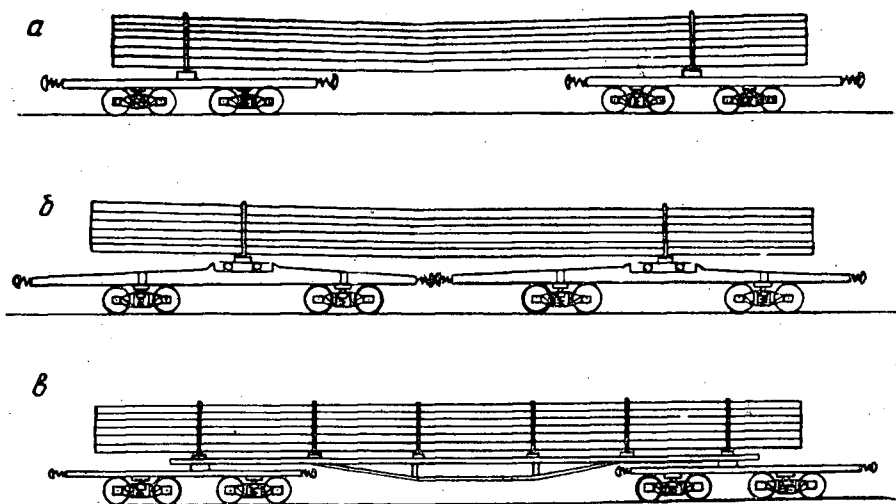


Рис. 1. Способы передачи продольных усилий в сцепках различной конструкции.

жение, ибо у них полусцепы внутри сцепа между собой соединены дышлом, концы которого шарнирно укреплены на рамах обоих полусцепов.

До сих пор сложные вопросы продольной динамики лесовозных вагонов были разработаны весьма недостаточно. Первые теоретические и экспериментальные исследования продольной динамики лесовозных вагонов проведены Б. Г. Гастевым и Н. А. Гайдаром [1], [2]. Аналитические исследования Л. С. Матвеевко [3], [4] посвящены рассмотрению усилий в ударно-сцепных приборах.

Вопросы продольной динамики необходимо изучать и теоретически и экспериментально. Одни теоретические исследования не в состоянии учесть всего многообразия внешних факторов, обуславливающих процессы продольной динамики. Поэтому методы экспериментального изучения приобретают особое значение. Например, силы взаимодействия пачек хлыстов и вагонов с учетом упругости груза можно установить лишь экспериментально точно так же, как и разрешить вопросы, связанные с упругостью пачки хлыстов.

Проведение подобных экспериментальных исследований в лабораторных условиях весьма затруднительно, а во многих случаях и вообще невозможно.

Таким образом исследование продольной динамики лесовозного подвижного состава целесообразно проводить в производственных или полупроизводственных условиях эксплуатации. Но и в подобных условиях перед экспериментаторами возникает немало трудностей. Одним из наиболее существенных вопросов при подготовке к экспериментам в натуральных условиях является выбор измерительной аппаратуры. При этом необходимо иметь в виду, что подобные эксперименты связаны с одновременным измерением многочисленных механических величин в узлах и деталях конструкции, иногда значительно удаленных друг от друга.

Весьма удобным и удовлетворяющим этим условиям является электротензометрический метод [5], [6], [7], дающий возможность при помощи проволочных тензодатчиков измерять деформации, усилия или напряжения в отдельных элементах машины или конструкции.

Малые габариты и вес проволочных датчиков позволяют размещать их в самых труднодоступных местах, а отсутствие инерционности — применять одни и те же датчики как для статических, так и для динамических испытаний в весьма большом частотном диапазоне. Проволочные датчики как чувствительные элементы используют в динамометрах, прогибомерах, ускоренимерах и во многих других преобразователях.

В задачу наших исследований входило определение продольных динамических усилий в сцепных приборах, усилий, действующих на коники полусцепов, а также сил взаимодействия между пачкой хлыстов и кониками при различных неустановившихся режимах движения.

Для выполнения этой задачи в качестве основного был принят электротензометрический метод.

Весь объем экспериментальных работ включал в себя следующие этапы: 1) установление оптимальных параметров проволочных датчиков, схем расположения и включения их для регистрации намеченных величин; 2) наклейка и монтаж датчиков по выбранной схеме их расположения и включения; 3) выбор надлежащей регистрирующей и усилительной аппаратуры; 4) организация и производство испытаний.

Проволочные датчики из константановой проволоки диаметром 0,03 мм², сопротивлением 100—400 ом и базой 20 мм, приклеенные к поверхности исследуемой детали, включали в схему равноплечего моста. При этом учитывали чувствительность схемы моста к деформациям, с одной стороны, и возможность более точного измерения искомой механической величины — с другой. Учитывая свойство моста алгебраически складывать изменения сопротивления датчиков, включенных в одно или противоположные плечи моста, и вычитать изменения сопротивления датчиков, включенных в смежные плечи моста, для измерения усилий в ударно-сцепных приборах сцепов мы считали целесообразной наклейку восьми датчиков на стержень ударно-сцепного прибора (рис. 2, а). На всех четырех гранях стержня сделаны углубления на 10 мм, на каждом из которых приклеены два датчика: один — вдоль оси стержня (рабочий), другой — перпендикулярно ей (для температурной компенсации). Все восемь датчиков включали в схему моста (рис. 2, б) таким образом, что в измерительной диагонали его появлялись сигналы только при действии продольных сил; действие же изгибающего или крутящего моментов автоматически исключалось.

Чувствительность схемы (рис. 2, б) к продольным усилиям можно определить, производя соответствующие вычисления; при этом э. д. с. разбаланса моста определяется по формуле

$$\Delta E_{AB} = 2i\mu R\gamma \frac{\sigma}{E}, \quad (1)$$

а э. д. с. для схемы, показанной на рис. 2, в, — по формуле

$$\Delta E_{AB} = i\mu R\gamma \frac{\sigma}{E}, \quad (2)$$

где i — ток, потребляемый мостом;
 μ — коэффициент Пуассона;
 R — активное сопротивление датчика;
 γ — коэффициент тензочувствительности датчика;
 σ — напряжение в месте наклейки датчика;
 E — модуль упругости при растяжении или сжатии.

Из анализа уравнений (1) и (2) видно, что чувствительность первой схемы в два раза выше, чем чувствительность второй.

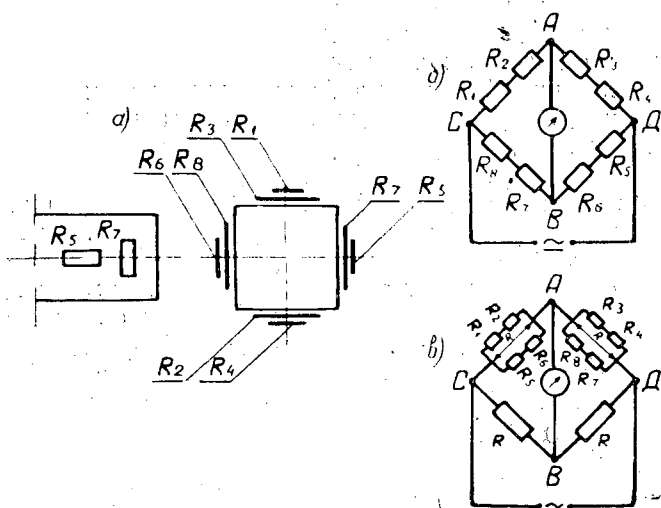


Рис. 2. Схемы для определения продольных усилий в ударно-сцепных приборах сцепа при четырех активных датчиках.

a — схема размещения датчиков в сечении; *b* — схема включения активных датчиков в два плеча моста; *c* — схема включения активных датчиков в одно плечо моста.

Включение датчиков по второй схеме необходимо производить при использовании усилителя с встроенным непосредственно в его конструкцию полумостом *CBD* (рис. 2, *b*).

В результате преобразования механических величин в электрические на киноплёнке осциллографа при помощи проволочных датчиков записывается кривая, ординаты которой, в известном масштабе, представляют значение изучаемой величины, меняющейся во времени.

Так, например, при измерении продольных усилий в ударно-сцепных приборах их величина может быть представлена так:

$$F = k \cdot y, \quad (3)$$

где F — продольная сила, возникающая в ударно-сцепном приборе сцепа, кГ ;

k — коэффициент масштаба записи, кГ/мм ;

y — ордината, замеренная по осциллограмме, мм .

Масштаб электрического динамометра сцепа определяли путем специальной тарировки. Для этого к ударно-сцепному прибору при помощи гидравлического пресса прикладывали известное по величине усилие, фиксируемое на киноплёнке осциллографа.

Продольные силы, действующие на коники полусцепов, измеряли с помощью тензометрических упоров (рис. 3), представляющих собой металлические колодки прямоугольного сечения с наклеенными проволочными датчиками. Схема установки тензоупоров на полусцепе дана на рис. 4 и 6. При такой схеме установки тензоупоров продольные усилия от одного полусцепы к другому передавались через пачку хлыстов, а усилия, стремящиеся сдвинуть коники полусцепов, фиксировались соответствующими упорами.

Усилие, приходящееся на тензоупор, аналитически можно выразить так:

$$F_y = F_n - F'_{\text{тр}} - F_p, \quad (4)$$

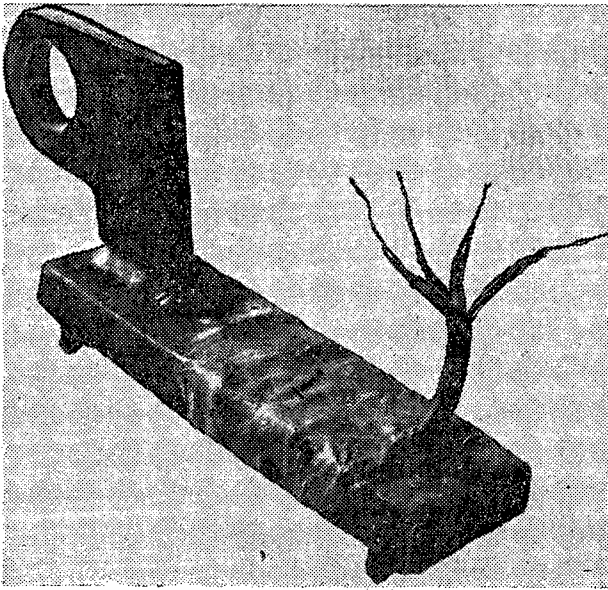


Рис. 3. Общий вид тензометрического упора.

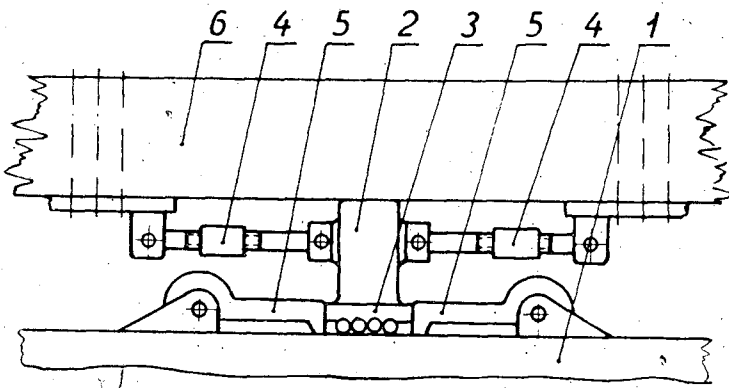


Рис. 4. Схема коника полусцепа с установкой тензоупоров и тензотяг.

1 — хребтовая балка полусцепа; 2 — коник на опорной плите;
3 — опорная плита; 4 — тензометрические тяги;
5 — тензометрические упоры; 6 — нижний ряд хлыстов.

где $F_{и}$ — продольная сила инерции, действующая на один полусцеп;
 $F_{тр}$ — суммарная сила трения при перемещении опорной плиты 3 (рис. 4) коника по хребтовой балке полусцепа;
 F_p — силы, затрачиваемые на деформацию пачки хлыстов; при жестком соединении хлыстов между собой F_p может быть принята равной нулю.

Для измерения продольных сил, превышающих суммарные силы сцепления пачки хлыстов с коником полусцепа, применяли тензометрические тяги 4 (рис. 4) с наклеенными на них проволочными датчиками, включенными в схему моста, приведенную на рис. 2. Тяги крепили одним концом к конику полусцепа 2 (рис. 4), а другим — к нижнему ряду пачки хлыстов 6, жестко соединенных между собой. Предварительное

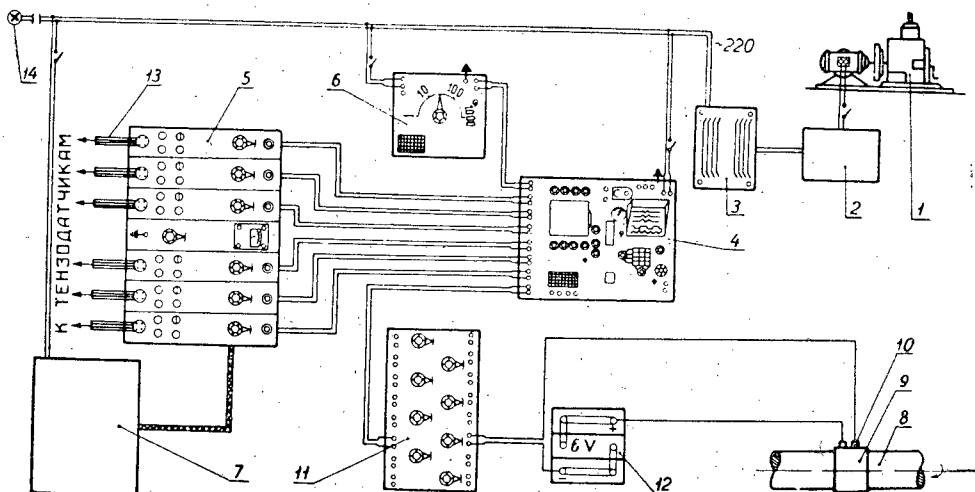


Рис. 5. Принципиальная схема экспериментальной установки.

1 — электростанция КЭС-5; 2 — повышающий трансформатор 127/220 в; 3 — стабилизатор напряжения; 4 — осциллограф МПО-2; 5 — шестиканальный электронный усилитель; 6 — отметчик времени, П-10; 7 — электронный выпрямитель; 8 — вагонная ось; 9 — барабан-коллектор отметчика оборотов; 10 — медные щетки отметчика оборотов; 11 — магазин шунтов и добавочных сопротивлений Р-1; 12 — источник питания (аккумулятор) отметчика оборотов; 13 — кабель из экранированного одножильного провода; 14 — сигнальная лампочка.

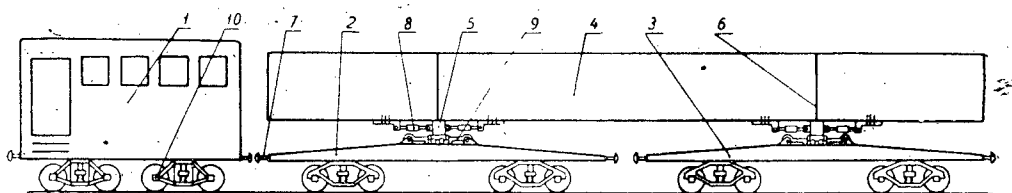


Рис. 6. Схема оборудования опытного сцепа ЦНИИМЭ-АВЗ приборами с датчиками.

1 — вагон-лаборатория; 2 — передний полусцеп; 3 — задний полусцеп; 4 — пачка хлыстов; 5 — коник переднего полусцепа; 6 — коник заднего полусцепа; 7 — динамометрический ударно-сцепной прибор; 8 — тензометрические тяги; 9 — тензометрические упоры; 10 — вагонная ось с отметчиком оборотов колеса.

натяжение тензотяг осуществлялось при помощи винтов с гайками. На одном сцепе было установлено по четыре тяги (рис. 6).

Усилие, действующее на тензотягу, выражается уравнением

$$F_T = F_H - F_{TP}'' - F_P, \quad (5)$$

где F_{TP}'' — суммарная величина сил сцепления пачки хлыстов с коником полусцепа 2 (рис. 4).

Учитывая то, что хлысты в пачке соединены жестко, в уравнениях (3) и (4) можно принять

$$F_P = 0.$$

Проволочные датчики приклеивали при помощи клея марки БФ-2 с последующей полимеризацией (сушкой) при температуре 140°C в течение 30—40 мин.

Защиту датчиков от влаги осуществляли путем промазки их мастикой состава: воска — 8%, парафина — 32%, технического вазелина —

15%, канифоли — 35%, машинного масла — 10% (по весу). Эту смесь прогревали до 150°С в течение 20 мин и после остывания до 60—70°С нанесли слоем толщиной от 5 до 20 мм на всю поверхность, занятую датчиками. Защитой датчиков от механических повреждений служил слой резины, а в некоторых случаях листовое железо.

При выборе типа и способа размещения аппаратуры принимали во внимание следующие соображения: 1) частоту колебаний исследуемого процесса и способность измерительной аппаратуры воспроизводить изучаемый процесс без искажений; 2) обеспечение наилучшей защиты всего комплекса измерительной аппаратуры от вибраций, толчков, влаги, пыли; 3) наличие надежного источника питания; 4) удобство прокладки проводов от регистрирующей аппаратуры к датчикам; 5) удобство работы во время эксплуатации.

На рис. 5 и 6 представлены развернутая принципиальная схема экспериментальной установки и схема оснастки опытного сцепа приборами с датчиками, отвечающими изложенным требованиям, принятым при изучении продольной динамики лесовозных вагонов-сцепов ЦНИИМЭ-АВЗ. В качестве регистрирующего прибора использовали восьмишейфный осциллограф 4 МПО-2 (рис. 5). Электросигналы измерительных приборов с датчиками усиливались шестиканальным электронным усилителем 5 переменного тока с несущей частотой порядка 8000 пер/сек. Для записи отметок времени вместо высокочастотного стандартного вибратора-отметчика осциллографа МПО-2 был применен специальный отметчик времени 6 типа П-104, что позволило не занимать один из каналов усилителя и в то же время получать на осциллограммах синусоидальные кривые частотой 1; 10; 100; 1000 пер./сек.

В тех случаях, когда величина тока измерительного моста датчиков превышала установленную для принятого вибратора величину тока, использовали магазин шунтов и добавочных сопротивлений 11 типа Р-1.

Всю аппаратуру размещали в специальном пугевом вагоне-лаборатории 1 (рис. 6). Эластичная подвеска всего комплекса измерительных приборов позволила значительно смягчить или даже исключить воздействие всяческих толчков на процесс регистрации измеряемых величин.

Для соединения датчиков приспособлений (электродинамометра, тензоупоров, тензотяг), установленных на опытном сцепе (рис. 6) с измерительной аппаратурой, размещенной в вагоне-лаборатории 1, применяли специальный кабель из одножильного экранированного провода, защищенный от влаги, неравномерного нагревания и механических повреждений. Все датчики с трехжильным кабелем соединяли пайкой, а кабель 13 (рис. 5) с усилителем 5 — специальными фишками.

Питание тензометрической аппаратуры в производственных условиях эксперимента осуществлялось от передвижной электростанции переменного тока 1 (рис. 5) марки КЭС-5 с генератором мощностью 750 *вт*. Ток напряжением 127 *в* через повышающий трансформатор 2 и стабилизатор 3 подавали на главный распределительный щит, а от него через индивидуальные выключатели к каждому прибору.

Для получения данных о скорости движения опытного сцепа, было применено устройство, состоящее из отметчика оборотов колеса и отметчика времени 6. Отметчик оборотов устроен следующим образом. На ось тележки вагона-лаборатории 8 (рис. 5) надевали барабан-коллектор 9, поверхность которого разделена на четыре равные части, из которых две противоположные были покрыты латунью, а две другие — изоляционным материалом. Барабан-коллектор вращался вместе с вагонной осью, по поверхности которого скользили две медные щетки 10, прижимаемые пружинами. Щетки 10 были включены в электрическую

цепь, составленную из аккумулятора 12 напряжением 6в, вибратора осциллографа 4, магазина шунтов и добавочных сопротивлений 11 типа Р-1. При таком устройстве и включении отметчика за один оборот колеса вагона на осциллограмме записывались четыре прерывистые линии. На основании отметок и оборотов колеса можно определить среднюю скорость движения в любой момент времени по формуле

$$v_{\text{ср}} = \frac{m_1 n_1}{m_2 n_2}, \quad (6)$$

где n_1 — число отметок оборотов колеса на некотором участке осциллограммы;

n_2 — число отметок времени на этом же участке;

m_1 — масштаб отметок оборота колеса, м;

m_2 — масштаб отметок времени, сек.

Для установления распределения веса по осям опытного сцепа производили поколесное взвешивание его. Для этого использовали динамометр сжатия ДС-5 и гидравлический домкрат.

Перед испытаниями все приборы с проволочными датчиками тарируют. По результатам тарировки на весь период каждого испытания закрепляли тип и номер вибратора, канал усилителя и степень усиления, шлейф осциллографа и рабочий кабель, так как смена кабеля существенно влияет на результаты измерений. Использовали вибраторы с частотой собственных колебаний, в 10 и более раз превышающей частоту механических колебаний исследуемого процесса, что обеспечивало запись колебаний без искажений.

Вагон-лабораторию и опытный сцеп (рис. 6) ставили в голову поезда. Регистрирующую аппаратуру включали за несколько секунд до начала появления продольной силовой волны в рассматриваемом сечении поезда. Для этого была установлена связь с машинистом локомотива. Перед каждым опытом из вагона-лаборатории электролампочкой подавали сигнал и после ответного сигнала включали регистрирующую аппаратуру.

В процессе экспериментов вели также журнал, в который заносили дату проведения опытов, номера киноплёнки и записи, схему расстановки кривых, режим движения и визуальные изменения, происходящие в поезде.

Экспериментальные исследования продольной динамики лесовозных вагонов-сцепов ЦНИИМЭ-АВЗ авторы проводили в августе—сентябре 1962 г. в Козиковском леспромхозе комбината «Марилес».

Осциллограммы, полученные в результате исследований, дали возможность установить зависимость между режимом движения, положением вагона в поезде и продольными динамическими усилиями, возникающими в элементах вагона-сцепы.

Выводы

1. Электротензометрический метод вполне обеспечивает возможность исследований лесовозных вагонов-сцепов в производственных условиях.

2. Описанная схема опытной установки, ее основные приборы и приспособления позволяют получать надежную и бесперебойную регистрацию необходимых величин во всех режимах движения поезда.

3. Индивидуальный источник питания при вагоне-лаборатории вполне оправдывает себя и дает возможность проводить экспериментальные исследования на любом участке лесовозной дороги.

4. Электротензометрический метод, при внимательном отношении к аппаратуре и соблюдении всех предосторожностей по ее сохранности, обеспечивает вполне достаточную точность регистрации изучаемых величин и с успехом может быть применен для изучения динамики самых различных лесотранспортных средств.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Г. Гастев, Н. А. Гайдар. К вопросу о влиянии внутренних сил трения системы на продольную динамику лесовозных вагонов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1962. [2]. Б. Г. Гастев, Н. А. Гайдар. Экспериментальные исследования величины ударных нагрузок при соударениях лесовозных вагонов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1963. [3]. Л. С. Матвеевко. Усилия в ударно-тяговых приборах при трогании с места поездов лесовозных узкоколейных железных дорог. Труды ЦНИИМЭ, 10, 1959. [4]. Л. С. Матвеевко. К вопросу об усилиях в ударно-упряжных приборах при трогании с места поездов лесовозных узкоколейных дорог. Труды ЦНИИМЭ, 14, 1960. [5]. К. К. Перри, Г. Р. Лисснер. Основы тензометрирования. Изд-во иностранной литературы 1957. [6]. Н. П. Раевский. Методы экспериментального исследования механических параметров машин. АН СССР, 1952. [7]. А. М. Туричин, П. В. Новицкий. Проволочные преобразователи и их техническое применение. Госэнергоиздат, 1957.

Поступила в редакцию
11 сентября 1963 г.

О ПРИМЕНЕНИИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОДВИЖЕНИЯ ПУЧКОВ ПО РЕЙДОВЫМ АКВАТОРИЯМ

В. П. КОРПАЧЕВ

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

На лесосплавных рейдах, где частично или полностью отсутствует течение, все большее применение находят гидравлические ускорители. Основное назначение их — образование искусственного потока жидкости, обеспечивающего его продвижение лесоматериалов (главным образом молевой древесины) с заданной скоростью.

В статье рассматриваются вопросы, связанные с применением гидравлических ускорителей для продвижения пучков по акваториям рейдов, где ускорители еще не получили должного распространения.

Принцип работы гидравлического ускорителя, как известно, основан на том, что вода, засосанная через водозаборные решетки, с повышенной скоростью выбрасывается в окружающую водную массу. Выходящая из насадки ускорителя напорная гидравлическая струя вызывает поступательное движение частиц окружающей жидкости с общим направлением скорости в сторону действия струи. Струя, вышедшая из насадки, имеет явно выраженный турбулентный характер. Вследствие этого она частично смешивается с окружающей покоящейся жидкостью и увлекает ее, поэтому поперечное сечение струи увеличивается по мере удаления от насадки. Следовательно, струя расширяется от кромок насадки и, как показывают многочисленные наблюдения, поток, возбужденный гидравлической струей, имеет форму конуса, расширяющегося до определенных пределов.

Граничные линии, отделяющие основную массу струи от возбужденного потока, в плоском рассмотрении задачи, могут быть определены по линейному уравнению И. М. Коновалова [3]

$$S = m(d - d_0), \quad (1)$$

где S — расстояние до сечения, в котором рассматривается отклонение граничной линии, м;

d_0 — диаметр выходного отверстия насадки м;

m — опытный коэффициент; по данным опытов И. М. Коновалова, равен 2,9.

Принимая $m = 2,9$ и $d = 2y$, где y — отклонение граничной линии от оси возбужденного потока (рис. 1), получим

$$y = 0,173S + 0,5d_0. \quad (2)$$

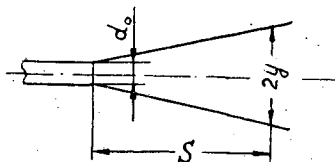


Рис. 1.

Из уравнения следует, что граничная линия, отделяющая возбужденный поток от окружающей жидкости, непрерывно меняется по длине потока. Уравнение справедливо только для расширяющейся части возбужденного потока. Пределы же расширения определяются тем запасом количества движения, который имеет гидравлическая струя при выходе из насадки.

На лесосплавных рейдах поток, образованный гидравлическим ускорителем, обычно ограничен направляющими стенками — бонами. При этом длина его увеличивается.

При проведении рейдовых работ, связанных с эксплуатацией гидроускорителей, необходимо знать закон изменения скоростей по длине потока. В случае симметрично осевого растекания струи в безграничной среде той же жидкости осевые скорости по длине потока могут быть определены по теоретическим зависимостям, разработанным А. Я. Миловичем [3], И. М. Коноваловым [2] и Г. Н. Абрамовичем [1]. Распространяя эти зависимости на поток, возбужденный гидроускорителем, можно было бы определить осевые скорости потока и по ним. Однако проведенные расчеты для одного и того же типа ускорителя дали расхождения вычисленных скоростей до 200% (рис. 2). Поэтому для выявления закона изменения осевых скоростей потока, образованного гидроускорителем, были проведены натурные исследования.

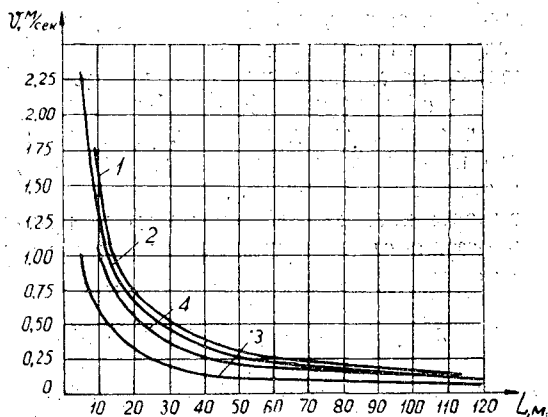


Рис. 2. Изменение скоростей по оси потока для гидроускорителя ГУК-10.

1 — по формуле Г. Н. Абрамовича; 2 — по формуле А. Я. Миловича; 3 — по формуле И. М. Коновалова; 4 — по опытным данным.

Натурные исследования скоростного поля, образованного гидроускорителем, дали результаты, более близкие к формуле А. Я. Миловича. Поэтому изменение скоростей по оси потока не только в случае растекания струи в безграничную водную среду, но и при ограничении

потока двумя параллельными направляющими стенками, можно определить в первом приближении по зависимостям А. Я. Миловича

$$v = \varphi \frac{v_0 d_0}{S}, \quad (3)$$

где v — осевая скорость в сечении, отстоящем от начального сечения на расстоянии S , м;

v_0 — скорость в выходном сечении струеобразующей насадки, м/сек;

φ — опытная постоянная величина.

При использовании потока, образованного гидравлическим ускорителем, необходимо знать не только закон изменения осевых скоростей потока, но и пределы эффективного воздействия этого потока на пучок.

Исходя из условия обеспечения оптимальной пропускной способности створа главного коридора сортировочно-формировочного устройства и учитывая воздействие ветра на скоростной режим потока, обычно считают эффективной длиной потока ту ее часть, в пределах которой обеспечиваются скорости течения не менее 0,2 м/сек. Как указано в технической литературе [4], [5] и технических паспортах для гидроускорителя ГУК-10 эффективная длина возбужденного потока может достигать 100 м и более.

Натурные исследования ускорителей этого же типа показали, что скорость по оси потока, равная 0,2 м/сек, устанавливается на расстоянии 50—60 м, то есть действительная эффективная длина возбужденного потока на 17—40% меньше теоретической и в 1,5—2,0 раза меньше данных, приведенных в технической литературе. Поэтому прежде всего необходимо выявить возможность применения этих гидроускорителей.

С этой целью в навигацию 1962 г. были проведены опыты на Иньвенском и Городищенском рейдах.

Исследовали поток, образованный гидроускорителем ГУК-10. Насадку гидроускорителя заглубляли до уровня воды на 1,0 d_0 . Опыты проводили в коридорах, образованных шестибревенными двухрядными бонами. Длина коридора составляла 100 и 110 м; ширина соответственно — 28,0 и 8,0 м; глубина потока в месте проведения опытов 4,0—4,5 м.

Скорости замеряли по длине и ширине возбужденного потока при помощи гидрометрической вертушки ЖС-3. Затем в поток помещали пучок и определяли скорость его движения. Пучки имели объемы 20, 25, 35, 40 м³. Опыты проводили при расположении продольной оси пучка нормально и параллельно оси потока.

Вследствие непрерывного воздействия потока пучок на расстоянии S приобретает скорость поступательного движения от $v = 0$ до некоторой скорости v_1 , с направлением в сторону действия возбужденного потока.

Скорость движения пучка так же, как и путь перемещения его вдоль оси потока, для одного и того же типа ускорителя зависят от объема пучка и способа установки его в начальный момент воздействия струй. Опыты показали, что эта связь незначительна (рис. 3). Необходимо отметить, что положение пучка не всегда определено, но при проведении опытов его строго фиксировали с помощью специальных растяжек. Применение растяжек практически не влияло на скорость движения пучка. Таким образом, исследования показали, что энергии возбужденного потока достаточно для продвижения пучков, то есть для этой цели можно и нужно применять гидроускорители.

Для выявления эффективности работы гидроускорителей необходимо знать рабочую длину потока L — путь перемещения пучка со скоро-

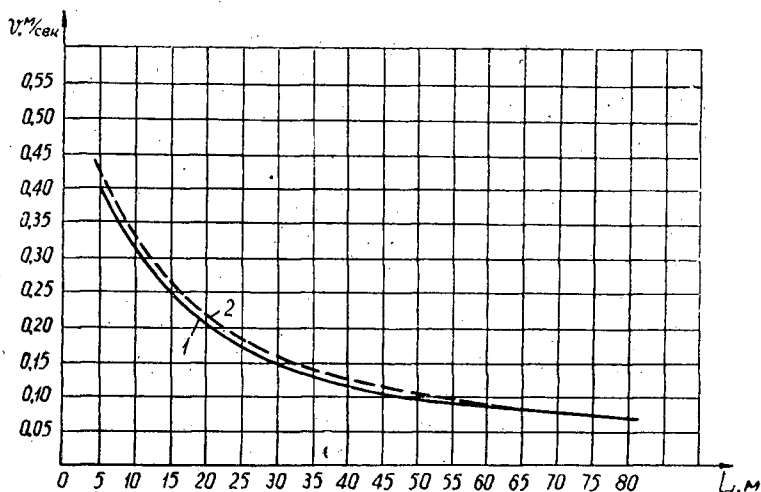


Рис. 3.

1 — пучок расположен нормально оси потока;
2 — параллельно оси потока. Объем пучка — 35 м³.

стью, не менее заданной. Знание этой величины необходимо, например, при расчете необходимого количества гидроускорителей для подачи пучка от сплоточных машин до ворот формировочного устройства, для продвижения пучков по главному коридору формировочного устройства, при подборе типа ускорителя для данных условий работы и т. д.

Однако расчетных зависимостей для определения рабочей длины потока так же, как и скорости движения в рассматриваемом сечении, в настоящее время нет. Это приводит к тому, что установленные по рабочим местам гидроускорители не всегда обеспечивают продвижение пучков на заданное расстояние с расчетной скоростью движения.

Скорость движения пучка в рассматриваемом сечении является функцией скорости струи на выходе из насадки, диаметра выходного отверстия насадки и опытного коэффициента, характеризующего условия распространения и взаимодействия возбужденного гидравлическим ускорителем потока с пучком, помещенным в него.

В результате исследований мы нашли приближенную формулу для определения скорости движения пучка в сечении, удаленном на расстояние L от насадки. Формула имеет вид

$$v_n = k \frac{2,83v_0d_0}{L + 23,5d_0}, \quad (4)$$

где v_n — скорость движения пучка в рассматриваемом сечении, м/сек;

v_0 — скорость струи на выходе из насадки, м/сек;

d_0 — диаметр выходного отверстия насадки, м;

L — расстояние от выходного отверстия насадки до рассматриваемого сечения, м;

k° — опытный коэффициент, зависящий от объема пучка и способа установки его относительно оси потока; определяется по графику (рис. 4).

Величина пути продвижения пучка с расчетной скоростью может быть определена по приближенной эмпирической зависимости вида

$$L = 2,83d_0 \left(\frac{v_0}{v_n} - 8,3 \right) k, \quad (5)$$

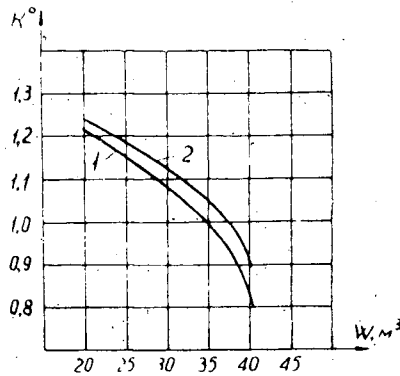


Рис. 4. Зависимость опытного коэффициента k^0 от объема пучка W .

1 — пучок расположен нормально оси потока; 2 — параллельно оси потока.

где L , v_0 , v_n , d_0 имеют те же значения, что и в предыдущей формуле;

k — опытный коэффициент, зависящий от объема пучка W , способа установки его относительно оси потока и скорости движения пучка; определяется по табличным данным (табл. 1).

Таблица 1

v_n , м/сек	Значения k при W (m^3)				
	20	25	30	35	40
0,10	$\frac{1,30}{1,30}$	$\frac{1,20}{1,20}$	$\frac{1,11}{1,10}$	$\frac{1,03}{1,00}$	$\frac{0,785}{0,705}$
0,15	$\frac{1,33}{1,30}$	$\frac{1,23}{1,20}$	$\frac{1,15}{1,10}$	$\frac{1,06}{1,00}$	$\frac{0,800}{0,735}$
0,20	$\frac{1,36}{1,30}$	$\frac{1,24}{1,20}$	$\frac{1,16}{1,10}$	$\frac{1,07}{1,00}$	$\frac{0,810}{0,740}$
0,30	$\frac{1,45}{1,370}$	$\frac{1,30}{1,23}$	$\frac{1,20}{1,11}$	$\frac{1,09}{1,00}$	$\frac{0,820}{0,755}$
0,40	$\frac{1,73}{1,54}$	$\frac{1,45}{1,37}$	$\frac{1,28}{1,19}$	$\frac{1,10}{1,00}$	—

Примечание. Данные в числителе относятся к случаю движения пучка продольной осью параллельно оси потока, в знаменателе — нормально оси потока.

С увеличением объема пучка, при одной и той же скорости движения, коэффициент k уменьшается, независимо от способа установки пучка. Это значит, что с увеличением объема пучка уменьшается расстояние его продвижения с данной расчетной скоростью.

Рабочая длина потока может быть определена по формуле (5) как частный случай.

При $v_n = 0,2$ м/сек $L = 14,15d_0 (v_0 - 1,66)k$; (6)

$$v_n = 0,15 \text{ м/сек } L = 18,8 d_0 (v_0 - 1,25) k; \quad (7)$$

$$v_n = 0,10 \text{ м/сек } L = 28,3 d_0 (v_0 - 0,835) k. \quad (8)$$

В табл. 3 приведены определенные по предложенным расчетным зависимостям величины пути продвижения пучка с заданной скоростью движения в зависимости от объема, способа установки пучка и мощности гидроускорителя. Исходные данные даны в табл. 2.

Таблица 2

Тип гидроускорителя	Мощность двигателя, квт	Диаметр выходного отверстия насадки, м	Скорость струи на выходе из насадки, м/сек
ГУК-4,5	4,5	0,288	5
ГУК-10	10,0	0,426	5
ПЦ-1-14Э	14,0	0,615	5
ГУК-20	20,0	0,652	5
ГУК-28	28,0	0,734	5

В производственных условиях нет необходимости точной установки пучка относительно оси потока; для технологических расчетов можно принимать движение пучка с меньшими скоростями, то есть нормально оси потока.

Таблица 3

W, м ³	v _п , м/сек	Путь продвижения пучка (м/сек) при мощности гидроускорителя (квт)				
		4,5	10	14	20	28
20	0,10	44,2	65,5	94,0	101,0	111,5
		44,2	65,5	94,0	101,0	111,5
	0,15	27,3	40,0	58,0	61,0	68,7
		26,6	39,2	56,5	59,7	67,0
	0,20	18,5	27,4	39,5	42,0	47,0
		17,7	26,2	37,7	40,0	45,0
30	0,10	37,8	55,7	80,5	86,6	95,5
		37,4	55,0	79,5	86,0	94,5
	0,15	23,6	34,8	50,0	53,0	59,5
		22,5	33,2	48,0	50,5	57,0
	0,20	15,8	23,3	33,7	36,0	40,2
		15,0	22,1	31,9	34,0	38,0
40	0,10	26,7	39,4	57,0	61,3	67,5
		24,0	35,4	51,0	55,0	60,5
	0,15	16,4	24,2	34,7	36,8	41,3
		15,1	22,2	32,0	33,7	38,0
	0,20	11,0	16,3	23,5	25,0	28,0
		10,0	14,9	21,5	22,8	25,6

Исследования и расчеты (табл. 3) показывают, что рабочая длина потока, образованного гидравлическим ускорителем, меняется с изменением мощности ускорителя и объема продвигаемого пучка. Расчеты (табл. 3) показывают, что при увеличении мощности гидро-

ускорителя в 2,2 раза рабочая длина увеличивается на 150%; в 3,1 раза — на 213%; в 4,45 раза — на 225%; в 6,2 раза — только на 255%.

Это, естественно, приводит к вопросу, рационально ли повышать мощность гидроускорителей, чтобы получить увеличение рабочей длины потока? Исследования показывают, что такой надобности нет. Суммарная рабочая длина потока нескольких ускорителей малой мощности оказывается значительно больше рабочей длины потока, образованного одним гидроускорителем эквивалентной мощности.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие основные выводы.

1) Гидравлические ускорители целесообразно использовать не только для продвижения молевой древесины по водным акваториям, где нет течения, но и для продвижения пучков.

2) Пользуясь рекомендованными расчетными зависимостями, можно определить для данного типа ускорителя: а) скорость движения пучка в любом сечении возбужденного потока; б) рабочую длину потока, в пределах которой пучок движется со скоростью 0,20; 0,15 и 0,10 м/сек.

Знание этих величин необходимо при проведении всех рейдовых работ, связанных с применением гидроускорителей для продвижения леса в пучках.

3) Возможность применения гидравлических ускорителей для продвижения пучков не означает, что они могут быть приемлемы во всех технологических схемах формирования плотов. В настоящее время широко распространены и тросовые ускорители. Возможны варианты комбинированного использования этих видов ускорителей.

При выборе способа продвижения пучков и типа ускорителя необходимо учитывать производственные условия, обеспечение максимальной производительности формируемых работ и экономическую эффективность. Это является предметом наших дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. Н. Абрамович. Теория турбулентных струй. Государственное изд-во физико-математической литературы, 1960. [2]. В. М. Маккавеев, И. М. Коновалов. Гидравлика. Речиздат, 1940. [3]. А. Я. Милович. Гидродинамические основы газовой борьбы. 1918. [4]. Научно-техническая информация. Целлюлозно-бумажная, гидролизная и лесохимическая промышленность. Сб. 10, М., 1961. [5]. А. Н. Пименов, Г. А. Манухин. Механизация лесосплавных работ и флот. Гослесбумиздат, 1959.

Поступила в редакцию
26 сентября 1963 г.

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТОРМОЗНОГО ПУТИ АВТОПОЕЗДА

Б. А. ПРАСОЛОВ

Старший научный сотрудник

(Центральный НИИ механизации и энергетики лесной промышленности)

Точный расчет тормозного пути необходим для решения ряда эксплуатационных задач, а также при проектировании подвижного состава и автомобильных дорог.

В расчете пути за период подготовки действия тормозов достигнуто единство мнений, установлены формулы, которые дают величины, совпадающие с фактическими. Результаты расчета тормозного пути за период действительного торможения, найденные по известным формулам, существенно отличаются от фактических данных. Большинство этих формул получено из условия полного использования сцепления тормозящих колес с дорогой, что возможно при определенных условиях. Поэтому результаты расчета не зависят от веса автопоезда и состояния тормозной системы, что расходится с многочисленными экспериментами ряда авторов.

В. М. Геслер [2] предложил формулу, учитывающую вес и состояние тормозной системы автомобиля

$$S_a = \frac{v_a}{3,6} t_0 + \frac{G_a v_a^2}{254 \left[\frac{M_T}{r_k} \lambda + G_a \varphi (1 + \lambda) \right]}$$

где v_a — начальная скорость, км/час;

t_0 — время подготовки действия тормозов, сек;

G_a — вес автомобиля, кг;

M_T — суммарный тормозной момент, кгм;

r_k — радиус колеса, м;

λ — отношение окружной скорости колес к скорости поступательного движения автомобиля.

Недостатком ее является наличие коэффициента λ , значения которого надо выбирать в зависимости от отношения суммарной тормозной силы к весу, тогда как он служит для корректировки этой же силы.

Процесс торможения [1] может быть охарактеризован диаграммой (рис. 1), на которой замедление (или тормозная сила) нарастает по линейной зависимости до установившейся величины j_y и остается постоянной до конца торможения. Тогда задача сводится к расчету установившегося замедления j_y и продолжительности его нарастания t_2 .

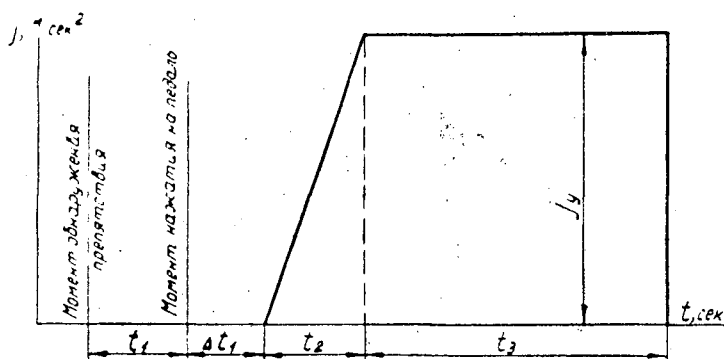


Рис. 1. Упрощенная тормозная диаграмма:

t_1 — время реакции водителя; Δt_1 — время запаздывания срабатывания привода; t_2 — продолжительность нарастания замедления; t_3 — продолжительность торможения с полной интенсивностью.

Нарастание тормозной силы на колесе определяется действием тормозного привода, не зависит от дорожных условий и происходит по уравнению

$$P_{\tau} = \frac{M_{\tau}}{r_k t_2} \cdot t, \quad (1)$$

где M_{τ} — тормозной момент;

r_k — радиус колеса;

t_2 — продолжительность срабатывания привода;

t — текущее время.

При ограничении тормозной силы по тормозному моменту она имеет наибольшую величину, равную $P_{\tau M} = \frac{M_{\tau}}{r_k}$, а продолжительность нарастания равна t_2 . При ограничении по сцеплению она меньше и равна

$$P_{\tau_{\text{сц}}} = z\varphi, \quad (2)$$

где z — нормальная реакция дороги;

φ — коэффициент сцепления.

Приравняв уравнения (1) и (2), получим

$$t'_2 = \frac{P_{\tau_{\text{сц}}}}{P_{\tau M}} t_2 = \frac{z\varphi}{P_{\tau M}} t_2, \quad (3)$$

где t'_2 — продолжительность нарастания тормозной силы при ограничении ее по сцеплению.

Поскольку $P_{\tau_{\text{сц}}} \leq P_{\tau M}$, то $t'_2 \leq t_2$.

Следовательно, при ограничении тормозной силы по сцеплению продолжительность ее нарастания меньше или равна времени срабатывания привода и зависит от нагрузки на колесо и коэффициента сцепления. Чем меньше тормозная сила по сцеплению, тем меньше продолжительность ее нарастания.

Для различных колес тормозные моменты, нагрузки и коэффициенты сцепления могут быть различны, а нарастание тормозных сил, кроме того, может быть смещено по времени. В большей степени это относится к колесам различных осей автопоезда. Для колес одной оси современный привод обеспечивает одновременность действия. Поэтому уравнения (1) и (3) могут быть применены к целой оси.

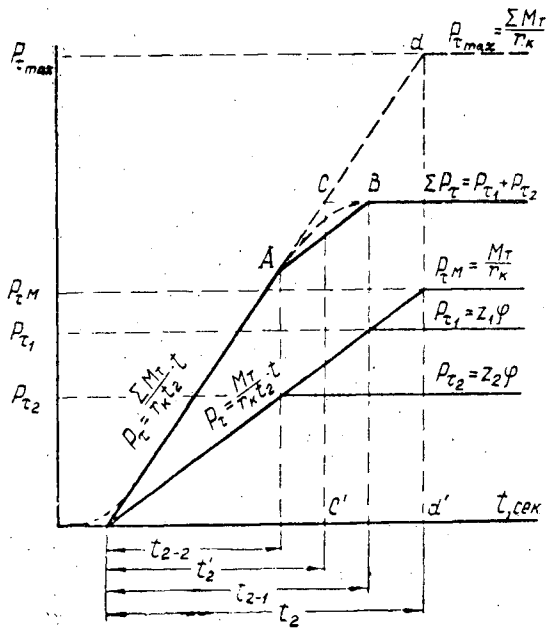


Рис. 2. Сложение тормозных сил двухосного автомобиля.

Рассмотрим сложение тормозных сил, действующих на осях, на примере двухосного автомобиля (рис. 2), предположив, что тормоза развивают одинаковые моменты и действуют одновременно. Тогда тормозные силы на осях нарастают по зависимости $P_{\tau} = \frac{M_{\tau}}{r_k t_2} \cdot t$, а суммарная —

$$P_{\tau} = \frac{\Sigma M_{\tau}}{r_k t_2} \cdot t.$$

Если первые ограничиваются тормозными моментами, то суммарная нарастает по указанной зависимости до максимальной величины $P_{\tau_{max}} = \frac{\Sigma M_{\tau}}{r_k}$ за период t_2 срабатывания привода.

Если же происходит ограничение по сцеплению, то до начала ограничения на одной из осей (до точки А) суммарная тормозная сила нарастает согласно той же зависимости, а затем менее интенсивно до величины

$$\Sigma P_{\tau} = P_{\tau_1} + P_{\tau_2} = (z_1 + z_2) \varphi.$$

Практически, ввиду малости $\Delta t = t_{2-1} - t_{2-2}$ нарастание происходит по кривой АВ.

Пренебрегая изменением интенсивности нарастания суммарной тормозной силы, его можно вычислять по уравнению $P_{\tau} = \frac{\Sigma M_{\tau}}{r_k t_2} \cdot t$, не зависящему от дорожных условий, до установившейся величины (точка С) $\Sigma P_{\tau} = P_{\tau_1} + P_{\tau_2}$. Тогда среднюю продолжительность нарастания суммарной тормозной силы определим по уравнению

$$t'_2 = \frac{\Sigma P_{\tau}}{P_{\tau_{max}}} t_2. \quad (4)$$

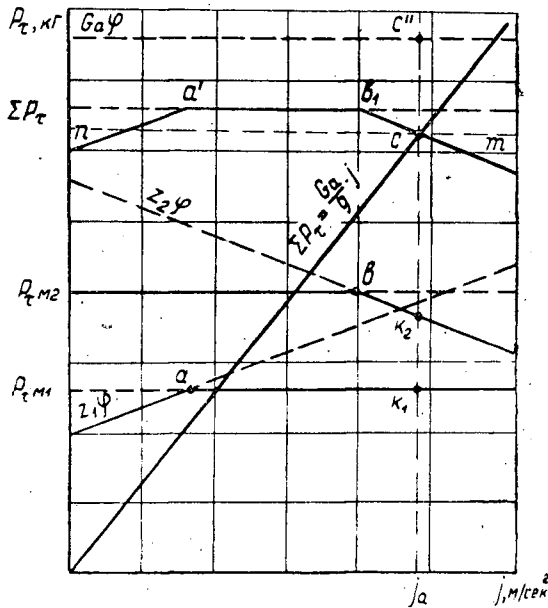


Рис. 3. Графический расчет суммарной тормозной силы и установившегося замедления двухосного автомобиля.

Для определения характера ограничения тормозных сил на осях и величины суммарной тормозной силы рассмотрим изменение их в зависимости от замедления на примере двухосного автомобиля (рис. 3).

Тормозные силы на осях (по сцеплению) в зависимости от замедления меняются по линейным уравнениям

$$P_{\tau_1} = z_1\varphi = \frac{G_a \cdot (B - a)}{B} \varphi + \frac{G_a h_g \varphi}{gB} j;$$

$$P_{\tau_2} = z_2\varphi = \frac{G_a \cdot a}{B} \varphi - \frac{G_a h_g \varphi}{gB} \cdot j,$$

где B — база;
 a — координата центра тяжести от передней оси;
 h_g — высота расположения центра тяжести;
 z_1 и z_2 — нормальные реакции дороги на осях.

Нанеся на график тормозные силы $P_{\tau_{M1}}$ и $P_{\tau_{M2}}$ по тормозному моменту, получим пределы их на осях (сплошные линии), а просуммировав их, — пределы суммарной тормозной силы.

Например, для передней оси, с увеличением замедления возможная тормозная сила растет (ограничение по сцеплению) до точки a и далее остается постоянной (ограничение по тормозному моменту).

Нарастание суммарной тормозной силы и замедление связаны уравнением $\Sigma P_{\tau} = \frac{G_a}{g} \cdot j$, а величина ее ограничивается линией $na' b'm$. Поэтому ордината точки c определяет действующую суммарную тормозную силу ΣP_{τ} , а абсцисса — установившееся замедление j_y . Ординаты точек K_1 и K_2 соответствуют тормозным силам на передней и задней осях.

Определив суммарную тормозную силу и установившееся замедление, по уравнению (4) найдем продолжительность ее нарастания. После этого, учитывая, что площадь диаграммы $\int j dt$ соответствует начальной скорости v_n торможения, можно рассчитать путь действительного торможения.

Полагая $\frac{dv}{dt} = -j = -\frac{j_y}{t_2} \cdot t$ и дважды интегрируя в пределах от 0 до t_2 , получим скорость в конце нарастания замедлений $v_2 = v_0 - \frac{j_y t_2^2}{2}$ и путь, проходимый за период нарастания,

$$S_{\tau_2} = v_n t_2 - \frac{1}{6} j_y t_2^3. \quad (5)$$

За время торможения с полной интенсивностью t_3 скорость снижается до нуля, а путь равен

$$S_{\tau_3} = \frac{v_2^2}{2j_y}. \quad (6)$$

Сложив уравнения (5) и (6), а также заменив v_2 через v_n , получим путь (м) действительного торможения

$$S_{\tau} = \frac{v_n^2}{2bj_y} + \frac{v_n t_2^3}{7,2} - \frac{j_y t_2^3}{24}, \quad (7)$$

где t_2 — продолжительность нарастания замедлений с учетом возможного ограничения тормозных сил по сцеплению.

При максимально возможных замедлениях (7—8 м/сек) и продолжительности их нарастания, не превышающей 1,0 сек, последний член этого уравнения дает составляющую не более 0,25—0,30 м, поэтому им можно пренебречь.

Для расчета тормозного пути по предлагаемому методу необходимы следующие величины: продолжительность срабатывания тормозного привода t_2 ; начальная скорость торможения v_n ; тормозные моменты, развиваемые тормозами, M_T ; динамический радиус колеса r_k ; вес автопоезда и распределение его по осям; коэффициент сцепления φ .

Эти величины, кроме третьей, известны из характеристики автопоезда и по условиям торможения.

При правильной регулировке и исправном состоянии системы и тормозные моменты могут быть определены достаточно точно. Кроме того, они должны контролироваться при эксплуатации и поддерживаться в известных пределах [3].

Для лесовозного автопоезда, по результатам исследований ЦНИИМЭ, распределение веса по осям определяется следующими уравнениями:

$$z_1 = \frac{G_a C_a}{B} + \frac{G_{rp} (l_0 - C_{rp}) b}{l_0 B} + \left[\frac{G_{rp} h_{rp} b}{l_0} + G_a h_a + G_{rp} H + G_p h_p \right] \frac{j}{gB}; \quad (8)$$

$$z_2 = \frac{G_a (B - C_a)}{B} + \frac{G_{rp} (l_0 - C_{rp}) (B - b)}{l_0 B} - \left[G_a h_a + G_{rp} H + G_p h_p - \frac{G_{rp} h_{rp} b}{l_0} \right] \frac{j}{gB}; \quad (9)$$

$$z_3 = G_p + \frac{G_{rp} C_{rp}}{l_0} - \frac{G_{rp} h_{rp}}{g l_0} j, \quad (10)$$

где G_a , G_{rp} , G_p — вес автомобиля, груза и ропуска, кг;

C_a — расстояние от задней оси до центра тяжести автомобиля, м;

- $C_{гo}$ — расстояние от коника автомобиля до центра тяжести груза, м;
- l_0 — расстояние между кониками, м;
- b — смещение коника автомобиля от оси задних колес, м;
- h_a, h_p — высоты расположения центра тяжести автомобиля и роспуска от дороги, м;
- H — высота коника от дороги, м;
- $h_{гp}$ — высота расположения центра тяжести груза от коника, м;
- B — база автомобиля, м;
- z_1, z_2, z_3 — нормальные реакции дороги (для трехосных автомобилей z_2 и двухосных роспусков z_3 — суммарные реакции на спаренных осях), кг.

Формула (7) получена с учетом кинематики торможения, поэтому она пригодна и для уклона. В этом случае суммарную тормозную силу в зависимости от замедления рассчитывают по уравнению

$$\Sigma P_{т} = \frac{G_a}{g} j + G_a \sin \alpha.$$

Если оси нетормозные, то учитывают сопротивление движению.

На рис. 4. приведен расчет суммарной тормозной силы и установившегося замедления автомобиля МАЗ-501 с роспуском 1-Р-8Т при

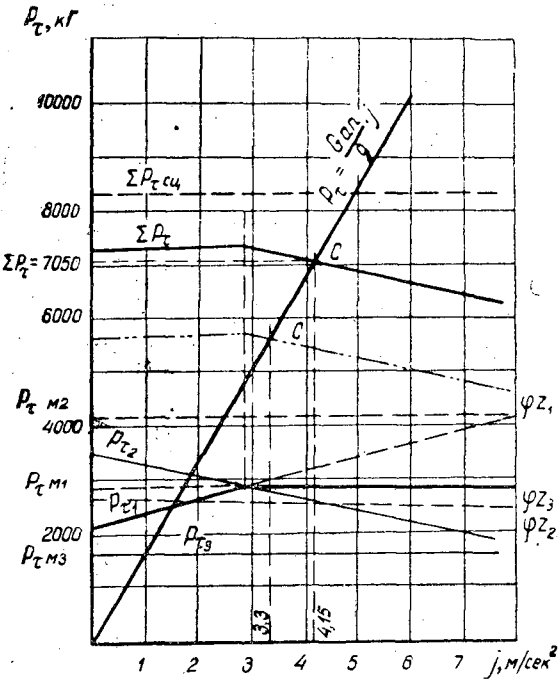


Рис. 4. Графический расчет суммарной тормозной силы и установившегося замедления автомобиля МАЗ-501 с роспуском 1-Р-8Т.

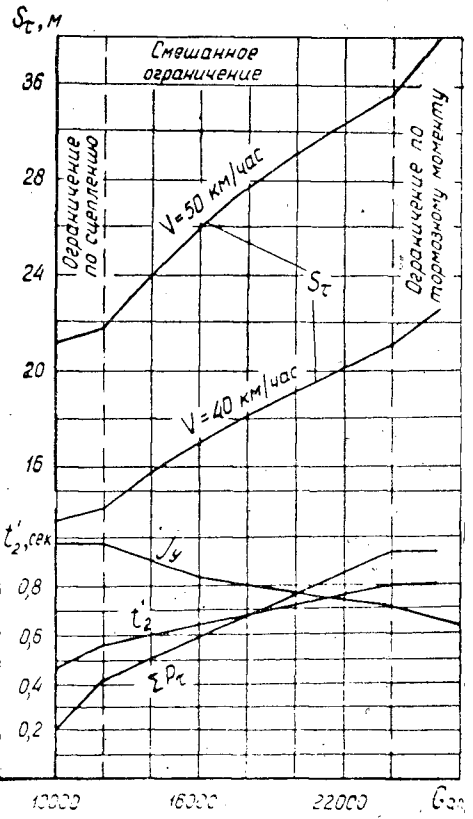


Рис. 5. Зависимости суммарной тормозной силы, замедления и тормозного пути от веса автомобиля МАЗ-501 с роспуском 1-Р-8Т.

нагрузке 560 кг по данным испытаний в Горяче-Ключевском ЛПХ на горизонтальном участке гравийной дороги, $\varphi = 0,5$.

В данных условиях на оси роспуска и передней оси автомобиля тормозные силы ограничены по тормозному моменту, на задней — по сцеплению (колеса этой оси заблокированы). Тормозная сила автопоезда по сцеплению используется неполностью. На этом же рисунке пунктиром показан расчет для автопоезда с нетормозным роспуском. В первом случае установившееся замедление равно 4,15, во втором — 3,3 m/sec^2 . Погрешность расчета равна соответственно 3,38 и 3,64%.

На рис. 5 приведены расчетные зависимости суммарной тормозной силы установившегося замедления, продолжительности нарастания замедления и тормозного пути от веса автопоезда в тех же условиях.

При ограничении тормозных сил смешанном и по сцеплению с увеличением веса автопоезда суммарная тормозная сила и продолжительность ее нарастания увеличиваются, а при ограничении тормозным моментом остаются постоянными.

При ограничении по сцеплению установившееся замедление постоянно, а затем уменьшается с увеличением веса.

Независимо от характера ограничения тормозных сил с возрастанием веса поезда увеличивается и тормозной путь, но наиболее интенсивно при ограничении по тормозному моменту.

Влияние веса на тормозной путь зависит от начальной скорости. Чем она выше, тем больше влияние веса на тормозной путь. Экспериментальная проверка графоаналитического метода (автомобиль МАЗ-501 с роспуском 1-Р-8Т) показала хорошую точность. Погрешность в расчете установившегося замедления находится в пределах 0,1—0,4 m/sec^2 или от 3 до 8,6%. Это дает погрешность в расчете тормозного пути от 0,1 до 1,4 м.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. А. Бухарин. Тормозные системы автомобилей. Машгиз, 1950.
- [2]. В. М. Геслер. Исследование процесса торможения автомобиля. Алма-Ата, 1958.
- [3]. Г. И. Клиновштейн. Исследование тормозных качеств автомобилей и методов их проверки в эксплуатации. ЦИНТИ, М., 1961.

Поступила в редакцию
13 апреля 1963 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСКРОЯ
КРИВЫХ БРУСЬЕВ НА ПИЛОМАТЕРИАЛЫ

В. Г. ТУРУШЕВ

Аспирант

(ЦНИИМОД)

Прямые брусья подаются в лесопильную раму симметрично оси постава; кривые — перед их распиловкой смещают в ту или иную сторону от оси постава с целью получения наибольшего объемного выхода пиломатериалов. Эта операция получила название «выноса кривого бруса», причем в одном случае выносят комлевой конец бруса, а в другом — вершинный.

Основной целью нашего исследования являлось определение величины и направления выноса кривых брусьев перед подачей их в лесопильную раму.

На рис. 1 приведены три основных варианта расположения кривых брусьев относительно постава при раскросе их на пиломатериалы.

1) Прямая CE , проходящая через точки пересечения выпуклого ребра кривого бруса с его торцовыми сечениями, параллельна оси постава (рис. 1, б).

2) Прямая MN , проходящая через центры торцов кривого бруса, параллельна оси постава (рис. 1, с).

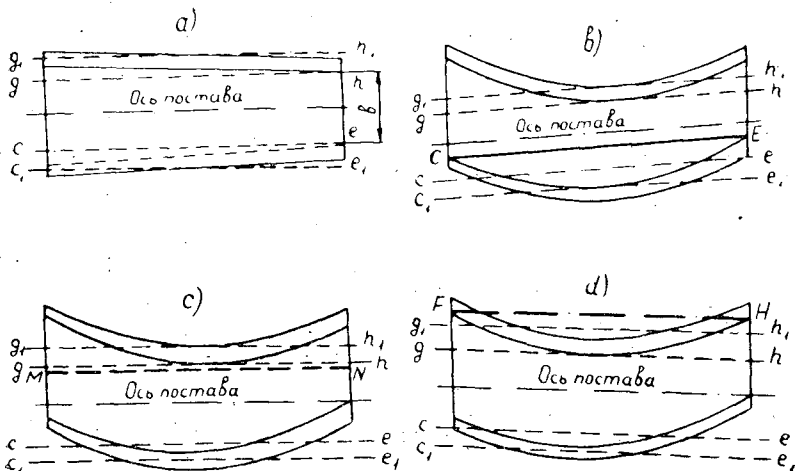


Рис. 1.

3) Прямая FH , проходящая через точки пересечения вогнутого ребра кривого бруса с его торцовыми сечениями, параллельна оси постава (рис. 1, d).

Прямая gh лежит на границе между брусовой и сбеговой зонами постава, причем ширина брусовой зоны принимается равной ширине постели бруса в вершинном торце. Следовательно, граничная прямая gh проходит параллельно оси постава на расстоянии, равном половине ширины постели бруса в вершинном торце. На рис. 1, a брусковая зона постава ограничена пунктирными прямыми gh и ce , проходящими через точки пересечения ребер прямого бруса с его вершинным сечением параллельно оси постава. При распиловке кривых брусьев по любому из приведенных вариантов раскроя граничная прямая gh должна проходить по касательной к вогнутому ребру кривого бруса. В этом случае потери объемного выхода пиломатериалов будут наименьшими.

При пересечении вогнутого ребра бруса с граничной прямой gh крайняя толстая доска брусковой зоны, расположенная со стороны вогнутого ребра, выпиливается с обзолом примерно на середине ее длины; последующее удаление обзола на торцовочных станках приводит к резкому снижению выхода пиломатериалов. Если граничная прямая gh проходит на некотором расстоянии от вогнутого ребра, не касаясь его, то уменьшается длина досок, расположенных со стороны выпуклого ребра, что также приводит к снижению объемного выхода.

Теоретические исследования были проведены графоаналитическим и аналитическим методами. Опишем результаты, полученные последним методом. Зависимость потерь выхода пиломатериалов P (из брусковой

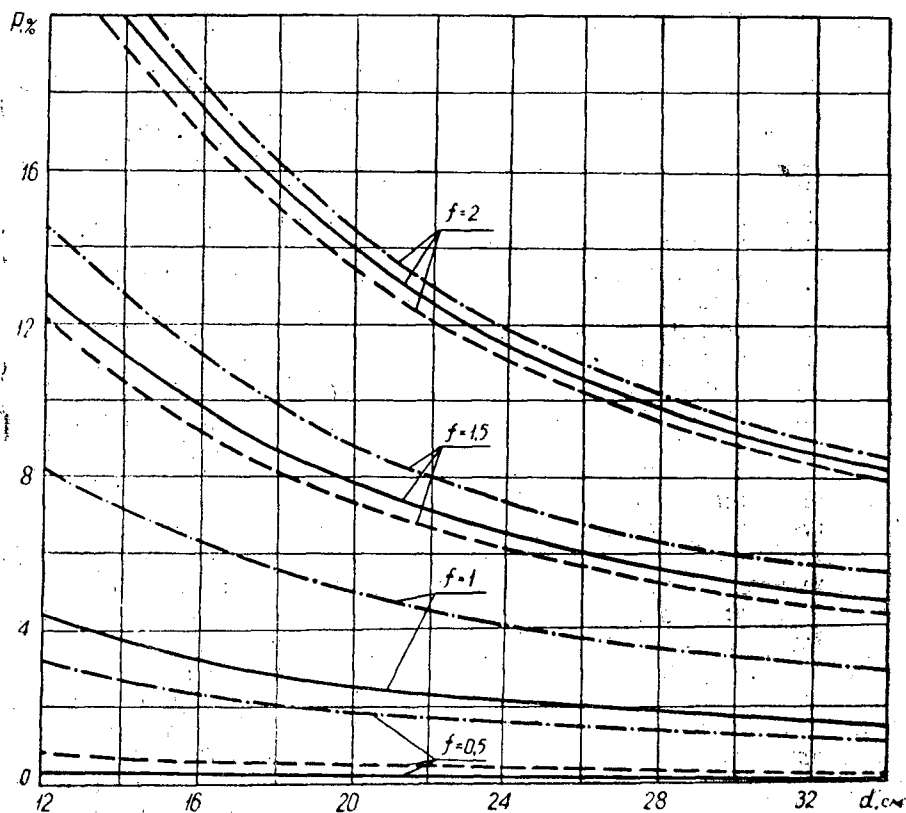


Рис. 2.

зоны бревна) от величины кривизны f представлена на рис. 2. Сплошной линией показана зависимость потерь от кривизны брусьев при распиловке по первому варианту раскроя, пунктирной — по второму, штрихпунктирной — по третьему. По оси абсцисс отложены диаметры бревен, из которых выпилены брусья, по оси ординат — потери выхода пиломатериалов, выпиленных из брусевой зоны прямого бревна (длина бревен 6 м, сбеги 1 см/м, высота бруса 0,707 d). Из рис. 2 видно, что с увеличением кривизны разность в выходе пиломатериалов между рассматриваемыми вариантами уменьшается; при f меньше 1% наиболее рациональным является первый вариант раскроя; при кривизне, равной 1%, первый и второй варианты характеризуются одинаковым количеством потерь; при f выше 1% наиболее рациональным является второй вариант раскроя. Раскрой кривых брусьев по третьему варианту при любой кривизне характеризуется наибольшими потерями выхода, поэтому является нерациональным. Наибольшая разность в выходе пиломатериалов, выпиленных по первому и второму вариантам, составляет 1%, причем при меньшей кривизне выгоднее первый вариант, а при большей — второй. Это дает основание считать оба эти варианта равноценными. На рис. 2 приведены потери выхода пиломатериалов, вызываемые кривизной, без учета потерь на оторцовку досок. Как показали опытные распиловки, при выпиливании чистообрезных досок из кривых брусьев потери выхода в 1,5—2 раза больше расчетных; при этом на выход пиломатериалов оказывает влияние целый ряд факторов: стрела прогиба, форма кривизны (односторонняя или многосторонняя, равномерная или неравномерная), длина брусьев, сбеги, диаметр и форма поперечного сечения бревна, из которого выпилен брус, ширина пропилов, постав, качество древесины и вариант раскроя.

Опытные распиловки были проведены на экспериментально-производственном заводе ЦНИИМОДа; в основу был положен метод разметки, обеспечивающий сопоставимые условия раскроя кривых брусьев по различным вариантам. Разметку производили непосредственно на впередирабном рольганге лесопильной рамы второго ряда при помощи аппарата, состоящего из разметочной сетки, над которой установлена электрическая лампа, и мерной рейки.

Разметочная сетка состоит из двух траверс, между которыми натянуты стальные провода диаметром 1,5 мм, имитирующие линии пропилов; расстояние между последними определяли поставом. Над разметочной сеткой закреплены два провода, обозначающие граничные прямые gh и ce (рис. 1); для натяжения их имеется специальное устройство. Для большей устойчивости провода уложены в пазы деревянных шаблонов, находящихся на небольшом расстоянии от траверс. Положение разметочной сетки по высоте регулировали при помощи вертикальных направляющих устройств.

Разметку брусьев производили в следующей последовательности. Сначала измеряли ширину постели бруса в торцах, его длину, диаметры в верхнем и нижнем отрубках и стрелы прогиба, затем провод, заменяющий граничную прямую gh , располагали на таком расстоянии от оси постава, которое равно половине ширины постели бруса в вершинном сечении. Брус, находящийся под разметочной сеткой, устанавливали для распиловки (разметки) по первому варианту. Для этого на верхнюю постель бруса была положена мерная рейка таким образом, чтобы одна из ее кромок проходила через точки C и E пересечения выпуклого ребра кривого бруса с его торцовыми сечениями (рис. 1, в). Затем брус располагали относительно сетки так, чтобы мерная рейка была параллельна линиям пропилов, а вогнутое ребро бруса касалось

граничной прямой gh (точнее, тени, падающей на постель бруса от провода, заменяющего граничную прямую gh). После тщательной установки производили замер мерной рейкой чистообрезных досок, которые можно выпилить из бруса. Для этого рейку последовательно устанавливали под каждой линией профила. Ширину досок, выпиливаемых из сбеговой зоны, определяли при помощи несложного прибора (наподобие столярного рейсмуса). Достаточно высокую точность замеров обеспечивали тем, что разметочная сетка была установлена на высоте 20 мм над верхней постелью бруса и под линией пропилов была подведена мерная рейка, одна из кромок которой совмещалась с тенью от провода. В момент разметки бруса лесопильные рамы не работали во избежание вибраций сетки.

По аналогии с предыдущим этот же брус устанавливали для распиловки (разметки) по второму варианту раскроя. Мерную рейку на постели бруса располагали так, чтобы одна из ее кромок проходила через точки M и N (рис. 1, c) — центры торцовых сечений. Брус устанавливали таким образом, чтобы рейка была параллельна линиям пропилов, а граничная прямая gh проходила по касательной к вогнутому ребру. Затем определяли размеры досок, которые можно выпилить из бруса по второму варианту раскроя.

Для разметки по третьему варианту мерную рейку размещали на постели бруса так, чтобы одна из ее кромок проходила через точки F и H пересечения вогнутого ребра кривого бруса с его торцовыми сечениями (рис. 1, d). После этого брус располагали относительно разметочной сетки так, чтобы рейка была направлена параллельно линиям пропилов, а тень от провода, имитирующего граничную прямую gh , проходила по касательной к вогнутому ребру.

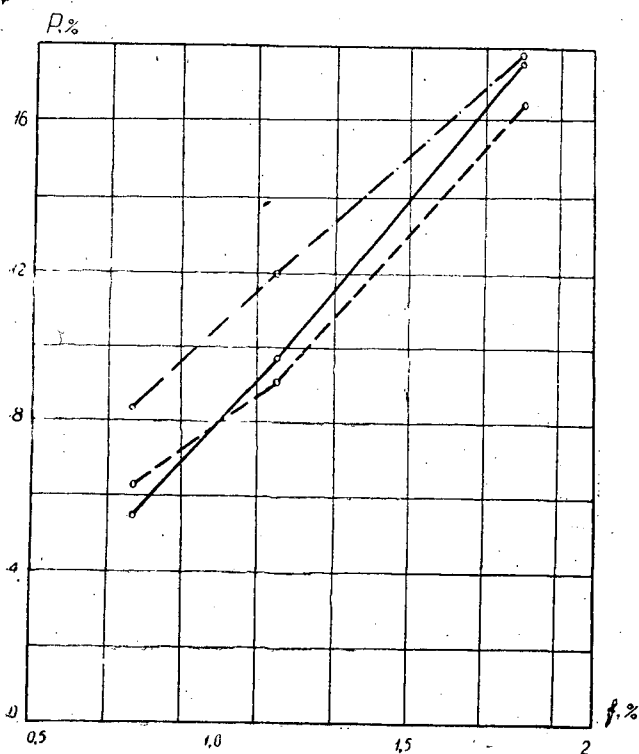


Рис. 3.

По вышеописанной методике были размечены 202 кривых бруса. Экспериментальная зависимость потерь выхода пиломатериалов от величины кривизны при различных вариантах раскроя кривых брусьев представлена на рис. 3: сплошной линией при распиловке брусьев по первому варианту, пунктирной — по второму, штрихпунктирной — по третьему. По оси ординат показаны в процентах потери выхода пиломатериалов, выпиливаемых из прямых брусьев; по оси абсцисс — величина кривизны.

Сравнивая рис. 2 и 3, можно видеть, что теоретические выводы в основном подтверждаются результатами экспериментальных исследований раскроя кривых брусьев: первый и второй варианты в целом равноценны и более выгодны по сравнению с третьим.

Таким образом, перед подачей в лесопильную раму или круглопильный станок второго ряда кривые брусья необходимо устанавливать так, чтобы прямая CE (рис. 1, θ), проходящая через точки пересечения выпуклого ребра бруса с его торцовыми сечениями, или прямая MN (рис. 1, ζ), проходящая через центры торцов кривого бруса, были параллельны оси постава. При этом граничная прямая gh должна быть также параллельна оси постава и проходить по касательной к вогнутому ребру кривого бруса.

Поступила в редакцию
13 февраля 1963 г.

ОПТИМАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АБРАЗИВНЫХ КРУГОВ И УСЛОВИЯ ЗАТОЧКИ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ СТРОГАЛЬНЫХ НОЖЕЙ *

К. И. ДЕМЬЯНОВСКИЙ

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Оптимальные режимы заточки режущего инструмента должны обеспечить заданное значение угловых параметров режущих граней; необходимую остроту лезвия и отсутствие заворотов, заусенцев, выкрошин, шлифовочных трещин и других дефектов; сохранение исходных свойств лезвия, обусловленных химическим составом и термической обработкой стали; высокую чистоту обработки режущих граней; высокую производительность и минимальный расход абразивных инструментов. Эти требования можно выполнить лишь при условии полного соответствия характеристики заточного круга режимам и условиям обработки. Невыполнение может привести к недопустимо высокому нагреву кромки затачиваемого лезвия и потере им режущих свойств, а также к неоправданно большому расходу абразивного круга в результате его интенсивного износа или частых правок.

Для разработки оптимальных режимов заточки прежде всего необходимо иметь данные о характере затупления кругов, износе и стойкости их и работоспособности в различных условиях работы.

С этой целью проведено комплексное исследование абразивных кругов (ЧЦ 200 ЭБ4ОСМ1К; ЧЦ 200 ЭБ25СМ1К; ЧЦ 200 ЭБ25М2К; ЧЦ 168 ЭБ25СМ2К; ЧЦ 200 ЭБ25С1К; ЧЦ 168 ЭБ25С1К; К325С1К) и строгальных ножей из стали (9Х5ВФ, Р4 и Р9) при различных режимах шлифования.

Опыты проведены на экспериментальной установке, созданной на базе ножеточильного станка ТчН6-3. Заточку проводили при охлаждении 1%-ным раствором кальцинированной соды и без охлаждения по следующим режимам: окружная скорость круга $V = 30$ м/сек. (отдельные исследования проведены при $V = 25,3; 22,6$ и $13,8$ м/сек); продольные подачи $u = 4,5; 7,5$ и $12,5$ м/сек; поперечные подачи (толщина снимаемого слоя металла за двойной проход круга) $t = 0,02; 0,04; 0,06; 0,10$ и $0,14$ мм/двойной ход. Общая толщина стачиваемого металла при каждой поперечной и продольной подачах составляла 20—30 мм, при этом достигалось полное затупление любого из опытных кругов.

* Работа выполнена автором в ЦНИИМОде при участии В. Д. Дунаева, Г. Я. Терентьевой, Д. И. Пинежского и З. А. Политовой.

Полный объем шлифования при каждом режиме заточки условно был разбит на отдельные этапы затупления; в каждом этапе стачивали слой 5 мм, что составляло 125 Г металла при толщине ножей 3 мм и угле заточки 40°.

Перед началом опыта заточный круг тщательно правили, после чего он работал без правки в течение всех этапов затупления, предусмотренных в одном полном опыте.

Исследование кругов включало следующие определения: взвешивание (с точностью 0,005 Г), измерение геометрических размеров (с целью установления износа) и мощности, потребляемой на шлифование; глазомерную оценку рабочей поверхности кругов.

Для установления износа высоту круга измеряли в четырех сечениях, причем в каждом из них измерение проводили сначала на внешней кромке рабочей поверхности, затем на расстоянии 1 мм от нее и далее через 2 мм. Износ круга по высоте рассчитывали по данным измерений до и после опыта.

Удельную работоспособность кругов определяли в граммах сошлифованного металла на 1 Г износа круга или на 1 см³ изношенной части круга. Наблюдения показали, что расчет по весовому износу в некоторых случаях дает завышенные результаты, что связано с внедрением отходов шлифования в поры поверхности кругов. Поэтому при анализе влияния условий заточки на износ кругов удельную работоспособность рассчитывали по абсолютному износу по формуле

$$g = \frac{\Sigma \Delta G}{\Sigma \Delta V} \text{ Г/см}^3,$$

где $\Sigma \Delta G$ — вес сошлифованного металла за весь опыт;

$\Sigma \Delta V$ — износ круга по объему.

Мощность, потребляемую приводом заточного круга, регистрировали самопишущим ваттметром Н 377 в начале каждого этапа затупления и в последующем через каждый миллиметр сошлифованного слоя металла. При заточке с поперечной подачей $t = 0,06$ мм/двойной ход мощность регистрировали непрерывно. Диаграммы обрабатывали методом построения равновеликого прямоугольника. Мощность шлифования рассчитывали по формулам

$$N_{\text{шл}} = N_{\text{р.х}} \cdot \eta_{\text{р.х}} - N_{\text{х.х}} \cdot \eta_{\text{х.х}};$$

$$N_{\text{шл.ср}} = \frac{\Sigma(N_{\text{шл.пр.х}} + N_{\text{шл.л.х}})}{2m},$$

где $N_{\text{р.х}}$ — мощность рабочего хода;

$N_{\text{х.х}}$ — мощность холостого хода;

$N_{\text{пр.х}}$; $N_{\text{л.х}}$ — мощности шлифования за правый и левый рабочие ходы;

$\eta_{\text{р.х}}$; $\eta_{\text{х.х}}$ — к.п.д., соответствующие потребляемой мощности за рабочий и холостой ходы;

m — число двойных ходов.

Для опытных ножей после каждой заточки изучали микроструктуру у кромки лезвия (на микроскопе МИМ-7); выявляли прижоги и другие дефекты заточки; измеряли ширину лезвия в 9 участках (с помощью микроскопа МИМ-5), микротвердость по передней грани лезвия (прибором ПМТ-3) и криволинейность лезвия, возникающую в процессе заточки.

Для затупления кругов и определения криволинейности лезвия применяли опытные строгальные ножи длиной 300 и 600 мм. Осталь-

ные исследования проводили на ножах с длиной лезвия 20—30 мм, передняя грань которых обрабатывалась под металлографический шлиф.

Окончательные режимы заточки разработаны на основании стойкостных испытаний (на рейсмусовом станке, оснащено самопишущим ваттметром) заточенных ножей в условиях строжки древесины. При испытаниях на стойкость ножи устанавливали в двух противоположных пазах ножевого вала так, что фрезерование производили каждый раз только одним ножом. Каждым ножом в определенной последовательности обрабатывали одни и те же образцы древесины сосны, что обеспечивало одинаковые условия испытаний обрабатываемого материала.

Весь объем фрезерования разбит на отдельные этапы — 50, 200, 500, 1000, 1500 и 2000 погонных метров. После каждого этапа фрезерования на образцах-эталонах записывали мощность резания, определяли качество обработанной поверхности, линейный износ и ширину лезвия, а также размеры и количество выкрошин лезвия.

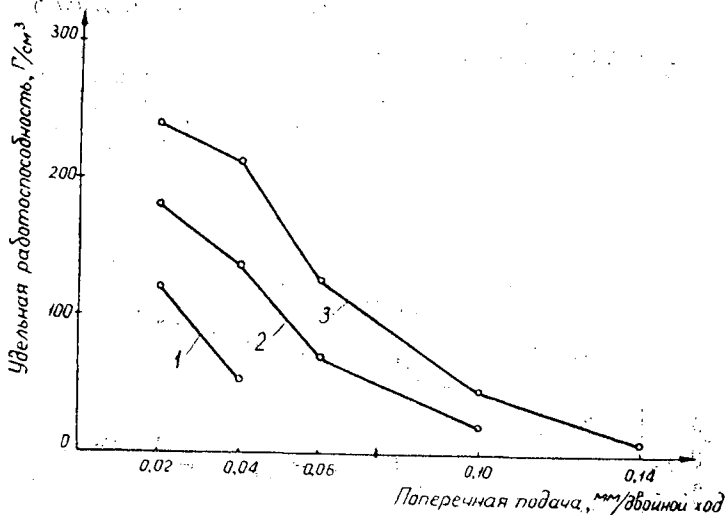


Рис. 1. Зависимость удельной работоспособности кругов от поперечной подачи. Сталь 9Х5ВФ, $\beta = 40^\circ$, $u = 12,5$ м/мин, заточка сухая.

1 — ЭБ 25 С2Б, $V = 25$ м/сек; 2 — ЭБ 25 М2К, $V = 30$ м/сек;
3 — ЭБ 25 С1К, $V = 30$ м/сек.

В результате исследований кругов выявлено влияние ряда факторов на их удельную работоспособность.

1) *Поперечная подача шлифования.* Графики (рис. 1) показывают, что при увеличении поперечной подачи от 0,02 до 0,14 мм/двойной ход удельная работоспособность быстро падает, причем наиболее быстрое снижение ее наблюдается при изменении поперечной подачи от 0,04 до 0,06 мм/двойной ход круга.

2) *Продольная подача* (рис. 2).

3) *Твердость круга.* Графики (рис. 3) показывают, что при повышении твердости на одну ступень увеличение удельной работоспособности сравнительно невелико.

4) *Зернистость круга.* Влияние зернистости на удельную работоспособность круга зависит от интенсивности режима заточки. Так для круга зернистостью 40 при сухой заточке ножей 9Х5ВФ и при поперечной подаче 0,02 мм/двойной ход удельная работоспособность ниже, чем

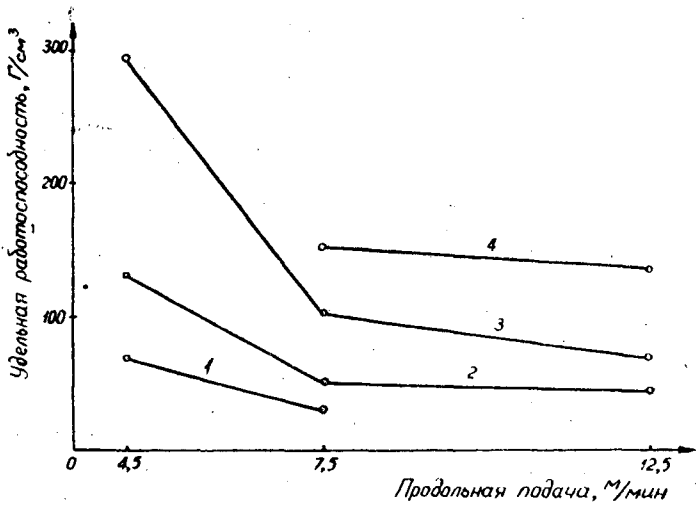


Рис. 2. Зависимость удельной работоспособности кругов от продольной подачи. Сталь 95Х5ВФ, $\beta = 40^\circ$, заточка сухая.

1 — ЭБ 25 СМ 2 Б, $t = 0,06$ мм/дв. ход, $V = 25$ м/сек; 2 — ЭБ 25 С1К, $t = 0,10$ мм/дв. ход, $V = 30$ м/сек; 3 — ЭБ 25 М 2 К, $t = 0,06$ мм/дв. ход, $V = 30$ м/сек; 4 — ЭБ 25 М 2 К, $t = 0,04$ мм/дв. ход, $V = 30$ м/сек.

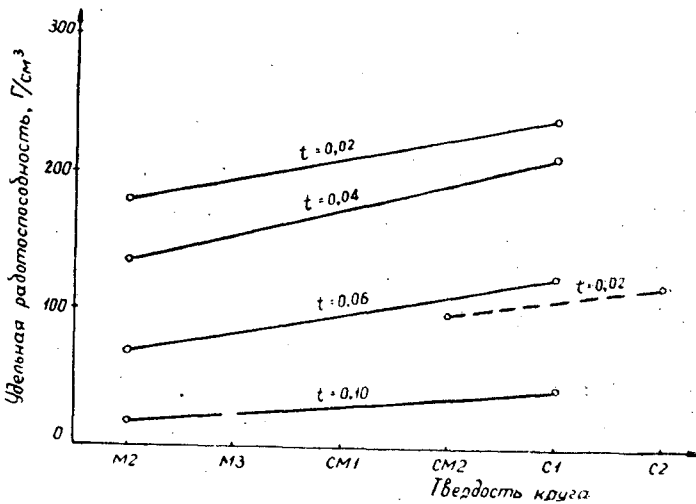


Рис. 3. Зависимость удельной работоспособности от твердости круга. Сталь 9Х5ВФ; $\beta = 40^\circ$; $u = 12,5$ м/мин, круг ЭБ25.

— керамическая связка, $V = 30$ м/сек;
 - - - бакелитовая связка, $V = 25$ м/сек.

для круга зернистостью 25; при поперечной подаче 0,10 мм/двойной ход, наборот выше, что можно видеть из табл. 1.

Таблица 1

Характеристика круга	Удельная работоспособность - Г/см³ при t мм/двойного хода	
	0,10	0,02
ЧЦ200ЭБСМ1К	29	210
ЧЦ200ЗБ40СМ1К	41	174
ЧЦ200ЭБ251К	43	240

5) *Способ заточки.* Заточка при охлаждении 1%-ным водным раствором кальцинированной соды вызывает резкое снижение удельной работоспособности круга по сравнению с сухой заточкой. Из табл. 2 видно, что она может снижаться в 2,5 раза.

Таблица 2

Характеристика круга	Поперечная подача, мм/двойного хода	Удельная работоспособность при заточке (Г/см ³)	
		сухой	мокрый
ЭБ25С1К	0,06	124	48,5
	0,10	43,2	18,8

6) *Абразивный материал и связка.* Исследования показывают (рис. 4), что при сухой заточке удельная работоспособность кругов ЭБ на керамической связке выше, чем на бакелитовой; для кругов из карбида кремния на керамической связке она очень низка.

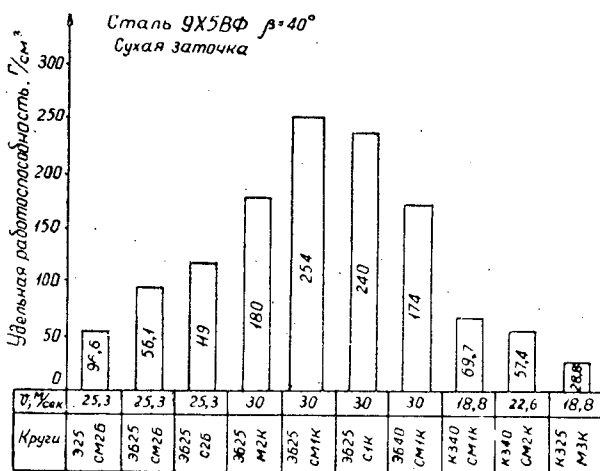


Рис. 4. Зависимость удельной работоспособности кругов от абразивного материала и связки. Сталь 9Х5ВФ; $\beta = 40^\circ$; заточка сухая.

7) *Окружная скорость.* Снижение ее до 22,6 и 18,8 м/сек на кругах БЭ на керамической связке дало значительное увеличение удельной работоспособности. Так, например, при заточке ножей 9Х5ВФ кругами ЭБ40СМ1К при $t = 0,02$ мм/двойной ход и $u = 12,5$ м/мин уменьшение окружной скорости с 30 м/сек до 22,6 м/сек привело к повышению удельной работоспособности от 174 до 350 Г/см³.

В результате экспериментов было отмечено высокое качество работы круга ЧЦ200ЭБ25М2К при сухой заточке ножей 9Х5ВФ с поперечной подачей 0,02 мм/двойной ход и продольной 12,5 м/мин. Для работы круга характерно ровное, спокойное резание; стабильное мало затупленное состояние рабочей поверхности в процессе длительного шлифования; минимальный нагрев шлифуемой поверхности. В этих условиях удельная работоспособность круга оказалась равной 180 Г/см³. В связи с тем, что при этом весьма рационально используется абразивный материал; величина 180 принята нами за некоторую условную, оптимальную норму. Тогда удельная работоспособность ниже 180 Г/см³ будет свидетельствовать о неполном использовании режу-

шей способности абразивных зерен, а при работоспособности больше 180 Г/см^3 возможен повышенный нагрев шлифуемой поверхности, изменение характера затупления кругов, необходимость регулярной правки поверхности и т. д.

Так, при удельной работоспособности 240 Г/см^3 (круг ЭБ25С1К, $t = 0,02 \text{ мм/двойной ход}$, $u = 12,5 \text{ м/мин}$) наблюдали неравномерный износ круга и значительную затупленность рабочей поверхности его в отдельные периоды работы. При работоспособности 350 Г/см^3 (круг ЭБ40СМ1К) рабочую поверхность круга находили в весьма затупленном (засаленном) состоянии. Засаливание рабочей поверхности крайне нежелательно, так как является причиной дополнительного нагрева шлифуемой поверхности и роста потребляемой мощности.

В проведенных опытах засаливание рабочей поверхности кругов отмечено при сухой заточке ножей 9Х5ВФ под углом 40° (круги из карбида кремния); при всех заточках ножей 9Х5ВФ под углом 40° с поперечной подачей $t = 0,10 \text{ мм/двойной ход}$ и выше; при сухой заточке ножей Р4 с поперечной подачей $t = 0,06 \text{ мм/двойной ход}$ и выше; при заточке ножей 9Х5ВФ под углом 20° с поперечной подачей $0,06 \text{ мм/двойной ход}$ и выше.

Исследования показали, что интенсивный износ круга, а также изменение жидкостного охлаждения не исключают засаливания.

При сухой заточке ножей 9Х5ВФ удельная работоспособность 180 Г/см^3 обеспечивается кругами при режимах заточки, указанных в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика круга	Поперечная подача, мм/двойной ход	Продольная подача, м/мин
ЭБ25М2К	0,02	12,5
	0,04	4,5
	0,06	4,5
ЭБ25СМ1К	0,02	12,5
	0,04	4,5; 7,5
	0,06	4,5
ЭБ25С1К	0,02	12,5
	0,04	4,5; 7,5; 12,5
	0,06	4,5
ЭБ40СМ1К	0,02	12,5
	0,04	4,5; 7,5; 12,5
	0,06	4,5

Большое внимание в работе уделено изучению характера износа кругов; при этом происходят сложные процессы, не изученные окончательно до настоящего времени. Не вызывает сомнения лишь то, что износ кругов может происходить как за счет износа абразивных зерен, так и за счет скалывания и вырывания их из связки. В первом случае для высокопроизводительной и качественной заточки без ожогов и других дефектов лезвия необходима своевременная и обычно частая правка круга с целью обновления его рабочей поверхности. Во втором случае, когда круг изнашивается за счет скалывания и вырывания зерен из связки, происходит естественное обновление рабочей поверхности в процессе шлифования или заточки.

Опыт показывает, что износ круга в результате правок значительно превышает износ от самозатачивания. Кроме того, при работе кругов с самозатачиванием наблюдается минимальное тепловыделение, что особенно важно при заточке дереворежущих инструментов, имею-

щих малые углы заточки лезвия. При заточке дереворежущих ножей режимы обработки должны быть такими, чтобы круг работал в условиях полного или частичного самозатачивания. В этих условиях может быть достигнуто наиболее экономичное соотношение затачиваемости и износа круга при высоком качестве заточки.

Характер износа круга выявляли на основании изменений мощности, потребляемой на шлифование. Исследования показали, что в процессе износа наблюдаются чередующиеся периоды более или менее продолжительного затупления и сравнительно быстрого самозатачивания. Период затупления сопровождается постепенным нарастанием мощности, расходуемой на шлифование, увеличением прижогов и температуры ножа. Износ круга в этот период обусловлен скалыванием вершин зерен и частичным вырыванием отдельных зерен. Период самозатачивания сопровождается резким падением мощности, уменьшением прижогов и снижением температуры ножа. Изменение мощности при разных режимах заточки ножей кругами ЭБ25С1К и ЭБ25М2К показано на графиках (рис. 5), где можно проследить чередование периодов затупления и самозатачивания.

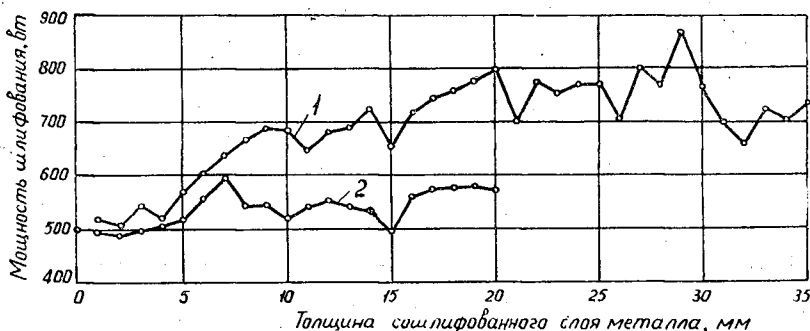


Рис. 5. Зависимость мощности шлифования от толщины сошлифованного слоя металла. Сталь 9Х5ВФ; $\beta = 40^\circ$; заточка сухая; $t = 0,02$ мм/дв. ход; $u = 12,5$ м/мин.

1 — круг ЭБ25С1К; 2 — круг ЭБ25М2К.

Наблюдение за состоянием рабочей поверхности кругов, а также построение их профилей по стадиям затупления свидетельствует о неравномерности износа на различных участках рабочей поверхности (рис. 6 и 7). Неравномерность затупленности отдельных участков рабочей поверхности кругов наблюдалась в той или иной степени во всех опытах.

В процессе исследований нами установлено, что лезвия заточенных ножей независимо от способа заточки имели вогнутость. Это объясняется тем, что при заточке нож деформируется выпуклостью в сторону режущей кромки вследствие температурного перепада по ширине. Выпуклость непрерывно стачивается в ходе заточки, а при охлаждении образуется вогнутость. Температурный перепад, обусловленный нагревом лезвия теплом, выделяющимся при шлифовании, зависит от режима шлифования, правильности подбора круга и способа заточки. Опыты показали, что вогнутость ножей длиной 600 мм находится в пределах 0,13—0,33 мм в зависимости от характеристики кругов и условий заточки; при сухой заточке вогнутость в 2—3 раза больше, чем при мокрой. Прямолинейность лезвия восстанавливается в процессе «выхаживания».

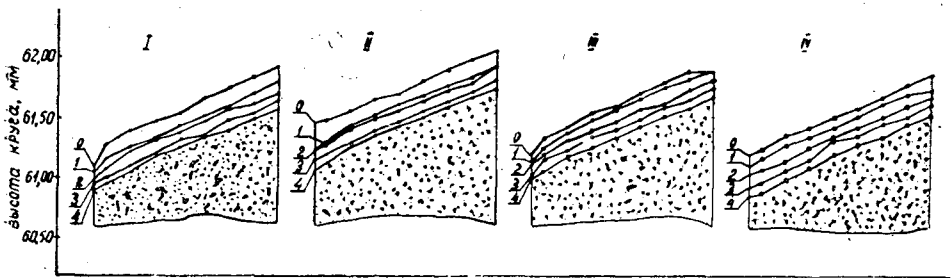


Рис. 6. Износ рабочей поверхности круга ЭБ60М2К в процессе заточки.
Сталь 9Х5ВФ, $t = 0,02$ мм/дв. ход; $u = 12,5$ м/мин.

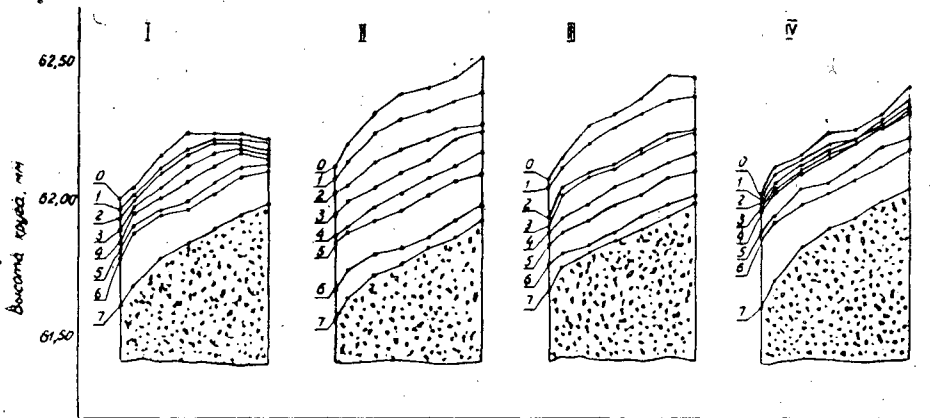


Рис. 7. Износ рабочей поверхности круга ЭБ25С1К в процессе заточки.
Сталь 9Х5ВФ; $t = 0,02$ мм/дв. ход; $u = 12,5$ м/мин.

Экспериментальный материал, полученный в результате исследований, впервые позволил обоснованно разработать оптимальные режимы заточки тонких дереворежущих ножей.

1. *Способ заточки.* Заточку строгальных ножей длиной до 1000 мм можно производить без охлаждения водяными растворами. Исследования более длинных ножей не производили. При высококачественной заточке всухую упрощается конструкция ножеточных станков; улучшаются условия эксплуатации; существенно (до 2,3—2,5 раз) уменьшается расход абразивного инструмента и т. д.

2. *Продольная подача при заточке.* Сделан вывод о целесообразности заточки на максимальных продольных подачах, достигнутых на станках ТчН; увеличение продольной подачи значительно увеличивает производительность заточки, повышает ее качество. Последнее объясняется снижением теплового воздействия при шлифовании (в результате сокращения продолжительности действия теплового процесса).

3. *Глубина шлифования.* Толщина снимаемого слоя металла за один проход абразивного круга является тем параметром режима заточки, который наиболее резко влияет на глубину структурных изменений в лезвии и на удельную работоспособность абразивных кругов.

Предлагаемые режимы обеспечивают высокую производительность и качество заточки при наилучшем использовании абразивного круга.

В табл. 4 представлены режимы заточки и доводки строгальных ножей из стали 9Х5ВФ и Р4. Заточка сухая.

Таблица 4

Характеристика круга	Окружная скорость, м/сек	Производительность, мм ³ /сек	Оптимальный режим		Допустимый режим		Выхаживание
			поперечная подача, мм/двойной ход	продольная подача, м/мин	поперечная подача, мм/двойной ход	продольная подача, м/мин	
ЭБ25М2К	12—25	20 20	0,02 0,02	12,5 12,5	0,04	12,5	Не менее 8 двойных ходов. Не менее 18 двойных ходов
ЭБ40СМ1К		40	0,04	12,5	0,04	7,5	
ЭБ25С1К		40	0,04	12,5			
ЭБ40СМ1К		40	0,04	12,5			

Примечание. Доводка на круге КЗ зернистостью 8—6.

В табл. 5 и 6 даны соответственно режимы заточки и доводки строгальных ножей из стали Р9. Заточка сухая.

Таблица 5

Характеристика	Окружная скорость		Заточка		Выхаживание
	рекомендуемая, м/сек	допустимая, м/сек	поперечная подача, мм/двойной ход	продольная подача, м/мин	
ЭБ40СМ2К	13—16	23—25	0,04—0,06	4,5—12,5	Шлифовка Без поперечной подачи 15 двойных ходов
ЭБ40С1К	13—16	23—25	0,04—0,06	4,5—12,5	
ЭБ25СМ2К	13—16	23—25	0,02—0,04	12,5	

Таблица 6

Характеристика круга	Связка	Зернистость по ГОСТу 3647-59	Твердость	Окружная скорость, м/сек	Продольная подача, м/мин	Поперечная подача, мм/двойной ход
КЗ	Бакелитовая	8—6	СМ1-СМ2	13—15	4,5	0,02—0,03

Примечание. Последние проходы при доводке произведены без поперечной подачи «до вывода искры».

Таким образом, при указанных режимах исключается процесс правки круга из технологии заточки ножей, что повышает производительность заточки, резко снижает расход абразивных кругов (износ на правку составляет от 50 до 95% общего износа круга), упрощает конструкцию станка и твердосплавного правильного инструмента.

Поступила в редакцию
5 сентября 1963 г.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРОЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ТОНКОГО КРУГЛЯКА ПРИ КОНТУРНОМ ПРЕССОВАНИИ

Ю. Ф. ОСИПЕНКО

Аспирант

(Львовский лесотехнический институт)

В настоящее время древесину, вырубаемую при осветлениях и прочистках, на значительной территории страны используют как топливо; в лучшем случае из нее заготавливают колья, тычки, черенки для лопат и др., чаще же она гнивает в лесу.

Между тем, как показывают опыты, тонкий кругляк (топорник) можно использовать для получения древесины контурного прессования [6], [7].

Прессованная древесина приобретает новые физико-механические свойства [3], [8], [10], [11], [13], что связано с изменением ее макроскопического и микроскопического строения, по которому в определенной степени можно судить о качестве прессованной древесины. Это подтверждается исследованиями П. Н. Хухрянского [14], [15], А. А. Солнцева и В. Е. Москалевой [12], Я. Г. Галлай [2], В. Е. Вихрова и В. Е. Москалевой [1], И. Киссера [22] и др. Изучение тонкой структуры клеточных оболочек при прессовании было выполнено Т. П. Хухрянской [19] путем снятия рентгенограмм. Е. И. Хухрянская исследовала микроструктуру распредованной древесины [18].

Целью нашей работы было изучение изменения строения древесины при контурном прессовании, которая получена из поленьев топорника (березы, осины, бука, граба, лещины), заготовленного при осветлениях и прочистках в листовенных молодняках в типе условий местопроизрастания С₂ [7].

Прессование проводили по методу П. Н. Хухрянского [17]. Цилиндрические черновые заготовки для прессования изготовляли на токарном станке из свежесрубленной древесины соосно с осью стволика и доводили до равномерной влажности 13—15% путем трехкратного пропаривания в автоклаве и выдерживания в комнатных условиях. Размеры полученных заготовок: диаметр — 37—40 мм, длина — 100 мм.

Изменение строения древесины лучше всего заметно на поперечном срезе [2], [4], [5], [14]. Приготавливать срезы прессованной древесины для исследования в проходящем свете трудно, поэтому мы изучали ее в отраженном свете с помощью стереоскопического микроскопа МБС-2 и металлографического — МИМ-7, которым были получены также микрофотографии.

Под микроскопом исследовали шлифы поперечных разрезов древесины [2], [13]. Для этого образцы натуральной и прессованной древеси-

ны в форме цилиндров и прямоугольных призм $10 \times 10 \times 15$ мм шлифовали по торцевой поверхности наждачной шкуркой, меняя направление шлифования при переходе от большего номера к меньшему. Окончательную полировку производили на быстро вращающемся фетровом круге, который поливали водой.

Предварительно древесину исследовали путем поверхностного осмотра с целью изучения изменения макростроения при прессовании.

Рассмотрим изменение строения древесины при контурном прессовании на примере лещины, которую раньше для прессования не применяли.

Лещина так же, как и береза, осина, граб и бук относится к классу рассеянно-сосудистых лиственных пород. В состав ее древесины, по данным И. И. Чхубиашвили [20], [21], входят сосуды, древесные волокна, паренхима и редко встречающиеся трахеиды. По прочности и твердости древесины лещина, как отмечает Л. М. Перельгин, стоит весьма близко к древесине бука, а по объемному весу — к древесине березы [9].

На рис. 1, а изображен поперечный разрез древесины лещины до прессования (объемный вес равен $0,590 \text{ Г/см}^3$). Хорошо заметны темные линии и светлые полосы, составляющие годовичные кольца. В центре находится светлое пятно, окаймленное темной линией, — это сердцевина, окруженная первичной древесиной. От периферии к центру идут светлые сердцевинные лучи. После прессования объемный вес древесины увеличился до $1,160 \text{ Г/см}^3$ (рис. 1, б); годовичные слои уплотнены, стали более узкими; сердцевинные лучи приобрели гофрировку, стали изогнутыми при переходе из поздней древесины в раннюю; сердцевина, состоящая из рыхлых паренхимных клеток, сильно сжата. Аналогичные изменения макростроения наблюдались у других пород: березы, осины, бука, граба.

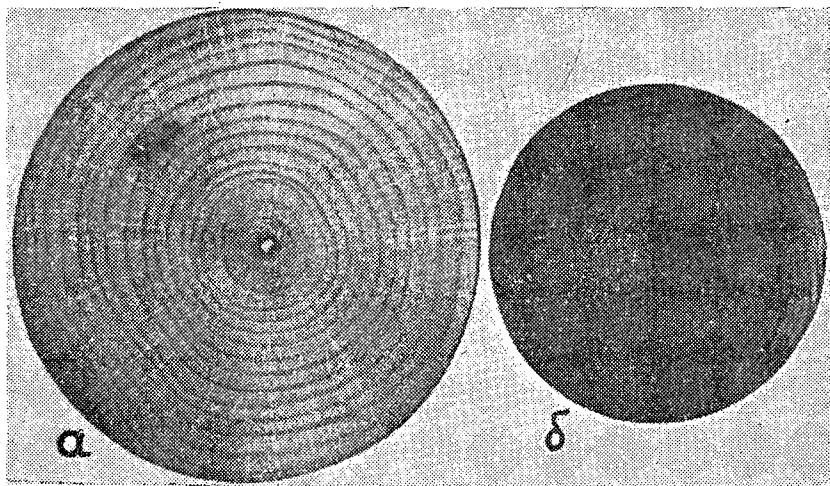


Рис. 1.

Поскольку физико-механические свойства значительно изменяются по мере увеличения степени прессования, то интересно проследить, как изменится строение прессованной древесины в зависимости от объемного веса. Для этого были исследованы шлифы натуральной и прессо-

ванной древесины лещины со следующими объемными весами: $0,670 \text{ Г/см}^3$; $0,760 \text{ Г/см}^3$; $0,960 \text{ Г/см}^3$; $1,160 \text{ Г/см}^3$; влажность обоих видов древесины 7—8%. Результаты исследования представлены на рис. 2 и 3.

На рис. 2 изображен поперечный разрез натуральной древесины лещины под микроскопом. Видны округло-овальные, часто собранные в радиальные цепочки и более или менее равномерно распределенные по годичному слою сосуды (а), древесные волокна (б), сердцевинные лучи (в) и граница слоя (г):

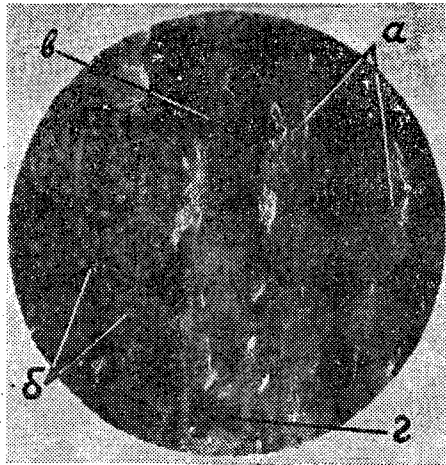


Рис. 2.

В начале прессования (степень прессования 20%, $\gamma = 0,760 \text{ Г/см}^3$) заметна деформация тонкостенных элементов-сосудов, которые сминаются и принимают неопределенную конфигурацию. Древесные волокна почти не меняют своей формы; только некоторые, расположенные в ранней древесине, сжимаются в радиальном направлении, а их полости приобретают форму щелей. Серцевинные лучи в поздней древесине не изменяются, а перейдя в раннюю, отклоняются от обычного для натуральной древесины направления, сохраняя прямолинейность (рис. 3, а).

Увеличение степени сжатия до 30% при $\gamma = 0,760 \text{ Г/см}^3$ (рис. 3, б) ведет к дальнейшему изменению формы сосудов. У них появляются признаки вытягивания полостей вдоль сердцевинных лучей, которые, в свою очередь, под действием изменения сосудов и волокон в данной части годичного слоя приобретают гофрировку. В деформацию вступают почти все волокна в ранней древесине, в то время как в поздней изменяют форму лишь некоторые из них, слегка уплотняясь за счет уменьшения полостей.

Дальнейшее уплотнение до 40% ($\gamma = 0,960 \text{ Г/см}^3$) вызывает более резкое уменьшение площади полостей сосудов. Они приобретают форму щелей и смятых треугольников. Клетки границы годичного слоя изменяют свою форму, сжимаясь по радиусу (рис. 3, в).

Прессование древесины лещины до 50% ($\gamma = 1,160 \text{ Г/см}^3$) в еще большей степени изменяет картину микроскопического строения древесины (рис. 3, г). Большинство сосудов принимает форму изогнутых узких щелей; причем сосуды, расположенные в ранней части по границе годичного слоя, вытянуты в тангентальном направлении и сжаты по радиусу, а в остальной части — сжаты в тангентальном направлении и

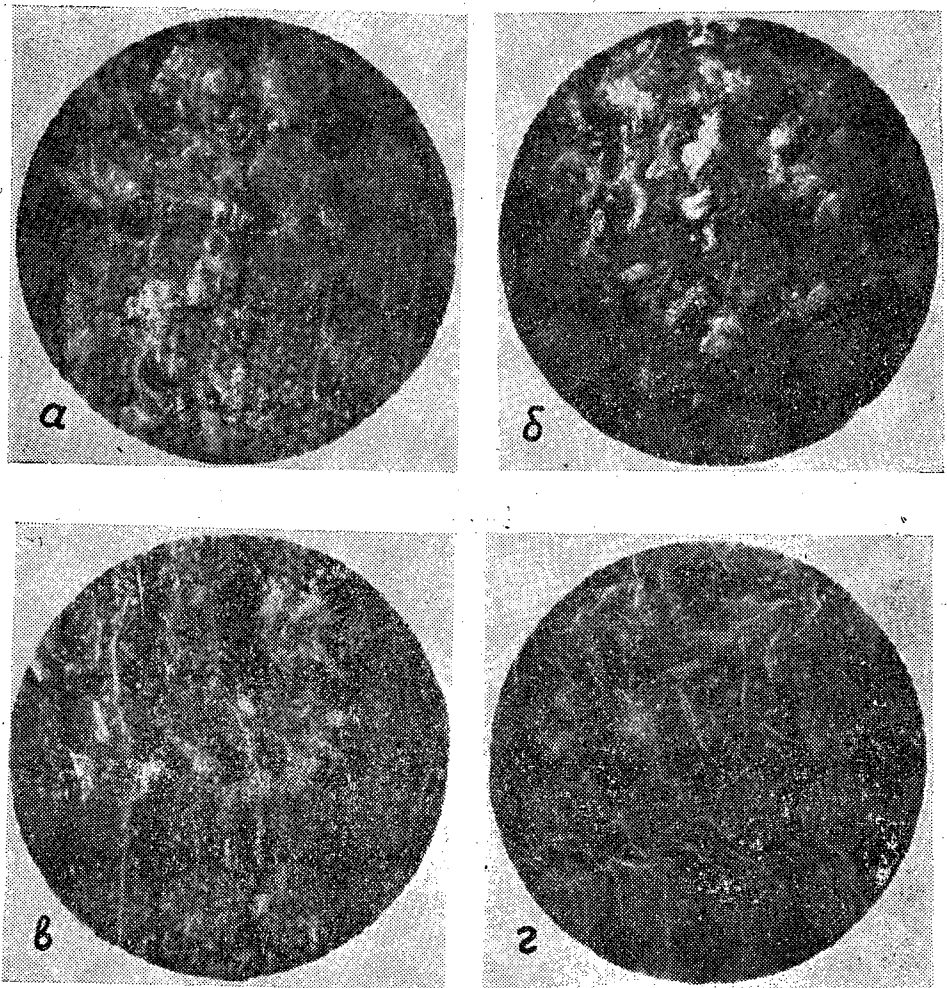


Рис. 3.

вытянуты вдоль сердцевинных лучей или имеют вид смятых треугольников. Древесные волокна сдавлены в тангентальном и радиальном направлениях. Серцевинные лучи в ранней части годичного слоя изогнуты, тогда как в поздней и на границе годичного слоя они сохранились без изменений. Клетки границы годичного слоя сжаты по радиусу и приобрели волнистость, что обуславливает появление свилеватости годичных колец на поперечном разрезе [17].

Отметим некоторые особенности строения древесины контурного прессования, свойственные каждой из исследованных пород. У древесины березы (рис. 4) и граба сосуды сжимаются в тангентальном направлении в узкие изогнутые щели параллельно сердцевинным лучам и только отдельные принимают форму смятого треугольника; у осины также имеются сосуды с щелеобразными полостями, но закономерности в направлении их длинных осей установить не удалось. Прессованная древесина бука и лещины имеет одинаковое микростроение. Сосуды, прилегающие к сердцевинным лучам, деформируются, как правило, в изогнутые щели, вытянутые по радиусу; другие сосуды чаще принимают вид смятых треугольников, причем количество сосудов с щеле-

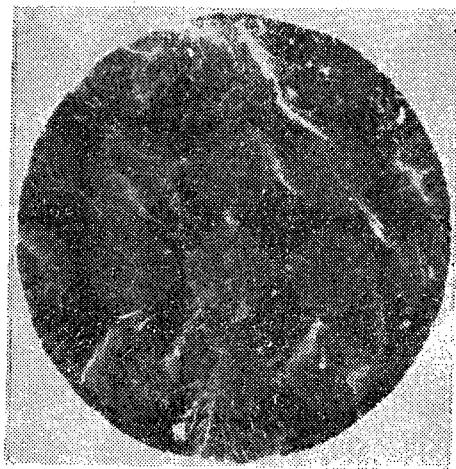


Рис. 4.

видной формой полостей по сечению спрессованного стержня падает от периферии к сердцевине, а с формой треугольников — возрастает. У других пород, например, у древесины тонкого кругляка молодой березы разница в строении по сечению цилиндра диаметром 40 мм неощутима. Сердцевинные лучи бука, как и лещины, изогнуты, теряют прямолинейность и гофрируются. Различие в изменении формы древесных волокон по породам установить трудно. Древесная паренхима, как это отмечают и другие исследователи [4], уплотняется незначительно, так как клетки заполнены содержимым, в отличие от лещины, у которой рыхлая паренхима сердцевины деформируется и уплотняется очень сильно.

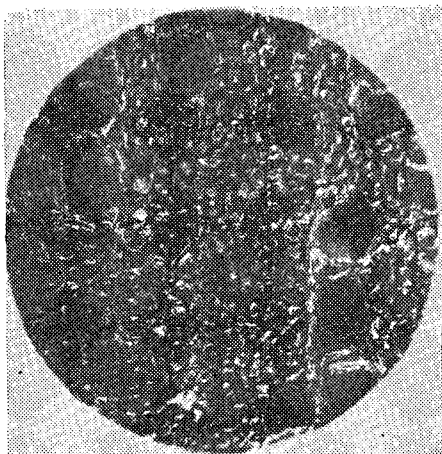


Рис. 5.

При увлажнении паром или жидкостью спрессованная древесина разбухает, распрессовывается и может полностью восстановить свою первоначальную форму [7], [18]. Для того чтобы установить характер изменения строения древесины контурного прессования при разбухании, образец-шлиф, на котором исследовали анатомическое строение

лещины, при степени прессования 50% обрабатывали горячей водой до приобретения им стабильных линейных размеров. После этого в разбухшем насыщенном водой состоянии образец без дополнительного шлифования и полировки был исследован под микроскопом.

Как видно из рис. 5, анатомические элементы древесины приняли структуру, свойственную натуральной древесине лещины: сосуды восстановили форму, близкую к округло-овальной, сердцевинным лучам вернулась обычная прямолинейность, а волокнам — вид, присущий непрессованной древесине. Строение древесины, насыщенной водой, на шлифе под микроскопом видно более рельефно, чем при влажности 7—8%.

Таким образом, глубина изменений в строении молодой древесины с сердцевиной в центре прессуемого стержня при контурном прессовании связана со степенью уплотнения, ростом величины объемного веса древесины.

Первыми принимают на себя влияние прессования тонкостенные сосуды, древесные волокна весенней части годичного слоя, сердцевинные лучи. С увеличением прессования изменения микростроения распространяются на полную ширину годичного слоя и всю древесину по сечению цилиндра.

Наши данные о характере закономерностей в изменении формы отдельных элементов древесины контурного прессования не полностью совпадают с данными Н. Т. Нысенко и С. В. Генель [5]. Направление и форма деформации сосудов различны и зависят от места расположения их в годичном слое и по сечению стержня (как это наблюдалось у бука), а также от степени прессования. Древесные волокна сжаты в радиальном и тангентальном направлениях. Изменение их формы определяется породой и характером расположения всей системы клеток в древесине. Серцевинные лучи изгибаются, приобретают извилистость, гофрируются на границе, а в поздней части годичного слоя они обычно не изменяются.

При увлажнении прессованная древесина распрессовывается, восстанавливая строение, свойственное древесине до прессования.

При общем характере изменения микростроения прессуемой древесины рассеянно-сосудистых пород особенности их анатомического строения остаются характерными и для спрессованной древесины.

Древесина контурного прессования небольших размеров, полученная из тонкого кругляка березы, бука, граба, лещины и осины в возрасте до 20 лет, имеет микроскопическое строение, отличающееся от строения древесины контурного прессования, которая получена из крупномерной древесины этих пород и других.

Для изготовления прессованной древесины с хорошими техническими свойствами следует в технологическом процессе учитывать характер и закономерности изменения строения древесины при прессовании.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Е. Вихров и В. Е. Москалева. О технической анатомии древесины. Труды института леса АН СССР, т. IX, 1953.
- [2]. Я. Г. Галлай. Структурный анализ древесных пластиков (лигнография). Журн. «Лесохимическая промышленность» № 9, 1940.
- [3]. Г. В. Жинкин. Физико-механические свойства древесины молодых насаждений Алтая. Технический бюллетень ЦНИИМОДа № 7 (120), 1940.
- [4]. В. Е. Москалева. Строение древесины и его изменение при физических и механических воздействиях. Изд-во АН СССР, М., 1957.
- [5]. Н. Т. Нысенко и С. В. Генель. Пластификация цельной древесины. Гослесбуиздат, М.-Л., 1958.
- [6]. Ю. Ф. Осипенко. К вопросу об использовании древесины от осветлений и прощипок. XIV научная конференция (тезисы докладов), Львовский лесотехнический

институт, Львов, 1962. [7]. Ю. Ф. Осипенко. Использование древесины от осветлений и прочисток для изготовления прессованной древесины. XV научная конференция (тезисы докладов), Львовский лесотехнический институт, Львов, 1963. [8]. В. В. Памфилов. Влияние изреживания насаждения на физико-механические свойства древесины сосны на южной границе лесостепной зоны. Труды Брянского лесохозяйственного института, т. V, Брянск, 1951. [9]. Л. М. Перелыгин. Физико-механические свойства лещины (орешника). Древесина малоизученных пород. Гослесбумиздат, М.-Л., 1952. [10]. Физико-механические свойства древесины сосны и березы Московской области и изменения их по классам развития и возраста. Московский лесотехнический институт, Научные труды, выпуск IV, М., 1955. [11]. Л. М. Перелыгин. Древесиноведение. Государственное изд-во Советская наука, М., 1957. [12]. А. А. Солнцев и В. Е. Москалева. Исследование анатомических изменений древесины при прессовании. Инф. листок ЦНИИМОДА Наркомлес СССР, № 55, 1937. [13]. В. И. Тимофеев. Рубки ухода в молодняках. Труды института лесохозяйственных проблем, т. V, Изд-во АН Латвийской ССР, Рига, 1953. [14]. П. Н. Хухрянский. Структурные изменения древесины при прессовании. «Вестник инженеров и техников» № 1, 1953. [15]. П. Н. Хухрянский. Микроструктура и крепость древесины. Труды Брянского лесохозяйственного института, т. IV, 1940. [16]. П. Н. Хухрянский. Прессование древесины. Гослесбумиздат, М.-Л., 1949. [17]. П. Н. Хухрянский. Прессование и гнутье древесины. Гослесбумиздат, М.-Л., 1956. [18]. Е. И. Хухрянская. Микроструктура распрессованной древесины. Труды Брянского лесохозяйственного института, т. IV, 1940. [19]. Т. П. Хухрянская. Влияние прессования на структуру древесины. Труды института леса АН СССР, т. IX, 1953. [20]. И. И. Чхубианишвили. Материалы к анатомии дикорастущих лещин Грузии. Труды Тбилисского лесотехнического института № 2, Тбилиси, 1936. [21]. И. И. Чхубианишвили. Сравнительно-анатомическое исследование вторичной древесины некоторых видов *Corylus*. Труды Грузинского сельскохозяйственного института, т. XIII, Тбилиси, 1941. [22]. I. Kissler. Das mikroskopische Gefügebild des Lignostone. Holz als Roh- und Werkstoff, Bd. 4, Heft 12, 1941.

Поступила в редакцию
27 августа 1963 г.

УСКОРЕННОЕ ИСПЫТАНИЕ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

В. М. ХРУЛЕВ

Старший научный сотрудник, кандидат технических наук

(Западно-Сибирский филиал АС и А СССР)

При использовании клееной древесины и фанеры для технических целей важно выбрать метод контроля качества клеевых соединений. Непродолжительное вымачивание или кипячение в воде образцов, склеенных водостойкими синтетическими клеями, обычно не дают полного представления о прочности клеевого соединения; более эффективными методами являются переменное вымачивание — высушивание или переменное кипячение — высушивание.

Автор статьи разработал ускоренный метод испытания на долговечность водостойкой трехслойной березовой фанеры, склеенной фенол-формальдегидным клеем марки С-1. Этот метод заключается в 3-часовом кипячении образцов в воде, 18-часовом высушивании их при 100°С и повторном 3-часовом кипячении. Сопоставление результатов такого испытания с данными длительных испытаний (переменного вымачивания и высушивания и постоянного вымачивания в воде), продолжавшихся в течение 3 лет, показало удовлетворительное совпадение. Сравнивая прочности клеевых соединений, подвергнутых кипячению в течение одного часа, и после переменного кипячения — высушивания (табл. 1), мы видим, что в первом случае коэффициент изменчивости больше; показатели точности одинаковы.

Устойчивость результатов испытаний образцов после кипячения — высушивания и длительных температурно-влажностных воздействий объясняется тем, что многократное воздействие температуры и влаги на клеевой шов значительно ослабляет влияние побочных факторов (внутренних напряжений, возникших в клеевом шве в процессе изготовления фанеры; колебаний характеристик упругости шпона в разных образцах и т. п.); поэтому прочность соединений определялась преимущественно силой сцепления клеевой прослойки с пограничным слоем древесины. Напротив, прочность образцов в сухом состоянии и после одного часа кипячения искажалась влиянием побочных факторов.

Многолетняя практика заводских испытаний и исследования показывают, что кипячение в воде в течение одного часа хотя и вызывает в клеевой прослойке существенные изменения, в какой-то степени сходные с изменениями, происходящими в результате естественного старения, однако дает неверное представление о стойкости соединения. Поэтому во многих стандартах в качестве метода испытания принимается

Т а б л и ц а 1

Название образцов, взятых для испытания фанеры на скалывание по классовой группе	Метод испытания	Показатели математической обработки					число наблюдений (образцов), шт.	Место проведения испытаний
		среднее арифметическое, кг/см ²	среднее квадратичное отклонение, кг/см ²	коэффициент изменчивости, %	средняя ошибка среднего арифметического, кг/см ²	показатель точности вычислений, %		
Стандартные по ГОСТу 1143-41 (рис. 1, а)	В сухом состоянии	22,8	4,15	18,2	0,59	2,59	50	ЦНИИ строительных конструкций (Москва) Усть-Ижорский фанерный завод (Ленинград)
	После кипячения в воде в течение одного часа	21,1	4,16	19,7	0,27	1,27	210	
	После переменного кипячения — высушивания	19,6	2,56	13,1	0,25	1,30	100	
Стандартные по ГОСТу 9624-61 (рис. 1, б)	После вымачивания в воде в течение 3 лет	18,9	1,93	10,2	0,21	1,13	80	ЦНИИ строительных конструкций (Москва)
	После переменного вымачивания — высушивания в течение 3 лет	16,4	2,59	15,8	0,29	1,75	80	
	В сухом состоянии	30,5	6,81	22,3	0,14	0,46	2370	
Экспериментальные (рис. 4,	После кипячения в воде в течение одного часа	16,7	3,50	21,0	0,07	0,44	2265	ЦНИИ фанеры и мебели (Ленинград)
	В сухом состоянии	32,8	4,82	14,4	0,68	2,18	50	
	После кипячения в воде в течение одного часа	22,1	3,55	16,0	0,50	2,27	50	
	После переменного кипячения — высушивания	17,8	1,40	8,0	0,14	0,8	100	Незидовский домостроительный комбинат Усть-Ижорский фанерный завод (Ленинград)

3-, 6- и даже 72-часовое кипячение образцов. Например, австралийский стандарт 059—52 «Водостойкая судостроительная фанера» требует 6-часового кипячения образцов в воде для испытания соединений на феноло-формальдегидных, резорцино-формальдегидных, меламиновых и мочевино-меламиновых клеях; японский стандарт на авиационную фанеру требует 3-часового кипячения образцов фанеры, склеенной феноло-формальдегидными клеями. Кипячение — высушивание, повторяемое несколько раз, в большей степени приближает результаты ускоренного испытания к данным, полученным после длительной эксплуатации клеевых соединений при переменном температурно-влажностном режиме. Описанные приемы более всего применимы к соединениям на феноло-формальдегидных, резорцино-формальдегидных, эпоксидных и других термореактивных теплостойких клеях.

На точность ускоренной оценки долговечности клеевых соединений влияют форма и размеры образцов. Среди побочных факторов наибольшее искажение вносят концентрация напряжений и непостоянные отрывающие усилия, вызванные изгибом образца (см. рис. 1, а) при растяжении (рис. 2). В связи с тем, что изменчивость модуля упругости при изгибе фанеры выше, чем изменчивость предела прочности на скалывание, погрешность в определении показателей прочности склеивания весьма существенна. В образцах, изображенных на рис. 1, б, концентрацию напряжений и связанный с ней разброс показателей прочности вызывают захваты приспособления для испытания (рис. 3).

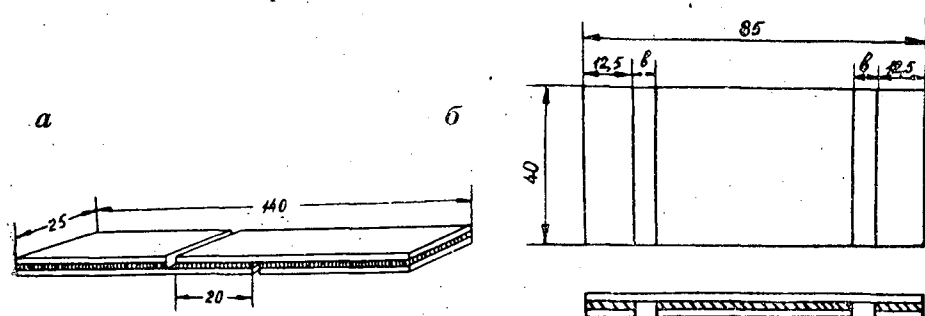


Рис. 1. Стандартные образцы фанеры для испытания на скалывание по клеевому слою.

а — по ГОСТу 1143—41; б — по ГОСТу 9624—61.



Рис. 2. Изгиб стандартного образца при испытании на скалывание по клеевому слою.

Для образцов, изображенных на рис. 4, наибольшее искажение вносит сопротивление шпона отрыву и скалыванию под углом 45° . Соответствующие показатели колеблются в основном из-за пороков древесины, которые можно ограничить или полностью исключить при отбраковке образцов. Благодаря одинаковому направлению волокон шпона относительно кромок, в этом образце меньше проявляется анизотропия механических свойств. Вследствие перерезания волокон на кромках во всех слоях влага быстро и равномерно проникает в древесину, в связи с чем повышается эффективность термовлагообработки клеевых швов. Учитывая это, образец (рис. 4) может быть рекомендован для проведения ускоренных испытаний фанеры.

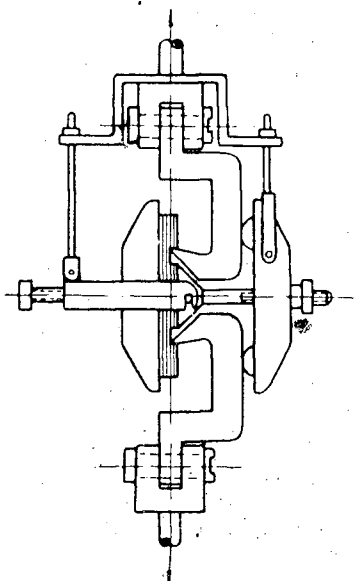


Рис. 3. Приспособление для испытания образцов на скалывание по клеевому слою по ГОСТу 9624—61.

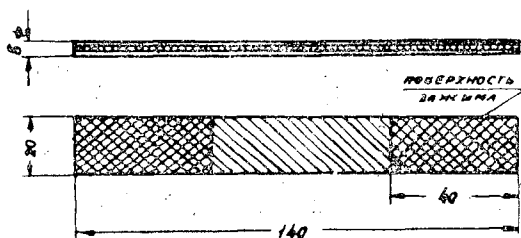


Рис. 4. Экспериментальный образец фанеры для испытания на скалывание по клеевому слою.

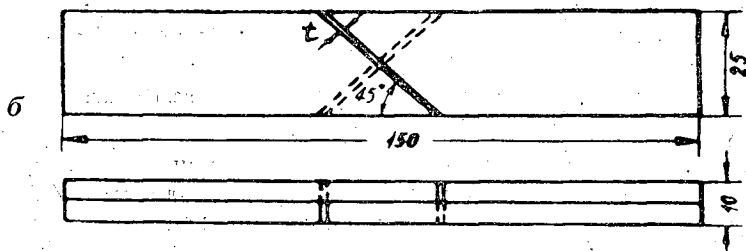
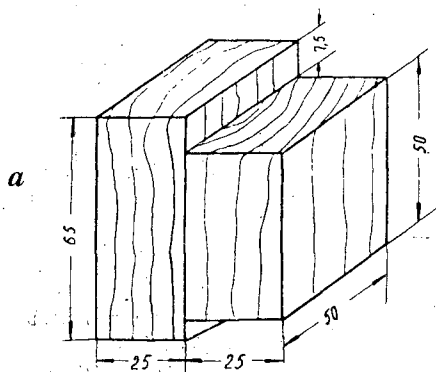


Рис. 5. Образцы клеевых соединений в дощатых и брусчатых конструкциях и изделиях для испытания прочности.

а — по инструкции СН-11-57; б — экспериментальный.

Серьезные препятствия возникают при ускоренных испытаниях образцов конструкций, склеенных из досок или брусев. Форма и размеры такого образца (рис. 5, а) не позволяют быстро провести термовла-

гообработку из-за сравнительно невысокой скорости проникания влаги в клеевой шов, поэтому на производстве предпочитают испытывать образцы в сухом состоянии. Однако при этом нельзя выявить действительную прочность и составить представление о стойкости и долговечности клеевых соединений, так как в сухом состоянии почти все клеи показывают приблизительно одинаковую прочность. Кроме того, при испытании образцов в специальном приспособлении (рис. 6) имеет место концентрация напряжений; техника испытаний осложняется необходимостью установки образцов в это приспособление.

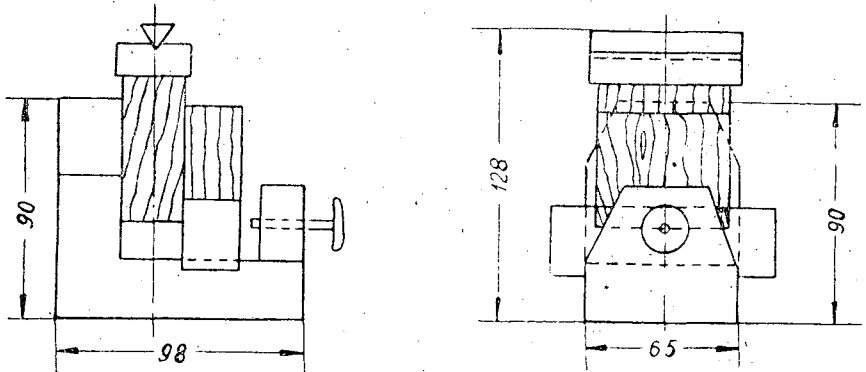


Рис. 6. Приспособление для испытания образцов на скалывание по клеевому слою по инструкции СН-11-57.

Автор статьи разработал способ испытаний клеевых соединений в дощатых и брусчатых изделиях на образце, показанном на рис. 5, 6. В нем для улучшения условия термовлагообработки, снижения трудоемкости изготовления и упрощения техники испытания делают на полную глубину слоев косые симметричные прорезы, направленные под углом 45° к кромкам. Благодаря треугольной форме участков скалы-

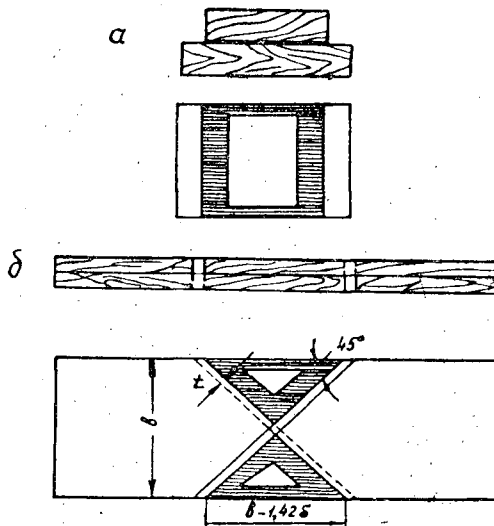


Рис. 7. Схема проникновения влаги в клеевой шов экспериментального образца.

а — образец по инструкции СН-11-57;
б — экспериментальный образец.

вания отношение длины их периметра к величине площади больше, чем у образцов, имеющих прямоугольную форму (рис. 7). В связи с этим за определенный начальный промежуток времени влага пропитывает больший процент площади клевого шва образцов с треугольными площадками и таким образом создаются лучшие условия термовлагодобработки. В этом образце отсутствует эксцентриситет приложения растягивающих усилий, поэтому показатели прочности более устойчивы по сравнению с образцами, изображенными на рис. 1, а, б и 5, а. Он прост в изготовлении и быстро вставляется в испытательную машину, что экономит время и создает предпосылки для использования такого образца при массовых испытаниях клееных изделий в заводских условиях. Предел прочности на скалывание по клеевому слою определяют по формуле

$$\tau = \frac{2P}{(b - 1,42t)^2},$$

где P — разрушающая нагрузка, кг;
 b — ширина образца, см;
 t — ширина прорези, см.

Образец может быть применен для испытания на прочность и водостойкость клеевых соединений древесины (вдоль волокон), а также пластмасс, металлов и других материалов; для установления стандартных расчетных величин прочности, что связано с необходимостью математической обработки большого числа наблюдений.

В табл. 2 приведены результаты испытаний клеевых соединений с использованием образца по рис. 5, б, склеенного феноло-формальдегидным клеем КБ-3, и для сравнения приведены данные испытаний образцов по рис. 5, а.

Название образцов, взятых для испытания клеевых соединений в дощатых и брусчатых конструкциях	Метод испытания	Пока
		среднее арифметическое, кг/см ²
Стандартный по инструкции СН-11-50 (рис. 5, а)	В сухом состоянии	78,2
	После вымачивания в воде в течение 48 час	55,7
Экспериментальный (рис. 5, б)	В сухом состоянии	43,8
	После кипячения в воде в течение 1 час	37,1
	После переменного кипячения — высушивания	35,8
	После обработки по методу ВИАМ на ускоренное старение (8 циклов)	35,5
	После переменного кипячения замораживания (2 цикла)	35,2
	После выдерживания на открытом воздухе в течение года	33,1

Сравнивая данные табл. 1 и 2, можно заметить, что показатели прочности образцов клееной фанеры (рис. 1) и дощатых изделий (рис. 5) различны. Это объясняется тем, что скалывание в первых образцах происходит поперек волокон, а во вторых — вдоль волокон. Вследствие неодинакового взаимного направления волокон в упомянутых образцах различны и режимы их термовлагодобработки. Необходимо

учитывать и то, что клееные дощатые конструкции более или менее продолжительное время находятся на открытом воздухе (при транспортировке и хранении, в период монтажа на строительной площадке, а нередко и в эксплуатации).

В практике отечественного строительства до последнего времени по существу отсутствовали методы ускоренных испытаний хотя бы для относительной оценки долговечности клеевых соединений в деревянных конструкциях. Рекомендуемая инструкцией СН-11-57 методика ВИАМ хотя и является эффективной, но не может быть признана ускоренным методом, так как только на один ее цикл затрачивается 82 час. Для испытаний клеевых соединений древесины на прочность по этой методике рекомендуется 8 циклов. Учитывая выходные дни и непредвиденные простои, можно считать, что на испытание по этой методике потребуется месяц, что практически неприемлемо для заводских условий.

В связи с этим для ускоренных испытаний образцов клееных деревянных деталей и конструкций мы предложили метод переменного кипячения — замораживания. Этот метод разработан применительно к эксплуатации конструкций на открытом воздухе и заключается в том, что образцы кипятят 4 час в воде, затем охлаждают 30 мин в проточной воде, замораживают при $t = -20^{\circ}\text{C}$ в течение 15 час, вновь кипятят 4 час, после чего охлаждают в воде до комнатной температуры и испытывают на скалывание по клеевому слою. Предлагаемый способ отличается от ранее известных тем, что в нем сочетается возможность оценки не только водо- и теплостойкости, но и долговечности соединений.

В результате многолетних испытаний клееных деревянных изделий по ранее известным методам установлено, например, что соединения на казеиновом и альбуминовом клеях менее долговечны, чем на карба-

Таблица 2

данные математической обработки					Место проведения испытаний
среднеквадратичное отклонение, кг/см^2	коэффициент изменчивости, %	средняя ошибка среднего арифметического, кг/см^2	показатель точности вычислений, %	число наблюдений (образцов), шт.	
17,5	22,4	2,49	3,16	50	ЦНИИСК (Москва).
10,8	19,5	1,54	2,77	50	
10,7	24,4	1,19	2,72	85	Западно-Сибирский филиал АС и А СССР (Новосибирск).
6,9	18,6	0,97	2,61	50	
5,2	14,5	0,78	2,06	50	"
6,0	16,9	0,66	1,90	80	"
5,8	16,4	0,83	2,35	50	"
5,4	16,3	0,53	1,61	106	"

мидных, но последние менее долговечны, чем соединения на феноло-формальдегидных клеях.

Такие же результаты показывает испытание клеевых соединений по предложенному нами методу. Кроме того, этот способ позволяет дать относительную оценку долговечности соединений на феноло-резорцино-формальдегидных и меламино-формальдегидных клеях, отличающихся

повышенной стойкостью к атмосферным и другим температурно-влажностным факторам.

Эффективность этого способа заключается в том, что с его помощью можно получить результаты в более короткий срок, что дает возможность применить предложенный способ для контроля качества продукции на заводах, выпускающих клееные деревянные изделия. Позволяя отличать долговечные соединения от недолговечных, этот метод исключает возможность затрат древесины на недолговечные клееные изделия и ведет к экономному ее использованию в народном хозяйстве.

В связи с тем, что применение способа ускоренной оценки долговечности клеевых соединений приобретает немаловажное значение для строительной практики, предполагается в ближайшее время разработать нормативный документ по контролю качества клеевых соединений в деревянных конструкциях и строительных изделиях, предусматривающий включение в него описанных в настоящей статье способов и образцов.

Поступила в редакцию
20 сентября 1963 г.

**ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ
ОБ ИЗГИБЕ ОДНОРОДНОЙ ОРТОТРОПНОЙ БАЛКИ
ПРЯМОУГОЛЬНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ
РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКОЙ**

О. К. ЗЕВАХИН

Преподаватель

(Ленинградская лесотехническая академия)

Предположим, что балка прямоугольного поперечного сечения, изготовленная из однородного ортотропного материала, изгибается равномерно распределенной на единицу площади нагрузкой q , причем грани этой балки параллельны плоскостям упругой симметрии материала.

Расположение осей координат указано на рис. 1.

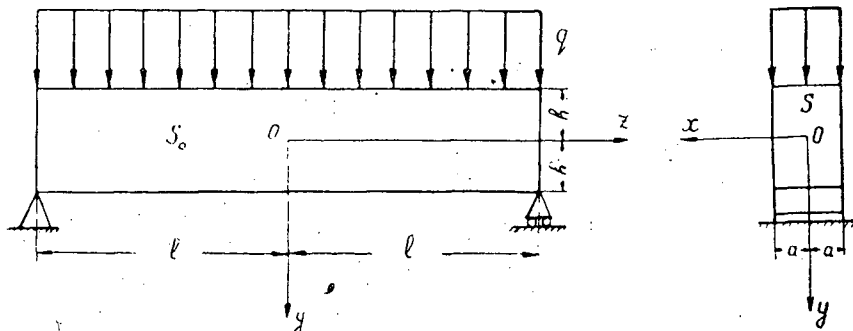


Рис. 1.

Решение данной задачи будем искать в следующей форме:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= A_1 y^3 + A_2 yz^2 + A_3 y; \\ \sigma_y &= B_1 y^3 + B_2 y + B_3; \\ \sigma_z &= C_1 y^3 + C_2 yz^2 + C_3 y; \\ \tau_{yz} &= D_1 y^2 z + D_2 z; \\ \tau_{xz} &= \tau_{xy} = 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{yz}, \tau_{xz}, \tau_{xy}$ — компоненты напряжений; $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3, C_1, C_2, C_3, D_1, D_2$ — неизвестные постоянные.

Подставляя выражения (1) в уравнения равновесия

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} &= 0; \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} &= 0; \\ \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

получим следующие равенства

$$\begin{aligned} 3B_1 y^2 + B_2 + D_1 y^2 + D_2 &= 0; \\ 2D_1 yz + 2C_2 yz &= 0; \end{aligned}$$

Отсюда вытекает, что

$$\left. \begin{aligned} D_1 &= -3B_1; \\ D_2 &= -B_2; \\ C_2 &= 3B_1. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

На основании выражений (1) и (3) имеем

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= A_1 y^3 + A_2 yz^2 + A_3 y; \\ \sigma_y &= B_1 y^3 + B_2 y + B_3; \\ \sigma_z &= C_1 y^3 + 3B_1 yz^2 + C_3 y; \\ \tau_{yz} &= -3B_1 y^2 z - B_2 z, \\ \tau_{xz} &= \tau_{xy} = 0. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

При решении данной задачи мы точно удовлетворим граничным условиям (см. ниже) на плоскостях $y = \pm h$ и, согласно принципу Сен-Венана, приближенно в плоскостях $z = \pm l$. Приближенно мы удовлетворим условиям и на плоскостях $x = \pm a$. Но площадь граней $x = \pm a$ не составляет небольшой части площади поверхности всего тела (балки), и, следовательно, мы не можем утверждать, что, приложив к каждой из граней $x = \pm a$, свободных от усилий, систему сил, статически эквивалентную нулю, не вызовем тем самым заметного изменения в упругом равновесии тела. Мы еще вернемся к этому и, получив приближенное решение, исследуем вопрос о погрешности смещений и напряжений.

Граничные условия

1) при $y = h$ $\sigma_y = \tau_{yz} = 0$;

2) при $y = -h$ $\sigma_y = -q$, $\tau_{yz} = 0$;

3) при $x = \pm a$ (а также в любом сечении, параллельном этим граням)

а) $\iint_{(S_0)} \sigma_x dydz = 0$, б) $\iint_{(S_0)} \sigma_x z dydz = 0$, в) $\iint_{(S_0)} \sigma_x y dydz = 0$;

4) при $z = \pm l$ а) $\iint_{(S)} \sigma_z dx dy = 0$, б) $\iint_{(S)} \sigma_z y dx dy = 0$,

в) $\iint_{(S)} \sigma_z x dx dy = 0$, г) $\iint_{(S)} \tau_{yz} dx dy = \mp 2qal$, д) $\iint_{(S)} \tau_{yz} x dx dy = 0$.

5) а) при $x = y = 0$ и $z = -l$ $u = v = w = 0$, $\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} = 0$;

б) при $x = y = 0$ и $z = l$ $u = v = 0$,

где u, v, w — проекции смещения на оси координат.

Заметим, что условия 3, а; 3, б; 4, а; 4, в и 4, д уже выполнены. Используя первое и второе из граничных условий, имеем:

$$\left. \begin{aligned} B_1 h^3 + B_2 h + B_3 &= 0; \\ -B_1 h^3 - B_2 h + B_3 &= -q; \\ -3B_1 h^2 - B_2 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Решая систему (5), получим следующие выражения для B_1 , B_2 , B_3

$$B_1 = -\frac{q}{4h^3}; \quad (6)$$

$$B_2 = \frac{3q}{4h}; \quad (7)$$

$$B_3 = -\frac{q}{2}. \quad (8)$$

При найденных значениях B_1 и B_2 выполняется и условие 4, г. На основании условия 3, в имеем

$$\frac{1}{5} A_1 h^2 + \frac{1}{9} A_2 l^2 + \frac{1}{3} A_3 = 0. \quad (9)$$

Из условия 4, б вытекает, что

$$\frac{1}{5} C_1 h^2 + B_1 l^2 + \frac{1}{3} C_3 = 0. \quad (10)$$

Используя условия совместности Сен-Венана

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial y^2} &= \frac{\partial^2 \gamma_{yz}}{\partial y \partial z}; \\ \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial z^2} &= \frac{\partial^2 \gamma_{xz}}{\partial z \partial x}; \\ \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial x^2} &= \frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x \partial y}; \\ 2 \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y \partial z} &= \frac{\partial}{\partial x} \left(-\frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_{xz}}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} \right); \\ 2 \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial z \partial x} &= \frac{\partial}{\partial y} \left(-\frac{\partial \gamma_{xz}}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} + \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} \right); \\ 2 \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial x \partial y} &= \frac{\partial}{\partial z} \left(-\frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} + \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_{xz}}{\partial y} \right) \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

и закон Гука, который в данном случае примет вид

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_x &= a_{11} (A_1 y^3 + A_2 y z^2 + A_3 y) + a_{12} (B_1 y^3 + B_2 y + B_3) + \\ &\quad + a_{13} (C_1 y^3 + 3B_1 y z^2 + C_3 y); \\ \varepsilon_y &= a_{12} (A_1 y^3 + A_2 y z^2 + A_3 y) + a_{22} (B_1 y^3 + B_2 y + B_3) + \\ &\quad + a_{23} (C_1 y^3 + 3B_1 y z^2 + C_3 y); \\ \varepsilon_z &= a_{13} (A_1 y^3 + A_2 y z^2 + A_3 y) + a_{23} (B_1 y^3 + B_2 y + B_3) + \\ &\quad + a_{33} (C_1 y^3 + 3B_1 y z^2 + C_3 y); \\ \gamma_{yz} &= -a_{44} (3B_1 y^2 z + B_2 z); \\ \gamma_{xz} &= 0; \\ \gamma_{xy} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

получим недостающие уравнения для определения неизвестных коэффициентов A_1, A_2, A_3, C_1, C_3

$$a_{12}A_2 + 3(2a_{23} + a_{44})B_1 + 3a_{13}A_1 + 3a_{33}C_1 = 0; \quad (13)$$

$$a_{11}A_2 + 3a_{13}B_1 = 0, \quad (14)$$

$$a_{11}A_1 + a_{12}B_1 + a_{13}C_1 = 0. \quad (15)$$

Решая систему, состоящую из уравнений (9), (10), (13), (14) и (15), найдем

$$A_1 = \frac{q [a_{12}(a_{11}a_{33} + a_{13}^2) - a_{11}a_{13}(2a_{23} + a_{44})]}{4a_{11}(a_{11}a_{33} - a_{13}^2)h^3}; \quad (16)$$

$$A_2 = \frac{3a_{13}q}{4a_{11}h^3}; \quad (17)$$

$$A_3 = \frac{q \{3h^2 [a_{12}(a_{11}a_{33} + a_{13}^2) - a_{11}a_{13}(2a_{23} + a_{44})] + 5l^2 a_{13}(a_{11}a_{33} - a_{13}^2)\}}{20a_{11}(a_{11}a_{33} - a_{13}^2)h^3}; \quad (18)$$

$$C_1 = \frac{q [a_{11}(2a_{23} + a_{44}) - 2a_{12}a_{13}]}{4(a_{11}a_{33} - a_{13}^2)h^3}; \quad (19)$$

$$C_3 = \frac{3q \{5l^2(a_{11}a_{33} - a_{13}^2) - h^2 [a_{11}(2a_{23} + a_{44}) - 2a_{12}a_{13}]\}}{20(a_{11}a_{33} - a_{13}^2)h^3}. \quad (20)$$

Таким образом, все постоянные в формулах (4) определены и компоненты напряжений найдены.

Получим теперь выражения для смещений.

Используя равенства (12) и учитывая, что

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}; \quad \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}; \quad \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z};$$

$$\gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}; \quad \gamma_{xz} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z}; \quad \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x},$$

получим следующую систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x} &= a_{11}(A_1 y^3 + A_2 yz^2 + A_3 y) + a_{12}(B_1 y^3 + B_2 y + B_3) + \\ &\quad + a_{13}(C_1 y^3 + 3B_1 yz^2 + C_3 y); \\ \frac{\partial v}{\partial y} &= a_{12}(A_1 y^3 + A_2 yz^2 + A_3 y) + a_{22}(B_1 y^3 + B_2 y + B_3) + \\ &\quad + a_{23}(C_1 y^3 + 3B_1 yz^2 + C_3 y); \\ \frac{\partial w}{\partial z} &= a_{13}(A_1 y^3 + A_2 yz^2 + A_3 y) + a_{23}(B_1 y^3 + B_2 y + B_3) + \\ &\quad + a_{33}(C_1 y^3 + 3B_1 yz^2 + C_3 y); \\ \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} &= -a_{44}(3B_1 y^2 z + B_2 z); \\ \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} &= 0; \\ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Интегрируя систему (21) и учитывая равенства (13), (14) и (15), определим

$$u = (a_{11}A_3 + a_{12}B_2 + a_{13}C_3)xy + a_{12}B_3x + C_5y + C_6z + C_7; \quad (22)$$

$$v = -\frac{1}{2}x^2(a_{11}A_3 + a_{12}B_2 + a_{13}C_3) + \frac{1}{4}a_{12}y^2(A_1y^2 + 2A_2z^2 + 2A_3) + a_{22}y\left(\frac{1}{4}B_1y^3 + \frac{1}{2}B_2y + B_3\right) + \frac{1}{4}a_{23}y^2(C_1y^2 + 6B_1z^2 + 2C_3) - \frac{1}{4}\left(\frac{1}{3}a_{13}A_2 + a_{33}B_1\right)z^4 - \frac{1}{2}z^2(a_{13}A_3 + a_{23}B_2 + a_{33}C_3 + a_{44}B_2) - C_5x - C_8z + C_{10}; \quad (23)$$

$$w = \frac{1}{3}a_{13}yz(3A_1y^2 + A_2z^2 + 3A_3) + a_{23}z(B_1y^3 + B_2y + B_3) + a_{33}yz(C_1y^2 + B_1z^2 + C_3) - C_6x + C_8y + C_9, \quad (24)$$

где $C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, C_{10}$ — постоянные интегрирования, определяемые из условий закрепления на концах.

На основании граничных условий 5, а и 5, б имеем

$$C_5 = 0; C_6 = 0; C_7 = 0; C_8 = 0; C_9 = a_{23}B_3l; \\ C_{10} = \frac{1}{4}\left(\frac{1}{3}a_{13}A_2 + a_{33}B_1\right)l^4 + \frac{1}{2}(a_{13}A_3 + a_{23}B_2 + a_{33}C_3 + a_{44}B_2)l^2.$$

В этом случае получим выражения для u, v, w

$$u = (a_{11}A_3 + a_{12}B_2 + a_{13}C_3)xy + a_{12}B_3x; \quad (25)$$

$$v = -\frac{1}{2}x^2(a_{11}A_3 + a_{12}B_2 + a_{13}C_3) + \frac{1}{4}y^4(a_{12}A_1 + a_{22}B_1 + a_{23}C_1) + \frac{1}{2}y^2z^2(a_{12}A_2 + 3a_{23}B_1) + \frac{1}{2}y^2(a_{12}A_3 + a_{22}B_2 + a_{23}C_3) + a_{22}B_3y + \frac{1}{12}(a_{13}A_2 + 3a_{33}B_1)(l^4 - z^4) + \frac{1}{2}(a_{13}A_3 + a_{23}B_2 + a_{33}C_3 + a_{44}B_2)(l^2 - z^2); \quad (26)$$

$$w = y^3z(a_{13}A_1 + a_{23}B_1 + a_{33}C_1) + \frac{1}{3}yz^3(a_{13}A_2 + 3a_{33}B_1) + yz(a_{13}A_3 + a_{23}B_2 + a_{33}C_3) + a_{23}B_3(z + l). \quad (27)$$

Из равенства (26) легко получить уравнение изогнутой оси балки

$$y' = \frac{1}{12}(a_{13}A_2 + 3a_{33}B_1)(l^4 - z^4) + \frac{1}{2}(a_{13}A_3 + a_{23}B_2 + a_{33}C_3 + a_{44}B_2)(l^2 - z^2), \quad (28)$$

где

$$y' = v|_{x=y=0}$$

Наибольший прогиб (в середине пролета) найдем по формуле

$$f_y = \frac{1}{12}(a_{13}A_2 + 3a_{33}B_1)l^4 + \frac{1}{2}(a_{13}A_3 + a_{23}B_2 + a_{33}C_3 + a_{44}B_2)l^2. \quad (29)$$

Выражение (28) представляет собой, строго говоря, решение задачи об изгибе однородной ортотропной прямоугольной пластинки, находящейся под действием равномерно распределенной нагрузки и закрепленной тем же способом, что и рассматриваемая балка. Обратим внимание на то обстоятельство, что полученное решение при заданном q не зависит от ширины балки. На основании уравнения (26) имеем следующее выражение для прогибов срединной плоскости этой пластинки:

$$v|_{y=0} = -\frac{1}{2}x^2(a_{11}A_3 + a_{12}B_2 + a_{13}C_3) + \frac{1}{12}(a_{13}A_2 + 3a_{33}B_1)(l^4 - z^4) + \\ + \frac{1}{2}(a_{13}A_3 + a_{23}B_2 + a_{33}C_3 + a_{44}B_2)(l^2 - z^2). \quad (30)$$

Перейдем к вопросу о том, какова будет погрешность при вычислении смещений и напряжений в данной задаче об изгибе балки, если условиям на гранях $x = \pm a$ удовлетворить приближенно.

Сначала рассмотрим балку, у которой ширина во много раз больше высоты ($a \gg h$)*. В этом случае выражение (28) можно принять за точное решение задачи (на основании принципа Сен-Венана), если выделить узкие области вблизи соответствующих граней и, следовательно, тогда погрешность будет равна нулю.

Теперь рассмотрим другой случай. Предположим, что мы имеем балку-стенку ($a \ll h$), к которой приложена равномерно распределенная нагрузка интенсивности $q_1 = 2aq$. Используем решение, приведенное в книге С. Г. Лехницкого [1]; при этом заменим соответствующим образом оси координат и упругие постоянные.

Напряжения и смещения найдем по формулам

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{0y} &= B_{01}y^3 + B_{02}y + B_{03}; \\ \sigma_{0z} &= C_{01}y^3 + 3B_{01}yz^2 + C_{03}y; \\ \tau_{0yz} &= -3B_{01}y^2z - B_{02}z; \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

$$\left. \begin{aligned} v_0 &= \frac{1}{4}a_{22}B_{01} + a_{23}C_{01} y^4 + \frac{1}{2}(a_{22}B_{02} + a_{23}C_{03})y^2 + \\ &+ \frac{3}{2}a_{23}B_{01}y^2z^2 + a_{22}B_{03}y - \frac{1}{4}a_{33}B_{01}(z^4 - l^4) - \\ &- \frac{1}{2}(a_{23}B_{02} + a_{33}C_{03} + a_{44}B_{02})(z^2 - l^2); \\ w_0 &= (a_{23} + B_{01} + a_{33}C_{01})y^3z + (a_{23}B_{02} + a_{33}C_{03})yz + \\ &+ a_{33}B_{01}yz^3 + a_{23}B_{03}(z + l), \end{aligned} \right\} \quad (32)$$

где

$$\left. \begin{aligned} B_{01} &= B_1 = -\frac{q}{4h^3}; \\ B_{02} &= B_2 = \frac{3q}{4h}; \\ B_{03} &= B_3 = -\frac{q}{2}; \\ C_{01} &= \frac{q(2a_{23} + a_{44})}{4a_{33}h^3}; \\ C_{03} &= -\frac{3q(2a_{23} + a_{44})}{20a_{33}h} + \frac{3ql^2}{4h^3}. \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

Кроме того, нам понадобится еще уравнение изогнутой оси, которое принимает вид

$$y'_0 = -\frac{1}{4}a_{33}B_{01}(z^4 - l^4) - \frac{1}{2}(a_{23}B_{02} + a_{33}C_{03} + a_{44}B_{02})(z^2 - l^2), \quad (34)$$

причем

$$y'_0 = v_0|_{y=0}.$$

* Такая балка представляет собой пластинку, о которой мы говорили выше.

Прежде всего, найдем погрешность при вычислении прогибов оси балки. Абсолютную величину отношения $\frac{y'_0 - y'}{y'_0}$ обозначим через w

$$w = \left| \frac{y'_0 - y'}{y'_0} \right| = \frac{|6 [a_{33} (C_{03} - C_3) - a_{13} A_3] - a_{13} A_2 (l^2 + z^2)|}{3 | [a_{33} B_{01} (l^2 + z^2) + 2 (a_{23} + a_{44}) B_{02} + 2 a_{33} C_{03}] |} \quad (35)$$

или

$$w = \frac{|a_{13} [5a_{13} (l^2 - z^2) - 6a_{12} h^2]|}{|a_{11} [5a_{33} (5l^2 - z^2) + 6 (3a_{23} + 4a_{44}) h^2]|} \quad (36)$$

Мы не будем исследовать вопрос о знаке выражения, находящегося в квадратной скобке знаменателя дроби (36). Укажем лишь на условие, при котором это выражение положительно, а именно *

$$a_{44} > |a_{23}|. \quad (37)$$

Ортотропных тел, удовлетворяющих условию (37), очень много. В частности, рассматривая древесину как ортотропный материал, заметим, что это условие применимо к породам, для которых приведены соответствующие постоянные упругие [2]. Условие (37) выполняется и для всех изотропных тел.

Тогда наименьшая положительная величина знаменателя дроби (36) будет при $z = \pm l$.

Кроме того,

$$|5a_{13} (l^2 - z^2) - 6a_{12} h^2| < 5 \cdot |a_{13}| \cdot l^2 + 6 \cdot |a_{12}| \cdot h^2,$$

следовательно,

$$w < \frac{|a_{13}| \cdot (5 \cdot |a_{13}| \cdot l^2 + 6 \cdot |a_{12}| \cdot h^2)}{2a_{11} [10a_{33} l^2 + 3 (3a_{23} + 4a_{44}) h^2]} \quad (38)$$

или

$$w < \frac{|a_{13}| \cdot [5 \cdot |a_{13}| + 6 \cdot |a_{12}| \cdot \left(\frac{h}{l}\right)^2]}{2a_{11} [10a_{33} + 3 (3a_{23} + 4a_{44}) \left(\frac{h}{l}\right)^2]} \quad (39)$$

Используя значения упругих постоянных, приведенные в статье А. Н. Митинского [2], получим табл. 1, в которой приведены значения относительных погрешностей при вычислении прогибов оси балки для различных пород древесины, а также для изотропных тел (при трех соотношениях между высотой и длиной балки).

Как видно из таблицы, наибольшая погрешность для анизотропных материалов приблизительно равна 1%; для изотропных — около 2,8% **. Фактически предельная относительная погрешность меньше соответствующих значений, приведенных в табл. 1.

Перейдем к оценке погрешности смещений и напряжений в общем случае. Прибавив к коэффициентам $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3, C_1, C_3$ абсолютные погрешности, которые обозначим соответственно через $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \gamma_1, \gamma_3$ потребуем, чтобы в плоскости y о z имели место следующие тождества:

$$v + \text{погрешность} = v_0, \quad (40)$$

$$w + \text{погрешность} = w_0. \quad (41)$$

* Известно, что $a_{11} > 0; a_{33} > 0; a_{44} > 0; a_{12} < 0; a_{13} < 0; a_{23} < 0$.

** Коэффициент Пуассона принят равным $1/3$.

Таблица 1

Материал	Относительные погрешности (%) при отношениях $\frac{h}{l}$, равных		
	$1/4$	$1/10$	$1/100$
Береза	0,5	0,3	0,4
Бук	0,7	0,8	0,8
Дуб	0,9	0,9	1,0
Ель	0,2	0,3	0,3
Клен	1,0	1,0	0,9
Пихта	0,4	0,3	0,3
Сосна	0,3	0,4	0,4
Ясень	0,5	0,5	0,6
Изотропное тело	2,5	2,7	2,8

Заметим, что при $x=0$ и $u=0$.

На основании равенств (40) и (41) (приравнивая коэффициенты у одинаковых степеней переменных) получим уравнения

$$\left. \begin{aligned}
 a_{12}(A_1 + \alpha_1) + a_{22}\beta_1 + a_{23}(C_1 + \gamma_1) &= a_{23}C_{01}; \\
 a_{12}(A_2 + \alpha_2) + 3a_{23}\beta_1 &= 0; \\
 a_{12}(A_3 + \alpha_3) + a_{22}\beta_2 + a_{23}(C_3 + \gamma_3) &= a_{23}C_{03}; \\
 B_3 + \beta_3 &= B_{03}; \\
 a_{13}(A_2 + \alpha_2) + 3a_{33}\beta_1 &= 0; \\
 a_{13}(A_3 + \alpha_3) + (a_{23} + a_{44})\beta_2 + a_{33}(C_3 + \gamma_3) &= a_{33}C_{03}; \\
 a_{13}(A_1 + \alpha_1) + a_{23}\beta_1 + a_{33}(C_1 + \gamma_1) &= a_{33}C_{01}; \\
 a_{13}(A_3 + \alpha_3) + a_{23}\beta_2 + a_{33}(C_3 + \gamma_3) &= a_{33}C_{03}.
 \end{aligned} \right\} \quad (42)$$

Решая систему уравнений (42), найдем абсолютные погрешности

$$\left. \begin{aligned}
 \alpha_1 &= -A_1, & \alpha_2 &= -A_2; & \alpha_3 &= -A_3; \\
 \beta_1 &= 0; & \beta_2 &= 0; & \beta_3 &= 0; \\
 \gamma_1 &= C_{01} - C_1; & \gamma_3 &= C_{03} - C_3.
 \end{aligned} \right\} \quad (43)$$

Поскольку приращение смещения u точки

$$\Delta u = \frac{\partial u}{\partial A_3} \Delta A_3 + \frac{\partial u}{\partial C_3} \Delta C_3,$$

имеем

$$|\Delta u| \leq |x| \cdot |y| \cdot (a_{11} \cdot |A_3| + |a_{13}| \cdot |C_{03} - C_3|), \quad (44)$$

если заменить ΔA_3 и ΔC_3 соответственно значениями α_3 и γ_3 . Тогда относительную погрешность смещения u можно выразить следующим неравенством:

$$\left| \frac{\Delta u}{u} \right| \leq \frac{|y| \cdot (a_{11} |A_3| + |a_{13}| \cdot |C_{03} - C_3|)}{|(a_{11}A_3 + a_{12}B_2 + a_{13}C_3)y + a_{12}B_3|}. \quad (45)$$

В плоскости xOz $\left| \frac{\Delta u}{u} \right| = 0$.

Если

$$y = - \frac{a_{12} B_3}{a_{11} A_3 + a_{12} B_2 + a_{13} C_3} \quad (46)$$

или в другом виде

$$y = \frac{5a_{12}h^3}{5a_{13}l^2 + 6a_{12}h^2} > 0, \quad (47)$$

то знаменатель правой части неравенства (45) обращается в нуль и в точках, близких к плоскости (46), относительная погрешность очень велика.

В табл. 2 даны значения относительных погрешностей смещения u точки для сосны.

Таблица 2

y	Относительные погрешности (%) при отношениях $\frac{h}{l}$, равных		
	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{100}$
$-\frac{1}{4}h$	6	24	49
$-\frac{1}{2}h$	9	30	49
$-\frac{3}{4}h$	11	33	49
$-h$	12	34	49

Так как во многих случаях формула (25) дает погрешность, неприемлемую для расчетов, можно пользоваться другой приближенной формулой, которую получим следующим образом:

$$u_1 = u + \Delta u = u + \frac{\partial u}{\partial A_3} \alpha_3 + \frac{\partial u}{\partial C_3} \gamma_3,$$

откуда имеем

$$u_1 = (a_{12}B_2 + a_{13}C_{03})xy + a_{12}B_3x. \quad (48)$$

Вычисляя приращение смещения v точки

$$\Delta v = \frac{\partial v}{\partial A_1} \Delta A_1 + \frac{\partial v}{\partial A_2} \Delta A_2 + \frac{\partial v}{\partial A_3} \Delta A_3 + \frac{\partial v}{\partial C_1} \Delta C_1 + \frac{\partial v}{\partial C_3} \Delta C_3$$

и заменяя ΔA_1 , ΔA_2 , ΔA_3 , ΔC_1 , ΔC_3 соответственно значениями α_1 , α_2 , α_3 , γ_1 , γ_3 находим

$$\begin{aligned} |\Delta v| \leq & \frac{1}{2} x^2 |a_{11}A_3 - a_{13}(C_{03} - C_3)| + \frac{1}{4} y^4 |a_{23}(C_{01} - C_1) - a_{12}A_1| + \\ & + \frac{1}{2} |a_{13}| \cdot |A_2| y^2 z^2 + \frac{1}{2} y^2 \cdot |a_{23}(C_{03} - C_3) - a_{12}A_3| + \\ & + \frac{1}{12} |a_{13}| \cdot |A_2| \cdot (l^4 - z^4) + \frac{1}{2} |a_{33}(C_{33} - C_3) - a_{13}A_3| \cdot (l^2 - z^2). \quad (49) \end{aligned}$$

Тогда относительная погрешность смещения v выразится неравенством

$$\begin{aligned} \left| \frac{\Delta v}{v} \right| \leq \frac{1}{|v|} \left\{ \frac{1}{2} x^2 \cdot \left| a_{11} A_3 - a_{13} (C_{03} - C_3) \right| + \right. \\ \left. + \frac{1}{4} y^4 \cdot \left| a_{23} (C_{01} - C_1) - a_{12} A_1 \right| + \frac{1}{2} \left| a_{12} \right| \cdot \left| A_2 \right| \cdot y^2 z^2 + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} y^2 \cdot \left| a_{23} (C_{03} - C_3) - a_{12} A_3 \right| + \frac{1}{12} \left| a_{13} \right| \cdot \left| A_2 \right| \cdot (l^2 - z^4) + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \left| a_{33} (C_{03} - C_3) - a_{13} A_3 \right| \cdot (l^2 - z^2) \right\}. \end{aligned} \quad (50)$$

Приращение смещения w точки

$$\begin{aligned} \Delta w = \frac{\partial w}{\partial A_1} \Delta A_1 + \frac{\partial w}{\partial A_2} \Delta A_2 + \frac{\partial w}{\partial A_3} \Delta A_3 + \frac{\partial w}{\partial C_1} \Delta C_1 + \frac{\partial w}{\partial C_3} \Delta C_3 \\ |\Delta w| \leq |y| \cdot |z| \cdot \left[y^2 \left| a_{13} A_1 - a_{33} (C_{01} - C_1) \right| + \frac{1}{3} \left| a_{13} \right| \cdot \left| A_2 \right| z^2 + \right. \\ \left. + \left| a_{13} A_3 - a_{33} (C_{03} - C_3) \right| \right]. \end{aligned} \quad (51)$$

Относительная погрешность смещения w

$$\begin{aligned} \left| \frac{\Delta w}{w} \right| \leq \frac{|y| \cdot |z|}{|w|} \left[y^2 \left| a_{13} A_1 - a_{33} (C_{01} - C_1) \right| + \frac{1}{3} \left| a_{13} \right| \cdot \left| A_2 \right| \cdot z^2 + \right. \\ \left. + \left| a_{13} A_3 - a_{33} (C_{03} - C_3) \right| \right]. \end{aligned} \quad (52)$$

Легко видеть, что в плоскостях xoz и $хоу$ $\left| \frac{\Delta w}{w} \right| = 0$.

В табл. 3 приведены значения относительных погрешностей смещения w для сосны при двух соотношениях между высотой и длиной балки.

Таблица 3

y/h	h/l	Относительные погрешности (%) при отношениях $\frac{z}{l}$ равных			
		1/4	1/2	3/4	1
1/2	1/4	0,1	0,2	0,4	1,0
	1/10	0,4	0,3	0,2	0,1
-1/2	1/4	0,1	0,3	0,6	1,4
	1/10	0,4	0,4	0,2	0,1

Теперь вычислим абсолютную погрешность напряжения σ_x

$$\Delta \sigma_x = \frac{\partial \sigma_x}{\partial A_1} \Delta A_1 + \frac{\partial \sigma_x}{\partial A_2} \Delta A_2 + \frac{\partial \sigma_x}{\partial A_3} \Delta A_3. \quad (53)$$

В плоскости $уoz$ равенство (53) примет вид

$$\Delta \sigma_x = -A_1 y^3 - A_2 y z^2 - A_3 y = -\sigma_x, \quad (54)$$

и, следовательно, относительная погрешность

$$\left| \frac{\Delta \sigma_x}{\sigma_x} \right| = 1,$$

то есть налицо явное искажение распределения напряжений.

В точках балки, не принадлежащих плоскости $уoz$, первая из формул (4) также может дать большую погрешность.

Пользуясь законом Гука, представим напряжение σ_x в форме

$$\sigma_x = C_{11} \varepsilon_x + C_{12} \varepsilon_y + C_{13} \varepsilon_z.$$

Тогда, считая, что

$$\epsilon_x = \frac{\partial u_1}{\partial x} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial (\Delta u)}{\partial x}$$

получим другую приближенную формулу

$$\sigma_x = y [A_1 y^2 + A_2 z^2 + (1 - a_{11} C_{11} (A_3 + a_{13} C_{11} (C_{03} - C_3))], \quad (55)$$

но относительная погрешность и в этом случае может достигать 100%.

Так как абсолютные погрешности коэффициентов B_1 , B_2 , B_3 равны нулю, то и относительные погрешности напряжений σ_y и τ_{yz} равны нулю (если считать точным решение плоской задачи, определяемое формулами (31), (32), (33), и не рассматривать узкие области для τ_{yz} вблизи соответствующих граней).

Наконец, рассмотрим аналогичный вопрос и для напряжения σ_z .

$$\text{Приращение } \Delta \sigma_z = \frac{\partial \sigma_z}{\partial C_1} \Delta C_1 + \frac{\partial \sigma_z}{\partial C_3} \Delta C_3.$$

Заменяя в предыдущем равенстве ΔC_1 и ΔC_3 соответственно значениями γ_1 и γ_3 и переходя к абсолютным величинам, получим

$$|\Delta \sigma_z| \leq |y| \cdot [|C_{01} - C_1| \cdot y^2 + |C_{03} - C_3|]. \quad (56)$$

Относительная погрешность напряжения σ_z выражается неравенством

$$\left| \frac{\Delta \sigma_z}{\sigma_z} \right| \leq \frac{|C_{01} - C_1| \cdot y^2 + |C_{03} - C_3|}{|C_1 y^2 + 3B_1 z^2 + C_3|} \quad (57)$$

или

$$\left| \frac{\Delta \sigma_z}{\sigma_z} \right| \leq \frac{|a_{13}| \cdot [2a_{12}a_{33} - 2a_{13}a_{23} - a_{13}a_{44} (5y^2 - 3h^2)]}{a_{33} [|a_{11} (2a_{23} + a_{44}) - 2a_{12}a_{13}| (5y^2 - 3h^2) + 15(a_{11}a_{23} - a_{13}^2) (l^2 - z^2)]}. \quad (58)$$

Поскольку для изотропного тела

$$2a_{12}a_{33} - 2a_{13}a_{23} - a_{13}a_{44} = 0,$$

то в этом случае $\left| \frac{\Delta \sigma_z}{\sigma_z} \right| = 0$.

В точках, близких к поверхности

$$C_1 y^2 + 3B_1 z^2 + C_3 = 0, \quad (59)$$

относительная погрешность σ_z очень велика. Чтобы иметь представление о погрешности в точках поверхности (59), вместо напряжения σ_z

будем рассматривать модуль вектора напряжения \vec{F}_z на площадках, перпендикулярных к оси z

$$|\vec{F}_z| = \sqrt{\tau_{yz}^2 + \sigma_z^2} = \sqrt{(3B_1 y^2 + B_2) z^2 + (C_1 y^2 + 3B_1 z^2 + C_3) y^2}. \quad (60)$$

Так как

$$|\Delta |\vec{F}_z|| \leq \left| \frac{\partial |\vec{F}_z|}{\partial C_1} \right| \cdot |\Delta C_1| + \left| \frac{\partial |\vec{F}_z|}{\partial C_3} \right| \cdot |\Delta C_3|,$$

то

$$\frac{|\Delta \vec{F}_z|}{|\vec{F}_z|} \leq \frac{y^2 \cdot |C_1 y^2 + 3B_1 z^2 + C_3| \cdot [C_{01} - C_1 \cdot y^2 + |C_{03} - C_3|]}{(3B_1 y^2 + B_2)^2 z^2 + (C_1 y^2 + 3B_1 z^2 + C_3)^2 y^2}, \quad (61)$$

откуда видно, что в точках, принадлежащих поверхности (59) и лежащих внутри области, занятой балкой, $\frac{|\Delta \vec{F}_z|}{|\vec{F}_z|} = 0$.

В заключение следует отметить, что полученное приближенное решение данной задачи лучше всего применять при определении смещений и, в частности, прогибов оси ортотропной балки, используя формулы (48), (26), (27), (28), (29). Что же касается напряжений, то в этом случае нужно с особой осторожностью пользоваться формулой для σ_x , которая для некоторых мест балки дает явное искажение истинной картины распределения напряжений.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. С. Г. Лехницкий. Анизотропные пластинки. М.-Л., 1947. [2]. А. Н. Митинский. Упругие постоянные древесины как ортотропного материала. Труды ЛТА им. С. М. Кирова № 63, 1948.

Поступила в редакцию
24 марта 1959 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДВОЙНЫХ СИСТЕМ
ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДА И ДИМЕТИЛСУЛЬФОНА
С ФЕНОЛОМ И ОРГАНИЧЕСКИМИ КИСЛОТАМИ

В. Ф. ЧЕСНOKОВ

Старший преподаватель

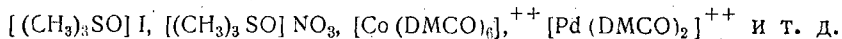
Л. Н. КОЗЛОВА

Инженер

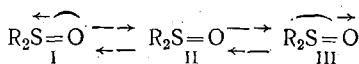
(Архангельский лесотехнический институт, Проблемная лаборатория)

За последнее время интерес к органическим соединениям, содержащим серу, значительно возрос. К таким соединениям относится диметилсульфоксид, находящий все большее применение как растворитель высокомолекулярных соединений при производстве пластических масс, искусственных волокон и при выделении лигнина из древесины.

Молекула диметилсульфоксида имеет пирамидальное строение с атомом кислорода в вершине. Плотности электронных оболочек в молекуле ДМСО под воздействием электромагнитных полей, создаваемых ионами и полярными молекулами, могут смещаться, что приводит к образованию комплексных соединений, например:

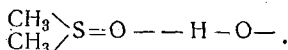


Диметилсульфоксиду может быть приписано наличие трех структур [2]

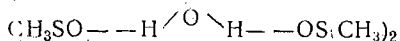


с преобладанием второй.

Под воздействием водорода гидроксильных групп фенолов и органических кислот будет наблюдаться смещение равновесия в сторону структуры III, причем в этом случае должна возникать водородная связь



Как показали исследования Линдберга [3], молекулы ДМСО в твердом состоянии ассоциированы подобно молекулам воды, образуя цепочки, которые до некоторой степени сохраняются и в жидком состоянии. Термический анализ системы ДМСО — вода указывает на существование соединения состава 2 ДМСО — Н₂О. Из исследований влияния воды на инфракрасные спектры ДМСО [4] вытекает, что в этом случае имеет место цепеобразный характер ассоциации



В данной работе мы поставили задачу изучить взаимодействие ДМСО с фенолом и органическими кислотами и сопоставить полученные результаты с изменениями, происходящими в двойных системах этих же органических соединений с диметилсульфоном, имеющим следующее строение молекулы: $\text{CH}_3 \diagup \text{S} \begin{matrix} \ll \text{O} \\ \ll \text{O} \end{matrix}$.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Диметилсульфоксид был получен в Проблемной лаборатории, очищен разгонкой на ректификационной колонке и имел $t_{\text{пл}}$ 18,4° С. Диметилсульфон был получен окислением диметилсульфоксида перекисью водорода [1]; после двухкратной перекристаллизации из этанола он имел $t_{\text{пл}}$ 109° С. Фенол и монохлоруксусную кислоту подвергали перегонке. Температура плавления фенола 40,3° С, монохлоруксусной кислоты 61,0° С.

Уксусную кислоту ($t_{\text{пл}}$ 16,6° С) очищали вымораживанием. Трихлоруксусная и фенилуксусная кислоты имели соответственно $t_{\text{пл}}$ 58 и 75° С.

Системы исследовали политермическим методом, при этом фиксировали температуры исчезновения последних кристаллов.

Диметилсульфоксид — уксусная кислота. В системе не обнаружено соединения. При исследовании системы в области эвтектической точки

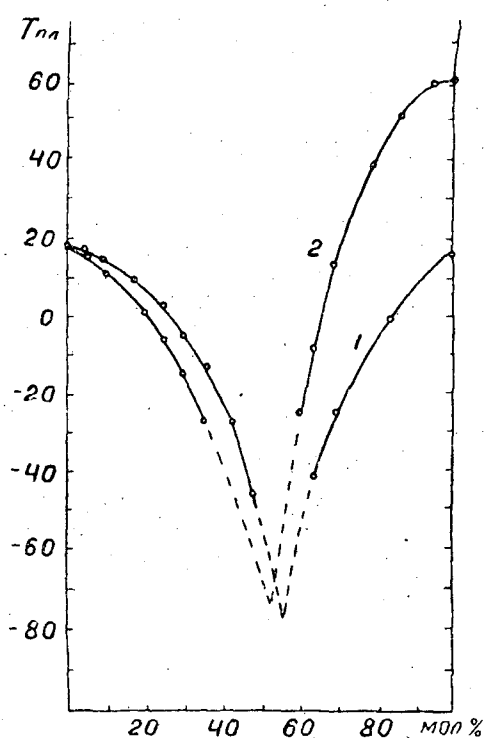


Рис. 1. Кривые плавкости.

1 — диметилсульфоксид — уксусная кислота;
2 — диметилсульфоксид — монохлоруксусная кислота.

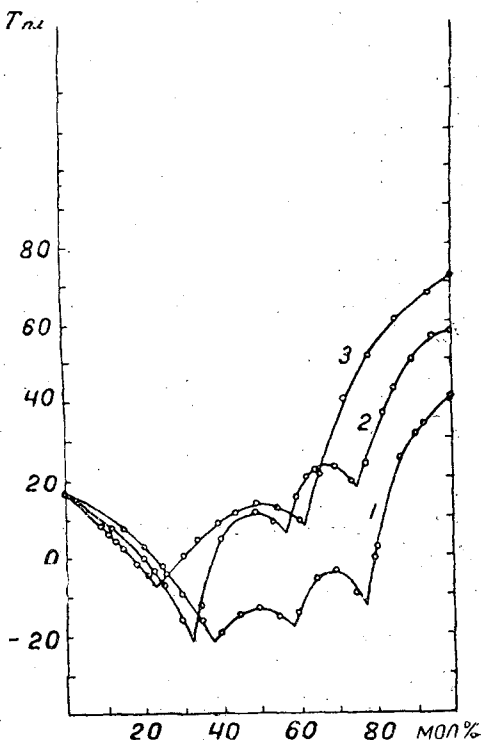


Рис. 2. Кривые плавкости.

1 — диметилсульфоксид — фенол;
2 — диметилсульфоксид — трихлоруксусная кислота; 3 — диметилсульфоксид — фенилуксусная кислота.

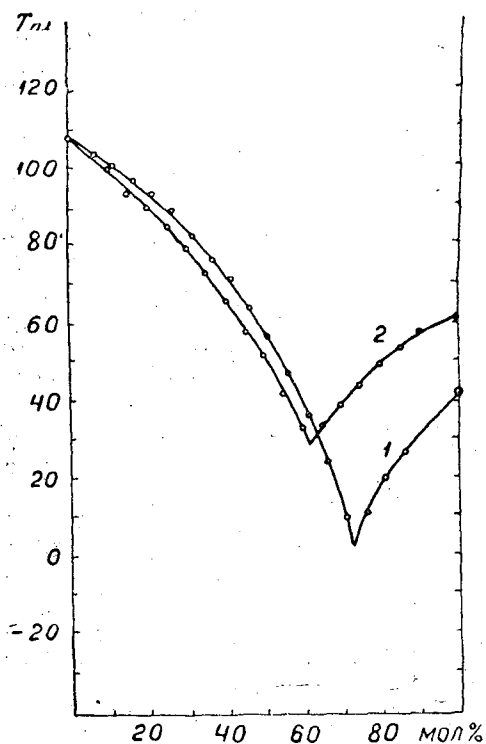


Рис. 3. Кривые плавкости.

1 — диметилсульфон — трихлоруксусная кислота; 2 — диметилсульфон — уксусная кислота; 3 — диметилсульфон — фенолуксусная кислота.

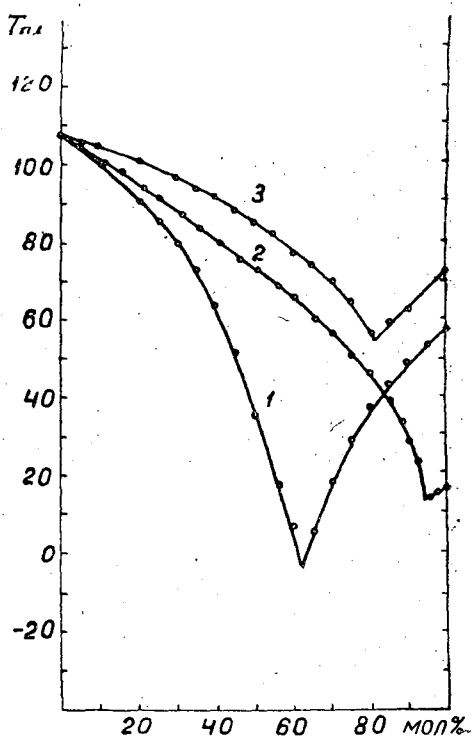


Рис. 4. Кривые плавкости.

1 — диметилсульфон — фенол; 2 — диметилсульфон — монохлоруксусная кислота.

наблюдали сильное увеличение вязкости с образованием при дальнейшем охлаждении прозрачной стеклообразной массы; кристаллы при этом не образовывались. Эвтектическая точка, полученная путем интерполяции, лежит при 53 мол.% уксусной кислоты и температуре плавления, равной -80°C .

Диметилсульфоксид — монохлоруксусная кислота. Диаграмма плавкости характеризуется простой эвтектикой с $t_{\text{пл}} -74^{\circ}\text{C}$ при 52 мол.% монохлоруксусной кислоты. Как и в предыдущем случае, в этой системе наблюдали увеличение вязкости и образование прозрачной стеклообразной массы. Данные по обеим системам приведены на рис. 1.

Диметилсульфоксид — трихлоруксусная кислота. В системе установлено наличие двух соединений состава $\text{DMSO} \cdot \text{CCl}_3\text{COOH}$ и $\text{DMSO} \cdot 2 \text{CCl}_3\text{COOH}$. Эвтектические точки лежат при 33 мол.% трихлоруксусной кислоты и температуре плавления, равной -22°C , при 67 мол.% трихлоруксусной кислоты и $t_{\text{пл}} 5^{\circ}\text{C}$, при 75 мол.% трихлоруксусной кислоты и $t_{\text{пл}} 17^{\circ}\text{C}$.

Диметилсульфоксид — фенолуксусная кислота. В системе установлено соединение состава $\text{DMSO} \cdot \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{COOH}$. Эвтектические точки находятся при 23 мол.% фенолуксусной кислоты и температуре плавления, равной -7°C , при 62 мол.% фенолуксусной кислоты и $t_{\text{пл}} 9^{\circ}\text{C}$.

Диметилсульфоксид — фенол. Диаграмма плавкости говорит о наличии в системе двух соединений состава $\text{DMSO} \cdot \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ и $\text{DMSO} \cdot 2 \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$. Эвтектические точки находятся при 38 мол.% фенола и температуре плавления, равной -21°C , при 59 мол.% фенола и темпера-

туре плавления, равной -17°C , при 77 мол.% фенола и температуре плавления, равной -12°C . Данные по трем последним системам представлены на рис. 2.

Диметилсульфон — уксусная кислота. В системе не обнаружено соединения. Эвтектическая точка лежит при 95 мол.% уксусной кислоты и $t_{\text{пл}} = 14^{\circ}\text{C}$ (рис. 3).

Диметилсульфон — монохлоруксусная кислота. Диаграмма плавкости характеризуется наличием простой эвтектики при 61 мол.% монохлоруксусной кислоты и $t_{\text{пл}} = 30^{\circ}\text{C}$ (рис. 4).

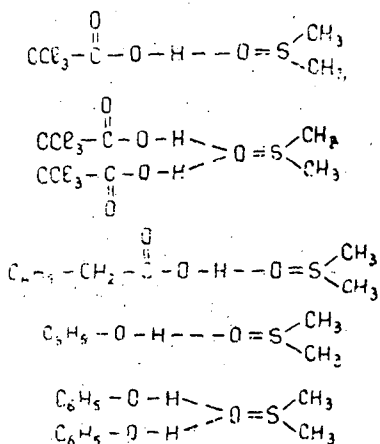
Диметилсульфон — трихлоруксусная кислота. В системе не обнаружено соединения. Эвтектическая точка лежит при 62 мол.% трихлоруксусной кислоты и температуре плавления, равной -3°C (рис. 3).

Диметилсульфон — фенилуксусная кислота. Эвтектическая точка лежит при 81 мол.% фенилуксусной кислоты и $t_{\text{пл}} = 5^{\circ}\text{C}$. Кривые плавкости приведены на рис. 3.

Диметилсульфон — фенол. В системе также не обнаружено соединения. Эвтектическая точка лежит при 71 мол.% фенола и $t_{\text{пл}} = 3^{\circ}\text{C}$. Данные представлены на рис. 4.

Образование соединений состава $\text{DMCO} \cdot \text{CCl}_3\text{COOH}$, $\text{DMCO} \cdot 2\text{CCl}_3\text{COOH}$, $\text{DMCO} \cdot \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{COOH}$, $\text{DMCO} \cdot \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ и $\text{DMCO} \cdot 2\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ происходит, по нашему мнению, за счет водородной связи. Это может быть объяснено тем, что группа $\text{C}=\text{O}$ легко поляризуется, а кислород в ней является донором как одной, так и двух пар электронов при взаимодействии с водородом в группе $-\text{OH}$.

Строение полученных соединений может быть представлено следующим образом:



Диаграммы плавкости во всех исследованных системах диметилсульфона с органическими кислотами и фенолом показывают отсутствие взаимодействия между компонентами в двойных системах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Богомолов, А. А. Соколова. Побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства, 184, 1962. [2]. F. A. Cotton, R. Francis, W. D. Hogkess. J. Phys. Chem., 64, 1534—1536, 1960. [3]. I. I. Lindberg, J. Kenttämäa, Suomen Kemistilehti, B. 33, 104, 1960. [4]. A. K. Solonau. Ann. Aci. Fennical. Ser., A. 6, 67, 1—15, 1961.

Поступила в редакцию
4 апреля 1963 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ПЕНТАХЛОРФЕНОЛА В НЕКОТОРЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВАХ

Г. Е. ШАЛТЫКО

Доцент, кандидат химических наук

(Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта)

Исследования пентахлорфенола и его солей с целью использования их для антисептирования древесины были проведены в Советском Союзе еще в 30-е годы [2], [3]. Однако до сих пор пентахлорфенол не нашел широкого распространения в нашей стране [4] (в отличие от США и других стран [6]) из-за отсутствия хороших многотоннажных растворителей.

Данная статья посвящена изучению растворимости пентахлорфенола в тридцати различных веществах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ *

Исходные вещества. Для исследования был взят пентахлорфенол (с температурой плавления 190°C); в качестве растворителей пентахлорфенола — заводские обесфеноленные сланцевые смолы камерная и генераторная, пиролизат и дистиллат коксования смол полукоксования сланца и другие вещества. Пиролизат был получен из жидких продуктов пиролиза тяжелой генераторной сланцевой смолы на полупромышленной установке с движущимся теплоносителем [1]; дистиллат коксования — в кубе периодического действия при коксовании мазута вакуумной термической ректификации смеси сланцевых смол полукоксования сланца. Обесфеноливание сланцевых продуктов проведено методом, описанным нами ранее [5].

Описание опыта

Из пентахлорфенола и исследуемого растворителя весовым методом готовили насыщенный раствор. Последний хорошо перемешивали, отстаивали и отфильтровывали от нерастворившегося осадка (избытка) пентахлорфенола. Осадок на фильтре растворяли в метаноле и титровали 0,05 н. раствором едкого кали в присутствии раствора фенолфталеина. По количеству растворителя и щелочи, пошедшей на титрование остатка (осадка) пентахлорфенола, рассчитывали его растворимость в данном веществе.

При определении растворимости пентахлорфенола в темных маслянистых веществах прибавляли к смеси (для более быстрого и чет-

* В работе принимала участие М. Н. Крестенко.

кого отделения маслянистого раствора пентахлорфенола от его нерастворившейся части) насыщенный водный раствор хлористого натрия. После отстаивания маслянистый слой отделяли от остатка пентахлорфенола и водного раствора. Количество нерастворившегося остатка пентахлорфенола и его содержание в водном растворе определяли путем титрования раствором едкого кали.

В табл. 1 приведены исследуемые растворители и растворимость пентахлорфенола (при $t = 20 \pm 1^\circ\text{C}$) в них; в табл. 2 дана характеристика ряда растворителей.

Таблица 1

Растворители		Растворимость пентахлорфенола, % весовой
наименование	квалификация	
н-Гексан	Очищенный, МХТУ 271-59	1,8
н-Гептан	Чистый, МХТУ 286-60	1,4
н-Октан	ВТУ 801-56	1,2
Изооктан	ТУ 285-60	1,1
н-Ундекан	МХТУ 276-59	1,1
н-Додекан	Химически чистый	1,2
н-Пентадекан	ВТУ 311-58	1,0
Декалин	Химически чистый	0,9
Пинен	ТУОШ 293-55	2,0
Тетралин	Технический	7,7
Фракция ромашкинской нефти	Температура кипения 230—330°C	2,5
Фракция ромашкинской нефти	» » 142—330°C	4,0
Пиролизат ромашкинской нефти	» » 142—330°C	7,5
Машинное масло	Ту 49-61	1,1
Метилловый спирт	Чистый для анализа	56,0
Этиловый спирт	» » »	52,0
Изопропиловый спирт	Очищенный, ГОСТ 50-56	20,1
Пентанол-1	Очищенный	43,0
Дихлорэтан	Технический	2,5
Альфа-хлорнафталин	Чистый, ГОСТ 3022—52	8,1
Альфа-бромнафталин	» ВТУ 2782а-51	7,2
Циклогексанон	» ТУ-БУ 15-53	12,5
Анизол	» ГОСТ 2793-55	13,0
Метилэтилкетон	Чистый	14,2
Бензальдегид	Чистый, ГОСТ 157-51	14,7
Диметилфталат	Чистый, ГОСТ 3985-58	13,5

Из данных табл. 1 видно, что парафиновые и полиметиленовые углеводороды мало (0,9—4,0%) растворяют пентахлорфенол; ароматизированные продукты растворяют его значительно лучше. Так, в декалине растворимость пентахлорфенола равна 0,9%, а в тетралине — 7,7%; во фракции ромашкинской нефти с температурой кипения 142—330°C растворимость пентахлорфенола равна 4,0%, а в пиролизате (ароматизированном продукте) этой фракции нефти — 7,5%; растворимость пентахлорфенола в хлорнафталине равна 8,1%, а в бромнафталине — 7,2%.

Таблица 2

Показатели	Единицы измерения	Смоли		Пиролизат	Дистиллат коксования
		камерная	генераторная		
Удельный вес (d_{4}^{20})	G/cm^3	1,067	0,987	0,987	1,016
Содержание воды	% весовой	следы	следы	0,3	0,0
Вязкость при 80°C	$C = \text{стокс}$	4,9	12,25	3,2	18,2
Температура вспышки	°C	88	97	84	161

Продолжение табл. 2

Показатели	Единицы измерения	Смолы		Пиролизат	Дистиллат коксования
		камерная	генераторная		
Молекулярный вес	кислородных единиц	193	248	200	230
Механические примеси	% весовой	0,21	0,14	0,00	0,00
Фракционный состав:					
выкипает до 220°C	% объемный	6,0	—	4,0	—
240°C	"	10,0	—	9,5	—
260°C	"	20,5	3,0	17,5	0,5
280°C	"	32,5	8,0	38,0	1,0
300°C	"	38,0	16,5	47,5	6,0
320°C	"	46,5	28,5	52,0	16,0
340°C	"	60,0	49,0	60,0	30,0
360°C	"	68,0	62,0	—	53,0
Растворимость пентахлорфенола	% весовой	16,0	9,2	12,4	15,7

Из данных табл. 2 видно, что пентахлорфенол хорошо растворяется в камерной сланцевой смоле и продуктах термической переработки смол, хуже — в генераторной, что объясняется меньшим содержанием в последней ароматических соединений. Таким образом, камерная сланцевая смола и жидкие продукты пиролиза и коксования сланцевых смол полукоксования сланцев могут применяться для получения растворов пентахлорфенола, пригодных для антисептирования древесины в заводских условиях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Э. С. Безмозгин, А. Г. Немченко, Ю. Д. Юдкевич. Труды Всесоюзного научно-исследовательского института переработки и использования топлива, 10, 49, 1961, Гостоптехиздат. [2]. С. Н. Горшин. Труды института леса АН СССР, 6, 1950. [3]. С. Н. Горшин, П. И. Рыкачев. Сборник трудов Центрального научно-исследовательского института механической обработки древесины (ЦНИИМОД). Гослесбумиздат, 1953. [4]. С. Н. Горшин, Б. И. Телятникова. Пентахлорфенол и его применение для защиты древесины. Гослесбумиздат, 1962. [5]. Г. Е. Шалтыко НСПХ. 34, 11, 2525, 1961. [6]. «Proc. 57 th, Annual Meet, Amer. Wood-Preservers Assoc. vol. 57». Amer. Washington, D. C., 29, 1960.

Поступила в редакцию
22 июня 1963 г.

ОПЫТЫ ПО ТЕРМОЛИЗУ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Э. М. ЦАЦКА

Доцент, кандидат технических наук

Л. С. РОМАНОВСКАЯ

Инженер

(Ленинградская лесотехническая академия)

Древесные отходы фанеро-спичечного и деревообрабатывающего комбинатов г. Борисова энергохимически используют путем сжигания их в топках-генераторах ЦКТИ системы В. В. Померанцева. Для определения состава конденсата и выхода основных химических продуктов, получаемых при термоллизе указанных отходов, провели 34 опыта*. Из них 29 — по сухой перегонке в реторте отдельных видов древесных отходов и их смесей, приготовленных в пропорции, равной среднему составу отходов на данном комбинате, а 5 — по швелеванию таких же смесей в топке-генераторе.

Из древесных отходов фанеро-спичечного комбината были приготовлены две смеси (№ 1 и 2), а из отходов деревообрабатывающего комбината — одна смесь (№ 3). Смесь № 1 состоит из 57,5% осины (в том числе шпона 78,3% и чурки 21,7) и 42,5% березы (в том числе шпона 75% и чурки 25); смесь № 2 — из 57,5% осины (только чурка) и 42,5% березы (в том числе шпона 75% и чурки 25); смесь № 3 — из 79,5% опилок и 20,5% обрезков. Шпон, чурки и обрезки были измельчены в щепу длиной 15—20 мм и шириной 5—10 мм. Перед каждым опытом из отходов, загружаемых в аппарат для термоллиза, отбирали среднюю пробу и в ней определяли влажность.

Опыты по сухой перегонке проводили в лабораторной установке (рис. 1). В реторту загружали от 600 до 900 г древесных отходов и переугливали в течение 2,5—3 час. Процесс заканчивали при температуре 600°С и выгруженный после охлаждения реторты уголь взвешивали. Полученный конденсат отстаивали и разделяли на кислую воду и отстойную смолу (последние взвешивали).

Отстойную смолу анализировали на содержание влаги и летучих кислот, а кислую воду — на содержание летучих кислот и растворимой смолы. Определение летучих кислот проводили путем непосредственной отгонки их водяным паром и титрования щелочью. В последующих, более детальных анализах, содержание летучих кислот в кислой воде определяли путем нейтрализации кислот бикарбонатом натрия, отгонки от кислой воды летучих нейтральных веществ, разложения образовавшихся солей фосфорной кислотой, отгонки выделившихся при

* В экспериментальной работе принимала участие студентка М. В. Копосова.

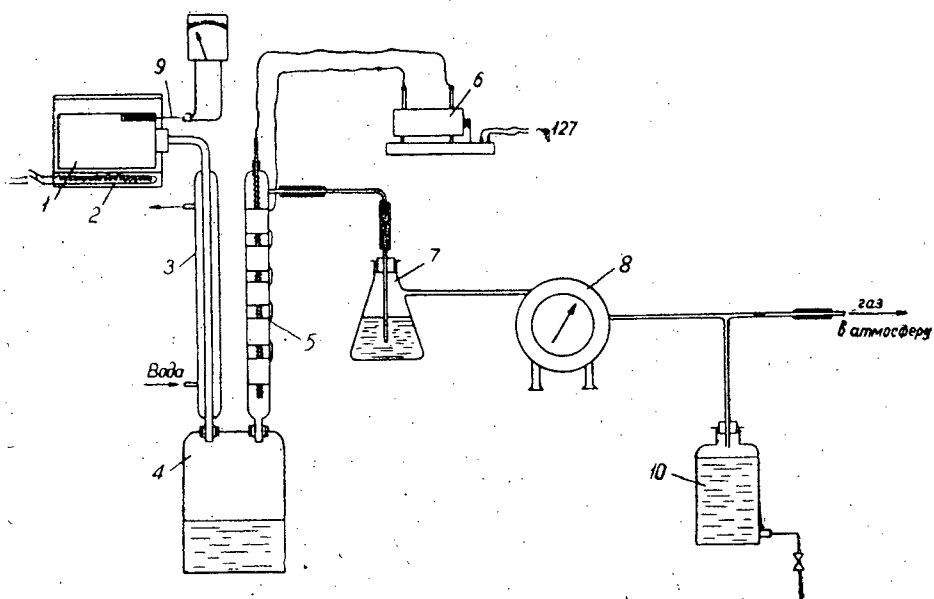


Рис. 1.

1 — реторта; 2 — муфельная печь; 3 — холодильник; 4 — приемник конденсата; 5 — электрофильтр; 6 — катушка Румкорфа; 7 — барбатор; 8 — газовые часы; 9 — термомпара; 10 — склянка для отбора газа

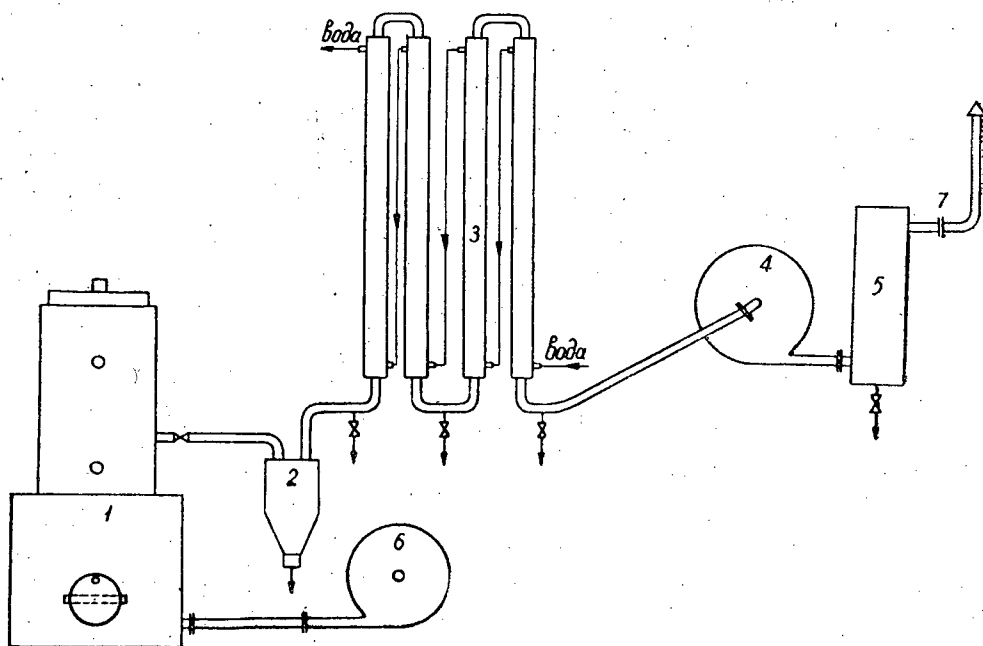


Рис. 2.

1 — топка-генератор; 2 — пылеуловитель; 3 — холодильник; 4 — центробежный смолоотделитель; 5 — сепаратор; 6 — дутьевой вентилятор; 7 — расходная шайба.

этом летучих кислот водяным паром и титрования их щелочью. Опыты по швелеванию проводили на полузаводской установке (рис. 2). В шахту топки-генератора отходы загружали периодически небольшими порциями: парогазовую смесь из зоны швелевания отводили в улавлива-

тельную систему непрерывно. В ходе опытов замеряли температуру парогазовой смеси на выходе из зоны швелевания и перед центробежным смолоотделителем, давление парогазовой смеси на выходе из зоны швелевания и дымовых газов в камере дожигания, а также расход очищенного газа за сепаратором. Полученный из улавливательной системы конденсат анализировали, как указано выше.

Результаты замеров, первичных анализов и вычислений по всем опытам даны в двух сводных таблицах. В табл. 1 представлены средневзвешенные данные, полученные при проведении опытов по сухой перегонке отдельных видов древесных отходов и их смесей в лабораторной реторте; в табл. 2 — данные об опытах по швелеванию смесей древесных отходов в полужаводской топке-генераторе, причем для смеси № 3 эти результаты являются средневзвешенными двух опытов.

Таблица 1

Название комбината	Вид древесных отходов	Продолжительность опыта, час-мин	Вес перешеленной древесины за опыт, Г	Относительная влажность древесины, %	Выход продуктов в расчете на абс. сухую древесину, %				
					летучих кислот	обескисленной и обезвоженной смолы		угля	газа
						растворимой	отстойной		
Фанеро-спичечный	шпон	3—02	850	34,4	5,44	5,96	8,20	22,25	20,38
	Осина чурка	2—38	700	16,7	5,58	5,33	7,42	23,83	22,73
	шпон	2—55	850	40,5	4,21	5,63	9,76	27,09	19,83
	Береза чурка	2—31	766,7	26,1	6,91	6,92	7,36	25,72	18,99
	Смесь № 1	2—28	600	9,85	6,19	11,12	8,08	25,86	17,60
Деревообрабатывающий	Смесь № 2	3—05	600	10,5	6,24	9,89	8,79	26,56	15,85
	Опилки	2—35	900	26,0	2,30	6,53	8,16	25,30	15,22
	Обрезки	2—40	700	17,5	3,03	9,30	10,41	27,88	19,22
	Смесь № 3	2—47	750	15,33	2,63	7,01	9,14	24,57	23,46

Таблица 2

Название комбината	Вид древесных отходов	Продолжительность опыта, час-мин	Вес прошеленной древесины за опыт, кг	Относительная влажность древесины, %	Выход жидких продуктов в расчете на абс. сухую древесину, %		
					летучих кислот	обескисленной и обезвоженной смолы	
						растворимой	отстойной
Фанеро-спичечный	Смесь № 1	8	74,0	21,0	3,52	7,86	6,92
	Смесь № 2	8—40	70,0	23,0	4,17	7,44	6,76
	Смесь № 3	7—08	37,5	23,47	2,32	5,18	5,12

Данные о составе кислой воды приведены в табл. 3, из которой видно, что кислая вода, полученная в опытах по термолизу смесей древесных отходов № 1 и 2, имеет повышенное содержание фенолов, но несколько меньше обычного в ней легколетучих веществ (метанол, эфиры, кетоны и альдегиды). Такая же зависимость наблюдается и для кислой воды, полученной термоллизом смеси № 3; немного меньше в ней летучих кислот. Во всех этих опытах в составе летучих кислот относительно много пропионовой и особенно муравьиной кислоты. Повышенное содержание муравьиной кислоты является результатом сравнительно высокой степени измельчения древесных отходов, значительного содержания в них хвойных пород и более мягких условий процесса в топке-генераторе, чем в реторте с внешним обогревом.

Таблица 3

№ термоллизуемой смеси	Способы получения кислой воды	Относительная влажность древесных отходов	Состав кислой воды, %										
			летучие кислоты				эфир-ры	ке-тоны	альдегиды	метанол (по Виммеру)	фенолы	нейтральн. вещества	растворимая смола
			муравьиная кислота	пропионовая	уксусная								
1	Швелевание в полужаводской топке-генераторе	21,0	1,94	0,75	5,31	1,55	0,59	0,18	0,63	2,52	2,11	18,80	
	Сухая перегонка в лабораторной реторте	9,0	1,28	0,87	9,25	1,27	0,60	0,19	1,97	4,68	1,37	24,04	
2	Швелевание в полужаводской топке-генераторе	23,0	1,91	0,84	5,31	1,52	0,60	0,19	0,69	2,60	2,02	12,80	
	Сухая перегонка в лабораторной реторте	10,0	1,29	0,82	9,04	1,26	0,60	0,18	2,06	4,60	1,48	18,85	
3	Швелевание в полужаводской топке-генераторе	22,67	1,17	0,20	2,60	0,89	0,27	0,29	0,44	0,75	0,79	9,93	
	Сухая перегонка в лабораторной реторте	10,0	0,97	0,21	3,97	1,02	0,28	0,25	1,17	2,40	1,28	14,90	

Данные об удельном весе и составе отстойной смолы помещены в табл. 4; из которой видно, что влажность отстойных смол, полученных при швелевании смесей древесных отходов в полужаводской топке-генераторе, больше, а содержание водорастворимых веществ в них меньше, чем в аналогичной смоле завода «Вахтан»; содержание летучих кислот в этих смолах после одно- и двухкратной промывки их водой более высокое, чем в отстойной смоле, выпускаемой заводом «Вахтан». По содержанию веществ, не растворимых в бензине, отстойные смолы, полученные во всех опытах по термоллизу смесей древесных отходов, соответствуют требованиям технических условий на СТС-Р. Содержание окси- и смоляных кислот в смолах, полученных при термоллизе смеси № 3, пониженное, что объясняется малой смолистостью древесных отходов деревообрабатывающего комбината.

Результаты фракционированной разгонки (при атмосферном давлении) образцов отстойных смол, промытых один и два раза, приведены в табл. 5.

Таблица 5

Способ получения отстойной смолы	№ смеси	№ опыта	Число промы-вок	Кислая вода, %	Масла, %		Пек, %	Потери, %
					легкие фракции	тяжелые фракции		
Швелевание в полужаводской топке-генераторе смеси древесных отходов	1	1	Две	23,6	2,6 (до 190 °С)	20,2 (190—208 °С)	51,3	2,3
	2	1	„	23,4	3,3 (до 190 °С)	18,8 (190—195 °С)	52,4	2,1
	3	1	Одна	22,2	1,5 (до 190 °С)	24,2 (190—195 °С)	49,6	2,5
	„	2	„	26,0	6,7 (до 200 °С)	20,3 (200—225 °С)	40,1	6,9
	„	3	„	23,6	1,9 (до 190° С)	31,9 (190—261 °С)	35,7	6,9

Из табл. 5 следует, что конечные результаты выполненных нами разгонок смол, промытых два раза, довольно близки к тем, которые получены при разгонке под вакуумом древесной газогенераторной смо-

Таблица 4

№ термолизуемой смолы	Удельный вес отстойной смолы / г/см ³	Влажность, %	Состав отстойной смолы (%)													
			в расчете на абс. сухую навеску													
			летучие кислоты		водорастворим.		не растворимые в бензине		из бензинового экстракта		из эфирного экстракта					
Способ получения отстойной смолы	кислоты	кислоты	вещества	вещества	Фенолы	оксидные кислоты	карбонильные кислоты	нейтральные вещества	Фенолы	оксидные кислоты	карбонильные кислоты	нейтральные вещества				
1	Швелевание в полужаводской топке-генераторе: смола непромывая . Сухая перегонка в лабораторной реторте (смола непромывая)	1,116	21,7	4,60	2,40	14,80	55,5	9,1	15,6	6,50	11,9	11,0	38,1	16,5	6,5	24,5
		1,120	21,2	3,20	1,50	9,80	51,0	9,7	15,6	3,80	18,6	9,9	31,1	12,2	4,2	28,4
		1,130	23,0	2,90	1,4	4,70	50,0	9,8	15,8	3,00	20,1	7,5	30,8	11,7	3,1	30,5
		1,117	21,1	7,7	7,4	19,8	56,0	12,0	9,2	7,00	11,9	7,1	39,8	18,0	6,2	24,3
		1,116	24,3	4,20	2,40	15,70	54,0	9,5	14,5	6,60	14,9	12,1	40,5	20,5	6,8	17,5
2	смола непромывая . Сухая перегонка в лабораторной реторте (смола непромывая)	1,120	22,3	3,0	1,90	13,80	51,4	9,8	14,5	3,20	20,7	9,6	40,9	20,8	3,8	24,4
		1,130	21,2	2,1	1,2	6,6	50,1	10,1	14,6	2,50	22,1	6,9	41,2	21,5	2,2	26,8
		1,117	12,8	7,1	6,8	17,5	55,8	12,2	9,5	6,5	13,2	7,7	40,0	17,9	5,9	24,6
		1,121	22,4	3,1	2,7	15,7	55,8	15,2	10,4	5,2	14,1	14,1	36,4	21,3	6,3	19,9
		1,127	22,5	2,4	2,3	12,0	53,7	16,3	11,2	3,4	14,1	12,8	38,1	23,4	3,1	20,6
3	Сухая перегонка в лабораторной реторте (смола непромывая) Швелевание в полужаводской топке-генераторе: смола непромывая . Сухая перегонка в лабораторной реторте (смола непромывая)	1,128	19,8	2,50	1,6	8,00	59,1	10,7	10,9	2,10	15,4	9,5	41,9	23,9	1,4	22,2
		1,055	8,9	3,7	4,4	15,4	50,1	17,6	9,7	3,6	15,8	6,6	43,1	18,3	5,3	24,5
		1,121	22,4	3,1	2,7	15,7	55,8	15,2	10,4	5,2	14,1	14,1	36,4	21,3	6,3	19,9

Примечание. К карбоновым кислотам отнесены те, которые выделены при помощи бикарбоната натрия; оксикислоты определены в смолах, которые получены в результате термоллиза смеси древесных отходов № 1 и 2, состоящих из листовых пород, а смоляные и оксикислоты — в результате термоллиза смеси древесных отходов № 3, состоящих на 77,5% из хвойных пород. Методика определения оксидных кислот одна и та же.

лы Ижевского завода. По сравнению с последней отстойные смолы, промытые один раз, дали больший выход масел и меньший — пека.

Анализ масел, полученных от разгонки отстойных смол, промытых один и два раза, приведен в табл. 6.

Таблица 6

№ смеси	№ опытов	Число промывок	Удельный вес масел, Г/см ³	Состав масел, %			
				карбоновые кислоты	фенолы	смоляные кислоты	нейтральные вещества
1	1	Две	1,0548	4,4	57,5	—	34,1
2	"	"	1,0555	6,1	56,4	—	32,9
3	"	Одна	1,0509	5,6	55,9	—	35,2
	2	"	1,0525	11,1	55,2	7,3	25,3
	3	"	1,0520	9,6	52,0	7,9	30,4

Из данных табл. 6 следует, что в маслах, которые получены из смесей древесных отходов № 1 и 2, состоящих из лиственных пород, содержится больше фенолов и меньше карбоновых кислот, чем в маслах, отогнанных из отстойной смолы, полученной в производственном опыте на заводе «Вахтан» при сжигании березовой древесины в топке-генераторе. Содержание нейтральных веществ в том и другом случае практически одинаково. В маслах, полученных из смеси древесных отходов № 3, состоящей на три четверти из хвойных пород, содержится больше карбоновых кислот и в особенности нейтральных веществ и немного меньше фенолов, чем в маслах, отогнанных из отстойной смолы, полученной на заводе «Вахтан» при сжигании обычного топлива (проэкстрагированной щепы пневого осмола в смеси с подрубом из разных пород). Образцы отстойных смол, полученных при швелевании смесей древесных отходов в полузаводской топке-генераторе, использованы также для определения относительной вязкости этих смол при 50°С. Результаты определения помещены в табл. 7.

Таблица 7

№ смеси	№ опыта	Относительная влажность, %	Относительная вязкость, °Е
1	—	12,6	16,5
2	—	15,6	19,8
3	1	16,2	18,7
	2	19,2	16,2
	3	22,3	16,4

Из данных табл. 7 видно, что смолы, полученные в проведенных нами опытах, имеют значительно большую вязкость, чем древесная газогенераторная смола (7—8°Е при влажности 20%), но меньшую, чем вязкость смолы из печи системы В. Н. Козлова (25,7°Е при влажности 5,6%), и намного меньшую, чем у промытой смолы завода «Вахтан» СТС-Р (120—175°Е при влажности 10—20%).

Результаты опытов подтверждают целесообразность энергохимического использования древесных отходов фанерно-спичечных и деревообрабатывающих предприятий и указывают на то, что из химических продуктов в данном случае следует утилизировать смолы (отстойные и растворимые) и летучие кислоты.

О ВЫДЕЛЕНИИ СУЛЬФАТНОГО МЫЛА ИЗ ЧЕРНЫХ ЩЕЛОКОВ

Б. С. ФИЛИППОВ

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

Степень извлечения сульфатного мыла из черных щелоков сульфатной варки целлюлозы определяется качественным составом выделяемых смолистых веществ и условиями их отбора. Известно, что выделение мыла зависит от течения процессов отсолки, электролитной коагуляции мыла из растворов и отстаивания высоколившегося вещества. Основными факторами, влияющими на высаливание мыла из щелоков, являются температура и концентрация электролитов. Коагуляция мыла протекает тем полнее, чем выше в растворе содержание электролитов, то есть большую плотность имеет щелок [1], [6], [9], [15]. Практически выделение мыла на сульфатно-целлюлозных предприятиях производится из черных щелоков, плотность которых в зависимости от принятой технологии и ряда других факторов колеблется в пределах от 1,12—1,13 до 1,18—1,20 T/m^3 [1], [4], [15]. Влияние температуры на выделение мыла сказывается двояко: с одной стороны, по мере ее понижения концентрация электролита, необходимая для коагуляции мыла, уменьшается, и его выделение происходит более полно; с другой — понижение температуры приводит к повышению вязкости среды, что затрудняет всплывание высоколившихся частиц на поверхность щелока и, следовательно, замедляет процесс выделения сульфатного мыла [6], [15].

Имеющиеся литературные данные о влиянии состава смолистых веществ черного щелока на степень извлечения сульфатного мыла весьма ограничены. На существование такой зависимости указывал В. Д. Худовеков [15], однако при этом он не привел каких-либо данных, характеризующих ее. Известно также, что выход мыла из свежей древесины всегда больше, чем из древесины, хранившейся продолжительное время [1], [16], [17]. Причиной этого является, по-видимому, пониженная способность к коагуляции окисленных смолистых веществ, образовавшихся при хранении древесины на воздухе. Косвенно это подтверждается данными Ф. Т. Солодкого [12], который указывает на трудность отсолки окисленных смолистых веществ пневого осмола из мыльного щелока даже крепкими растворами поваренной соли. Следует также ожидать, что увеличение количества жирных кислот, особенно предельных, в смолистых веществах должно способствовать выделению сульфатного мыла [1], [9].

В настоящее время сульфатно-целлюлозные предприятия используют сырье, обычно содержащее 3—4% смолистых веществ; выделенная

из него канифоль (талловое масло) имеет примерно равные количества жирных и смоляных кислот. Для увеличения выхода побочных лесохимических продуктов в качестве добавки к обычному сырью используют древесину повышенной смолистости: свежие сосновые пни, комлевую древесину сосны, стволый осмол [2], [5], [7]. Условия выделения сульфатного мыла (температура, время отстаивания и плотность черного щелока), определяемые принятым технологическим режимом, являются величинами более или менее постоянными, в то время как содержание смолистых веществ в щелоке и их состав зависят от сырья. Применение древесины повышенной смолистости вызывает увеличение количества сульфатного мыла в черном щелоке. Кроме того, смолистые вещества имеют более низкое содержание жирных кислот [5], [11], [14], что приводит к увеличению относительного количества смоляных кислот в смолистых веществах сырья и черного щелока. Течение процессов мицеллообразования и коагуляции для таких смесей солей жирных и смоляных кислот происходит в условиях, отличных от высаливания мыла при варке обычного сырья [8], [10], [13].

Мы провели опыты с целью определения влияния количества и состава смолистых веществ черного щелока на выход и качество высаливающего сульфатного мыла. Для опытов использовали производственные черные щелока Соломбальского бумажно-деревообрабатывающего комбината после выделения сульфатного мыла. Характеристика щелоков приведена в табл. 1.

Таблица 1

Плотность щелока, г/м ³	Содержание смолистых, г/л	Групповой состав смолистых, %			
		неомыляемые вещества	окисленные вещества	жирные кислоты	смоляные кислоты
1,165	14,70	4,18	74,57	6,12	14,14
1,170	12,20	7,22	73,82	9,02	9,94
1,171	10,16	13,79	74,07	3,75	8,48
1,173	11,66	—	80,93	—	—
1,187	20,46	5,12	75,86	9,18	8,88

В черные щелока вводили при нагревании жирные и смоляные кислоты (индивидуальные или выделенные из таллового масла) и их смеси в виде натриевых солей (мыл) в количествах 100, 150 и 200% от содержания смолистых веществ в щелоке. При отстаивании в течение 15 час выделяется мыло, которое всплывает на поверхность щелока. Это мыло тщательно счерпывали, а попавший в него черный щелок отфильтровывали. Талловое масло выделялось при действии на мыло серной кислоты, после чего определяли его выход и групповой состав [3]. В ряде опытов в качестве добавки использовали смолистые вещества, оставшиеся в щелоке после выделения мыла. Для их получения щелок обрабатывали серной кислотой; образовавшиеся при этом кислоты экстрагировали серным эфиром, экстракт упаривали, а смолистый остаток использовали для опытов по описанной выше методике. Полученные данные по составу смолистых веществ черного щелока и таллового масла приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, смолистые сульфатного мыла содержат окисленные веществ в 6—10 раз меньше, чем смолистые черного щелока. Отсюда можно заключить, что окисленные вещества смолистых черного щелока мало склонны к высаливанию в условиях, при которых выделение мыла жирных и смоляных кислот происходит достаточно полно.

Таблица 2

№ опыта	Состав смолистых черного щелока, %					Состав смолистых сульфатного мыла, %				
	неомыляемые вещества	окисленные вещества	жирные кислоты	смоляные кислоты	жирные, в % к сумме кислот	неомыляемые вещества	окисленные вещества	жирные кислоты	смоляные кислоты	жирные в % к сумме кислот
1,7	3,6	36,9	54,5	5,0	91,6	—	—	—	—	—
4	3,6	36,9	4,5	55,0	7,6	—	—	—	—	—
6, 9*)	2,09	37,28	53,06	7,07	88,2	3,18	0,33	88,49	8,0	91,7
8, 10*)	2,56	37,93	54,59	4,44	92,5	3,23	0,91	87,05	8,81	90,8
11	1,67	29,83	62,44	5,66	91,7	3,15	1,86	87,46	7,35	92,2
13	1,39	24,88	68,71	4,71	93,6	3,17	2,37	86,25	8,21	91,3
14	—	—	28,6	22,8	55,7	7,6	9,3	47,2	35,5	57,1
15	5,20	38,04	3,18	53,08	5,7	6,29	3,91	6,49	83,31	7,2
18	5,41	30,73	2,60	60,87	4,1	6,19	4,45	5,24	82,37	6,0
20	5,55	25,85	2,21	66,06	3,2	5,91	4,32	4,37	85,18	4,9
21	3,27	37,46	34,17	24,57	58,2	3,88	4,67	58,35	31,75	64,8
22	2,83	36,96	41,31	18,37	69,2	2,95	3,82	66,59	24,65	73,0
23	2,46	37,27	47,17	12,58	78,9	2,21	5,01	72,99	16,99	81,1
24	8,93	37,54	18,62	34,82	34,8	6,68	6,26	43,60	41,38	51,3
25	7,89	37,28	35,25	19,58	64,3	5,15	9,76	63,58	19,76	76,3
26	4,18	74,57	6,12	14,14	30,1	—	—	—	—	—
28	5,12	75,86	9,18	8,88	50,8	—	21,07	—	—	—

* Для опытов 9 и 10 приведен групповой состав смолистых сульфатного мыла.

Таблица 3

№ опыта	Вещества, вводимые в черный щелок		Плотность исходного щелока, T/m^3	Степень извлечения сульфатного мыла, %
	характеристика	количество в % от смолистых щелока		
1		100	1,170	57,3
2	Жирные кислоты	100	1,171	56,4
3		100	1,173	59,0
4	Смоляные кислоты	100	1,170	41,8
5		100	1,173	40,2
6	Стеариновая кислота	100	1,165	56,2
7		100	1,170	57,3
8		100	1,187	57,3
9		100	1,165	55,2
10	Олеиновая кислота	100	1,187	57,4
11		150	1,165	61,6
12		150	1,171	61,9
13		200	1,165	70,0
14	Талловое масло	100	1,170	50,2
15		100	1,165	39,9
16	Канифоль	100	1,170	39,2
17		100	1,187	41,8
18		150	1,165	45,4
19		150	1,171	44,7
20		200	1,165	52,2
21	Жирные и смоляные кислоты	62/38	1,165	50,3
22		75/25	1,165	54,2
23		88/12	1,165	55,9
24		33/67	1,171	42,1
25		67/33	1,171	54,7
26	Смолистые вещества, не высалившиеся из черного щелока	100	1,165	9,5
27		100	1,170	нет
28		100	1,187	11,4

Содержание неомыляемых веществ, жирных и смоляных кислот в полученном талловом масле, наоборот, выше, чем в смолистых соответствующего черного щелока; при этом отношение количества жирных кислот к сумме жирных и смоляных кислот для полученного масла, как правило, выше, чем для смолистых щелока. Таким образом, в процессе высаливания сульфатного мыла выделение мыл жирных кислот происходит более полно, чем смоляных.

В табл. 3 представлены данные по влиянию добавляемых веществ на степень извлечения сульфатного мыла.

Сравнение группового состава смолистых веществ черного щелока (табл. 2) и степени извлечения мыла (табл. 3) показывает, что в условиях опытов при плотности щелока 1,165—1,187 г/см³ изменение содержания сульфатного мыла в нем от 20 до 41 г/л не оказывает значительного влияния на степень извлечения мыла (последняя повышается лишь на 1—3%). На основании опытных данных можно заключить, что выход сульфатного мыла при прочих равных условиях тем выше, чем ниже содержание окисленных веществ. Максимальная степень извлечения мыла была получена в опытах, где в щелока вводили мыла жирных кислот, а минимальная — при добавках канифольного мыла.

Аналогичные данные по влиянию состава смолистых веществ сырья на выход и качество сульфатного мыла и таллового масла получены при проведении опытных варок сульфатной целлюлозы из стволового осмола. Сырьем для варок служил заготовленный в Архангельской области стволовый осмол и его смеси с отходами лесопиления, а также осмольная щепка после предварительной экстракции смолистых веществ в производственных условиях. Некоторые результаты проведенных анализов представлены в табл. 4.

Таблица 4

№ опыта	Количество стволового осмола в сырье, %	Содержание жирных кислот, в % от канифоли (таллового масла)		Отношение количества жирных кислот к сумме жирных и смоляных кислот, %		Степень извлечения сульфатного мыла, %
		сырье	мыло	сырье	мыло	
1	20	36,05	40,96	46,1	49,3	56,9
2	30	32,81	38,32	42,2	46,2	52,0
3	50	27,04	32,50	34,9	40,6	49,0
4	20	32,10	37,70	39,7	44,3	55,3
5	20	32,10	38,41	39,7	45,9	
6	50	26,67	—	28,9	—	48,0
7	100	12,62	22,76	16,5	27,2	45,4
8	100	12,62	19,93	16,5	23,8	46,6
9	100	12,62	19,25	16,5	23,8	46,2
10	100*	12,50	21,45	18,3	25,0	43,8
11	100*	12,50	20,53	18,3	27,2	
12	100*	12,48	22,22	20,9	30,2	43,6
13	100*	12,48	20,86	20,9	27,4	

* Стволовый осмол после экстракции смолистых веществ.

Из табл. 4 видно, что основные закономерности, характерные для опытов со щелоками, проявляются и в щелоках, полученных при сульфатных варках стволового осмола. Обращает на себя внимание факт, что максимальная степень извлечения сульфатного мыла (55—57%) была получена для варок, где смолистые вещества сырья имели достаточно высокое содержание жирных кислот. Уменьшение их количества приводило к значительному снижению степени извлечения мыла. Так,

для варок стволового осмола (опыты 7—9) эта степень составила 45,6—46,4%, а для варок предварительно проэкстрагированного осмола (опыты 10—13) 43,6—43,8%. Следует отметить, что содержание окисленных веществ в смолистых стволового осмола составляло 14—17%, а после экстракции — до 30%. Таким образом, полнота выделения сульфатного мыла из черных щелоков в значительной степени зависит от состава смолистых веществ перерабатываемой древесины.

Выводы

1. Показана трудная высаливаемость окисленных смолистых веществ из черных щелоков в условиях выделения сульфатного мыла.

2. Из смолистых компонентов черного щелока наиболее полно высаливаются жирные кислоты, при этом происходит как абсолютное, так и относительное увеличение их содержания в сульфатном мыле по сравнению с количеством в смолистых щелока.

3. Степень извлечения сульфатного мыла при прочих равных условиях тем выше, чем ниже содержание окисленных веществ или чем выше содержание жирных кислот в смолистых веществах щелока.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Богомолов, А. А. Соколова. Побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства. Гослесбумиздат, М., 1962. [2]. А. В. Вавулин, Р. А. Котовская. Осмолоподсочная древесина как сырье для лесохимии. Журн. «Лесохимическая промышленность» № 3, 1935. [3]. В. И. Вершук, Н. А. Гурич. Методы анализа сырья и продуктов канифольно-скипидарного производства. Гослесбумиздат, М.-Л., 1960. [4]. А. Я. Гольдштейн. Обобщение опыта сбора и переработки сульфатного мыла. Л., 1956. [5]. Н. А. Гурич, В. И. Лисов и др. Комлевая сосновая древесина — полноценное сырье. Журн. «Бумажная промышленность» № 10, 1961. [6]. А. Ф. Киблер. О технологии переработки сульфатного мыла. Совершенствование производства канифоли. М., 1960. [7]. Ф. А. Медников. О применении стволового осмола в производствах химической технологии древесины. Труды ЛТА, 91, 1960. [8]. П. А. Ребиндер. Поверхностно-активные вещества и их применение. Журн. «Химическая наука и промышленность», т. IV, № 5, 1959. [9]. А. П. Рудков. Краткий курс коллоидной химии. ГХИ, Л., 1958. [10]. Д. Н. Смирнов. Канифольное мыло из осмола, КОИЗ, М.-Л., 1935. [11]. Д. Н. Смирнов, Ф. А. Медников. К вопросу о качественной характеристике канифоли из молодых пней и смольяподсочки. Труды ЛТА № 61, 1947. [12]. Ф. Т. Солодкий. Причины загара канифольного мыла и данные к характеристике отдельных частей канифоли. Журн. «Лесохимическая промышленность» № 7, 1934. [13]. А. Б. Таубман. Физико-химические основы смачивающего и моющего действия поверхностно-активных веществ. Журн. «Химическая наука и промышленность», т. IV, № 5, 1959. [14]. Б. С. Филиппов, А. Е. Соснин. О качестве канифоли, полученной из стволового осмола. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1963. [15]. В. Д. Худовеков. Сульфатное мыло и талловое масло. Гослесбумиздат, М.-Л., 1952. [16]. A. Somsen Roger. A. Tappi, 45, № 8, 1962. [17]. E. Venemark. Teknisk Tidskrift, 69, s. 91, 1941.

Поступила в редакцию
17 ноября 1963 г.

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

М. И. ИВЧЕР

Кандидат экономических наук

(Ленинградский технологический институт
целлюлозно-бумажной промышленности)

Как известно, ведущее оборудование в целлюлозно-бумажном производстве — бумагоделательные и картоноделательные машины, целлюлозоварочные котлы и дефибреры. Использование оборудования характеризуется тремя показателями: коэффициентами экстенсивной и интенсивной нагрузки оборудования и общим коэффициентом его использования.

Первый учитывает эффективность использования оборудования во времени и выражается как отношение времени фактической работы единицы оборудования ко времени его плановой работы.

Второй учитывает эффективность использования единицы оборудования по мощности и представляет собой отношение фактически выработанной продукции за единицу времени к плановому количеству (мощности) за это же время. Произведение этих двух показателей дает общий коэффициент использования оборудования.

Элементы, определяющие экстенсивную загрузку машин: число часов работы машины в сутки $ч$, коэффициент использования рабочего хода машины $к$, число дней работы машины в году $д$.

Элементы, определяющие интенсивную загрузку машин: обрезная ширина полотна бумаги (картона) на накате, $а$, м; скорость машины $б$, м/мин; вес 1 м² бумаги или картона $в$, г*.

С учетом принятых обозначений и размерности соответствующих величин часовая производительность бумагоделательной машины определяется по формуле

$$чПр = \frac{60 \cdot а \cdot б \cdot в}{1000} \text{ кг.}$$

Годовая производительность

$$М = \frac{чПр \cdot ч \cdot к \cdot д}{1000} = \frac{60 \cdot а \cdot б \cdot в \cdot ч \cdot к \cdot д}{1000 \cdot 1000} = 6 \cdot 10^{-5} а \cdot б \cdot в \cdot ч \cdot к \cdot д \text{ Т.}$$

Пример расчета. При $а = 4,2$ м, $б = 300$ м/мин, $в = 70$ г/м², $ч = 23$ ч/сутки, $к = 0,97$ и $д = 350$ годовая производительность машины составит

* Такие обозначения приняты в «Инструкции по определению производственных мощностей предприятий целлюлозно-бумажной промышленности» (изд. Госплана СССР, 1959).

$$M = \frac{60 \cdot 4,2 \cdot 300 \cdot 70 \cdot 23 \cdot 0,97 \cdot 350}{1000 \cdot 1000} = 41323 T.$$

Производственная мощность фабрики определяется по суммарной производительности всех бумагоделательных и картоноделательных машин.

Годовая производительность варочного котла, если считать, что он работает 24 часа в сутки, равна.

$$M = \frac{24 \cdot e \cdot \varphi \cdot \delta}{1000 \cdot n} T,$$

где e — емкость варочного котла, m^3 ;

φ — выход целлюлозы за одну варку, $кг/м^3$ котла;

δ — число дней работы в году;

n — полный оборот котла (брутто), час.

Пример расчета. При $e = 220 m^3$, $\varphi = 90 кг/м^3$ котла, $\delta = 350$ дней и $n = 10$ час годовая производительность котла составляет

$$M = \frac{24 \cdot 220 \cdot 90 \cdot 350}{1000 \cdot 10} = 16632 T.$$

Производственная мощность целлюлозного завода определяется по суммарной производительности всех варочных котлов.

Для выявления резервов производственных мощностей важное значение имеет анализ использования оборудования. Он дает возможность выявить потери от неполного использования производственной мощности, установить источники получения дополнительной продукции с того же оборудования и с тех же производственных площадей.

Анализ проводится путем сопоставления плано-расчетных показателей производительности оборудования и времени его работы с фактически достигнутыми и имеет целью проверку реальности плановых показателей. По каждому из них должны быть выявлены причины несовпадения и разработаны мероприятия для дальнейшего повышения производительности оборудования. Особенно тщательно необходимо изучать причины внеплановых простоев оборудования.

Теория статистики знает два метода определения степени влияния отдельных факторов на изменение явления или, выражаясь статистическим языком, два метода разложения общего индекса на, так называемые, факториальные индексы: обособленного (базисного) определения влияния отдельных факторов и цепных подстановок. Преимущество первого метода заключается, главным образом, в том, что величина влияния отдельных факторов не зависит от последовательности их вычисления. Но он имеет серьезный недостаток, состоящий в том, что совокупное влияние всех факторов, вычисленное при помощи этого метода, никогда не совпадает с отклонением изучаемого отчетного показателя от планового или предыдущего периода. Совокупное же влияние, вычисленное с помощью метода цепных подстановок, всегда совпадает с упомянутым отклонением. Это, естественно, большое преимущество цепного метода и поэтому он чаще всего применяется на практике при анализе совокупного воздействия отдельных факторов на уровень производительности оборудования и соответственно выявления итоговой величины резервов роста выработки продукции.

Метод цепных подстановок (в индексной или же в разностной форме) дает возможность преодолеть различия в единицах измерения, применяемых при учете отдельных факторов, а также выявлять роль каждого фактора без отрыва от его реальных связей со всеми другими.

Для выяснения влияния изменений каждого фактора строится ряд сопряженных индексов, в каждом из которых исследуются изменения лишь одной величины, отражающей влияние одного фактора; остальные условно принимаются за неизменные (являются «весами»). В совокупности все они образуют целостную систему индексов, построенную по следующей схеме:

$$I = \frac{\Sigma a_0 b_0 c_0 d_0}{\Sigma a_1 b_1 c_1 d_1} = \frac{\Sigma a_0 b_0 c_0 d_0}{\Sigma a_1 b_0 c_0 d_0} \cdot \frac{\Sigma a_1 b_0 c_0 d_0}{\Sigma a_1 b_1 c_0 d_0} \cdot \frac{\Sigma a_1 b_1 c_0 d_0}{\Sigma a_1 b_1 c_1 d_0} \cdot \frac{\Sigma a_1 b_1 c_1 d_0}{\Sigma a_1 b_1 c_1 d_1}$$

или в разностной форме

$$P = \Sigma a_0 b_0 c_0 d_0 - \Sigma a_1 b_1 c_1 d_1 = \Sigma (a_1 - a_0) b_0 c_0 d_0 + \Sigma a_1 (b_1 - b_0) c_0 d_0 + \Sigma a_1 b_1 (c_1 - c_0) d_0 + \Sigma a_1 b_1 c_1 (d_1 - d_0),$$

где a_0, b_0, c_0, d_0 — плановые показатели;

a_1, b_1, c_1, d_1 — фактические показатели.

Приведем анализ производительности бумагоделательной машины по обособленному (базисному) методу и затем сопоставим его результаты с полученными по методу цепных подстановок. В табл. 1 даны показатели, характеризующие работу бумагоделательной машины.

Таблица 1

Наименование показателей	Единицы измерения	По плановым расчетам	Фактически достигнуто в отчетный период	Отклонения	
				±	%
Общая выработка бумаги	Т/год	28795	27618	-1177	-4,088
Ширина бумажного полотна	м	4,2	4,2	—	—
Скорость хода машины	м/мин	300	290	-10	-3,333
Вес 1 м ² бумаги	г	50	52	+2	+4,0
Число часов работы машины в сутки	час/сутки	23	22,5	-0,5	-2,174
Время работы машины в час	мин	60	60	—	—
Коэффициент использования рабочего хода машины	—	0,96	0,95	-0,01	-1,042
Число дней работы машины в году	дней	345	340	-5	-1,449

Используя приведенные нами ранее буквенные значения, обозначим плановые показатели — a_0, b_0, c_0, d_0 ; фактические показатели — a_1, b_1, c_1, d_1 . Тогда производительность машин по плану составит

$$M_{пл} = \frac{60 a_0 b_0 c_0 d_0}{1000 \cdot 1000} = \frac{60 \cdot 4,2 \cdot 300 \cdot 50 \cdot 23 \cdot 0,96 \cdot 345}{1000 \cdot 1000} = 28795 \text{ Т/год.}$$

Фактически достигнутая производительность

$$M_{ф} = \frac{60 a_1 b_1 c_1 d_1}{1000 \cdot 1000} = \frac{60 \cdot 4,2 \cdot 290 \cdot 52 \cdot 22,5 \cdot 0,95 \cdot 340}{1000 \cdot 1000} = 27618 \text{ Т/год.}$$

Неиспользованная производительность машины составляет

$$M_{пл} - M_{ф} = 28795 - 27618 = 1177 \text{ Т/год.}$$

Определим влияние отклонений фактических показателей производительности машины от норм, принятых в расчете производственной мощности предприятия по базисному методу.

Снижение скорости машины повлекло за собой уменьшение выработки бумаги на

$$\frac{28795 \cdot 290}{300} - 28795 = -960 \text{ Т/год.}$$

следовательно, производственная мощность машины использовалась неполностью.

Выпуск бумаги повышенной плотности повлиял на увеличение ее выработки на

$$\frac{28795 \cdot 52}{50} - 28795 = + 1152 \text{ T/год.}$$

Уменьшение выработки машины из-за увеличения числа внутрисуточных простоев составляет

$$\frac{28795 \cdot 22,5}{23} - 28795 = - 626 \text{ T/год.}$$

вследствие сокращения числа дней работы машины

$$\frac{28795 \cdot 340}{345} - 28795 = - 417 \text{ T/год.}$$

из-за повышения холостых ходов

$$\frac{28795 \cdot 0,95}{0,96} - 28795 = - 300 \text{ T/год.}$$

Теперь определим влияние каждого фактора на производительность машины методом цепных подстановок.

Показатель обрезной ширины бумажного полотна отклонений не имеет, следовательно, и влияния на величину выработки не оказал.

Производительность машины с учетом влияния изменения скорости машины b обозначим через M_b

$$M_b = \frac{60a_1 b_1 v_1 c_0 k_0 d_0}{1000 \cdot 1000} = \frac{M_{пл} b_1}{b_0} = \frac{28795 \cdot 290}{300} = 27835 \text{ T/год.}$$

Влияние отклонения по этому показателю равно

$$M_b - M_{пл} = 27835 - 28795 = - 960 \text{ T/год.}$$

то есть за счет снижения скорости производительность машины не была использована на 960 T/год.

Таким же способом определяем влияние изменения веса 1 м² бумаги v .

Производительность машины с учетом влияния изменения обоих показателей b и v выразится

$$M_{bv} = \frac{60a_1 b_1 v_1 c_0 k_0 d_0}{1000 \cdot 1000} = \frac{M_{bv_1}}{v_0} = \frac{27835 \times 52}{50} = 28948 \text{ T/год.}$$

Влияние отклонения по показателю v составляет

$$M_{bv} - M_b = + 1113 \text{ T/год.}$$

Это значит, что увеличение веса 1 м² бумаги привело к увеличению выработки на 1113 T/год.

Производительность с учетом влияния трех показателей b , v и c обозначим через M_{bvc}

$$M_{bvc} = \frac{60a_1 b_1 v_1 c_1 k_0 d_0}{1000 \cdot 1000} = \frac{M_{bvc_1}}{c_0} = \frac{28948 \cdot 22,5}{23} = 28319 \text{ T/год.}$$

Влияние отклонения по показателю числа часов работы машины в сутки составит

$$M_{bvc} - M_{bv} = - 629 \text{ T/год.}$$

Значит, увеличение числа простоев привело к уменьшению выработки на 629 T/год.

Производительность с учетом влияния четырех показателей b , v , $ч$ и $к$ обозначим через $M_{бвчк}$.

$$M_{бвчк} = \frac{60a_1 b_1 v_1 ч_1 к_1 d_0}{1000 \cdot 1000} = \frac{M_{бвч} \cdot к_1}{к_0} = \frac{28319 \cdot 0,95}{0,96} = 28024 \text{ T/год.}$$

Следовательно, влияние снижения коэффициента использования рабочего хода машины составит

$$M_{бвчк} - M_{бвч} = 28024 - 28319 = -295 \text{ T/год.}$$

Производительность с учетом влияния пяти показателей b , v , $ч$, $к$ и d обозначим через $M_{бвчкd}$

$$M_{бвчкd} = \frac{60a_1 b_1 v_1 ч_1 к_1 d_1}{1000 \cdot 1000} = \frac{M_{бвчк} \cdot d_1}{d_0} = \frac{28024 \cdot 340}{345} = 27618 \text{ T/год.}$$

Тогда влияние уменьшения числа дней работы в году d составит

$$M_{бвчкd} - M_{бвчк} = -406 \text{ T/год.}$$

Следует отметить, что вычисленная производительность машины (выработки) с учетом влияния изменения всех показателей работы оборудования должна совпадать с фактической производительностью. Действительно, последняя сумма в нашем расчете (27618 T/год) в точности соответствует выработке, показанной в табл. 1. Это служит подтверждением правильности произведенных расчетов.

В табл. 2 показано влияние различных факторов на производительность бумагоделательной машины.

Таблица 2

Показатели, за счет изменения которых имеет место отклонение	Единицы измерения	Отклонения	
		по методу цепных подстановок	по базисному методу
Ширина бумажного полотна	м	—	—
Скорость машины	м/мин	-960	-960
Вес 1 м ² бумаги	г	+1113	+1152
Число часов работы машины в сутки	ч/сутки	-629	-626
Коэффициент использования рабочего хода машины	—	-295	-300
Число дней работы в году	дней	-406	-417
Итого		-1177	-1151

Приведенное в табл. 2 сопоставление показывает, что только расчет по методу цепных подстановок приводит к конечному правильному результату, то есть итог 1177 соответствует разности между плановой и фактической производительностью машины.

Определение влияния отдельных факторов на общее отклонение количества фактически выработанной бумаги от количества, предусмотренного планом, должно дать точно такие же результаты по разностной форме метода цепных подстановок.

Влияние на производительность бумагоделательной машины изменений

1) показателя скорости

$$\frac{60 \cdot a (\beta_1 - \beta_0) v_0 c_0 \kappa_0 d_0}{1000 \cdot 1000} = \frac{60 \cdot 4,2 (290 - 300) \cdot 50 \cdot 3 \cdot 0,96 \cdot 345}{1000 \cdot 1000} = - 960 \text{ T/год};$$

2) плотности бумаги

$$\frac{60 \cdot a_1 \beta_1 v_1 v_0 c_0 \kappa_0 d_0}{1000 \cdot 1000} = \frac{60 \cdot 4,2 \cdot 290 (52 - 50) \cdot 23 \cdot 0,96 \cdot 345}{1000 \cdot 1000} = + 1113 \text{ T/год};$$

3) числа часов работы машины в сутки

$$\frac{60 \cdot a_1 \beta_1 v_1 (c_1 - c_0) \kappa_0 d_0}{1000 \cdot 1000} = \frac{60 \cdot 4,2 \cdot 290 \cdot 52 (22,5 - 23) \cdot 0,96 \cdot 345}{1000 \cdot 1000} = - 629 \text{ T/год};$$

4) использования рабочего хода машины

$$\frac{60 \cdot a_1 \beta_1 v_1 c_1 (\kappa_1 - \kappa_0) d_0}{1000 \cdot 1000} = \frac{60 \cdot 4,2 \cdot 290 \cdot 52 \cdot 22,5 (0,95 - 0,96) \cdot 345}{1000 \cdot 1000} = - 295 \text{ T/год};$$

5) числа дней работы машины в году

$$\frac{60 \cdot a_1 \beta_1 v_1 c_1 \kappa_1 (d_1 - d_0)}{1000 \cdot 1000} = \frac{60 \cdot 4,2 \cdot 290 \cdot 52 \cdot 22,5 \cdot 0,95 (340 - 345)}{1000 \cdot 1000} = - 406 \text{ T/год}.$$

Совокупное влияние этих факторов на производительность машины, как и ранее, равно — 1177 T/год.

Техническая сторона вычислений при применении цепного метода может быть значительно упрощена: показатели влияния отдельных факторов могут быть вычислены также процентным способом в виде цепи последовательных вычислений (путем умножения процента перевыполнения или невыполнения плана по отдельным факториальным заданиям на плановую производительность, скорректированную каждый раз на сумму показателей влияния всех факторов, с которыми взаимодействует изучаемый фактор). Этот способ — простое видоизменение развернутого цепного.

Отдельные факторы, влияющие на снижение производительности бумагоделательной машины, могут быть вычислены путем следующих изменений:

1) скорости хода машины

$$\frac{28795 \cdot (- 3,333)}{100} = - 960 \text{ T/год};$$

2) плотности бумаги

$$\frac{(28795 - 960) \cdot 4,0}{100} = + 1113 \text{ T/год};$$

3) числа часов работы машины в сутки

$$\frac{(28795 - 960 + 1113) \cdot (- 2,174)}{100} = - 629 \text{ T/год};$$

4) коэффициента использования рабочего хода машины

$$\frac{(28795 - 960 + 1113 - 629) \cdot (- 1,042)}{100} = - 295 \text{ T/год};$$

5) числа дней работы машины в году

$$\frac{(28795 - 960 + 1113 - 629 - 295) \cdot (- 1,449)}{100} = - 406 \text{ T/год}.$$

В качестве примера иного расчета влияния различных факторов на величину выработки используем приведенные выше показатели работы бумагоделательной машины, но расчет произведем в обратном порядке:

1) уменьшение числа дней работы в году

$$\frac{28795 \cdot 340}{345} - 28795 = 28378 - 28795 = -417 \text{ T/год};$$

2) влияние коэффициента использования рабочего хода машины

$$\frac{28378 \cdot 0,95}{0,96} - 28378 = 28082 - 28378 = -296 \text{ T/год};$$

3) влияние числа часов работы машины в сутки

$$\frac{28082 \cdot 22,5}{23} - 28082 = 27472 - 28082 = -610 \text{ T/год};$$

4) влияние веса 1 м² бумаги

$$\frac{27472 \cdot 52}{50} - 27472 = 28571 - 27472 = +1099 \text{ T/год};$$

5) влияние скорости хода машины

$$\frac{28571 \cdot 290}{300} - 28571 = 27618 - 28571 = -953 \text{ T/год};$$

Общий результат:

$$-417 - 296 - 610 + 1099 - 953 = -1177 \text{ T/год}.$$

Сравним полученные результаты с вычисленными по рекомендуемой нами последовательности (см. табл. 3).

Таблица 3

Показатели, за счет изменения которых имеет место отклонение	Единицы измерения	Отклонения	
		по рекомендуемой нами последовательности	по обратной последовательности
Ширина бумажного полотна	м	—	—
Скорость машины	м/мин	—960	—953
Вес 1 м ² бумаги	г	+1113	+1093
Число часов работы машины в сутки	—	—629	—610
Коэффициент использования рабочего хода машины	ч/сутки	—295	—296
Число дней работы в году	дней	—406	—417
Итого		—1177	—1177

Из табл. 3 видно, что, хотя общий результат отклонений не изменился, результаты влияния отдельных факторов отличаются друг от друга, то есть они зависят от последовательности расположения показателей. Следовательно, установление твердой последовательности расположения показателей производительности оборудования — объективная необходимость.

Рекомендуемая методика, очевидно, может принести определенную пользу экономистам-практикам при составлении ими техпромфинпланов и хозрасчетных заданий цехов, а также при анализе факторов, влияющих на выполнение производственной программы в части использования основного оборудования (бумагоделательных машин, целлюлозоварочных котлов и др.).

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

КУЛЬТУРЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ПРИМОРЬЕ

М. П. ПУЛИНЕЦ

Научный сотрудник

(Приморская ЛОС)

В естественном состоянии сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.) в Приморском крае сейчас не произрастает.

Искусственные насаждения сосны, выращенные с 1900 г., исчисляются не более десятью участками с общей площадью 10—15 га.

В настоящей статье мы остановились на собственном опыте выращивания сосны в Кабаргинском лесничестве Уссурийского мехлесхоза (урочище Лысая сопка). Биологический возраст искусственного насаждения 13 лет. Географические координаты участка — 45°30' с. ш. и 133°40' в. д. по Гринвичу. Климат типично муссонный. Период с температурой воздуха выше 10° С составляет 149 дней. Вегетационный период равен 189 дням. Годовая сумма осадков 645 мм. Продолжительность безморозного периода 148 дней. Площадь участка 0,9 га. Почва бурая лесная слабо оподзоленная и слабо оглеенная легкая глина. С глубины 65 см — скелет (камни известняка), составляющий 90% горизонта ВС. Полевая водопроницаемость горизонта А₁ — 0,042, А₂ = 0,004, В — 0,006 см³/см²/сек.

В табл. 1 приведены данные химического анализа почв участка.

Таблица 1

Горизонт	РН солевой	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Степень насыщенности основаниями мест, %	Гумус, %
		мг на 100 г почвы		м-экв на 100 г почвы			
А ₁ (0—19)	5,8	2,5	5,0	3,61	9,88	73	5,6
А ₂ (19—33)	5,2	1,5	Нет	4,05	20,80	84	1,9
В (33—65)	5,4	1,25	"	3,70	35,70	91	2,4

Примечание. Содержание P₂O₅ определяли по Кирсанову, K₂O — по Пейве, гумуса — по Тюрину.

До 1955 г. площадь участка была под сельскохозяйственным использованием (главным образом под выращиванием картофеля).

Культуры сосны заложены пятилетними сеянцами, выращенными на своем питомнике в мае 1955 г. на шлейфе юго-западной экспозиции кругизной 5—7°.

Семена для посева получены в феврале 1950 г. из Тулунского лесхоза Иркутской области.

Приживаемость культур в 1955 г. — 96,8; в 1956 г. — 95,0; в 1958 г. — 93,7; в 1959 г. — 84,5%.

Культуры сосны исследовали в сентябре 1959 г. и в августе 1962 г.

Средние таксационные показатели культур сосны при первом исследовании оказались следующими: высота 172 см, прирост по высоте за последние три года 113 см и прирост за 1959 г. — 41 см. Единичные экземпляры сосны вступили в фазу плодоношения. Количество шишек на таких экземплярах исчисляли единицами. В образовании напочвенного покрова значительное участие принимал съедобный гриб — масленок зернистый (*Oxocomis granulatus* Fr.).

В сентябре 1960 г. культуры сосны переведены в лесопокрытую площадь с сорнячностью: сажейцев 74,0%. Напочвенный покров в 1962 г. войничково-разнотравный

средней густоты из вейника наземного (85%), полыни, осота, мелкопестника канадского и репешка. Задернение слабое. В возобновлении принимает единичное участие ильм сродный. Подлесок редкий, местами леспедеца двухцветная (средняя высота 1,2 м) и малина боярышниковлистная.

Средние таксационные показатели молодняков сосны при втором исследовании: высота 391 см, диаметр у шейки корня 7 см, диаметр на высоте груди 6 см, прирост по высоте текущих трех лет 197 см, прирост по высоте предыдущих трех лет 127 см, высота прикрепления кроны 59 см, высота очищения от сучьев 22 см.

Молодое насаждение сосны, созданное лесными культурами, по росту и сохранности имеет хорошие показатели. Однако следует отметить плохое очищение стволиков от сучьев и отсутствие самовозобновления сосны под пологом.

Рядом с лесокультурной площадью находился временный питомник, откуда для закультивирования 0,9 га использовано 9 тыс. шт. семян, остальные 17 тыс. семян по разным причинам продолжают оставаться на грядах питомника.

В августе 1962 г. мы исследовали на грядах питомника 13-летние «сеянцы» сосны. Даже при беглом осмотре хорошо видны сформировавшиеся биогруппы (6—14 деревьев). Средний диаметр сосны на высоте груди в биогруппах составляет 2,0—2,5 см, средняя высота 3,0—3,5 м. Наибольшие по диаметру деревья в большинстве случаев произрастают в середине биогрупп. Плодоношение «сеянцев» не отмечено. При раскопке корневых систем обнаружено их срастание в границах биогрупп.

Поступила в редакцию
12 апреля 1963 г.

О ПОВЕРХНОСТНОМ СТОКЕ ВОДЫ В ГОРНЫХ ЛЕСНЫХ УСЛОВИЯХ САХАЛИНА

А. П. КЛИНЦОВ

Старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук

(Сахалинская лесная опытная станция)

В связи с проведением исследований по установлению ширины лесных водоохраных полос по берегам рек и озер Сахалина работники Сахалинской лесной опытной станции ДальНИИЛХа в 1962—1963 гг. наблюдали за поверхностным стоком воды в различных условиях и районах острова. Стоковые площадки шириной 10 м и длиной от 80 до 150 м с бетонными отражателями располагались на склонах гор в лесу, на вырубках, а также на комбинированных участках вырубка — лес (вырубка в верхней части площадки).

Характеристика участков приведена в табл. 1.

Наблюдения за поверхностным стоком воды велись весной от начала таяния снега до полного его исчезновения, летом — спорадически в период ливневых дождей.

Изучение поверхностного стока сопровождалось исследованиями процессов снеготаяния и снеготаяния, промерзания и разморозки почвы, выявлением водно-физических свойств почвы; проводили также микроклиматические наблюдения. Приводим результаты работ.

1) Наибольшая интенсивность снеготаяния наблюдается на полянах и небольших вырубках южных склонов и сопок и составляет 24—25 мм/сутки; на крупных вырубках южных склонов она несколько меньше — 14—17 мм/сутки.

Увеличение интенсивности таяния снега на небольших замкнутых полянах и вырубках вызвано утепляющим действием стен леса: солнечные лучи, отражаясь от стволов деревьев, превращаются в тепловые, а эти лучи вызывают более быстрое таяние снега около стволов на опушках. Кроме того, на поверхности снега таких участков скапливается довольно много опавших с деревьев веток, шишек, хвоя, кусочков коры и т. п. Эти участки являются своеобразными «центрами», ускоряющими процесс снеготаяния.

Медленнее всего снег тает на северных склонах, покрытых сомкнутыми темнохвойными лесами. Здесь интенсивность снеготаяния составляет 6,8—9,0 мм/сутки.

2) В южной части острова на северных склонах почва промерзает на 6—20 см, а оттаивает на 10—20 дней раньше, чем снег сойдет полностью. В отдельные годы (например, 1963) замерзшая в начале зимы на глубину 5—10 см почва к началу снеготаяния полностью оттаивает во всех условиях. На южных склонах гор и сопок почва оттаивает на вырубках к началу снеготаяния.

В центральной части Сахалина промерзание и оттаивание почвы происходит по-разному. В Кировском районе, где снежный покров глубже, почва промерзает от 5—8 см (1963 г.) до 20 см (1962 г.), в Поронайском районе — от 20 см до 1 м. Оттаивание почвы происходит или в процессе снеготаяния (Кировский район), или позже (Поронайский район). На вырубках, особенно южных склонов, почва промерзает меньше и оттаивает раньше, чем в лесу. Это объясняется повышенной влажностью почвы осенью в этих участках по сравнению с лесом и большой глубиной снега (табл. 1). На южных склонах утепляющее значение имеет солнечная радиация. Осенью в безоблачные тихие дни здесь наблюдается оттаивание почвы сверху; в лесу же и на северных склонах этого не происходит.

Под пологом темнохвойных лесов, произрастающих на северных склонах, мерзлый слой почвы сохраняется до июля.

3) Общеизвестная закономерность об уменьшении поверхностного стока воды под пологом древостоев подтверждается и нашими наблюдениями. Однако объем

Таблица 1

Район исследований	№ стоковых площадок	Краткая характеристика участков	Запас воды в снеге к началу стока, мм	Начало и конец стока	Коэффициент стока
Долинский	1	Древостой 10Б+Е, 80 лет, полнота 0,7 с курильским бамбуком, южный склон крутизной 15—20°	472	3/IV-28/IV	0,0011
			997	20/III-2/V	0,0022
	2	Вырубка свежая, заросли курильского бамбука, южный склон крутизной 15—20°	456 403	3/IV-29/IV —	0,0015 —
Поронайский	3	Вырубка (100 м) — лес (25 м), южный склон крутизной 10—20°	460	3/IV-29/IV	0,0006
			400	24/III-2/V	0,0014
	1	Вырубка задернелая 7—10-летней давности, юго-восточный склон крутизной 13—17°	209	4/IV-25/IV	0,0050
			165	15/IV-4/V	0,0070
2	Вырубка свежая, северный склон крутизной 15—23°	144	4/IV-25/IV	0,0090	
		152	15/IV-9/V	0,0050	
3	Вырубка (80 м) — лес (40 м), северный склон крутизной 15—23°	131	4/IV-25/IV	0,0050	
		138	24/IV-13/V	0,0030	
4	Древостой 8Е2Пх, 80 лет, полнота 1,0, северный склон крутизной 20—23°	107	15/IV-13/V	0,0050	
		110	28/IV-12/V	0,0010	
Кировский	1	Вырубка (100 м) — лес (50 м), западный склон крутизной 15—20°	354	20/IV-15/V	0,0070
			295	24/IV-13/V	0,0015
	2	Вырубка (100 м) — лес (25 м), западный склон крутизной 15—20°	354	15/IV-30/IV	0,0023
			298	23/IV-11/V	0,0006
3	Вырубка 6—7-летней давности, задернелая, западный склон крутизной 20°	420	13/IV-4/V	0,0040	
		363	9/IV-10/V	0,0022	
4	Древостой 7Е3Пх+В, 120 лет, полнота 0,8, западный склон крутизной 13—25°	350	22/IV-15/V	0,0020	
		200	26/IV-18/V	0,0031	

Примечание. В числителе — данные 1962 г., в знаменателе — 1963 г.

поверхностного стока воды во время снеготаяния, как показали исследования, во всех участках и районах не превышал 1% общего количества осадков.

4) При выпадении дождей летом в количестве 50—100 мм в сутки поверхностный сток воды даже на вырубках не превышал 1% объема осадков. Незначительная величина стока на Сахалине обусловлена большой водопроницаемостью горных лесных почв — в верхних слоях (до 20—30 см) — 10 мм/мин и более, в нижних — 2—8 мм/мин, которая сохраняется долгое время и после вырубки древостоев.

Горные лесные почвы на Сахалине образовались от выветривания глинистых сланцев, песчаников, известняков, песков, а в отдельных районах — изверженных пород. Характерной особенностью этих почв является их маломощность (до 1 м, редко глубже), наличием в лесу довольно мощного горизонта грубого гумуса — до 10—15 см, большой скелетностью — до 80—90%. В южной части острова преобладают суглинки, в центральной — суглинки и супеси, а местами пески. На глубине 120—160 см, как правило, располагается рухляк материнской горной породы.

Поступила в редакцию
12 октября 1963 г.

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ЛЕСНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

С 14 по 19 октября 1963 г. в Ленинградской лесотехнической академии проходила межвузовская научно-методическая конференция по вопросам обобщения опыта лесотехнических институтов в деле экономической подготовки инженерных кадров и развития научных исследований.

Участники конференции обсудили доклад представителя Гослескомитета при Госплане СССР Е. И. Лопухова, осветившего перспективы развития лесозаготовительной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности и лесного хозяйства и задачи экономической подготовки инженерных кадров. Докладчик отметил большие перспективные изменения структуры производства и продукции лесной промышленности в сторону полного комплексного использования древесины и роста таких видов продукции, как целлюлоза, бумага, картон, фанера, древесно-волоконистые и древесно-стружечные плиты. Докладчик обратил внимание собравшихся на необходимость увеличения числа дипломированных экономистов, так как до сих пор существовала тенденция сужения инженерно-экономических специальностей в лесотехнических вузах.

Проф. И. С. Прохорчук привел материалы о состоянии и путях улучшения экономической подготовки студентов технических специальностей лесотехнических вузов и отметил, что за последние годы уровень подготовки повысился. Однако до сих пор на изучение специальных экономических дисциплин отводят мало времени; нет хорошо организованных, оснащенных техническими средствами кабинетов и лабораторий, приспособленных для самостоятельной работы студентов; ректораты институтов недооценивают значение экономической подготовки будущих инженеров; нет справочников по экономике лесного хозяйства, лесозаготовкам и отдельным отраслям деревообрабатывающей промышленности. Вопросы учета производства почти не освещаются. В учебных планах отсутствует дисциплина — бухгалтерский учет.

Проф. П. В. Васильев в докладе о подготовке и повышении квалификации научно-педагогических кадров лесозаготовителей привел интересные материалы. Он отметил, что всю их работу нужно оценивать с точки зрения помощи лесным организациям и улучшения плано-организационного руководства ими.

Серьезным достижением является наличие учебников и учебных пособий по экономике лесных специальностей.

Докладчик указал на увеличение количества диссертаций работников экономических кафедр. Большая часть (62%) этих работ затрагивает вопросы организации производства и труда, производительности труда, механизации производства, эффективности новой техники и технологии. До сих пор нет диссертаций по оборотным фондам, финансам, кредиту, бухгалтерскому учету, размещению производства и др. Докладчик внес ряд предложений по улучшению подготовки научных кадров.

Вопросы современного состояния и меры по улучшению подготовки студентов инженерно-экономических специальностей лесотехнических вузов нашли отражение в докладе доц. Т. С. Лобовикова.

Докладчик отметил, что специализированную подготовку инженеров-экономистов для лесного хозяйства, лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности в СССР проводят с 1925 г. (В отдельные периоды в этом принимали участие до восьми вузов страны). В настоящее время сеть экономического обучения значительно сужена.

Качество подготовки инженеров-экономистов следует признать удовлетворительным. Подавляющее большинство выпускников инженерно-экономического факультета успешно работает на производстве в проектно-конструкторских и научно-исследовательских институтах и в центральных руководящих органах промышленности.

В докладе Т. С. Лобовикова затронут ряд вопросов внутренней структуры

учебного плана, объединения одних дисциплин и выделения других. Например, необходимо дальнейшее усиление курса математики и особенно тех разделов, которые наиболее важны для подготовки экономистов.

Курсы специальных технических дисциплин для экономистов не должны быть сокращенным вариантом соответствующих курсов для технических специальностей; они должны быть освобождены от многих деталей и частей, относящихся к конструкциям машин, но максимально насыщены принципиальными характеристиками и экономическими параметрами техники и технологии, анализом основных закономерностей их развития. По мнению докладчика, желательно учредить курс «Проектирование предприятий и составление смет».

Был высказан ряд положений по изучению экономических дисциплин: об усилении или дополнении некоторых разделов курса политической экономии, об улучшении подготовки в области теории статистики и конкретной методике статистического анализа; о повышении теоретического уровня курса организации и планирования предприятий.

Необходимо выделить курс «Экономический анализ», ставящий целью выявление резервов производства. В курсе «Экономика отрасли» главное внимание необходимо сосредоточить на раскрытии и усвоении экономических характеристик производства и методов решения конкретных экономических задач в планировании развития отрасли, размещения производства и обоснования применения новой техники.

В докладе проф. Б. С. Петрова «О методических пособиях по дипломному и курсовому проектированию» был отражен ряд вопросов методического и организационного порядка. Он считает, что прежде чем издать методики курсового или дипломного проектирования, их должен утвердить единый методический орган Министерства высшего и среднего специального образования.

Доклады пленарного заседания вызвали оживленные прения. Доц. Р. А. Урванов (Уральский лесотехнический институт) отметил, что необходимо наладить централизованное снабжение экономических кафедр лесотехнических вузов материалами, разрабатываемыми Государственным комитетом, Совнархозами и планирующими организациями.

Доц. П. И. Платонов (Московский лесотехнический институт) обратил внимание на вопросы оснащения лесотехнических вузов современной вычислительной техникой, а также внедрения математических методов в планирование.

Доц. А. А. Барский (Московский лесотехнический институт) отметил, что в докладе по перспективам развития мало

внимания было уделено деревообрабатывающим производствам. По его мнению, в учебниках по экономике мало говорится о перспективах развития лесопромышленных отраслей.

Доц. Якубян (Ленинградская лесотехническая академия) высказал положения о необходимости разделения курса организации и планирования на два самостоятельных. По его мнению, на инженерных факультетах необходимо изучать математическую статистику. Надо создать также курс экономического анализа.

Доц. В. П. Чекин (Львовский лесотехнический институт) обратил внимание участников конференции на специфические особенности подготовки инженерных кадров и трудности в чтении некоторых экономических курсов при недостатке специалистов по некоторым дисциплинам, например, по лесомеханическому специальностям.

Доц. Н. В. Никитин (Архангельский лесотехнический институт) поделился опытом организации дипломного и курсового проектирования по экономическим разделам на инженерных факультетах и опытом работы преподавателей технических и технологических кафедр на экономических семинарах. Он также высказал пожелание о необходимости упорядочения нагрузок преподавателей вузов.

Инженер Губин (Государственный комитет леса) поставил ряд вопросов перспективного планирования потребности в кадрах.

Проф. И. В. Воронин (Воронежский лесотехнический институт) остановился на вопросах, связанных с качеством подготовки инженерных кадров. Он также отметил, что перспективы развития лесного хозяйства в докладе были освещены не полно. В дипломных проектах студентов имеются изъяны: экономическая сторона проектов по лесохозяйственным специальностям недостаточно обоснована.

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР должно внести исправления в учебные планы, заменив курсовые работы курсовыми проектами.

Доц. Г. М. Самкнуло (Ленинградская лесотехническая академия) отметил, что необходимо рассматривать не только организационные, но и методические вопросы.

Доц. Моисеев (Брянский технологический институт) не согласился с мнением проф. И. В. Воронина о том, что студенты лесохозяйственных факультетов получают плохую экономическую подготовку. В совнархозах работают многие выпускники этих факультетов и хорошо справляются со своими обязанностями. Далее он отметил, что надо знакомить студентов с юридической лите-

ратурой и элементами трудового права и других законов. Надо научить студентов подсчитывать и анализировать экономические показатели производства.

На двух секциях были рассмотрены вопросы организации и планирования лесобработывающей, лесной промышленности и лесного хозяйства. Были заслушаны доклады Г. М. Самкнуло, Б. А. Коган, Д. Е. Ситхиной, А. А. Барского, А. И. Делимова, П. В. Малочки, П. И. Коробова, А. М. Турышева, Е. С. Романова, Г. Н. Шахова, А. А. Родигина, И. В. Воронина, Р. А. Акимова.

На секциях были обсуждены вопросы, относящиеся к содержанию, методике разработки и мероприятиям по улучшению экономической части дипломных и курсовых проектов студентов. Кроме того, были рассмотрены учебные планы по экономическим специальностям.

Доклады и выступления показали, что в лесотехнических институтах накоплен большой опыт разработки материалов по дипломному и курсовому проектированию. В некоторых вузах (Архангельск, Ленинград, Москва, Свердловск) разработаны и изданы типографским путем методические пособия и формы для курсовых проектов.

Конференция констатировала, что в успешном решении экономических проблем, стоящих перед лесной, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленностью и лесным хозяйством, решающее значение имеет развитие лесозащитной науки и подготовка научно-педагогических кадров и инженерно-технических работников, владеющих необходимыми экономическими знаниями.

Наряду с мерами, которые должны быть приняты кафедрами в целях повышения уровня подготовки инженерных кадров, участники конференции признали необходимым организовать во всех лесотехнических вузах учебные кабинеты по экономике и организации производства и просить Министерство Высшего и среднего специального образова-

ния РСФСР выделить соответствующие средства и кадры.

В курсах отраслевой экономики, организации и планирования нужно обратить большое внимание на изложение вопросов эффективности капитальных вложений и использования новой техники.

Рекомендовано издавать учебники разных авторов по одному предмету и тем самым дать возможность студентам пользоваться лучшим из них.

В целях повышения квалификации преподавателей экономических кафедр признано необходимым шире практиковать командировки в проектные и научно-исследовательские институты, а также в центральные планирующие организации.

В дипломных проектах особое внимание нужно обратить на экономическую оценку и выбор вариантов принимаемых технических решений. В качестве демонстрационного материала дипломанты должны представлять лист с основными технико-экономическими показателями, характеризующими экономическую эффективность проекта.

Конференция признала, что количествоготавливаемых инженеров-экономистов явно недостаточно. Участники решили поставить перед Министерством высшего и среднего специального образования РСФСР, Госкомитетом по лесной промышленности вопрос о дальнейшем расширении подготовки инженеров-экономистов. На секциях была признана необходимость восстановления экономических факультетов в Архангельском и Львовском институтах.

Межвузовская лесозащитная конференция наметила ряд мероприятий, приняла решения, которые позволят улучшить экономическую подготовку и научно-исследовательскую работу в лесотехнических вузах. Полезность и своевременность этой конференции были признаны всеми участниками.

Н. В. Никитин.

Доцент, кандидат технических наук
(Архангельский лесотехнический институт).

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

О КОМПЛЕКСНОМ ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ ЧЕХОСЛОВАКИИ

Выпущенная в Праге книга «Леса Чехословакии»* (авторы А. Грузик, М. Новак, М. Выскот, В. Засмета) широко освещает природные условия лесов Чехословакии, отдельные отрасли ведения лесного хозяйства, лесное законодательство, организационные формы управления лесным хозяйством, подготовку кадров лесных специалистов, научные исследования, охрану природы, включает статистические данные о лесах.

В книге имеется 12 цветных приложений, (выполненных на отдельных листах), прекрасно иллюстрирующих элементы объектов лесного хозяйства, геологии, метеорологии, состав лесного фонда, карты лесонасаждений, типов леса, лесозаготовок, госзаповедников.

Лесная площадь ЧССР составляет 4243 тыс. га, в том числе государственных лесов 3700 тыс. га, лесов сельскохозяйственных кооперативов 143 тыс. га и частновладельческих лесов разных категорий 345 тыс. га. Таким образом, в ведении государственных организаций сосредоточено 87% всех лесов. Покрытая лесом площадь составляет 4196,1 тыс. га или 99% (средняя лесистость 33,2%). По составу пород хвойные насаждения занимают (по площади) 71,4%, в том числе ель — 48,5, сосна — 16,2, прочие хвойные — 6,7%. Лиственные насаждения занимают 28,6%, в том числе бук — 15,1, дуб — 6,0, остальные твердолиственные — 5,5 мягколиственные — 2,0%.

Возрастная структура лесов по классам возраста близка к нормальному распределению

Классы возраста	I	II	III	IV	V	VI и выше	Итого
% площади	19,5	21,7	22,5	17,8	11,2	7,3	100
					18,5		

Средний прирост 3,2 м³/га. Средний запас всей древесины 162 м³/га. Таким образом, общий запас древесины в ЧССР составляет 680 млн. м³.

Лесоразведение. В последнем пятилетии в ЧССР ежегодно на площади 90 тыс. га производят облесение, преимущественно искусственное; естественное — в очень ограниченном размере. Культуры восстанавливают как посадкой (хвойные — на 43,6 и лиственные — на 56,9%), так и посевом. Для посадки применяют саженцы преимущественно в возрасте 2—3 лет (в среднем 10 тыс. шт/га). Из хвойных пород высаживают преимущественно ель, затем сосну; из лиственных — дуб, липу, тополь и др.

В последнее время большое внимание уделяют уходу за насаждениями; при этом ставят задачи улучшения видового состава с учетом условий местопроизрастания отдельных древесных пород.

Мероприятия по уходу за молодняками ежегодно проводят на площади свыше 100 тыс. га; прореживание — на площади 1/4 общей площади лесов ЧССР (260—290 тыс. га); при этом, как правило, вырубается максимально 25% от запаса насаждения. Работы по лесоразведению постепенно механизмируются, но все же уровень механизации лесозаготовительных работ в общем выше.

Лесозаготовки. Годовой размер лесопользования установлен в 10305 тыс. м³ крупной древесины (2,42 м³ на 1 га), в том числе рубки главного пользования составляют 78%, промежуточного — 22%. Лесозаготовки ведутся преимущественно в порядке выборочных рубок. Развитие их механизации определяется государственным планом развития лесного хозяйства.

* Леса Чехословакии. Государственное сельскохозяйственное изд-во. Вып. 1-й, Прага, 20,97 печ. л. тираж 2500. 1960.

По новой технологии при трелевке и транспорте целыми хлыстами разделка на сортименты в основном концентрируется на нижних складах, обеспеченных соответствующей техникой для механизации отдельных производственных процессов.

Побочное пользование в лесах ЧССР представлено следующими видами: производство предметов ширпотреба из древесины второстепенного качества (с использованием, главным образом, лиственного сырья), использование сенокосных угодий и пастбищ, подсобного сельского хозяйства, организация плантаций фруктовых и технических культур, выращивание декоративных пород и кустарников, закладка плантаций новогодних елок, сбор лекарственных растений, пчеловодство, разведение пушного зверя и рыбы, охотничье хозяйство.

Создано 8 ферм для разведения пушного зверя (лисицы серебристой и платиновой, нутрии, норки европейской и др.). Общее количество разводимых зверей составляет 4600 голов. Разведение рыбы проводят в небольших прудах в лесу, которые заселяют карпами и щуками, а в проточных водах разводят форель. Ивовые плантации закладывают для получения прутьев, необходимых для производства корзин. Общая площадь плантаций для выращивания новогодних елок составляет примерно 300 га. С этой целью используют в первую очередь пригодные участки под линиями электропередач и нелесные земли. Ежегодная потребность в новогодних елках составляет 2 млн. шт.

Охотничье хозяйство. Климатические условия и природный характер местности исключительно благоприятны для разведения дичи. Благодаря разумному ведению охотничьего хозяйства в лесах Чехословакии с давних времен сохранились все виды крупной и мелкой дичи, отличающейся исключительно высоким поголовьем и качеством.

Лесотехнические мелиорации. Неурегулированные и нерешенные в прошлом условия стока больших и малых водотоков в Чехословакии при больших паводках приносили значительный материальный ущерб народному хозяйству в целом. На основании закона 1389 г. были разработаны условия стока на пересеченном рельефе путем регулирования несущих гравий горных потоков с сильным уклоном; организована систематическая борьба с горной эрозией, при этом выравнивается направление горных потоков, уменьшается сила падения воды и укрепляются дно и берега; проводят террасирование склонов с использованием камня и дерева, берега укрепляют облицовкой, мощением и посадками. Крутые склоны, находящиеся под угрозой эрозии, укрепляют с помощью простых технических мероприятий и немедленными посадками лесных древесных пород.

В последние годы, учитывая опыт СССР, в Чехословакии проведена закладка защитных лесных полос.

Организация и управление лесным хозяйством в ЧССР. Основная самостоятельная производственная и хозяйственная единица — лесное хозяйство (лесхоз). Как правило, площадь лесхоза 8—20 тыс. га в зависимости от интенсивности хозяйства, территориальной разбросанности, условий сбыта продукции и пр. Лесхоз занимается не только лесоразведением, возобновлением и защитой леса, но также лесозаготовками и транспортом древесины. Кроме того, лесхозы ведут наблюдение за ведением хозяйства в мелких не государственных лесах.

Внутренняя структура лесхоза различна в зависимости от характера преобладающей производственной деятельности.

Непосредственное осуществление всей производственной деятельности проводят лесничества, располагающие необходимым оборудованием. Обычно площадь лесничества 800—2500 га. Лесничий имеет в своем распоряжении помощника лесничего и 3—5 лесников. Площадь объезда 300—600 га.

Лесничий — единственное ответственное лицо за ведение лесного хозяйства в целом, поэтому на эту должность назначают лиц, имеющих специальное образование и пятилетний стаж в лесном производстве.

Лесхозы в административном отношении подчинены областным управлениям лесов, а последние — непосредственно Министерству сельского и лесного хозяйства.

Лесоустройство в Чехословакии проводит специальный институт, подчиненный тому же Министерству. Основное содержание лесоустроительных работ и перечень проектируемых организационно-технических мероприятий в основном сходны с организацией лесоустройства в Советском Союзе.

Подготовка кадров лесных специалистов в ЧССР проводится в лесных школах, школах мастеров, техникумах и лесных вузах с учетом потребностей социалистического лесного хозяйства.

Лесные школы выпускают квалифицированных лесных рабочих. Срок подготовки двухлетний. В лесные школы мастеров (с двухлетним обучением) принимают хорошо зарекомендовавших себя рабочих, имеющих производственный стаж не менее 3 лет. Школы дают специальное и одновременно общее образование.

Лесные техникумы с четырехлетним обучением готовят специалистов для работы в лесничествах. Обучение заканчивается сдачей экзаменов на аттестат зрелости.

В ЧССР имеется 6 лесных техникумов, которые ежегодно выпускают около 230 специалистов.

Высшие учебные заведения, выпускающие инженеров лесного хозяйства, представлены лесными факультетами в Праге, Брно, Зволене (Словакия). Лесные факультеты в Праге и Брно входят в состав сельскохозяйственной академии, в Зволене — в состав лесотехнического и деревообрабатывающего института. Контингент учащихся в лесных вузах определяется потребностью производства в инженерных кадрах.

Изложенный нами краткий обзор рецензируемой книги позволяет сделать следующие основные выводы:

1) леса Чехословакии находятся в хорошем состоянии, отличаются высокой продуктивностью в результате успешного и научно-обоснованного ведения комплексного лесного хозяйства на протяжении длительного периода;

2) в ЧССР получили широкое развитие элементы комплексности ведения хозяйства: работы по лесоразведению и уходу за лесом, побочные пользования по многочисленному перечню соответствующих мероприятий, включая закладку плантаций технически ценных пород и кустарников, фруктовых садов, ферм для разведения нужных зверей и, наконец, высокоорганизованного охотничьего хозяйства;

3) важнейший элемент комплексности хозяйства — объединение фракций лесоразведения и лесоэксплуатации в едином органе-лесхозе, а через него в лесничествах.

Ведутся исключительно выборочные рубки на всей территории. Достаточно обеспечена механизация всех производственных процессов в лесу;

4) организация охотничьего хозяйства стоит на самом высоком уровне;

5) большое внимание уделено подготовке кадров всех категорий лесных специалистов;

6) получили широкое осуществление проблемы охраны природы, имеется широко-разветвленная сеть госзаповедников в лесу.

Многие из проводимых в лесах Чехословакии лесохозяйственных мероприятий могут быть с успехом применены при соответствующих условиях и в лесах нашей страны.

В. К. Захаров.

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук.

(Белорусский технологический институт).

СОДЕРЖАНИЕ

Ф. И. Коперин. Лесотехническая наука и химизация народного хозяйства	3
--	---

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

В. К. Захаров. Ход роста культур смешанного состава с участием экзотов	9
В. П. Дадыкин, Е. В. Потаевич, Б. Н. Грушевский. О спектральном составе света под кронами деревьев	13
И. Э. Рихтер. Влияние многолетнего люпина (<i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl) на фотосинтез сосны обыкновенной (<i>Pinus silvestris</i> L.)	17
А. М. Шутяев. Опыт определения количества хлорофилла в листьях климатипов дуба черешчатого	24
И. И. Гусев. Изменчивость линейного прироста ели и связь его с некоторыми таксационными показателями деревьев	27
А. К. Карабаки. Изыскание рационального способа очистки и сортирования семян хвойных	33
Г. М. Шир-Оглы. Влияние степени изреживания на производительность и качественное состояние насаждений в степи	38
Е. Н. Самошкин. Различия в жирности плодов лещины обыкновенной и их значение для селекции и семеноводства	42
В. И. Кравченко. Размеры и вес надземных и подземных частей деревьев ели в древостоях различной густоты	45
С. Э. Вомперский. О методике наблюдений за почвенно-грунтовыми водами при гидролесомелиоративных исследованиях	48

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

А. П. Ливанов, А. Н. Пикушов. Исследование торможения автомобиля четырехтактным дизельным двигателем, снабженным выхлопным тормозом (замедлителем)	53
Г. П. Мальцев. К определению сил в сцепке канадского типа автомобиля с роспуском	62
Б. Д. Васильев-Козлов. Особенности расчета на изгиб лонжеронов рам автолесовозов	
В. И. Мельников, П. Н. Бутин. Электротензометрический метод исследования продольной динамики лесовозных вагонов-сцепов	77
В. П. Корпачев. О применении гидравлических ускорителей для продвижения пучков по рейдовым акваториям	86
Б. А. Прасолов. Графоаналитический расчет тормозного пути автопоезда	93

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. Г. Турушев. Результаты исследования раскроя кривых брусьев на пиломатериалы	100
К. И. Демьяновский. Оптимальные характеристики абразивных кругов и условия заточки дереворежущих строгальных ножей	105
Ю. Ф. Осипенко. Изменение строения древесины тонкого кругляка при контурном прессовании	114
В. М. Хрулев. Ускоренное испытание клеевых соединений на долговечность	121
О. К. Зевахин. Приближенное решение задачи об изгибе однородной ортотропной балки прямоугольного поперечного сечения равномерно распределенной нагрузкой	129

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. Ф. Чесноков, Л. Н. Козлова. Термический анализ двойных систем диметилсульфоксида и диметилсульфона с фенолом и органическими кислотами	141
Г. Е. Шалтыко. Исследование растворимости пентахлорфенола в некоторых органических веществах	145
Э. М. Цацка, Л. С. Романовская. Опыты по термолизу древесных отходов деревообрабатывающих предприятий	148
Б. С. Филиппов. О выделении сульфатного мыла из черных щелоков	154
М. И. Ивчер. Анализ использования производственного оборудования на целлюлозно-бумажных предприятиях	159

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

М. П. Пулинец. Культуры сосны обыкновенной в Приморье	166
А. П. Клинецов. О поверхностном стоке воды в горных лесных условиях Сахалина	168

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

Н. В. Никитин. Экономическое образование лесных специалистов	170
--	-----

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

В. К. Захаров. О комплексном лесном хозяйстве Чехословакии	173
--	-----

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ «ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 1 (Год издания седьмой)

Сдан в набор 13/1-1964 г. Подписан к печати 29/II-1964 г. Форм. бум. 70x108 . . . Физич. л. 11.
Печ. л. 15,07. Уч.-изд. л. 14,76. Тираж 1650. Сл. 00025. Заказ № 66. Цена 1 руб.

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

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ
ЖУРНАЛ



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

Цена 1 руб.

**Подписывайтесь
на журнал на 1964 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР**

Раздел

„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера за 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963 и 1964 гг. высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».