

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ ДВАДЦАТЫЙ

Библиотека  
Архангельского  
Лесотехнического  
института  
им. В. В. Куйбышева

6

1977

АРХАНГЕЛЬСК

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. И. М. Боховкин (отв. редактор), доц. Е. С. Романов (зам. отв. редактора), доц. С. И. Морозов (зам. отв. редактора), проф. Н. М. Белая, проф. Ю. Г. Бутко, доц. П. И. Войчаль, проф. И. В. Воронин, проф. М. Л. Дворецкий, проф. М. И. Зайчик, доц. Г. Л. Дранишников, проф. В. Г. Кочегаров, проф. Н. В. Маковский, акад. ВАСХНИЛ, проф. И. С. Мелехов, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Н. Песоцкий, доц. А. Р. Родин, проф. Ю. Д. Силуков, проф. Н. И. Федоров, проф. В. В. Фетфилов, проф. В. Н. Худоногов, проф. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь редакции А. И. Кольцова.

---

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

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977.

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

---

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 6  
(Год издания двадцатый)

---

Сдан в набор 4/XI 1977 г. Подписан к печати 3/II 1978 г.  
Форм. бум. 70X108<sup>1/16</sup>. Печ. л. 15,4. Физ. л. 11. Уч. изд. л. 15,01  
Сл. 00004. Тираж 2150 экз. Заказ 8525. Цена 1 руб.

---

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

## НОВЫЙ ВКЛАД В ТЕОРИЮ И ПРАКТИКУ СТРОИТЕЛЬСТВА КОММУНИЗМА

В исторических свершениях советского народа, строящего коммунизм, получила новое воплощение революционно-преобразующая сила политики и теории нашей партии.

Празднование 60-летия Октября явилось триумфом претворения в жизнь учения Маркса — Ленина и служит надежным компасом и боевым руководством к действию.

Ярким свидетельством политической зрелости, верности идеалам коммунизма, монолитной сплоченности нашего народа явилось поистине всенародное обсуждение проекта Конституции СССР. В нем участвовало свыше 140 миллионов человек — более 80 процентов взрослого населения нашей страны. Столь высокий уровень социальной активности сам по себе является одним из конкретных свидетельств того, что наше общество достигло стадий развитого социализма.

Верховный Совет СССР принял новую Конституцию Союза Советских Социалистических Республик. Теперь мы живем, учимся и работаем по новому Основному Закону. Он незримо пронизывает все стороны нашей жизни и деятельности, в нем заложено все необходимое для дальнейшего развития, движения вперед.

Понистине неопределимо идейное богатство новой Конституции СССР и материалов, посвященных юбилею Октября. Эти замечательные документы современности — крупный вклад в теорию и практику коммунистического строительства.

В этих документах КПСС дан глубокий анализ всемирно-исторического процесса перерастания государства диктатуры пролетариата в социалистическое общенародное государство, показано направление развития общественного самоуправления, которое полностью утвердилось в бесклассовом коммунистическом обществе.

Раскрыв глубокое содержание коммунистического идеала — «Свободное развитие каждого есть условие свободного развития всех», наша партия показала, что социализм, обеспечивая политические свободы и права всем гражданам, создает необходимые реальные предпосылки для последовательного развития личности, применения ее творческих сил, способностей и дарований на благо всего общества.

К числу важнейших проблем относится решение задачи, связанной с движением к однородности социальной структуры нашего общества со все большим укреплением его единства, еще более тесным сближением всех наций и народностей страны. Ведущую роль в этом процессе по-прежнему играет и будет играть рабочий класс. Не менее актуальны проблемы формирования нового человека. «Воспитывать в человеке, — указывал Л. И. Брежнев, — устремленность к высоким общественным целям, идейную убежденность, подлинно творческое отношение к труду — это одна из самых первостепенных задач».

Партия органически увязывает в своей деятельности решение текущих задач с перспективными целями. Так, в ходе развития межхозяйственной кооперации и концентрации производства, которые являются составной частью процесса дальнейшего обобществления производства при социализме, развиваются тенденции будущего слияния двух основных форм собственности в единую общенародную. Насыщение сельского хозяйства современной техникой, комплексное развитие крупных аграрно-промышленных комплексов создают предпосылки для преодоления существенных различий между городом и деревней.

Можно было бы назвать много других принципиальных проблем, которые решает наша коммунистическая партия и которые нашли свое отражение в новой Конституции и юбилейных материалах.

Актуальность этих проблем с новой силой подтвердили декабрьский (1977 г.) Пленум ЦК КПСС и сессия Верховного Совета СССР, принявшая план третьего года десятой пятилетки. Развитой социализм, его природа, конкретные проявления и достижения на современном этапе, пути развития и перерастания в коммунизм — это теперь и основной объект изучения для студентов и преподавателей вузов, и главный предмет исследований. Вот почему так важно внимательное и глубокое изучение Конституции, материалов обсуждения ее проекта и решений сессии Верховного Совета СССР.

Идеи и положения новой Конституции, докладов Председателя Конституционной Комиссии, Генерального секретаря ЦК КПСС, Председателя Президиума Верховного Совета СССР товарища Л. И. Брежнева на майском и октябрьском Пленумах ЦК КПСС 1977 г. сразу же органически вошли во все формы учебной, методической научно-исследовательской и воспитательной работы вузов.

В ходе изучения юбилейных материалов 60-летия Великой Октябрьской социалистической революции и новой Конституции СССР необходимо шире раскрывать:

всемирно-историческое значение достижений советского народа во всех сферах экономической, социально-политической и духовной жизни страны;

роль КПСС как руководящей и направляющей силы советского общества, ядра политической системы, государственных и общественных организаций;

социально-политическую значимость воплощения в жизнь статей Конституции СССР по конкретным практическим вопросам, относящимся к жизненно важным интересам советских людей;

сущность социалистической демократии, перспективы ее дальнейшего развития и укрепления, преимущества перед буржуазной демократией;

необходимость органического сочетания прав и обязанностей граждан СССР, строгого соблюдения Конституции СССР и других советских законов;

укрепление братской дружбы и нерушимого единства народов Советского Союза, как важнейшее условие коммунистического строительства, миролюбивой, последовательно интернациональной политики КПСС и советского государства на международной арене.

Особое внимание должно быть уделено повышению практической отдачи и действенности изучения указанных материалов.

Поддержав инициативу Московского государственного университета и Московского института нефтехимической и газовой промышленности, лесотехнические вузы широко развернули социалистическое соревнование в честь 60-летия Великого Октября по дальнейшему совершенствованию профессиональной подготовки и идейно-политического воспитания учащейся молодежи, повышению эффективности научных исследований. Соревнование стало привычным делом в вузовских коллективах и дает свои замечательные плоды. Его формы и методы постоянно совершенствуются.

В блистательных достижениях нашей страны за 60 лет советской власти есть немалые заслуги и высшей школы. Педагоги и ученые вузов, все советское студенчество готовы и впредь отдавать все силы строительству коммунизма.

К 60-летию Октября

УДК 634.0 + 634.0.79

**ПРОЙДЕННЫЙ ПУТЬ****ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО И ЛЕСНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ  
ЗА 60 ЛЕТ****Т. С. ЛОБОВИКОВ**

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрены сдвиги в состоянии лесного хозяйства и лесной промышленности СССР за 60 лет. Формулируются принципы стратегии развития этих отраслей в тесном взаимодействии со всем социалистическим строительством.

В лесах экономически отсталой, «деревянной» дореволюционной России с ее 160-миллионным населением ежегодно вырубалось не менее 325—330 млн. м<sup>3</sup> древесины. Из них 4/5 шло на топливо и лишь около 1/5 — на строительство и ремонт зданий и сооружений. Только 67 млн. м<sup>3</sup> древесины заготавливала капиталистическая промышленность, остальные 260 млн. м<sup>3</sup> — крестьяне и непромышленные мелко-товарные лесозаготовители.

В густонаселенных районах Центра, Юга, Запада страны ежегодно заготавливалось не менее 250—260 млн. м<sup>3</sup>, что вдвое превышало производительную способность лесов. Огромные вырубки облесению не подвергались. В результате леса быстро исчезали; в 1861—1914 гг. в центральных и южных районах Европейской России было уничтожено около 70 млн. га лесов, что составило половину исходной лесопокрытой площади. Лучшие люди России с тревогой и горечью отмечали этот разрушительный процесс, губительный не только для лесов, но и для вод и почв жизненно важных областей страны.

Катастрофу предотвратила Великая Октябрьская социалистическая революция. Уже одним из первых декретов Советской власти «О лесах» было провозглашено, что хозяйство во всех лесах «...должно производиться: а) в интересах общего блага и б) на основе планомерного возобновления», поставлена задача облесить громадные площади вырубок, привести все леса в известность и организовать в них хозяйство; установлены понятия защитных лесов и принципы хозяйствования в них.

Минуло 60 лет. При почти 70-кратном увеличении национального дохода и росте населения в 1,6 раза объемы рубок леса и общего потребления древесины возросли только в 1,3 раза. Это стало возможным за счет коренной перестройки характера потребления древесины. Глубокие перемены в энергетике и топливно-энергетическом балансе страны в ходе социалистической реконструкции позволили сократить потребление дров примерно на 150 млн. м<sup>3</sup>. В 1913 г. 25 млн. м<sup>3</sup> бревен перерабатывалось на пиломатериалы и незначительное количество фанеры без использования отходов; ныне же идет в переработку в 10 раз больше древесины, причем около 60 млн. м<sup>3</sup> подвергается глубокой химической и механико-химической переработке с получением высокоэффективных в употреблении материалов — бумаги, картона, древесново-

локнистых и древесностружечных плит и т. п. Эти сдвиги обусловлены и обеспечены принципиальными изменениями в характере возводимых строений и в методах исполнения строительных работ, во всей структуре общественного производства и в этом смысле являются результатом усилий всего советского народа.

Уже к 1960 г. индустриально организованные лесозаготовки составили около 400 млн. м<sup>3</sup>. Увеличив объемы производства (против дореволюционного) в 6 раз, лесная промышленность Советского Союза сформировалась как крупнейшая в мире с многотысячной армией специализированных рабочих и инженерно-технических работников, использующих новейшую технику и научно обоснованную технологию производства. Теперь в лесу работают разнообразные современные машины и механизмы, совершенно изменившие содержание и характер трудовых процессов и условия труда. Современный советский лесозаготовитель — это, прежде всего, специалист-механизатор со средним (или неполным средним) общим образованием, инициативно, умело оперирующий сложными машинами в трудных и изменчивых условиях работы.

Деревообрабатывающая промышленность, десятикратно возросшая в своих объемах, существенно улучшила использование древесины, создав и постоянно развивая производство наиболее эффективных современных продуктов (древесные плиты, панели и т. п.) из ранее не использовавшегося низкосортного сырья и отходов, активно содействуя уменьшению рубок леса и сбережению лесов. Она успешно снабжает советский народ современной мебелью, вместе с лесной промышленностью поставляет большое количество продукции на экспорт, обеспечивая валютой значительную часть внешнеторговых закупок Советского Союза.

Глубокие сдвиги произошли в размещении лесозаготовок и рубок леса (табл. 1).

Таблица 1

Районы	Размещение лесозаготовок и рубок леса, %, по годам		
	1913	1960	1977*
Европейско-Уральская зона			
Малолесные	73	34	24
Многолесные	19	41	39
Итого	92	75	63
Восточное Урала			
Малолесные	7	2	2
Многолесные	1	23	35
Итого	8	25	37
Всего по стране			
Малолесные	80	36	26
Многолесные	20	64	74
Итого	100	100	100

\* Ожидаемое по кругу, учитываемому ЦСУ СССР.

В малолесных\* районах страны рубки уменьшены более чем на 160 млн. м<sup>3</sup> в год, т. е. в 2,5 раза; при этом более 1/3 рубок проводят теперь в порядке ухода за лесом и санитарных мероприятий; рубки же главного пользования, ранее доминировавшие в этих районах, сокращены в 4 раза. Вместе с тем в многолесных районах Севера и Востока рубки увеличены более чем на 225 млн. м<sup>3</sup>, в том числе в сибирской и дальневосточной тайге в 34 раза.

Это значит, что навсегда и полностью ликвидирована угроза истребления и истощения лесов европейской части страны, неотвратимо надвигавшаяся в дореволюционной России. Леса Центра, Юга и Запада страны, юга Сибири и Средней Азии прочно поставлены в режим расширенного воспроизводства ресурсов.

Непосредственное решение этой задачи легло на плечи огромной армии лесозаготовителей, осваивающих вековую тайгу. Транспортники проложили тысячи километров стальных магистралей в глубь тайги.

Чтобы обеспечить новое, лучшее размещение лесозаготовок, железнодорожникам пришлось в 44 раза увеличить объем работы с лесными грузами (с 7 млрд. т·км в 1913 г. до 300 млрд. т·км в 1977 г.); средняя дальность перевозок возросла в 5 раз. Сплавщики и речники освоили для транспорта лесоматериалов десятки тысяч километров тяжелых рек и других водных путей там, где нет железных дорог и автомагистралей.

Решив задачу перебазирования лесозаготовок в леса Севера и Востока, лесная промышленность и транспорт страны Советов выполнили свою социальную и экологическую миссию, создав важнейшую предпосылку для сохранения и улучшения лесов как главного компонента среды обитания человека в наиболее населенных, экономически развитых районах страны.

Коренным образом изменилось советское лесное хозяйство. Ныне это научно обоснованное, в основном механизированное аграрно-индустриальное производство, обеспечивающее восстановление лесов на вырубках, все более активно воздействующее на процессы роста и направленного развития лесов. Советское лесное хозяйство приступило к осуществлению грандиозных задач коренного улучшения ландшафтов, естественных и испытавших неблагоприятные антропогенные воздействия, в целях нормализации поверхностного стока вод, предотвращения эрозии и повышения плодородия почв, улучшения микроклимата полей и населенных мест, создания оптимальных условий для отдыха трудящихся. При ежегодной рубке главного пользования на площади 2,5—2,6 млн. га, лесовосстановление в государственном лесном фонде производится на 2,1—2,2 млн. га, в том числе более 1 млн. га посадкой и посевом и 1 млн. га содействием естественному возобновлению; на остальной площади возобновление естественное. Кроме того, ежегодно закладывается около 300 тыс. га лесов на оврагах, песках, в ползащитных лесных полосах. В большинстве районов дореволюционной России, где производились чрезмерные рубки лесов, сейчас уже закультивированы все или почти все площади, предназначенные для облесения (так называемый лесокультурный фонд). Более 900 млн. га лесов постоянно охраняется лесной авиацией от пожаров; активными мерами борьбы с лесными вредителями охватывается ежегодно 1 млн. га лесов. Около 300 тыс. га леса ежегодно подвергается осушительной мелиорации.

\* Относимых к малолесным в 1976 г.

Таким образом, за годы существования Советского государства выполнена грандиозная программа преобразований в соответствии с ленинским заветом «организовать в лесах правильное хозяйство» на основе всесторонней индустриализации страны, роста и развития отечественного машиностроения, подлинной культурной и научно-технической революции.

Все это достигнуто не стихийно, а последовательным осуществлением ленинской стратегии социалистического и коммунистического строительства. В общей программе этого строительства ясно прослеживается и стратегия развития лесного комплекса Советского Союза. Наша «лесная стратегия» — это конкретная форма стратегии индустриализации. Ее главные черты:

развитие и функционирование лесного хозяйства и лесной промышленности в тесном единстве со всей социалистической экономикой в качестве своеобразных, но органически неотъемлемых ее частей;

постановка и разрешение задач лесного хозяйства и лесной промышленности в неразрывной связи с общими задачами развития народного хозяйства как целого, при ведущем определяющем значении этих общих задач;

последовательное осуществление принципа наибольшего возможного служения лесного хозяйства и лесной промышленности решению главной задачи социалистического строительства — индустриализации страны, создающей, в свою очередь, коренные предпосылки и прочную базу для развития и преобразования лесного хозяйства и лесной промышленности в прямой зависимости от возрастания экономической мощи страны;

установка на разрешение на каждом этапе развития только реально выполнимых задач, надежно и достаточно обеспечиваемых всеми ресурсами страны при оптимальном их распределении между отраслями в интересах общего дела.

Только исходя из этих стратегических принципов, содействуя быстрому подъему социалистической экономики и создавая на этой основе все более мощную, все более технически совершенную лесную промышленность, постепенно проникая в многолесные районы, чтобы ослабить, а затем и снять напряженность рубок там, где леса редели, советские люди умело сочетали решение задач упорядочения лесопользования и сбережения лесов с требованиями экономической организации производства и достаточности лесоснабжения страны на всех этапах ее социалистического строительства.

Форсируя лесозаготовки предвоенных лет в лесах Верхней Волги, Смоленщины, Новгородчины, Вологодчины, Удмуртии, еще не имея возможностей широко освоить более северные районы, мы смогли спасти от полной вырубки леса Черноземья и Подмосковья. Перенеся центр тяжести лесозаготовок в первые послевоенные годы в Южную Карелию, Архангельскую, Костромскую, Кировскую, Пермскую области и форсированно осваивая их перестойные леса, мы продолжили свертывание лесозаготовок в малолесных районах.

Существуют мнения, что не следовало решать задачу таким образом, что надо было создавать «постоянно действующие» предприятия, сразу охватывая, очевидно, всю далекую тайгу. Но такого «пути» не существовало, ибо растущая экономика страны не располагала возможностями вовлечь леса севера и востока одновременно. Следуя таким рекомендациям, нельзя было решить никаких задач, но неизбежна была бы катастрофа в лесоснабжении, срыв программ социалистического строительства и вынужденное истребление лесов Центра.

Достигнуто многое, но это отнюдь не означает, что все проблемы решены. Страна испытывает некоторые трудности в снабжении древесным сырьем. Мы продолжаем использовать преимущественно высококачественную хвойную древесину и все еще допускаем в хвойных лесах некоторых районов перерубы сверх лесоводственно обоснованных норм. В то же время еще не полностью используются ресурсы лиственной, мелкомерной, низкосортной древесины и древесных отходов; значительные количества такой древесины оставляются на лесосеках, сжигаются или гниют. Это объясняется вовсе не погоней лесозаготовителей за «сиюминутной выгодой», не стремлением «полегче выполнить план», а связано с состоянием потребляющей древесину промышленности и развитой сетью.

Древесина и продукты из нее потребляются главным образом в строительстве и ремонте зданий и сооружений. Строители уже применяют значительные количества древесных плит, фанеры, картона, но основным древесным стройматериалом продолжают оставаться доски, для выпилки которых требуются крупномерные, преимущественно хвойные бревна. За последние 40 лет в СССР удельный расход древесины (во всех ее видах, в пересчете на круглый лес) на единицу объема строительного-монтажных работ уменьшен в 10 раз. Но то количество древесины, которое требуется сейчас, мы обязаны дать, чтобы не тормозить выполнение ответственной программы капитального строительства.

Несомненно, что не только в строительстве, но и в тарном и мебельном производстве будет продолжаться процесс замещения пиломатериалов прогрессивными материалами — плитами, фанерой, картоном и т. п. При этом откроются дополнительные возможности экономии крупномерной хвойной древесины и употребления лиственной и мелкой.

Однако расширение использования лиственной, мелкомерной, низкосортной древесины и древесных отходов достигается развитием их переработки (в целлюлозу, бумагу, картон, древесные плиты, кормовые дрожжи и т. п.).

Все это означает, что сократить сегодня рубку крупномерной хвойной древесины за счет расширения заготовок лиственной, мелкомерной и низкосортной древесины сверх того количества, которое может переработать реально существующее (и развиваемое) производство целлюлозы, картона, плит и т. п., значило бы не только серьезно усложнить положение строительства и других важных отраслей экономики, но также и бесполезно растратить трудовые, материальные и лесные ресурсы на рубку и вывозку пока избыточной, а следовательно, ненужной лиственной, низкосортной древесины.

За 60 лет существования Советского государства лесная и деревообрабатывающая промышленность и лесное хозяйство прошли трудный и славный путь. Они выполнили задачи, выдвигавшиеся в период становления и развития социалистической экономики и защиты отечества.

Своей деятельностью они ярко демонстрируют осуществление важнейших положений новой Конституции СССР о том, что «Экономика СССР составляет единый народнохозяйственный комплекс, охватывающий все звенья общественного производства, распределения и обмена на территории страны» (ст. 16), что «В интересах настоящего и будущих поколений в СССР принимаются необходимые меры для охраны и научно обоснованного, рационального использования земли и ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, для сохра-

нения в чистоте воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей человека среды» (ст. 18)\*.

Никогда в истории человечества, ни в одной стране мира не осуществлялось столь грандиозного прогресса в области лесной промышленности и лесного хозяйства. И советский народ имеет все основания гордиться достигнутыми успехами на этом участке коммунистического строительства.

---

\* Конституция (Основной Закон) Союза Советских Социалистических Республик. М., Политиздат, 1977.

---

Поступила 27 сентября 1977 г.

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.568

К ВОПРОСУ ОБ УСТАНОВЛЕНИИ  
ТИПОВ РОСТА ДРЕВОСТОЕВ В НАТУРЕ

М. В. ДАВИДОВ

Украинская сельскохозяйственная академия

Разработаны три метода установления типов роста в натуре: аналитический, графический и рекогносцировочный. Аналитический метод связан с рубкой модельных деревьев, и его можно рекомендовать при научных исследованиях. Остальные методы не требуют взятия моделей, они менее трудоемки и доступны рядовому технику.

За последние 15 лет широко развернулись работы по изучению особенностей роста древостоев на территории УССР, в центральных районах РСФСР, в Чувашской АССР и в Калининградской области. Были установлены типы роста древостоев основных лесообразующих пород европейской части СССР: дуба [4, 9], сосны [7], ели [5, 15], лиственницы [11], бука [14], березы [13], осины [12] и ольхи [6]. Вскрыты новые закономерности в ходе роста древостоев по высоте, что дало возможность установить взаимосвязь между типами роста, классами бонитета и типами леса.

Как следствие, в нашу лесотаксационную литературу было введено понятие о дифференцированном бонитировании, позволяющем классифицировать древостой не только по продуктивности, но и по энергии роста в высоту (типам роста), что имеет большое практическое значение [2]. На богатом экспериментальном материале были построены новые шкалы (в дополнение к общебонитировочной шкале М. М. Орлова) для бонитирования семенных [10] и порослевых [3] древостоев.

Однако эти шкалы, предназначенные для применения в районах интенсивного лесного хозяйства, пока еще не используются производством. Такое положение, по-видимому, создавалось в связи с тем, что вопрос о бонитировании древостоев принял дискуссионный характер.

Отсутствие единой точки зрения среди специалистов вызвало параллелизм в работе, чем и можно объяснить опубликование новых вариантов бонитетных шкал, построенных на разных принципах, и при том в отрыве от установленных в теории лесной таксации закономерностей хода роста древостоев. Не вдаваясь в критику, отметим лишь, что авторов новых бонитетных шкал [1, 8] объединяет необоснованное игнорирование идеи о типах роста древостоев.

Внедрению дифференцированного бонитирования в практику препятствует также ошибочное представление лесоустроителей и некоторых научных работников о трудностях установления типов роста в натуре. Поэтому возникла необходимость ознакомить широкий круг специалистов как с методикой, так и технологией работы по установлению типов роста.

Были разработаны следующие методы, которые могут быть использованы как при научных исследованиях, так и в условиях произ-

водства: аналитический, графический и рекогносцировочный. Первый из них относительно точен, но и более трудоемок. Его можно рекомендовать главным образом при научных исследованиях. Два других метода просты и менее трудоемки, но уступают несколько в точности аналитическому, что, однако, не может служить препятствием для применения в практических целях.

Сущность аналитического метода состоит в следующем. Перед началом работы предварительно знакомятся с объектом исследования. Для выбора участков и закладки пробных площадей в насаждениях данного типа леса и класса бонитета в целях исследования (если не имеется в виду составление таблиц хода роста) достаточно заложить 3—4 пробные площади в наиболее характерных участках молодняков, средневозрастных и спелых древостоев. После отграничения проб в натуре делают перечет стволов по ступеням толщины и измеряют высоты у 10—12 деревьев, что дает возможность вычислить средний диаметр древостоя и найти среднюю высоту. Работа на пробе заканчивается взятием трех средних моделей и подробным описанием условий местопроизрастания.

Взятые модели подвергают упрощенному анализу хода роста по высоте и диаметру по пятилетиям или десятилетиям. Затем высоты, полученные как средние из трех измерений по пятилетиям (десятилетиям), сопоставляют с соответствующими данными бонитировочной шкалы М. М. Орлова. Такое сравнение лучше всего производить графически. Для этого по данным бонитировочной шкалы на график наносят границы классов бонитета, а затем и кривые хода роста модельных деревьев по высоте. По направлению кривых можно установить и тип роста древостоя. Например, если кривые хода роста в высоту, по данным анализа модельных деревьев, взятых в древостоях сосны, ели, дуба и ольхи, расположатся так, как это изображено на рис. 1 и 2, можно сделать заключение, что древостой сосны и ольхи развивались по типу с убывающей интенсивностью прироста по высоте ( $T_y$ ), а ели и дуба — по типу с возрастающей энергией ( $T_B$ ). В первом случае бонитет «понижается» на один класс, а во втором «повышается». Как

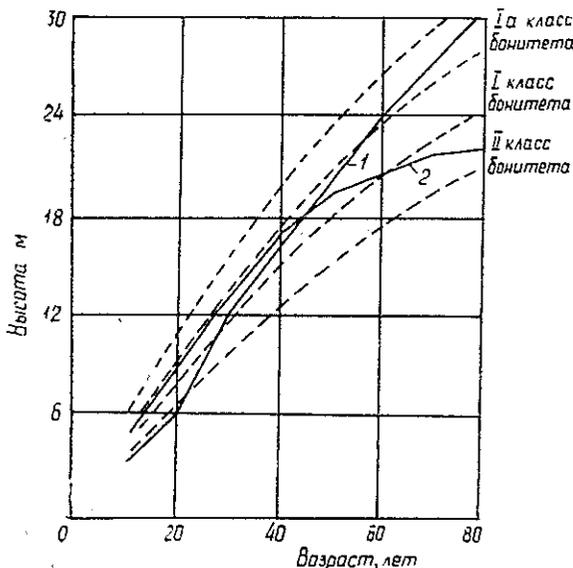
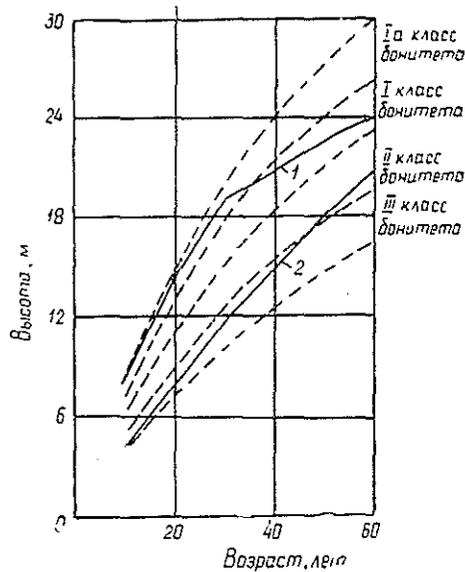


Рис. 1. Ход роста модельных деревьев по высоте в древостоях семенного происхождения.

1 — кривая высот в еловых древостоях, тип роста  $T_B$ ; 2 — кривая высот в сосновых древостоях, тип роста  $T_y$ ; штриховыми линиями обозначены границы классов бонитета по бонитировочной шкале М. М. Орлова.

Рис. 2. Ход роста модельных деревьев по высоте в древостоях порослевого происхождения.

1 — кривая высот в ольховых древостоях, тип роста  $T_y$ ; 2 — кривая высот в дубовых древостоях, тип роста  $T_B$ .



показал опыт, этот метод вполне пригоден при научных работах и может быть рекомендован при дальнейших исследованиях.

Рекогносцировочный метод используют в целях ориентировки, когда необходимо получить предварительное, общее представление об особенностях роста древостоев в устраиваемом лесном массиве. Он может быть использован и для выбора участков в целях закладки «летучих» и тренировочных пробных площадей. Основой метода является разработанная схема взаимосвязи между типами роста, классами бонитета и типами леса данной породы. Таких схем пока три: для древостоев дуба [2], сосны [7] и черной ольхи [6]. Для других пород аналогичные схемы желательно составить в ближайшее время с участием в этой работе не только научных работников, но и таксаторов. Практическое применение составленной схемы не представляет особых трудностей. Таксатору необходимо только правильно установить тип леса и класс бонитета, тогда, пользуясь схемой, можно ориентировочно определить и тип роста древостоя. Если нет уверенности в правильности установления типа роста, то в целях контроля рекомендуется применить графический или аналитический методы.

Теоретическим обоснованием графического метода является установленная закономерность в ходе роста древостоев одинакового происхождения и типа роста. На основании большого экспериментального материала было выявлено, что если исходить не из абсолютных данных хода роста древостоев в высоту, а из относительных (полученных как частное от деления средней высоты древостоя данного возраста и класса бонитета на соответствующую среднюю высоту, взятую из бонитировочной шкалы для того же возраста и класса бонитета), можно убедиться в том, что характер роста по высоте практически зависит только от типа роста и происхождения древостоя (семенное или порослевое). Порода и класс бонитета при этом условии, как выяснилось, не оказывают существенного влияния на темп роста в высоту.

Для иллюстрации вскрытых особенностей роста древостоев в высоту приводим два графика (рис. 3 и 4) для древостоев семенного и порослевого происхождения. При построении графиков средние высоты по классам бонитета и десятилетиям, по данным бонитировочной шкалы М. М. Орлова (табл. 1), приняты за единицу сравнения (100%), и высоты, определенные в натуре, выражены (в пределах

Таблица 1

Возраст, лет	Высота, м, насаждений разного происхождения и классов бонитета									
	семенных					порослевых				
	Ia	I	II	III	IV	Ia	I	II	III	IV
10	5,4	4,4	3,4	2,2	1,3	7,3	6,2	5,1	4,0	3,0
20	9,7	8,6	7,1	5,5	3,9	14,1	12,2	10,1	8,1	6,2
30	14,4	12,4	10,4	8,4	6,3	19,0	16,5	14,0	11,5	9,0
40	18,3	15,8	13,4	11,0	8,5	22,6	19,8	16,9	14,0	11,2
50	21,6	18,8	16,0	13,2	10,4	25,6	22,5	19,3	16,1	13,0
60	24,6	21,5	18,4	15,3	12,2	28,0	24,6	21,3	17,9	14,4
70	27,0	23,6	20,3	17,0	13,7	29,0	26,4	23,0	19,5	15,7
80	29,2	25,7	22,1	18,6	15,1	31,5	28,0	24,3	20,5	16,7
90	31,1	27,4	23,7	20,0	16,2	32,7	29,0	25,4	21,6	17,8

класса бонитета) в долях их, как соответствующие относительные высоты  $R_H$ .

В результате выравнивания экспериментальных данных (графическим и математическим путем) были получены обобщенные кривые относительных высот  $R_H$  древостоев одинакового происхождения и типа роста (сплошные линии на рис. 3 и 4). Для древостоев, развивающихся по типу  $T_y$ , характерно уменьшение относительных высот  $R_H$  с возрастом, а для типа  $T_b$  — увеличение; но к 60—80-летнему возрасту величины  $R_H$  практически равны и близки к единице для древостоев всех типов роста. Построенные графики на практике могут служить эталоном для сравнения энергии роста таксируемых древостоев, а следовательно, и установления типов роста.

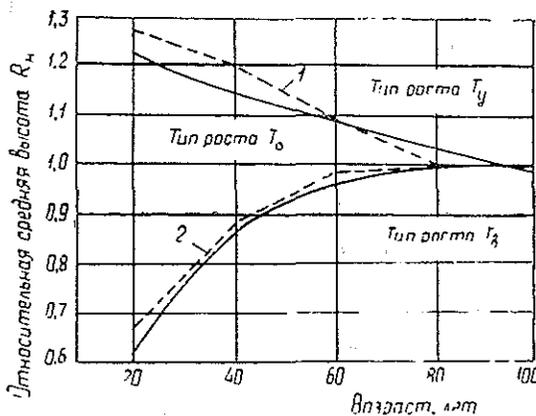


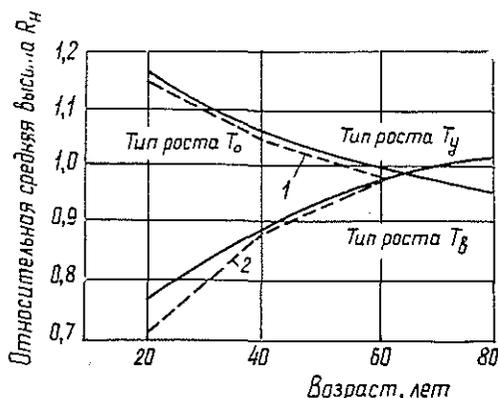
Рис. 3. Изменение относительных средних высот  $R_H$  с возрастом в древостоях семенного происхождения.

Сплошные линии — обобщенные кривые  $R_H$  для древостоев типа  $T_y$  и  $T_b$ ; штриховые: 1 — кривая  $R_H$  по данным измерений в сосновых древостоях, тип роста  $T_y$ ; 2 — кривая  $R_H$  по данным измерений в еловых древостоях, тип роста  $T_b$ .

Технология работы по данному методу сводится к следующему. Как известно, перед началом лесоустроительных работ в устраиваемом лесном массиве обычно производится тренировочная таксация на специально закладываемых пробных площадях. Однако для установления типов роста древостоев число тренировочных проб может оказаться недостаточным. Поэтому рекомендуется, наряду с тренировочными пробами, намечать места и для «летучих» проб (без ограничения их в натуре), число которых будет зависеть от разнообразия условий местопроизрастания в устраиваемом массиве. В древостоях од-

Рис. 4. Изменение относительных средних высот  $R_H$  с возрастом в древостоях порослевого происхождения.

Сплошные линии — обобщенные кривые  $R_H$  для древостоев типа  $T_y$  и  $T_b$ ; штриховые: 1 — кривая  $R_H$  по данным измерений в черноольховых древостоях, тип роста  $T_y$ ; 2 — кривая  $R_H$  по данным измерений в дубовых древостоях, тип роста  $T_b$ .



ного типа леса должно быть заложено не менее 3—4 «летучих» проб, чтобы охарактеризовать все возрастные стадии развития древостоя от молодого до спелого возраста.

На выбранных участках, характерных для данного типа леса, измеряют диаметры у 25—30 растущих деревьев и высоты у 3—5 деревьев, близких по размеру к среднему дереву древостоя. Затем глазомерно устанавливают средний возраст древостоя и производят тщательное описание условий местопроизрастания. Установив класс бонитета таксируемых древостоев, определяют указанным путем относительные высоты  $R_H$ , их значения наносят на соответствующий график (рис. 3, 4) и устанавливают тип роста древостоя.

Рассмотрим технику выполнения этой работы на конкретном примере. Предположим, что в устриваемом лесном массиве произрастают сосняки-черничники ( $A_2$ ), ельнички-черничники ( $C_3$ ), снытьевые дубяки ( $D_2$ ) и крапивные ольшаники ( $C_4$ ). В древостоях названных типов леса таксатором было заложено по 3—4 «летучих» пробы на каждый тип леса древостоев в возрасте от 20 до 100 лет. В результате их таксации были получены следующие данные (табл. 2).

Таблица 2

Средний возраст, лет	Средняя и относительная высота древостоев разных типов леса и классов бонитета							
	Сосняк-черничник, II класс бонитета		Ельник-кисличник, Ia класс бонитета		Порослевой дубяк снытьевый, II класс бонитета		Порослевой ольшаник крапивный, I класс бонитета	
	$H_M$	$R_H$	$H_M$	$R_H$	$H_M$	$R_H$	$H_M$	$R_H$
20	9,0	1,27	6,5	0,67	7	0,70	14	1,15
40	16	1,20	16	0,88	15	0,89	21	1,06
60	20	1,09	24	0,98	26	0,98	24	0,98
80	22	1,00	29	1,0	—	—	—	—
Тип роста	$T_y$		$T_b$		$T_b$		$T_y$	

На основании абсолютных средних высот  $H$  и классов бонитета древостоев, с помощью данных табл. 1 были определены относительные высоты  $R_H$ . Например, в 40-летних древостоях относительная высота для сосняка-черничника  $R_H = \frac{16}{13,4} = 1,20$ , для ельника-кисличника  $R_H = \frac{16}{18,3} = 0,88$ , для снытьевого дубяка  $R_H = \frac{15}{16,9} = 0,89$  и для крапивного ольшаника  $R_H = \frac{21}{19,8} = 1,06$ .

Определив  $R_H$  для всех указанных возрастов древостоев, наносят их на соответствующие графики (пунктирные линии на рис. 3 и 4) и по характеру кривых, отображающих изменение относительных высот с возрастом, устанавливают тип роста древостоя. Как видно из рис. 3 и 4, древостой сосны и ольхи развивались по типу  $T_y$ , а ельники и дубняки по типу  $T_b$ . Если бы ход роста по высоте одного из древостоев соответствовал «обычному» типу роста ( $T_0$ ), то на графике получилась бы прямая линия, параллельная оси абсцисс; или, в частном случае, она совпала бы с линией, характеризующей тип роста  $T_0$ , при  $R_H = 1,0$ .

Данный метод, как видим, прост и доступен рядовому технику и не требует дополнительных затрат времени и средств и на этом основании может быть рекомендован для производства.

Разумеется, что когда типы роста древостоев установлены на тренировочных и «летучих» пробных площадях и составлена схема взаимосвязи между типами роста, классами бонитета и типами леса, производится соответствующая тренировка всем составом таксационной партии. Результаты тренировочной таксации, при наличии названной схемы, в дальнейшем являются основой при установлении типа роста древостоя для каждого таксационного участка, без дополнительных измерительных работ в лесу.

Между тем, высказанные в литературе [1] соображения со ссылкой на трудности установления типов роста в натуре не соответствуют действительности и неправильно ориентируют специалистов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Антанайтис В. В., Загреев В. В. Единая система бонитировочных шкал по группам древесных пород. Проект ОСТ. 1976. [2]. Давидов М. В. О дифференцированном бонитировании при лесоустройстве. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 4. [3]. Давидов М. В. О бонитировании древостоев порослевого происхождения. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 1. [4]. Давидов М. В. Результаты исследования роста культур дуба в лесостепной зоне европейской части СССР. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 4. [5]. Давидов М. В. Типы роста еловых лесов европейской части СССР. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 5. [6]. Давидов М. В. Особенности роста черноольховых насаждений. — «Лесное хозяйство», 1976, № 8. [7]. Давидов М. В. Типы роста сосновых лесов европейской части СССР. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 4. [8]. Козловский В. Б., Степин В. В. Нужны новые бонитетные шкалы. — «Лесное хозяйство», 1966, № 1. [9]. Луций Е. М. Рост и сорtimentная структура культур дуба степной зоны УССР. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Киев, 1964. [10]. Никитин К. Е. К вопросу бонитирования насаждений. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1960, № 4. [11]. Никитин К. Е. Теоретические и экспериментальные исследования таксационного строения и роста лиственных насаждений Украинской ССР. Автореф. на соиск. учен. степени докт. с.-х. наук. Киев, 1963. [12]. Поляков А. В. Особливості росту осічників на Поліссі та Лісостепу України. — «Вісник сільськогосподарської науки», 1966, № 12. [13]. Порицький Г. А. Нові дослідження ходу росту берези Полісся УРСР. — «Вісник сільськогосподарської науки», 1962, № 10. [4]. Смаглюк К. К. Буковые леса Северной Буковины и основы хозяйства в них. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Киев, 1964. [15]. Цурик Е. И. Таксационные исследования ельников Украинских Карпат. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Киев, 1973.

Поступила 20 мая 1977 г.

УДК 634.0.524.33 : 519.2

## ЕДИНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА СТВОЛОВ И ЗАПАСА ДРЕВОСТОЕВ

Г. Л. КРАВЧЕНКО

Брянский технологический институт

Предлагается общая математическая модель изменения объема стволов и запаса древостоев разных пород, возраста, классов бонитета, выдерживающая трансформацию и полученная на основе уравнения множественной регрессии и карточек модельных деревьев.

Обычно объем ствола дерева получают по высоте, толщине и видовому числу. Последний из трех показателей лесоводы пока не научились получать быстро и с высокой степенью точности, тогда как для высоты и толщины ствола это вполне достижимо. Вместе с тем, эти показатели хорошо коррелируют с объемом ствола, очевидно, они и должны составить минимальный перечень показателей основы модели.

Объем ствола характеризуется высоким коэффициентом изменчивости как в целом по древостою, так и по отдельным разрядам. Изменчивость объемных коэффициентов  $\frac{V}{g}$  — видовых высот по одним и тем же объектам в 3—4 раза меньше. Так, в спелом сосновом условно одновозрастном древостое на основе сплошной рубки и обмера 230 деревьев установлено, что варьирование объема ствола составляет 57,5%, а коэффициент изменчивости показателя  $\frac{V}{g}$  равен только 16,9%. Корреляционное отношение в парной связи объемного коэффициента  $\frac{V}{g}$  по толщине ствола равно  $0,759 \pm 0,028$ , а по высоте  $0,867 \pm 0,016$ . Коэффициенты корреляции по этим парам оказались несколько меньшими, что свидетельствует о криволинейности связи.

Анализ парных связей, последующие расчеты и проверка уравнений множественной регрессии позволяют сделать заключение, что наиболее подходящей основой математической модели является уравнение типа

$$\frac{V}{g} = a_0 + a_1 H + a_2 H^2 + a_3 D + a_4 D^2 + a_5 \frac{H}{D}.$$

Функция, как видим, неполная, ненасыщенная. Введение полной функции не улучшает результата.

Исходными данными послужили карточки 150 модельных деревьев сосны обыкновенной, представляющих всю общепонитировочную шкалу.

Значения параметров  $a_0, a_1, \dots, a_5$  были найдены с помощью ЭВМ «Мир-1», путем решения системы шести уравнений множественной регрессии [1, с. 115]. Полученная на основе опытных данных математическая модель изменения объема стволов и запаса древостоев имеет общий вид:

$$M = \Pi n \cdot 0,785398 \cdot 10^{-2} D^2 \left( 0,106013 \cdot 10^{-1} + 0,519271 \cdot 10^{-2} H - \right. \\ \left. - 0,129398 \cdot 10^{-4} H^2 - 0,705100 \cdot 10^{-3} D + 0,497312 \cdot 10^{-5} D^2 + \right. \\ \left. + 0,448159 \cdot 10^{-3} \frac{H}{D} \right),$$

где  $M$  — запас стволов, м<sup>3</sup>;

$\Pi$  — поправочный коэффициент;

$n$  — число стволов определенной ступени толщины;

$D$  — толщина ствола или значение ступени толщины, см;

$H$  — высота ствола или среднее значение высоты стволов в ступени толщины, м.

Выражение, заключенное в круглые скобки, умноженное на 100, дает значение объемного коэффициента — видовой высоты ствола дерева. При  $n = 1$  модель выражает объем ствола. Особая роль отводится здесь поправочному коэффициенту  $\Pi$ .

Древостои одной породы, но различной биогенетической структуры, как и древостои разных пород, различаются по полнодревесности стволов. Коэффициенты, так или иначе выражающие полнодревесность стволов, по свидетельству А. А. Строчинского и А. З. Швиденко [2], Хиваташи [3] и других исследователей, наиболее тесно связаны с толщиной и высотой дерева. Эти характеристики служат основой предлагаемой нами математической модели. Однако связь здесь корреляционная, а не функциональная. Поэтому в конкретных случаях вероятны отклонения, которые при необходимости могут быть устранены путем дополнительных исследований и введения поправочного коэффициента.

Если на участке для нескольких деревьев путем их рубки или без нее определены толщина, высота и объем стволов, то поправочный коэффициент находят как отношение суммы объемов стволов этих деревьев к их запасу, полученному по модели расчетным путем при  $\Pi = 1$ . Вычисленный таким образом поправочный коэффициент для редкостойного соснового пятидесятилетнего древостоя оказался равным 0,97, а для густых культур того же возраста — 1,05. То же наблюдается в березовых древостоях. А для еловых культур 64 лет, оставленных без ухода,  $\Pi = 1,048$ . Структура древостоя оказывает важнейшее влияние на значение поправочного коэффициента.

Очевидно, поправочный коэффициент может быть задан и в виде функции или множества функций зависимости от новых показателей, что дает возможность преобразовывать, расширять предложенную математическую модель, практически бесконечно повышая ее точность. Вот почему математическая модель обретает характер обшей для древостоев, различных по породе, возрасту, классу бонитета и другим лесоводственно-биологическим характеристикам.

Предложенная математическая модель с помощью ЭВМ успешно используется при решении научных и практических задач: с ее помощью обрабатываются данные пробных площадей и осуществляется материальная оценка лесосек. Опыт показывает, что при наличии достаточно полной лесоводственно-таксационной характеристики древостоя поправочный коэффициент можно предсказать с отклонением в 1—2%.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Занка Л. Д. Основная программа № 0109. Набор программ для ЭЦВМ «Мир». Т. 2. Изд. 2-е. Киев, Институт кибернетики АН СССР, 1973. [2]. Строчин-

ский А. А., Швиденко А. З. Исследование формы и полндревесности стволов ели в Украинских Карпатах. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 1. [3]. Hiwata-shi M. A. Study on the Method of Preparation of Form Basal Area and Form Height Tables. — Bull. Gol. For. Exp. Sta., No. 242. Tokyo, 1971.

Поступила 25 октября 1977 г.

УДК 634.0.561.21

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГОДИЧНОГО ПРИРОСТА ПО ДИАМЕТРУ НА РАЗНЫХ ВЫСОТАХ СТВОЛА

П. А. ФЕКЛИСТОВ

Архангельский лесотехнический институт

Изучена изменчивость годичного прироста по диаметру у ели на разных высотах ствола. Отмечено, что в годы, когда прирост достигает максимума, его изменчивость минимальна. Обоснована возможность использования индексов годичного прироста на высоте 1,3 м для характеристики прироста группы стволов.

Изучение изменчивости прироста имеет важное практическое значение для разработки методики определения текущего объемного прироста как отдельного ствола, так и древостоя.

Еще Пресслер, по свидетельству М. Л. Дворецкого [2], обратил внимание на то, что площадь сечения годичного слоя постоянна на разных высотах в подкромной части ствола.

В. В. Загребев [3] сравнивал ширину годичного слоя на высоте груди с истинной средней шириной годичного слоя у стволов сосны и предложил формулу

$$Z_{\text{ср}} = Z_{1,3}R,$$

где  $Z_{\text{ср}}$  — истинная средняя ширина годичного слоя;  
 $Z_{1,3}$  — ширина годичного слоя на высоте груди;  
 $R$  — редуционное число.

Наиболее глубокие исследования изменчивости прироста по диаметру на разных высотах ствола провел М. Л. Дворецкий [2]. Он пришел к выводу, что характер изменчивости прироста у разных стволов различен и выделил шесть основных форм изменчивости. К сожалению, коэффициенты линейного прироста (отношение прироста на относительных высотах к приросту на высоте 1,3 м или на 1/4 высоты) не дают возможности судить, как сильно отличается, например, прирост по диаметру у возрастающей формы прироста в нижней части ствола и в верхней.

Изменчивость индексов-процентов прироста на различных высотах у сосны изучал Т. Т. Битвинскас [1]. Он установил, что изменчивость прироста на разных высотах синхронна. Согласно его данным, между приростом на относительных высотах и приростом на высоте груди существует довольно высокая корреляционная связь (коэффициент корреляции 0,8—0,9).

Несмотря на имеющиеся сведения, изменчивость годичного прироста на разных высотах изучена еще недостаточно, особенно для деревьев и древостоев ели в северных условиях. Большинство упрощенных способов определения текущего объемного прироста основыва-

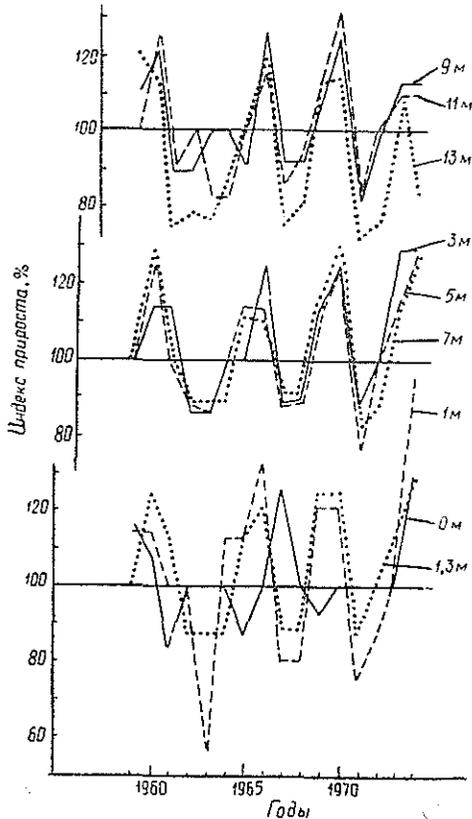


Рис. 1.

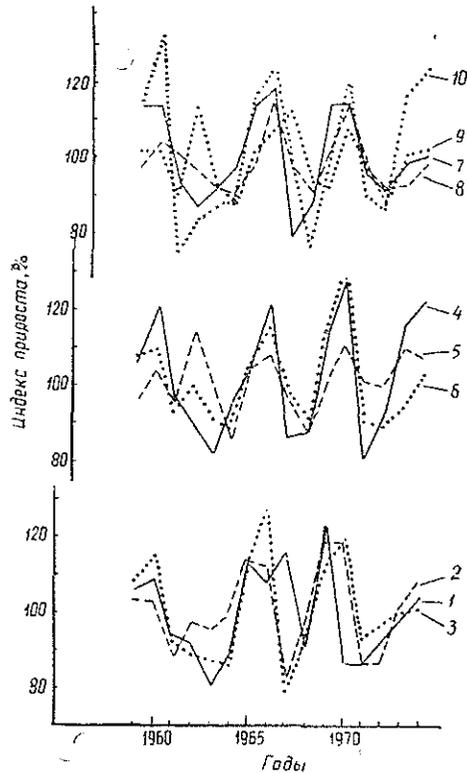


Рис. 2.

1, 2, 3 и т. д. — номера модельных деревьев.

ется на измерении прироста по диаметру либо на высоте груди, либо в нескольких точках ствола. М. Л. Дворецкий [2] провел опытную проверку ряда предложенных способов и пришел к выводу, что ни один из них не пригоден для определения текущего объемного прироста отдельного ствола.

Цель нашей работы — установить, как сильно отличается годичный прирост по диаметру на разных высотах от годичного прироста среднего по стволу и от прироста на высоте груди.

Для этого нами была заложена пробная площадь в ельнике-черничнике (Лешуконский район Архангельской области) вблизи гидротермического центра северной подзоны тайги. Состав древостоя 9Е1В + Ос, средняя высота 15,9 м, средний диаметр 18,8 см, полнота 1,3, класс бонитета IV, класс возраста VII. На пробе было спилено 10 средних по диаметру модельных деревьев. На срезах, сделанных через каждые 2 м (на высотах 0; 1; 1,3; 3; 5 м и т. д. и на последнем четном метре), с помощью микроскопа МБС-1 был измерен текущий годичный прирост по диаметру по четырем радиусам (по странам света) с точностью 0,05 мм за последние 20 лет. Всего таким образом было измерено около 9000 годичных колец. Из каждых четырех измерений годичного слоя находили средние значения и по ним рассчитывали индекс прироста методом скользящих средних по каждому сечению [1]. Период осреднения 5 лет с шагом в 1 год. Годичный прирост, выраженный в индексах-процентах (относительных величинах), дает возможность сравнивать его у разных моделей на разных высотах.

У всех исследованных моделей наиболее значительным изменениям прироста на одной высоте соответствуют такие же изменения на

других, т. е. многолетняя динамика прироста на разных высотах синхронна. В качестве примера на рис. 1 приводится динамика годичного прироста по диаметру на разных высотах ствола у модели № 4.

Следует отметить, что в некоторых случаях (это видно и на рис. 1) динамика прироста на нулевом срезе существенно отличается от динамики на других высотах.

Индексы прироста у каждой модели с разных высот осредняли, находили средний арифметический индекс для каждого календарного года (с 1959 г. по 1974 г.). Многолетняя динамика прироста для всех моделей очень сходна (рис. 2).

У каждой модели рассчитывали средний арифметический индекс прироста, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, основную ошибку, показатель точности (расчет делали для каждого года за последние 20 лет). Перед статистической обработкой производили верификацию индексов разных сечений каждого ствола, отбраковывая индексы тех сечений, которые были измерены явно с ошибками (не более 10% всего материала).

Прирост в индексах-процентах колеблется с высотой ствола (коэффициент вариации изменяется от 0 до 25%). Изменчивость 25% отмечена лишь у модели № 5 в 1964 г. Показатель точности чаще всего не превышает 5%. Больше 5% он оказался только в четырех случаях из 160: у модели № 1 в 1967 г. (6,18%) и в 1963 г. (7,61%), у модели № 9 в 1967 г. (6%), у модели № 10 в 1972 г. (6,89%).

В то же время изменчивость прироста по диаметру на разных высотах в абсолютных величинах достигает 50—60%.

Интересно изменение во времени (по годам) показателя точности  $P$  и коэффициента изменчивости  $V$  в сравнении с индексами прироста  $I$ . Динамика этих показателей в среднем по 10 моделям приве-

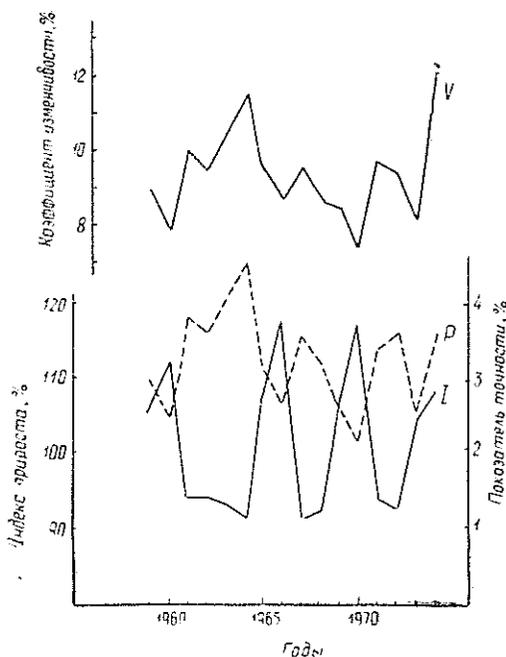


Рис. 3.

Таблица 1

Номер модели	Диаметр на высоте груди, см	Высота, м	Отклонения индексов-процентов прироста на высоте груди от средних индексов по стволу по годам															
			1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
1	16,9	16,7	+18	-10	+5	+8	-31	+11	+36	+11	+3	+9	-24	-7	+13	-12	-18	-5
2	17,1	17,5	-5	-5	-15	+2	+3	0	+11	+12	-6	+2	+6	+6	-12	-11	0	+24
3	17,4	14,5	+5	+1	-9	-9	+12	+13	+4	-15	-7	+19	-1	-6	+7	-11	-1	-2
4	16,8	15,0	-6	+4	+15	-2	+5	-7	+8	+1	+3	+1	+11	-3	+7	+8	-2	+6
5	16,4	14,9	+14	-4	-6	+16	0	-6	-16	+4	+3	+1	-1	0	-1	+13	+3	+6
7	17,4	17,0	-3	+11	+6	0	-5	+15	-1	+6	-5	-14	+29	-14	-8	-4	+1	+12
8	17,4	16,6	-10	-4	+13	+3	-7	-5	+2	-2	+2	-4	-5	-2	+4	+1	0	-5
9	16,0	15,7	+4	-2	-3	+15	-14	-1	+6	+5	0	-14	0	0	+9	+11	+13	+5
10	16,8	13,5	+10	-4	-4	-17	-6	-3	+14	-11	+2	+9	+1	-23	-7	-5	+2	+25
Среднее			+3	-1,3	+0,2	+1,8	-4,8	+1,9	+7,1	+1,2	-0,6	+1	+2,8	-5,4	+1,3	-1,1	-0,3	+6,7

дена на рис. 3. Оказалось, что в годы, когда прирост достигает максимума, его изменчивость по высоте ствола уменьшается, соответственно увеличивается и точность его измерения.

Сравнивая индексы прироста моделей на высоте груди со средними индексами по стволу за каждый год (за основу для сравнения

взяты средние по стволу индексы), мы получили отклонения (табл. 1). Из таблицы видно, что у разных моделей отклонения имеют как положительный, так и отрицательный знак. Максимальное отклонение от среднего прироста отмечено у модели № 1 за 1965 г. (+36%), совершенно не наблюдались отклонения у модели № 2 в 1964 и 1973 гг., № 5 в 1963 и 1970 гг., № 7 в 1962 г., № 8 в 1973 г. и № 9 в 1967, 1969 и 1970 гг. В среднем по всем моделям за каждый год отклонения получились значительно меньшими (максимальное +7,1%, минимальное —0,3%), но также с разными знаками.

Полученные результаты говорят о том, что индексы прироста у отдельно взятых моделей на высоте груди не всегда характеризуют прирост всего ствола (за каждый год), но эти же индексы, средние для группы стволов, дают ошибку не более 7%.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Битвинскас Т. Т. Дендроклиматические исследования. Л., Гидрометеорологиздат, 1974, 172 с. [2]. Дворецкий М. Л. Текущий прирост древесины ствола и древостоя. М., «Лесная промышленность», 1964, 125 с. [3]. Загреев В. В. Изменение толщины годичного кольца по высоте ствола. — В сб.: Новое в лесной таксации. Вып. 48. М., ВНИИЛМ, 1964, с. 50—58.

Поступила 14 июня 1977 г.

УДК 634.0.165.6 : 674.032.475.4

### ТИПЫ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ПО РОСТУ В ВЫСОТУ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В СЕМЕНОВОДСТВЕ

М. М. КОТОВ, Л. И. КОТОВА, Э. П. ЛЕБЕДЕВА,  
Е. И. ШВЕДОВ, А. М. ВЯТКИН

Марийский политехнический институт

На примере 365 модельных деревьев, взятых в четырех типах леса IV класса возраста с полнотой 0,7—0,8 и участком сосны в составе древостоев от 9 до 10 единиц, выделены 10 типов сосны по характеру роста в высоту в возрасте от 10 до 80 лет. Рассматривается значение выделенных типов деревьев при организации ПЛСУ сосны.

В системе мероприятий по организации семеноводства сосны в лесхозах СССР немалая роль отводится постоянным лесосеменным участкам (ПЛСУ), формируемым на базе молодняков. По данным Гослескомитета [8], на 1 января 1972 г. только в РСФСР были заложены ПЛСУ хвойных пород на площади 96 тыс. га.

Тем не менее создание ПЛСУ рассматривается как временная мера, рекомендуемая преимущественно в районах с большим объемом лесовосстановительных работ и незначительным объемом рубок главного пользования. Основное внимание как в нашей стране, так и за рубежом уделяется созданию клоновых плантаций путем вегетативного размножения плюсовых деревьев.

Поскольку создание прививочных плантаций сопряжено с большими затратами труда и средств, уместен вопрос: нельзя ли расширить сеть постоянных семенных участков без риска снижения наследственных достоинств будущих лесов главным образом по скорости роста в высоту? Вопрос мог бы решаться просто, если бы темпы роста по высоте, присущие материнским растениям, устойчиво сохранялись в семенном потомстве. Однако уже первые опыты показали,

что потомство плюсовых деревьев нередко оказывается заурядным. Так, например, Эренберг [9], изучая потомство, полученное в Швеции от скрещивания плюсовых и минусовых деревьев сосны в разных сочетаниях, установил, что в большинстве случаев потомство от скрещивания плюсовых деревьев с плюсовыми превосходило по высоте потомство минусовых деревьев. Особенно мощным был один из гибридов, полученных от скрещивания плюсовых деревьев, взятых из северной и южной Швеции. В двух случаях превосходило по высоте потомство минусовых деревьев. Инбридинг приводил к медленному росту и слабой жизнеспособности. На основании опытов Эренберг пришел к заключению, что по скорости роста молодых сосенок можно судить о характере роста дерева вообще. Вместе с тем он предупреждал, что из-за малого количества родительских растений в опыте и сравнительно непродолжительного периода испытания семенного потомства к полученным выводам необходимо относиться с осторожностью.

По данным Е. Г. Орленко [4], в 4—5-летнем семенном потомстве сосны, полученном от свободного опыления деревьев разных селекционных категорий, наблюдались значительные различия в высоте. Около 50% потомства плюсовых деревьев были выше потомства средних деревьев, 20% не отличались от них по высоте, а 30% оказались ниже.

По сообщению Л. Кярки [2], при отборе семенных плантаций сосны в Финляндии только 5—10% генетически лучших плюсовых сосен проявились в новом отборе. Изучая 8—10-летние прививки плюсовых деревьев дуба и бука в ФРГ, Краль-Урбан [10] пришел к выводу, что у 70% отобранных деревьев «плюсовость» не проявилась даже в клонах. Более подробный обзор литературы по ранней диагностике скорости роста дан в работах Е. Г. Орленко [3, 4].

Наличие в литературе противоположных мнений дезорганизует практику создания ПЛСУ, поэтому требуется принципиальное решение вопроса. В лаборатории лесной селекции Марийского политехнического института в течение ряда лет проводятся исследования по затронутой проблеме применительно к сосне обыкновенной. Если относительные темпы роста по высоте у деревьев на всем протяжении онтогенеза устойчивы, то речь должна идти о разработке количественных придержек для индивидуального отбора. При неустойчивых относительных темпах роста по высоте потребуются поиск принципиально новых путей диагностики роста деревьев.

В лесоводственно-таксационной литературе об устойчивости относительных темпов роста деревьев в высоту также нет единого мнения. В одних случаях ранги деревьев по высоте в течение жизни многократно изменяются, а в других устойчивы ([1, 5, 6] и др.).

В настоящей работе приводятся результаты изучения относительных темпов роста сосны по высоте на примере 365 модельных деревьев, взятых из древостоев IV класса возраста, Ia—III классов бонитета, произрастающих в лесхозах Среднего Поволжья (табл. 1).

Таблица 1

Тип леса	Класс бонитета	Состав	Класс возраста	Полнота	Число стволов на 1 га, шт.	Запас, м <sup>3</sup>	Количество моделей
Сосняк липняковый	Ia	9С1Б, ед. Е	IV	0,7—0,8	521	401	93
„ черничный	I	9С1Б	IV	0,7—0,8	534	378	93
„ брусничный	II	10С	IV	0,7—0,8	710	346	93
„ беломощный	III	10С	IV	0,7	706	258	86

В качестве модельных подобраны деревья из числа высоких, средних и низких в равном представительстве. При этом относительная высота принималась у высоких деревьев более 1,05, средних — от 0,93 до 1,05 и отставших в росте — меньше 0,93. Для всех моделей выполнен анализ ствола по двухметровым отрезкам с измерением прироста по диаметрам через 3 года. Данные о ходе роста в высоту, полученные по анализу ствола, сопоставляли с результатами непосредственных измерений текущих приростов высоты по мутовкам. Модели с резко различающимися кривыми хода роста в высоту, построенными по анализу ствола и замерам прироста по мутовкам, из дальнейшего анализа исключались.

Согласно характеру изменения относительных темпов роста по высоте, все изученные модели сгруппированы в 10 отчетливо выраженных типов. Схематически эти типы деревьев представлены на рис. 1. Видно,

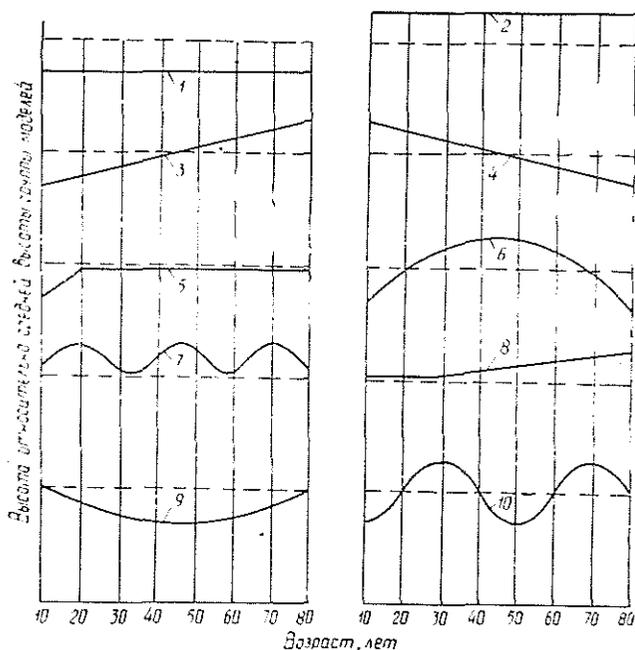


рис. 1. Типы деревьев сосны по характеру роста в высоту.

Штриховая линия — средняя высота совокупности моделей из одного древостоя; сплошная — изменение высоты разных типов деревьев с возрастом относительно средней; 1, 2, 3... — номера типов деревьев.

что по относительным темпам роста в высоту деревья крайне неоднородны. Это значит, что даже при 100%-ной наследуемости характера роста материнских деревьев в семенном потомстве нельзя уверенно прогнозировать рост по ранним этапам онтогенеза. Если еще учесть неполноту наследуемости вследствие расщепления и сильной модификации роста под влиянием окружающей среды, то станет понятной биологическая основа расхождения литературных данных.

С точки зрения повышения продуктивности будущих лесов предпочтительность семенного размножения разных типов сосны точно определить затруднительно, так как остается неясным характер роста семенного потомства, который получится от скрещивания деревьев разных типов. Не исключено, например, что деревья 1-го, 7-го, 10-го типов более гомозиготны, чем дерево 2-го типа, и в потомстве от их скрещивания сильнее будут проявляться эффекты гетерозиса. Второй

тип деревьев может быть представлен гомозиготами с максимальным эффектом аддитивного действия полигенов. В этом случае потомство от скрещивания деревьев 2-го типа будет сохранять родительские темпы роста в высоту. Если же это — гетерозиготы со сверхдоминированием, то в их семенном потомстве следует ожидать расщепление по характеру роста.

Исходя из принципа поиска лучших генотипов среди лучших фенотипов, практику организации ПЛСУ сосны необходимо ориентировать на отбор деревьев 2-го типа в качестве родительских растений, по крайней мере до тех пор, пока не появятся экспериментальные доказательства новых рекомендаций.

В связи с этим представляет интерес количественное соотношение в древостоях деревьев разных типов. В табл. 2 представлено соотношение модельных деревьев по группам роста.

Таблица 2

Крупность модельных деревьев	Тип роста	Распределение моделей	
		шт.	%
Высокие	2	56	45,9
	8	37	30,3
	3	29	23,8
	Всего	122	100
Средние	5	42	34,7
	7	39	32,2
	9	21	17,4
	10	19	15,7
	Всего	121	100
Низкие	1	51	41,8
	4	40	32,8
	6	31	25,4
	Всего	122	100

Среди моделей независимо от крупности чаще встречались особи с устойчивыми относительными темпами роста в высоту (группы 2, 5, 1), а меньше всего (16—25%) оказалось моделей с неустойчивым затрудненным ростом (группы 3, 9, 10, 6).

Если исходить из закономерности строения естественных древостоев [7], то в древостоях старше жерднякового возраста число деревьев 2-го, 8-го, 3-го типов окажется около 12%. Результаты сплошных перерчетов на пробных площадях показали, что деревья 2-го типа составляют в среднем около 2% от числа деревьев в древостое. Столько же деревьев 3-го типа.

ПЛСУ сосны, как правило, создаются в 7-14-летних культурах различной густоты. Можно ожидать, что соотношение деревьев разных

типов роста также будет самым разнообразным, что создаст массу всевозможных ситуаций для практического отбора будущих семенников. Если среднюю густоту культур принять 5 тыс. шт. на 1 га, а среднюю встречаемость особей 2-го типа — 2%, то последних окажется всего лишь 100 особей на 1 га. Поэтому при формировании ПЛСУ дополнительно потребуется отбирать деревья 8-го и 3-го типов, следовательно, нужно уметь различать 7-10-летние деревья этих типов. Поиски коррелятивных морфологических признаков пока не дали положительных результатов.

В связи с этим в лаборатории разработан принципиально новый способ оценки темпов роста сосны в высоту. Теоретическое и экспериментальное обоснование способа — предмет самостоятельного обсуждения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дворецкий М. Л. О степени устойчивости средних деревьев древостоя с возрастом. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1966, № 5. [2]. Кяркки Л. Современное положение и будущие возможности практической селекции лесных деревьев в Финляндии. Доклады ученых — участников Международного симпозиума по селекции,

генетике и лесному семеноводству хвойных пород (г. Новосибирск, 19—25 июня 1972 г.). Пушкино, 1972. [3]. Орленко Е. Г. Методы ранней диагностики при оценке наследственных свойств плюсовых деревьев. М., ЦБНТИ, 1971. [4]. Орленко Е. Г. Ранняя диагностика наследственных свойств плюсовых хвойных деревьев. Доклады ученых — участников Международного симпозиума по селекции, генетике и лесному семеноводству хвойных пород (г. Новосибирск, 19—25 июня 1972 г.). Пушкино, 1972. [5]. Поздняков Л. К. Некоторые закономерности в изменении строения древостоя. — «Сообщения Института леса АН СССР», 1955, вып. 5. [6]. Тюрин А. В. Еловые насаждения в северной и северо-восточной России. — «Труды по лесному опытному делу в России», 1916, вып. 58. [7]. Тюрин А. В. Нормальная производительность насаждений сосны, березы, осины и ели. М., Сельхозиздат, 1931. [8]. Чеготарев И. Н. Организация семеноводства хвойных пород в СССР. — В сб.: Половая репродукция хвойных. Новосибирск, «Наука», 1973. [9]. Ehrenberg C. E. Parent-progeny relationship in Scots Pine (*Pinus silvestris* L.). — *Studia Forestalia Suecica*, 1966, 40. [10]. Krahl-Urbán J. Die Eignung von Pfropflanzen der Traubeneiche, der Stieleiche und der Rotbuche zu Veranlagungsklonprüfungen. — «*Silvae genetica*», 1972, v. 21, 5.

Поступила 4 апреля 1975 г.

УДК 581.154

## РЕАКЦИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ N-НИТРОЗОМЕТИЛМОЧЕВИНЫ

Е. Н. САМОШКИН

Брянский технологический институт

В работе показано, что обработка сухих семян водными растворами N-нитрозометилмочевины (концентрация 0,025, 0,012, 0,010, 0,006 и 0,004%, экспозиция 18 ч) способствует значительному усилению роста сеянцев и некоторому уменьшению количества aberrантных анафаз.

По генетическому действию N-нитрозометилмочевина относится к супермутагенам [1] и широко применяется в селекционной работе с сельскохозяйственными растениями и микроорганизмами.

Семена для опыта собирали с 40—50-летних деревьев средней селекционной категории в типе леса сосняк брусничниковый. В каждом образце было 7 тыс. семян. Экспозиция — 18 ч. После обработки основную часть семян (кроме 200 шт. от каждого образца) высевали в выравненных условиях на питомнике Выгоничского лесхоза Брянской области. Опыт поставлен в двукратной повторности. Почва на участке среднеподзолистая песчаная на флювиогляциальных песках с фосфоритами. Учет сеянцев проведен осенью, в однолетнем их возрасте.

Оставленные семена закладывали в аппараты для проращивания. Когда длина корешков проростков достигла примерно 0,5 см (в это время появляются первые митозы), все образцы фотографировали и сразу помещали в фиксатор (1 часть ледяной уксусной кислоты и 3 части 96%-ного спирта). На фотоснимках измеряли длину корешков проростков. Более подробно методика работы описана нами ранее [2, 3].

Анализ материалов табл. 1 показывает, что N-нитрозометилмочевина оказала существенное влияние на рост сеянцев:  $F_{\text{факт}}$  превышает  $F_{\text{табл}}$  при  $P = 99,9\%$ . Весьма велика доля изменчивости (97,5—99,9%), вызванная действием химического раздражителя. Напротив, изменчивости по повторностям опыта и остаточная очень малы. По повторностям опыта  $F_{\text{факт}} < F_{\text{табл}}$ .

Дальнейший анализ материалов позволил заключить (табл. 2), что во всех вариантах опыта отмечена значительная стимуляция роста сеянцев (превышение средней высоты над контролем достигает 49% и диаметра—42%), хотя N-нитрозометилмочевина отрицательно действо-

Таблица 1

Изменчивость	Число степеней свободы	Дисперсия $\sigma^2$	F факт	Доля влияния на объект различной изменчивости, %
Высота				
Общая	11	—	—	100,0
По градациям опыта	5	0,65910	1267,50	99,0
По повторностям	1	0,00000	0,00	0,0
Остаточная	5	0,00052	—	0,1
Диаметр				
Общая	11	—	—	100,0
По градациям опыта	5	0,04400	488,89	99,8
По повторностям	1	0,00003	3,00	0,0
Остаточная	5	0,00009	—	0,2
Длина корешков проростков				
Общая	11	—	—	100,0
По градациям опыта	5	0,03980	110,56	97,5
По повторностям	1	0,00330	9,17	1,6
Остаточная	5	0,00036	—	0,9

Таблица 2

Номер варианта — концентрация, %	$n_x$	$M \pm m$	$m_\delta$	$t_{\text{факт}}$ через $m_\delta$	$P\%$
Высота, см					
1 — 0,025	174	$4,52 \pm 0,0161$	0,0228	64,912	99,9
2 — 0,012	174	$3,76 \pm 0,0161$	0,0228	31,579	99,9
3 — 0,010	178	$4,44 \pm 0,0161$	0,0228	61,404	99,9
4 — 0,006	177	$3,42 \pm 0,0161$	0,0228	16,667	99,9
5 — 0,004	177	$3,81 \pm 0,0161$	0,0228	33,772	99,9
Контроль	181	$3,04 \pm 0,0161$	0,0228	—	—
1-я повторность	532	$3,83 \pm 0,0093$	0,0132	0,000	—
2-я	529	$3,83 \pm 0,0093$	0,0132	—	—
Диаметр, мм					
1 — 0,025	48	$1,26 \pm 0,0067$	0,0094	36,170	99,9
2 — 0,012	38	$1,03 \pm 0,0067$	0,0094	11,702	99,9
3 — 0,010	47	$1,31 \pm 0,0067$	0,0094	41,489	99,9
4 — 0,006	50	$1,08 \pm 0,0067$	0,0094	17,021	99,9
5 — 0,004	50	$1,05 \pm 0,0067$	0,0094	13,830	99,9
Контроль	49	$0,92 \pm 0,0067$	0,0094	—	—
1-я повторность	142	$1,10 \pm 0,0039$	0,0055	1,818	—
2-я	140	$1,11 \pm 0,0039$	0,0055	—	—
Длина корешков проростков, см					
1 — 0,025	114	$1,21 \pm 0,0134$	0,01895	15,303	99,9
2 — 0,012	120	$1,22 \pm 0,0134$	0,01895	14,776	99,9
3 — 0,010	120	$1,31 \pm 0,0134$	0,01895	10,026	99,9
4 — 0,006	96	$1,26 \pm 0,0134$	0,01895	12,665	99,9
5 — 0,004	116	$1,53 \pm 0,0134$	0,01895	1,583	—
Контроль	107	$1,50 \pm 0,0134$	0,01895	—	—
1-я повторность	337	$1,32 \pm 0,0077$	0,01090	2,752	—
2-я	336	$1,35 \pm 0,0077$	0,01090	—	—

Примечание.  $P$  — предельный доверительный уровень, при котором достоверно различие средних величин с контролем.

вала на рост корешков проростков (кроме варианта с самой слабой концентрацией).

Таблица 3

Номер варианта — концентрация, %	Количество изученных препаратов	Количество просмотренных клеток	Количество делящихся клеток	Митотический индекс $M \pm m$ , %	$m_{\Sigma}$	$t_{\text{факт}}$ через $m_{\Sigma}$
1 — 0,025	25	73100	5044	$6,84 \pm 0,29$	0,410	1,464
2 — 0,012	25	83300	5547	$6,59 \pm 0,36$	0,509	0,751
3 — 0,010	25	79000	5506	$7,03 \pm 0,36$	0,309	1,724
4 — 0,006	25	67600	4746	$6,89 \pm 0,24$	0,339	1,741
5 — 0,004	25	84300	6060	$7,14 \pm 0,31$	0,438	2,134
Контроль	25	70500	4452	$6,25 \pm 0,28$	0,396	—

N-нитрозометилмочевина существенно не влияла на митотическую активность клеток корешков проростков (табл. 3), кроме варианта с концентрацией 0,004%, где зафиксирована стимуляция (различие средней величины с контролем значимо при  $P = 95,0\%$ ).

Таблица 4

Номер варианта — концентрация, %	Количество анафаз, шт.	Анафазный индекс $M \pm m$	$m_{\Sigma}$	$t_{\text{факт}}$ через $m_{\Sigma}$
1 — 0,025	1159	$23,85 \pm 1,12$	1,584	2,867
2 — 0,012	1653	$29,59 \pm 1,34$	1,895	0,280
3 — 0,010	1536	$28,15 \pm 1,10$	1,556	0,496
4 — 0,006	1345	$28,14 \pm 1,21$	1,711	0,480
5 — 0,004	1488	$25,65 \pm 1,70$	2,404	1,527
Контроль	1250	$29,64 \pm 1,44$	2,036	—

Количество клеток с анафазами во всех вариантах было также на уровне контроля (табл. 4), лишь в первом варианте отмечено уменьшение этого показателя ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$  по Стьюденту при  $P = 99,0\%$ ).

N-нитрозометилмочевина усилила лабораторную всхожесть семян и особенно выживаемость сеянцев (табл. 5). И после перезимовки количество сеянцев не изменилось.

Стимулирующее действие N-нитрозометилмочевины может быть отчасти объяснено тем, что во всех вариантах, кроме пятого, количество анафаз с нарушениями хромосом было меньше, чем в контроле (табл. 6). Зафиксировано относительно небольшое количество анафаз с мостами, при этом обнаружена довольно четкая закономерность: чем слабее концентрация раствора, тем меньше встречается таких анафаз, хотя в большинстве вариантов увеличено количество анафаз с фрагментами. Во всех вариантах, кроме первого и четвертого, отмечены анафазы с другими типами нарушений (мост и фрагмент, отставание хромосомы и фрагмент и т. д.).

Эксперимент целесообразно продолжить, увеличив количество принятых концентраций, причем как более сильных, так и слабых. Это, по-видимому, позволит выявить новые концентрации, которые при экспозиции 18 ч будут также вызывать значительную стимуляцию роста сосны, не увеличивая существенно количество структурных нарушений хромосом.

Таблица 5

Номер варианта — концентрация, %	Лабораторная вежость семян, %	Количество семян, % к контролю
1—0,025	82,5	160,0
2—0,012	89,9	152,9
3—0,010	91,6	129,4
4—0,006	87,8	147,1
5—0,004	94,1	141,2
Контроль	100	100

Таблица 6

Номер варианта — концентрация, %	Количество анафаз с нарушениями		Типы нарушений анафаз											
	абс.	%	Мосты		Фрагменты		Выход хромосом вперед		Отставание хромосом		Одновременно выход и отставание		Прочие	
			абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
1—0,025	118	10,18	10	0,86	—	—	24	2,07	64	5,52	20	1,73	—	—
2—0,012	122	7,37	11	0,66	6	0,36	22	1,33	66	3,99	15	0,91	2	0,12
3—0,010	153	9,97	9	0,59	2	0,13	16	1,04	103	6,71	21	1,37	2	0,13
4—0,006	122	9,07	8	0,59	7	0,52	17	1,26	68	5,06	22	1,64	—	—
5—0,004	185	12,42	5	0,33	3	0,20	21	1,41	108	7,26	46	3,09	2	0,13
Контроль	136	10,88	23	1,84	2	0,16	21	1,68	66	5,28	22	1,76	2	0,16

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Рапопорт И. А. Особенности и механизм действия супермутагенов.—В сб.: Супермутагены. М., «Наука», 1966. [2]. Самошкин Е. Н., Иванов В. П. Влияние N-нитроэтилмочевины в газовой фазе на сосну обыкновенную. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 2. [3]. Самошкин Е. Н. Реакция сосны обыкновенной на воздействие диметилсульфата в газовой фазе. — «Научн. доклады высшей школы. Биологические науки», 1976, № 4.

Поступила 28 октября 1977 г.

УДК 634.0.44

## О ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ПРОИЗВОДНЫХ ОСИННИКОВ НА ДУБРАВНЫХ ПОЧВАХ

А. М. ИЛЬИН

Воронежский лесотехнический институт

Установлено, что поражаемость производных осинников стволовой гнилью на дубравных почвах усиливается с повышением их влажности при одинаковой трофности. Показано, что осинники способны поражаться гнилью в любой возрастной категории.

Осина, обладающая способностью обильно размножаться корневыми отпрысками, значительно расширила занимаемые ранее площади, вытеснив наиболее ценные в хозяйственном отношении насаждения. Смене ценных пород осиной способствовали сплошнолесосечные рубки. Так, по результатам таксации 1844 г., на современной территории Воронежского заповедника насаждения с преобладанием осины составляли всего 2%, а в 1945 г. 27% лесопокрытой площади [3, 4]. В бывшей Усманской казенной даче осина за 53 года (1869—1922 гг.) увеличила площадь с 4 до 20% [2]. Проведение в значительных масштабах в Теллермановской роще с 1876 г. сплошнолесосечных рубок явилось началом смены дуба осиной [1].

Наши исследования по изучению состояния осинников, произрастающих на площадях, ранее занятых дубом, проведены в Пригородном лесничестве Теллермановского леспромхоза (Воронежская область). Методика предусматривала подбор участков осинников III класса возраста и выше, во всех типах условий местопроизрастания. При перечете на пробных площадях размером 0,2 га деревья осины оценивали следующими баллами пораженности по наличию на стволах плодовых тел ложного осинового трутовика: 0 — нет плодовых тел на стволе; 1 — от 1 до 4; 2 — от 5 до 10; 3 — более 10 плодовых тел на стволе.

Характеристика пробных площадей и результаты перечетов (в переводе на 1 га) представлены в табл. 1. Данные таблицы показывают, что изучаемые осинники расположены на дубравных почвах от сухих до пойменных местообитаний и являются производными. Их производительность доказывается наличием в составе незначительной примеси дуба и его спутников — ясеня, липы и клена остролистного, т. е. остатков прежних дубрав. Рассматривая данные о наличии плодовых тел на деревьях осины по классам возраста, можно заметить, что число деревьев с плодовыми телами с возрастом увеличивается. Так, средний процент деревьев с плодовыми телами для пробных площадей III класса возраста оказался равным 39, IV — 55, V — 84 и VI — 69. Кроме того, с возрастом увеличивается число деревьев с большим количеством плодовых тел. Все это подтверждает давно известный факт, что с повышением возраста фаутиность осинников возрастает.

Таблица I

Номер пробной площади	Состав древостоя	Класс возраста	Тип условий местопрорастания	Число стволов (числитель) и запас, м <sup>3</sup> (знаменатель) в зависимости от балла пораженности				Итого
				0	1	2	3	
1	6Ос2Яс1В1Кл	III	D <sub>1</sub>	260 30,39	30 4,25	—	—	290 34,64
2	7Ос2Кл1Лп + Яс,Д	III	D <sub>3</sub>	240 49,33	130 22,52	—	—	370 71,85
3	8Ос1Д1Лп + Кл	IV	D <sub>3</sub>	160 41,07	80 16,68	120 26,39	—	360 81,4
4	9Ос1Кл + Яс	V	D <sub>2</sub>	75 26,25	90 38,2	125 65,85	60 19,9	350 150,2
5	8Ос1Яс1Лп + Д,Кл	VI	D <sub>2</sub>	135 48,3	115 54,25	30 7,7	75 25,4	355 131,6
6	9Ос1Яс + Лп, Кл	III	D <sub>3</sub>	210 40,01	145 27,69	75 12,25	—	430 79,95
7	9Ос1Лп + Яс, Кл	V	D <sub>3</sub>	160 42,95	185 56,5	105 40,4	65 17,0	515 156,85
8	9Ос1Яс + Д,Лп	III	D <sub>3-п</sub>	120 18,83	115 12,49	85 10,21	70 9,1	390 50,43
9	9Ос1Яс + Д,Кл	IV	D <sub>3-п</sub>	275 75,07	240 65,1	110 25,3	30 6,6	655 172,07
10	9Ос1Лп + Д	V	D <sub>3-п</sub>	5 3,65	80 48,05	220 106,0	140 50,1	445 207,8
11	9Ос1Яс + Кл, Лп	VI	D <sub>3-п</sub>	105 36,23	160 48,95	220 25,95	70 32,0	405 143,15

Если проследить влияние типов условий местопрорастания на поражаемость осины ложным трутовиком, то можно увидеть следующую картину. В III классе возраста в типе D<sub>1</sub> с плодовыми телами оказалось 12% деревьев, в D<sub>2</sub> — 31%, в D<sub>3</sub> — 50%, в D<sub>3-п</sub> — 63%; для IV класса возраста: D<sub>2</sub> — 53% и D<sub>3</sub> — 57%; V класс возраста: D<sub>2</sub> — 82%, D<sub>3</sub> — 73% и D<sub>3-п</sub> — 98%; VI класс возраста: D<sub>2</sub> — 63%, D<sub>3-п</sub> — 74%. Четко прослеживается следующая закономерность: с повышением влажности почвы (от D<sub>1</sub> до D<sub>3-п</sub>), при одинаковой трофности, процент деревьев с плодовыми телами увеличивается. Более того, возрастает количество деревьев с большим числом плодовых тел. Причину такой закономерности, на наш взгляд, можно объяснить так: с повышением влажности почвы улучшаются условия произрастания многообразного и обильного напочвенного травянистого покрова и подлеска. Их транспирация, а также физическое испарение излишней влаги с поверхности растений и почвы создают условия для накопления в при-

земном слое и нижних ярусах насаждений застойного влажного воздуха, что благоприятствует размножению грибов. В такой среде не только лучше прорастают споры гриба в зазорах незаросших сухих сучков на стволах деревьев, но и более обильно и часто выделяются споры из плодовых тел. Все это создает благоприятные условия для интенсивного распространения грибной инфекции.

Наличие на стволах осины различного количества плодовых тел у деревьев разных диаметров (с учетом классов возраста) вполне логично вызывает вопрос: способны ли деревья осины заражаться гнилью в разном возрасте? С целью выяснения этого вопроса была составлена табл. 2 распределения числа деревьев осины и их объема

Таблица 2

Класс возраста	Балл пораженности	Общее число деревьев	Общий запас, м <sup>3</sup>	Средний объем одного ствола, м <sup>3</sup>
III	0	870	139,6	0,16
	1	420	66,9	0,16
	2	160	22,5	0,14
	3	70	9,1	0,13
IV	0	435	116,1	0,27
	1	320	81,7	0,26
	2	230	51,7	0,22
	3	30	6,6	0,22
V	0	240	72,8	0,30
	1	355	142,7	0,40
	2	450	212,2	0,47
	3	264	87,0	0,33
VI	0	240	84,5	0,35
	1	275	103,2	0,37
	2	100	33,6	0,34
	3	130	53,3	0,41

по классам возраста и баллам пораженности (по материалам табл. 1). Данные табл. 2 показывают, что в пределах одного класса возраста объемы стволов различны по баллам пораженности. Так, в III и IV классах возраста наблюдается ясно выраженная тенденция к уменьшению объема деревьев с увеличением на них числа плодовых тел, а в V и VI — тенденция противоположного характера. Объяснить это можно следующим образом.

Существует мнение, что стволовая гниль в центральной части ствола не оказывает существенного влияния на прирост дерева. Основываясь на этом, можно полагать, что приросты деревьев со стволовой гнилью и без нее должны быть, по крайней мере, одинаковыми, но не большими, как это можно ожидать для V и VI классов возраста в нашем примере. Очевидно, в более молодом возрасте, когда начинается поражение деревьев осины гнилью, такой участи подвергаются деревья, несколько отставшие в росте и имеющие плохую очищаемость стволов от мертвых сучьев. Впоследствии на таких деревьях в первую очередь и появляются плодовые тела. Наличие плодовых тел на деревьях больших объемов (а отсюда и больших диаметров) в старшем возрасте можно объяснить другой причиной. Деревья больших диаметров имеют, как правило, крупные сучья, места отмирания которых очень плохо зарастают, чем создаются весьма благоприятные условия для проникновения грибной инфекции в стволы. Таким образом, заражение деревьев осины ложным осиновым трутовиком мо-

жет происходить в широком возрастном диапазоне — от молодняков до перестойных древостоев.

Выявленные закономерности имеют, на наш взгляд, определенное научное и практическое значение.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Антифеев Д. И. Опыт реконструкции малоценных посадений в Теллермановском мехлесхозе. — «Научные записки ВЛТИ», 1960, т. 20. [2]. Путилин М. М. К столетию лесоустройства в лесхозах Воронежской области. — «Научные записки ВЛХИ», 1950, т. 11. [3]. Скрябин М. П. Осинники Воронежского заповедника и опытные работы для их замены или улучшения. — «Труды ВГЗ», 1954, вып. 5. [4]. Скрябин М. П. Наставление по производству рубок для реконструкции и улучшения осинников в Воронежском заповеднике. — «Труды ВГЗ», 1957, вып. 7.

Поступила 13 октября 1977 г.

УДК 595.764.1

### О ВОЗМОЖНОСТИ УСТАНОВЛЕНИЯ ВИДОВЫХ РАЗЛИЧИЙ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ГЕНЕРАЦИЙ МАЙСКИХ ХРУЩЕЙ В БЕЛОРУССИИ

А. И. БЛИНЦОВ

Белорусский технологический институт

Приводятся сведения о различиях в средней ширине головных капсул у личинок третьего возраста восточного и западного майского хруща в условиях центра и юга Белоруссии.

Отмечается, что западный майский хрущ в БССР может иметь пятилетнюю генерацию.

Два вида широко распространенных в БССР майских хрущей — восточный и западный — наносят ощутимый вред лесным питомникам, культурам и естественному возобновлению. Однако систематического и детального изучения биологии и экологии этих вредителей в республике не проводилось. Высокая экологическая пластичность, многоядность, совместная встречаемость в очагах и практическая неразличимость по личинкам, периодичность нанесения вреда — все это затрудняет не только выяснение биоэкологических особенностей хрущей, но и проведение мер борьбы с ними. В связи с этим изучение длительности их генераций и установление периодичности летных годов имеет существенное научное и практическое значение, позволяет обосновать сроки проведения борьбы с хрущами.

Имеющиеся литературные данные не вносят ясности в проблему. Б. В. Рывкин [7] отмечает, что в БССР у восточного майского хруща генерация четырехлетняя, с отклонениями до трех или пяти лет. В то же время принято считать [3], что в северной половине европейской части СССР до границы, идущей несколько южнее Минска (до 53° с. ш.), генерация этого хруща пятилетняя, южнее — четырехлетняя. Генерация западного майского хруща в Белоруссии, предположительно, четырехлетняя. Только в северной части ареала данного вида на территории СССР (район Пскова) она пятилетняя. Однако имеются свидетельства [8], что в ПНР южнее даже 52° с. ш. (что соответствует южной границе БССР) часть популяции западного майского хруща может развиваться по пятилетнему циклу.

Мы изучали продолжительность генераций майских хрущей и возможность установления видовой принадлежности их личинок в совместных очагах в условиях БССР. Для исследований в Негорельском учебно-опытном лесхозе (центральная часть Белоруссии) был подобран очаг майских хрущей в чистых культурах сосны, созданных в 1968 г. в типе лесорастительных условий А<sub>2</sub>.

В результате весенних наблюдений за летом имаго с данного участка выяснилось, что восточный майский хрущ концентрируется на открытом месте, вдоль окружающих насаждений и участка культур, западный — в междурядьях, где культуры не сомкнулись.

Собранные из этих стадий личинки третьего возраста майских хрущей в пределах каждого вида были разделены по методике А. И. Ильинского [6] на личинок первого и второго года жизни (всего 4 варианта). Кроме того, для каждого вида была определена средняя ширина головных капсул личинок по методике В. Т. Валенты и В. М. Гавялиса [4, 5]. Сбор личинок проводили до линьки второго возраста на третий, поэтому не зимовавших личинок третьего возраста в опытах не было. Следует отметить, что средние значения ширины головных капсул у личинок восточного майского хруща —  $6,51 \pm 0,01$  мм и западного —  $7,09 \pm 0,02$  мм, полученные нами, отличались от приводимых В. М. Гавялисом (в первоисточнике соответственно  $6,42 \pm 0,22$  мм и  $6,82 \pm 0,27$  мм). Разница между нашими средними достоверна ( $t > 4$ ). Существенного различия между средней шириной головных капсул у восточного майского хруща в наших опытах и в методике нет. Достоверность такого различия для западного майского хруща составила 68%.

При разделении личинок по методу А. И. Ильинского для восточного майского хруща получилась четкая двухвершинная кривая, свидетельствующая о пятилетней генерации. Для западного такой ясной картины не было. Личинки для вариантов: третий возраст первый год жизни (III<sub>1</sub>) и второй год жизни (III<sub>2</sub>) брали в пределах верховых градаций, соответствующих противоположным сторонам кривых.

Разделенные на варианты личинки выращивали в садках до выхода жуков. Садки прямоугольной формы, размерами 33×33×40 см, из пластмассовой сетки закапывали в землю заподлицо с поверхностью на участке, где были собраны личинки, с учетом экологических особенностей распределения каждого вида. В садок помещали 10 личинок, на вариант брали 30 личинок. Несмотря на имеющиеся сведения Э. С. Головянко [2], что в последнюю весну своей жизни личинки майских хрущей могут обходиться и без питания живыми корнями, все же для успешного их развития необходимо питание как гумусом почвы, так и свежим кормом [1]. Поэтому личинок в садках снабжали корнями. Опыты проводили со второй декады июня по третью декаду сентября. Учет в садках личинок, уходящих на зимовку, и появившихся молодых жуков проводили однократно, после полного выхода жуков из куколок, что контролировалось раскопками на участке. Полученные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер варианта	Возраст и год жизни личинок	Число личинок, шт.	Результаты учета, шт.				Продолжительность генерации, лет
			Личинки		Куколки, погибшие	Жуки	
			здоровые	погибшие			
Восточный майский хрущ							
1	III <sub>1</sub>	30	27	3	—	—	5
2	III <sub>2</sub>	30	—	1	3	26	
Западный майский хрущ							
3	III <sub>1</sub>	30	4	1	4	21	4—5
4	III <sub>2</sub>	30	1	3	3	23	

Как следует из таблицы, в условиях центральной части Белоруссии восточный майский хрущ имеет пятилетнюю генерацию. Все зимовавшие один раз личинки III<sub>1</sub> возраста ушли на повторную зи-

мовку. Часть популяции западного майского хруща, развивающегося в основном по четырехлетнему циклу, имеет в тех же экологических условиях пятилетнюю генерацию. Четыре личинки (примерно 13%), отнесенные нами к III<sub>1</sub> возрасту, зимуют повторно. Поскольку для западного майского хруща кривая весового распределения по А. И. Ильинскому не имела четко выраженных двух вершин, одна личинка этого вида, отнесенная нами к III<sub>2</sub> возрасту, оказалась, видимо, личинкой первого года жизни — III<sub>1</sub> и поэтому зимует еще раз.

Полученные данные объясняют массовое появление жуков в период между летними годами.

Некоторые различия в средних размерах головных капсул личинок хрущей в наших условиях по сравнению с данными В. Т. Валенты и В. М. Гавялиса для Литвы позволили предположить, что с изменением географических и климатических характеристик района могут меняться и размеры головных капсул. Для уточнения этого предположения были обследованы\* очаги майских хрущей на крайнем юге БССР (Наровлянский лесхоз). Полученные в результате осенних раскопок в 1975 г. личинки третьего возраста майских хрущей, в соответствии с рекомендуемыми В. М. Гавялисом [5] придержками, были разделены по ширине головных капсул на личинок восточного майского хруща и западного (соотношение составило, примерно, 3:1). Общее количество личинок, согласно данным В. М. Гавялиса, должно было бы обеспечить достоверность различий более 95%.

Проверка полученных результатов была произведена осенью 1976 г. в тех же очагах. Этому способствовало резко выраженное преобладание летнего колена по численности — на 95%. Все найденные при повторных раскопах жуки (личинок третьего возраста обнаружено не было) относились к восточному майскому хрущу. Следовательно, все личинки, найденные в 1975 г., были этого же вида. А так как вычисленная нами ширина головных капсул этих личинок ( $6,47 \pm 0,02$  мм) достоверно не отличается от приводимой для Литвы, полученные данные можно объяснить тем, что для определения вида хрущей с достоверностью 95% недостаточно 30 личинок третьего возраста, как это рекомендует В. М. Гавялис [5]. В наших условиях, при полученной ошибке средней, необходимо исследовать, по крайней мере, в 10 раз больше личинок. Вычисленная нами средняя ширина головных капсул личинок в условиях Наровлянского лесхоза отличается от средней, полученной в центральной части БССР, с достоверностью 93%. Это, видимо, объясняется тем, что на юге Белоруссии восточный майский хрущ концентрируется под пологом культур, а севернее предпочитает открытые станции обитания.

Таким образом, для точного определения вида размеры головных капсул личинок должны быть вычислены не в границах таких административных единиц, как республика, а в пределах агроклиматических и лесорастительных районов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Березина В. М. Условия, способствующие и препятствующие образованию очагов восточного майского хруща в лесостепной зоне. — «Труды ВИЗР». М.—Л., 1954, вып. 6, с. 5—29. [2]. Березина В. М. Личиночное питание восточного майского хруща. — «Труды ВИЗР». Ставрополь, 1957, вып. 8, с. 37—74. [3]. Березина В. М. Географическая зональность стационального размещения восточного майского хруща на территории СССР. — «Труды ВИЗР». Л., 1960, вып. 15, с. 87—128.

\* В обследованиях принимал участие студент О. В. Радкевич.

- [4]. Валента В. Т., Гавялис В. М. Опыт борьбы с майскими хрущами в Литовской ССР. Каунас, 1969. [5]. Гавялис В. М. Майские хрущи — вредители леса и меры борьбы с ними в Литовской ССР. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. биол. наук. Вильнюс, 1970. [6]. Ильинский А. И. Простой способ уточнения продолжительности генераций хрущей. — «Лесное хозяйство», 1967, № 9, с. 55—57. [7]. Рывкин Б. В. Методы облесения захрущевленных площадей. — Сборник работ по лесному хозяйству БелНИИЛХ. Вып. 11, Минск, 1951, с. 118—139. [8]. Dopnik J. Z obserwacji nad cyklem rozwojowym chrabaszczka majowego (*Melolontha melolontha* L.) w okolicach Rogowa. — «Sylwan», 1962, nr 4, s. 21—23.

Поступила 31 октября 1977 г.

УДК 634.0.587.5 : 634.0.222.125

## ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ ПОЛОГА БЕРЕЗНЯКОВ В ОТНОШЕНИИ КЛАССОВ РОСТА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЛЕСНОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ

С. В. ВАВИЛОВ, А. В. ЛЮБИМОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Установлено, что распределение общего числа деревьев березы по классам роста тесно связано с возрастом древостоя, средней высотой и диаметром, средним расстоянием между деревьями яруса. Даны уравнения для определения числа деревьев в классах роста. Определены редуцированные числа и ранги средних деревьев классов роста (по диаметру, высоте, диаметру кроны). С возрастом соотношение деревьев в классах роста меняется, особенно в березняках старше 55—60 лет. Установлена связь классов роста с категориями деревьев по участию в образовании верхнего полога.

Эффективность лесного дешифрирования аэрофотоснимков зависит от изученности строения полога древостоев. Закономерности строения полога лиственных древостоев изучены слабо [6], особенно связь с классами роста деревьев. В то же время исследование этой связи — залог повышения точности измерительного дешифрирования аэрофотоснимков масштаба 1 : 5000 — 1 : 10 000 и крупнее, что позволяет использовать эти снимки при выборочных рубках для отбора деревьев и планирования интенсивности рубки.

Нами исследована структура березовых древостоев, соотношение деревьев разных классов роста, параметры этих деревьев и степень их участия в образовании верхнего полога, видимого на аэрофотоснимке. Для этого заложено 17 пробных площадей в березняке-черничнике и 10 — в кисличнике, в пяти лесхозах Ленинградской, Вологодской и Новгородской областей. На пяти пробных площадях перечет был произведен дважды (в 1971 и 1975—1976 гг.).

Древостой березы 15—90 лет, Iа—III классов бонитета, имеют высокую полноту и сомкнутость полога, не подвергались рубкам ухода, возникли в результате смены пород. Березы в составе ярусов не менее 6 единиц.

Нами использованы отдельные положения существующих методик [1—5], видоизмененных с учетом задач исследования.

При выделении классов роста, во многом аналогичных классам Крафта, практиковались повторные перечеты, проводимые разными исполнителями, что позволяло добиться единой трактовки признаков классов роста, выявить и устранить разночтения, снизить произвол субъективной оценки деревьев по диаметрам кроны  $D_k$ , высотам  $h$ , диаметрам деревьев  $d_{1,3}$ , их приросту с учетом положения дерева в пространстве, габитуса и деформации кроны.

Выравнивание данных, расчет корреляционных уравнений осуществлены на ЭЦВМ «Проминь-2» и «Минск-22».

Выявлено, что соотношение числа деревьев в классах роста изменяется вполне закономерно. Процент деревьев I и II классов роста с возрастом увеличивается, IV и V — уменьшается, число деревьев III

класса роста до 90 лет остается практически неизменным, незначительно варьируя ( $v_n = 13,8\%$ ). В большей степени изменяется число деревьев I и V классов роста (коэффициент варьирования 43,8 и 40,6%).

В березняках до 40 лет преобладают подчиненные деревья (IV и V классов), в 45—60 лет (табл. 1) количество их примерно равно наиболее развитым (I и II), в дальнейшем доля подчиненной части древостоя резко снижается.

Увеличение возраста древостоев и среднего расстояния между деревьями  $l_{\text{ср}}$ , сопровождающееся их дифференциацией, меняет соотношение числа деревьев в классах роста (табл. 1).

Таблица 1

Варианты группировки		Число деревьев, %, в классах роста					Соотношение числа деревьев в группах классов роста	
		I	II	III	IV	V	I—II:III:IV—V	I—III: IV—V
$l_{\text{ср}}$ м	1,0	10	12	33	25	20	1:1,5:2,0	1,2:1
	2,0	12	13	31	18	26	1:1,2:1,7	1,3:1
	3,0	15	13	32	17	23	1:0,8:1,5	1,5:1
	4,0	24	17	32	14	13	1:0,8:0,6	1,5:1
А лет	15—20	10	12	33	25	20	1:1,5:2,0	1,2:1
	25—30	14	12	32	19	23	1:1,2:1,6	1,4:1
	35—40	15	11	32	17	25	1:1,2:1,6	1,4:1
	45—50	15	14	30	16	25	1:1,0:1,4	1,4:1
	55—60	18	14	32	13	23	1:1,0:1,2	1,8:1
	65 и более	25	17	34	15	9	1:0,8:0,6	3,2:1
Среднее		16	13	32	18	21	1:1,1:1,3	1,6:1
Коэффициент варьирования, %		43,8	27,8	13,8	22,0	40,6		

Повторные перечеты через 3—5 лет и обмер деревьев на координатной ленте доказали стабильность положения в древостое деревьев I класса роста. Переход деревьев II класса в I предпочтительнее, чем в III; для III класса роста вероятности переходов во II и I или IV классы роста равновелики. Деревья IV класса роста, как правило, перемещаются в V и в дальнейшем отмирают.

Различия в соотношении деревьев одноименных классов роста в чистых и смешанных древостоях, в кисличниках и черничниках, а также в пределах одного класса возраста для преобладающей породы статистически недостоверны.

Количество деревьев в классе может быть определено с точностью  $\pm 6—8\%$  по линейным корреляционным уравнениям связи  $n_i$  (%) с сомкнутостью полога  $P_s$  и средним расстоянием между деревьями  $l_{\text{ср}}$ :

$$n_1 = 0,59 + 4,83l_{\text{ср}} + 3,46P_s \quad (R = 0,757);$$

$$n_2 = 16,20 + 1,28l_{\text{ср}} - 9,45P_s \quad (R = 0,508);$$

$$n_4 = 31,45 - 2,83l_{\text{ср}} - 10,26P_s \quad (R = 0,639);$$

$$n_5 = 1,70 - 1,79l_{\text{ср}} + 37,52P_s \quad (R = 0,541);$$

или по уравнениям

$$n_1 = 7,56 + 1,31d_m - 0,48h_m \quad (R = 0,783);$$

$$n_2 = 9,50 + 0,31dd_m - 0,01h_m \quad (R = 0,459);$$

$$n_4 = 25,04 + 0,22d_m - 0,65h_m \quad (R = 0,786);$$

$$n_5 = 19,55 - 2,76d_m + 2,14h_m \quad (R = 0,613);$$

$$n_{1+2} = 18,32 + 1,47d_m - 0,41h_m \quad (R = 0,654);$$

$$n_{4+5} = 47,18 - 2,74d_m + 1,52h_m \quad (R = 0,823),$$

где  $n_1, n_2, n_4, n_5, n_{1+2}, n_{4+5}$  — число деревьев (%) в I—V классах роста;

$R$  — множественный коэффициент корреляции.

Число деревьев III класса роста определяется вычитанием из 100% суммы деревьев I, II, IV, V классов.

Связь числа деревьев высших классов с  $l_{cp}$  очень высокая, с  $P_s$  — ниже. Число деревьев IV и V классов роста в большей мере обусловлено сомкнутостью полога.

Распределение общего числа деревьев классов по ступеням толщины с  $d_m \geq 10$  см хорошо согласуется с обобщенным нормальным распределением типа А, до 10 см — более употребимы кривые Пирсона (I—III). Ряды распределения для I и III классов роста «обрезаны» слева, IV и V классов — справа. Мера кругости и косости выше, чем для древостоя в целом. Среднее по толщине дерево класса роста имеет строго определенное место в древостое, а ряды распределения обособлены, хотя и трангрессируют (табл. 2).

Таблица 2

Категория деревьев	Редукционные числа $R_d$ (числитель) и ранги средних по толщине деревьев классов роста (знаменатель) в древостое по группам $d_m$ , см		
	8—14	16—20	20—24
Классы роста			
I	$\frac{0,9-1,6-2,2}{94}$	$\frac{0,8-1,5-2,1}{92}$	$\frac{0,8-1,4-2,0}{89}$
II	$\frac{0,7-1,2-1,9}{79}$	$\frac{0,6-1,1-1,9}{74}$	$\frac{0,6-1,0-1,5}{64}$
III	$\frac{0,5-1,0-1,7}{61}$	$\frac{0,6-0,9-1,4}{52}$	$\frac{0,5-0,9-1,4}{43}$
IV	$\frac{0,4-0,7-1,3}{37}$	$\frac{0,4-0,7-1,2}{29}$	$\frac{0,4-0,7-1,1}{20}$
V	$\frac{0,3-0,6-1,0}{24}$	$\frac{0,3-0,6-1,0}{14}$	$\frac{0,3-0,6-0,9}{11}$
Верхний полог	$\frac{0,6-1,3-2,2}{85}$	$\frac{0,6-1,2-2,1}{78}$	$\frac{0,5-1,1-2,0}{71}$
Древостой	$\frac{0,3-1,0-2,2}{63}$	$\frac{0,3-1,0-2,1}{60}$	$\frac{0,3-1,0-2,0}{60}$

Наличие в березняках большого количества тонкомера низших классов роста повышает ранг среднего по диаметру дерева на 3—5%

по сравнению с данными других авторов. Выравненные ряды из-за громоздкости не приводятся.

Распределение числа деревьев в пределах классов (и общего) по ступеням диаметров крон близко к отмеченному выше. Для групп с  $D_k = 1,5 \cdot 4,5$  м средние деревья классов роста имеют диаметр кроны, равный  $1,6-1,3 D_k$  для I;  $1,4-1,2 D_k$  — II;  $1,1-0,9 D_k$  — III;  $0,9-0,7 D_k$  — IV и  $0,7-0,6 D_k$  — V классов роста; меньшие значения — для древостоев старше 60 лет.

Среднее дерево I класса роста имеет высоту  $1,1-1,2 h_m$ ; II —  $1,0-1,2 h_m$ ; III —  $0,9-1,0 h_m$ ; IV —  $0,7-0,8 h_m$ ; V —  $0,7-0,6 h_m$ . Отклонения от обобщенного нормального распределения наблюдаются только в молодняках со средней высотой до 14 м и средним диаметром менее 1,5 м.

Верхний полог образован деревьями I, II и частично III классов роста, т. е. с наибольшими  $D_k$ , высотами и  $d_{1,3}$ . Количество деревьев в верхнем пологе меняется от 10% в 15 лет до 82,5% в 70—90, при этом все деревья I класса роста (исключение—молодняки с  $d_m \leq 8$  см), из II — 76—100% деревьев (при  $d_m = 4$  см — 24%); из III — 43—91% (при  $d_m = 8$  см — 22%). Число деревьев (%) в верхнем пологе тесно связано с  $d_m$  ( $r_{11} = 0,95$ ):

$$n_{в.п} = 2,99 + 3,22d_m.$$

Подсчет крон на аэроснимках масштаба 1 : 10 000 дал близкие результаты.

С другой стороны, верхний полог состоит из свободно стоящих и лишь на 25% перекрытых сверху деревьев (56—80 и 42—100%). Перекрытых на 50% крон, на аэроснимке сливающихся с кронами более высоких деревьев, в верхнем пологе 1—3%. С увеличением возраста участие свободно стоящих деревьев березы возрастает. В 15 лет полностью перекрытых крон (на 100%) в древостое было 40%, в 75 лет—18%, в 90 лет—около 5%. За это время число перекрытых на 75% крон уменьшилось с 10 до 2%; перекрытых на 50% — с 17 до 7%. Количество крон, перекрытых сверху на 25%, почти неизменно (10—16%).

В среднем кроны деревьев I класса роста перекрыты на 1—9% (преобладают свободно стоящие деревья), II — на 3—26%; III — на 14—50%, IV — на 55—84%, V — на 72—88%, причем с возрастом степень перекрытия крон в древостоях I—III классов роста уменьшается, а IV и V — возрастает. Деревья, закрытые сверху на 50—100%, раздельно на аэрофотоснимках не изображаются.

Используя аэрофотоснимки масштаба 1 : 10 000 и крупнее, можно отобрать в рубку деревья, удаление которых не приведет к катастрофическому изреживанию полога (до сомкнутости 0,4—0,5), при этом в выбираемую часть включают деревья V, IV и около 50% деревьев III класса роста. По нашим данным, за один класс возраста в березняках отмирают почти все деревья V класса роста, а также до половины деревьев IV класса и незначительное количество из других классов роста. К 60—65 годам отмирают все первоначально имевшиеся деревья из V и IV классов роста и перешедшие из III и II классов, а также часть деревьев III класса.

В заключение необходимо отметить, что деревья I—V классов роста достоверно отличаются по морфологическим признакам. Более чем в 80% случаев повторный пересчет дает одинаковые результаты.

Ряды распределения деревьев по ступеням толщины, высотам и  $D_k$  в классах роста отличаются от общего ряда, в различной степени перекрываясь. Варьирование высот,  $D_k$ ,  $d_{1,3}$  в пределах класса роста меньше, чем в древостое в целом; это позволяет точнее определить запас древостоя, его фитомассу, другие таксационные показатели с использованием аэрофотоснимков и корреляционных уравнений.

Средние таксационные показатели древостоев необходимо определять по параметрам наибольших деревьев I и отчасти II классов роста, поскольку они легко опознаются на аэрофотоснимках, а число этих свободно стоящих, равномерно размещенных по пробе деревьев стабильно.

При определении запасов по классам роста с использованием массовых таблиц объемов по разрядам высот необходимо учесть, что для V класса роста наблюдается понижение на один разряд высот.

Степень перекрытия крон у наиболее развитых деревьев березы, составляющих верхний полог, не превышает 25%. Рубками ухода в березняках должно создаваться насаждение с минимальным количеством крон, закрытых более чем на 50%, так как наличие последних стимулирует переход деревьев в IV и V классы роста.

Среднее перекрытие крон — условие обеспеченности деревьев лучистой энергией; оно характеризует степень светолюбия породы. Для березы перекрытие равно 61% в 15—20 лет, 37—49% — в 40—50 лет, 26% — в 60—90. Его можно определить по уравнениям связи с возрастом  $A$ ,  $l_{cp}$  и  $D_k$ :

$$P = 67,10 - 0,56A \quad (r_{1/1} = -0,968);$$

$$P = 75,29 - 13,33D_k \quad (r_{1/1} = -0,952);$$

$$P = 72,20 - 11,60l_{cp} \quad (r_{1/1} = -0,985).$$

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Белов С. В., Мажугин И. Н., Жуков А. Я., Емельянов В. П. Изучение связей между дешифровочными и таксационными показателями насаждений. Методические указания. Л., ЛенНИИЛХ, 1975. [2]. Горский П. В. Руководство по составлению таблиц. М., Гослесбумиздат, 1962. [3]. Дмитриев И. Д., Даниюлис Е. П., Кропов П. А. Лесная аэрофотосъемка и авиация. Лесотаксационное и лесохозяйственное дешифрирование аэроснимков, Л., ЛТА, 1976. [4]. Монсеев В. С. Таксация молодняков. Л., ЛТА, 1971. [5]. Самойлович Г. Г. Полевая практика работы с аэроснимками при таксации леса. Л., ЛТА, 1967. [6]. Шапошникова Л. А. Изменение породного состава лесов СССР. — В сб.: Эффективность размещения лесопромышленного производства и оценка лесных ресурсов. М., СОПС, 1975.

Поступила 7 июля 1977 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 634.0.848

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАБОТ  
НА НИЖНИХ СКЛАДАХ

Б. Г. ЗАЛЕГАЛЛЕР

Ленинградская лесотехническая академия

Изложены перспективы развития нижних складов на ближайшие 15—20 лет. Перечислены основные типы машин и установок на нижних складах перспективного периода и дана их сравнительная оценка. Проведен выбор оптимальных технологических схем нижних складов в зависимости от условий их работы и рекомендован состав работающего на них технологического оборудования.

XXV съезд КПСС утвердил основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг.; одновременно были отмечены исходные установки развития экономики Советского Союза на перспективу до 1990 г. [3, с. 40]. Министерством лесной и деревообрабатывающей промышленности СССР и его научно-исследовательскими и проектными институтами разработаны перспективные системы основных машин и оборудования для комплексной механизации лесозаготовительного производства на пятнадцатилетие 1975—1990 гг. и до 2000 г., в том числе перспективные системы машин для работ на нижних складах — 1НС—4НС [1].

В последнее время появилось мнение, что следует вообще отказаться от нижних складов. При этом возможны два направления: вывозка хлыстов (или деревьев) непосредственно на склады потребителей и выработка сортиментов на лесосеке (или погрузочном пункте).

Первое направление уже сейчас получает широкое распространение, а в перспективе еще более разовьется. В случаях, когда такая вывозка хлыстов или деревьев окажется невозможной (из-за дальности перевозок), нижние склады лесозаготовительных предприятий сами начнут превращаться в небольшие лесопромышленные комплексы, производящие не только первичную обработку, но и частичную переработку вывезенного леса. Такими лесопромышленными комплексами по существу уже стали нижние склады Крестецкого, Мостовского и ряда других леспромхозов. Таким образом, речь идет по существу не о ликвидации нижних складов вообще, а либо об оставлении их в системе лесозаготовительных предприятий с превращением в небольшие лесопромышленные комплексы, либо о перенесении их на территорию лесоперерабатывающих предприятий. В обоих случаях на этих складах выполняются одинаковые работы.

Второе направление, предусматривающее выработку сортиментов на лесосеке, связано с существенным увеличением трудозатрат на лесосечные работы, использованием сложных и дорогостоящих многооперационных машин, ростом потребления жидкого топлива. Такая технология применима лишь в тех случаях, когда сортименты можно вывезти непосредственно на предприятия, только их перерабатывающие. При этом нижних складов действительно не будет.

Улучшение работы нижних складов (понимая под этим термином как собственно нижние склады лесозаготовительных предприятий, так и склады сырья лесопромышленных комплексов) может идти по линии совершенствования лесоскладского оборудования и рациональной его компоновки с наиболее полным использованием. Первая задача состоит в нахождении оптимальных параметров машин и установок, применяемых на нижних складах. Решение второй задачи заключается в подборе оптимального состава поточных линий и компоновки из них целых нижних складов. Решению этих двух задач для условий перспективного периода посвящены исследования, проведенные в ЛТА [2].

Эти исследования показали, что к 1990—2000 гг. наиболее типичными будут нижние склады, имеющие годовой грузооборот от 150 до 700—800 тыс. м<sup>3</sup>, на которые по автомобильным дорогам вывозят хлысты и деревья (иногда рассортированные на лесосеках по породам). Примерно одинаковое распространение получают прирельсовые и береговые нижние склады, причем с последних лесоматериалы будут отправляться потребителям только плотовым сплавом или в судах. Переработка леса (в основном низкокачественной древесины) на нижних складах в зависимости от местных условий достигнет 30—40% общего грузооборота. Будут встречаться нижние склады и других типов: с годовым грузооборотом меньше 150 и больше 800 тыс. м<sup>3</sup>; мелкого или особо крупного леса (средний объем хлыста меньше 0,3 или больше 0,7 м<sup>3</sup>); являющиеся одновременно складами сырья крупных лесопромышленных комплексов; совершенно не перерабатывающие древесину и т. п.

В ближайшие 10—15 лет на нижних складах получат, в основном, широкое распространение оборудование и технологические процессы, апробированные уже в настоящее время в виде опытных образцов машин, установок и поточных линий. Это не значит, что на некоторых участках нижних складов не появятся принципиально новые технологические процессы и типы машин и установок, но они, видимо, к этому времени будут находиться еще в стадии опытной эксплуатации.

На разгрузке подвижного состава лесовозной дороги с подачей пачек хлыстов или деревьев на дальнейшую обработку и в резервные штабеля наиболее перспективны консольно-козловые (условное обозначение В<sub>3</sub>) и мостовые В<sub>4</sub> краны, а также колесные разгрузчики В<sub>5</sub>. Грузоподъемность этих механизмов должна соответствовать грузоподъемности единицы подвижного состава лесовозной дороги, т. е. составлять около 30 т (консольно-козловые краны с пролетами 40—50 м; консоли длиной 10—12 м, снабженные грейферами с разворотным механизмом; пролеты мостовых кранов 30—35 м; колесные разгрузчики, приспособленные для укладки штабелей до 5 м). Сменная производительность  $P_{см}$  разгрузочных механизмов этих типов в основном зависит от запасов леса  $E$ , укладываемого в штабель в зоне их действия. С увеличением  $E$  сменная производительность консольно-козловых и мостовых кранов существенно снижается, у колесных разгрузчиков снижение  $P_{см}$  идет медленнее. Увеличение  $E$  ведет также к некоторому возрастанию удельных приведенных затрат  $ЗП_y$  (рис. 1, а). Из графиков видно, что при незначительных запасах леса наиболее эффективны мостовые краны, а при больших — колесные разгрузчики.

Технико-экономические показатели установок для очистки деревьев от сучьев, раскряжевки хлыстов и сортировки круглых лесоматериалов зависят от их типа и среднего объема хлыста, при увеличении которо-

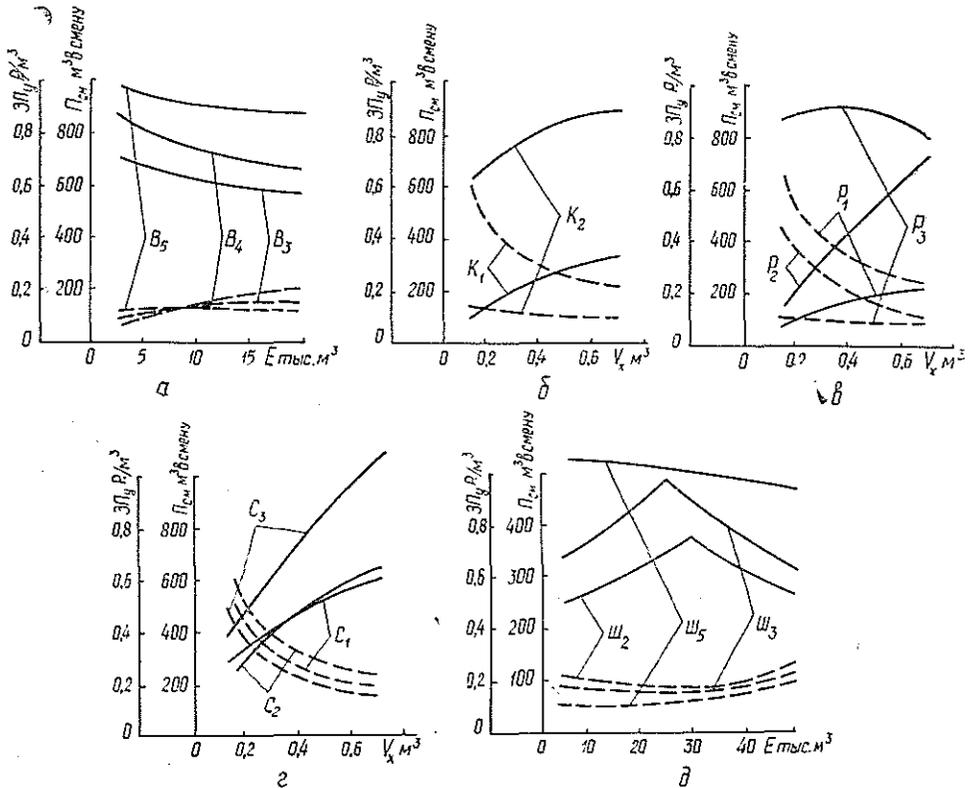


Рис. 1. Технико-экономические показатели основных машин и установок, работающих на нижних складах.

*а* — разгрузка подвижного состава лесозвозной дороги; *б* — очистка деревьев от сучьев; *в* — раскряжевка хлыстов; *г* — сортировка круглых лесоматериалов; *д* — штабелевка круглых лесоматериалов. Сплошная линия —  $P_{см}$ ; штриховая —  $ЭП_y$ .

го производительность установок существенно возрастает, а удельные приведенные затраты снижаются.

Для очистки деревьев от сучьев наиболее перспективны сучко-резные установки с поштучной обработкой деревьев, снабженные жесткими ножами и имеющие регулируемую скорость подачи (условное обозначение  $K_1$ ), а также установки бункерного типа  $K_2$ . Производительность последних достаточно высока при сравнительно низких удельных приведенных затратах (рис. 1, б), однако их работа эффективна только при обработке хвойного леса.

Для разделки хлыстов наиболее перспективны установки:  $P_1$  — для поштучной раскряжевки с продольным перемещением хлыста;  $P_2$  — для поштучной раскряжевки с поперечным перемещением хлыста (триммеры) и  $P_3$  — для групповой раскряжевки. Наилучшие технико-экономические показатели при раскряжевке мелкого и среднего леса имеют установки типа  $P_3$  (рис. 1, в), однако они могут применяться только в тех случаях, когда допустим обезличенный метод раскряжки хлыстов. При раскряжевке крупного леса технико-экономические показатели триммеров и установок для групповой раскряжевки примерно одинаковы; в этом случае (а также во всех других случаях, когда недопустим обезличенный раскрой) наиболее целесообразно применение триммеров, работающих по программному методу раскряжки. Когда необходим индивидуальный раскрой, следует использовать рас-

кряжевочные установки с продольным перемещением хлыста —  $P_1$ . Конструкции таких установок достаточно хорошо отработаны уже в настоящее время, и требуется только дальнейшее их совершенствование. Основное же внимание научных и инженерно-технических работников должно быть сосредоточено на создании конструкций установок триммерного типа с пилением движущегося хлыста и установок для групповой раскряжевки, которые в настоящее время имеются только в виде далеко не совершенных опытных образцов.

Зачистку сучьев и частичную окорку следует производить после раскряжевки хлыстов, перед сортировкой круглых лесоматериалов. Особенно важна зачистка сучьев после сучкорезных установок групповой обработки типа  $K_2$ . Через окорочно-зачистные станки проходят все сортименты, поступающие на сортировочные установки, причем по желанию оператора отдельные сортименты одновременно с зачисткой сучьев могут подвергаться окорке (например, балансовое и рудстоечное долготье, иногда пиловочник). В настоящее время нет готовых конструкций окорочно-зачистных станков непрерывного действия с управляемым процессом окорки, и их необходимо создать в ближайшее время.

Для сортировки круглых лесоматериалов можно использовать: установки, состоящие из нескольких последовательно расположенных секций продольных транспортеров с автоматическими бревнообработателями — тип сортировочной установки  $C_1$ ; поперечные сортировочные транспортеры, перемещающие круглые лесоматериалы по одному в ряд — тип  $C_2$ ; поперечные сортировочные транспортеры, перемещающие в один ряд все отрезки, полученные в результате раскряжевки одного хлыста — тип  $C_3$ . Анализ работы сортировочных установок различных типов (рис. 1, *а*) показал, что производительность сортировочных установок типов  $C_1$  и  $C_2$  примерно одинакова, однако первые хорошо освоены и просты в эксплуатации, поэтому им следует отдавать предпочтение. Существенное повышение производительности дают сортировочные установки типа  $C_3$ . Они весьма перспективны при использовании раскряжевочных установок с поперечным перемещением хлыстов, однако требуют тщательной конструктивной разработки и производственной проверки.

Штабелевка круглых лесоматериалов может производиться: консольно-козловыми кранами (пролетом до 50 м) — тип  $Ш_2$ ; башенными кранами с вылетом стрелы 30 и 40 м (типы  $Ш_3$  и  $Ш_4$ ) и автопогрузчиками —  $Ш_5$ . Грузоподъемность всех этих механизмов должна составлять около 10 т. Анализ работы штабелевочных механизмов (рис. 1, *б*) показывает, что их производительность зависит от запаса леса  $E$ , размещающегося в зоне их действия. У консольно-козловых и башенных кранов производительность наиболее высока в том случае, когда длина сортировочного транспортера и фронта штабелей одинакова; если длина фронта штабелей (зависящая от величины  $E$ ) больше или меньше длины сортировочного транспортера, производительность крана снижается, так как увеличиваются его перемещения вдоль фронта штабелей. У автопогрузчиков увеличение  $E$  ведет к сравнительно незначительному снижению производительности, поэтому в первую очередь их следует использовать при необходимости создавать на складе большие запасы круглых лесоматериалов.

На нижних складах машины и установки, выполняющие отдельные технологические операции, komponуются в поточные линии. Анализ показал, что наиболее перспективны нижние склады, состоящие из линий последовательного или смешанного агрегатирования, имеющих

Таблица 1

$Q_{г.с}^1$ тыс. м <sup>3</sup>	$V_x$ м <sup>3</sup>	Состав основного оборудования
Склады с продольным перемещением леса (индивидуальный раскрой хлыстов)		
150	0,3	$1B_3 + 2K_1 + 4P_1 + 2C_1 + 1Ш_3 + 1B_3'$
	0,5 и 0,7	$1B_3 + 2K_1 + 2P_1 + 1C_1 + 1Ш_3 + 1B_3'$
300	0,3	$1B_4 + 6K_1 + 6P_1 + 3C_1 + 2Ш_3 + 1B_3'$
	0,5 и 0,7	$1B_4 + 4K_1 + 4P_1 + 2C_1 + 2Ш_3 + 1B_3'$
450	0,3	$2B_4 + 8K_1 + 8P_1 + 4C_1 + 3Ш_3 + 1B_3'$
	0,5 и 0,7	$2B_4 + 6K_1 + 6P_1 + 3C_1 + 3Ш_3 + 1B_3'$
600	0,3	$2B_4 + 10K_1 + 10P_1 + 5C_1 + 4Ш_3 + 2B_3'$
	0,5	$2B_4 + 8K_1 + 8P_1 + 4C_1 + 4Ш_3 + 2B_3'$
	0,7	$2B_4 + 6K_1 + 6P_1 + 3C_2 + 4Ш_3 + 2B_3'$
750	0,3	$3B_5 + 14K_1 + 14P_1 + 7C_1 + 4Ш_5$
	0,5	$3B_5 + 10K_1 + 10P_1 + 5C_1 + 4Ш_5$
	0,7	$3B_5 + 8K_1 + 8P_1 + 4C_1 + 4Ш_3$
Склады с поперечным перемещением леса (программный раскрой хлыста)		
150	0,3	$1B_3 + 2K_1 + 2P_2 + 2C_1 + 1Ш_3 + 1B_3'$
	0,5 и 0,7	$1B_4 + 1K_2 + 1P_2 + 1C_1 + 1Ш_3 + 1B_3'$
300	0,3	$1B_4 + 3K_2 + 3P_2 + 3C_1 + 2Ш_3 + 1B_3'$
	0,5	$1B_4 + 2K_2 + 2P_2 + 2C_2 + 2Ш_3 + 1B_3'$
	0,7	$1B_4 + 1K_2 + 1P_2 + 1C_3 + 2Ш_5 + 1B_3'$
450	0,3	$2B_4 + 4K_2 + 4P_2 + 4C_1 + 4Ш_3 + 1B_3'$
	0,5	$2B_4 + 3K_2 + 3P_2 + 3C_1 + 3Ш_3 + 1B_3'$
	0,7	$2B_4 + 2K_2 + 2P_2 + 2C_3 + 3Ш_5 + 1B_3'$
600	0,3	$2B_4 + 5K_2 + 5P_2 + 5C_1 + 4Ш_3 + 2B_3'$
	0,5	$3B_4 + 3K_2 + 3P_2 + 3C_3 + 4Ш_5 + 2B_3'$
	0,7	$2B_4 + 2K_2 + 2P_2 + 2C_3 + 4Ш_5 + 2B_3'$
750	0,3	$3B_4 + 6K_2 + 6P_2 + 6C_1 + 4Ш_5 + 2B_3'$
	0,5	$4B_4 + 4K_2 + 4P_2 + 4C_3 + 4Ш_5 + 2B_3'$
	0,7	$3B_4 + 3K_2 + 3P_2 + 3C_2 + 4Ш_5 + 2B_3'$
Склады с групповой раскряжкой (обезличенный раскрой хлыстов)		
150	0,3	$1B_4 + 1K_2 + 1P_3 + 2C_1 + 1Ш_3 + 1B_3'$
300	0,3	$1B_4 + 1K_2 + 1P_3 + 3C_1 + 2Ш_4 + 1B_3'$
	0,5	$1B_4 + 1K_2 + 1P_3 + 2C_1 + 2Ш_3 + 1B_3'$
450	0,3 и 0,5	$2B_4 + 2K_2 + 2P_3 + 4C_1 + 4Ш_3 + 1B_3'$
600	0,3	$2B_4 + 2K_2 + 2P_3 + 6C_1 + 4Ш_4 + 2B_3'$
	0,5	$2B_4 + 2K_2 + 2P_3 + 4C_1 + 4Ш_3 + 2B_3'$
750	0,3 и 0,5	$3B_4 + 3K_2 + 3P_3 + 6C_1 + 6Ш_3 + 2B_3'$

Примечание.  $B_3'$  — консольно-козловой кран на складе сезонного запаса деревьев.

разветвление потоков на выходе рассортированных лесоматериалов и ответвления для подачи в переработку сучьев и вершин. Между основными установками, входящими в линию, целесообразна гибкая связь (или жестко-гибкая) в начале линии (между сучкорезными, раскряжевочными и окорочно-зачистными установками) и жесткая в конце (между окорочно-зачистными и сортировочными установками).

Для выбора типов технологических установок и определения возможной сменной производительности поточных линий были построены специальные графики, на основании которых разработано 22 варианта поточных линий и рассмотрено 177 вариантов компоновок нижних складов (при различных средних объемах хлыста  $V_x$  и годовых грузооборотах склада  $Q_{г.с}$ ). При подборе оборудования, входящего в линии, и компоновке нижних складов учитывали возможность взаимной увязки работы отдельных установок. За критерии оптимальности для выбора лучших вариантов принимали технико-экономические показатели: удельные приведенные затраты  $ЗП_u$ , удельные капиталовложения, производительность труда, себестоимость, энергоемкость, коэффициенты загрузки установленного оборудования. При выборе оптимальных вариантов учитывали, что средний объем хлыста по-разному влияет на производительность различных типов оборудования, поэтому состав поточной линии, являющийся оптимальным для одного значения  $V_x$ , оказался нецелесообразным при других его значениях.

Наилучшими технико-экономическими показателями характеризуются линии, состоящие из технологических установок одинаковой производительности и имеющие возможную общую производительность, равную сменному грузообороту нижнего склада. Однако такие линии практически почти не встречаются по следующим причинам: они могут быть сформированы только при наличии достаточно разнообразной гаммы однотипных технологических установок, имеющих различную производительность при одинаковых условиях работы, но в настоящее время таких гамм механизмов нет (в перспективе они должны быть созданы); возможная производительность поточной линии далеко не всегда согласуется со сменным грузооборотом нижнего склада и обычно превышает его, что ведет к неполному использованию установленного оборудования.

Оптимальные наборы основного оборудования для перспективных нижних складов различных типов, полученные в результате исследований, приведены в табл. 1.

Основные технико-экономические показатели оптимальных вариантов прирельсовых нижних складов различных типов при различных  $V_x$  и  $Q_{г.с}$  графически даны на рис. 2, из которого видно, что с увеличением среднего объема хлыста удельные приведенные затраты значительно снижаются. Годовой грузооборот нижнего склада  $Q_{г.с}$  оказывает влияние на технико-экономические показатели: при  $Q_{г.с} \approx 600$  тыс. м<sup>3</sup> показатели наилучшие; снижение грузооборота ведет к существенному их ухудшению; в некоторых случаях также несколько ухудшаются показатели при  $Q_{г.с} > 600$  тыс. м<sup>3</sup>.

Большое влияние на технико-экономические показатели нижних складов оказывает принятый метод раскряжки хлыстов и направление их перемещения в процессе обработки. Наилучшие показатели (в основном для мелкого леса) имеют нижние склады, на поточных линиях которых производят групповую раскряжевку хлыстов (рис. 2, в). Эти линии следует применять в случаях, когда круглые лесоматериалы подвергаются дальнейшей переработке на этом же нижнем складе и

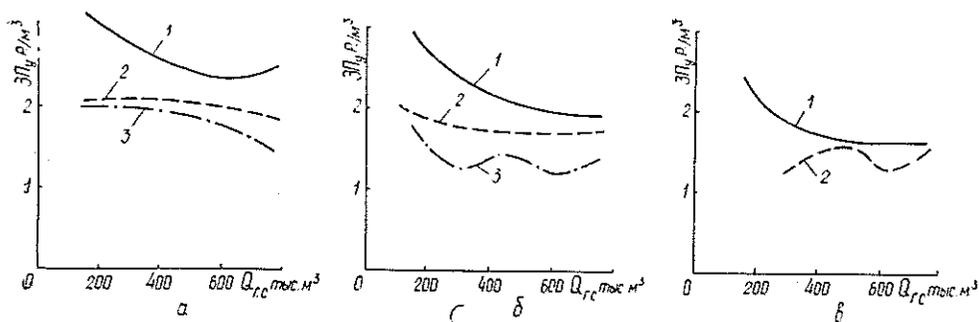


Рис. 2. Техничко-экономические показатели прирельсовых нижних складов.

а — с продольным перемещением леса и индивидуальным раскроем хлыстов; б — с поперечным перемещением леса и программным раскроем хлыстов; в — с групповой раскряжевкой хлыстов (обезличенный раскрой); 1 —  $V_x = 0,3 \text{ м}^3$ ; 2 —  $V_x = 0,5 \text{ м}^3$ ; 3 —  $V_x = 0,7 \text{ м}^3$ .

допустим обезличенный метод раскряжки хлыстов. Несколько хуже показатели у нижних складов с поперечным перемещением леса и поточными линиями, снабженными триммерными раскряжевочными установками (рис. 2, б). Эти линии следует применять в случаях, когда обезличенный метод раскряжки недопустим, но приемлем программный метод. При необходимости индивидуального метода раскряжки хлыстов приходится использовать поточные линии с продольным перемещением леса, снабженные раскряжевочными установками типа Р<sub>1</sub>, хотя технико-экономические показатели у них и ниже, чем у линий других типов (рис. 2, а). При подсортировке хлыстов на лесосеке возможно совместить на одном нижнем складе поточные линии различных типов.

Техничко-экономические показатели береговых нижних складов при одинаковых условиях оказываются несколько хуже, чем на прирельсовых, что объясняется необходимостью создания на береговых складах больших запасов круглых лесоматериалов.

Исследования, проведенные в ЛТА, наметили пути развития нижних складов на ближайшие 15—20 лет. Они содержат перспективные технологические схемы складов различных типов и дают методику выбора этих схем для конкретных условий. Разработана также методика выбора оптимальных параметров лесоскладского оборудования и намечены типы машин и установок, которые необходимо разработать вновь или усовершенствовать. Хотя сделанные выводы и рекомендации основаны на некоторых ориентировочных исходных данных (производительность и цена оборудования, расходы электроэнергии и материала и т. п.), но достаточно верно отражают реальную действительность, поэтому их следует практически использовать при проектировании перспективных нижних складов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Воевода Д. К., Вороницын К. И., Немцов В. П., Рахманин Г. А. Перспективы развития нижних складов. — «Лесная промышленность», 1976, № 2, с. 12—15. [2]. Залегаллер Б. Г. Оптимизация технологических процессов нижних складов. Л., ЛТА, ч. 1 — 1975, 132 с.; ч. 2 — 1977, 48 с. [3]. Материалы XXV съезда КПСС. М., Политиздат, 1976, 256 с.

Поступила 19 сентября 1977 г.

УДК 634.0.36

**ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ  
ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ДЕРЕВА\***

Ю. П. ЕФИМОВ, В. Н. МЕНЬШИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Приводятся уравнения для определения основных параметров кинематической схемы валочно-пакетирующего механизма с использованием потенциальной энергии дерева. Дается пример применения приведенных уравнений для определения параметров механизма с использованием в качестве базы гусеничного трактора ТДТ-55.

Основными параметрами валочно-пакетирующего механизма с использованием потенциальной энергии дерева (рис. 1) являются длины коромысла  $OA$  ( $l_1$ ), шатуна  $AB$  ( $l_2$ ) и коромысла  $BO_1$  при резании дерева ( $l_3$ ) и в положении, когда дерево находится в приемном устрой-

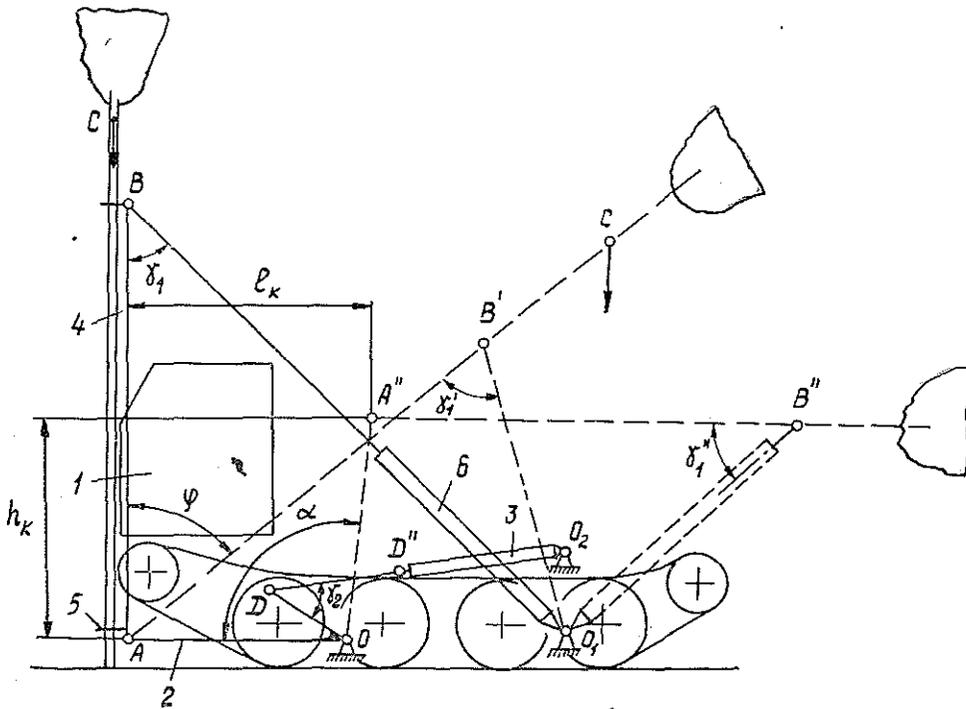


Рис. 1. Кинематическая схема валочно-пакетирующего механизма на базе гусеничного трактора ТДТ-55.

\* Принцип работы рассматриваемого механизма приведен в статье Ю. П. Ефимова и В. Н. Меньшикова «Валочно-пакетирующее устройство лесозаготовительной машины с использованием потенциальной энергии дерева» (ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 5).

стве ( $l_4$ ), расстояние между шарнирами  $O$  и  $O_1$  ( $l_0$ ) на горизонтальной прямой, а также угол поворота коромысла  $OA$  ( $\alpha$ ). Основные параметры определяются различным положением механизма с учетом допускаемых углов передачи.

Длина коромысла  $l_1$  зависит от расстояния, на которое необходимо переместить точку  $A$  захвата дерева по направлению продольной оси машины  $l_k$ , и от угла поворота коромысла  $\alpha$ . Из геометрических соотношений фигур, образуемых звеньями механизма в указанных положениях, найдем

$$l_1 = \frac{l_k}{1 + \sin(\alpha - 90^\circ)}. \quad (1)$$

Вертикальное перемещение точки захвата ( $h_k$ )

$$h_k = l_1 \cos(\alpha - 90^\circ). \quad (2)$$

Очевидно, что чем больше угол поворота коромысла  $\alpha$ , тем больше продольное перемещение дерева. Максимальное значение  $\alpha$  определится допустимыми углами передачи  $\gamma_2$ , образуемыми штоком гидроцилиндра  $3$  и плечом  $OD$  коромысла  $2$  при повороте его на угол  $\alpha$ . При этом точка  $D$  штока гидроцилиндра  $3$  переместится в положение  $D''$ . Из равнобедренного треугольника  $ODD''$ , в котором два угла равны  $\gamma_2$ , находим угол

$$\alpha = 180^\circ - 2\gamma_2. \quad (3)$$

Исходя из условия, что дерево в приемном устройстве должно располагаться горизонтально и составлять с коромыслом  $BO_1$  допустимый угол передачи  $\gamma_1''$ , можно, рассматривая фигуру  $OABO_1$ , определить необходимую длину коромысла  $BO_1$  в этом положении  $l_4$ :

$$l_4 = \frac{l_1 \cos(\alpha - 90^\circ)}{\sin \gamma_1''}. \quad (4)$$

Из треугольника  $O_1AB'$  в положении, когда дерево повернулось вокруг шарнира  $A$  на максимальный угол  $\varphi$  и коромысло приобрело минимальную длину  $B'O_1$ , установим взаимосвязь длины шатуна  $AB$  ( $l_1$ ), расстояние между шарнирами  $OO_1$  ( $l_0$ ), угла передачи, образуемого шатуном  $AB$  и коромыслом  $BO_1$  ( $\gamma_1'$ ) и углом вращения дерева вокруг шарнира  $A$  ( $\varphi$ ). По теореме косинусов

$$\left. \begin{aligned} l_4^2 &= (l_1 + l_0)^2 - l_2^2 + 2l_1 l_2 \cos \gamma_1'; \\ l_4^2 &= (l_1 + l_0)^2 - l_2^2 - 2(l_1 + l_0) l_2 \sin \varphi. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Вычитая одно уравнение из другого, получим

$$(l_1 + l_0) \sin \varphi - l_2 + l_4 \cos \gamma_1' = 0. \quad (6)$$

Зависимость  $l_2$  и  $(l_1 + l_0)$  можно установить из треугольника  $O_1AB$  в начальном положении механизма:

$$l_1 + l_0 = l_2 \operatorname{tg} \gamma_1, \quad (7)$$

где  $\gamma_1$  — допускаемый угол передачи, образуемый шатуном  $AB$  и коромыслом  $BO_1$  в положении при срезании дерева.

Из условия создания крутящего момента от веса дерева относительно шарнира  $O_1$  устанавливаем зависимость между  $(l_1 + l_0)$ ,  $\varphi$  и расположением центра тяжести дерева  $AC$  ( $h_c$ ) в предельном положе-

нии, когда центр тяжести находится на вертикальной оси, проходящей через шарнир  $O_1$ :

$$l_1 + l_0 = h_c \sin \varphi. \quad (8)$$

Поскольку для создания крутящего момента от веса дерева относительно шарнира  $O_1$  необходимо, чтобы центр тяжести лежал несколько правее вертикальной оси, проходящей через шарнир, в правую часть уравнения (8) введем коэффициент  $\lambda$ , величина которого зависит от моментов трения в шарнирных соединениях механизма

$$l_1 + l_0 = \lambda h_c \sin \varphi. \quad (9)$$

Подставляя (7) и (9) в уравнение (6), получим

$$\frac{tg^2 \gamma_1}{\lambda h_c} l_2^2 - l_2 + l_4 \cos \gamma_1' = 0, \quad (10)$$

откуда

$$l_2 = \frac{\lambda h_c \pm \sqrt{\lambda^2 h_c^2 - 4 \lambda h_c tg^2 \gamma_1 \cos \gamma_1' l_4}}{2 tg^2 \gamma_1}. \quad (11)$$

Из уравнения (11) видно, что одно значение  $l_2$  соответствует случаю расположения шарнира  $O_1$  левее шарнира  $O$ , а второе — правее. Конструктивным требованиям отвечает второй случай, когда  $l_2$  имеет наибольшее значение.

Расстояние между шарнирами  $O_1$  и  $O$  ( $l_0$ ) определим из уравнения

$$l_0 = l_2 tg \gamma_1 - l_1. \quad (12)$$

Длина коромысла  $BO_1$  ( $l_3$ ) в положении захвата дерева при срезаии определяется из прямоугольного треугольника  $O_1AB$ :

$$l_3 = \sqrt{l_2^2 + (l_1 + l_0)^2}. \quad (13)$$

Ход штока гидроцилиндра  $6$  ( $S_6$ ), определяющий угол вращения дерева вокруг точки  $A$ ,

$$S_6 = l_3 - l_4. \quad (14)$$

Таким образом, с помощью уравнений (1—4) и (11—14) определяются все основные параметры кинематической схемы валочно-пакетирующего механизма с использованием потенциальной энергии дерева.

Оптимальные параметры кинематической схемы следует выбирать с учетом силовых факторов, а также конструктивной привязки к определенной базовой машине.

В качестве примера использования приведенных уравнений определим основные параметры кинематической схемы валочно-пакетирующего механизма для трактора ТДТ-55, не затрагивая глубоко конструктивной разработки. Валочно-пакетирующий механизм в этом случае можно установить с левой стороны трактора таким образом, чтобы место срезаии дерева находилось в зоне видимости тракториста-оператора. Освобождение механизма от спиленного дерева при таком конструктивном решении производится путем раскрытия зажимных рычагов и скольжения комля дерева по одному из рычагов в коник машины. Могут быть и другие решения. Расчеты произведем для деревьев с диапазоном изменения центров тяжести дерева  $h_c = 5,2 \div 10$  м.

Положение шарнира  $O$  определено таким образом, чтобы спиливание дерева осуществлялось при горизонтальном расположении коромысла  $OA$ , а при повороте последнего на угол  $90^\circ$  комель дерева оказывался бы за кабиной трактора. Угол  $\alpha$  принимаем не больше  $90^\circ$ , чтобы обеспечить благоприятные углы передачи в гидро-

цилиндре 3, испытывающем наибольшую нагрузку. Шарнир  $O$  устанавливается на выдвижной раме, опирающейся в рабочем положении на землю. Над поверхностью земли шарнир  $O$  располагаем на высоте около 0,3 м и на расстоянии 0,6 м в продольном направлении от заднего края кабины.

Длина коромысла  $OA$  определяется из условия поднятия комлей деревьев над трактором для обеспечения их укладки на коник при повороте коромысла на угол  $90^\circ$ . Необходимую высоту подъема дерева  $h_k$  принимаем 2 м. В соответствии с этим продольное перемещение равно 2 м и, согласно уравнению (1),  $l_1 = 2$  м. Шарнир  $O_1$  располагаем на той же раме и высоте, что и шарнир  $O$ . Такое расположение шарниров  $O$  и  $O_1$  позволяет разгрузить трактор от усилий, возникающих при перемещении дерева, и направить их через аутригеры на землю. Расстояние  $l_0$  между шарнирами  $O$  и  $O_1$  определяется из конструктивных соображений и условия создания опрокидывающего момента от веса дерева. При  $l_0 = 2$  м и расположении центра тяжести дерева на высоте 5,2—10 м условие создания опрокидывающего момента выполняется при повороте дерева на угол  $\varphi$ , равный соответственно 50 и  $24^\circ$ . Согласно уравнениям (11) и (13),  $l_2 = 4$  м, а  $l_3 = 5,6$  м при допуске угла передачи  $\gamma_1 = 45^\circ$  и  $l_4 = 2,8$  м. Отсюда, по уравнению (14), ход штока гидроцилиндра  $b$  равен 2,8 м.

Шарнир  $O_2$  устанавливаем на раме трактора на вертикали с шарниром  $O_1$  и на расстоянии от него 0,8 м (по конструктивным соображениям). Угол между плечами коромысла  $AOD$  принимаем равным  $30^\circ$ , так как при повороте коромысла на  $90^\circ$ , как показывает силовой анализ, углы передачи в шарнире  $D$  ( $\gamma_2$ ) более благоприятны в зоне максимальных усилий. Длину рычага  $OD$  принимаем равной 1 м. Угол  $\gamma_2$  и длина коромысла  $DO_2$  определяются из геометрических соотношений в треугольниках  $ODO_2$  и  $OD''O_2$ , откуда  $DO_2 = 2,9$  м и  $D''O_2 = 1,2$  м. По уравнению (14), ход штока гидроцилиндра 3 равен 1,7 м, а угол  $\gamma_2$  в начальном положении составит  $44^\circ$  и в конечном —  $120^\circ$ .

Построение кинематической схемы валочно-пакетирующего механизма по полученным данным (рис. 1) на базе трактора ТДТ-55 показывает, что найденные параметры не являются оптимальными, в частности, с точки зрения размеров конструкции. Путем изменения расположения шарниров  $O_1$  и  $O_2$  можно получить меньшие значения параметров.

Поступила 1 ноября 1977 г.

УДК 634.0.32

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН МАНИПУЛЯТОРНОГО ТИПА В ПРОЦЕССЕ ПАКЕТИРОВАНИЯ ДЕРЕВЬЕВ

С. Ф. ОРЛОВ, В. А. АЛЕКСАНДРОВ, Ю. Г. АРТАМОНОВ,  
Б. С. СЕЛЕЗНЕВ, А. В. КУВШИНОВ, В. Н. ШИЛОВСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены методики прогнозирования нагруженности лесосечных машин с манипуляторами и составления программ для стендовых ускоренных испытаний.

Надежность и долговечность лесосечных машин в настоящее время оценивают по данным производственной эксплуатации через 4—5 лет после начала их серийного выпуска, что приводит к излишним затратам на доработку конструкций и задерживает выпуск новых машин.

Теоретические методы определения динамических нагрузок [1—3] позволяют с помощью аналоговых вычислительных машин в сжатые сроки установить характер и уровень нагрузок, а также выбрать скоростные и конструктивные параметры технологического оборудования. Для прогнозирования динамической нагруженности лесосечной маши-

ны за весь срок ее службы или до капитального ремонта необходимо иметь данные о предмете труда — деревьях в сырьевых базах эксплуатируемых районов.

Рядом авторов [6, 7] на основании теоретических исследований и обработки обширного фактического материала проделана работа, в результате которой получены распределения деревьев по ступеням толщины для трех основных лесоэксплуатационных районов — Центра, Урала и Дальнего Востока, а также установлена зависимость объема деревьев от диаметров.

Располагая теоретическими методами определения динамических нагрузок на манипулятор и базу лесосечной машины и данными о распределении деревьев по ступеням толщины для основных лесоэксплуатационных районов, можно прогнозировать динамическую на-

Таблица 1

Объем деревьев, м <sup>3</sup>	Процент распределения деревьев	Количество погруженных деревьев за 5 лет при $\Pi_{см}$		Количество циклов нагружений манипулятора за 5 лет при $\Pi_{см}$	
		70 м <sup>3</sup>	140 м <sup>3</sup>	70 м <sup>3</sup>	140 м <sup>3</sup>
Центр					
0,25	18,5	39650	79300	158600	317200
0,50	21,3	45750	91500	183000	366000
0,75	19,7	42700	85400	170800	341600
1,00	14,7	32025	64050	128100	256200
1,25	10,2	21350	42700	85400	170800
1,50	5,9	12200	24400	48800	97600
1,75	3,6	7625	15250	30500	61000
2,00	2,3	4880	9760	19520	39040
2,25	2,2	4575	9150	19300	36600
<b>Итого</b>	<b>98,4</b>			<b>844020</b>	<b>1688040</b>
Урал					
0,25	11,7	16775	33550	67100	134200
0,50	18,3	25925	51850	103700	207400
0,75	19,8	28975	57950	115900	231800
1,00	16,6	24400	48800	97600	195200
1,25	10,4	15250	30500	61000	122000
1,50	8,0	12200	24400	48800	97600
1,75	7,1	10675	21350	42700	85400
2,00	3,5	6100	12200	24400	48800
2,25	1,9	3050	6100	12200	24400
<b>Итого</b>	<b>97,3</b>			<b>573400</b>	<b>1146800</b>
Дальний Восток					
0,25	7,3	7625	15250	30500	61000
0,50	12,9	13725	27450	54900	109800
0,75	15,3	16775	33550	67100	134200
1,00	14,5	15250	30500	61000	122000
1,25	11,6	12352	24704	49408	98816
1,50	8,9	9607	19214	38428	76856
1,75	7,1	7625	15250	30500	61000
2,00	6,9	7625	15250	30500	61000
2,25	4,0	4575	9150	18300	36600
2,50	3,0	3050	6100	12200	24400
<b>Итого</b>	<b>91,5</b>			<b>392836</b>	<b>785672</b>

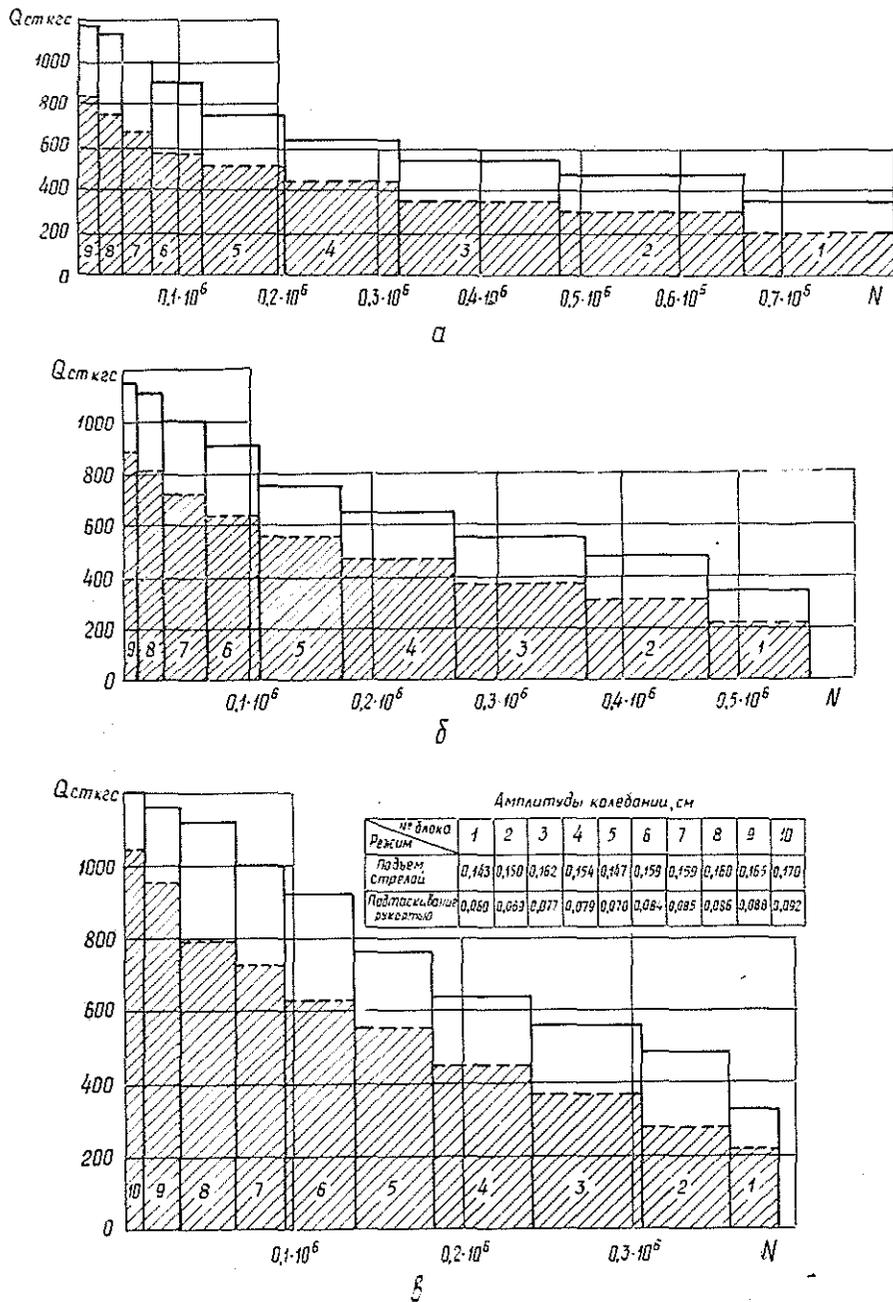


Рис. 1. Программа нагружения манипулятора бесчокерного трактора.  
 а — в условиях Центра; б — в условиях Урала; в — в условиях Дальнего Востока.  
 Сплошная линия — режим подъема груза (дерева) стрелой на  $L_{max}$ ; пунктирная — режим подтаскивания деревьев рукоятью.

груженность бесчокерных тракторов и валочно-пакетирующих машин, а также создавать программы стендовых ускоренных испытаний.

На основании исследований тракторов с манипуляторами [1, 2, 5] и исследований Г. К. Виногорова [6] в табл. 1 определено примерное

количество циклов нагружений манипуляторов тракторов типа ТБ-1, ЛП-18 за 5 лет работы при сменной производительности  $P_{см} = 70 \text{ м}^3$  (для трелевочных тракторов с гидроманипулятором при собирании отдельных поваленных деревьев) и  $P_{см} = 140 \text{ м}^3$  (при наборе деревьев из предварительно приготовленных пачек).

Полученные результаты были положены в основу составления нагрузочных программ для стендовых ускоренных испытаний.

В качестве примера на рис. 1 а, б, в приведены нагрузочные программы для стендовых испытаний манипуляторов тракторов типа ТБ-1 в основных режимах работы.

Нагрузочная программа (методика ее составления приводится в табл. 2) состоит из набора блоков, каждый из которых представляет собой количество циклов нагружений манипулятора при соответствующей статической  $Q_{ст}$  и динамической  $Q_{д}$  нагрузке от одного объема пакетируемых деревьев за срок до капитального ремонта или за весь срок службы машины. Путем перемешивания блоков нагружений в соответствии с вероятным процентом пакетирования деревьев того или иного объема можно получить на стенде [4] данные о надежности и долговечности конструкции технологического оборудования лесосечной машины в сравнительно короткий срок.

Таблица 2

$V \text{ м}^3$	$Q_{ст} \text{ кгс}$	$Q_{д} \text{ кгс}$ ( $A \text{ см}$ )	$Q_{р} \text{ кгс}$ ( $Q_{р} = Q_{ст} + Q_{д}$ )	$T \text{ с}$	Количество периодов $n$	Количество деревьев, погруженных за срок до капитального ремонта $\Pi$	Количество циклов нагружений за срок до капитального ремонта $N$	Номер нагрузочного блока
$V_1$	$Q_{ст1}$	$Q_{д1}(A_1)$	$Q_{р1}$	$T_1$	$n_1$	$\Pi_1$	$N_1$	1
$V_2$	$Q_{ст2}$	$Q_{д2}(A_2)$	$Q_{р2}$	$T_2$	$n_2$	$\Pi_2$	$N_2$	2
$V_3$	$Q_{ст3}$	$Q_{д3}(A_3)$	$Q_{р3}$	$T_3$	$n_3$	$\Pi_3$	$N_3$	2
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$V_{i-1}$	$Q_{сти-1}$	$Q_{ди-1}(A_{i-1})$	$Q_{ри-1}$	$T_{i-1}$	$n_{i-1}$	$\Pi_{i-1}$	$N_{i-1}$	$i-1$
$V_i$	$Q_{сти}$	$Q_{ди}(A_i)$	$Q_{ри}$	$T_i$	$n_i$	$\Pi_i$	$N_i$	$i$
$V_{i+1}$	$Q_{сти+1}$	$Q_{ди+1}(A_{i+1})$	$Q_{ри+1}$	$T_{i+1}$	$n_{i+1}$	$\Pi_{i+1}$	$N_{i+1}$	$i+1$

Программы ускоренных стендовых испытаний манипуляторов типа ТБ-1, ВП-80, ЛП-17 могут быть составлены и на основании соответствующей обработки статистического материала [8]. Но в этом случае, во-первых, требуются довольно длительные испытания лесосечных машин в производственных условиях с применением сложной аппаратуры и с большими затратами; во-вторых, программы нагружений могут быть составлены только для однотипных машин с теми же параметрами конструкции технологического оборудования, его привода и базы, что не может удовлетворить конструкторов-проектировщиков, которые в фазе проектирования, последующих доработок и усовершенствования конструкций широко варьируют такие параметры, как вылет, масса, жесткость, скорость перемещения манипулятора и т. д.

Теоретические методы определения динамических нагрузок, их характера и уровня с использованием данных о распределении деревьев по ступеням толщины в основных лесосырьевых районах СССР позволяют прогнозировать нагруженность лесосечных машин и составлять программы нагружений для ускоренных стендовых испытаний,

варьируя параметры машин. Вместе с тем теоретические методы определения уровней нагруженности лесосечных машин не обладают той точностью, которая может быть достигнута при накоплении статистического материала действительных нагружений.

Поэтому можно сделать вывод о необходимости применения теоретических методов при оценке надежности и долговечности лесосечных машин главным образом на стадии проектирования, а также для расчета программ нагружений при ускоренных стендовых испытаниях макетных и опытных образцов этих машин.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Александров В. А. Аналитическое и экспериментальное исследование процесса подъема груза-дерева стрелой гидроманипулятора. — «Научные труды ЛТА», 1972, № 147, с. 126. [2]. Александров В. А. Аналитическое и экспериментальное исследование процесса подтаскивания груза-дерева рукоятью гидроманипулятора. — «Научные труды ЛТА», 1974, вып. 2, с. 164. [3]. Александров В. А. Исследование переходных процессов в лесосечных машинах манипуляторного типа. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 1, с. 51—55. [4]. Александров В. А. и др. Разработка методики и стенда для испытаний манипуляторов тракторов ТБ-1 на усталостную прочность. — Материалы научно-технической конференции 1971 года. Л., ЛТА, 1971, с. 6—10. [5]. Артамонов Ю. Г. и др. Исследование нагрузочных режимов технологического оборудования бесчokerного трактора ТБ-1. — Механизация лесозаготовок. Техн. информ. по результатам научно-исследовательских работ. Л., ЛТА, 1971, № 98. [6]. Виногооров Г. К. К методике обоснования расчетных деревьев при решении лесозаготовительных задач. — «Труды ЦНИИМЭ», 1971, № 122. [7]. Тюрин А. В. Таксация леса. М., Гослесбумиздат, 1945. [8]. Отчет НИС ЛТА, № 1917, 1969, гл. 4, 5.

Поступила 1 ноября 1976 г.

УДК 629.11.012.814

## ВЕРТИКАЛЬНОЕ ДИНАМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ АВТОМОБИЛЯ НА ПУТЬ

*Р. М. КОРОВКИН, Е. С. БУРЯК*

Архангельский лесотехнический институт

Приводится методика и результаты расчета динамических усилий колес на дорогу, вертикальных ускорений и перемещений отдельных частей автомобиля. Расчетная модель учитывает присоединенную массу, жесткость и вязкость пути. Дается сравнение полученных расчетных данных с экспериментальными.

Определение динамических нагрузок в зоне контакта колес с покрытием — основная задача исследования вертикальной динамики автомобиля.

Предварительные расчеты, выполненные по общепринятой методике [4] применительно к обычному грузовому автомобилю, показали, что ускорения колес и кузова автомобиля в 4—5 раз выше опытных.

В поисках уточненной расчетной модели правомерно было предположить, что вертикальные колебания автомобиля вызывают колебания присоединенной массы пути, на что затрачивается значительная часть энергии колебаний. На рис. 1 дана схема расчетной модели автомобиля и пути, построенной с учетом высказанного предположения.

Приведенная модель характеризуется подрессоренными сосредоточенными массами  $M_{a1}$ ,  $M_{a2}$ , приложенными к колесам соответственно передней и задней оси, неподдресоренными массами  $m_1$ ,  $m_2$  и

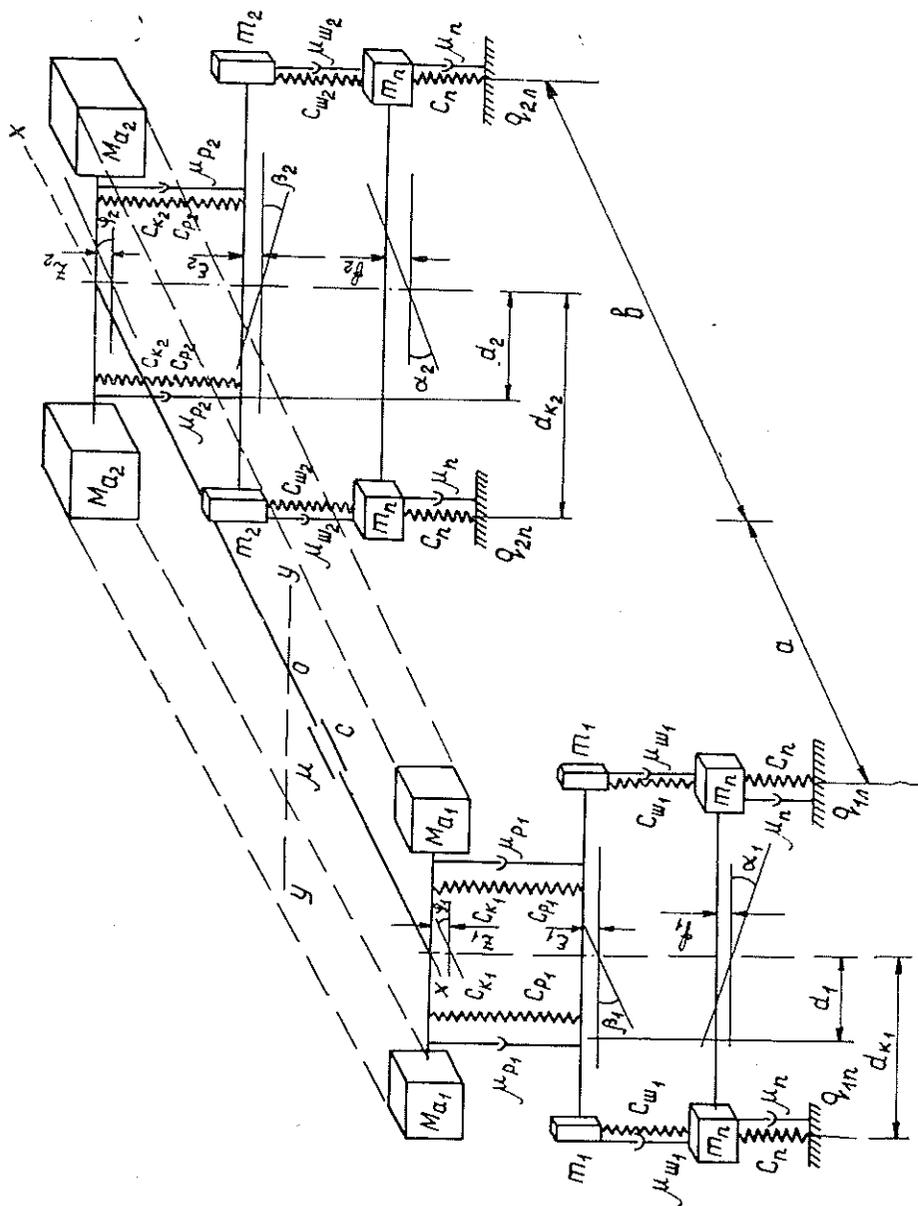


Рис. 1. Расчетная схема.

присоединенной массой дороги. Перечисленные массы связаны между собой пружинами и демферами. Жесткость рамы на кручение и ее демпфирование учитываются крутильной жесткостью  $C$  и вязкостью  $\mu$  [4].

От подрессоренных сосредоточенных масс  $M_{a_1}$ ,  $M_{a_2}$  можно перейти к массе автомобиля  $M_a$ , используя формулы [4]

$$M_{a_1} = M_a \frac{b^2 + R_y^2}{(a+b)^2}; \quad M_{a_2} = M_a \frac{a^2 + R_y^2}{(a+b)^2}.$$

Предложенную расчетную модель можно описать двумя системами дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}
 \ddot{Z}_1 &= \frac{2}{M_a R_y^2} \{ (ab - R_y^2) [\mu_{p_2} (\dot{Z}_2 - \dot{\varepsilon}_2) + C_{p_2} (Z_2 - \varepsilon_2)] - \\
 &\quad - (a^2 + R_y^2) [\mu_{p_1} (\dot{Z}_1 - \dot{\varepsilon}_1) + C_{p_1} (Z_1 - \varepsilon_1)] \}; \\
 \ddot{Z}_2 &= \frac{2}{M_a R_y^2} \{ (ab - R_y^2) [\mu_{p_1} (\dot{Z}_1 - \dot{\varepsilon}_1) + C_{p_1} (Z_1 - \varepsilon_1)] - \\
 &\quad - (b^2 + R_y^2) [\mu_{p_2} (\dot{Z}_2 - \dot{\varepsilon}_2) + C_{p_2} (Z_2 - \varepsilon_2)] \}; \\
 \ddot{\varepsilon}_1 &= \frac{2}{m_1} [\mu_{w_1} (\dot{f}_1 - \dot{\varepsilon}_1) + C_{w_1} (f_1 - \varepsilon_1) + \mu_{p_1} (\dot{Z}_1 - \dot{\varepsilon}_1) + C_{p_1} (Z_1 - \varepsilon_1)]; \\
 \ddot{\varepsilon}_2 &= \frac{2}{m_2} [\mu_{w_2} (\dot{f}_2 - \dot{\varepsilon}_2) + C_{w_2} (f_2 - \varepsilon_2) + \mu_{p_2} (\dot{Z}_2 - \dot{\varepsilon}_2) + \\
 &\quad + C_{p_2} (Z_2 - \varepsilon_2)]; \\
 \ddot{f}_1 &= \frac{2}{m_n} [-\mu_n \dot{f}_1 + C_n (H_1 - f_1) + \mu_{w_1} (\dot{\varepsilon}_1 - \dot{f}_1) + C_{w_1} (\varepsilon_1 - f_1)]; \\
 \ddot{f}_2 &= \frac{2}{m_n} [-\mu_n \dot{f}_2 + C_n (H_2 - f_2) + \mu_{w_2} (\dot{\varepsilon}_2 - \dot{f}_2) + C_{w_2} (\varepsilon_2 - f_2)];
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 \ddot{\varphi}_1 &= \frac{2(a+b)^2}{M_a (b^2 + R_y^2) R_{x_1}^2} \left[ d_1^2 \mu_{p_1} (\dot{\beta}_1 - \dot{\varphi}_1) + (C_{p_1} d_1^2 + C_{k_1}) (\beta_1 - \varphi_1) + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\mu}{2} (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_1) + \frac{C}{2} (\varphi_2 - \varphi_1) \right]; \\
 \ddot{\varphi}_2 &= \frac{2(a+b)^2}{M_a (a^2 + R_y^2) R_{x_2}^2} \left[ d_2^2 \mu_{p_2} (\dot{\beta}_2 - \dot{\varphi}_2) + (C_{p_2} d_2^2 + C_{k_2}) (\beta_2 - \varphi_2) + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\mu}{2} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + \frac{C}{2} (\varphi_1 - \varphi_2) \right]; \\
 \ddot{\beta}_1 &= \frac{2}{m_1 R_{H_1}^2} \left[ d_1^2 \mu_{p_1} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\beta}_1) + (C_{p_1} d_1^2 + C_{k_1}) (\varphi_1 - \beta_1) + \right. \\
 &\quad \left. + d_{k_1}^2 \mu_{w_1} (\dot{\alpha}_1 - \dot{\beta}_1) + d_{k_1}^2 C_{w_1} (\alpha_1 - \beta_1) \right]; \\
 \ddot{\beta}_2 &= \frac{2}{m_2 R_{H_2}^2} \left[ d_2^2 \mu_{p_2} (\dot{\varphi}_2 - \dot{\beta}_2) + (C_{p_2} d_2^2 + C_{k_2}) (\varphi_2 - \beta_2) + \right. \\
 &\quad \left. + d_{k_2}^2 \mu_{w_2} (\dot{\alpha}_2 - \dot{\beta}_2) + d_{k_2}^2 C_{w_2} (\alpha_2 - \beta_2) \right]; \\
 \ddot{\alpha}_1 &= \frac{2}{m_n} \left[ -\mu_n \dot{\alpha}_1 + C_n \left( \frac{H_3}{d_{k_1}} - \alpha_1 \right) + \mu_{w_1} (\dot{\beta}_1 - \dot{\alpha}_1) + C_{w_1} (\beta_1 - \alpha_1) \right]; \\
 \ddot{\alpha}_2 &= \frac{2}{m_n} \left[ -\mu_n \dot{\alpha}_2 + C_n \left( \frac{H_4}{d_{k_2}} - \alpha_2 \right) + \mu_{w_2} (\dot{\beta}_2 - \dot{\alpha}_2) + C_{w_2} (\beta_2 - \alpha_2) \right].
 \end{aligned} \tag{2}$$

Система (1) описывает вертикальные колебания автомобиля в продольной плоскости, а система (2) — в поперечной.

В приведенных выражениях обозначено:

$$H_1 = \frac{q_{1л} + q_{1п}}{2}; \quad H_2 = \frac{q_{2л} + q_{2п}}{2}; \quad H_3 = \frac{q_{1л} - q_{1п}}{2}; \quad H_4 = \frac{q_{2л} - q_{2п}}{2};$$

- $M_a$  — масса поддресоренной части автомобиля;  
 $R_y$  — радиус инерции поддресоренной массы относительно поперечной оси, проходящей через центр тяжести автомобиля;  
 $R_x$  — радиус инерции поддресоренной массы относительно продольной оси, проходящей через центр тяжести;  
 $R_n$  — радиус инерции неподдресоренной массы относительно продольной центральной оси;  
 $C$  — угловая жесткость несущей системы при кручении;  
 $\mu$  — коэффициент неупругого сопротивления при кручении несущей системы;  
 $a, b$  — расстояние от центра тяжести поддресоренной массы до переднего и заднего мостов;  
 $Z_1, Z_2$  — вертикальные перемещения поддресоренных масс;  
 $\varphi_1, \varphi_2$  — угловые поперечные перемещения поддресоренных масс;  
 $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  — вертикальные перемещения неподдресоренных масс;  
 $\beta_1, \beta_2$  — угловые поперечные перемещения неподдресоренных масс;  
 $f_1, f_2$  — вертикальные перемещения присоединенных масс дороги;  
 $\alpha_1, \alpha_2$  — угловые поперечные перемещения присоединенных масс;  
 $q_n, q_p$  — вертикальные неровности дороги;  
 $m_n$  — присоединенная масса дороги;  
 $m_1, m_2$  — неподдресоренные массы автомобиля;  
 $C_{k_1}, C_{k_2}$  — жесткость рессор на кручение;  
 $C_{ш_1}, C_{ш_2}$  — вертикальная жесткость шин;  
 $\mu_{ш_1}, \mu_{ш_2}$  — коэффициент неупругого сопротивления шин;  
 $\mu_{p_1}, \mu_{p_2}$  — то же рессор;  
 $C_n$  — вертикальная жесткость дороги;  
 $\mu_n$  — коэффициент неупругого сопротивления дороги;  
 $C_{p_1}, C_{p_2}$  — вертикальная жесткость рессор

$$C_{p_2} = C_0 + C_d U [\varepsilon_2 - Z_2 \pm d_2 (\beta_2 - \varphi_2)],$$

- где  $C_0$  — жесткость основной рессоры;  
 $C_d$  — жесткость дополнительной рессоры;  
 $U$  — единичная функция Хевисайда.

Динамические усилия от колес на дорогу можно определить по формулам

$$S_{л1,2} = C_{ш1,2} (f_{1,2} - \varepsilon_{1,2} - d_{к1,2} \beta_{1,2});$$

$$S_{п1,2} = C_{ш1,2} (f_{1,2} - \varepsilon_{1,2} + d_{к1,2} \beta_{1,2}).$$

Системы уравнений (1) и (2) сводят к равносильным системам первого порядка, что позволяет использовать метод численного решения поставленной задачи на ЭЦВМ. Наиболее удобен для таких расчетов метод Рунге — Кутты.

Возмущающая функция (микропрофиль дороги) вводится в память машины по данным непосредственных измерений. Начальные значения всех неизвестных приняты нулевыми. Как показали предварительные расчеты при общей протяженности расчетного участка 150 м, развитие переходного процесса наблюдается на участке длиной около 20 м.

Шаг интегрирования равен 1 см. Вертикальные неровности в пределах двух экспериментальных значений определены линейной интерполяцией. Значения исходных величин для автомобиля МАЗ-509 приняты по данным конструкторского бюро Минского автомобильного завода, а также по литературным источникам [1, 3, 4].

Программа составлена для ЭЦВМ «Минск-32» на алгоритмическом языке АКИ. При длине участка 150 м время реализации программы — 42 мин.

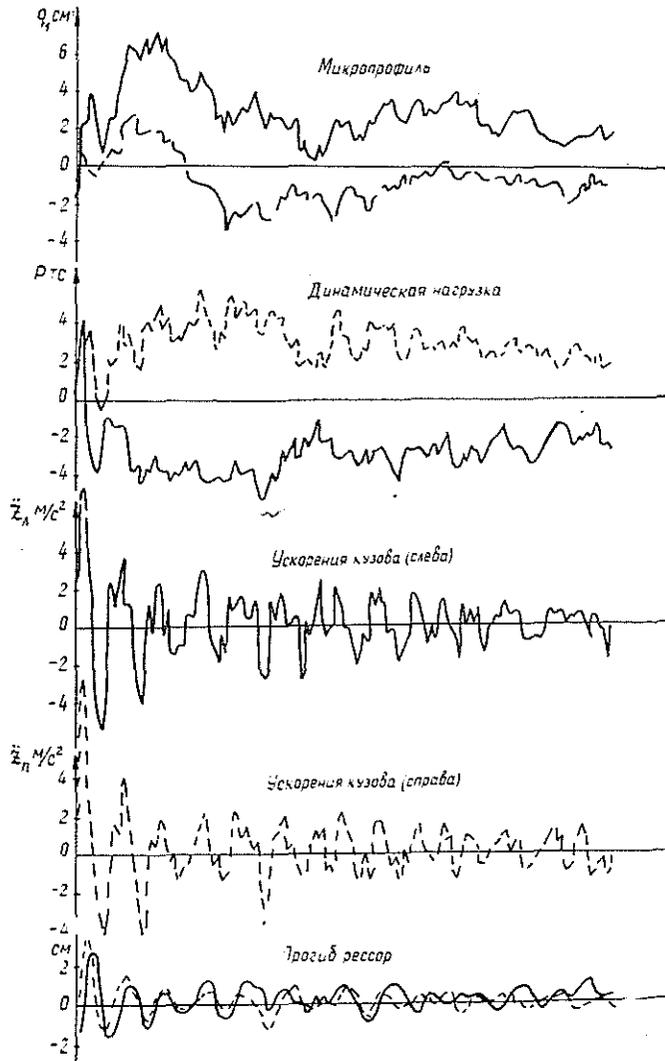


Рис. 2. Результаты расчета.

Реализация программы дает сведения о характере движения лесовоза МАЗ-509 по дороге со случайными вертикальными неровностями. На печать через каждые 30 см пути выводили текущие значения динамических усилий колес на путь, ускорений колес и кузова, перемещений колес и кузова, а также прогибов рессор. Кроме того, вычисляли и выводили на печать по всей совокупности расчетных данных модульные средние арифметические, дисперсии и средние квадратические отклонения указанных переменных.

На рис. 2 показаны некоторые результаты расчетов, выполненных по предложенной методике, применительно к микропрофилю Белогорской гравийной дороги Луковецкого ЛПХ [2].

Экспериментальные исследования на этой дороге кафедра сухопутного транспорта леса АЛТИ проводила дважды: весной и осенью 1975 г. В процессе экспериментов измеряли микропрофиль дороги, ускорения кузова и колес автомобиля, прогибы рессор, а также динамические осадки и ускорения дорожной одежды. Скорость движения на первом участке составила 15—16 км/ч, а на остальных — 25—27 км/ч.

Все опытные данные обрабатывали методами математической статистики как случайные величины, т. е. вычисляли средние арифметические, дисперсии, средние

квадратические отклонения. Для микропрофиля, кроме того, вычисляли нормированные корреляционные функции и спектральные плотности.

Анализ опытных данных показывает, что средние квадратические ускорения колес уменьшаются с ростом средних квадратических отклонений неровностей. Так как на неровных участках скорости движения были ниже, чем на ровных, то ясно, что вертикальные ускорения колес определяются не столько величиной неровности, сколько скоростью движения автомобиля. Ускорения же кузова возрастают с увеличением среднего квадратического отклонения неровностей. Следовательно, вертикальные ускорения кузова определяются в основном неровностями пути и в меньшей мере скоростью. Для подкрепления этого вывода необходим дополнительный экспериментальный материал.

В табл. 1 приводятся некоторые статистические характеристики вертикальных ускорений колес и кузова автомобиля, полученные на основе эксперимента и расчета применительно к опытным участкам Белогорской гравийной дороги.

Таблица 1

Номер участка	Статистические показатели	Ускорение, м/с <sup>2</sup>				Прогиб рессор, см	
		колес		кузова		слева	справа
		левого	правого	слева	справа		
1	Среднее по модулю	1,59	1,84	1,38	1,12	—	—
		2,42	2,40	1,90	1,92		
	Дисперсия	4,73	6,39	3,63	2,00	—	—
2	Среднее по модулю	13,23	24,77	6,29	7,29	—	—
		2,17	2,53	1,90	1,41		
	Дисперсия	3,64	4,98	2,50	2,70	—	—
3 (весна)	Среднее по модулю	2,40	3,61	1,32	1,17	—	—
		3,12	2,52	1,43	1,30		
	Дисперсия	11,67	10,62	2,84	2,10	—	—
3 (осень)	Среднее по модулю	19,73	13,58	3,94	2,97	—	—
		3,42	3,26	1,64	1,45		
	Дисперсия	4,44	3,68	1,98	1,72	—	—
3 (осень)	Среднее по модулю	4,31	2,40	1,59	1,09	—	—
		3,97	2,68	1,54	1,18		
	Дисперсия	38,62	10,55	4,24	1,98	—	—
3 (осень)	Среднее по модулю	30,05	12,20	4,39	2,56	0,35	0,44
		6,22	3,25	2,06	1,41		
	Дисперсия	5,48	3,49	2,10	1,60	0,68	0,76
3 (осень)	Среднее по модулю	2,25	2,68	1,39	1,48	0,28	0,33
		3,71	3,64	1,78	1,86		
	Дисперсия	12,50	12,57	3,19	3,53	0,79	0,98
3 (осень)	Среднее квадратическое отклонение	31,62	25,09	5,42	6,17	0,53	0,57
		3,54	3,55	1,79	1,88	0,89	0,99
3 (осень)	Среднее квадратическое отклонение	5,62	5,01	2,33	2,48	0,89	0,99

Примечание. В числителе опытные данные; в знаменателе — теоретические.

Анализ таблицы показывает, что на некоторых опытных участках расхождение среднеквадратических отклонений теоретических с опытными составляет от 2 до 12%. Для других опытных участков эти рас-

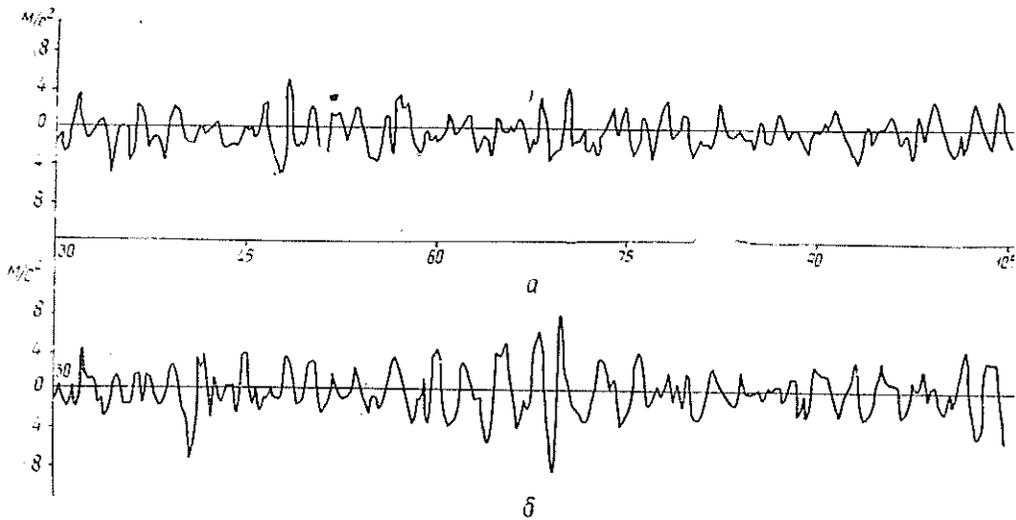


Рис. 3. Вертикальные ускорения кузова автомобиля.

а — опытные данные; б — расчетные данные.

хождения достигают 50% и более. Причем теоретические статистические характеристики почти всегда больше опытных. Указанное обстоятельство, по-видимому, можно объяснить различными причинами. В расчете предполагается, что колесо по неровностям микропрофиля движется в виде точки. Это, конечно, может существенно исказить результаты расчета по сравнению с экспериментом. Во-вторых, динамическая модель характеризуется большим числом расчетных параметров, подобрать которые идентично экспериментальному автомобилю не представляется возможным. Имеются и другие причины, в частности достоверность определения динамических характеристик пути, т. е. его жесткости, вязкости и массы, вовлеченной в колебания.

На рис. 3 показано сравнение теоретических и экспериментальных ускорений кузова автомобиля (участок 3).

В целом можно сказать, что теоретические результаты как в количественном, так и в качественном отношении удовлетворительно согласуются с экспериментальными.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гастев Б. Г., Мельников В. И. Основы динамики лесовозного подвижного состава. М., «Лесная промышленность», 1967. [2]. Коровкин Р. Л., Буряк Е. С. О динамическом воздействии автомобиля МАЗ-509 на колеяное покрытие из железобетонных плит. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 5. [3]. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля и его колебания. М., Машгиз, 1972. [4]. Яценко Н. Н. Колебания, прочность и форсированные испытания грузовых автомобилей. М., «Машиностроение», 1972.

Поступила 23 сентября 1976 г.

УДК 624.131.54

## ВЛИЯНИЕ ВИБРОДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ДЕФОРМАЦИИ ДОРОЖНЫХ НАСЫПЕЙ НА ТОРФЯНОМ ОСНОВАНИИ

Я. Ю. МАРКО

Архангельский лесотехнический институт

Определены параметры вибродинамических воздействий работающих строительных машин, механизмов и автомобилей на торфяное основание. Исследовано влияние вибрации на деформационные и прочностные свойства торфа. С использованием теории вязкопластичности получены выражения для определения деформаций насыпи при статических и вибродинамических нагрузках; они удовлетворительно прогнозируют величину и скорость осадок насыпей на болотах.

Исследованию деформации дорожных насыпей различного назначения на торфяных грунтах посвящено много работ ([1, 2, 6, 8] и др.). Однако влиянию вибрационных воздействий на характер деформации торфа и торфяного основания не уделяется должного внимания.

Вибродинамические воздействия на торфяное основание. В первую очередь следует установить характер и интенсивность вибрационных воздействий на насыпь и торфяное основание. Для этой цели нами было исследовано распространение колебаний в торфяном основании при движении автомобилей КрАЗ-256, ЗИЛ-130, при работе гусеничных машин (бульдозер Д-686, трубоукладчик на базе трактора С-100), сваебойных и вибропогружающих агрегатов.

На опытных участках, где песчаная насыпь подстилается торфяными грунтами, замеряли колебания грунта на различных расстояниях и различной глубине от источников вибродинамических воздействий с помощью виброизмерительной аппаратуры К-001 с записью колебательных процессов на осциллографе Н-700.

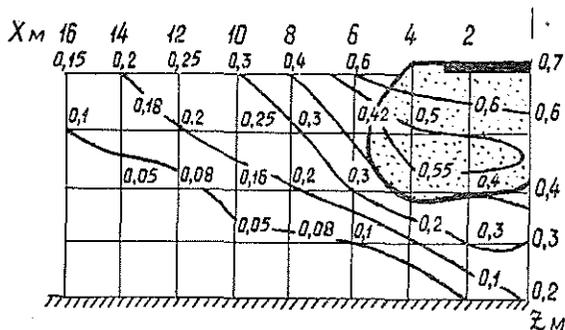


Рис. 1. Линии равных ускорений колебаний ( $\alpha$  м·с<sup>-2</sup>) в торфяном основании (плоскость  $xz$ ) под автодорожной насыпью при движении автомобиля КрАЗ-256 со скоростью  $V = 60$  км/ч.

После обработки полученных осциллограмм были определены ускорения колебаний ( $\alpha \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ ) в торфяном основании. Это позволило построить линии равных  $\alpha$  в плоскостях  $xz$ . На рис. 1 показано распределение вибродинамических воздействий  $\alpha$  на торфяное основание дорожной насыпи от автомобилей КраЗ-256. Аналогичные данные распределения  $\alpha$  в плоскости  $xz$  получены для других машин и механизмов. Они показывают, что торфяное основание дорожной насыпи испытывает существенные вибродинамические воздействия ( $\alpha = 0,55 \div 0,1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ ). Обработка опытных данных показала, что распространение амплитуды  $A$  колебаний по  $x$  и  $z$  подчиняется зависимости

$$A = A_0 x^{-n} \exp(-\beta x), \quad (1)$$

где параметры  $A_0$ ,  $n$ ,  $\beta$  зависят от источника колебаний и свойств грунтовой среды, в которой распространяются колебания. В наших опытах:  $A_0 = (0,05 \div 1,8) \cdot 10^{-5} \text{ м}$ ;  $n = -(0,03 \div 0,3)$ ;  $\beta = -(0,03 \div 0,072)$ .

При  $n \rightarrow 0$  из выражения (1)

$$A = A_0 \exp(-\beta x). \quad (2)$$

Отметим, что частота колебаний от одного и того же источника колебаний с расстоянием почти не меняется.

Вязкое течение торфа при вибрационном воздействии. Было исследовано влияние вибрации на компрессионно-

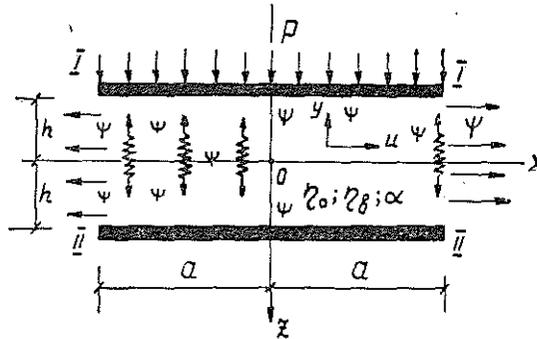
Таблица 1

Вид торфа и его характеристики	$\alpha \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$	$\epsilon_0$	$K_{\phi} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	$\eta \text{ МПа} \cdot \text{с}$
Торф верховой, топяной; $R=20\%$ ; $W=1050\%$ ; $\tau_0=0,012 \text{ МПа}$ ; $\alpha_{кр}=0,11 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ ; $\eta_0=7,3 \cdot 10^6 \text{ МПа} \cdot \text{с}$	0,2	16,2	$2,85 \cdot 10^{-6}$	$1,6 \cdot 10^4$
	0,3	16,2	$2,84 \cdot 10^{-6}$	$0,11 \cdot 10^4$
	0,5	16,1	$2,83 \cdot 10^{-6}$	$0,32 \cdot 10^3$
То же; $R=30\%$ ; $W=900\%$ ; $\tau_0=0,018 \text{ МПа}$ ; $\alpha_{кр}=0,2 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ ; $\eta_0=6,2 \cdot 10^6 \text{ МПа} \cdot \text{с}$	0,1	14,2	$0,98 \cdot 10^{-7}$	$6,2 \cdot 10^6$
	0,4	14,0	$0,98 \cdot 10^{-7}$	$9,2 \cdot 10^4$
	0,6	14,0	$0,96 \cdot 10^{-7}$	$7,3 \cdot 10^3$
Торф переходный, лесотопяной; $R=15\%$ ; $W=1250\%$ ; $\tau_0=0,012 \text{ МПа}$ ; $\alpha_{кр}=0,2 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ ; $\eta_0=3,8 \cdot 10^5 \text{ МПа} \cdot \text{с}$	0,2	14,6	$3,24 \cdot 10^{-5}$	$3,78 \cdot 10^5$
	0,3	14,5	$3,24 \cdot 10^{-5}$	$1,08 \cdot 10^4$
	0,5	14,5	$3,20 \cdot 10^{-5}$	$0,23 \cdot 10^3$

Примечание.  $\epsilon_0$  — коэффициент пористости;  $K_{\phi}$  — коэффициент фильтрации;  $\eta$  — вязкость; время одного вибрационного воздействия  $t = 1 \text{ мин}$ .

фильтрационное уплотнение и деформации сдвига на приборе [3], установленном на вибростенде ВЭДС-10А. В результате исследований (табл. 1) получено, что вибрационные воздействия не оказывают существенного влияния на водопроницаемость и процесс компрессионного сжатия, а значительно влияют на процесс сдвига, изменяя структурно-реологические свойства торфяной системы. Влияние вибрации на кинетику деформации сдвига во времени проявляется в том, что скорости деформаций при  $\alpha > \alpha_{кр}$  резко возрастают, вследствие разрушения структурных связей. Интенсивность разрушения ( $\alpha > \alpha_{кр}$ ) структурных связей определяется изменением вязкости торфяной системы от  $\eta_0$  (предельно неразрушенная структура) до  $\eta_m$  (предельно разрушенная структура). Вязкость торфа при вибрации изменяется в 10 и более раз (табл. 1).

Рис. 2. Расчетная схема. Вязкий слой ( $2h$ ) торфа между двумя (I—I и II—II) сближающимися пластинами под действием силы  $P$  и периодической вибрации с интенсивностью  $\alpha$  ( $\eta_0$  — вязкость до вибрации;  $\eta_v$  — вязкость при вибрации;  $\eta_0 \gg \eta_v$ ).



Поскольку сжатием некоторого слоя торфа  $2h$ , находящегося под нагрузкой  $P$  (расчетная схема представлена на рис. 2), в условиях кратковременных вибродинамических нагрузок можно пренебречь, процесс деформации слоя  $2h$  рассматриваем как течение вязкого слоя [5]. Тогда скорость сближения поверхностей I—I и II—II при вибрации (рис. 2)

$$V_{vi} = \frac{2Ph^3}{3\eta_{vi}a^2}, \tag{3}$$

где  $\eta_{vi}$  — вязкость торфа при вибрации;  
 $a$  — полуширина площади загрузки слоя.

За время вибрации  $t_i$  приращение осадок

$$S_{vi} = V_{vi} t_i. \tag{4}$$

Если вибрационные воздействия на торфяной слой  $2h$  прикладываются периодически, то время вибрационного воздействия составит  $T = \Sigma t_i$ . В этом случае осадка слоя

$$S_v = \sum_{i=1}^n S_{vi} = \sum_{i=1}^n V_{vi} t_i. \tag{5}$$

Величина осадок  $S_v$ , вызываемых вибродинамическими воздействиями на торфяной слой под нагрузкой, зависит от свойств торфяного грунта, интенсивности и периодичности вибродинамических воздействий и толщины слоя, опорной поверхности  $a$ , через которую передается нагрузка, а также от удельного давления  $P$ .

Общую осадку торфяного слоя, находящегося под воздействием статической нагрузки  $P$  и при периодических вибрационных воздей-

ствиях, к некоторому моменту времени  $t$  следует определять из выражения

$$S_t = S_{pt} + S_v, \quad (6)$$

где  $S_{pt}$  — осадка, определяемая по теории фильтрационной консолидации [7];  $S_v$  определяется выражением (5).

На рис. 3 представлены опытные кривые осадок слоя торфа  $2h = 1,2$  м (торф топяной;  $R = 20\%$ ;  $\varepsilon_0 = 16,7$ ;  $W_0 = 1680\%$ ) при статических условиях работы ( $P = 0,035$  МПа; кривая 1) и при периодических (50 воздействий по 1 мин в сутки) вибровоздействиях ( $\alpha = 0,35$  м·с<sup>-2</sup>; кривая 2).

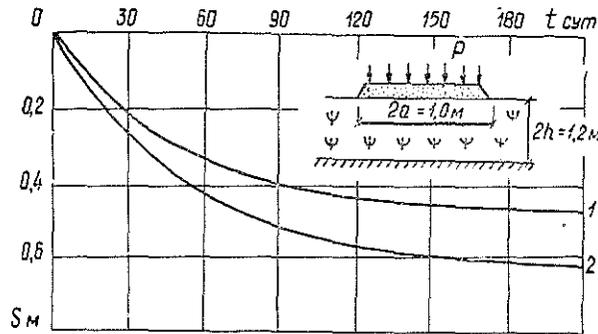


Рис. 3. Развитие осадок насыпи на торфяном основании во времени при статических условиях работы основания 1 и при периодической вибрации 2.

Результаты обследования осадок дорожных насыпей на торфяном основании. Фактические осадки насыпей на эксплуатируемых дорогах по сравнению с проектными, а также рассчитанными по методике [4, 6—8] значительно больше на всех исследованных нами поперечниках. В табл. 2 приведены данные

Таблица 2

Номер поперечника	Характеристика торфяной залежи	$\alpha$ , 1/МПа	$P$ , МПа	$S_{п}$ , м	$S_{р}$ , м	$S_{ф}$ , м	$S_{ф} - S_{р}$ , м	$\alpha_{ср-2}$ м·с <sup>-2</sup>
1	Автодорога Архангельск—Вологда, ПК-57, верховая залежь сложена топяным торфом; $2h = 5,8$ м	8,8	0,055	2,3	2,8	3,6	0,8	0,25
2	То же, ПК-59, $2h = 4,2$ м	7,5	0,068	1,7	2,14	2,45	0,3	0,2
3	То же, ПК-96, $2h = 3,5$ м	5,6	0,065	1,5	1,27	2,1	0,8	0,3
4	То же, ПК-91-65, переходная залежь, лесотопяной торф, $2h = 2,8$ м	9,7	0,055	1,2	1,5	2,5	1,0	0,3

по четырем поперечникам автодороги на болоте (интенсивность движения 50—65 автомобилей в сутки). Были замерены ускорения колебаний в основании насыпи. Средние значения  $\alpha$  составили 0,2—0,3 м·с<sup>-2</sup>, что больше  $\alpha_{кр}$ .

Величина  $S_v = S_\phi - S_p$  (или  $S_v = S_\phi - S_n$ ) составляет 0,3—1,0 м (здесь  $S_\phi$  — фактическая осадка насыпи;  $S_p$  — расчетная по [4];  $S_n$  — проектная).

Таким образом, периодические вибродинамические нагрузки на торфяное основание насыпей (дамб, плотин и т. п.) вызывают вязкое течение торфа и его выдавливание из-под насыпей. Это обуславливает дополнительные деформации, естественно, не учитываемые методами прогноза осадок насыпей, в основу которых положена теория фильтрационной консолидации.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дрозд П. А. Сельскохозяйственные дороги на болотах. Минск, «Урожай», 1966. [2]. Евгеньев И. Е. Строительство автомобильных дорог через болота. Минск, «Транспорт», 1968. [3]. Коваленко Н. П., Козмин Д. Д. Исследование вязко-упругой торфяной среды. — ИВУЗ, «Горный журнал», 1972, № 1. [4]. Леонovich И. И., Вырко Н. П. Механика земляного полотна. Минск, «Наука и техника», 1975. [5]. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. Т. 2. М., «Мир», 1969. [6]. Ткаченко А. А. Расчет упругих осадок насыпей автомобильных дорог на болотах. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1962, № 2. [7]. Цытович Н. А. Механика грунтов. М., Стройиздат, 1973. [8]. Яромко В. Н. Методические рекомендации по учету воздействия транспортной нагрузки при проектировании автомобильных дорог на болотах. Минск, 1972.

Поступила 29 сентября 1977 г.

УДК 62-493 : 532.5.074

### О ВЛИЯНИИ ПЛОТНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЛОТКА

М. М. ОВЧИННИКОВ, А. А. КУЗИН

Ленинградская лесотехническая академия

На основе экспериментальных исследований условий движения технологической щепы в гидравлическом лотке с переменным уклоном дна приводятся рекомендации по оценке снижающего влияния плотности технологической щепы на пропускную способность гидравлического лотка с ростом плотности щепы.

В связи с постоянным увеличением объемов производства и переработки технологической щепы большое народнохозяйственное значение приобретают вопросы, связанные с ее транспортировкой от производящих предприятий до пунктов переработки, а также внутриводской транспорт щепы от складов хранения до варочных котлов целлюлозно-бумажных предприятий.

Технологическая щепка — удобный материал для транспортировки в смеси с водой по открытым лоткам и напорным трубопроводам. Несмотря на широкие возможности лоткового гидротранспорта, отсутст-

вуют исследования по безнапорному гидротранспорту технологической щепы. Исследования по пневмотранспорту [1, 2] и напорному гидротранспорту щепы [3, 4] не могут быть использованы для установления основных технических характеристик безнапорных потоков древесно-водной пульпы.

Здесь мы рассматриваем лишь результаты исследований влияния плотности технологической щепы на пропускную способность гидравлического лотка.

Опыты были поставлены в гидравлическом лотке прямоугольного поперечного сечения с переменным уклоном дна. Лоток имел ширину 0,41 м, высоту бортов 0,70 м и рабочую длину 11,30 м.

Всего было проведено 113 опытов при изменении расходов воды  $Q = 0,050 \div 0,125 \text{ м}^3/\text{с}$ ; средних скоростей течения  $v = 0,39 \div 0,91 \text{ м/с}$ ; глубины потока  $h = 0,21 \div 0,53 \text{ м}$ ; уклонов дна  $i = 0,001 \div 0,005$ ; чисел Рейнольдса  $Re = \frac{vh}{\nu} = 97\,500 \div 258\,000$ ; чисел Фруда  $Fr = \frac{v^2}{gh} = 0,049 \div 0,252$ ; объемов технологической щепы, одновременно загружаемой в лоток,  $W = 0,108 \text{ пл. м}^3$  и  $W = 0,192 \text{ пл. м}^3$ .

В опытах использовали технологическую щепу из сосны Ленинградского деревообрабатывающего завода «Нева» следующего фракционного состава: крупнее 30 мм — 1,57%; 19–30 мм — 24,12%; 13–19 мм — 41,90%; 6–13 мм — 30,58%; мельче 6 мм — 1,83%.

Плотность технологической щепы составляла  $\gamma = 0,45 \div 1,08 \text{ т/м}^3$ , объемная концентрация гидросмеси  $C = 10,6 \div 30,3\%$  и пропускная способность гидравлического лотка  $\Pi = 30 \div 160 \text{ пл. м}^3/\text{ч}$ .

Проведенные исследования позволили установить влияние на пропускную способность гидравлического лотка плотности технологической щепы для различных уклонов дна лотка, расходов воды и объемов щепы, одновременно загружаемой в лоток.

Опытные данные представлены в виде графиков  $\Pi = f(i; Q; \gamma; W)$  — рис. 1.

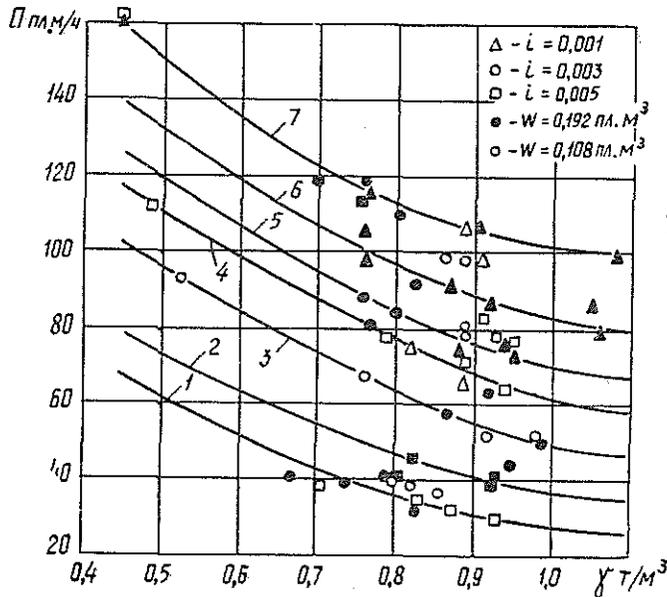


Рис. 1. График  $\Pi = f(i; Q; \gamma; W)$ .

1, 2 —  $Q = 0,050 \text{ м}^3/\text{с}$ ; 3, 4 —  $Q = 0,075 \text{ м}^3/\text{с}$ ; 5 —  $Q = 0,075$   
и  $0,100 \text{ м}^3/\text{с}$ ; 6 —  $Q = 0,100 \text{ м}^3/\text{с}$ ; 7 —  $Q = 0,125 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Анализ экспериментальных данных позволяет сделать следующие выводы.

1. Для всех исследованных уклонов дна, расходов и объемов загружаемой щепы с увеличением плотности технологической щепы пропускная способность лотка значительно снижается. Например, при  $i = 0,001$ ;  $Q = 0,125 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $W = 0,192 \text{ пл. м}^3$  с увеличением плотности технологической щепы  $\gamma$  от 0,5 до 1,0 т/м<sup>3</sup> пропускная способность гидравлического лотка уменьшается от 150 до 102 пл. м<sup>3</sup>/ч, т. е. на 32%.

2. При прочих равных условиях с уменьшением расхода воды в лотке для одних и тех же пределов увеличения плотности технологической щепы пропускная способность лотка снижается более резко. Так, если при  $Q = 0,125 \text{ м}^3/\text{с}$  и условиях, рассмотренных в п. 1, пропускная способность лотка уменьшилась на 32%, то при  $Q = 0,100 \text{ м}^3/\text{с}$  — на 38%.

При  $i = 0,003$  и  $W = 0,108 \text{ пл. м}^3$  для  $Q = 0,075 \text{ м}^3/\text{с}$  с возрастанием плотности технологической щепы от 0,5 до 1,0 т/м<sup>3</sup> пропускная способность лотка снижается с 96 до 49 пл. м<sup>3</sup>/ч, т. е. на 49%, а при  $Q = 0,050 \text{ м}^3/\text{с}$  — уже на 56%.

3. Объем загружаемой в лоток щепы не оказывает заметного влияния на закономерность уменьшения пропускной способности лотка с ростом плотности технологической щепы, а при одних и тех же условиях проведения эксперимента опытные точки для  $W = 0,108 \text{ пл. м}^3$  и  $W = 0,192 \text{ пл. м}^3$ , как правило, укладываются на одну кривую. Только при  $Q = 0,050 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $i = 0,005$  получены самостоятельные кривые  $P = f(i; Q; \gamma; W)$ , однако интенсивность уменьшения пропускной способности лотка с ростом плотности технологической щепы примерно одинакова в обоих случаях. В частности, с ростом  $\gamma$  от 0,8 до 1,0 т/м<sup>3</sup> пропускная способность лотка для  $W = 0,192 \text{ пл. м}^3$  и  $W = 0,108 \text{ пл. м}^3$  снижается в среднем на 22%.

4. Для всех изученных уклонов дна лотка с возрастанием плотности технологической щепы интенсивность снижения пропускной способности лотка примерно одинакова. Например, при  $Q = 0,075 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $W = 0,108 \text{ пл. м}^3$  с увеличением плотности щепы от 0,5 до 1,0 т/м<sup>3</sup> для  $i = 0,005$  пропускная способность лотка уменьшается с 110 до 61 пл. м<sup>3</sup>/ч, т. е. на 46%, а при  $i = 0,003$  — на 49%.

Снижение пропускной способности гидравлического лотка с увеличением плотности технологической щепы вполне закономерно, так как для транспортировки по лотку щепы повышенной плотности требуются большие затраты гидравлической энергии потока.

Анализ экспериментальных графиков, приведенных на рис. 1, дает возможность установить некоторые средние нормативы снижения

Таблица 1

$Q \text{ м}^3/\text{с}$	Коэффициенты снижения $P$ при $\gamma, \text{ т/м}^3$						
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
0,050	1,0	0,86	0,73	0,63	0,55	0,49	0,46
0,075	1,0	0,88	0,77	0,67	0,59	0,53	0,50
0,100	1,0	0,89	0,80	0,72	0,66	0,61	0,59
0,125	1,0	0,90	0,81	0,75	0,71	0,68	0,66

Примечание. Коэффициенты снижения пропускной способности гидрлотка при плотности технологической щепы  $\gamma = 0,5 \text{ т/м}^3$  приняты за единицу.

пропускной способности гидравлических лотков с увеличением плотности технологической щепы. Впредь до уточнения рассматриваемого вопроса для уклонов  $i = 0,001 \div 0,005$  и технологической щепы из сосны могут быть рекомендованы коэффициенты снижения пропускной способности лотков, приведенные в табл. 1.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Коробов В. В. Пневматический транспорт и погрузка технологической щепы. М. «Лесная промышленность», 1974. [3]. Святков С. Н. Внутриводской транспорт. Л., ЛТА, 1972. [3]. Слабодкин А. Я. Оптимальные параметры трубопроводов для гидропереноса технологической щепы. — Межвузовский сборник научных трудов. Лесосечные и лесоскладские работы и транспорт леса. Вып. 3. Л., 1974, с. 53. [4]. Слабодкин А. Я. Расчет гидравлических сопротивлений при напорном гидропереносе технологической щепы с учетом ее водонасыщения в трубопроводе. — Межвузовский сборник научных трудов. Водный транспорт леса. Вып. 2. Красноярск, 1974.

Поступила 25 октября 1977 г.

УДК 634.0.378.5

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ БРЕВЕН В ГИДРОЛОТКАХ\*

В. Я. ХАРИТОНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Приведены методика выполнения и результаты обработки экспериментальных исследований по взаимодействию бревен в коре и без коры с водой в гидрлотках на моделях и в натуре с анализом физической сущности явления. Получены эмпирические зависимости и построен график для расчета коэффициента лобового сопротивления бревен в зависимости от удлинения, числа Фруда и коэффициента стеснения. Установлены две зоны взаимодействия, в которых численные значения коэффициентов сопротивления различны. Даны рекомендации по удалению бревен из отсеков сортировочных машин.

Несмотря на широкое применение в практике лесотранспорта узких гидрлотков, до сих пор нет расчетных формул для определения силы сопротивления движению в них бревен. Актуальность этого вопроса возрастает в связи с разработкой машин, в которых бревна рассортировываются по отсекам и затем удаляются из них.

Результаты исследования В. Л. Надарая в ТбилНИИлеспроме [4] показали, что характер изменения силы сопротивления движению бревен в гидрлотках, как и движению судов в каналах [1], существенно иной, чем в безграничном потоке. Изменяются все составляющие лобового сопротивления, особенно — волновая. Это объясняют возникновением вторичных течений — потока вытеснения. Теория движения судна в узкостях далека от завершения и позволяет получить только качественную картину явления. Наличие плоских торцов у бревен делает характер их обтекания водой еще более сложным. Поэтому для получения расчетных зависимостей мы использовали экспериментальные исследования на моделях с натурной проверкой наличия масштабного эффекта.

\* В экспериментальных исследованиях принимали участие вместе с автором студенты А. И. Томплов, Н. П. Васильев, Р. В. Артемьев и Н. И. Шаралов.

Модельные исследования проведены в гидравлическом остекленном лотке АЛТИ шириной 135 мм, высота стенок 300 мм и длина 4 м, с бревнами в коре и без коры (цилиндрические точеные) в линейном масштабе 1:10, с удлинением  $\lambda = l:d$  от 9,8 до 42,1 ( $l$  — длина,  $d$  — средний диаметр бревен), при коэффициенте стеснения  $\varphi = 0,0043 \div 0,1338$  (по среднему сечению бревна) и скорости потока в гидрoлотке  $V_0 = (0,312 \div 1,169)$  м/с в условиях равномерного движения.

В качестве чувствительного элемента, воспринимающего силу сопротивления бревна потоку, использована стальная пластина с наклеенными на нее проволочными сопротивлениями — тензодатчик. Пластина со стержнем, к которому крепится бревно, жестко соединена со шпигельмасштабом, благодаря чему достигается возможность изменять положение тензодатчика по вертикали при изменении уровня свободной поверхности воды в гидрoлотке. Изменение силы сопротивления фиксировали на фотобумаге осциллографом Н-700 через усилитель ТА-5. На осциллограмме записывали также отметки времени через 1 с.

Исследовано сопротивление бревен на плаву и в полностью погруженном на разную глубину положении. На плаву бревна соединяли с датчиком двумя, способами: а) с упором нижним (по течению) торцом в тензодатчик (рис. 1, а и б); б) на подвесе к тензодатчику (рис. 1, в и г). Причем бревна в коре исследованы в двух положениях — комлем вверх и комлем вниз по потоку. Для исследования сопротивления под водой бревна жестко крепили в центре масс к стержню тензодатчика (рис. 1, д).

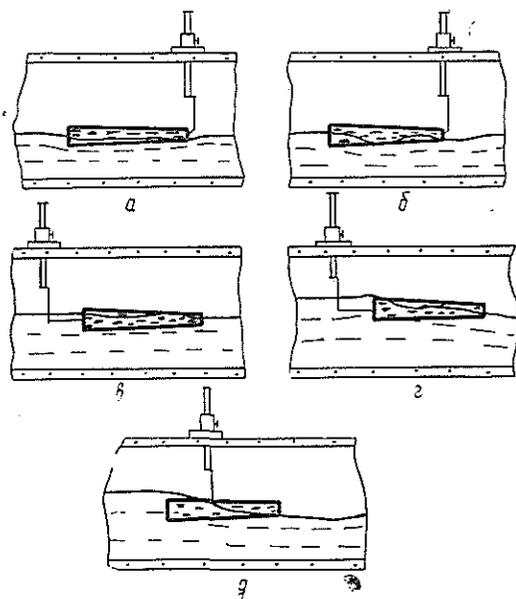


Рис. 1. Обтекание бревен в гидрoлотке.

- а — при малых скоростях ( $Fr_h^- = 0,322$ ); б — при скоростях, близких к критическим ( $Fr_h^- = 0,624$ ); в — при переходе к критическим скоростям; г — в зоне закритических скоростей ( $Fr_h^- > 0,8$ ); д — то же при жестком креплении бревен.

Натурные исследования проведены с бревнами в коре при  $\lambda = 10,4 \div 33,6$  в деревянном, длительное время бывшем в эксплуатации гидрoлотке ЛДК № 4 (г. Архангельск). Форма поперечного сечения гидрoлотка прямоугольная, ширина 1200 см, глубина 59,2 см, средняя скорость течения  $V_0 = 0,420$  м/с.

Исследованиями установлено, что в характере обтекания бревен в лотках и судов в каналах много общего, причем главным параметром, определяющим этот характер, является число Фруда

$$Fr_h^- = \frac{V_0}{\sqrt{gh}}, \quad (1)$$

где  $g$  — ускорение силы тяжести;

$\bar{h}$  — средняя глубина в гидрлотке в условиях равномерного движения потока (глубина спокойной воды при обратном движении).

При сравнительно малых скоростях движения свободная поверхность воды в районе расположения бревен несколько понижается (рис. 1, а), поток вытеснения направлен в ту же сторону, что и основной поток в лотке, скорость воды в стесненном сечении возрастает. С дальнейшим ростом скорости система волн, возбуждаемая бревном, вследствие взаимодействия со стенками трансформируется в одну поперечную волну большой высоты (рис. 1, б), что сопровождается существенным ростом сопротивления, поток вытеснения сохраняет направление, глубина в месте расположения средней части бревна приближается к критической  $h_k$ , при которой поток имеет минимум удельной энергии сечения. Если рост скорости продолжается, энергия потока оказывается недостаточной для преодоления сопротивлений в стесненном сечении при прежней глубине. Начинает возникать подпор (рис. 1, в), поток вытеснения изменяет направление на обратное, интенсивность роста силы сопротивления бревна уменьшается, а в стесненном сечении образуется установившееся резко выраженное неравномерное движение (рис. 1, г, д) — перед бревном поток находится в спокойном состоянии, в средней части по длине бревна устанавливается критическая глубина, за бревном поток находится в бурном состоянии.

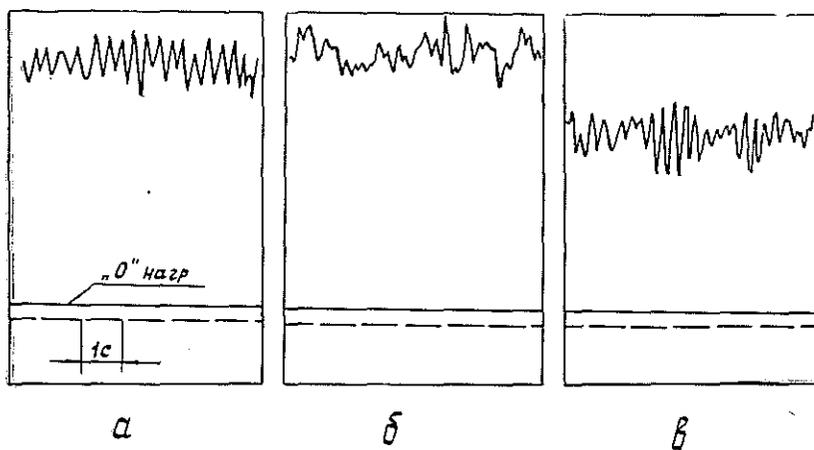


Рис. 2. Образцы осциллограмм с записью силы сопротивления бревна обтеканию в гидрлотке ( $F\gamma\bar{h} = 0,624$ ).

а — крепление на подвесе; б — крепление с упором; в — явление резонанса.

На рис. 2 приведены образцы осциллограмм записи силы гидродинамического сопротивления бревен. Обработка и анализ их показывает, что сопротивление периодически изменяется вследствие срыва вихрей, причем период колебаний основного тона близок к периоду свободных колебаний системы бревно — тензодатчик, что говорит о наличии явления «синхронизации» [2]. В некоторых случаях интенсивного волнообразования наблюдаются явления резонанса (рис. 2, в), когда частота колебаний волн совпадает с частотой срыва вихрей с поверхности бревна.

Статистической обработкой ординат осциллограмм установлено, что на среднее арифметическое значение силы сопротивления способ крепления бревна (с упором или на подвесе) не оказывает существенного влияния.

Установлена довольно тесная связь между числом Струхаля  $Sh_w$  и числом Фруда  $Fr_w$ , которая аппроксимируется формулой, справедливой для всех исследованных видов крепления бревна, независимо от состояния его поверхности (для  $Fr_w \leq 2,18$ )

$$Sh_w = 1,017 - 0,8493Fr_w + 0,2216Fr_w^2, \quad (2)$$

при среднем квадратическом отклонении точек от кривой  $\sigma = \pm 0,067$ , где

$$Sh_w = \frac{L}{V_0 T}; \quad (3)$$

$$Fr_w = \frac{V_0}{\sqrt{V_0 L}}; \quad (4)$$

$$L = \sqrt[3]{W_n}; \quad (5)$$

$T$  — период колебаний;

$W_n$  — объем погруженной в воду части бревна.

Выбор характерного линейного размера  $L$  (5) обусловлен тем, что здесь он выражает массу бревна через объем  $W_n$  и его присоединенную массу, которые несомненно влияют на период колебания.

Коэффициент лобового сопротивления бревен  $C_x$  по данным эксперимента вычисляли с использованием формулы

$$R_x = C_x \rho \omega \frac{V_0^2}{2}, \quad (6)$$

где  $R_x$  — сила сопротивления бревна потоку;

$\rho$  — плотность воды;

$V_0$  — средняя по живому сечению скорость потока в месте расположения бревна в условиях равномерного движения;

$\omega$  — характерная площадь бревна,

$$\omega = (W_n)^{\frac{2}{3}}. \quad (7)$$

В результате обработки и анализа результатов установлена зависимость

$$C_x^* = \frac{C_x}{\lambda Fr_h} = f(\varphi), \quad (8)$$

близкая к функциональной.

Величину  $C_x^*$  мы назвали приведенным коэффициентом сопротивления бревна продольному обтеканию в гидрoлотке.

В пределах исследованных значений  $Fr_h = 0,176 \div 1,205$  обнаружено две резко отличающиеся по величине  $C_x^*$  зоны, которые названы докритической и закритической с ориентировочной границей между ними

$$(Fr_h)_k \approx 0,8. \quad (9)$$

В закритической зоне, когда  $Fr_h > 0,8$ ; величина  $C_x^*$  может быть в два и более раз меньше, чем в докритической зоне, при одинаковых коэффициентах стеснения.

Зависимость (8) имеет вид полинома второй степени

$$C_x = a_0 + a_1\varphi + a_2\varphi^2, \quad (10)$$

где коэффициент стеснения

$$\varphi = \frac{S}{\Omega}, \quad (11)$$

$S$  — подводная площадь поперечного сечения середины бревна;  
 $\Omega$  — площадь живого сечения потока в условиях равномерного движения (без бревна).

Коэффициенты полинома (10) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Зона	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$\pm\sigma$
Докритическая	0,0242	0,5701	7,717	0,00870
	<u>0,00695</u>	<u>0,7788</u>	<u>2,602</u>	<u>0,00234</u>
Закритическая	0,0144	0,01895	2,915	0,00254
	<u>0,00502</u>	<u>0,2182</u>	<u>0,5933</u>	<u>0,00254</u>

Примечание. В числителе данные для бревен в коре; в знаменателе — без коры.

Результаты натуральных исследований полностью совпадают с модельными и обработаны совместно, что говорит об отсутствии масштабного эффекта и о независимости (в пределах опыта) силы сопротивления от материала (шероховатости) стенок гидротолка.

На рис. 3 приведены кривые (10) и экспериментальные точки для бревен в коре. Характер зависимостей (8) и (10) отражает физическую сущность явления. При постоянном  $\varphi$  коэффициент  $C_x$  (8) с повышением  $\lambda$  растет и не только из-за роста поверхности трения [2], но главным образом из-за увеличения стеснения потока по его длине. При возрастании  $Fg_{\bar{H}}$  и постоянных  $\varphi$  и  $\lambda$  коэффициент  $C_x$  растет, так как повышается волновое сопротивление. Увеличение  $\varphi$  при прочих равных условиях ведет к росту локальных скоростей и, следовательно,  $C_x$ .

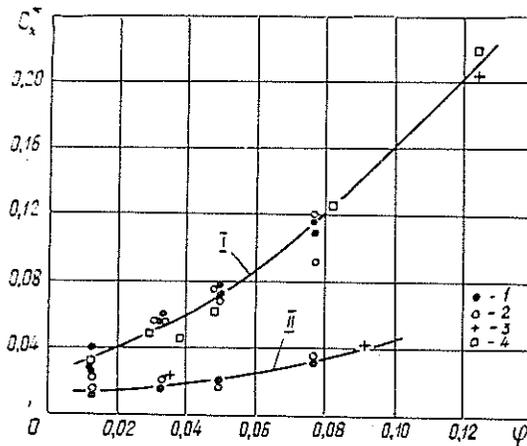


Рис. 3. Зависимость  $C_x^* = f(\varphi)$  для бревен в коре.

$$I - Fg_{\bar{H}} = 0,176 \rightarrow 0,661;$$

$$II - Fg_{\bar{H}} = 0,865 \rightarrow 1,205.$$

1 — с упором; 2 — на подвесе; 3 — жесткое под водой; 4 — на подвесе (натура).

Коэффициенты полинома (10) получены применительно к среднему сечению бревен в коре для среднего значения коэффициента  $C_x$  для двух положений (комлем вниз и комлем вверх). Поэтому вычисленные значения  $C_x$  следует умножать (при буксировке комлем вниз) или делить (при буксировке вершиной вперед) на поправочный коэффициент

$$\eta = 1,124. \quad (12)$$

Точность расчетов коэффициента  $C_x$  по формуле (10) оценена по отношению к среднему арифметическому опытному значению  $\bar{C}_x$  с учетом поправки (12) и видна из табл. 2.

Таблица 2

Бревна	Среднее арифметическое $\bar{C}_x$	Среднее квадратическое отклонение $\pm\sigma$	Показатель точности $\pm P, \%$
В коре	0,375	0,0578	2,10
Без коры	0,295	0,0267	2,13

На рис. 4. приведен совмещенный график, по которому можно определить приблизительно коэффициент сопротивления бревен в узких гидрлотках по известным  $\lambda$ ,  $\varphi$  и  $Fg\bar{h}$ .

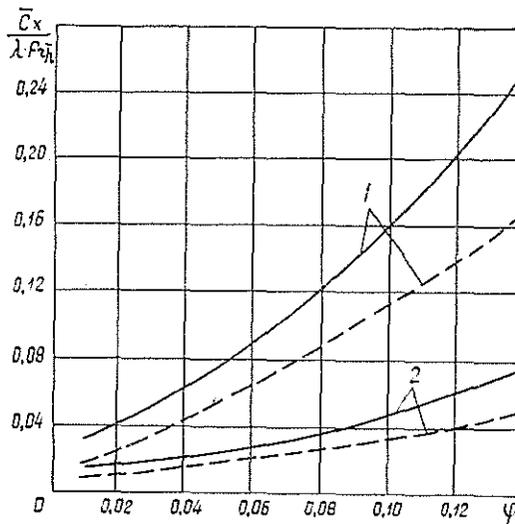


Рис. 4. Совмещенный график для определения коэффициента  $\bar{C}_x = \lambda Fg\bar{h} f(\varphi)$ .  
 1 —  $Fg\bar{h} < 0,8$ ; 2 —  $Fg\bar{h} > 0,8$ ;  
 сплошные линии — в коре;  
 штриховые — без коры.

Сравнение коэффициентов лобового сопротивления движению бревен в гидрлотках и в неограниченном потоке [3, 5] показывает, что при малых скоростях (до  $V_0 < 0,5$  м/с) они близки, а при больших скоростях  $C_x$  в гидрлотке существенно больше.

Коэффициент сопротивления бревен в полностью погруженном положении мало зависит от глубины погружения и подчиняется тем же зависимостям, что и у плавающих бревен. Это подтверждает правильность выбора характерной площади и линейного размера, а также указывает на преобладание сил тяжести и инерции при обтекании бревен в гидрлотке.

Выявленный характер изменения коэффициента лобового сопротивления движению бревен в гидролотках важно учитывать при удалении бревен из отсеков сортировочных машин. Если бревно удаляется потоком, то скорость последнего должна быть несколько меньше критической, когда коэффициент сопротивления наибольший. Если бревно удаляется толкателем, скорость должна быть больше критической. Критическую скорость  $V_k$  или соответствующую ей критическую глубину воды в гидролотке находят по формуле (9)

$$V_k = 0,8 \sqrt{gh_k}. \quad (13)$$

Результаты исследования могут быть полезны не только при решении вопросов лесотранспорта. Некоторые вопросы методики, в частности зависимость (8), очевидно, приемлемы для исследования движения судов в каналах.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Войткунский Я. И., Першиц Р. Я., Титов И. Я. Справочник по теории корабля. Ходкость и управляемость. Л., «Судостроение», 1960, с. 682. [2]. Девнин С. И. Аэрогидродинамический расчет плохообтекаемых судовых конструкций. Л., «Судостроение», 1967, с. 224. [3]. Корехов Б. Я. Исследование некоторых вопросов сортировки леса на воде. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1972, с. 17. [4]. Надарая В. Л. Определение сопротивления воды движению бревен в узких лесотранспортных лотках.—«Лесоэксплуатация и лесослав». Реф. информ. М., 1967, № 11, с. 13—14. [5]. Технические указания по проектированию лесосплавных предприятий. Л., Гипролестранс, 1965, с. 322.

Поступила 13 сентября 1976 г.

УДК 634—674 : 008.01 : 519.25 : 621.3.016

## КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В. М. АЛЯБЬЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Приводятся корреляционные уравнения, полученные при статистической обработке экспериментальных материалов обследования передовых лесопромышленных предприятий. Их применение позволит повысить точность определения электрических нагрузок, качество проектирования и эффективность эксплуатации систем электроснабжения.

Проблема повышения качества проектирования и эффективности эксплуатации систем электроснабжения лесопромышленных предприятий может быть успешно решена только при наличии методов возможно более точного определения электрических нагрузок на всех ступенях схемы электроснабжения.

При проектировании по ожидаемым (расчетным) электрическим нагрузкам производится выбор токоведущих элементов и трансформаторов (или генераторов), защитных устройств и средств компенсации реактивной мощности. От точности определения нагрузок зависят, с одной стороны, размер капиталовложений и расход материалов, с другой, надежность электроснабжения и эксплуатационные затраты [1].

В условиях действующего предприятия средние и максимальные экономичному использованию элементов системы электроснабжения,

мероприятий по снижению потерь электроэнергии, рациональному и экономическому использованию элементов системы электроснабжения, сокращению эксплуатационных расходов, обеспечению надежности электроснабжения и т. д. [2]. Без знания фактических нагрузок вообще невозможна нормальная эксплуатация электроснабжения предприятия. Именно поэтому в соответствии с [9] энергетические службы должны обеспечить измерение электрических нагрузок трансформаторов, кабельных и воздушных линий, систематическое наблюдение за графиком нагрузки предприятия и принятие мер по поддержанию режима, установленного энергосистемой.

Специфика работы электрооборудования лесопромышленных объектов не позволяет рекомендовать общеизвестные методы определения электрических нагрузок промышленных предприятий: упорядоченных диаграмм и статистический [6]. Последний с некоторыми коррективами [7] в свое время был предложен для лесозаготовительных предприятий.

В 1971—1975 гг. под руководством и при непосредственном участии автора были исследованы электрические нагрузки более 150 промышленных объектов девяти передовых предприятий: Бурятского мебельно-деревообрабатывающего комбината, Байкальской лесоперевалочной базы, Крестецкого, Белозерского, Якшангского, Хандагатайского и Ключевского леспромхозов, а также части цехов и заводов Братского лесопромышленного комплекса и Онохойского лесопромышленного комбината. В частности, произведена регистрация и статистическая обработка более 40 000 получасовых замеров нагрузки механизмов, установок, технологических групп, цехов, заводов и трансформаторных подстанций (с общим числом эффективных электроприемников  $n_{\Sigma} > 1000$ ). Это позволяет считать экспериментальные данные весьма представительными.

Выявлена значительная неравномерность индивидуальных и групповых графиков электрических нагрузок, вызванная неоднородностью сырья, наличием в древесине явных и скрытых пороков, большим количеством сорторазмеров, а также неритмичностью работы лесопромышленных объектов.

Коэффициенты вариации активных, реактивных и полных нагрузок некоторых крупных цехов и заводов в режиме наиболее загруженных смен  $V \approx 30 \div 40\%$ .

Обработка регистрограмм самопишущих ваттметров показала, что за сравнительно кратковременные интервалы наиболее напряженной работы в 10, 15 или 30 мин максимальные коэффициенты загрузки электродвигателей подавляющего большинства механизмов лесопромышленных объектов не превышают значений  $k_{\Sigma max} \approx 0,6$ . Средние коэффициенты загрузки  $k_{\Sigma c} < 0,3 \div 0,5$ , т. е. меньше, чем в других отраслях промышленности, причем нижний предел чаще относится к наиболее мощным электродвигателям. Это объясняется расчетом двигателей на наиболее напряженный режим (с максимальными параметрами объекта обработки), вынужденным выбором ближайшего большего значения по шкале стандартных мощностей и разнообразием параметров сырья, присущим в условиях эксплуатации многим станкам и механизмам рассматриваемых производств.

Сравнение расчетных (полученных разными методами) и фактических (статистически обработанных) нагрузок лесопромышленных объектов показало существенное превышение первых над вторыми [3—5]. Особенно заметными (50% и более) были различия у объектов с  $n_{\Sigma} < 10—16$ , преобладающих в лесозаготовительной промышленности. Причины, приводящие к столь существенным расхождениям, значительно превышающим регламентированный при определении электрических нагрузок допуск в 10%, отчасти объясняются сравни-

тельно низкой средней загрузкой электрооборудования и особенностями электрических нагрузок лесопромышленных объектов.

При разработке методов упорядоченных диаграмм и статистического базовым материалом служили данные обследования нагрузок предприятий тракторного машиностроения, металлургической, резиново-технической и некоторых других отраслей промышленности, которые характеризуются значительно более ритмичным и стабильным производственным процессом, а также более высокой средней загрузкой электрооборудования, чем лесопромышленные предприятия. Как известно, использование метода упорядоченных диаграмм для расчета электрических нагрузок при среднем коэффициенте загрузки оборудования  $k_{зс} \leq 0,6$  приводит к ошибкам проектирования, выходящим за рамки регламентированного допуска [6]. Другой способ [7] также не обеспечил требуемой точности расчета [3—5]. Поэтому стала очевидной необходимость в совершенствовании методики расчета электрических нагрузок лесопромышленных предприятий.

Вследствие большой допустимой погрешности при определении отклонения от средней нагрузки, по сравнению с коэффициентом максимума [6], для решения этой задачи был выбран вероятностно-статистический метод [8]. Кроме того, обработка экспериментальных материалов обследований на ЭЦВМ «Минск-22» показала, что гипотеза нормального распределения нагрузок лесопромышленных объектов по критериям Пирсона, Смирнова и Колмогорова при 5%-ном уровне значимости подтвердилась в большинстве случаев. При отрицательном результате основное несовпадение происходило в зоне малых нагрузок, которые в теории и практике особого значения не имеют. Поэтому следует считать, что электрические нагрузки подавляющего большинства лесопромышленных объектов, даже с малым числом эффективных приемников ( $n_э < 4$ ), в режиме максимально загруженных смен подчиняются нормальному закону распределения. Этот вывод важен не только ввиду его неочевидности, при известной неритмичности работы лесопромышленных объектов, но и потому, что он существенно упрощает использование статистических методов исследования и определения электрических нагрузок.

Поставленная задача будет решена при получении статистической корреляционной зависимости коэффициента спроса  $K_c$  от коэффициента использования  $K_{и}$  по материалам обследования электрических нагрузок действующих лесопромышленных предприятий. На характер зависимости  $K_c = f(K_{и})$  оказывает влияние эффективное число приемников  $n_э$  и коэффициент  $a$ , учитывающий среднюю кажущуюся мощность объекта  $S_c$ . Введение последней величины позволяет выбрать сечения токопроводящих элементов с учетом постоянной времени их нагрева [6] и тем самым снизить расход металла в электрических сетях предприятия.

Зависимости  $K_c = f(K_{и}, a_э, a)$  получены в такой последовательности.

1. Для каждого из исследованных объектов (механизм, установка, цех) были найдены значения коэффициентов использования  $K_{и} = P_c / P_y$  и коэффициентов спроса  $K_c = P_{м30} / P_y$  активной мощности, примерно за 10 смен. Из рассмотрения исключались данные  $K_{и}$  и  $K_c$  неполноценных смен, характеризующихся значительными внутрисменными простоями и невыполнением сменного задания. В оставшейся совокупности  $K_{и}$  и  $K_c$ , естественно, встречаются значения  $K_{и}$  меньше и больше, чем их среднее значение  $K_{иc} = \sum K_{и} / N$ . Тогда и отклонения

$\dot{K}_0 = K_c - K_n$  или приведенные отклонения за время  $T \geq 30$  мин  $\dot{K}_0 = K_0 \sqrt{n_0} / \sqrt{a}$  следует считать отнесенными к разным значениям коэффициента использования, как меньшим, так и большим  $K_{nc}$ .

Совместное рассмотрение сочетаний  $K_{ni}$  и  $\dot{K}_{oi}$  для всех обследованных объектов позволит определить корреляционную связь между средними значениями величин  $K_{nc}$  и  $\dot{K}_{oc}$ . Для удобства все значения  $K_{ni}$  могут быть разбиты на несколько зон, например,  $K_{ni} \leq 0,25$  и  $K_{ni} > 0,25$ . Внутри каждой зоны соответствующие значения  $K_{ni}$  разбиваются на еще меньшие интервалы с шагом разбивки 0,05 (0,05—0,1; 0,1—0,15 и т. д.).

При изменении случайных величин электрических нагрузок могут наблюдаться отклонения от среднего значения как в большую, так и в меньшую стороны. Поэтому для повышения надежности корреляционных уравнений следует выбрать для дальнейшего рассмотрения только те значения  $K_{ni}$  для каждого интервала, которым соответствуют наибольшие значения отклонений  $\dot{K}_{om}$ . Средние значения  $K_n$  для каждого интервала и соответствующие им средние из максимальных отклонений  $\dot{K}_{omc}$  составили массив, подвергавшийся обработке на ЭЦВМ «Минск-22». В результате были получены корреляционные уравнения, характеризующие связь между случайными величинами  $K_{nc}$  и  $\dot{K}_0$ :

при  $K_{nc} \leq 0,25$

$$\dot{K}_0 = 0,7K_{nc} + 0,15, \quad R = 0,97; \quad (1)$$

при  $K_{nc} > 0,25$

$$\dot{K}_0 = 0,4 - 0,32K_{nc}, \quad R = -0,98. \quad (2)$$

2. Из значений коэффициентов использования за наиболее загруженные полноценные смены для каждого объекта можно выделить его максимальное значение  $K_{nm}$ . Учитывая регламентированную точность, принятую при определении электрических нагрузок  $\pm 10\%$ , максимальными коэффициентами использования объекта можно считать те значения сменных  $K_n$ , которые отличаются от максимального не более, чем на  $10\%$ . По этим данным, аналогично п. 1, составляются ряды  $K_{nmi}$ , с разбивкой на зоны и интервалы, и соответствующих им

$\dot{K}_{oi}$ . Производится отбор массива, включающего те значения  $K_{nmi}$ , которым соответствуют наибольшие в каждом интервале значения отклонений  $\dot{K}_{omi}$ . Обработка массива на ЭЦВМ позволила найти корреляционные уравнения, характеризующие связь между случайными величинами  $K_{nm}$  и  $\dot{K}_0$ :

при  $K_{nm} \leq 0,25$

$$\dot{K}_0 = 0,7K_{nm} + 0,06, \quad R = 0,98; \quad (3)$$

при  $K_{nm} > 0,25$

$$\dot{K}_0 = 0,29 - 0,22K_{nm}, \quad R = -0,94. \quad (4)$$

Следует отметить, что проведенная вначале аппроксимация параболой третьего порядка привела к получению более громоздких и менее надежных корреляционных уравнений. Удачная разбивка данных на две зоны с  $K_{и} \leq 0,25$  и  $K_{и} > 0,25$  позволила использовать кусочно-линейную аппроксимацию опытных данных. Высокие значения коэффициентов корреляции  $R \geq 0,94$  свидетельствуют о надежности полученных уравнений.

Многочисленные обследования электрических нагрузок предприятий различных отраслей промышленности показали, что в условиях эксплуатации наиболее стабилен средний коэффициент использования  $K_{иc}$ , определенный за 4—10 наиболее загруженных смен. В то же время максимальное значение коэффициента использования  $K_{иm}$ , зависящее от многих случайных факторов, подвержено существенным колебаниям. Поэтому при замерах эксплуатационных электрических нагрузок за основу целесообразно принять более стабильное значение среднего коэффициента использования  $K_{иc}$ .

При расчете электрических нагрузок проектируемых промышленных предприятий используются коэффициенты, характеризующие режимы электропотребления отдельных электроприемников объектов. Важнейший из них — расчетный коэффициент использования  $K_{иp}$ , значения которого находятся из совокупности экспериментальных данных, полученных при обследовании электроприемников на разных предприятиях, по формуле [6]

$$K_{иp} = K_{иc} \left( 1 + \frac{\beta}{\sqrt{n_s}} \sqrt{f_{K_{и}}^2 - 1} \right). \quad (5)$$

Определение расчетных значений коэффициентов использования по материалам обследования 150 лесопромышленных объектов показало, что в подавляющем большинстве случаев  $K_{иp}$  мало отличается от наибольшего из опытных значений коэффициента использования  $K_{иmo}$ , т. е.  $K_{иp} \approx K_{иmo}$ . Поэтому при проектировании для получения более близких к практике результатов следует ожидаемые электрические нагрузки определять по полученным зависимостям  $K_{иo}^* = f(K_{иm})$ , взяв за основу максимальный коэффициент использования  $K_{иm} = K_{иp}$ .

От уравнений (1)—(4) легко перейти к корреляционным зависимостям для коэффициентов спроса, учитывая, что

$$K_c = K_{и} + K_o = K_{и} + \frac{K_{иo}^* \sqrt{a}}{\sqrt{n_s}}.$$

В соответствии с изложенным электрические нагрузки в условиях проектирования лесопромышленных предприятий следует определять по следующим корреляционным уравнениям:

при  $K_{иp} \leq 0,25$

$$P_p = P_y \left[ K_{иp} + \frac{(0,7K_{иp} + 0,06) \sqrt{a}}{\sqrt{n_s}} \right]; \quad (6)$$

при  $K_{иp} > 0,25$

$$P_p = P_y \left[ K_{иp} + \frac{(0,29 - 0,22K_{иp}) \sqrt{a}}{\sqrt{n_s}} \right]. \quad (7)$$

Максимальные нагрузки 30-минутной длительности находят с учетом коэффициента  $a$ , значения которого принимаются по [6]. Токоведущие элементы схемы электроснабжения выбирают с учетом их постоянной времени нагрева, тогда время осреднения нагрузок  $T > 30$  мин, а  $a = 1$ .

В условиях эксплуатации максимальные нагрузки промышленных объектов могут быть определены для длительности 30 мин (с учетом  $a$ ) или при постоянном времени нагрева токоведущих элементов ( $a = 1$ ) из уравнений:

при  $K_{nc} \leq 0,25$

$$P_d = P_y \left[ K_{nc} + \frac{(0,7K_{nc} + 0,15) \sqrt{a}}{\sqrt{n_3}} \right]; \quad (8)$$

при  $K_{nc} > 0,25$

$$P_d = P_y \left[ K_{nc} + \frac{(0,4 - 0,32K_{nc}) \sqrt{a}}{\sqrt{n_3}} \right]. \quad (9)$$

Проверка формул (8) и (9) на действующих лесопромышленных предприятиях показала весьма высокую их надежность. Ни в одном случае фактические (статистически обработанные) нагрузки не превышали значений, определенных по  $K_{nc}$  и уравнениям (8) и (9).

Полученные уравнения рекомендуются для определения электрических нагрузок лесопромышленных предприятий при их проектировании и в условиях эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алябьев В. М. Определение электрических нагрузок лесопильного завода. — Межвуз. сб. научн. тр.: Технология и оборудование деревообрабатывающих производств. Вып. 2. Л., ЛТА, 1974, с. 65—70. [2]. Алябьев В. М. Определение действительных электрических нагрузок для некоторых деревообрабатывающих производств. — Межвуз. сб. научн. тр.: Технология и оборудование деревообрабатывающих производств. Вып. 3. Л., ЛТА, 1974, с. 32—38. [3]. Алябьев В. М. Эксплуатационные статистические характеристики электропотребления и электрические нагрузки крановых установок. — Межвуз. сб. научн. тр.: Машины и орудия для механизации лесозаготовок. Вып. V. Л., ЛТА, 1975, с. 87—92. [4]. Алябьев В. М., Пашкина Л. Ф., Распопин А. А. Сравнение действительных и расчетных электрических нагрузок лесопильных цехов и заводов. — Межвуз. сб. научн. тр.: Технология и оборудование деревообрабатывающих производств. Вып. 3. Л., ЛТА, 1974, с. 51—57. [5]. Алябьев В. М., Распопин А. А. Электрические нагрузки оборудования для раскряжевки хлыстов и сортировки круглых лесоматериалов. — Межвуз. сб. научн. тр.: Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса. Вып. IV. Л., ЛТА, 1975, с. 126—130. [6]. Волобровский С. Д., Каялов Г. М., Клейн П. Н., Мещель Б. С. Электрические нагрузки промышленных предприятий. Изд. 2-е. Л., «Энергия», 1971, 264 с. [7]. Временная инструкция по определению электрических нагрузок лесозаготовительных предприятий. М., ЦНИИМЭ, 1966, с. 28. [8]. Гнеденко Б. В. Теоретико-вероятностные основы статистического метода расчета электрических нагрузок промышленных предприятий. — ИВУЗ, «Электромеханика», 1961, № 1. [9]. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М., Атомиздат, 1974, 352 с.

Поступила 6 июня 1977 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.053 : 621.934

О ЧАСТОТАХ КОЛЕБАНИЙ ПИЛ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

В. К. ПАШКОВ, Я. Я. КИСТЕР, В. Г. БОДАЛЕВ

Уральский лесотехнический институт

Приведены расчетные формулы частот собственных колебаний дисков пил без начальных напряжений и с начальными напряжениями от вальцевания и совмещенная номограмма для определения частот собственных колебаний и критических чисел оборотов круглых плоских пил диаметром 800—1600 мм.

Нами выполнены расчеты частот собственных колебаний и критических чисел оборотов для невальцованных и вальцованных круглых плоских пил всех типоразмеров по ГОСТу 980—69 диаметром свыше 800 мм. При выводе расчетных уравнений частот собственных колебаний пил использован метод Релея [1]. При расчетах приняты следующие допущения: диск пилы имеет постоянную толщину и на внутреннем контуре, совпадающем с внешней окружностью зажимных фланцев, жестко заделан; круглую пилу диаметром  $D$  и высотой зубьев  $h$  заменяем на диск без зубьев с условным диаметром  $d_y = D - h$ ; пильный диск находится в условиях плоского напряженного состояния; деформация материала пилы подчиняется закону Гука.

Частоты собственных колебаний  $f_{ст}$  дисков пил без начальных напряжений для форм колебаний с числом узловых диаметров  $m \geq 2$  определяем по формуле

$$f_{ст} = \frac{S}{\pi r_{\phi}^2} \sqrt{\frac{Eg}{\gamma(1-\mu^2)}} \alpha_{(p,m)}, \quad (1)$$

где  $\alpha_{(p,m)} = \sqrt{\frac{\int_1^{\rho_y} \rho \bar{X}(\rho) d\rho}{\int_1^{\rho_y} \rho \bar{X}^2(\rho) d\rho}}$  — безразмерная функция;

$\bar{X}(\rho)$  — функция прогиба диска пилы по радиусу;

$S$  — толщина пильного диска, см;

$r_{\phi}$  — радиус зажимных фланцев, см;

$g$  — ускорение силы тяжести, см/с<sup>2</sup>;

$E$  — модуль упругости материала пилы, кгс/см<sup>2</sup>;

$\gamma$  — удельный вес материала пилы, кгс/см<sup>3</sup>;

$\mu$  — коэффициент Пуассона;

$\rho_y$  — отношение диаметра условно принятого диска к диаметру зажимных фланцев  $(\rho_y = \frac{d_y}{d_{\phi}})$ .

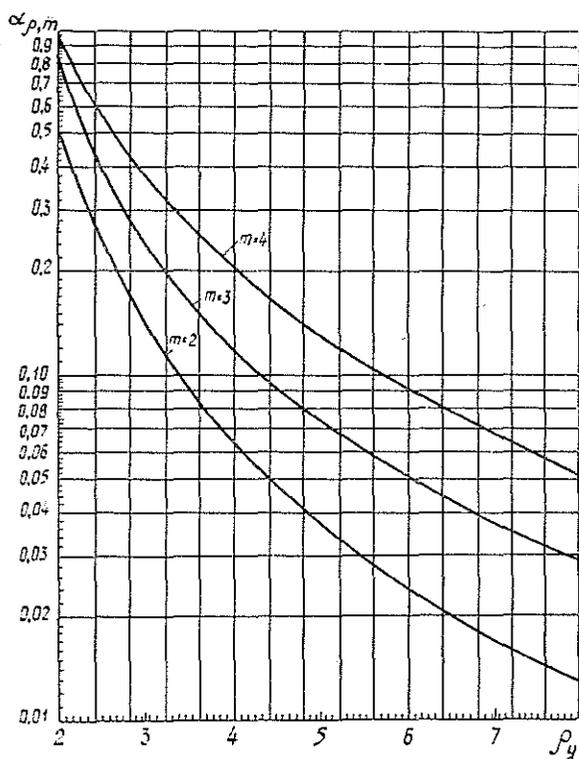


Рис. 1. Значение безразмерной функции  $\alpha(\rho, m)$ .

Величину безразмерной функции  $\alpha_{(\rho, m)}$  для значений  $\rho = 2 \div 8$  вычисляем по графику (рис. 1), построенному по расчетным данным. Частоты собственных колебаний  $f_{cr}$  дисков пил с начальными напряжениями от вальцевания определяем по формуле

$$f_{cr} = \sqrt{\frac{EgS^2}{\pi^2 r_{\phi}^4 \gamma (1 - \mu^2)} \cdot \frac{\int_1^{\rho_y} \rho \bar{X}(\rho) d\rho}{\int_1^{\rho_y} \rho \bar{X}(\rho)^2 d\rho} + \frac{g \left[ \int_1^{\rho_{вп}} (\sigma_r^b + \sigma_r^h) (\bar{X}'(\rho))^2 \rho d\rho + m^2 \int_1^{\rho_{вп}} (\sigma_t^b + \sigma_t^h) \frac{\bar{X}(\rho)^2}{\rho} d\rho \right]}{4\pi^2 \gamma r_{\phi}^2 \int_1^{\rho_y} \rho \bar{X}(\rho)^2 d\rho}}, \quad (2)$$

здесь  $\rho_{вп} = \frac{d_{вп}}{d_{\phi}}$  — отношение диаметра пилы, замеренного по впадинам зубьев, к диаметру зажимных фланцев;

$\sigma_r^b, \sigma_t^b, \sigma_r^h, \sigma_t^h$  — радиальные и тангенциальные напряжения соответственно для центральной и периферийной зон пилы, разделенных следом от вальцевания.

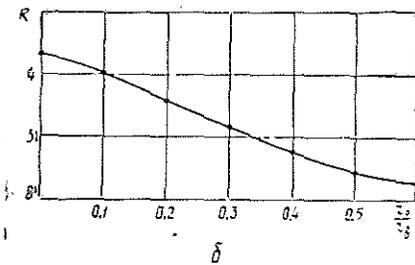
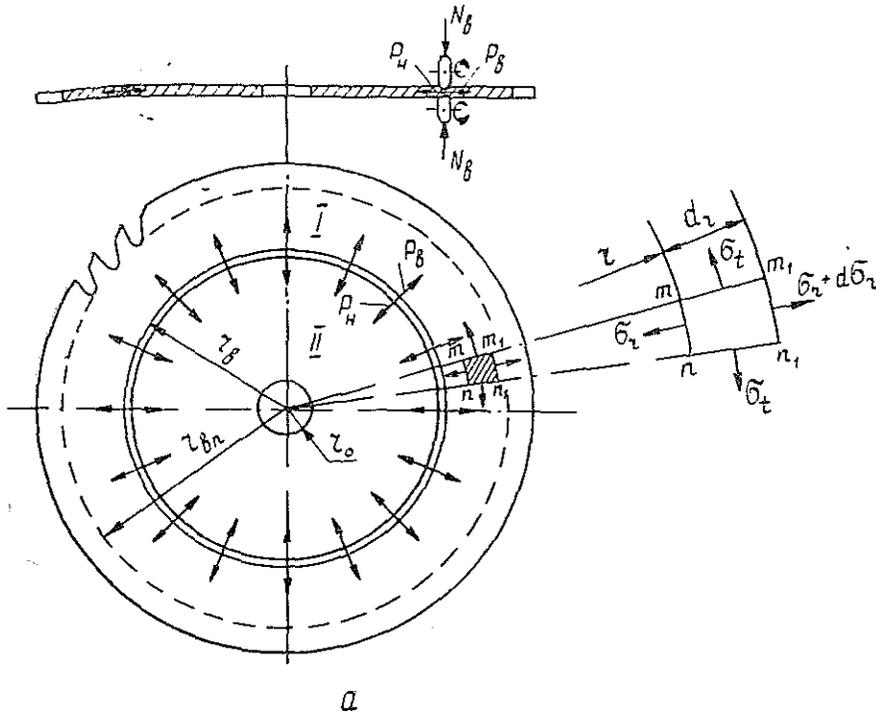


Рис. 2. Схема действия сил при вальцевании диска пилы (а) и зависимость коэффициента  $K_B$  от отношения  $\frac{r_0}{r_B}$  (б).

$N_B$  — усилие вальцевания, кгс;  $p_H$  и  $p_B$  — наружное и внутреннее давление от вальцевания, кгс/см<sup>2</sup>.

Напряжения для наружной I и внутренней II зон вальцованного диска пилы (рис. 2, а) вычисляем отдельно по формулам Ляме [3]. При этом принимаем, что давление от вальцевания  $p_B = p_H = p_r$  и распределяется равномерно по окружности обработки; напряжения являются только функциями радиуса  $r$  и распределяются симметрично оси пильного диска. Тогда расчетные уравнения имеют вид

$$\sigma_{r_t}^H = \frac{pr_B^2}{r_{вп}^2 - r_B^2} \left( 1 \pm \frac{r_{вп}^2}{r^2} \right); \quad \sigma_{r_t}^B = - \frac{pr_B^2}{r_B^2 - r_0^2} \left( 1 \pm \frac{r_0^2}{r^2} \right), \quad (3)$$

где  $r_{вп}$  — радиус диска пилы, замеренный по впадинам зубьев, см;  
 $r_B$  — радиус окружности вальцевания, см;  
 $r_0$  — радиус центрального отверстия диска, см;  
 $r$  — текущий радиус пильного диска, см.

Для подстановки напряжений из формулы (3) в выражение (2) необходимо произвести замену переменной  $r$  на  $\rho = \frac{r}{r_\Phi}$ , тогда имеем

$$\sigma_r^H = \frac{pr_b^2}{r_{вп}^2 - r_b^2} \left( 1 \pm \frac{r_{вп}^2}{r_\phi^2 \rho^2} \right); \quad \sigma_r^B = -\frac{pr_b}{r_b^2 - r_0^2} \left( 1 \pm \frac{r_0^2}{r_\phi^2 \rho^2} \right). \quad (4)$$

В формулах (3) и (4) неизвестно давление  $p$ . При вальцевании по радиусу  $r_b \geq 0,4r_{вп}$  критическое\* давление  $p_{кр}$  определяем по формуле [4]

$$p_{кр} = k \frac{ES^2}{12(1-\mu^2)r_b^2} \text{ кгс/см}^2, \quad (5)$$

где  $k$  — числовой коэффициент; для значений  $\frac{r_0}{r_b} \leq 0,6$  коэффициент определяем по графику рис. 2, б.

При известном критическом давлении, изменяя текущий радиус  $r$ , по формулам (3) можно определить тангенциальные и радиальные напряжения в любой точке диска. Сравнение расчетных значений напряжений  $\sigma_r$  на периферии, например для пил диаметром 500 мм и толщиной 2,2 мм, равных 340 кгс/см<sup>2</sup>, с экспериментальными значениями для таких же параметров пил [2], равными 322—344 кгс/см<sup>2</sup>, свидетельствует о достаточной точности расчетных формул (3).

По известным значениям частот собственных колебаний дисков пил определяем критические числа оборотов  $n_{кр}$  для форм колебаний с числом узловых диаметров  $m = 2 \div 4$

$$n_{кр} = \frac{f_{ст}}{\sqrt{m^2 - B}}. \quad (6)$$

Динамический коэффициент  $B$ , входящий в формулу (6), определен экспериментально. При  $\rho = 3 \div 6$  коэффициент  $B = 2,25$  для  $m = 2$ ;  $B = 3,75$  для  $m = 3$  и  $B = 5,60$  для  $m = 4$ . Коэффициент  $B$  не зависит от напряженного состояния диска и величины  $\rho$  в пределах 3—6.

По расчетным данным для практического использования построена номограмма для невальцованных и вальцованных (прокованных) пил диаметром свыше 800 мм по ГОСТу 980—69 (рис. 3). Порядок пользования номограммой показан на графике стрелками.

Например, требуется определить значения  $f_{ст}$  и  $n_{кр}$  при  $m = 2$  для невальцованной пилы диаметром 1000 мм, толщиной 4,0 мм, с зубом высотой 26 мм и зажимными фланцами диаметром 200 мм.

Сначала определяем диаметр условного круглого диска  $d_y = 1000 - 26 = 974$ ; вычисляем  $\rho_y = \frac{974}{200} = 4,87$ ; на оси ординат находим значение  $\rho_y = 4,87$  и проводим линию горизонтально до  $m = 2$ , вертикально вниз до  $S = 4,0$  мм, затем горизонтально до  $d_\phi = 200$  мм; наконец, двигаясь вертикально вверх, на пересечении со шкалой частот находим  $f_{ст} = 27$  Гц, на пересечении со шкалой критических чисел оборотов —  $n_{кр} = 1220$  об/мин для  $m = 2$ .

Анализ расчетных данных (см. номограмму) позволяет отметить следующее.

1. Вальцевание дисков пил до критического состояния в зоне с относительным радиусом  $0,8r_{вп}$  приводит к возрастанию частот собственных колебаний  $f_{ст}$  на 49% для  $m = 2$ , на 37% для  $m = 3$ , на 24% для  $m = 4$ .

\* Критическим называется давление, при котором диск пилы теряет плоскую форму равновесия. Этому давлению соответствуют максимальные начальные напряжения.

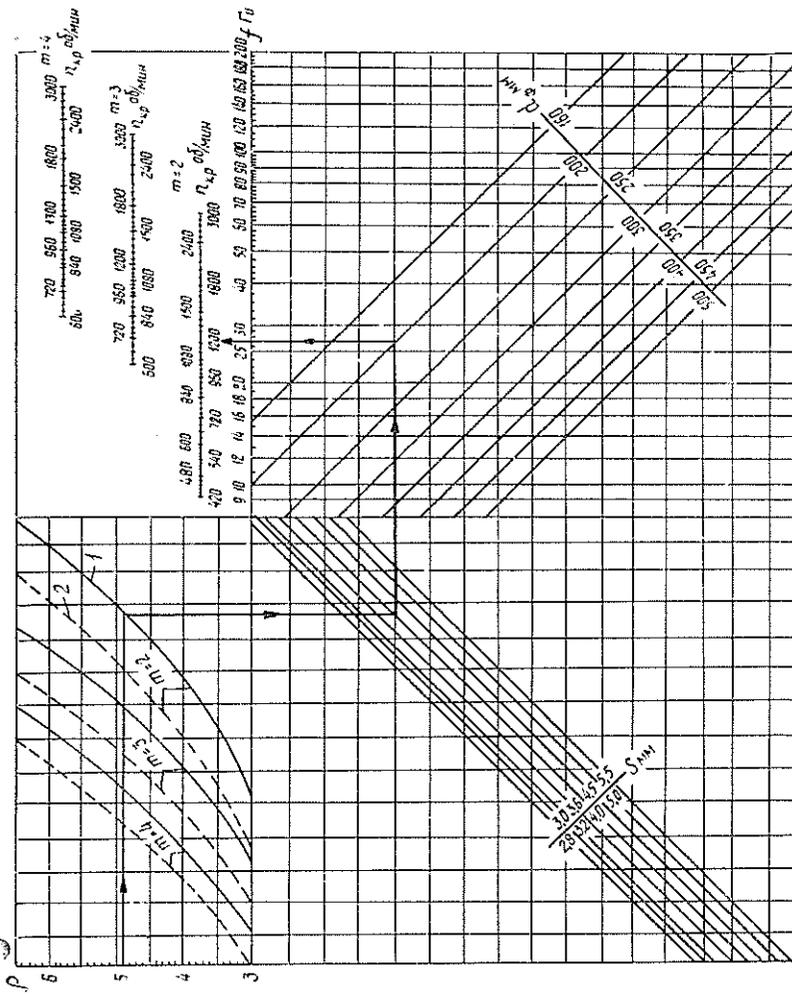


Рис. 3. Нограмма для определения частот собственных колебаний и критических чисел оборотов круглых плоских пил большого диаметра.

1 — напряжения в диске пилы отсутствуют ( $\sigma = 0$ ); 2 — напряжения в диске пилы имеют критическое значение ( $\sigma = \sigma_{кр}$ ).

2. Формы колебаний при минимальном критическом числе оборотов  $n_{кр}^{min}$  зависят от напряженного состояния пильного диска и от отношения диаметра пилы к диаметру зажимных фланцев  $\rho$ . При отсутствии напряжений в пильном диске ( $\sigma = 0$ )  $n_{кр}^{min}$  имеет место для  $m = 2$  при  $\rho > 3,3$  и для  $m = 3$  — при  $\rho \leq 3,3$ . Когда напряжения в диске пилы в результате вальцевания достигают своего критического значения ( $\sigma = \sigma_{кр}$ ),  $n_{кр}^{min}$  имеет место для  $m = 2$ , при  $\rho > 4,25$ , для  $m = 3$  — при  $\rho \leq 4,25$ .

3. С увеличением диаметра зажимных фланцев частоты собственных колебаний, а следовательно, и критические числа оборотов возрастают и наиболее значительно для форм колебаний с двумя узловыми диаметрами.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Левин А. В. Рабочие лопатки и диски паровых турбин. М.—Л., Госэнергоиздат, 1953, 624 с. [2]. Стахнев Ю. М. и др. К вопросу о вальцевании дисковых пил. — «Научные труды ЦНИИМОДа», Архангельск, 1968, вып. 22, с. 78—82. [3]. Тимошенко С. П. Сопrotивление материалов. Т. 2. М.—Л., Гостехиздат, 1946, 456 с. [4]. Тимошенко С. П. Устойчивость упругих систем. М., Изд-во технико-теоретической литературы, 1955, 567 с.

Поступила 6 сентября 1977 г.

УДК 621.93.02

### К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗУБЬЕВ ПИЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В. В. СОЛОВЬЕВ, А. Р. МИХАЙЛОВА, Л. П. СЕМЕНОВА

Архангельский лесотехнический институт

На основании уточненной расчетной схемы выполнен расчет напряженного состояния зуба пилы. Решение задачи дано методом конечных элементов. Приведен пример расчета.

В практике исследования напряжений и деформаций пильных инструментов при решении вопроса оптимального выбора параметров зубьев распространение получили экспериментальные методы. Сюда, в основном, относятся исследования, базирующиеся на оптических [6] и тензометрических [1, 5] способах определения напряжений. При сравнительно невысоких градиентах напряжений точность получаемых при этом результатов не вызывает возражений. Однако распространение результатов на другие схемы ограничивается геометрическим подобием модели и объекта. При аналитических решениях используются методы теории упругости [2, 4]. В качестве расчетной схемы принимают бесконечный клин. Такая схема требует аппроксимации формы зуба и вместе с тем не позволяет судить о распределении напряжений в зонах, близких к его основанию. По-видимому, схема полуплоскости с выступом на границе лучше всего отражает реальную форму объекта.

#### Постановка задачи

Рассмотрим равновесие полубесконечной пластинки с клиновидным выступом на поверхности (рис. 1). Внешняя нагрузка распределена по граням выступа. Предполагаем, что толщина пластинки постоянна и материал подчиняется закону Гука. Задачу решаем методом конечных элементов. В соответствии с процедурой метода [3] из пластинки выделяем область конечных размеров. Размеры области выбираем так, чтобы наиболее точно удовлетворялись условия на выде-

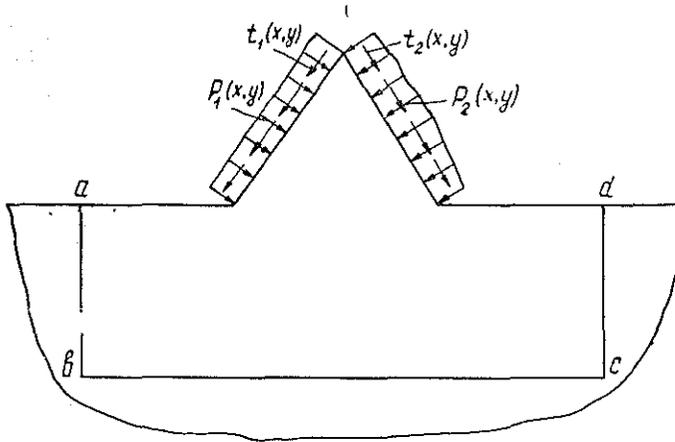


Рис. 1.

ленном контуре: 1) на границах  $ab$  и  $cd$  (рис. 1) горизонтальные перемещения равны нулю ( $u = 0$ ); вертикальные перемещения  $v$  не ограничены; 2) на границе  $bc$   $V = 0$ ; горизонтальные перемещения  $u$  считаем неизвестными.

#### Составление расчетного алгоритма

Рассматриваемую область представляем в виде дискретной системы треугольных элементов, соединенных между собой в вершинах (узловых точках). В пределах каждого элемента задаем функции перемещений в виде линейных комбинаций.

$$\begin{aligned} u &= \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y; \\ v &= \alpha_4 + \alpha_5 x + \alpha_6 y. \end{aligned} \quad (1)$$

Перемещение вершин элемента определяется зависимостями (1) с подстановкой в них узловых координат (рис. 2)

$$\begin{aligned} u_i &= \alpha_1 + \alpha_2 x_i + \alpha_3 y_i; \\ u_j &= \alpha_1 + \alpha_2 x_j + \alpha_3 y_j; \\ u_k &= \alpha_1 + \alpha_2 x_k + \alpha_3 y_k; \\ v_i &= \alpha_4 + \alpha_5 x_i + \alpha_6 y_i; \\ v_j &= \alpha_4 + \alpha_5 x_j + \alpha_6 y_j; \\ v_k &= \alpha_4 + \alpha_5 x_k + \alpha_6 y_k. \end{aligned} \quad (2)$$

Коэффициенты  $\alpha_m$  находим из рассмотрения шести единичных состояний. Например,

$$u_i = 1; \quad u_j = u_k = v_i = v_j = v_k = 0.$$

При этом коэффициенты  $\alpha_m$  приобретают значения

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{x_k y_j - x_j y_k}{\Delta}; \quad \alpha_2 = \frac{y_k - y_i}{\Delta}; \\ \alpha_3 &= \frac{x_j - x_k}{\Delta}; \quad \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha_6 = 0, \end{aligned}$$

где  $\Delta$  — удвоенная площадь треугольника.

На основании формулы Коши и зависимостей (1) определяем деформации. Напряжения находим по формулам закона Гука.

По напряжениям и деформациям вычисляем реакции в связях для вершин треугольника. Например, горизонтальная реакция в вершине  $i$  от смещения точки  $i$  в горизонтальном направлении на единицу имеет вид

$$R_{ixix} = A\Delta \left[ \frac{1-2\mu}{2} (x_j - x_k)^2 + (1-\mu)(y_k - y_j)^2 \right],$$

где  $A$  — величина, связанная с упругими характеристиками.

Таким способом может быть получена матрица жесткости элемента.

Узловые перемещения системы определяются решением матричного уравнения

$$[K] \cdot \{U\} - \{P\} = 0,$$

здесь  $[K]$  — матрица жесткости системы. Эта матрица составлена из матриц жесткости отдельных элементов;

$\{U\}$  — вектор искомых узлов перемещений;

$\{P\}$  — вектор заданных узловых сил.

В общем виде матрица  $[K]$ , как правило, слабо заполнена, что загромождает ненужной информацией память машины. Этот недостаток можно устранить использованием метода последовательного рассмотрения равновесия узлов. При этом отпадает необходимость составления полной матрицы жесткости элемента и получения полной матрицы жесткости системы.

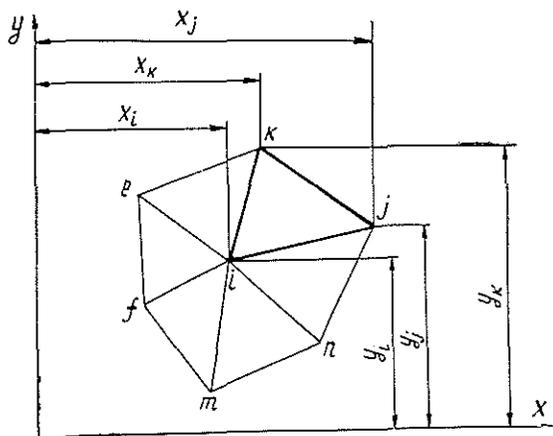


Рис. 2.

Для каждого объединения элементов вокруг некоторого узла  $i$  (рис. 2) составляем уравнения равновесия

$$R_{ix} - P_{ix} = 0;$$

$$R_{iy} - P_{iy} = 0,$$

где  $P_{ix}$ ,  $P_{iy}$  — проекции внешней силы в узле  $i$ ;

$R_{ix}$ ,  $R_{iy}$  — реакции в узле  $i$  по направлению осей  $x$  и  $y$  от смещения узловых точек объединения.

Реакции в узле  $i$  можно записать

$$\begin{aligned}
 R_{ix\ ix} = & \sum_1^6 R_{ix\ ix} u_i + \sum_1^2 R_{ix\ fx} u_j + \sum_1^2 R_{ix\ hx} u_k + \sum_1^2 R_{ix\ ex} u_e + \\
 & + \sum_1^2 R_{ix\ fx} u_f + \sum_1^2 R_{ix\ mx} u_m + \sum_1^2 R_{ix\ nx} u_n + \sum_1^6 R_{ix\ iy} v_i + \\
 & + \sum_1^2 R_{ix\ jy} v_j + \sum_1^2 R_{ix\ ky} v_k + \sum_1^2 R_{ix\ ey} v_e + \sum_1^2 R_{ix\ fy} v_f + \\
 & + \sum_1^2 R_{ix\ my} v_m + \sum_1^2 R_{ix\ ny} v_n,
 \end{aligned}$$

где  $\sum_1^r$  — суммирование производится по всем элементам, сходящимся в узле,

В общем случае

$R_{ixqs}$  — реакции в узле  $i$  по направлению оси  $x$  от смещения узла  $q$  по оси  $x$  или  $y$  при условии, что перемещения всех остальных узлов равны нулю.

Выражение для  $R_{iy}$  имеет аналогичную структуру.

Таким образом последовательно рассматриваем равновесие каждого из узлов. Процесс повторяем до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность вычисления перемещений. В памяти машины одновременно сохраняется лишь информация, соответствующая рассматриваемому объединению элементов. Это позволяет исследовать область практически с любым числом узлов и элементов. На основании приведенного алгоритма составлена программа расчета для ЭВМ Минск-32.

Пример расчета. Исследовано напряженное состояние зуба рамной пилы при следующих исходных данных: параметры зуба  $h = 26$  мм,  $t = 40$  мм,  $\gamma = 15^\circ$ ,  $= 47^\circ$ ,  $r = 8$  мм; модуль упругости  $E = 2 \cdot 10^6$  кгс/см<sup>2</sup>.

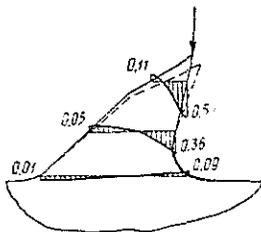


Рис. 3.

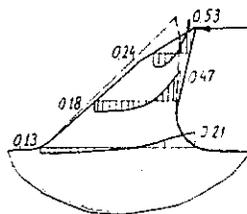


Рис. 4.

Из полотна пилы выделялась область длиной  $3t$  и высотой  $t$ . Отдельно рассмотрено действие горизонтальной и вертикальной составляющих сил резания в вершине зуба. На рис. 3 приведены эпюры распределения напряжений  $\frac{\sigma_y}{P_x}$  от действия горизонтальной силы, на рис. 4 — эпюры распределения напряжений  $\frac{\sigma_y}{P_y}$  от действия вертикальной силы; пунктиром показаны перемещения контура зуба  $\frac{WE}{Pl}$ . Расчетами

установлено, что принятые размеры выделенной области обеспечивают необходимую точность при заданных граничных условиях.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Добрынин Е. Д. Концентрация напряжений в ленточных пилах от насечки зубьев. — «Деревообрабатывающая промышленность», 1962, № 4. [2]. Ивановский Е. Г. Резание древесины. М., «Лесная промышленность», 1975. [3]. Розин Л. А. Основы метода конечных элементов. Л., «Энергия», 1972. [4]. Фрид Л. Д. К расчету лезвия режущего инструмента. — «Труды ЦНИИМЭ», 110, Химки, 1970. [5]. Хасдан С. М., Коробницын Ю. А. Исследование начальных напряжений в рамных пилах. — «Научные труды ЦНИИМОДа», 1962, вып. 11. [6]. Ширяев Я. М. Исследование методом фотоупругости концентрации напряжений в выкружке зубьев ленточных пил. — «Межвузовский сборник научных трудов», Л., 1976, вып. 11.

Поступила 4 мая 1977 г.

УДК 674.047

## К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ КОРОБЛЕНИЯ И РАСТРЕСКИВАНИЯ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПРИ СУШКЕ

В. Н. ГЛУХИХ, Ш. Г. ЗАРИПОВ

Сибирский технологический институт

Приведен теоретический анализ сопротивляемости пиломатериалов предотвращению их поперечного коробления при сушке. Даны в качестве примера диаграммы для определения размеров пиломатериалов, у которых эта сопротивляемость наибольшая.

Ранее нами установлено, что пиломатериалы из различных зон в сечении бревна по-разному сопротивляются предотвращению коробления. Сопротивляемость характеризуется величиной силы коробления древесины, или силы, необходимой для полного предотвращения коробления при сушке.

Коробление зависит от параметров пиломатериалов (размеров сечения, положения в сечении бревна или в поставе, породы), режимных и некоторых других факторов. Сила коробления — внешнее проявление действия внутренних напряжений в древесине. Исследованиями Б. Н. Уголева установлено, что при предотвращении коробления растягивающие напряжения в поверхностных слоях доски увеличиваются на 25—40%. Это, без сомнения, вызывает повышенную опасность растрескивания древесины в процессе сушки.

Пиломатериалы, обладающие наибольшей сопротивляемостью предотвращению коробления, при камерной сушке могут дать больший процент брака от коробления и растрескивания по сравнению с другими досками. У этих досок после сушки остаются значительные остаточные напряжения, которые являются одной из основных причин формо- и размероизменяемости деталей и изделий из древесины. Примерами могут служить расслаивание клеевых швов в клееных элементах форм после распрессовки, коробление заготовок при механической обработке и др.

При распиловке бревен на лесопильных рамах естественно стремление получить наибольший процент полезного выхода. Поставы в этих случаях называют оптимальными. Но здесь, кроме количественной, возникает еще и качественная сторона вопроса, причем имеется в виду

не качественный выход при распиловке, а качество этих же пиломатериалов при сушке. Если древесину сразу после распиловки применяют в сыром виде и потребителя не интересует, растрескивается ли она или коробится, то в этом случае можно решать лишь количественную задачу, качество отходит на второй план. А если пиломатериалы перед потреблением обязательно должны быть высушены, то возникает проблема уменьшить потери от коробления и растрескивания при сушке. При производстве стройдеталей, деталей мебели и музыкальных инструментов (когда к качеству древесины предъявляют повышенные требования или когда используют древесину лиственницы и твердолиственных пород, сильно подверженных растрескиванию и короблению при сушке) необходимо определять поставки с учетом анизотропии усушки и последующего качества материала. Выполнение этих условий позволит значительно уменьшить потери лесоматериалов от брака при сушке, а следовательно, увеличится процент полезного выхода.

Решение задачи сведем к определению таких размеров пиломатериалов и такого местоположения их в сечении бревна, при которых брак от коробления и растрескивания при камерной сушке наименьший.

Для определения размеров досок, обладающих наибольшей сопротивляемостью предотвращению коробления, приравняем нулю первую производную функции силы коробления\*. После преобразований получаем

$$3Y_1^4 + (r_1^2 + r_2^2)Y_1^2 - 3r_1^2r_2^2 = 0, \quad (1)$$

где  $Y_1$  — абсцисса экстремума функции силы коробления;  
 $r_1, r_2$  — расстояния от центра бревна до пластей доски.

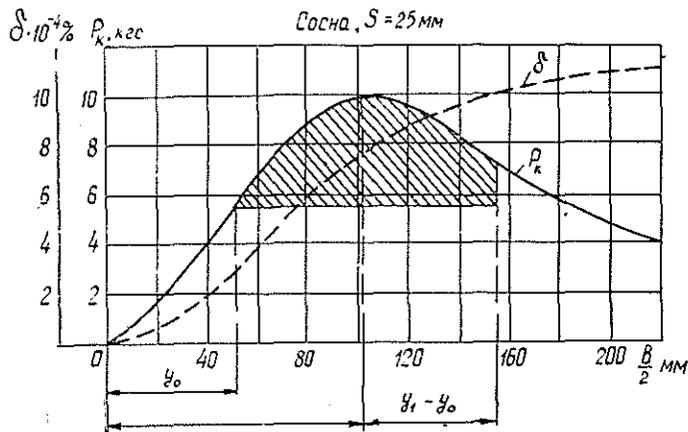


Рис. 1. Зависимость разности коэффициентов усушки пластей доски  $\delta$  и силы коробления  $P_k$  от ширины пиломатериала  $b$ .

Нижняя граница размеров досок по ширине с наибольшей сопротивляемостью короблению определяется удвоенной абсциссой точки перегиба на кривой разности коэффициентов усушки пластей доски (рис. 1). Абсциссу точки перегиба находим, приравнявая нулю вто-

\* Глухих В. Н. Предотвращение коробления пиломатериалов при камерной сушке. Обзор. М., ВНИПИЭИлеспром, 1975.

рую производную функции разности коэффициентов усушки пластей доски\*, т. е.  $\frac{a \cdot \delta}{dY^2} = 0$ . После преобразований имеем

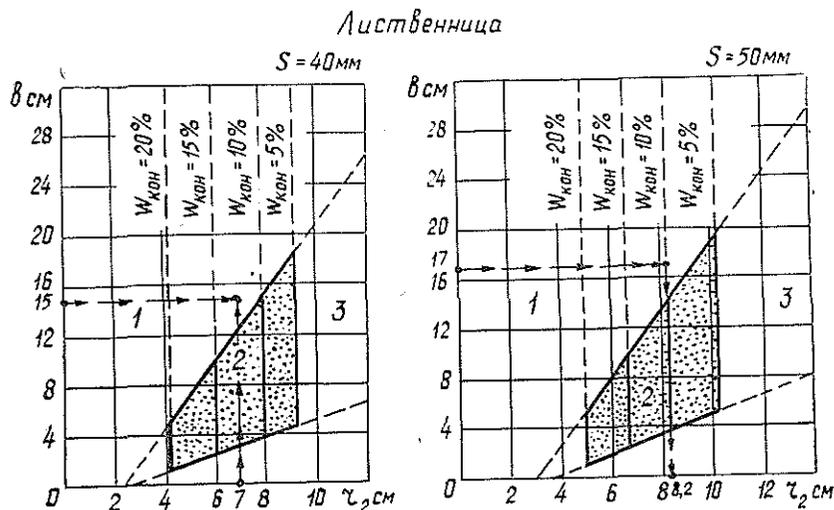
$$3Y_0^8 - (r_1^2 + r_2^2) Y_0^6 - 12r_1^2 r_2^2 Y_0^4 - 3r_1^2 r_2^2 (r_1^3 + r_2^3) Y_0^2 + r_1^4 r_2^4 = 0, \quad (2)$$

где  $Y_0$  — абсцисса точки перегиба на кривой  $\delta(Y)$ .

Верхняя граница размеров досок по ширине определяется удвоенной суммой абсциссы экстремума силы коробления и разности абсцисс ( $Y_1 - Y_0$ ). Следовательно, на графике силы коробления (рис. 1) можно провести горизонталь через точку с абсциссой  $Y_0$ , выше которой значения силы коробления будем считать наибольшими для пиломатериалов заданной толщины и положения в сечении бревна.

Приведенные расчеты в общем виде пригодны для древесины всех пород. Остается лишь конкретизировать для каждой породы расстояние от центра бревна до пластей доски, при котором стрела поперечного коробления не превышает допускаемой величины по ГОСТу 8486—66.

Диаграммы для определения размеров пиломатериалов с наибольшей и наименьшей сопротивляемостью поперечному короблению представлены на рис. 2. Диаграммы ограничены справа предельным значением расстояния  $r_2$  от центра бревна до наружной пласти доски, при котором величина поперечного коробления (расчет приведен для древесины лиственницы) равна допускаемой по стандарту для отборного, 1- и 2-го сортов.



Величина коробления пиломатериалов в зависимости от различных факторов была вычислена по разработанной нами методике на ЭВМ «Мир-1».

Диаграммы на рис. 2. имеют три характерные области: 1 — область повышенной опасности пластевого растрескивания (и попереч-

\* Глухих В. Н. Предотвращение коробления пиломатериалов при камерной сушке. Обзор. М., ВНИПИЭИлеспром, 1975.

ного коробления при сушке без прижима). Эта область ограничена справа предельным значением  $r_2$ , при котором стрела коробления при заданной конечной влажности равна допускаемому стандартом значению для пиломатериалов 0-, 1- и 2-го сортов; 2 — область размеров, при которых потери пиломатериалов от поперечного коробления при сушке с прижимом наибольшие; 3 — область размеров досок по ширине, при которых материал в процессе сушки сохранит высокое качество.

Координаты любой точки на диаграмме характеризуют размер доски по ширине и расстояние от ее наружной пласти до центра бревна. При ширине доски, например 150 мм, толщине 40 мм, вычисленной на расстоянии 7 см от центра бревна, точка расположена в опасной зоне — зоне растрескивания (или большого свободного коробления в верхнем ряду штабеля), если сушить до конечной влажности ниже 12—13%. При сушке этих же досок до влажности выше 13% точка находится в безопасной зоне. Опасность пластевого растрескивания от возникающих при предотвращении поперечного коробления дополнительных растягивающих напряжений в сечении материала значительно уменьшается.

Используя эти диаграммы, можно определить, например, что качество лиственничной доски толщиной 50 мм, шириной 170 мм при сушке до конечной влажности 10% высокое, если ее выпилить на расстоянии не ближе, чем 8,2 см от центра бревна. Если ее выпилить ближе, то может понизиться сортность от пластевого растрескивания при сушке.

Исходя из этих диаграмм, можно составить поставки для распиловки пиломатериалов целевого назначения.

Предлагаемый метод позволит предвидеть возможные потери пиломатериалов от брака при сушке и планировать качество материала уже при составлении поставок.

Поступила 18 июля 1977 г.

УДК 674.048

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПРОПИТКИ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

В. М. ЗАЛОЖНЫХ

Воронежский лесотехнический институт

На основе проведенных опытов с использованием метода планирования эксперимента определены оптимальные режимы пропитки прессованной древесины парафином.

Отрицательное свойство древесины прессованной (ДП) — разбухание во влажной среде — в определенных пределах ослабляется пропиткой ее различными веществами. Парафин, церезин, различные смолы при пропитке заполняют капилляры в древесине и создают механический барьер для проникновения в нее воды. Кроме того, некоторые из этих материалов улучшают антифрикционные свойства прессованной древесины в случае применения ее в качестве подшипникового материала.

Гидрофобность и антифрикционные свойства древесины улучшаются с повышением степени заполнения пор древесины, т. е. с увеличением количества введенного наполнителя. Максимально возможный объем введенного в древесину наполнителя зависит от ряда факторов, выбор которых в их различных сочетаниях с целью определения наилучших режимов пропитки требует больших затрат времени.

В поставленных опытах мы определяли оптимальные режимы пропитки прессованной древесины березы с использованием метода планирования эксперимента Бокса — Уилсона при поиске оптимальных условий. В качестве пропиточного материала использовали один из про-

дуктов нефтепереработки — парафин. Результаты опытов и методика их проведения могут быть использованы и при применении других материалов.

Для осуществления пропитки был выбран способ полного поглощения путем создания с помощью азота избыточного высокого давления в автоклаве с пропиточным составом и пропитываемым материалом. Этот способ обеспечивает быструю, полную и равномерную пропитку древесины при возможности регулирования режимов пропитки. Количество введенного в древесину вещества зависит от объемной массы древесины и ее влажности, так как эти факторы влияют на величину объема пор в древесине; объем поглощенного вещества зависит от внешних технологических факторов — давления среды и времени выдержки под давлением.

Параметр, характеризующий процесс, т. е. количество поглощенного парафина, обозначим через  $y$ . Факторы, определяющие процесс:

$x_1$  — влажность древесины, %;

$x_2$  — время выдержки под давлением, с на 1 см длины образца, измеряемого вдоль волокон;

$x_3$  — избыточное давление среды, кгс/см<sup>2</sup>;

$x_4$  — объемная масса древесины, г/см<sup>3</sup>.

Первый этап планирования эксперимента заключался в получении линейной модели при варьировании факторов на двух уровнях. Прежде всего, на основе априорной информации выбирали основные уровни факторов и интервалы варьирования для  $x_1$ , соответственно равные 8 и 4%; для  $x_2$  — 30 и 20 с/см; для  $x_3$  — 40 и 10 кгс/см<sup>2</sup>; для  $x_4$  — 1,1 и 0,1 г/см<sup>3</sup>.

Матрицу планирования полного факторного эксперимента составляли согласно предъявляемым к ней требованиям [1, 2] (табл. 1).

Таблица 1

Матрица планирования эксперимента и результаты опытов

Номер опыта	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$y$	Номер опыта	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$y$
1	+	—	—	—	—	17,6	9	+	+	—	—	—	16,9
2	+	—	—	—	+	1,1	10	+	+	—	—	+	0,6
3	+	—	+	—	—	21,4	11	+	+	+	—	—	20,1
4	+	—	+	—	+	4,0	12	+	+	+	—	+	2,9
5	+	—	—	+	—	19,3	13	+	+	—	+	—	18,0
6	+	—	—	+	+	2,5	14	+	+	—	+	+	1,5
7	+	—	+	+	—	23,3	15	+	+	+	+	—	22,3
8	+	—	+	+	+	5,4	16	+	+	+	+	+	4,8

Примечание. В матрице приняты кодированные значения факторов. Знак плюс соответствует верхнему уровню фактора; знак минус — нижнему уровню.

Опыты выполняли в следующем порядке. Парафин нагревали до 80—85°C (примерно на 20°C выше температуры полного его расплавления). Затем в парафин помещали предварительно взвешенные образцы размером 15×15×22,5 мм требуемой влажности с температурой, примерно равной температуре парафина. Образцы прессовали из брусков, заготовки для которых выпиливали из одного кряжа, что уменьшало влияние неоднородности исходного материала.

Требуемую влажность образцов обеспечивали длительной выдержкой их в эксикаторах, в которых с помощью водных растворов серной кислоты различной концентрации поддерживали необходимую влажность.

Образцы загружали в автоклав. После заданной выдержки под давлением в автоклаве газ выпускали, образцы вынимали из автоклава, тщательно очищали от лишнего на поверхности образцов парафина, взвешивали и определяли процентное массовое содержание парафина в древесине.

Для отброса брака использовали критерий Стьюдента, затем рассчитывали коэффициенты регрессии с помощью метода наименьших квадратов. Этот метод использовали и для проведения регрессивного анализа: определяли дисперсию каждого опыта, проверяли однородность дисперсий по критерию Кохрена и находили дисперсию параметра оптимизации. Адекватность модели проверяли с помощью F-критерия Фишера при уровне значимости 0,05. Значимость каждого коэффициента проверяли по t-критерию Стьюдента, в данном случае равному 2,2.

Для нашей модели оказались значимыми лишь коэффициенты при  $x_2$ ,  $x_3$  и  $x_4$ . Адекватная линейная модель, таким образом, имеет вид полинома первой степени

$$y = 11,34 + 1,67x_2 + 0,79x_3 - 8,46x_4.$$

Первый этап эксперимента был закончен построением интерполяционной модели. Результатом явилось получение зависимости степени наполнения ДП от избыточного давления, времени выдержки под давлением и влажности ДП с учетом влияния объемной массы древесины.

Следующий этап экспериментов — определение оптимальных условий для пропитки прессованной древесины. С учетом результатов предыдущего эксперимента основной уровень для фактора  $x_2$  был несколько сдвинут в большую сторону, интервалы варьирования факторов  $x_1$  и  $x_3$  расширены с целью повышения вероятности получения значимых коэффициентов при них.

Поиск оптимального параметра оптимизации производили с учетом трех факторов при фиксированном значении объемной массы древеси-

Таблица 2

Матрица планирования, расчет крутого восхождения и результаты опытов

Факторы	$\tilde{x}_1$	$\tilde{x}_2$	$\tilde{x}_3$	y
Основной уровень	7	40	45	
Интервал варьирования	7	20	15	
Верхний уровень	14	60	60	
Нижний уровень	0	20	30	
Кодированные значения факторов	$x_1$	$x_2$	$x_3$	
Опыты 1	-1	+1	-1	11,0
2	+1	-1	-1	2,4
3	-1	-1	+1	10,2
4	+1	+1	+1	8,2
5	-1	-1	-1	8,1
6	+1	+1	-1	6,0
7	-1	+1	+1	14,1
8	+1	-1	+1	4,6
$b_j$	-2,775	1,75	1,2	
$b_j \times$ интервал варьирования	-19,425	35	18	
Шаг при изменении $x_2$ на 7	-3,883	7	3,6	
Округление	-4	7	4	
Опыты 1	3	47	49	
2	0	54	53	
3	0	61	57	14,2
4	0	68	61	14,3
5	0	75	65	14,2
6	0	82	69	13,8

ны, равной  $1,1 \text{ г/см}^3$ , так как при меньших значениях понижаются механические свойства материала, а при больших значительно снижается норма поглощения и соответственно уменьшается эффект от пропитки.

Для отыскания оптимума использовали метод крутого восхождения (табл. 2).

Согласно результатам эксперимента, движение по градиенту не дает сколько-нибудь ощутимых результатов по повышению значений параметра оптимизации. Более того, после опыта 5 наблюдается тенденция к уменьшению параметра по сравнению с лучшим результатом, полученным в основной серии опытов, что свидетельствует о пределе достижения максимально возможной степени наполнения. В итоге для пропитки прессованной древесины объемной массой  $1,1 \text{ г/см}^3$  оптимальными приняты следующие параметры: влажность древесины 0—6%; избыточное давление среды 40—60 кгс/см<sup>2</sup>; время выдержки под давлением 50—70 с.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Б. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М., «Наука», 1976. [2]. Налимов В. В., Чернова Н. А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М., «Наука», 1965.

Поступила 9 ноября 1977 г.

УДК 634.0.812

### ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДРЕВЕСИНЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОЧЕВИНОЙ

В. А. ШАМАЕВ, Л. Н. СМЕТАНИНА, Г. К. ГАВРИЛОВ

Воронежский лесотехнический институт

Изучены модули упругости и показатели прочности при сжатии и статическом изгибе модифицированной мочевиной древесины. Показано, что модифицирование древесины осины, березы и сосны повышает прочность и снижает деформативность древесины. В модифицированной древесине значительно ускоряется процесс релаксации напряжений.

Термическая обработка пропитанной мочевиной древесины обеспечивает переход наполнителя в неплавкие и нерастворимые продукты, придающие древесине гидрофобность без снижения основных механических показателей [2, 3]. Цель настоящей работы — установить прочностные и реологические характеристики модифицированной таким образом древесины.

В качестве объекта испытаний использовали древесину березы, осины и сосны в возрасте около 80 лет. Наполнение проводили методом горячих и холодных ванн, затем материал подсушивали, прессовали и подвергали термической обработке в течение 4—6 ч при 433—453К.

Предел прочности при сжатии вдоль волокон определяли по ГОСТу 9629—75 на образцах размером  $15 \times 15 \times 22,5$  мм (последний размер — вдоль волокон), предел прочности при статическом изгибе — по ГОСТу 16483.3—70 на образцах размером  $20 \times 20 \times 300$  мм (последний размер — вдоль волокон). Модуль упругости при сжатии вдоль волокон находили по ГОСТу 13594—68 на образцах размером  $20 \times 20 \times 60$  мм (последний размер — вдоль волокон), модуль упругости при статическом изгибе —

по ГОСТу 16483.0—70 на образцах размером 20×20×300 мм. Влажность и плотность материала вычисляли по ГОСТам 16483.1—70 и 16483.7—71 после проведения испытаний. В каждой серии испытывали 12—17 образцов. Все механические испытания проводили на стандартной машине УМ-5А. Результаты обрабатывали методами вариационной статистики.

Испытания на релаксацию напряжений проводили на машине Rel-Wi-5t (ГДР) в режиме сжатия на образцах размером 20×20×30 мм (последний размер соответствовал направлению прилагаемой нагрузки). Для математического описания релаксационных кривых использовали степенное уравнение [1] типа

$$\sigma_t = \sigma_0 - at^\alpha,$$

аппроксимирующее аналитическую зависимость

$$\sigma_t = \sigma_0 - \sigma_0 \left[ 1 - \left( \frac{E_d}{E_M} \right) \left[ 1 - e^{-\left( \frac{t}{n} \right)^\alpha} \right] \right],$$

где  $E_M$  — мгновенный модуль упругости;  
 $E_d$  — длительный » » ;  
 $n$  — время релаксации;  
 $a$  — коэффициент релаксации, МПа;  
 $\alpha$  — показатель формы релаксационной кривой;  
 $t$  — безразмерное время;

$$t = \frac{t_n}{t_a},$$

здесь  $t_n$  — время протекания процесса,  $r$ ;  
 $t_a = 1$  ч.

Начальное напряжение в образце задавали равным 25 МПа. Для березы число образцов — 16, для осины и сосны — по 12. Сжатие тангенциальное или аксиальное при влажности древесины 4,5—4,8% и температуре 293К.

Таблица 1

Порода	Влажность в момент испытания, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности, МПа
Береза	$\sim 0$ ( $\varphi \approx 0$ )	—	249,5
	5,2	800	170,0
Осина	$\sim 0$ ( $\varphi \approx 0$ )	—	205,0
	5,4	800	158,0
Сосна	$\sim 0$ ( $\varphi \approx 0$ )	—	190,0
	4,9	800	142,0
Береза	4,5 ( $\varphi = 56$ )	—	180,0
	5,0	1000	221,0
Осина	4,6 ( $\varphi = 56$ )	—	165,0
	5,2	1000	203,0
Сосна	4,4 ( $\varphi = 56$ )	—	145,0
	4,6	1000	190,0
Береза	8,0 ( $\varphi = 80$ )	—	115,0
	4,8	1200	270,0
Осина	8,2 ( $\varphi = 80$ )	—	110,0
	5,0	1200	254,0
Сосна	7,9 ( $\varphi = 80$ )	—	90,0
	4,2	1200	246,0

Примечание. В числителе данные при сжатии вдоль волокон; в знаменателе — при статическом изгибе.

Как показал эксперимент, решающее влияние на прочность древесины оказывают ее влажность и плотность. В табл. 1 приведены данные зависимости прочности от влажности и плотности для модифицированной древесины при сжатии вдоль волокон и при статическом изгибе. С увеличением влажности древесины от 0 до 8% прочность уменьшается вдвое. Но даже в условиях высокой влажности воздуха ( $\varphi = 80\%$ ) прочность модифицированной древесины довольно значительна (90—115 МПа).

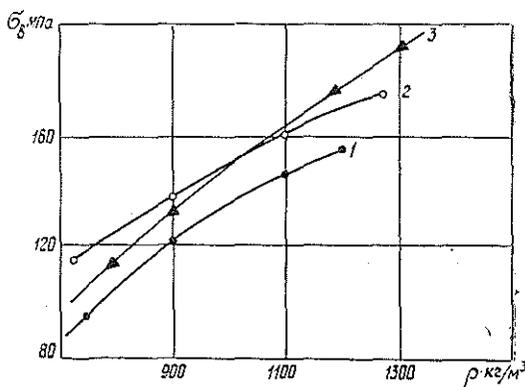


Рис. 1.

1 — древесина, прессованная по способу П. Н. Хухрянского; 2 — пластифицированная аммиаком; 3 — модифицированная мочевиной.

При сжатии вдоль волокон прочность древесины нелинейно возрастает с увеличением ее плотности (рис. 1). В интервале плотности 700—900 кг/м<sup>3</sup> эта зависимость для модифицированной мочевиной древесины близка к аналогичной зависимости для прессованной с предварительным пропариванием древесины, а в интервале 1000—1300 кг/м<sup>3</sup> — к зависимости для древесины, модифицированной аммиаком. При плотности модифицированной мочевиной древесины 1300 кг/м<sup>3</sup> ее прочность составляет 180 МПа.

Из данных табл. 1 видно, что прочность при изгибе больше у древесины березы, несколько меньше у осины и сосны. В целом модифицированная мочевиной древесина имеет достаточно высокие значения предела прочности при статическом изгибе; при плотности 1200 кг/м<sup>3</sup> прочность равна 246—270 МПа.

Таблица 2

Модификация древесины	Влажность, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Мгновенный модуль упругости при	
			сжатии $E_{сж}$ , ГПа	статическом изгибе $E_{изг}$ , ГПа
Береза натуральная	8,8	610	11,2	10,22
" пропитанная	7,6	670	13,9	10,86
" модифицированная	4,9	1250	33,9	34,00
Осина натуральная	8,9	490	15,1	9,24
" пропитанная	7,6	530	17,0	9,54
" модифицированная	5,0	1200	42,6	21,56
Сосна натуральная	8,6	470	10,0	11,88
" пропитанная	6,9	520	11,2	12,20
" модифицированная	4,4	1080	24,7	20,10

В табл. 2 приведены значения модулей упругости при сжатии вдоль волокон и при статическом изгибе древесины осины, березы и сосны после пропитки их мочевиной и сушки, а также после уплотне-

ния пропитанной древесины с последующей сушкой и термообработкой [3]. Как видно из данных табл. 2, модули упругости при изгибе натуральной древесины березы, осины и сосны лежат в пределах 9—12 ГПа. Пропитка растворами мочевины повышает плотность древесины и соответственно увеличивает модули упругости. Так, у березы модуль упругости при сжатии повышается на 24,1%, у осины — на 12,55%, у сосны — на 12,0%; возрастают и модули упругости при изгибе.

Значительное увеличение модуля упругости проходит в результате суммарного воздействия на древесину пропитки, уплотнения и термической обработки. В этом случае модуль упругости при изгибе для модифицированной древесины возрастает в 3,32 раза, для осины — в 2,33 раза, для сосны — в 2,53 раза и составляет соответственно 34,0; 21,56 и 20,10 ГПа.

Анализируя данные табл. 2, можно заключить, что модуль упругости при сжатии зависит от тех же факторов, что и модуль упругости при изгибе. Модифицирование древесины мочевиной позволяет увеличить модуль упругости при сжатии до 34—42 ГПа при плотности материала 1200—1250 кг/м<sup>3</sup>. Самый высокий модуль упругости наблюдается у модифицированной древесины осины.

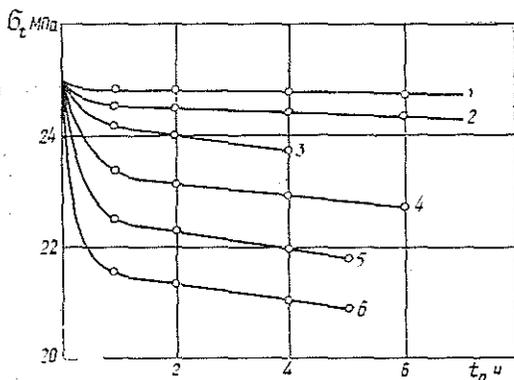


Рис. 2.  
1, 3, 5 — кривые для осины, березы и сосны соответственно при сжатии вдоль волокон; 2, 4, 6 — то же при сжатии в тангенциальном направлении.

Весьма специфично влияет модифицирование на реологические показатели древесины. Как показал эксперимент, напряжения в модифицированной древесине релаксируют намного быстрее, чем в натуральной. На рис. 2 приведены кривые релаксации напряжений модифицированной древесины при сжатии вдоль и поперек волокон.

Как видно из рис. 2, интенсивность внутренних изменений, протекающих в древесине при переходе ее в новое равновесное состояние, нарастает по направлению от осины к сосне. Береза при данных внешних условиях занимает промежуточное положение. Некоторым различием в плотности можно с допустимым приближением пренебречь (для приведенной плотности кривые осины и сосны пройдут несколько ниже, но их взаимное положение практически не изменится).

Результаты обработки экспериментальных данных приведены в табл. 3, из которой видно, что показатель формы не зависит от породы и весьма мало зависит от направления. Поскольку он близок к соответствующим значениям натуральной и прессованной древесины, можно заключить, что модифицирование не изменяет общих закономерностей процесса релаксации напряжений в древесине.

Наибольшим изменениям, по-видимому, подвергается неупругая составляющая древесины, поскольку вторая стадия релаксационного

Таблица 3

Порода	Влажность, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Показатель формы	Коэффициент релаксации, МПа	Время релаксации × 10 <sup>3</sup> , ч
Береза	4,9	1170	0,22	1,075	100
			0,25	1,825	5
Осина	5,0	1130	0,22	0,500	7000
			0,25	0,825	100
Сосна	4,5	1100	0,22	3,50	1
			0,25	3,725	0,3

Примечание. В числителе данные для модифицированной древесины при сжатии вдоль волокон: в знаменателе — при сжатии поперек волокон.

процесса протекает более интенсивно и затухающий характер кривых, как видно из рис. 2, не проявляется в течение 5—7 ч эксперимента. Наибольшей интенсивностью протекания процесса релаксации напряжений обладает модифицированная древесина сосны. Поскольку это наиболее характерно для тангенциального сжатия, логично предположить, что мочевины оказывает заметное модифицирующее воздействие на поздние слои древесины сосны. Процесс релаксации напряжений в модифицированной мочевиной древесине протекает в тангенциальном направлении в 3—5 раз интенсивнее, чем в аксиальном. Затухание второго этапа явно не выражено.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Огарков Б. И. Теория деформирования древесных материалов с учетом ползучести. — В сб.: Исследования в области древесины и древесных материалов. Красноярск, 1967, с. 130—140. [2]. Шамаев В. А., Ельков Л. В. Некоторые свойства пластифицированной мочевиной прессованной древесины. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 1, с. 92—94. [3]. Шамаев В. А., Ельков Л. В., Попова Н. И. Стабилизация древесины, модифицированной мочевиной. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 5 с. 97—101.

Поступила 10 мая 1977 г.

УДК 634.0.812

### ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГО-ВЯЗКИХ СВОЙСТВ В ДРЕВЕСИНЕ ПРИ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЯХ

Б. И. ОГАРКОВ, М. С. ПЕСИН, Л. И. ГОЛОМЕДОВА

Воронежский сельскохозяйственный институт  
Воронежский политехнический институт

Изложены результаты исследования зависимости логарифмического декремента затухания и модуля сдвига натуральной и прессованной древесины березы и бука от температуры и степени прессования с учетом влияния анизотропии.

Для рациональной переработки древесины необходимо знать зависимости ее упруго-вязких характеристик от температуры. Натуральную и модифицированную древесину можно рассматривать как органический полимерный материал со сложной многокомпонентной структурой, обладающей ярко выраженной анизотропией механических свойств. Присутствие в целлюлозе длинных молекулярных цепей по-

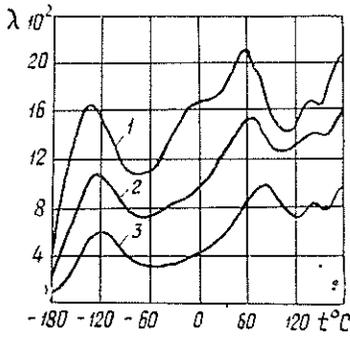


Рис. 1.

1 — натуральная береза; 2 — 40%-ная прессованная; 3 — 50%-ная прессованная. Под рис. 2, 3 и 4 обозначения те же.

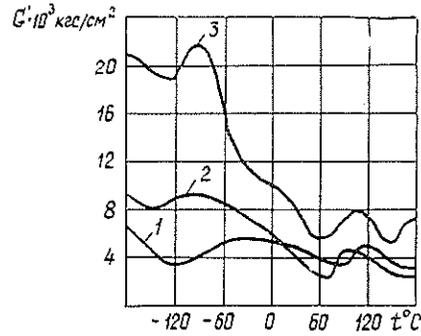


Рис. 2.

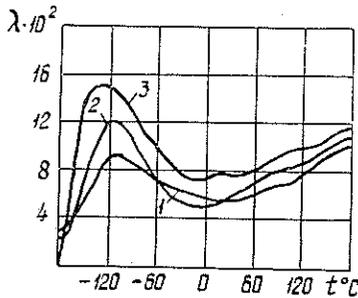


Рис. 3.

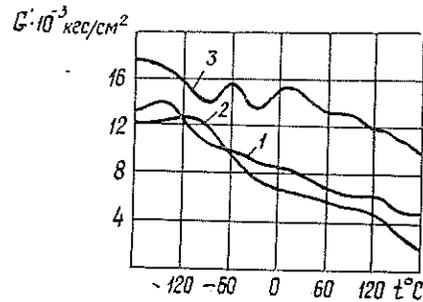


Рис. 4.

зволяет считать оправданным привлечение методов [5], развитых в механике полимеров, к изучению физико-механических свойств древесины.

Рентгенологические методы исследования образцов древесины различных пород позволяют считать целлюлозу состоящей из аморфных и квазикристаллических зон [6].

Анизотропия механических образцов, вырезанных вдоль или поперек волокон, подобна анизотропии механических свойств ориентированных (путем предварительной вытяжки, например) кристаллических или частично кристаллических полимеров [1].

Один из перспективных методов исследования упруго-вязких характеристик различных материалов (в том числе и древесины [3, 4, 7]) — изучение температурной и частотной зависимости модулей упругости и логарифмического декремента затухания упругих колебаний различных частот.

В данной работе обсуждаются результаты измерений, выполненных нами на образцах из натуральной и прессованной древесины березы и бука, ориентированных вдоль и поперек волокон, в интервале температур  $-186 \div +180^\circ\text{C}$  в области частот 0,2—2 Гц. Степень прессования образцов березы — 40 и 50%, бука — 25%. Измерения проводили на установке с крутильным маятником [2]. Температуру образцов поддерживали постоянной с помощью электронного терморегулятора, точность  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Изучаемые образцы имели форму призмы с прямоугольным сечением  $0,5 \times 0,5$  см и ра-

бочей длиной 8 см. Влажность образцов не превышала 6% и практически не менялась в процессе измерений, что контролировалось взвешиванием до и после эксперимента.

Модуль сдвига  $G'$  определяли из выражения

$$G' = \frac{4\pi^2 h I^*}{I} \nu^2, \quad (1)$$

где  $h$  — длина рабочей части образца;

$J^*$  — момент инерции установки;

$I$  — момент инерции образца;

$\nu$  — частота колебаний.

Мерой затухания в образце являлась величина логарифмического декремента затухания

$$\lambda = \frac{1}{N} \ln \frac{a_1}{a_N}, \quad (2)$$

здесь  $N$  — число колебаний в интервале изменения амплитуды от значения  $a_1$  до значения  $a_N$ .

На рис. 1 и 2 приведены кривые зависимости соответственно  $\lambda$  и  $G'$  от температуры для образцов березы с поперечным к оси вращения расположением волокон, на рис. 3 и 4 — то же для образцов с продольным расположением волокон. Кривые построены по точкам, полученным путем усреднения данных для десяти образцов каждой степени прессования. Значения  $\lambda$  и  $G'$  измеряли через интервалы 3—5°C. Разброс значений от образца к образцу и при повторных измерениях на одном и том же образце для  $\lambda$  не превышал 12%, а для  $G'$  — 4%.

Из рис. 1—4 видно, что как и для полимеров с различной степенью кристалличности, на кривых температурной зависимости  $\lambda$  и  $G'$  можно выделить области, соответствующие различным по своей природе релаксационным процессам, наличие которых вызывает заметный рост  $\lambda$  и соответствующее уменьшение  $G'$ . Область высоких температур эквивалентна области высокоэластического состояния полимеров, область промежуточных температур соответствует вязко-упругому состоянию полимеров, область низких температур — стеклообразному состоянию.

Прессование древесины приводит, как правило, к существенному изменению ее физико-механических свойств, в том числе и упруго-вязких характеристик. Процесс прессования условно можно сопоставить с изменением относительной доли аморфной и кристаллической частей целлюлозы древесины и сравнить с влиянием степени кристалличности полимеров на их упруго-вязкие характеристики [2].

Как видно из рис. 1, для образцов с поперечным расположением волокон пики логарифмического декремента затухания находятся вблизи +140, +70 и -120°C; высота пиков заметно падает с ростом степени прессования. Поведение модуля  $G'$  (рис. 2) свидетельствует об уменьшении интенсивности релаксационных процессов, ответственных за появление максимумов механических потерь. Если иметь в виду, что прессование приводит к относительному уменьшению доли аморфной части целлюлозы, то можно считать, что за появление пиков  $\lambda$  в образцах с поперечным расположением волокон ответственны процессы, протекающие именно в аморфных областях.

С другой стороны, для образцов с продольным к оси вращения расположением волокон пик  $\lambda$  вблизи -130°C (рис. 3) возрастает с ростом степени прессования. Аналогично ведут себя и плато, имеющиеся на кривых температурной зависимости величины  $G'$  в области температур, близких к +70 и +140°C.

Это обстоятельство подтверждает предположение, что для образцов с продольным расположением волокон основную роль играют релаксационные процессы, протекающие в кристаллических областях. Столь резко выраженная анизотропия механических потерь известна и для анизотропных полимеров.

Целлюлозная структура оболочки клетки в древесине обнаруживает главные связи, осуществляемые длинными цепочками молекул, и вторичные, осуществляемые валентностями гидроксильных групп, которые участвуют в приеме, перемещении и взаимобмене сил. Из-за сильного сцепления сил внутри кристаллической решетки перемещение молекул может происходить только в пределах аморфных зон. Посредством главных связей напряжение передается от одного кристаллита к другому, в результате же главных и побочных связей внутри кристаллитов мы получаем эластичную систему, тогда как силы побочной валентности внутри аморфных зон допускают перемещение молекул, представляющих вязкий компонент деформаций. Молекулы гемицеллюлозы и лигнина также выполняют это перемещение под влиянием сил внешнего поля. Тепловое движение в древесине характеризуется колебаниями молекулярных цепей, оно активно с повышением температуры и благодаря этому силы сцепления ослабевают.

При описании упруго-вязкого поведения различных полимеров часто используют предположение о том, что вязко-упругие свойства определяются скоростью процессов перемещения частей (сегментов) полимерных цепей или локальной подвижности боковых групп основной цепи. При этом, исходя из данных по измерениям динамических механических свойств полимеров, с помощью уравнения Аррениуса

$$\tau = \tau_0 \exp \left( \frac{\Delta H}{RT} \right) \quad (3)$$

(где  $\tau$  — время релаксации, определяемое из соотношения  $\omega\tau = 1$ , а  $\tau_0$  — наименьшее время перехода молекулярно-кинетической единицы в новое равновесное состояние) можно оценить значение энергии активации такого перехода  $\Delta H$ .

Для процессов сегментального движения энергия активации составляет, как правило, несколько десятков и даже сотен килокалорий на моль, тогда как для локальных форм движения она обычно меньше десяти килокалорий на моль. Величину  $\Delta H$  можно оценить приближенно, если допустить, что она не зависит от температуры. В этом случае, проведя измерения  $\lambda$  на двух различных частотах  $\omega_1$  и  $\omega_2$  и определив температуры  $T_1$  и  $T_2$ , соответствующие максимуму  $\lambda$ , можно записать

$$\Delta H = \frac{R \ln \frac{\omega_1}{\omega_2} T_1 T_2}{T_1 - T_2} \quad (4)$$

В образцах березы и бука, ориентированных поперек волокон, оказалось возможным измерить температурную зависимость  $\lambda$  на частотах, различавшихся в 3—7 раз в области температур около 70°C.

Таблица 1

Образец	$\gamma_1$ Гц	$\gamma_2$ Гц	$\tau_1$ с	$\tau_2$ с	$T_1$ К	$T_2$ К	$\frac{\Delta H}{\text{ккал}} / \text{моль}$	$\tau_0$ с
Береза натуральная	1,2	0,2	0,13	0,8	346	318	14,5	$10^{-10}$
Береза 50%-ной степени прессования	1,8	0,3	0,09	0,53	360	336	18,1	$10^{-12}$
Бук натуральный	1,2	0,4	0,13	0,4	340	323	14,2	$10^{-10}$
Бук 25%-ной степени прессования	1,3	0,5	0,12	0,32	344	331	17,0	$10^{-12}$

В образцах, ориентированных вдоль волокон, в этой области температур отсутствует четко выраженный максимум  $\lambda$ , и оценить величину  $\Delta H$  для них не удалось.

В табл. 1 приведены данные оценки величины  $\Delta H$  по сдвигу максимума кривой зависимости  $\lambda$  от  $T$  для образцов с поперечным расположением волокон. Как видно из этой таблицы, энергия активации натуральной древесины березы и бука имеет величину порядка 14 ккал/моль, что хорошо согласуется со значениями  $\Delta H$  для процессов вязко-упругости большого числа различных полимеров [2]. Для прессованной древесины величина  $\Delta H$  несколько возрастает, что может быть вызвано участием в процессе большого числа звеньев цепи. Чтобы оценить величину  $\tau_0$  из уравнения (3), требуется точно измерить  $\Delta H$ , для чего необходимы температурные измерения  $\lambda$  в широком диапазоне частот.

При прессовании древесины, несмотря на некоторый рост величины  $\Delta H$ , существенно уменьшается  $\tau_0$ , снижается время релаксации  $\tau$  и, следовательно, возрастает подвижность элементов молекулярных цепей.

Результаты эксперимента указывают на рост модуля сдвига  $G'$  с ростом степени прессования, что приводит к возрастанию частоты колебаний и росту энергии активации  $\Delta H$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ашкенази Е. К. Прочность анизотропных древесных и синтетических материалов. М., «Лесная промышленность», 1966. [2]. Голомедова Л. И. Определенные упруго-вязких характеристик древесины методом крутильных колебаний. — «Научные труды ВСХИ», Воронеж, 1974, т. 62. [3]. Ерыхов Б. П., Сырников Ю. П. К вопросу определения вязкости древесины и других твердых тел. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 3. [4]. Огарков Б. И., Песни М. С., Голомедова Л. И. Об учете релаксационных явлений в модифицированной древесине. — Материалы Всесоюзной научной конференции «Рациональное и комплексное использование древесины в деревообрабатывающей промышленности». Минск, 1974. [5]. Уорд Н. Механические свойства твердых полимеров. М., «Химия», 1975. [6]. Химия древесины. Под ред. Лунса Э. Уайз и Эдвина С. Джан. Т. I. М., Гослесбумиздат, 1959. [7]. Vesce H., Noack D. Studies of dynamic torsional viscoelasticity of wood. — «Journ. Wood Sci. a. Technol.», 1968, т. 2, с. 213.

Поступила 15 июля 1977 г.

УДК 674.053

### НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВСИНЫ СУЧЬЕВ СИБИРСКОЙ ЕЛИ, КЕДРА И СОСНЫ

В. А. БАРХАТОВ, А. В. ВАРДУГИН, В. И. ДИТРИХ

Сибирский технологический институт

Описана методика исследований механических свойств древесины сучьев при консольном изгибе. Приведены результаты по пределу прочности, модулю упругости, а также плотности и влажности сучьев сибирской ели, сосны и кедра.

Очистка древесины от сучьев — одна из самых трудоемких и дорогостоящих операций на лесозаготовках. Режущие органы сучкорезных машин и установок, применяемых в сибирских лесах, работают недостаточно эффективно вследствие неполной изученности таксационных характеристик и физико-механических свойств древесины сучьев (в частности сучьев сосны, ели, кедра).

В связи с этим нами проведены исследования по определению основных физико-механических свойств летней древесины сучьев сосны, ели и кедра с естественной влажностью при кратковременных испытаниях на консольный изгиб с заданной скоростью деформирования.

Механические свойства древесины сучьев кедра изучали по методике [2] с применением переносной установки непосредственно на лесосеках Уйбатского и Новокузнецкого леспромхозов Красноярского края в летний период 1974 г.

Для определения физико-механических свойств древесины сучьев сосны и ели использовали образцы, заготовленные в 1973 г. на лесосеках лесозаготовительного участка Мостовское Большемурутинского леспромхоза Красноярского края.

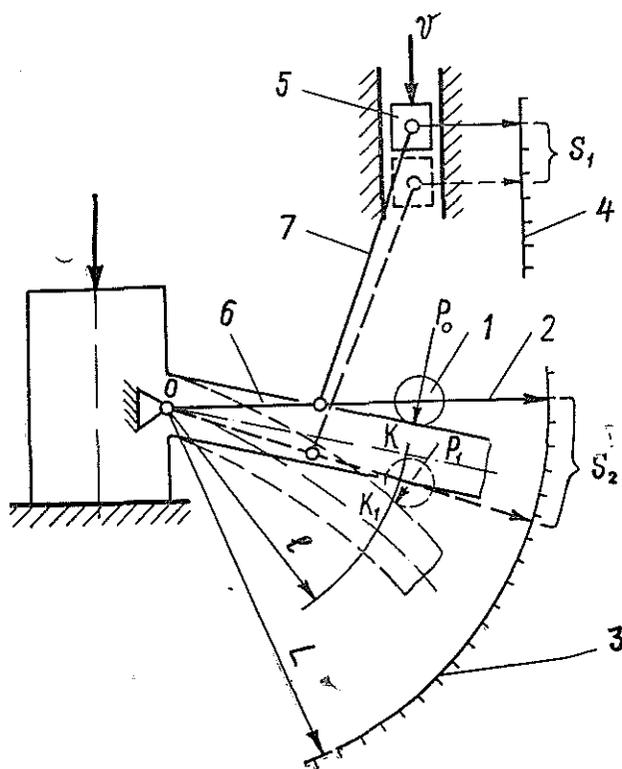


Рис. 1.

Эксперименты проводили на стационарной установке (рис. 1), состоящей из тензометрической балки 1, закрепленной между двумя балками 2, на расстоянии  $l$  от оси вращения; тарировочного сектора 3 с радиусом  $L$ ; потенциометрического датчика пути 4; подвижной каретки 5, испытываемого сучка 6 и двух шатунов 7.

Для предотвращения местного смятия древесины устанавливали между сучком и тензометрической балкой металлическую подкладку размером  $5 \times 50 \times 50$  мм. Сучок изгибается при движении каретки с заданной скоростью.

Значения  $S = \varphi(t)$  (рис. 1) и усилия  $P = f(t)$ , действующего на сучок, регистрировали соответственно реохордным и тензометрическими датчиками и записывали с помощью тензометрической аппаратуры на осциллограмму.

Предел прочности  $\sigma$  и модуль упругости  $E$  определяли по формулам (1) и (2) [4]:

$$\sigma = \frac{32 P_{max} l}{\pi d^3}, \quad (1)$$

где  $P_{max}$  — максимальное усилие при изгибе сучка;  
 $l$  — длина консоли изгибаемого сучка;  
 $d$  — средний диаметр в месте вrastания в ствол (без коры).

$$E = \frac{64P^3}{3f\pi d^4}, \quad (2)$$

здесь  $P$  — нагрузка, равная разности между верхним  $P_1$  и нижним  $P_0$  пределами нагружения;  
 $f$  — прогиб, соответствующий нагрузке  $P$  и определяемый из соотношения (рис. 1)

$$\frac{L}{l} = \frac{S_2}{f};$$

$$f = \frac{lS_2}{L},$$

здесь  $S_2 = K \cdot S_1$ ;  
 $L = 0,52$  м;  
 $K = 2,08$  — коэффициент пропорциональности, полученный из тарифовочного графика;

$$S_1 = vt,$$

где  $v = 0,3$  м/с — скорость каретки станда;  
 $t$  — время прогиба сучка на величину  $f$ , определяемое из осциллограммы «нагрузка — деформация» при консоли  $l$ ;

$$f = \frac{lKvt}{L};$$

$$f = \frac{l \cdot 2,08 \cdot 0,3}{0,52};$$

$$f = 1,2lt.$$

В результате проведенных исследований получены следующие величины: 1) модуль упругости  $E^* = \varphi(l, d)$  в области упругих деформаций в функции от длины консоли и диаметра сучка; 2) условный модуль упругости  $E^{**} = f(l, d, \frac{f}{l})$  в области упруго-пластических деформаций с учетом длины консоли, диаметра сучка и отношения прогиба  $f$  в месте приложения изгибающего усилия к длине консоли  $l$ ; 3) предел прочности в зависимости от диаметра и длины консоли  $\sigma_w = f_1(l, d)$ .

Одновременно были определены естественная влажность и плотность абс. сухой древесины по мере удаления от ствола на расстояние 20; 30; 40 см. Установлено, что по мере удаления от ствола и с уменьшением диаметра сучьев плотность  $\rho_0$  уменьшается; для древесины сучьев сосны от 0,548 до 0,413 т/м<sup>3</sup>, для ели от 0,713 до 0,548 т/м<sup>3</sup>, для кедра от 0,680 до 0,547 т/м<sup>3</sup>; влажность  $W$  увеличивается: для древесины сучьев сосны от 70 до 117%, сучьев ели от 55 до 106%, сучьев кедра от 38 до 56%.

При определении модуля упругости  $E^*$  и предела прочности  $\sigma_w$  использовали планы  $Ki_2$  [3], близкие к Д-оптимальному, со следующими интервалами варьирования:

для сучьев сосны, ели и кедра

$$X_1 = l = 20 \div 40 \text{ см};$$

для сучьев сосны

$$X_2 = d = 4 \div 9 \text{ см};$$

для сучьев ели

$$X_2 = d = 3,5 \div 6 \text{ см};$$

для сучьев кедра

$$X_2 = d = 4 \div 6 \text{ см}.$$

При определении условного модуля упругости  $E^{**}$  использовали план  $B_3$  [3] со следующими интервалами варьирования:  
для сучьев сосны, ели и кедра

$$X_1 = l = 20 \div 40 \text{ см};$$

для сучьев сосны

$$X_2 = d = 4 \div 9 \text{ см};$$

для сучьев ели

$$X_2 = d = 3,5 \div 6 \text{ см};$$

для сучьев кедра

$$X_2 = d = 4 \div 6 \text{ см};$$

для сучьев ели

$$X_3 = \frac{f}{l} = K = 0,12 \div 0,36;$$

для сучьев кедра

$$X_3 = \frac{f}{l} = K = 0,13 \div 0,26;$$

для сучьев сосны

$$X_3 = \frac{f}{l} = K = 0,12 \div 0,24.$$

По результатам экспериментов получили уравнения регрессии. Для вышеуказанных интервалов варьирования в натуральных координатах они имеют вид:

для сучьев сосны

$$\hat{E}^* = 9,81 \cdot 10^4 (-7140,69 + 612,41l + 2937,35d - 10,34l^2 - 328,64d^2 + 33,83ld);$$

$$\hat{E}^{**} = 9,81 \cdot 10^4 (16918,81 - 158,94l - 821,65d - 51281,05K + 38,70ld + 5085,3dK + 697,95lK - 135,88ldK + 2,23l^2 - 73,12d^2 - 11934,65K^2);$$

$$\hat{\sigma}_w = 9,81 \cdot 10^4 (328,095 - 10,69l + 99,218d + 0,069l^2 - 6,592d^2 + 0,634ld).$$

для сучьев ели

$$\hat{E}^* = 9,81 \cdot 10^4 (-6316,57 + 980,32 l + 3298,86 d - 8,65 l^2 - 329,6 d^2 - 23,94 ld);$$

$$\hat{E}^{**} = 9,81 \cdot 10^4 (-6135,28 + 1339,97 l + 2861,56 d - 56737,96 K - 7,86 ld + 1092,24 dK - 461,39 lK - 60,27 ldK - 13,37 l^2 - 359,68 d^2 + 80342 K^2);$$

$$\hat{\sigma}_w = 9,81 \cdot 10^4 (-417,644 + 18,875 l + 328,544 d - 0,061 l^2 - 16,128 d^2 - 3,906 ld);$$

для сучьев кедра

$$\hat{E}^* = 9,81 \cdot 10^4 (25330,55 - 466,055 l - 470,67 d + 6,53 l^2 + 155 d^2 + 84,983 ld);$$

$$\hat{E}^{**} = 9,81 \cdot 10^4 (24566,82 - 996,13 l + 61,78 d - 132865 K + 314,44 ld + 15933 Kd + 3397,34 Kl - 679,07 ldK - 6,92 l^2 - 796 d^2 + 70481,25 K^2);$$

$$\hat{\sigma}_w = 9,81 \cdot 10^4 (1842,54 - 29,682 l - 457,71 d + 0,159 l^2 + 39,4 d^2 - 4,0858 ld)$$

(где значения  $\hat{E}^*$ ,  $\hat{E}^{**}$ ,  $\hat{\sigma}_w$  даны в ньютонах на квадратный метр,  $l$  и  $d$  — в сантиметрах,  $K = \frac{f}{l}$ ;  $f$  — в сантиметрах).

Результаты экспериментов обрабатывали на ЭВМ. Значимость коэффициентов регрессии определяли по  $t$ -параметру Стьюдента. Проверку на однородность дисперсии воспроизводимости проводили по критерию Кехрена, а на адекватность моделей — по критерию Фишера  $F$  [1]. Показатели точности для экспериментальных значений  $E^*$  и  $E^{**}$  не превышают 10%, а для  $\sigma_w$  составляют менее 5%.

Полученные материалы можно использовать не только при изучении процесса резания сучьев, но и при очистке стволов путем обломки сучьев.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Адлер Ю. Н., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М., «Наука», 1971. [2]. Бархатов В. А., Дитрих В. И., Вардугин А. В. Исследование некоторых механических свойств ветвей лиственницы сибирской. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 3. [3]. Пижурин А. А. Современные методы исследований технологических процессов в деревообработке. М., «Лесная промышленность», 1972. [4]. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов. М., «Наука», 1970.

Поступила 22 июля 1975 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.032.14 : 668.411 : 001.5

О ТЕРМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ  
АРАБИНОГАЛАКТАНА

М. М. ЧОЧИЕВА, А. Ф. ТЕРПУКОВА, С. Д. АНТОНОВСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Дериватографическим методом установлено, что термодеструкция арабиногалактана начинается при 180°C. Интенсивное разложение наблюдается в узком интервале температур 260—290°C с максимальной скоростью распада при 280°C. Примеси, присутствующие в арабиногалактане из водного экстракта древесины, снижают его термостабильность.

Известно, что основную массу водорастворимых веществ древесины лиственницы составляет полисахарид арабиногалактан (АГ). Его можно использовать в качестве клея взамен крахмала, например, в абразивной промышленности [5], при поверхностной проклейке бумаги для гофрированного картона [1] и др. При получении порошка высушиванием водного экстракта на распылительной сушилке или его использовании в промышленности арабиногалактан подвергается воздействию высокой температуры. Сведений о термической устойчивости этого полисахарида мы в литературе нашли мало [3, 4].

Термическую устойчивость порошка АГ мы изучали дериватографическим методом в пределах температур 50—500°C. Дериватограммы сняты\* на дериватографе системы «Паулик—Паулик—Эрдей» в среде аргона. Скорость подъема температуры — 1,25 град/мин, навеска — 0,12—0,06 г, эталон — прокаленная окись алюминия. Чувствительность записи ДТА и ДТГ кривых 1:5. Для исследования использовали образцы АГ из водного экстракта древесины и из натечной камеди, очищенные от примесей капроновым сорбентом и высушенные до порошка на распылительной сушилке (табл. 1).

Таблица 1

Показатели	Численные значения показателей, % от навески	
	из экстракта древесины	из натечной камеди
АГ, высаживаемый спиртом	92,4	96,8
Примеси, не высаживаемые спиртом	7,6	3,2
Карбоксильные группы	6,8	6,5
Зола	2,2	0,3
Фенольные вещества**	0,8	Следы
РВ до инверсии	8,6	6,3
Средняя степень полимеризации	252	184

\* Дериватограммы сняты в ЦНИЛХИ А. Н. Кислицыным, за что авторы выражают ему благодарность.

\*\* Фенольные вещества определяли спектрофотометрически на СФ-4 при длине волны 280—290 нм.

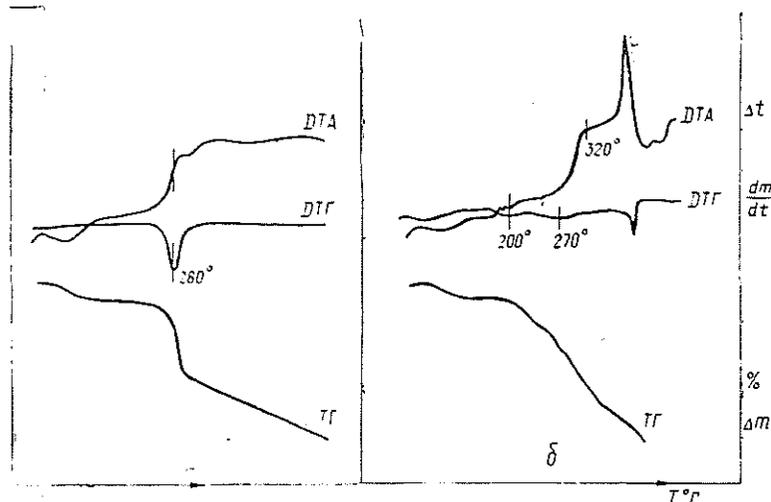


Рис. 1. Дериватограммы арабиногалактана.

а — из натечной камеди; б — из водного экстракта древесины.

Данные табл. 1 показывают, что АГ из водного экстракта древесины по сравнению с АГ из натечной камеди имеет более высокую среднюю степень полимеризации, содержит больше примесей, не осаждаемых спиртом (в том числе золу, фенольные вещества, моносахара и др.), и меньше полисахарида, осаждаемого спиртом.

Поведение этих образцов при нагревании в процессе дериватографического анализа также различно (рис. 1). Из рисунка видно, что в области 60—110°C на кривых ДТА имеется небольшой эндотермический эффект, обусловленный удалением адсорбированной влаги. Термическое разложение обоих образцов АГ начинается при 180°C.

При подъеме температуры до 250°C у АГ из натечной камеди наблюдается медленная потеря массы за счет дегидратации и декарбонилирования. Кроме того, в этот период имеют место реакции частичного гидролиза β-гликозидных связей и экзотермические процессы уплотнения макромолекул с образованием дополнительных связей [3, 4].

Таблица 2

Характеристика процесса термораспада АГ

Образец АГ	$T_{II}$ °C	$T_{max}$ °C	$T_{50}$ °C	Потеря массы, %, при			Интервал $T^{\circ}C$ , для которого рассчитана энергия активации $E$	$E$ ккал/моль
				максимальной скорости распада	260—290°C	380 °C		
Из натечной камеди	180	280	285	43	30	72	250—290	27,5
Из экстракта древесины	180	270	270	40	17	83	200—290	10,6
		380		250—290			8,9	

Примечание.  $T_{II}$  — температура начала потери массы;  $T_{max}$  — температура максимальной скорости потери массы;  $T_{50}$  — температура, при которой потеря массы составляет 50%.

При подъеме температуры выше 250°C скорость разложения АГ натечной камеди резко увеличилась. Интенсивное разложение наблюдалось в узком интервале температур (260—290°C) с максимальной скоростью распада при 280°C. При 290°C суммарная потеря массы составляла 53%, в пределах 260—290°C — 30% от исходной навески (табл. 2). В этой температурной области происходит интенсивный экзотермический процесс пиролиза АГ [3]. С дальнейшим повышением температуры скорость распада значительно уменьшилась и оставалась постоянной до 500°C. Общая потеря массы к 500°C составляла примерно 90%.

Присутствие примесей в АГ из экстракта древесины оказывает влияние на термодеструкцию АГ. Рис. 1 показывает, что начавшееся при 180°C разложение вещества происходит более или менее равномерно с небольшими максимумами при 200 и 270°C. Суммарная потеря массы при 270°C составляла 40%, при 290°C — 52% (53% у АГ из натечной камеди). При 380°C наблюдалось бурное экзотермическое разложение АГ с выбросом вещества из тигля.

Из данных табл. 2 видно, что в интервале температур 250—290°C кажущаяся энергия активации распада АГ из экстракта древесины примерно в 3 раза меньше, чем у АГ натечной камеди. Следовательно, примеси, присутствующие в АГ из экстракта древесины, снижают его термостабильность.

Следует учитывать, что при получении сухого порошка АГ из водных экстрактов древесины лиственницы высушиванием на распылительной сушилке температура входящего воздуха не должна превышать 200°C, так как при более высокой температуре сильно изменяются свойства АГ (табл. 3).

Таблица 3

Влияние условий сушки на свойства АГ, не очищенного от примесей

Номер образца	Условия сушки			Характеристика порошка	Количество АГ, осаждаемого спиртом, %	СООН, %	Средняя СП	Клеящие свойства 60%-ного раствора, сопротивление	
	Температура воздуха, °С		Скорость распылителя, тыс. об/мин.					скальванию, кг	расслаиванию, г
	входящего	выходящего							
1	200	70	40	Аморфный, легко сыпучий, серый	89,2	6,7	260	15,6	128
2	380	100	8	Спекшийся в куски, темно-коричневый	33,7	5,1	161	4,2	89

Из данных табл. 3 видно, что даже кратковременное (до 30 с) пребывание АГ при 380°C вызвало очень сильное его разрушение, в результате которого изменился состав и клеящие свойства.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Белова Т. А., Егорова Т. Н., Антоновский С. Д., Чочиева М. М., Чочиева А. Ф. Применение арабогалактана лиственницы при поверхностной обработке бумаги для гофрирования. — «Бумажная промышленность», 1973, № 7, с. 3—4. [2]. Домбург Г. Е., Сергеева В. Н., Кошик М. Ф. Термические эффекты компонентов клеточной стенки и их проявление на термографической кривой древесины березы. — «Химия древесины», 1969, № 4, с. 127—136. [3]. Козлов В. Н., Гуляев В. Н. Пирогенетическая переработка сибирской лиственницы. — «Труды

ин-та химии и металлургии», 1955, вып. 2, с. 177—179. (АН СССР, Уральский филиал). [4]. Курняма А. Химические изменения в древесине при нагревании ее до температуры 200°C. — «Дзайре», 1967, т. 16, № 169, с. 772—776. (Пер. с японск.). [5]. Лукницкий А. Н., Воронов С. Г., Кочергина Н. А., Антоновский С. Д., Чочиева М. М., Чочиева А. Ф. Арабиногалактан в качестве заменителя декстрина. — Научно-технич. рефер. сб. «Абразивы», 1975, вып. 3, с. 9—11.

Поступила 11 июля 1977 г.

УДК 674.049.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ В ДРЕВСИНЕ ТРУДНОВЫМЫВАЕМЫХ АНТИПИРЕНОВ СПОСОБОМ ДВОЙНЫХ ПРОПИТОК

С. Н. ГОРШИН, Н. А. МАКСИМЕНКО

Сенежская лаборатория консервирования древесины  
ЦНИИМОДа

Изучена возможность защиты древесины от возгорания несовмещающимися в растворе химическими соединениями (компонентами) при последовательном их введении в материал.

Двойные пропитки древесины были известны в России давно [1, 2, 4, 9], но они не находили практического применения из-за трудностей их осуществления. Сущность двойных пропиток заключалась в том, что материал последовательно пропитывали несовмещающимися в одном растворе дешевыми соединениями, способными, однако, создавать в древесине нерастворимые или слабо растворимые антипиренные новообразования. Создание в древесине большого количества нерастворимых солей называется ее минерализацией [4, 7, 11].

И. А. Целиков и С. Г. Веденкин [11] отмечали, что путем двойных пропиток древесины можно получать антипирены в виде сернокислых, фосфорнокислых, борнокислых, углекислых, кремнекислых нерастворимых соединений. Особенно эти авторы выделяли пропитку по следующей схеме: сульфат аммония — хлористый барий с получением нерастворимого сульфата бария.

Для двойных пропиток были рекомендованы следующие пары соединений: 5%-ный раствор серной кислоты и 10%-ный раствор хлористого бария [3]; хлористый магний и фосфат аммония с аммиаком [5]; хлористый кальций и серная кислота [6]; сернокислый цинк и бора, хлористый кальций и бора, фосфорнокислый магний и сернокислый алюминий, магнийаммонийфосфат и борат цинка, хлористый магний и диаммонийфосфат с аммиаком в присутствии углекислоты, кремнекислый натрий и сернокислый цинк [10].

В настоящее время способ двойных пропиток для огнезащиты древесины становится актуальным, особенно в применении к сборным сооружениям в связи с разработкой сотрудниками Сенежской лаборатории панельного метода пропитки (ГОСТ 20022.4.75). В связи с этим авторы исследовали возможность и эффективность двойных пропиток с использованием других пар пропиточных компонентов и применяя панельный способ.

Пропитываемость древесины изучали на отрезках бревен ( $d = 300$  мм;  $l = 300$  мм) панельным способом при последовательном введении 10%-ных растворов пропиточных компонентов. Два образца в течение 15 сут пропитывали раствором хлористого кальция (ХК), а в течение следующих 15 сут — раствором диаммоний-

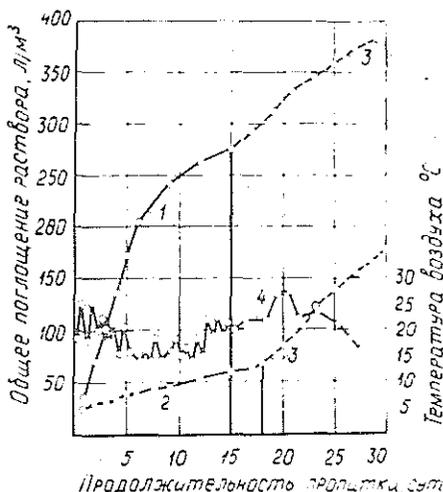


Рис. 1. Зависимость общего поглощения растворов пропиточных компонентов (ХК+ДФ и ХЖ+ДФ) от продолжительности пропитки панельным способом.

1 — ХК; 2 — ХЖ; 3 — ДФ; 4 — кривая температуры.

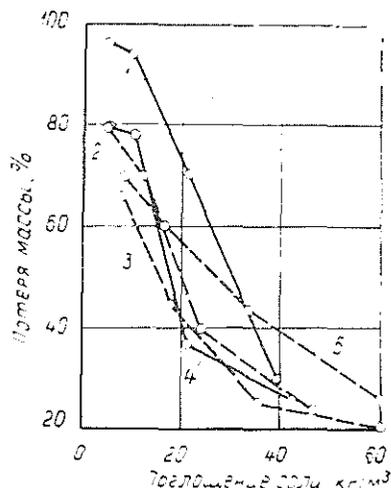


Рис. 2. Зависимость потери массы от суммарного поглощения пропиточных компонентов.

1 — ХБ+Б; 2 — ХЖ+ДФ (1:1,22); 3 — ХЖ+ДФ (1:2,44); 4 — ХК+ДФ (1:1,18); 5 — ХК+ДФ (1:1,78).

фосфата (ДФ). Другие два образца в течение 18 сут пропитывали раствором хлорного железа (ХЖ), а затем в течение 12 суток — раствором ДФ.

Выявлено (рис. 1), что пропиточные свойства компонентов, участвующих в первом цикле пропитки, различны. Среднесуточное общее поглощение ХК составило  $18 \text{ л/м}^3$ , ХЖ — только  $4 \text{ л/м}^3$ . Отношение средних скоростей поглощений этих веществ за 15 сут было приблизительно как 5:1. При пропитке образцов вторым компонентом, которым в обоих случаях был ДФ, его общее поглощение для обеих пар образцов возрастало почти одинаково. Наблюдаемые в период пропитки колебания температуры воздуха не оказали заметного влияния на ход кривых.

В результате среднесуточное общее поглощение раствора ДФ составило 7 и  $9 \text{ л/м}^3$ . Суммарное за два периода (30 сут) общее поглощение для пары ХК+ДФ достигло  $384 \text{ л/м}^3$ , из них  $275 \text{ л/м}^3$  (71%) — для ХК и  $109 \text{ л/м}^3$  (29%) — для ДФ; для пары ХЖ+ДФ общее поглощение равно  $178 \text{ л/м}^3$ , из них  $68 \text{ л/м}^3$  (38%) — для ХЖ и  $110 \text{ л/м}^3$  (62%) — для ДФ. Эти соотношения позволяют более правильно выбирать концентрации растворов компонентов и время пропитки каждым из них. По характеру кривых видно, что общее поглощение компонентов за счет удлинения периодов пропитки могло бы быть увеличено.

Огнезащитную способность соединений, образующихся в древесине при двойных пропитках, исследовали методом ОСП [8] и по ГОСТу 16363—76. Методом ОСП изучали огнезащитность древесины, последовательно пропитанной следующими химическими соединениями: ХК+ДФ; ХЖ+ДФ; ХБ (хлористый барий) + бура (Б). Образцы пропитывали по способу вакуум — атмосферное давление с просушиванием между пропитками. Концентрации растворов рассчитывали с учетом пропиточной емкости древесины и стехиометрического соотношения компонентов в реакции образования нерастворимых соединений.

Исследовали пропитки с различным соотношением компонентов. Предполагалось, что при избытке второго компонента (ДФ) в древесине могут образовываться двойные соли, при недостатке — трехзамещенные фосфаты.

Таблица 1

## Показатели огнезащитности древесины при двойных пропитках

Пропиточные компоненты	Соотношение компонентов	Поглощенные соли, кг/м <sup>3</sup>	Потеря массы, %	Продолжительность самостоятельного горения, с.		Максимальная температура отходящих газов, °С
				пламенем	тлением	
По методу ОСП						
ХБ+Б	1,04:1	5	96,3	83	156	—
		10	94,0	39	150	—
		21	70,0	27	142	—
		40	29,7	20	21	—
ХЖ+ДФ	1:1,22	5	79,3	40	16	—
		12	69,7	39	16	—
		24	39,6	25	23	—
		47	23,5	2	19	—
ХЖ+ДФ	1:2,44	8	65,8	51	28	—
		18	44,6	35	24	—
		36	25,1	2	21	—
		74	18,2	10	17	—
ХК+ДФ	1:1,18	6	79,4	50	9	—
		11	78,0	37	11	—
		21	36,7	27	14	—
		42	25,7	8	29	—
ХК+ДФ	1:1,78	9	69,8	57	9	—
		17	60,0	48	20	—
		34	43,0	33	16	—
		69	19,9	1	14	—
По ГОСТу 16363-76						
ХК+ДФ	1:1,22	74	13,5	0	77	161
ХЖ+ДФ	1:1,18	79	11,2	0	68	149
Контроль	—	—	96,3	635	2095	452

Результаты опыта, приведенные в табл. 1 и на рис. 2, показали, что в диапазоне низких поглощений (5—10 кг/м<sup>3</sup>) лучшие огнезащитные свойства показала пропиточная пара ХЖ+ДФ при соотношении 1:2,44. При увеличении поглощения до 20 кг/м<sup>3</sup> более эффективна пропиточная пара ХК+ДФ с соотношением компонентов 1:1,18. При поглощении 40 кг/м<sup>3</sup> все испытанные пары, за исключением ХК+ДФ (1:1,78), показали высокую защищающую способность (потеря массы 23—29%).

Для более полной оценки защищающей способности испытанных пропиток рассмотрим некоторые особенности процесса горения, в частности, продолжительность горения пламенем и тлением.

Из данных табл. 1 видна общая закономерность снижения продолжительности горения пламенем с увеличением поглощения. Наименьшую продолжительность горения пламенем (40—2 с) в диапазоне всех испытанных поглощений имели образцы, защищенные парой ХЖ+ДФ (1:1,22), а наибольшую (83—20 с) — защищенные парой ХБ+Б. Пропитанная древесина при всех сочетаниях компонентов, за исключением пары ХБ+Б, слабо тлеет.

Огнезащитная способность соединений, образующихся в древесине в результате двойных пропиток, была испытана и по ГОСТу 16363—76. Образцы пропиты-

вали в автоклаве на всю глубину по способу вакуум — давление парами компонентов ХК+ДФ и ХЖ+ДФ, испытанными в предшествующем опыте.

Исследования показали (табл. 1), что пары ХК+ДФ и ХЖ+ДФ обладают высокой и практически равной огнезащитной способностью (потеря массы 11—13%). Древесина, защищенная этими пропиточными компонентами, трудновоспламеняемая. Самостоятельно она пламенем не горит и мало тлеет.

Таким образом, применяя панельную пропитку и последовательно вводя несовмещающиеся в растворе пропиточные компоненты, можно, без перерыва на сушку, получать необходимое поглощение с соотношением компонентов, обеспечивающим возникновение в материале огнезащитных новообразований.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Герценштейн В. И. Увеличение срока службы строевого и шпального леса на русских железных дорогах с помощью рационального предохранения его от преждевременной порчи, гниения и пожара. СПб, 1895, 52 с. [2]. Гросс П. Предохранение дерева от гниения и сгорания. СПб, 1905, 22 с. [3]. Инструкция (временная) по предохранению деревянных конструкций от огня. М.—Л., 1932. [4]. Константинов И. Предохранение дерева, тканей и кожи от гниения, сгорания и промокания. СПб, 1906, 76 с. [5]. Лекторский Д. Н. Пропитка древесины. Учебное пособие для вузов. М., 1940, 202 с. [6]. Лекторский Д. Н. Защитная обработка древесины. Учебник для лесных техникумов. Ч. I, М.—Л., 1951, 216 с. [7]. Лямин Н. Н. О предохранении дерева и тканей от воспламенения. СПб, 1901, 9 с. [8]. Максименко Н. А. Испытания антипиренных свойств антисептиков на малых образцах в острие стандартного пламени. В кн.: Продукты переработки древесины — сельскому хозяйству. Т. III. Рига, 1973, с. 196—203. [9]. Малыгин М. И. Руководство к дешевому приготовлению огнеупорных и водонепроницаемых составов и красок. М., 1892, 94 с. [10]. Офер В. А. Придание огнестойкости древесным конструкциям и изделиям, применяемым в судостроении и судоремонте. М., 1948, 44 с. [11]. Целиков И. А., Веденкин С. Т. Огнезащитные краски и составы. М., 1930, 94 с.

Поступила 21 февраля 1977 г

УДК 676.2:19.023.7

## КАУЧУКОВЫЕ ЛАТЕКСЫ КАК ПРОКЛЕИВАЮЩИЕ АГЕНТЫ БУМАГИ И КАРТОНА

В. Л. КОЛЕСНИКОВ

Белорусский технологический институт

Показано, что проклеивающая способность латексов существенно зависит от природы и содержания в них веществ, обладающих поверхностной активностью.

Наличие избыточной поверхностной энергии на границе раздела фаз полимер каучука — жидкость, вызванной неуравновешенностью силовых полей граничных молекул, определяет термодинамическую агрегативную неустойчивость каучуковых латексов.

Свойства латексов, имеющих для технологии проклейки бумаги и картона наиболее важное значение, определяются, в основном, природой полимера, количеством эмульгатора и типом поверхностно-активного вещества, примененного для этой цели. Адсорбционные оболочки на поверхности глобул и контрастность перехода каучук — дисперсионная среда — это два полярных научных понятия, управляющих поведением частиц микрогетерогенной системы.

Центральная проблема процесса проклейки бумаги и картона на стадии проклейки в массе — обеспечение гетероадагуляции (слипания разнородных и разновеликих частиц).

В силу непрерывности главного перехода системы из начального состояния в конечное при проклейке бумаги или картона для обеспечения гетероадагуляции необходимо выполнить условие сохранения агрегативной устойчивости дисперсии в изоэлектрическом состоянии, иначе наступит необратимая коагуляция и выполнение поставленной задачи будет теоретически исключено.

С этой целью мы предложили использовать явление коллоидной защиты с помощью поверхностно-активных веществ, которые были названы регуляторами проклейки. Механизм действия регуляторов проклейки исследован и опубликован нами ранее [2—5].

Вопрос о месте протекания главных событий в процессе проклейки бумаги в массе долгое время дебатировался среди технологов-бумажников: одни считали важными адсорбционные процессы, происходящие на поверхности растительных волокон; другие утверждали, что главную роль играет концентрирование ионов алюминия на дисперсных частицах; третьи рисовали картину увеличения проклеивающего вещества образующимися хлопьями гидроокиси алюминия при движении к волокнам целлюлозы, сохранившим, по их мнению, отрицательный заряд. Какой компонент перезаряжается при проклейке — не было выяснено окончательно до самого последнего времени.

И. Ф. Ефремов и О. Г. Усъяров [1], на наш взгляд, однозначно установили координаты и последовательность адсорбционных процессов, имеющих место в микрообъектах, закономерности которых можно распространить на рассматриваемые нами системы. В опытах эти исследователи анализируют потенциальные кривые взаимодействия трех одинаковых, достаточно мелких сферических частиц, находящихся в поле поверхностных сил толстой пластины. Без пластины энергетические потенциальные барьеры обеспечивают длительную стабильность частиц, так как потенциальная яма на кривых почти отсутствует, вследствие чего столкновения частиц оказываются малоэффективными и не приводят к их слипанию. Наличие силового поля пластины вызывает на потенциальной кривой соседней сферической частицы появление глубокого вторичного минимума, который закономерно увеличивает вероятность ближней коагуляции. Поэтому скорость слипания мелких частиц друг с другом в сотни и тысячи раз меньше скорости их налипания на крупные.

Если иметь в виду, что по возрастающим размерам частицы, присутствующие при проклейке бумаги в массе, можно расположить в следующий ряд: частицы перезаряжающего агента → частицы проклеивающих дисперсий → растительные волокна, — то становится очевидным порядок протекания процесса проклейки и место свершения главных событий.

На характер происходящих явлений существенное влияние оказывает и четвертый обязательный компонент системы — эмульгатор. Если свойства коагулята определяются природой поверхностно-активного вещества, использованного в качестве эмульгатора мономерно-полимерных капелек при получении латекса, то характер коагуляции и размер частиц образующегося коагулюма зависят, в первую очередь, от количества присутствующего эмульгатора в единице объема латекса.

При применении для проклейки бумаги белого канифольного клея концентрация молекул резината натрия в  $1 \text{ м}^3$  3%-ной массы в 14 раз

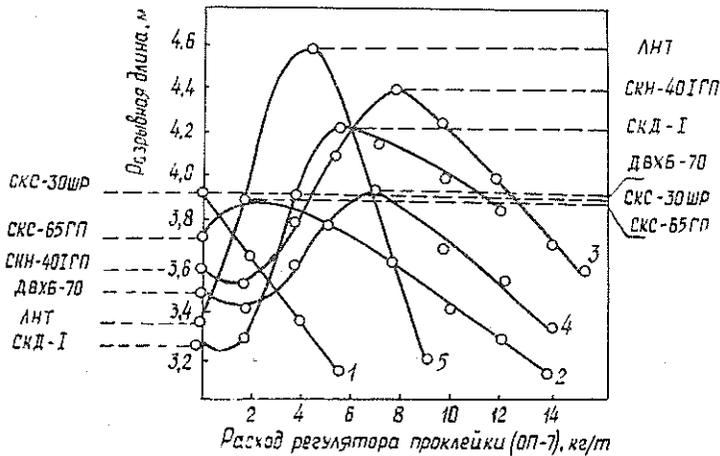


Рис. 1. Разрывная длина опытных образцов бумаги с регулируемой латексной проклейкой в зависимости от природы каучуковых латексов (сульфитная небеленая целлюлоза, 25°ШР; расход каучукового вещества — 5% от абс. сухого волокна; концентрация массы при проклейке — 2%).

1 — СКС-30ШР; 2 — СКС-65ГП; 3 — СКН-40ГП; 4 — ДВХБ-70; 5 — ЛНТ; 6 — СКД-I.

меньше, чем в случае использования латекса с таким же расходом. Это главный отличительный признак латексов как проклеивающих агентов бумаги и картона. Инженер-технолог, работающий на производстве, не ощущает большой разницы в результатах проклейки бумаги белым клеем с различным содержанием свободной смолы при обычных расходах канифоли потому, что процесс коагуляции происходит при большом избытке молекул резината натрия в системе, т. е. уже тогда, когда система перестает быть чувствительной к изменению концентрации дифильных веществ. Латекс, особенно адсорбционно ненасыщенный, будучи введенным в волокнистую массу с добавкой сульфата алюминия, дает очень резко отличающиеся результаты проклейки при переменном содержании в массе веществ, обладающих поверхностной активностью.

Сказанное можно продемонстрировать функциональными зависимостями (рис. 1), представляющими собой типичные кривые изменения выходного параметра от природы латексов и количества поверхностно-активного вещества в системе. Критерием процесса выбрана прочность листового материала, однако следует иметь в виду, что характер кривых такой же и для других показателей: влагопрочности, удержания каучукового вещества из латексов целлюлозными волокнами, сопротивления излому, продавливанию и т. п., так как все эти выходные параметры базируются на одном явлении, связывающем их в единую логическую систему, звеном и стержнем которой является обеспечение гетеродагуляции в оптимальном режиме.

Значения прочности бумаги, проклеенной различными по природе латексами по классической методике [масса + латекс +  $Al_2(SO_4)_3$ ], нанесены на шкалу ординат рис. 1. Анализ этих показателей дает основание сделать вывод о том, что по убывающей проклеивающей спо-

способности испытанные латексы можно расположить в следующий ряд: СКС-30ШР → СКС-65ГП → СКН-40ІГП → ЛНТ → ДВХБ-70 → СКД-І. Этот вывод обоснован, но не окончательный и не отвечает фактическому положению, так как при этом способе проклейки не реализованы все возможности, заложенные в каждом латексе; порядок латексов на оси ординат случаен и зависит от величины степени адсорбционной насыщенности исходных дисперсий. Если развернуть процесс в плоскости  $P-Re$  (индексом  $Re$  обозначен расход поверхностно-активного вещества — регулятора проклейки), то на кривых четко обозначаются экстремальные области, высшие значения показателя качества бумаги в которых зависят от удачного выбора по природе пары каучук — регулятор; после такого приема положение латексов в ряду проклеивающей способности закономерно изменяется, отвечает уже объективной реальности и более справедливо характеризует ценность данного латекса для бумажной промышленности. Для проклейки можно применять не только по-отдельности латексы и регуляторы, но и их смеси, дающие, как правило, самые интересные результаты.

Для получения прочных и влагопрочных бумаг можно рекомендовать применять в качестве регулятора растворы синтетических смол и полиэлектролитов, совмещающихся с каучуковыми латексами. Технологи часто игнорируют концентрацию массы при проклейке как фактор. Между тем, нельзя ожидать одинаковых показателей для бумаги или картона, если одну и ту же проклеивающую смесь вводить в одном случае в бассейн с концентрацией массы 3—4%, в другом — в поток массы с концентрацией 0,4—0,6%. Десорбция молекул поверхностно-активного вещества в окружающую среду при разбавлении да-

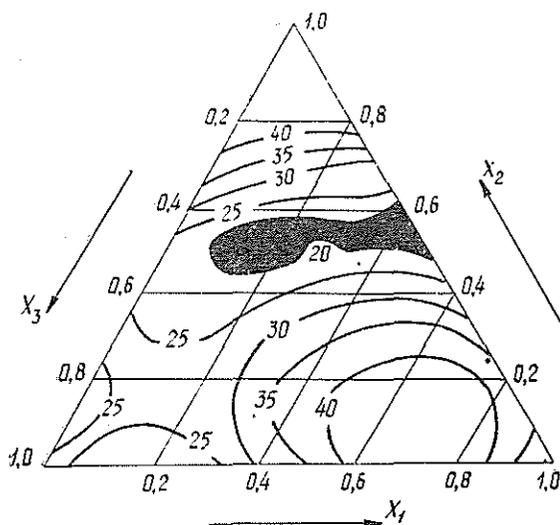


Рис. 2. Диаграмма состав — свойство для степени проклейки бумаги по Коббу (сульфитная беленая целлюлоза, 37°ШР; концентрация массы при проклейке — 3%; суммарный расход проклеивающих веществ — 15 кг/т).

$X_1$  — доля белого канфилового клея (30% св. смолы) в проклеивающей смеси;  $X_2$  — доля латекса СКС-65ГП в проклеивающей смеси;  $X_3$  — доля регулятора проклейки (резинат натрия) в проклеивающей смеси.

ет возможность осуществить управляемую проклейку даже в случае применения адсорбционно-насыщенных латексов.

Для бумажной промышленности наибольший интерес должны представлять латексы типа карбоксильных, дисперсная фаза которых состоит из полимера с полярными или реакционноспособными группами.

В настоящее время остро ощущается дефицит в канифоли как в проклеивающем веществе для писчих видов бумаги, поэтому на кафедре технологии целлюлозно-бумажного производства Белорусского технологического института по заданию Технического управления Минбумпрома СССР испытаны некоторые виды латексов как возможных заменителей канифоли.

Композиционные факторы исследовали с использованием методов и математического аппарата симплекс-решетчатого планирования эксперимента. Поверхность отклика аппроксимировали полиномами третьей степени, анализ которых производили на ЭЦВМ «Мир-2».

Из рис. 2 видно, что сочетание всех компонентов проклеивающей смеси дает лучшие результаты проклейки, чем каждый в отдельности; на этом основании удалось снизить суммарный расход проклеивающих веществ до 15 кг/т (при условии обеспечения показателей ГОСТа для писчей бумаги № 2), из которых канифоль составляет половину.

Координаты точки полученного оптимума служили исходными данными для проведения опытных выработок на экспериментальной бумагоделательной машине ЦНИИБа; последние полностью подтвердили выводы лабораторных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ефремов И. Ф., Усъяров О. Г. — «Коллоидный журнал», 1972, 34, вып. 2, с. 213. [2]. Колесников В. Л., Перекальский Н. П., Рейзинь Р. Э. «Изв. АН Латв. ССР. Сер. хим.», 1967, № 6, с. 740—743. [3]. Колесников В. Л., Малыгин В. С. Способ проклейки бумажной массы. Авт. свид. № 306217. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1971, № 19. [4]. Колесников В. Л., Жалковская Л. З. Масса для изготовления влагопрочных бумаг и картонов. Авт. свид. № 359329. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1972, № 35. [5]. Колесников В. Л. и др. Способ изготовления бумажной массы. Авт. свид. № 377462. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1973, № 18.

Поступила 3 октября 1977 г.

УДК 634.0.824.81/85

## О КАРБАМИДНОМ КЛЕЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ АЛКИЛРЕЗОРЦИНОВЫМ ОЛИГОМЕРОМ

*Р. Ш. ХАСАНОВ, В. А. ЗАБУРУНОВ, В. М. ХРУЛЕВ*

Уфимский филиал Московского технологического института  
Новосибирский инженерно-строительный институт

Приведены результаты экспериментальных исследований стойкости клеевых соединений древесины сосны, образованных карбамидным клеем холодного отверждения на основе смолы УКС, модифицированной резорциноформальдегидным (смола КФ-12) и алкилрезорциноформальдегидным (смола ФР-100) олигомерами.

Карбамидные клеи холодного отверждения редко применяют для склеивания деревянных конструкций и строительных деталей из-за невысокой стойкости к увлажнению и нагреванию и ограниченной атмосферостойкости [2]. Между тем, благодаря низкой стоимости, обеспеченности сырьевой базой, слабой токсичности, высокой скорости отверждения эти клеи весьма перспективны для изготовления несущих и ограждающих строительных конструкций.

Из практики зарубежного строительства (1935—1950 гг.) известно немало примеров успешного использования карбамидных клеев холодного отверждения в несущих деревянных конструкциях [3]. Можно полагать, что в этих случаях были применены карбамидные клеи, модифицированные резорциноформальдегидными, фурановыми или меламиноформальдегидными олигомерами (клеи «Каурит», «Каурезин» и др.).

В лаборатории клеев и пластмасс Новосибирского инженерно-строительного института нами были проведены исследования по модифицированию карбамидных клеев резорциновым и алкилрезорциновым олигомерами.

В качестве резорцинового олигомера использовали резорциноформальдегидную смолу ФР-12 марки Б (МРТУ 6-05-1202-69) — продукт конденсации кристаллического резорцина, формальдегида и этиленгликоля в присутствии этилового спирта с последующим введением щелочи; в качестве алкилрезорцинового олигомера — алкилрезорциноформальдегидную смолу ФР-100 (ТУ 6-05-281-3-72) — продукт конденсации сланцевых двухатомных фенолов с формальдегидом в среде этилового спирта, этиленгликоля и водного раствора щелочи.

Теоретическая предпосылка применения указанных олигомеров для модифицирования карбамидного клея основана на способности резорцина и алкилрезорцина к активному взаимодействию с формальдегидом, содержащимся в карбамидной смоле в свободном состоянии, и к образованию дополнительных связей [2].

Для выбора оптимальной рецептуры модифицированного карбамидного клея были испытаны клеевые образцы размером 20×20×10 мм (последний размер по длине волокон) из древесины сосны влажностью 8—10%. Компоненты клея смешивали в указанных в табл. 1 массовых количествах. Клеевую композицию готовили при комнатной температуре в рецептурной последовательности следующим образом. В

Таблица 1

Результаты контрольных испытаний образцов, склеенных карбамидным, резорциноформальдегидным и карбамидно-резорциноформальдегидным клеями

№ пл	Марка клея	Состав клея (массовая часть)	Режим термообработки	Показатели статистической обработки результатов испытаний			
				M	V	p	A
1	УКС	Мочениноформальдегидная смола УКС (100), щавелевая кислота — 10%-ный водный раствор (10)	0	11,65	1,43	0,45	100
			1	10,00 4,64	3,01 5,20	0,95 1,60	100 85
			2	2,82 1,23	18,46 23,18	3,21 2,68	60 10
2	ФР-12	Резорциноформальдегидная смола КФ-12 (100), параформальдегид — порошок (13,5)	0	10,78	3,34	1,63	100
			1	10,15 5,30	3,50 3,73	1,38 2,60	100 98
			2	10,61 5,34	3,87 4,21	1,32 2,81	100 95
3	ФР-100	Алкилрезорциноформальдегидная смола ФР-100 (100), параформальдегид — порошок (13,5)	0	10,95	3,86	1,85	100
			1	11,52 5,38	3,20 4,10	2,60 3,50	100 80
			2	10,41 5,21	3,67 4,32	1,66 3,72	100 55
4	УКС + ФР-100	Смола ФР-100 (20), параформальдегид (2,7), щавелевая кислота — 10%-ный спиртовой раствор (10), смола УКС (100)	0	11,35	3,65	1,47	100
			1	10,96 4,43	3,74 4,06	1,35 1,90	100 70
			2	10,21 4,30	4,25 4,63	2,22 1,46	90 50

отвешенное, согласно рецептуре, количество смолы ФР-12 или ФР-100 вводили отвердители: сначала параформальдегид, а затем после перемешивания в течение 5 мин — 10%-ный спиртовой раствор щавелевой кислоты. Полученную массу при постоянном перемешивании вводили в отвешенное количество карбамидной смолы и весь состав перемешивали в течение 10 мин. Нанесение клея двустороннее. Открытая выдержка 5 мин. Образцы склеивали радиальными плоскостями и выдерживали в запрессованном состоянии под давлением 0,5 МПа в течение 24 ч. После склеивания образцы выдерживали до испытаний в течение месяца в отопляемом помещении. Для каждого вида испытаний было взято по 10 образцов.

Для оценки стойкости клеевых соединений к увлажнению и тепловому старению были выбраны следующие режимы обработки: 1) вымачивание в воде при температуре  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  в течение 48 ч. Это время необходимо для достижения в зоне клевого шва влажности, равной пределу гигроскопичности [1]; 2) кипячение в воде в течение 3 ч с последующей выдержкой в проточной воде в течение 1 ч; 0) контрольные образцы, испытанные после выдерживания в течение месяца в отопляемом помещении.

Продолжение табл. 1

№ п/п	Марка клея	Состав клея (массовая часть)	Режим термообработки	Показатели статистической обработки результатов испытаний			
				M	V	p	A
5	УКС+ ФР-100	Смола ФР-100 (40), параформальдегид-порошок (5,4), щавелевая кислота—10%-ный спиртовой раствор (10), смола УКС (100)	0	98,64	4,38	1,93	90
				92,16	7,41	2,28	70
				3,57	5,67	4,42	55
6	УКС+ ФР-100	Смола ФР-100 (10), параформальдегид-порошок (1,35), щавелевая кислота—10%-ный спиртовой раствор (5), смола УКС (100)	0	7,84	8,32	3,31	40
				3,39	6,83	2,28	25
				9,24	5,29	1,67	100
7	УКС+ ФР-100	Смола КФ-12 (10), параформальдегид-порошок (1,35), щавелевая кислота—10%-ный спиртовой раствор (5), смола УКС (100)	1	5,98	4,5	1,47	50
				3,88	7,01	2,06	35
				8,60	2,40	0,44	95
			2	1,99	11,19	3,53	10
			0	8,16	9,68	3,06	55
			1	5,98	11,9	3,74	20
			2	3,26	15,82	4,36	10
				1,38	9,85	3,11	10
				1,23	19,57	6,17	0

Примечание. M — среднее арифметическое предела прочности на скалывание, полученное из результатов 10 наблюдений, МПа; V — вариационный коэффициент, %; p — показатель точности, %; A — средний процент разрушения клеевых соединений по древесине, %. В числителе показателя для образцов, испытываемых в мокром виде; в знаменателе — для высушенных (при 60°C в течение 48 ч) образцов.

Как видно из результатов испытаний, приведенных в табл. 1, значительный эффект достигается при совмещении карбамидного клея УКС с алкилрезорциноформальдегидным клеем ФР-100. Анализируя статистические показатели прочности клеевых соединений, можно отметить, что значения вариационного коэффициента и показателя точности обеспечивают достаточную надежность и достоверность среднего арифметического при выбранных режимах обработки, если алкилрезорциновый олигомер (смола ФР-100) вводить в карбамидный клей в количестве 20% от массы карбамидной смолы УКС. Из данных табл. 1 видно, что при снижении количества вводимой смолы ФР-100 до 10% или повышении до 40% от массы карбамидной смолы, а также при уменьшении количества вводимого отвердителя (10%-ного спиртового раствора щавелевой кислоты) до 5% прочность соедине-

ний на карбамидно-алкилрезорциновом клее становится ниже при всех режимах обработки и отличается более высокими вариационными коэффициентами, что свидетельствует об изменении однородности в клеевой прослойке. Это подтверждается также снижением процента разрушения клеевого соединения по древесине.

После вымачивания и кипячения в воде получают более высокие показатели прочности соединений на карбамидно-алкилрезорциновом клее по сравнению с образцами, склеенными карбамидным и карбамидно-резорциновым клеями (табл. 1). Это говорит о том, что алкилрезорциновая смола несколько ограничивает гидролиз и деструкцию карбамидной смолы. Высокая прочность после вымачивания — высушивания и кипячения — высушивания свидетельствует, что совмещение с алкилрезорциновым клеем способствует также повышению эластичности карбамидного клея [1]. Причем жесткость модифицированного карбамидного клея значительно уменьшается, если для получения 10%-ного раствора щавелевой кислоты вместо воды применять этиловый спирт. Это подтверждается результатами испытания клеевых отливок (размером  $80 \times 20 \times 2$  мм) на эластичность после 2-х месячной выдержки их в комнатных условиях (табл. 2).

Таблица 2

№ п/п	Состав клея (массовая часть)	Число перегибов на круглом стержне $d=20$ мм до разрушения
1	Смола УКС (100), щавелевая кислота—10%-ный водный раствор (10)	0
2	Смола ФР-100 (20), параформальдегид — порошок (2,7), щавелевая кислота—10%-ный водный раствор (10), смола УКС (100)	1
3	Смола ФР-100 (20), параформальдегид — порошок (2,7), щавелевая кислота — 10%-ный спиртовой раствор (10), смола УКС (100)	3

Данные табл. 2 позволяют заключить, что этиловый спирт способствует лучшему совмещению карбамидного и алкилрезорциноформальдегидного клеев.

С целью опытной проверки эффективности карбамидно-алкилрезорцинового клея в производственных условиях и отработки технологии склеивания на Барнаульском комбинате железобетонных изделий были изготовлены арки прямоугольного сечения размером  $9,7 \times 0,63 \times 0,12$  м из древесины сосны и ели с влажностью 8—12% [4].

Клеевую композицию готовили в клеешалках по рецептуре, приведенной в табл. 1 (состав 4). Компоненты клея смешивали в указанных массовых количествах в рецептурной последовательности в течение 15 мин при температуре 16—22°C.

Технологические свойства клеевой композиции: вязкость по ВЗ-4 — 70—200 с; рабочая жизнеспособность — 1,5—2 ч; расход клея — 250—350 г/м<sup>2</sup>. Клей наносили кистями на обе стороны досок. После открытой выдержки (10 мин) элементы арок, собранные в пакеты, запрессовывали в специальных ваймах с винтовым зажимом. Удельное давление прессования составляло 0,5 МПа. Время выдержки в запрессованном состоянии — 20—24 ч. После снятия давления готовый элемент извлекали из ваймы (после 5 ч выдержки), опиливали торцы и строгали боковые поверхности.

Из торцевых опилок готовили образцы по ГОСТу 15613—70 для определения прочности клеевого соединения. Прочность клеевых соединений в сухом состоянии при скалывании вдоль волокон по клеевому шву составила 6,57 МПа при 90%-ном разрушении по древесине.

Полученные результаты позволяют заключить, что стойкость соединений на карбамидных клеях может быть повышена в результате модифицирования карбамидного полимера алкилрезорциновым олигомером.

Однако для выдачи рекомендации по применению таких клеев на практике необходимо провести комплексные исследования долговечности клеевых соединений в различных эксплуатационных условиях и получить значения нормативных и расчетных показателей соединений с учетом длительного действия нагрузки.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Иванов Ю. М., Лепарский Л. О., Сеичило Ю. Я. и др. Прочность и напряжения клеевых соединений древесины. М., «Лесная промышленность», 1973, 160 с. [2] Темкина Р. З. Синтетические клеи в деревообработке. М., «Лесная промышленность», 1971, 288 с. [3] Хрулев В. М. Долговечность клееной древесины. М., «Лесная промышленность», 1971, 160 с. [4] Хрулев В. М., Хасанов Р. Ш., Забурунов В. А., Золочевский В. А. Применение мочевино-алкилрезорцинового клея в производстве клееных деревянных конструкций. ЦНТИ, Информационный листок № 359—74. Новосибирск, 1974.

Поступила 27 июня 1977 г.

УДК 634.0.813.13 : 676

### МОДИФИКАЦИЯ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ ПУТЕМ НИТРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БУМАГИ

М. И. ЧУДАКОВ, Н. А. РУСИНА, Л. М. КИРПИЧЕВА,  
Ю. Я. МИРОНОВА

Ленинградский технологический институт ЦБП

Показано, что модификация ЛСК путем нитрования приводит к повышению их степени окисления и снижению поверхностного натяжения их растворов. При обработке целлюлозы нитрованными лигносульфонатами в количестве 2% от веса волокна наблюдается увеличение ее физико-механических показателей, что более заметно при размоле до 25°ШР.

Известно, что лигносульфонаты (ЛСК) — поверхностно-активные вещества [2]. Представляло интерес изучить изменение свойств лигносульфонатов в процессе модификации их путем нитрования и выявить возможности применения их при производстве бумаги.

Для получения нитрованных лигносульфонатов (НЛСК) в качестве исходного сырья применяли бардяной концентрат Сясьского ЦБК, содержащий 47% сухих веществ и 14,5% золы. Нитрование проводили путем обработки лигносульфонатов азотной кислотой в течение 1 ч при температуре 20 и 50°С. Расход азотной кислоты изменяли от 0,33 до 2,0 моль на фенилпропановую единицу. Полученные НЛСК анализировали: определяли содержание азота (по методу Кьельдаля), окислительный эквивалент (процент хинонного кислорода) и поверхностно-активные свойства.

Результаты анализа состава нитрованных лигносульфонатов приведены в табл. 1, из данных которой видно, что степень окисления НЛСК зависит от количества азотной кислоты, затрачиваемой на нитрование. С увеличением расхода азотной кислоты повышается содержание хинонного кислорода; при этом степень окисления больше в случае нитрования ЛСК при температуре 50°С. Содержание азота в НЛСК также увеличивается с расходом азотной кислоты на нитрование, однако не превышает 0,58%.

Таблица 1

Расход азотной кислоты, моли на фенилпропановую единицу	Содержание в нитрованных лигносульфонатах, %	
	хивонного кислорода	азота
0,33	0,55	0,02
	1,60	0,12
0,66	0,88	0,11
	2,10	0,25
1,00	1,25	0,25
	2,60	0,33
1,50	2,30	0,28
	3,52	0,44
2,00	3,48	0,55
	4,27	0,58

Примечание. В числителе данные при температуре 20°C; в знаменателе—50°C.

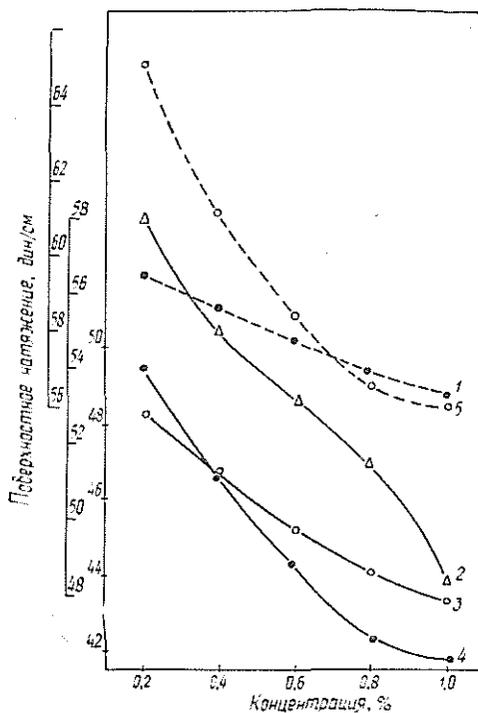


Рис. 1. Изменение поверхностного натяжения растворов нитрованных ЛСК в зависимости от расхода  $\text{HNO}_3$ .

1 — 2/3 моля; 2 — 1,0; 3 — 1,5; 4 — 2,0 моля;  
5 — ЛСК ненитрованные.

С целью выявления влияния расхода азотной кислоты при нитровании на поверхностную активность растворов НЛСК изучали изме-

нение величины поверхностного натяжения на границе раствор — воздух в зависимости от концентрации растворов. Для исследования использовали растворы НЛСК 0,2—1,0%-ной концентрации.

Результаты представлены на рис. 1, из которого видно, что все изучаемые препараты ЛСК и НЛСК обладают поверхностно-активными свойствами. Поверхностное натяжение растворов снижается с возрастанием их концентрации.

Нитрование ЛСК приводит к снижению поверхностного натяжения их растворов, т. е. к повышению поверхностно-активных свойств НЛСК. Изменение величины поверхностного натяжения, по сравнению с водой, увеличивается с возрастанием степени нитрования НЛСК.

НЛСК с большей степенью нитрования применяли для обработки целлюлозы. Для сравнения целлюлозу обрабатывали также ЛСК. В качестве исходной использовали сульфатную целлюлозу производства Сегежского ЦБК, предназначенную для производства бумаги мешочной М-70.

Целлюлозную массу размалывали до степени помола 25 и 60°ШР. НЛСК и ЛСК вводили в массу с расходом 2% от веса целлюлозы. Из целлюлозной массы готовили отливки и определяли их физико-механические свойства в стандартных условиях.

Результаты показали, что при обработке целлюлозы растворами НЛСК и ЛСК улучшаются ее физико-механические свойства, причем в первом случае — в большей степени. Это улучшение, по-видимому, объясняется увеличением прочности межволоконных связей при введении в целлюлозу определенного количества лигнинных веществ, содержащих много активных сульфогрупп, способствующих образованию более прочных водородных связей [4].

Наибольшее изменение физико-механических свойств наблюдается у целлюлоз, размолотых до 25°ШР и используемых для изготовления мешочной бумаги. При более интенсивном размоле до 60°ШР волокно целлюлозы разрабатывается в наибольшей степени и положительное влияние дополнительных вводимых добавок менее выражено.

У целлюлоз, размолотых до 25°ШР, наблюдается заметное увеличение разрывной длины (на 15—20%), сопротивления продавливанию (в 1,5—2 раза) и излома; на сопротивление раздиранию обработка ЛСК и НЛСК заметного влияния не оказывает.

У целлюлоз, размолотых до 60°ШР, после обработки ЛСК и НЛСК увеличение разрывной длины и сопротивления продавливанию выражено в меньшей степени. Остальные качественные показатели у обработанных и необработанных целлюлоз одинаковы.

Полученные результаты согласуются с данными других авторов [1, 3].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Генов И. И. Исследование влияния основных факторов на физико-механические свойства бумаги — основы для гофрирования применительно к условиям Народной Республики Болгарии. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1974. [2] Чудаков М. И. Промышленное использование лигнина. М., «Лесная промышленность», 1972, с. 61. [3] Halabisky D. D. Interfacial Properties of Lignosulfonates. — «Tappi», 1972, 55, No. 4, 602. [4] Hartler N. and Mohlin U. B. Cellulose fibre bonding. Part 2. — «Svensk Papperstidn.», 1975, 78, No. 8, 295—299.

Поступила 16 мая 1977 г.

## КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 674.038.6 : 621.867.8

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ЗАПОЛНЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО ТРАНСПОРТЕРА СОРТИРОВОЧНОГО УЧАСТКА

*Н. А. СКУРИХИН*

Ленинградская лесотехническая академия

Предложена модель процесса заполнения поперечного транспортера сбрасываемыми с продольных транспортеров сортаментами, позволяющая определить степень заполнения участков поперечного транспортера и вероятность совпадения сбрасываемых бревен с транспортируемыми.

Одна из схем размещения технологического оборудования сортировочного участка круглых лесоматериалов предусматривает использование транспортеров, расположенных во взаимно перпендикулярных направлениях на двух уровнях. На верхнем уровне находятся продольные сортировочные транспортеры, по которым сортаменты поступают на сортировку. Под ними располагаются поперечные транспортеры. Бревна после сброса с продольных транспортеров попадают на поперечные и по ним подаются в производство.

Примером такой технологической компоновки сортировочных транспортеров может служить лесной порт Братского лесопромышленного комплекса.

Одна из особенностей работы этого оборудования — необходимость поправки отдельных бревен, сбрасываемых с продольных транспортеров на поперечные. Поправку производят при остановленных продольном и поперечном транспортерах. Частота поправок возрастает, если сбрасываемое бревно попадает на отдельно лежащее сброшенное ранее бревно, имеющее отклонение от своей поперечной ориентации на транспортере, или на башмак поперечного транспортера.

В случае перекосов бревен и их кострения на поперечном транспортере нарушается ритмичность работы сортировочного оборудования, снижается общая производительность участка. Частоту поправок бревен и их последствий можно количественно оценить посредством определения степени заполнения  $\eta$  участков поперечного транспортера перемещаемыми бревнами.

При известной вероятности адресования  $P_a$  сортаментов на данный поперечный транспортер вероятность попадания  $P_c$  сбрасываемого бревна на уже лежащее определяется произведением

$$P_c = \eta P_a. \quad (1)$$

Поставив в соответствие каждому случаю попадания сбрасываемого бревна на перемещаемое поперечным транспортером некоторое число  $P_n$ , являющееся вероятностью поправки сброшенного бревна, определим вероятность остановки  $P_0$  продольного и поперечного транспортеров для устранения перекосов и кострения бревен

$$P_0 = P_n P_c. \quad (2)$$

Остановка при этом вызвана необходимостью поправки бревен только в тех случаях, когда происходит попадание сбрасываемых бревен на транспортируемые.

Из формул (1) и (2) следует, что для нахождения значений  $p_0$  необходимо знать вероятность адресования  $p_a$ , вероятность поправки  $p_n$  и степень заполнения отдельных участков  $\eta$ . Вероятность адресования  $p_a$  может быть определена посредством статистической обработки данных о сырье, поступающем на сортировку. Для вычисления вероятности поправки  $p_n$  может быть рекомендован метод экспериментального исследования в реальных производственных условиях. Теоретический расчет этой величины не столько затруднен, сколько практически невозможен из-за множества факторов, определяющих окончательный результат: правильно или неправильно разместилось сброшенное бревно на поперечном транспортере; требуется или не требуется поправка бревна. К этим факторам могут быть отнесены также: пространственное расположение транспортируемого и сбрасываемого бревен при их соприкосновении, их вес и размер, состояние древесины (замерзшая или не замерзшая), наличие коры и т. д. и т. п.

Степень заполнения  $\eta$  отдельных участков поперечного транспортера можно определить теоретически. Решению этого вопроса и посвящена настоящая статья.

На основе рассмотренных условий и особенностей работы такого сортировочного участка сформулируем постановку задачи в общем виде. На поперечный транспортер, перемещающийся со скоростью  $v_n$ , м/с, сбрасываются бревна с продольных сортировочных транспортеров. Интенсивность поступления бревен по продольным транспортерам при скорости подачи  $v_i$  равна  $\lambda_i$ . Вероятность адресования сортиментов с  $i$ -того продольного транспортера на данный поперечный транспортер равна  $p_i$ . При сбросе бревно может занять на поперечном транспортере некоторый интервал по направлению перемещения транспортера длиной  $a$ .

За время поступления одного бревна по продольному транспортеру поперечный перемещается на расстояние  $ka$ , т. е. на  $k$  интервалов величиной  $a$ . Схема взаимного расположения транспортеров показана на рис. 1.

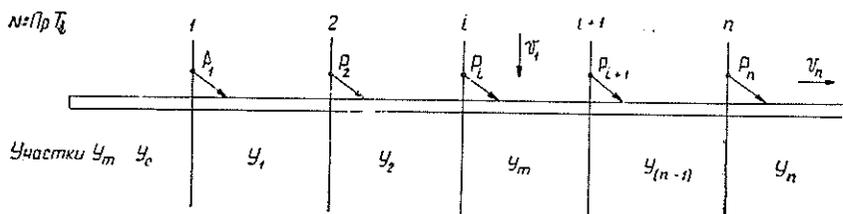


Рис. 1.

Степень загрузки поперечного транспортера  $\eta_m$  на  $m$ -м участке определяется интенсивностью поступления бревен на этом участке. (Номер участка определяется номером продольного транспортера, так что  $Y_i = Y_m$  и  $\eta_i = \eta_m$ . Различные индексации заполнения ( $m$  вместо  $i$ ) вызвано необходимостью записи в общей форме значений вероятностей  $P_{mj}$  в уравнениях (20)–(24).

Метод решения. Распределение сортиментов по адресам, как и расположение их на поперечных транспортерах, случайно по своей природе. Поэтому при определении степени заполнения поперечного транспортера, очевидно, необходимо использовать вероятностные методы исследования и соответствующий математический аппарат.

Введем случайную величину  $X = j$  с распределением вероятностей  $P\{X=j\} = P_j$  таким образом, чтобы  $X = 0$  соответствовало  $k$  пустым интервалам поперечного транспортера, проходящим мимо определенного продольного транспортера, а  $X = 1$  соответствовало заполнению одного из  $k$  интервалов и т. д.;  $X = k$  означает заполнение всех  $k$  интервалов. Поскольку возможны только  $(k + 1)$  несовместных события, то справедливо равенство

$$\sum_{j=0}^k P_j = 1. \quad (3)$$

При этом степень загрузки всех интервалов  $\eta$  — среднее значение этой случайной величины  $X$

$$\eta = \sum_{j=0}^k j P_j = P_1 + 2P_2 + \dots + kP_k. \quad (4)$$

В дальнейшем для краткости вместо  $P\{X=j\}$  будем писать иногда  $P_j$ . С учетом выражения (1), вероятность попадания сброшенного бревна  $p_c$  в заполненный интервал (вероятность совпадения) определяем из равенства

$$p_c = \eta m P_i, \quad (5)$$

где  $p_i$  — вероятность адресования сортиментов с  $i$ -того продольного транспортера;  $P_i = p_a$ .

Определим значения интенсивности поступления  $\eta_m$  для отдельных участков поперечного транспортера. Последующий анализ проведем с допущением, что  $k = 2$ . Этому могут соответствовать, например, следующие параметры оборудования: скорость продольного транспортера  $v_1 = 1$  м/с; интенсивность поступления по нему сортиментов  $\lambda_1 = 10$  шт. в 1 мин; скорость поперечного транспортера  $v_n = 0,4$  м/с; величина интервала, занимаемого бревном на поперечном транспортере,  $a = 1,2$  м.

Найдем значения  $\eta$  последовательно для участков  $У_0, У_1, \dots$

Участок  $У_0$ . Степень заполнения на этом участке  $\eta_0 = 0$ , так как ни одно бревно до этого на поперечный транспортер не поступило.

Участок  $У_1$ . На двух интервалах поперечного транспортера ( $ПнТ$ ), переместившихся мимо первого продольного транспортера ( $ПрТ$ ) за время поступления одного бревна по  $ПрТ1$ , может оказаться либо только одно бревно ( $X = 1$ ) с вероятностью  $P_1\{X=1\} = P_{11} = p_1$ , либо ни одного бревна ( $X = 0$ ) с вероятностью  $q_1 = 1 - p_1 = P_1\{X=0\} = P_{10}$ . Событие  $X = 2$  на участке VI исключено, поскольку интенсивность поступления бревен по продольному транспортеру  $\lambda_1$  достаточна здесь только для заполнения одного интервала из двух.

Степень заполнения

$$\eta_1 = p_1. \quad (6)$$

Вероятность совпадения  $p_{c1} = 0$ , так как  $\eta_0 = 0$ ;

$$p_{c1} = \eta_0 p_1 = 0. \quad (7)$$

Участок  $У_2$ . Состояние  $X = 0$  возможно при условии, что на интервалы, поступающие от  $ПрТ2$ , не были сброшены бревна ни с первого, ни со второго продольного транспортеров, т. е.

$$P_2\{X=0\} = P_{20} = q_1 q_2 = (1 - p_1)(1 - p_2). \quad (8)$$

$X = 1$ ; такое состояние может оказаться при условии, что:

а) на обоих интервалах, поступающих под второй продольный транспортер от первого транспортера, не было ни одного бревна, и бревно сбрасывается со второго продольного транспортера;

б) уже на одном интервале находилось бревно, и на этот интервал сбрасывается бревно с  $ПрТ2$ ;

в) одно бревно находилось уже на одном из двух интервалов, и сброса с  $ПрТ2$  не было.

Поскольку три отмеченных события несовместны, то вероятность того, что на втором участке окажется заполненным один интервал, равна сумме вероятностей указанных событий

$$P_2 \{X = 1\} = P_{21} = P_{10} p_2 + \frac{1}{2} P_{11} p_2 + P_{11} q_2. \quad (9)$$

Число  $1/2$  в этой формуле означает, что сбрасываемое бревно попадает в один из двух интервалов.

Вероятность совпадения бревен на участке  $У_2$

$$P_{с2} = \frac{1}{2} P_{11} p_2. \quad (10)$$

$X = 2$ ; это состояние возможно только тогда, когда в одном из интервалов уже было бревно, есть сброс со второго продольного транспортера, и сбрасываемое бревно попадает во второй интервал. Вероятность этого

$$P_{22} = \frac{1}{2} P_{11} p_2. \quad (11)$$

В общем случае для  $k$  интервалов вместо числа  $1/2$  ставится дробь  $1/k$ . Следовательно, степень заполнения второго участка

$$\eta_2 = P_{21} + 2P_{22}. \quad (12)$$

Участок  $У_3$ ,  $X = 0$ . По аналогии с  $У_2$  имеем

$$P_{30} = q_1 q_2 q_3 = \prod_{i=1}^3 (1 - p_i). \quad (13)$$

$X = 1$ . По аналогии можно записать

$$P_{31} = P_{20} p_3 + \frac{1}{2} P_{21} p_3 + P_{21} q_3; \quad (14)$$

$$P'_{с3} = \frac{1}{2} P_{21} p_3. \quad (15)$$

$X = 2$  возможно при условии, если:

а) в одном из интервалов уже было бревно, есть сброс с  $ПрТ3$ , и сбрасываемое бревно попадает во второй интервал;

б) оба интервала заполнены и есть сброс с  $ПрТ3$  (совпадение);

в) оба интервала уже заполнены и сброса с  $ПрТ3$  нет.

С учетом этого получаем

$$P_{32} = \frac{1}{2} P_{21} p_3 + P_{22} p_3 + P_{22} q_3; \quad (16)$$

$$P''_{с3} = P_{22} p_3. \quad (17)$$

Степень заполнения и общая вероятность совпадения для третьего участка определяются соответственно выражениями

$$\eta_3 = P_{31} + 2P_{32}; \quad (18)$$

$$P_{с3} = P'_{с3} + P_{с3}. \quad (19)$$

В общем случае для участков с номерами  $m > k = 2$  находим

$$P_{m0} = \prod_{i=1}^m (1 - p_i); \quad (20)$$

$$P_{m1} = P_{m-1,0} p_m + \frac{1}{2} \frac{P_{m-1,1} p_m}{P'_{сm}} + P_{m-1,1} q_m; \quad (21)$$



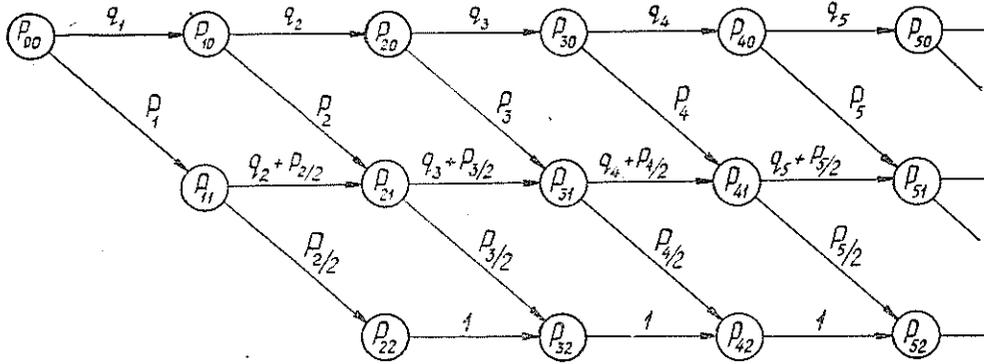


Рис. 3.

суммировав вероятности переходов объединяемых стрелок. Получим граф переходов и состояний (рис. 3).

Нетрудно обнаружить ряд закономерностей и свойств этого графа; отметим два из них, которые удобно иметь в виду для проверки правильности построения графа и выполняемых с его помощью расчетов  $P_{mj}$ : 1) сумма вероятностей выходов из каждого состояния (вершин графа) равна единице; 2) сумма вероятностей для каждого участка также равна единице.

Первый этап расчета графа состоит в определении вероятностей переходов, второй — в расчете вероятностей состояний. Вероятность любого состояния находим как сумму произведений вероятности перехода на вероятность состояния, из которого осуществляется этот переход. Пример расчета графа показан на рис. 4, при этом принято, что  $p_i = 1/2$  и  $k = 2$ .

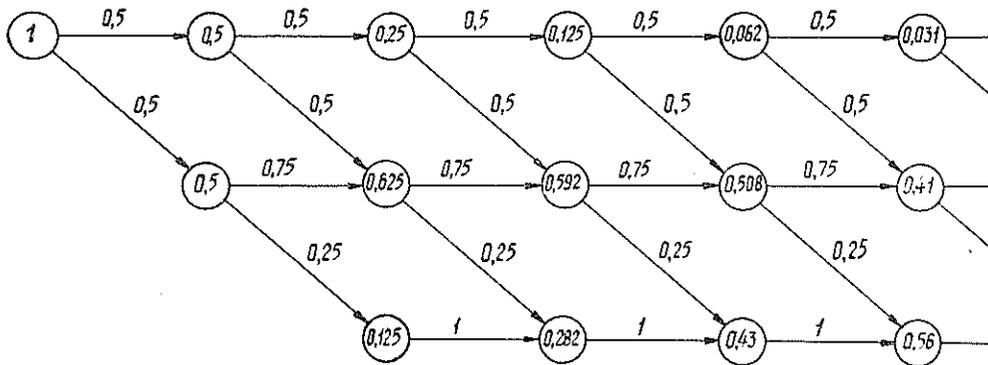


Рис. 4.

Полученные аналитические зависимости и графо-аналитический метод определения вероятностей состояний позволяют найти степень заполнения  $\eta_m$  и вероятности совпадений  $P_{с.т}$  для отдельных участков поперечного транспортера.

В табл. 1 приведены значения степени заполнения поперечного транспортера  $\eta_m$  по участкам для различных значений вероятности сброса  $p_i$

Таблица 1

$U_m$	Численные величины $\tau_m$ для различных значений $P_i$				
	0,1	0,2	0,33	0,5	0,75
$U_0$	0	0	0	0	0
$U_1$	0,1	0,2	0,33	0,5	0,75
$U_2$	0,19	0,38	0,61	0,88	1,22
$U_3$	0,28	0,54	0,84	1,16	1,50
$U_4$	0,37	0,69	1,04	1,37	1,70
$U_5$	0,45	0,82	1,21	1,52	1,81
$U_6$	0,53	0,94	1,34	1,64	1,88
$U_7$	0,60	1,05	1,45	1,73	1,92
$U_8$	0,67	1,14	1,56	1,80	1,96
$U_9$	0,74	1,26	1,63	1,86	1,97
$U_{10}$	0,80	1,30	1,70	1,90	1,99
$U_{11}$	0,86	1,37	1,74	1,92	1,99
$U_{12}$	0,92	1,43	1,79	1,94	1,995

Построенная модель процесса заполнения поперечного транспортера сбрасываемыми с продольных транспортеров сортаментами позволяет определить степень заполнения отдельных участков поперечного транспортера и вероятности совпадений сбрасываемых бревен с транспортируемыми на поперечном транспортере. Несмотря на малую величину этих вероятностей, последствия таких совпадений могут быть значительными. Действительно, при вероятности сброса с продольных транспортеров  $p_i = 0,1$  вероятность того, что за время, равное  $6$  с (поступление по продольным транспортерам по одному сортименту), не будет ни одного совпадения, равна произведению  $\prod_{m=1}^{12} (1 - p_{cm})$  и составляет  $0,755$ . Следовательно, вероятность того, что будет одно и более совпадений, равна  $0,245$ . Если учесть, что здесь рассматривается ситуация сброса только на один поперечный транспортер, то сомнения в ритмичности работы такой схемы при определенном числе продольных транспортеров вполне обоснованы. Последствия таких совпадений можно оценить количественно при решении вопроса об оптимальном числе продольных транспортеров, входящих в такой сортiroвочный участок.

Поступила 27 июня 1977 г.

УДК 674.093.6-412.85.001.57

## ВЫХОД СОРТИМЕНТОВ ПРИ ЦЕЛЕВОЙ ПОШТУЧНОЙ РАСКРЯЖЕВКЕ ХЛЫСТОВ

Г. А. ПРЕШКИН

Уральский лесотехнический институт

Приведены формулы для расчета ресурсов сортиментов хвойных пород основных типоразмеров при специализированной раскряжке хлыстов различной крупности и качества. Формулы использованы в практических расчетах на ЭВМ сортиментных планов для прирельсовых леспромхозов.

Проблема поиска оптимизированного решения задачи распределения сортиментных заданий леспромхозам успешно решается с по-

мощью методов математического моделирования [1, 3, 6]. Практическое использование их уже сегодня может дать лесопромышленным объединениям значительную выгоду. Так, опытное внедрение сортиментных планов специализации семи леспромхозов объединения Тюменьлеспром, рассчитанных на ЭВМ М-222, дало в 1975 г. фактический экономический эффект в пределах 45 тыс. р. на каждые 100 тыс. м<sup>3</sup> заготовленной древесины.

Для решения указанных задач с помощью математических моделей выполнен большой объем наблюдений за качеством и размерами в основном сосновых хлыстов, поступавших на эстакады для поштучной раскряжевки без специального подбора [5]. Собранная информация позволила в камеральных условиях с учетом ГОСТа 9463—72 моделировать варианты целевой раскряжевки на ограниченное число сортиментов основных спецификаций, традиционно заказываемых потребителями объединению Тюменьлеспром. При этом расчеты  $K_{it}$  — коэффициента экстремального выхода  $i$ -того типоразмера сортимента из сосновых хлыстов  $t$ -й ступени толщины выполняли в основном с точностью 5% при уровне доверительной вероятности 0,95.

Настоящее исследование и работы других авторов [2, 6] показали, что существующие товарные таблицы не пригодны для использования в расчетах, поскольку они созданы для ориентировочной сортиментации насаждений, а не товарных хлыстов, и рассчитаны при неизвестной спецификации круглых лесоматериалов с учетом устаревших технических требований. На наш взгляд, влияние множества природно-производственных факторов при расчетах  $K_i$  учитывается наиболее полно в случае использования реальных моделей товарных хлыстов.

Зная частоты распределения объемов сырья по ступеням толщины и значения  $K_{it}$ , выход  $i$ -того сортимента из выборки хлыстов любой товарности и средней крупности можно определить по формуле

$$K_i^{(D)} = \sum_{t \in T} K_{it} P_t^{(D)}, \quad i = 1, \dots, m, \quad (1)$$

где  $P_t^{(D)}$  — значение вероятности распределения объема хлыстов  $t$ -й ступени толщины при среднем диаметре хлыстов в выборке  $D$ , см.

Первоначально, на основе исследований Н. В. Третьякова [7], в качестве рабочей гипотезы принята модель нормального распределения хлыстов по ступеням толщины. Затем, с помощью ЭВМ «Напри-2» осуществлена статистическая оценка 14 экспериментальных рядов распределений хлыстов на нормальность по критерию  $\chi^2$  Пирсона при уровне значимости не более 0,1. Расчеты показали справедливость гипотезы нормального распределения в 80% случаев, что приемлемо для практических целей.

Для расчетов значений частот распределений объемов хлыстов по ступеням толщины использовали функцию Лапласа

$$P_t^{(D)} = \Phi\left(\frac{d_t - D}{0,15D + 2,25}\right) - \Phi\left(\frac{d_t - h - D}{0,15D + 2,25}\right), \quad (2)$$

где  $d_t$  — диаметр хлыстов  $t$ -й ступени толщины, см;  
 $h = 4$  см — шаг ступени толщины хлыстов.

Формулы (1) и (2) использованы для расчетов значений  $K_i$  из выборок хлыстов III—V разрядов высот, средний диаметр которых

Таблица 1

Коэффициенты экстремального выхода (%) и средняя отпускная цена (р.)  
1 м<sup>3</sup> круглых лесоматериалов при целевой поштучной раскряжке больших выборок  
сосновых хлыстов

Сортименты	Длина бревен, м	Разряды высот эксплуатационных посадений			
		III	IV	V	
Пиловоочник об- ычный	4 и 6	$K = 102,0 - 181,5(D - 11,4)^{-1}$	$K = -20140,9D^{-2} + 779,8D^{-1} + 90,8$	$K = -273,0(D - 9,903)^{-1} + 107,92$	
		$K^{\circ} = -77,5(D - 13,044)^{-1} + 85,65$	$K^{\circ} = -24652,5D^{-2} + 771,2D^{-1} + 87,9$	$K^{\circ} = -19415,04D^{-2} + 1055,68D^{-1} + 61,33$	
		$C = 0,0025D^2 - 0,1337D + 21,36$	$C = 0,0026D^2 - 0,115D + 20,79$	$C = 0,003D + 19,45$	
		$C^{\circ} = 0,0005D^3 + 0,0402D^2 - 0,97D + 23,53$	$C^{\circ} = 0,08D + 15,39$	$C^{\circ} = 8,16 - 575,09(D - 92,414)^{-1}$	
Пиловоочник экс- портный (ГОСТ 10,6-- 69)	6	$K = 109,34 - 312,83(D - 9,561)^{-1}$	$K = 107,05 - 316,0(D - 9,886)^{-1}$	$K = -0,287D^2 + 17,2D - 165,68$	
		$K^{\circ} = 83,68 - 156,26(D - 11,92)^{-1}$	$K^{\circ} = 104,62 - 779,0(D - 4,532)^{-1}$	$K^{\circ} = -261,08(D - 7,43)^{-1} + 72,02$	
		$C = 0,074D + 27,72$	$C = 0,0175D + 28,70$	$C = 0,068D + 27,57$	
		$C^{\circ} = 0,0046D^2 - 0,172D + 29,61$	$C^{\circ} = 0,119D + 25,01$	$C^{\circ} = 0,079D + 26,77$	
Шпальный кряж	2,75	$K = 144,74 - 20,49D + 0,885D^2 - 0,0105D^3$	$K = 64,79 - 0,0025D^3 + 0,338D^2 - 88,59D$	$K = 125,82 - 0,0076D^3 + 0,709D^2 - 17,26D$	
		$K^{\circ} = 80,81 - 0,0042D^3 + 0,435D^2 - 10,93D$	$K^{\circ} = 108,54 - 0,0075D^3 + 0,642D^2 - 15,12D$	$K^{\circ} = 121,41 - 0,0076D^3 + 0,668D^2 - 16,52D$	
		$C = -0,004D + 18,96$	$C = -0,009D + 19,03$	$C = 18,90$	
		$C^{\circ} = 17,75 - 0,0009D^3 + 0,04D + 17,75$	$C^{\circ} = 0,25D + 8,95$	$C^{\circ} = 0,0008D + 17,82$	
Судоустроительный пиловоочник	11	$K = 227,0 - 0,0199D^3 + 1,5D^2 - 32,96D$	$K = 239,17 - 0,0184D^3 + 1,441D^2 - 33,14D$	$K = 108,47 - 0,0042D^3 + 0,4783D^2 - 13,28D$	
		$K^{\circ} = 98,81 - 0,0105D^3 + 0,758D^2 - 15,54D$	$K^{\circ} = 115,66 - 0,0069D^3 + 0,6044D^2 - 15,05D$	$K^{\circ} = 19,79 - 0,0002D^3 + 0,0496D^2 - 2,057D$	
		$C = 0,058D + 30,10$	$C = 0,072D + 29,55$	$C = C^{\circ} = 0,064D + 28,50$	
		$C^{\circ} = 0,109D + 28,52$	$C^{\circ} = 0,072D + 29,46$		
То же	13	$K = 172,45 - 0,0105D^3 + 0,9192D^2 - 22,68D$	$K = 192,8 - 0,0184D^3 + 1,0095D^2 - 25,065D$	$K = 0,1041D^2 - 4,7118D + 53,39$	
		$K^{\circ} = 0,0007D^3 - 0,1601D^2 + 5,564D - 52,52$	$K^{\circ} = 97,08 - 0,004D^3 + 0,399D^2 - 11,224D$	$K^{\circ} = 0$	
		$C = 41,31 - 0,063D$	$C = 41,87 - 0,093D$	$C = 37,09 + 0,0203D$	
		$C^{\circ} = 0,0107D + 38,67$	$C^{\circ} = 42,08 - 0,089D$		

Продолжение табл. 1

Сортименты	Длина бревен, м	Разряды высот эксплуатационных насаждений				
		III	IV	V		
Мачтовое бревно	11	$K = -85229,0D^{-2} + 5567,1D^{-1} - 25,54$ $K^{\circ} = -0,0143D^3 + 0,9143D^2 - 15,79D + 78,56$ $C = C^{\circ} = 31,00$	$K = -36255,6D^{-2} + 1076,8D^{-1} + 81,1$ $K^{\circ} = -0,0082D^3 + 0,434D^2 - 2,98D - 34,75$ $C = C^{\circ} = 31,00$	$K = -0,019D^3 + 1,387D^2 - 28,59D + 182,26$ $K^{\circ} = 0$		
		$K = 0,0086D^3 - 0,5416D^2 + 8,3D + 15,86$ $K^{\circ} = 0,0062D^3 - 0,3778D^2 + 5,254D + 20,66$ $C = -0,004D + 18,98$ $C^{\circ} = 0,017D + 18,60$	$K = 0,008D^3 - 0,484D^2 + 6,66D + 27,3$ $K^{\circ} = (0,0004D^2 - 0,012D + 0,1173)^{-1}$ $C = 0,001D + 18,86$ $C^{\circ} = 18,93 - 0,003D$	$K = (0,0002D^2 - 0,0056D + 0,065)^{-1}$ $K^{\circ} = 0,0086D^3 - 0,65D^2 + 15,268D - 100,25$ $C = 0,018D + 18,55$ $C^{\circ} = 19,02 - 0,009D$		
Долготы для разделки на рудничную стойку	4 и 6	$K = 173,78 - 0,0193D^3 + 1,39D^2 - 28,13D$ $K^{\circ} = 101,66 - 0,0088D^3 + 0,67D^2 - 14,83D$ $C = 22,94 - 0,0001D^3 + 0,009D^2 - 0,21D$ $C^{\circ} = 23,36 - 0,00006D^3 + 0,0067D^2 - 0,157D$	$K = 168,3 - 0,0156D^3 + 1,157D^2 - 24,94D$ $K^{\circ} = 2,74D - 49,74$ $C = 0,07D + 21,15$ $C^{\circ} = 46,06(50,51 - D)^{-1} + 20,86$	$K = 250,18 - 0,017D^3 + 1,38D^2 - 83,11D$ $K^{\circ} = 86,81 - 0,0059D^3 + 0,512D^2 - 12,09D$ $C = 0,0028D^2 - 0,0895D + 23,18$ $C^{\circ} = 19,54 - 21,06(D - 46,47)^{-1}$		
		$K = -61271,856D^{-2} + 4861,4D^{-1} - 37,73$ $K^{\circ} = -0,1957D^2 + 11,71D - 112,47$ $C = 20,22 - 0,02D$ $C^{\circ} = 21,35 - 0,00006D^3 + 0,0052D^2 - 0,16D$	$K = -0,32D^2 + 16,95D - 154,17$ $K^{\circ} = -0,197D^2 + 12,18D - 116,91$ $C = 0,0008D + 19,67$ $C^{\circ} = 0,0001D + 19,61$	$K = -0,209D^2 + 11,08D - 83,06$ $K^{\circ} = -0,104D^2 + 6,283D - 32,65$ $C = 0,0011D^2 - 0,073D + 20,85$ $C^{\circ} = -0,008D + 19,89$		
Гидростроительное бревно	6,5 и 8,5	$K = -0,0002D^3 - 0,226D^2 + 15,19D - 173,70$ $K^{\circ} = 0$ $C = 39,00$	$K = -0,024D^3 + 1,652D^2 - 32,71D + 201,52$ $K^{\circ} = 0$ $C = 39,00$	$K = -0,005D^3 + 0,411D^2 - 9,755D + 72,25$ $K^{\circ} = 0$ $C = 39,00$		
Рудстойка	По спецификации					
Мачтовое бревно	13	$K = -0,0002D^3 - 0,226D^2 + 15,19D - 173,70$ $K^{\circ} = 0$ $C = 39,00$	$K = -0,024D^3 + 1,652D^2 - 32,71D + 201,52$ $K^{\circ} = 0$ $C = 39,00$	$K = -0,005D^3 + 0,411D^2 - 9,755D + 72,25$ $K^{\circ} = 0$ $C = 39,00$		

равен 16—32 см. Для апробирования формулы (2) в Ивдель-Обских леспрохозах объединения Тюменьлеспром в III квартале 1974 г. выполнен цикл опытных работ, подтвердивший заданную точность расчетов.

При решении задач с помощью математической модели целесообразно иметь формулы для расчетов  $K_i$  и  $C_i$  — средней отпускной цены 1 м<sup>3</sup>  $i$ -того типоразмера сортимента в зависимости от крупности и товарных свойств исходного сырья. Их значения определяются с помощью формул, приведенных в табл. 1. Для низкокачественных хлыстов используются формулы с индексом ( $K^0$  и  $C^0$ ), а для здоровых — без индекса. Признаки низкокачественных хлыстов, а также общая характеристика экспериментального материала даны в работе [5]. При расчетах формул для определения  $C_i$  в качестве базовых приняты оптовые цены на сортименты по I поясу станции назначения без учета торговой скидки [4].

Приведенные формулы могут быть использованы для расчета сортиментных планов предприятий, работающих в сосновых насаждениях.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Белоусова В. С. Использование экономико-математических оценок в анализе оптимального плана специализации лесопромышленных комплексов. — В сб.: Оптимальное планирование размещения производства, Вып. 7, ч. 1. Новосибирск, 1965. [2]. Охальников В. Н. Определение потенциального выхода сортиментов из хлыстов. — «Лесозаготовка и лесосплав». Реф. информ. М., 1974, № 23 (ВНИПИЭИлеспром). [3]. Петровский В. С. Автоматическая оптимизация раскроя древесных стволов. М., «Лесная промышленность», 1970. [4]. Прейскурант № 07—03. Оптовые цены на лесопroduкцию. М., Прейскурантиздат, 1973. [5]. Прешкин Г. А., Гробов А. Н. Выход сортиментов в специализированных леспрохозах. — «Лесная промышленность», 1973, № 8. [6]. Степаков Г. А. Оптимизация производства круглых лесоматериалов. М., «Лесная промышленность», 1974. [7]. Третьков Н. В., Горский П. В., Самойлович Г. Г. Справочник таксатора. М.—Л., Гослесбумиздат, 1952.

Поступила 16 мая 1977 г.

УДК 674.815-41:531.717

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМАМ КОНТРОЛЯ РАЗНОТОЛЩИННОСТИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

М. Д. БАВЕЛЬСКИЙ, В. В. ЧЕНЦОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрен случайный характер изменения толщины древесностружечной плиты с учетом стационарности и эргодичности изменения этого параметра по длине плиты. Определен интервал дискретизации информации о толщине, на основе которого можно задать требования к динамическим свойствам автоматических систем контроля разнотолщинности плит.

Древесностружечные плиты находят все большее применение в мебельном производстве, где детали из плит облицовывают шпоном и другими пленочными материалами в однопролетных прессах. Недостаточная точность изготовления плит требует создания систем автоматического контроля их разнотолщинности.

В зависимости от свойств и характера толщины плиты как объекта контроля следует использовать различные методы построения измерительных систем.

В непрерывном технологическом потоке факторы, определяющие толщину плиты, непостоянны как по длине (т. е. во времени), так и по ширине, а отсюда и случайный характер изменения толщины плиты.

Для исследования характера изменения разнотолщинности древесностружечной плиты можно использовать математический аппарат теории случайных функций; при этом необходимо отметить, что методы анализа случайных процессов зависят от некоторых свойств исследуемого объекта, например, стационарности, характера изменения толщины плиты. Если процесс только стационарен, что означает постоянство математического ожидания и независимость его и корреляционной функции от начала отсчета, то для получения статических характеристик требуется обработка ансамбля реализаций. Существенное упрощение достигается при условии принятия не только стационарной, но и эргодической модели случайного процесса, что позволяет правильно определить характеристики стационарного случайного процесса по одной выборочной реализации.

Выдвигая гипотезу стационарности случайного характера изменения толщины древесностружечной плиты, надо исходить прежде всего из физической природы процесса получения плиты определенной толщины. Рассматривая схему производства древесностружечных плит как схему многомерного объекта, можно выделить ряд важнейших возмущений, оказывающих влияние на один из выходных параметров — разнотолщинность плит. К этим возмущениям можно отнести: влажность и толщину стружки; объемный вес стружечных пакетов; расход стружки и связующего; режимы прессования и т. д. Большинство агрегатов, входящих в технологическую схему производства древесностружечных плит, по динамическим свойствам можно считать многоемкостными объектами с самовыравниванием и транспортным запаздыванием [1]. Учитывая, что в период формирования стружечного ковра определенной плиты основные факторы, определяющие толщину плиты, практически не изменяются, можно полагать, что характер изменения толщины соответствует стационарному.

Гипотезу о стационарности можно проверить путем анализа имеющихся реализаций с использованием непараметрических критериев (критерий серий). Эта гипотеза верна, если изменение последовательности выборочных значений носит случайный характер и число серий в последовательности относительно математического ожидания при определенном уровне значимости, например  $\alpha = 0,05$ , составляет не менее 6, но не более 15 [2].

Для оценки стационарности характера изменения толщины плит использовали результаты наблюдений над образцами, толщину которых определяли через каждые 8 мм длины плиты. Исходные данные для проверки — выборка из 400 реализаций наблюдений толщины плиты. Реализация была разделена на 20 интервалов. Для каждого интервала рассчитывали средние значения; математическое ожидание среднего значения толщины плиты составило 19,00 мм. На рис. 1 показана графическая интерпретация результатов расчета, согласно которой гипотезу о стационарности характера изменения толщины плиты принимали при 5%-ном уровне значимости.

Автокорреляционную функцию случайного характера толщины древесностружечной плиты, определяющую зависимость толщины в

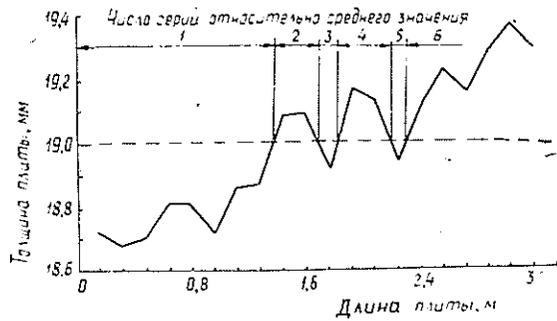


Рис. 1. Характер изменения толщины древесностружечной плиты.

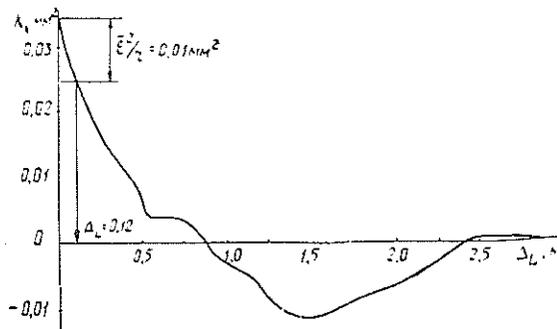


Рис. 2. Определение интервала дискретизации по автокорреляционной функции.

некотором сечении от толщины в другом сечении, рассчитывали на ЭВМ «Минск-22» из выражения

$$K_x(l_1, l_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} [x_1 - m_x(l_1)] [x_2 - m_x(l_2)] f(x_1, x_2, l_1, l_2) dx_1 dx_2,$$

где  $m_x(l_1)$  — математическое ожидание случайной функции;  
 $x_1$  — текущее значение случайной функции;  
 $f(x_1, x_2, l_1, l_2)$  — плотность вероятности случайной функции.

Результаты приведены на рис 2, из которого видно, что зависимость между случайными значениями толщины древесностружечной плиты, разделенными промежутками  $\Delta_L$ , ослабевает, и в пределе  $\Delta_L \rightarrow \infty$  величины толщин становятся взаимонезависимыми

$$\lim_{\Delta_L \rightarrow \infty} K_x(\Delta_L) = 0,$$

Все это позволяет считать случайный характер изменения толщины древесностружечной плиты не только стационарным, но и эргодическим, что дает возможность получить статические характеристики случайного процесса по одной реализации.

Рассмотрим вопрос определения толщины плиты в период прохождения ее через измерительную позицию. С одной стороны, измерительные схемы обладают определенной инерционностью, а скорости подачи в станках и технологических линиях на деревообрабатывающих предприятиях значительны (до 0,13—0,5 м/с). С другой стороны, информацию о толщине плиты по трассе измерения можно представить конечным числом некоторых величин (например, коэффициентов разложения), значения которых получены при определении толщины через некоторые интервалы.

Здесь требует разрешения вопрос о вычислении величины интервалов, чтобы при обработке информации по отсчетным значениям о толщине можно было получить воспроизводящую функцию  $y(l)$ , которая с заданной точностью отображает исходную  $x(l)$ , характеризующую рельеф плиты.

Интервал между отсчетами при определении толщины плиты можно выбирать с учетом критерия среднеквадратического отклонения, когда при равномерной дискретизации точность воспроизведения оценивают среднеквадратическим отклонением в узловых точках. Необходимо отметить, что дискретизации подлежит стационарная случайная функция зависимости разнотолщинности плиты по трассе измерения и длина плиты значительно превосходит интервал дискретизации.

Среднеквадратическая ошибка воспроизведения [3]

$$\overline{\varepsilon^2} = M \{ [y(l_i) - x(l_i)]^2 \}.$$

При ступенчатой аппроксимации воспроизводящую функцию можно записать в виде

$$y(l_i) = x(l_i - \Delta_L),$$

где  $\Delta_L$  — интервал дискретизации.

Подставляя значения  $y(l_i)$ , раскрывая скобки и учитывая, что

$$M[x^2(l_i)] = M[x^2(l_i - \Delta_L)] = K_x(0),$$

а

$$M[x(l_i)x(l_i - \Delta_L)] = K_x(\Delta_L),$$

получаем

$$K_x(\Delta_L) = K_x(0) - \frac{\overline{\varepsilon^2}}{2}.$$

Если известна корреляционная зависимость между значениями разнотолщинности плиты в различных точках по трассе измерения и задана максимально возможная величина среднеквадратического отклонения  $\overline{\varepsilon^2}$ , то интервал дискретизации можно определить из соотношения

$$\Delta_L = K_x^{-1} \left[ K_x(0) - \frac{\overline{\varepsilon^2}}{2} \right], \quad (1)$$

где символом  $K_x^{-1}$  обозначена функция, обратная корреляционной.

Значением среднеквадратического отклонения  $\overline{\varepsilon^2}$  можно задаться, исходя из того, что выражение  $y(t_i) - x(t_i)$  соответствует погрешности измерения; погрешность измерения для систем контроля не должна превышать 0,1 поля допуска (для нашего случая — 0,12 мм). Тогда значение  $\frac{\overline{\varepsilon^2}}{2} \approx 0,01$  мм<sup>2</sup>.

Интервал дискретизации по корреляционной функции, заданной графически в соответствии с выражением (1), можно определить из графика рис. 2.

В результате интервал дискретизации  $\Delta_L = 0,12$  м, что означает возможность получения текущей информации о разнотолщинности древесностружечной плиты с учетом того, что замеры производят по трассе через 120 мм.

Учитывая скорость подачи плиты в технологической схеме производства древесностружечных плит (например, на участке обрезных станков  $v = 0,20$  м/с), можно сформулировать требования к динамическим характеристикам систем автоматического контроля. При этом измерительный элемент должен воспринимать и передавать без искажения в схему контроля информацию о разнотолщинности плиты с частотой до 0,6 Гц.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Балмасов Е. Я. Автоматизация процессов производства древесных плит. М., «Лесная промышленность», 1973, 224 с. [2]. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. М., «Мир», 1974, 464 с. [3]. Темников Ф. Е. и др. Теоретические основы информационной техники. М., «Энергия», 1971, 424 с.

Поступила 19 мая 1977 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 658.785.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
ОПТИМАЛЬНОГО ОБЪЕМА ЗАПАСА ПИЛОВОЧНОГО СЫРЬЯ  
НА СКЛАДАХ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. А. ФИЛОНОВ, Ф. Т. ТЮРИКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Приводится методика расчета оптимального запаса пиловочного сырья на складах лесопильных предприятий и составления программы обеспечения сырьем.

Для каждого лесопильного предприятия необходимо разработать такую программу обеспечения сырьем, при которой общая сумма затрат на транспортировку сырья и содержание запасов минимизируется при условии полного и своевременного обеспечения сырьем лесопильных потоков. В соответствии с программой должен быть разработан календарный график поставки сырья с разбивкой по отдельным плановым периодам (месяцам, декадам и т. п.).

Указанные задачи могут быть решены с помощью методов динамического программирования [1]. Для этого планируемый период разбивают на отрезки времени и устанавливают спрос на каждом из них. Затем поочередно рассматривают спрос на каждом из отрезков, начиная с первого. Каждая, пока еще не удовлетворенная, единица спроса удовлетворяется самым дешевым из возможных способов.

Алгоритм построения оптимальной программы обеспечения сырьем выглядит следующим образом.

Шаг 1. Пусть  $K$  — первый месяц, для которого спрос пока еще не удовлетворен. Для каждого из отрезков 1, 2, 3, ...,  $K$  рассмотрим последовательно такое приращение объема поставки на единицу по сравнению с уже построенной частью программы, которое удовлетворяло бы единичный спрос на отрезке  $K$ .

Шаг 2. Для каждого из полученных  $K$  вариантов единичного приращения объема поставки вычислим общее увеличение затрат, вызванное приращением объема поставки и запасов. Выберем вариант с минимальным увеличением затрат и соответствующим образом изменим уже построенную часть программы. Если таких вариантов несколько, то выбирается вариант с возможно более поздним увеличением объема поставки.

Продемонстрируем применение этого алгоритма на числовом примере.

Пусть лесопильно-деревообрабатывающее предприятие имеет годовой план по распиловке сырья 600 тыс. м<sup>3</sup>. Сырье поставляется из двух леспромпхозов: из ЛПХ I — смешанным способом, из ЛПХ II — сухопутным. Данные о спросе по месяцам, производственных затратах и возможных объемах поставки приведены в табл. 1.

В левом верхнем углу каждой клетки таблицы указаны производственные затраты на 1 м<sup>3</sup> сырья, которые представляют собой сумму затрат на доставку сырья и содержание запасов. Затраты в диагональной паре клеток — затраты только на доставку. Так, в мае ЛПХ I имеет возможность поставить 40 тыс. м<sup>3</sup> пиловочника при затратах 2 р. на 1 м<sup>3</sup>. В июне затраты на 1 м<sup>3</sup> сырья майской поставки возрастают до 2,2 р., так как прибавляются расходы, связанные с хранением сырья в течение

Таблица 1

Месяц	ЛПХ	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Возможный объем поставок, тыс. м <sup>3</sup>	Средний объем поставок, тыс. м <sup>3</sup>
		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40		
Май	I	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	40 0	80
	II	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4		
Июнь	I		2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	40 0	160
	II		2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2		
Июль	I			2,0	2,2	2,4	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	40 0	240
	II			2,4	2,6	2,8	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0		
Август	I				2,0	2,2	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	40 0	320
	II				2,4	2,6	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8		
Сентябрь	I					2,0	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	40 0	400
	II					2,4	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6		
Октябрь	I						3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	20	450
	II						2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4		
Ноябрь	I							3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	20	500
	II							2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4		
Декабрь	I								3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	30 10	560
	II								2,4	2,4	2,4	2,4	2,4		
Январь	I									3,0	3,0	3,0	3,0	30 30 0	620
	II									2,4	2,4	2,4	2,4		
Февраль	I										3,0	3,0	3,0	30 30 0	680
	II										2,4	2,4	2,4		
Март	I											3,0	3,0	40 0	710
	II											2,4	2,4		
Апрель	I												3,0	40 0	740
	II											2,4	2,4		
Спрос, тыс. м <sup>3</sup>		50 40 0													
Средний спрос, тыс. м <sup>3</sup>		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600		
Календарный график поставки, тыс. м <sup>3</sup>	I	40	40	40	40	40	-	-	20	30	30	10	10	Итого 300	
	II	10	10	10	40	40	30	30	30	30	30	20	20	300	
Объем запаса, тыс. м <sup>3</sup>		-	-	-	-	30	60	40	20	20	30	40	20		

месяца (например, дождевание). Такое же увеличение затрат наблюдается в июле, августе, сентябре. Начиная с октября, затраты уже не возрастают, поскольку отпадает необходимость в дождевании.

ЛПХ II имеет возможность в мае поставить 40 тыс. м<sup>3</sup> пиловочника при затратах 2,4 р. за 1 м<sup>3</sup>. Эти затраты остаются неизменными в течение года (см. диагональные клетки). Однако возможный объем поставки в зимние и весенние месяцы уменьшается в связи с ухудшением условий работы автомобильного транспорта (вторая графа справа). Затраты на транспортировку сырья из ЛПХ I в октябре возрастают с 2 до 3 р. в связи с окончанием навигационного периода. Одновременно сокращается возможный объем поставки.

В табл. I каждому месяцу соответствуют две строки и одна графа, в свободной части клеток проставляется объем поставки сырья в этом месяце, тогда как числа в графах характеризуют удовлетворение спроса рассматриваемого месяца. Поскольку спрос не удовлетворен, клетки под диагональю являются «запрещенными». Таким образом, первые две строки таблицы показывают, что майскую поставку можно направить на удовлетворение спроса любого месяца, вторые две — что июньской поставкой можно удовлетворить спрос июня и любого из последующих месяцев и т. д. Аналогично апрельский спрос можно удовлетворить поставкой сырья в любом месяце и т. д. Допустимую программу можно построить, если для каждого месяца соответствующий совокупный объем поставки с начала года не меньше совокупного спроса за этот же период.

Построение оптимальной программы обеспечения сырьем в данном примере удобнее начинать с мая (с начала навигации), поскольку затраты на транспортировку в летний период наименьшие.

Для того чтобы ознакомиться с алгоритмом в деталях, опишем все операции по составлению оптимальной программы обеспечения сырьем.

1. Часть майского спроса (40 тыс. м<sup>3</sup>) удовлетворим майской поставкой из ЛПХ I. Цифру 50 в строке «Спрос» за май зачеркивают одной чертой и проставляют остаток неудовлетворенного спроса (10 тыс. м<sup>3</sup>). В первой клетке первой строки указывают объем поставки в мае леспромпхозом I (40 тыс. м<sup>3</sup>). Цифру 40 в графе «Возможный объем поставки» в первой строке зачеркивают также одной чертой и проставляют цифру 0. Таким образом, возможности леспромпхоза I в мае исчерпаны полностью для удовлетворения майского спроса.

2. Вторую часть майского спроса (10 тыс. м<sup>3</sup>) удовлетворим майской поставкой из леспромпхоза II при затратах 2,4 р. на 1 м<sup>3</sup>. Цифру 10 в строке «Спрос» за май зачеркивают двумя чертами и проставляют цифру 0, что означает полное удовлетворение майского спроса. В первой клетке второй строки указывают объем поставки в мае леспромпхозом II (10 тыс. м<sup>3</sup>). Одновременно во второй строке графы «Возможный объем поставки» цифру 40 зачеркивают и проставляют цифру 30. Это означает, что 30 тыс. м<sup>3</sup> пиловочника, которые мог бы поставить в мае леспромпхоз II, остаются неиспользованными.

3. Июньский спрос удовлетворяем июньской поставкой из ЛПХ I (40 тыс. м<sup>3</sup>) и ЛПХ II (10 тыс. м<sup>3</sup>), поскольку затраты в этом случае минимальны (по вертикали выбираем наименьшие затраты на 1 м<sup>3</sup> сырья).

4. Аналогичным способом удовлетворяется спрос в последующих месяцах. Во всех случаях спрос каждого месяца удовлетворяется с использованием возможных вариантов, затраты при которых минимальны. Последовательно выполняя операции, необходимо соответствующим образом уменьшать неиспользованный остаток сырья (во второй графе справа таблицы). Как только этот остаток становится равным нулю, оставшиеся в строке клетки больше не используются.

Программа обеспечения сырьем по месяцам (см. строку «Календарный график поставки») может быть получена следующим образом. Значения объемов поставки по каждому ЛПХ для каждого месяца исчисляются как использованный объем поставки для данного месяца, который определяется по второй графе справа.

Объем запасов пиловочного сырья на конец каждого месяца устанавливается как сумма объемов поставки, указанных в клетках, расположенных правее и выше диагональной пары клеток месяца ( $K-1$ ). Так, для октября объем запасов составит  $20 + 10 + 20 + 10 = 60$  тыс. м<sup>3</sup> (в таблице указанные цифры обведены кружками).

Предлагаемый метод календарного планирования дает возможность разработать для каждого лесопильного предприятия правила управления запасами сырья, устанавливающие момент и размеры пополнения запасов, причем полученная таким образом программа позволит сократить производственные затраты по доставке и хранению сырья до минимума и значительно сократить складские площади.

Приведенный пример имеет целью лишь более подробно ознакомиться с методикой составления оптимальной программы обеспечения

сырьем и определения размера запаса сырья на складе предприятия. В действительности может возникнуть бесчисленное множество ситуаций, поскольку различные лесопильные предприятия имеют свои особенности и находятся в различных конкретных условиях.

Конечные результаты построения модели динамического программирования будут зависеть от таких факторов, как производительность лесопильного цеха, способы доставки сырья, количество и удаленность леспромпхозов, снабжающих предприятие сырьем, возможности леспромпхозов, длительность навигационного периода, способы хранения сырья и ряда других. Из этого следует, что получить какие-либо общие закономерности и дать обобщения при определении максимального запаса пиловочного сырья не представляется возможным, поэтому вопросы оптимизации снабжения каждого предприятия пиловочным сырьем должны решаться автономно. Для составления оптимальной программы обеспечения сырьем и определения оптимального запаса сырья необходимо знать: какие леспромпхозы снабжают предприятие пиловочным сырьем; возможный объем поставки сырья по каждому леспромпхозу; стоимость транспортировки сырья от каждого леспромпхоза применительно к способу доставки; стоимость хранения запасов сырья на складе лесопильного предприятия; производственную программу лесопильного предприятия.

Располагая этими данными, несложно составить модель программы обеспечения сырьем и управления запасами с учетом перспективы. Предлагаемый метод целесообразно рекомендовать как при реконструкции действующих складов сырья, так и при проектировании новых. Подобные модели могут быть разработаны для целого экономического района.

Одна из важнейших проблем, стоящих перед лесопильной промышленностью, — сокращение количества сорторазмерных групп бревен, распиливаемых одним поставом, при условии обеспечения ритмичности работы лесопильных потоков. В условиях неравномерного поступления пиловочного сырья по отдельным сорторазмерным группам (имеющего место в действительности) бесперебойная работа лесопильного цеха возможна лишь при наличии определенного запаса рассортированных бревен. Продолжительность предварительного накопления бревен и размер запаса зависят от количества и производительности лесопильных потоков, интенсивности поступления сырья, требуемой дробности сортировки, характера распределения поступающих бревен по различным сорторазмерным признакам.

Ниже дан анализ работы участка комплектования бревен для текущей распиловки как многоканальной системы массового обслуживания и на этой основе разработаны общие зависимости по определению требуемого запаса бревен.

Специфика работы участка комплектования бревен для текущей распиловки заключается в том, что бревна подаются на распиловку на один из свободных потоков по мере накопления бревен определенной сорторазмерной группы в количестве, обеспечивающем бесперебойную работу потока в течение времени  $T$ , соответствующего средней продолжительности работы до перемены пил.

В общем случае минимальный запас бревен для обеспечения бесперебойной работы лесопильных потоков в течение времени  $T$  может быть определен по формуле

$$M_{min} = A\bar{\tau}_n + A\bar{\tau}_n \frac{t_{np}}{T}, \quad (1)$$

где  $T$  — продолжительность работы до перемены пил, ч;  
 $A$  — количество бревен, поступающих к участку сортировки, шт./ч;  
 $\bar{\tau}_n$  — средняя продолжительность накопления бревен из  $n$  наиболее ходовых сорторазмерных групп, ч;  
 $n$  — число лесопильных потоков;  
 $\bar{t}_{пр}$  — средняя продолжительность простоя одного лесопильного потока, ч.

В формуле (1) первый член правой части уравнения представляет собой запас бревен, необходимый для начала работы, второй — дополнительный запас, исключающий простои лесопильных потоков.

Количество бревен, поступающих к участку сортировки, зависит в основном от способа доставки и организации производственного процесса на складе. Так, при сезонной поставке бревен и хранении их в нерассортированном виде, а также при круглогодичной поставке величина  $A$  будет соответствовать приблизительно производительности лесопильного цеха:

$$A = nP_{ср}, \quad (2)$$

где  $P_{ср}$  — средняя производительность одного потока, шт./ч.

При сезонной доставке с укладкой в запас рассортированных бревен поступающее к участку сортировки количество

$$A = nP_{ср} \frac{N}{H}, \quad (3)$$

где  $N$  — число дней в году;

$H$  — длительность навигационного периода, дн.

Для определения средней продолжительности простоя лесопильных потоков представим участок комплектования бревен как систему массового обслуживания с ограниченным числом источников заявок  $m$  (количества сорторазмерных групп, на которые рассортировываются бревна) и количеством каналов обслуживания  $n$  (число лесопильных потоков).

При установившемся режиме работы цеха поток заявок на распиловку можно считать простейшим. Плотность потока заявок на распиловку определится из соотношения

$$\lambda = \frac{1}{\bar{\tau}} \text{ 1/ч}; \quad \bar{\tau} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \tau_i, \quad (4)$$

где  $\bar{\tau}$  — средняя продолжительность накопления бревен одной сорторазмерной группы, ч;

$\tau_i$  — продолжительность накопления бревен  $i$ -той сорторазмерной группы, ч; она может быть определена по формуле [2]

$$\tau_i = \frac{T(P_{ср.i} - A_i)}{A_i}, \quad (5)$$

где  $P_{ср.i}$  — средняя производительность одного лесопильного потока при распиловке бревен  $i$ -той сорторазмерной группы, шт./ч

$$P_{ср.i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P_{ji} \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (6)$$

$P_{ji}$  — производительность  $j$ -того потока при распиловке бревен  $i$ -той сортиражной группы;

$A_i = A \frac{\beta_i}{100}$  — количество бревен  $i$ -той сортиражной группы, поступающее на участок сортировки, шт./ч;

$\beta_i$  — процент бревен по каждой сортиражной группе.

Плотность потока заявок, обслуживаемых одним непрерывно занятым лесопильным потоком, определится из соотношения

$$\mu = \frac{1}{T} \text{ 1/ч.} \quad (7)$$

Определим параметры рассматриваемой системы массового обслуживания

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu}; \quad p = \frac{\alpha}{1 + \alpha}; \quad \chi = \frac{n\mu}{\lambda}; \quad q = 1 - p. \quad (8)$$

Вероятность того, что все потоки свободны, найдем из выражения

$$P_0 = \frac{1}{\frac{\tilde{B}(m, n, p)}{q^m} + \frac{P(n, n)R(m-n-1, \chi)}{P(0, n)P(m, \chi)}}, \quad (9)$$

где

$$\left. \begin{aligned} \tilde{B}(m, n, p) &= \sum_{i=0}^n C_m^i p^i q^{m-i}; & R(m-n-1, \chi) &= \sum_{s=0}^{m-n-1} \frac{\chi^s}{s!} e^{-\chi}; \\ P(n, n) &= \frac{n^n}{n!} e^{-n}; & P(0, n) &= \frac{n^0}{0!} e^{-n}; & P(m, \chi) &= \frac{\chi^m}{m!} e^{-\chi}. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Среднее число лесопильных потоков, занятых распиловкой, определим по формуле

$$\bar{k} = \frac{P_0}{q^m} \sum_{k=1}^n k B(m, k, p) + \frac{n P_0 P(n, n) R(m-n-1, \chi)}{P(0, n) P(m, \chi)}, \quad (11)$$

где

$$B(m, k, p) = C_m^k p^k q^{m-k}.$$

Среднее время простоя одного лесопильного потока получим по формуле

$$\bar{t}_{\text{пр}} = \frac{1}{\mu} \frac{1 - \bar{k}/n}{\bar{k}/n}. \quad (12)$$

Пользуясь приведенными формулами, можно рассчитать необходимый запас бревен для любых конкретных условий.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вагнер Г. Основы исследования операций. М., «Мир», 1973. [2]. Песоцкий А. Н., Брагин А. П. К расчету параметров участков лесозавода для комплектования рассортированного пиловочника. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 5.

Поступила 9 ноября 1977 г.

УДК 634.0.79:330.115

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФУНКЦИИ В АНАЛИЗЕ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВНОВЬ ВВОДИМЫХ  
ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ**

(НА ПРИМЕРЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЗАВОДА)

*А. В. ПЛАСТИНИН*

Архангельский лесотехнический институт

Рассматривается возможность использования в оценке эффективности вновь вводимых основных производственных фондов предельных показателей эффективности, получаемых дифференцированием однофакторных производственных функций.

Характерная черта социалистического расширенного производства даже в условиях его интенсификации — постоянный рост основных производственных фондов. В связи с этим представляется актуальным анализ эффективности вновь вводимых фондов с точки зрения влияния их на прирост продукции. Эта задача тем более актуальна, что в десятой пятилетке размер капитальных вложений по объектам определяется в зависимости от запланированного выпуска продукции.

Таблица 1

Показатели	Значения показателей по годам						Вариация показателей	
	1968	1969	1970	1971	1972	1973	Размах вариации	Коэффициент вариации, %
1. Товарная продукция $Q_{т. п}$	2522	3343	4117	4978	5525	5905		
Прирост товарной продукции $\Delta Q_{т. п}$	—	+821	+774	+861	+574	+380		
2. Чистая продукция $Q_{ч. п}$	314	374	600	935	1246	1644		
Прирост чистой продукции $\Delta Q_{ч. п}$	—	+60	+226	+335	+311	+398		
3. Среднегодовая стоимость основных фондов $F$	5759	7463	9099	9191	9333	9837		
Прирост среднегодовой стоимости основных фондов $\Delta F$	—	+1704	+1636	+92	+142	+504		
4. Прирост товарной продукции на единицу прироста основных фондов $\frac{\Delta Q_{т. п}}{\Delta F}$		0—48	0—47	9—36	4—04	0—75	19,79	114,07
5. Прирост чистой продукции на единицу прироста основных фондов $\frac{\Delta Q_{ч. п}}{\Delta F}$		0—04	0—14	3—64	2—19	0—79	104,03	100,22

Обычно поставленная задача в практике реализуется, посредством расчета и анализа так называемых приростных показателей, построенных в виде отношения  $\frac{\Delta Q}{\Delta F}$ , где  $\Delta Q$  — прирост результата производства,  $\Delta F$  — прирост основных промышленно-производственных фондов за тот же период. Однако, по справедливому мнению видных советских экономистов [1, 2], приростным показателям присущ ряд недостатков: они весьма условно и приближенно отражают эффективность вновь вводимых основных фондов. Так, приростные показатели «вменяют» весь прирост продукции действию только новых основных фондов, без учета возможного прироста за счет интенсификации использования ранее введенных фондов; не учитывают временного лага между вводом новых фондов и приростом продукции; нередко имеют по годам непомерно большую вариацию. Рассмотрим, например, рассчитанные таким образом приростные показатели по Запорожскому гидролизному заводу.

Из табл. 1 хорошо видно, что вариация приростных показателей (строки 4, 5) весьма велика. Эффективность вновь вводимых основных фондов в течение пяти лет колебалась почти в 20-кратном размере даже при выражении результата производства через такой инертный показатель, как товарная продукция, и более чем в 100-кратном при выражении результата производства через показатель чистой продукции.

Эти оценки заставляют нас задуматься, нельзя ли для решения этой задачи привлечь более совершенный математический аппарат. Таким математическим аппаратом, на наш взгляд, может быть метод производственной функции, опирающийся на известные методы корреляций и регрессий.

С точки зрения математики совершенствование приростных показателей  $\frac{\Delta Q}{\Delta F}$  достигается за счет использования предельно малого интервала  $\Delta F$ . Тогда, обозначая предельный показатель эффективности через  $a$ , имеем

$$a = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta F}.$$

Следовательно, предельные показатели, являющиеся более совершенной модификацией приростных показателей, могут быть получены дифференцированием функции  $Q = f(F)$ . Понятно, что отнюдь не всегда и не однозначно приросту основных производственных фондов соответствует пропорциональный прирост результата (в виде прироста продукции). Логический анализ закономерности изменения  $Q$  от  $F$  позволяет сделать вывод, что связь между ними может быть лишь статистической, корреляционной. Аналитический вид производственной функции в этом случае получается в виде уравнения регрессии.

Так, по данным табл. 1 (строки 1, 2), нами была построена производственная функция вида

$$Q_{т.п} = 0,1653F^{1,5297}. \quad (1)$$

Абсолютная скорость изменения  $Q_{т.п}$  от  $F$  — предельный показатель эффективности — определится дифференцированием уравнения (1):

$$a = Q'_{т.п} = \frac{\partial Q}{\partial F} = 0,1653 \cdot 1,5297 F^{0,5297}. \quad (2)$$

Подставляя в (2) фактические значения  $F$ , получаем ряд значений  $a$  для соответствующих лет, а подставляя в (2) среднее значение  $\bar{F}$ , находим среднее значение  $\bar{a} = 0,7830$ .

Следует понимать, что при использовании предельных показателей оценка эффективности вновь вводимых фондов получается не в чистом виде, а с учетом эффективности использования всей массы фондов, ибо направление линии регрессии определяется складывающимся соотношением между всей массой основных фондов и всем объемом продукции. С этой точки зрения предельные показатели характеризуют эффективность не собственно новых фондов, а роста основных фондов.

Таблица 2

Вид и метод расчета показателей	Значения показателей по годам						Среднее значение
	1968	1969	1970	1971	1972	1973	
Товарная продукция $Q_{т.п}$							
Предельные $Q_{т.п} = 0,1653 F^{1,5297}$ (1)	0,6393	0,7338	0,8145	0,8189	0,8254	0,8487	0,7830
Приростные $\frac{\Delta Q_{т.п}}{\Delta F}$	—	0—48	0—47	9—36	4—04	0—75	
Средние $\frac{Q_{т.п}}{F}$	0—44	0—45	0—45	0—54	0—59	0—60	0—51
Чистая продукция $Q_{ч.п}$							
Предельные $Q_{ч.п} = 0,0174 F^{2,8439}$ (3)	0,1249	0,2014	0,2903	0,2956	0,3042	0,3353	0,2531
Приростные $\frac{\Delta Q_{ч.п}}{\Delta F}$	—	0—04	0—14	3—64	2—19	0—79	
Средние $\frac{Q_{ч.п}}{F}$	0—06	0—05	0—07	0—10	0—13	0—17	0—10

Предельные показатели, представленные в табл. 2, могут быть интерпретированы следующим образом. На Запорожском гидролизном заводе в анализируемый период приросту основных фондов на 1 р. соответствовал в среднем прирост товарной продукции на 78,3 к. и прирост чистой продукции на 25,3 к. В целом рост основных фондов за этот период следует признать экономически целесообразным и эффективным, поскольку с каждого рубля, вновь вложенного в основные фонды, было получено больше продукции, чем с рубля всей массы основных производственных фондов (средняя фондоотдача по товарной и чистой продукции составила соответственно 51 и 10 к./р.).

Из производственных функций (1) и (3), приведенных в табл. 2, могут быть получены предельные показатели в относительных величинах: приросту основных фондов на 1% соответствовал в среднем прирост товарной продукции на 1,5% и прирост чистой продукции на 2,8%. Здесь и выше в понятии «в среднем» отражен, помимо всего, и вероятностный аспект, что соответствует природе изучаемого яв-

ния. Ибо, действительно, хотя рост основных фондов и является объективной основой для роста производства продукции, однако реализация этой предпосылки зависит еще от многих факторов. Поэтому-то взаимосвязь между размером основных фондов и объемом продукции и логичней представлять не в виде функциональной связи, а в виде тенденции, проявляющейся через массу случайных и неслучайных явлений лишь в среднем, что и соответствует природе корреляционной связи.

Именно поэтому использование предельных показателей эффективности вновь вводимых основных фондов, на наш взгляд, более предпочтительно, чем просто приростных показателей. Предельные показатели эффективности, не отличающиеся по структуре от приростных, полнее характеризуют эффективность вновь вводимых основных производственных фондов, так как математический аппарат, заложенный в основу их расчета, более совершенен.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Красовский В. Интегральный эффект и фактор времени. — «Вопросы экономики», 1974, № 8, с. 3—13. [2]. Хачатуров Т. О критериях и показателях эффективности общественного производства. — «Коммунист», 1975, № 7, с. 83—94.

Поступила 1 июня 1977 г.

УДК 658.322

### РОЛЬ ТАРИФНОЙ СИСТЕМЫ В ОРГАНИЗАЦИИ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ РАБОЧИХ ЛЕСОПИЛЬНО-ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

*Л. М. СОКОЛОВА, Я. Ф. МОЛНАР, Н. В. ПОДЛЕСНАЯ*

Архангельский лесотехнический институт

Организация заработной платы рабочих рассматривается с точки зрения дифференциации тарифных ставок в зависимости от форм оплаты, условий труда и сложности работ.

В «Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг.» подчеркивается необходимость дальнейшего совершенствования тарифной системы и повышения ее роли в стимулировании роста квалификации работников и их трудовых достижений, предусматривается приступить в десятой пятилетке к новому этапу повышения минимальной заработной платы, тарифных ставок рабочих и должностных окладов служащих.

Главная функция тарифной системы — централизованное регулирование заработной платы, обеспечивающее осуществление социалистического принципа равной оплаты за равный труд. Посредством тарифной системы определяется размер оплаты труда рабочих в зависимости от сложности выполняемых ими работ, условий труда и значимости отрасли для народного хозяйства. Одна из важнейших функций тарифной системы — стимулирование роста квалификации работников.

Основное условие повышения действенности тарифной системы заключается в обеспечении все более полного соответствия между коли-

Таблица 1

Показатели	Средний показатель	Разряды					
		I	II	III	IV	V	VI
Доля тарифной ставки, %*	62,7	59,6	64,8	60,8	62,1	74,3	64,5
Доля сдельного приработка, %*	69,0	71,0	67,2	63,3	68,2	75,6	30,0
Выполнение норм выработки, %*	20,1	26,5	17,7	23,6	19,3	15,1	19,9
Соотношение в уровнях тарифной ставки и заработной платы**:	13,0	12,3	16,2	19,0	13,3	7,8	1,9
Нормальные условия труда	132	146	130	140	138	114	131
Тяжелые и вредные условия труда	121	124	124	131	122	111	104
Соотношение в уровнях заработной платы рабочих на работах с тяжелыми и нормальными условиями труда, %	121	100	109	118	131	147	171
	119	100	113	116	139	126	145
	121	100	109	118	131	147	171
	132	100	114	131	137	140	152
	135	—	146	148	150	125	135
	120		136	142	133	111	118
	111	101	107	107	98	112	99

\* Данные в числителе относятся к нормальным условиям труда; в знаменателе — к тяжелым и вредным.

\*\* В числителе приведен уровень тарифной ставки; в знаменателе — уровень заработной платы. Тарифная ставка и заработная плата I разряда приняты за 100%.

чеством и качеством труда, с одной стороны, и тарифной ставкой, с другой.

Действенность тарифной системы зависит от доли тарифа в заработной плате рабочих. Тарифная часть заработной платы у рабочих деревообрабатывающей промышленности за 1972 г. не превышала 60%.

Введенные в 1972 г. тарифные ставки создали необходимые условия для повышения действенности тарифной системы в лесопильно-деревообрабатывающем производстве.

Роль тарифной системы в организации заработной платы рабочих в зависимости от сложности выполняемых работ, условий труда и в связи с различием в интенсивности труда после введения новых условий оплаты рассмотрена на примере лесопильно-деревообрабатывающих комбинатов № 1 и 4 г. Архангельска и Петрозаводского лесопильно-мебельного комбината за март 1976 г.

На указанных предприятиях доля тарифа в заработной плате в среднем не достигает 70% (табл. 1). Она наиболее низка у рабочих начальных разрядов. Так, у рабочих I—III разрядов на работах с нормальными условиями труда в среднем она составила 62,2%, а у рабочих IV—VI разрядов — 66,8%; на работах с неблагоприятными условиями труда соответственно 64,8 и 71,8%.

Вследствие значительного перевыполнения норм выработки высокая доля сдельного приработка в заработной плате рабочих (на работах с нормальными условиями труда — 20,1%, с неблагоприятными условиями — 13,0%), особенно у рабочих начальных разрядов.

Более низкая доля тарифа в заработной плате у рабочих, занятых на работах с нормальными условиями труда, — следствие более высокого уровня выполнения норм выработки: в среднем 132% против 121% на работах с тяжелыми и вредными условиями труда, причем это характерно для рабочих всех шести разрядов.

По уровню выполнения норм выработки следует выделить профессии, которые могут быть отнесены к непрестижным и с точки зрения повышения квалификации непривлекательным: транспортировщики, выгрузчики древесины из воды, укладчики пиломатериалов и др. Уровень выполнения норм выработки у выгрузчиков II разряда составил 151,9%, III — 141,1%, транспортировщиков II разряда — 137%, III — 156%.

Такой высокий процент выполнения норм выработки у рабочих указанных профессий формируется на предприятии не случайно. Работники экономических служб предприятий считают, что только при условии относительно низкой напряженности норм труда можно обеспечить рабочими кадрами указанные участки деревообрабатывающего производства. Это — вынужденная мера регулирования заработной платы с учетом сложившейся оценки работ с точки зрения их престижности, привлекательности. Чтобы исключить подобную практику регулирования заработной платы, следует в тарифных ставках для рабочих профессий, занятых на этих работах, учитывать не только сложность их выполнения, но и отмеченные социальные факторы.

По всей вероятности, целесообразно работы указанного характера распределить на две группы. Работы с наиболее высокой интенсивностью и одновременно непривлекательные, непрестижные необходимо выделить в отдельную группу, в которую следовало бы включить рабочих водного цеха, обрезчиков, торцовщиков, сортировщиков лесопильного цеха и укладчиков пиломатериалов, деталей и изделий из древесины цеха биржи пиломатериалов. Остальные рабочие профессии,

которые относятся к числу непрестижных, непривлекательных, но с относительно невысокой интенсивностью труда (транспортновозчики, бункеровщики, подсобные рабочие) целесообразно объединить в группу, для которой необходимо к тарифным ставкам ввести постоянные надбавки.

Один из принципов организации заработной платы предусматривает более высокий уровень заработной платы на работах с тяжелыми и вредными условиями труда по сравнению с нормальными (в среднем на 12,5%). Практически же этого различия в заработной плате у рабочих I разряда нет, у рабочих II и III разрядов заработок выше только на 7%, а у рабочих IV и VI разрядов на работах с тяжелыми и вредными условиями труда уровень заработной платы даже ниже.

Дифференциация заработной платы рабочих в зависимости от сложности выполняемых ими работ складывается под влиянием диапазона тарифной сетки и характера нарастания тарифных коэффициентов. Практически разрыв в уровнях заработной платы рабочих I и VI разрядов значительно меньше предусмотренного тарифной системой 71%. Так, на работах с нормальными условиями труда в среднем по обследованным предприятиям он составил 45%, а на работах с неблагоприятными условиями труда — 52%. Сближение уровней заработной платы рабочих I и VI разрядов наблюдается на всех трех обследованных предприятиях.

Таблица 2

Показатели	Разряды					
	I	II	III	IV	V	VI
Относительное нарастание тарифных ставок	100	109	109	110	112	116
заработной платы:						
Нормальные условия	100	113	103	120	92	120
Неблагоприятные условия	100	114	115	105	102	110

В лесопильно-деревообрабатывающем производстве относительное нарастание тарифных коэффициентов носит прогрессивный характер, а в относительном нарастании заработной платы от разряда к разряду четко выраженной тенденции не обнаружено (табл. 2). Более того, имеет место даже снижение уровня заработной платы по сравнению с уровнем предшествующего разряда (V разряд на работах с нормальными условиями труда), а в ряде случаев рост заработной платы от разряда к разряду или слишком велик, или мал.

Подобная практика организации заработной платы не может в должной мере стимулировать рост квалификации рабочих.

Для компенсации различия в интенсивности труда рабочих-повременщиков и сдельщиков для последних предусмотрены повышенные на 7% ставки. Фактически уровень заработной платы рабочих-сдельщиков выше уровня заработной платы рабочих-повременщиков на работах с нормальными условиями труда в среднем на 35% (у рабочих III—V разрядов — на 45—50%), а на работах с тяжелыми и вредными условиями труда — на 20% (у II и III разрядов соответственно на 36 и 42%) — табл. 1.

Но значит ли это, что необходимо увеличить разрыв в тарифных ставках рабочих-сдельщиков и рабочих-повременщиков? Вероятно, однозначно ответить на этот вопрос нельзя. Все зависит от напряженности труда повременщиков. В тех случаях, когда для повременщиков уста-

навливается нормированное задание, по уровню напряженности труд сдельщиков и повременщиков существенно не различается. А условия труда повременщиков порой бывают хуже, чем у сдельщиков, вследствие действия таких факторов, как нервное напряжение, ответственность за принятие решений по контролю за ходом производственного процесса и т. д. В перспективе с учетом роста механизации и автоматизации производственных процессов, введения нормированных заданий для повременщиков, на наш взгляд, нет необходимости сохранять даже имеющийся разрыв в тарифных ставках рабочих-сдельщиков, более того, следовало бы установить для них единые тарифные ставки.

Во всех исследуемых направлениях организации заработной платы имеются серьезные нарушения принципов, заложенных в тарифной системе. Исследование организации заработной платы рабочих лесопильно-деревообрабатывающей промышленности показало, что в настоящее время тарифная система не является эффективным регулятором заработной платы, что, в свою очередь, ведет к нарушению принципа оплаты по труду с учетом его сложности и качества. Устранение недостатков в нормировании труда и реализация предложений по совершенствованию тарифной системы позволят повысить ее действенность.

---

Поступила 22 ноября 1977 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 632.982.52

ВНУТРИСТВОЛЬНАЯ ИНЪЕКЦИЯ  
ЧЕРЕЗ ВЖИВЛЕННЫЕ ФИСТУЛЫ

Г. В. СТАДНИЦКИЙ, А. М. БОРТНИК, Ф. В. НАУМОВ

Архангельский лесотехнический институт, ЛенНИИЛХ

Излагаются результаты опытов по введению системного инсектицида фосфамида в стволы плодоносящих лиственниц при помощи специальных металлических фистул, постоянно присутствующих в дереве. При введении в ствол 20—30 мл концентрата-эмульсии достигается практически полная гибель личинок лиственничной мухи в шишках и надежная защита семян.

Опыты по инъекции внутрирастительных инсектицидов в стволы деревьев в целях защиты, в частности, репродуктивных органов от насекомых, поставленные нами в Ленинградской области и А. Н. Сметаниным в Украинской ССР [1, 2, 3], дали весьма обнадеживающие результаты. Инъекция испытывалась еще в конце прошлого века И. Я. Шевыревым, однако до настоящего времени не удалось создать сколь-нибудь приемлемую технологию инъекционной защиты, которую можно было бы рекомендовать производству [4]. Сложность заключается в механизации процесса инъекции, чтобы неизбежные поранения не вызывали угнетения защищаемых деревьев и не служили бы «воротами» для инфекций. Применение инъекторов, используемых при введении в стволы арборицидов, очевидно, неприемлемо, ибо невозможно ежегодно или через год механически травмировать защищаемые деревья. В то же время внутриствольное введение не только инсектоакарицидов, но и фунгицидов весьма привлекательно по природоохранительным соображениям, ибо позволяет максимально локализовать применение токсических веществ и свести к минимуму нежелательные побочные последствия в биогеоценозе, неизбежные при опрыскивании или опрыскивании.

Оптимальен, видимо, такой вариант, при котором можно вводить системные препараты в стволы без повторного травмирования деревьев. Таким способом может быть вживление фистул в стволы деревьев. Фистула (рис. 1) представляет собой цилиндрическое тело, полое внутри, с заостренным концом. Она имеет радиальные отверстия и торцовый штуцер с резьбой для крепления пробки или любого инъектирующего механизма. Фистулы были испытаны на постоянных лесосеменных участках лиственницы в Волжском семенном лесхозе Ивановской области, где массовым видом, наносящим ощутимый ущерб семенам, является лиственничная муха (*Lasiomma melania* Askland). После предварительной стерилизации фистулы вводили в стволы деревьев на высоте груди. Средний диаметр деревьев составлял 8—10 см, высота — 6—8 м, протяженность кроны, в пределах которой присутствовали шишки, — 5—6 м. Место введения фистулы герметизировали водостойкой замазкой. Сроки инъекции определяли, исходя из биологии лиственничной мухи, согласно фенологическим индикаторам, установленным нами ранее [5].

В качестве инсектицида использовали 40%-ный заводской концентрат БИ-58, который вводили через одну или две фистулы. Выбранная дозировка — 2 мл на 1 см диаметра ствола, т. е. 16—22 мл на дерево. В качестве эталона использовали группу деревьев на

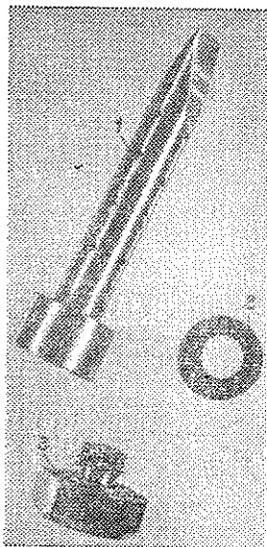


Рис. 1. Фистула.

1 — корпус; 2 — прокладка; 3 — заглушка.

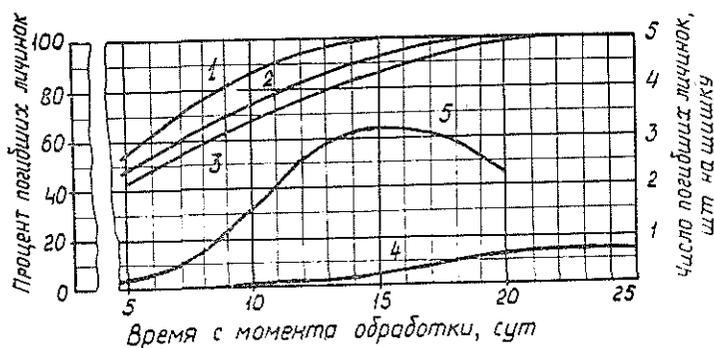


Рис. 2. Сопоставление динамики отмирания личинок мухи после обработки БИ-58 с изменением относительной заселенности.

1 — эталонное опрыскивание; 2 — введение через две фистулы; 3 — введение через одну фистулу; 4 — контроль; 5 — изменение относительной заселенности в период наблюдений.

постоянной пробной площади, где было проведено традиционным способом мелкокапельное опрыскивание крои в те же сроки 1,5%-ной водной эмульсией БИ-58 при помощи аэромонитора ОМР-2. Третья пробная площадь была оставлена в качестве контрольной. Анализ шишек для определения смертности личинок мухи были начаты на пятый день после обработки. В дальнейшем шишки анализировали через каждые 3—5 дн. На один анализ брали по 15—20 шишек с двух противоположно ориентированных ветвей из верхней трети кроны. Для уточнения наиболее целесообразного срока инъекции фиксировали динамику отрождения личинок мухи в опытах и контроле. Результаты учетов показаны на графике (рис. 2).

Как видим, в обоих вариантах введения БИ-58 через фистулы, а также и при эталонном опрыскивании достигнута практически полная смертность личинок, в то время как в контроле она не превышала 18% в конце периода питания личинок.

Представление результатов в форме наложенных графиков позволяет сделать ряд дополнительных выводов. Так, темп отмирания личинок при инъекционной обработке отстает от такового при опрыскивании на 4—5 (при введении через одну фистулу) и 2—3 дн (при использовании двух фистул). Такая задержка сама по себе не снижает эффективности защиты, однако требует соответствующей корректировки режима обработки.

Как известно [5], период эмбрионального развития листовищичной мухи составляет 7—10 дн, после чего личинки сразу приступают к активному питанию. Уже 2—3 личинки в одной шишке за 10—12 дн уничтожают до 80% семян. Это обстоятельство диктует жесткие сроки защиты. Поскольку при введении препарата через фистулы его действие проявляется на 4—5 дн позднее, чем при опрыскивании, следует соответственно сместить срок обработки. Если при опрыскивании ее следует проводить сразу после смыкания чешуй женских репродуктивных почек (прямой индикатор) или в конце периода пыления ели европейской (косвенный индикатор), то инъекции следует проводить в начале пыления ели, т. е. в самом начале смыкания чешуй у листовищички. Кривая 5 на графике имеет максимум на 15—16-й день с начала наблюдений. К этому времени личинки в опрысканных шишках погибли полностью, а при инъекции — на 80—85%. Поэтому опрыскивание следовало провести на 6—8, а инъекцию — на 10—12 дн раньше. В этом случае урожай семян был бы сохранен полностью. Однако и анализируемые опыты позволили защитить от уничтожения свыше 70% семян.

Результаты опытов показывают, что инъекция системных инсектицидов через живильные фистулы принципиально возможна и дает такие же эффективные результаты, как и при вливании эмульсии в предварительно высверливаемые в стволе отверстия [3, 4]. Данный технологический прием может найти применение при защите ценных в селекционном отношении деревьев, в садово-парковых условиях, для лечения деревьев, представляющих культурно-историческую ценность. Материальные и трудовые затраты, экономическая эффективность защиты будут существенно варьировать в зависимости от условий защищаемого объекта. Стоимость одной фистулы при массовом изготовлении составит около 15—20 к.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бортник А. М. Локализация химических обработок. — В кн.: Использование химических и биологических средств в борьбе с вредителями леса. М., 1976, с. 17—18. [2]. Наумов Ф. В., Бортник А. М., Стадницкий Г. В. Химическая защита лесных объектов от пасекомых методом внутриствольного введения и лубрикации. — В кн.: Основные направления научно-исследовательских работ в области создания химических средств защиты растений и борьбы с сорняками. М., 1976, с. 138—139. [3]. Наумов Ф. В., Сметанни А. Н. Защита шишек путем внутриствольной инъекции. — В кн.: Материалы 7-го съезда Всесоюзного энтомологического общества. Т. 2, Л., 1974, с. 229—230. [4]. Сметанни А. Н. Защита древесных растений методом инъекции пестицидов. — «Бюл. Главн. ботан. сада», 1976, вып. 99. М., «Наука», с. 111—113. [5]. Стадницкий Г. В., Гребенщикова В. П., Бортник А. М. Защита шишек и семян лиственницы на семенных участках Северо-Запада. — В кн.: Восстановление и защита леса на площадях избыточного увлажнения. Л., 1974, с. 82—91.

УДК 634.0.114.264

## ЗАПАСЫ И ДИНАМИКА ПОДВИЖНЫХ ФОРМ КАЛИЯ В ПОЧВАХ НА МОРЕННЫХ СУГЛИНКАХ ПОД ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫМИ СОСНОВЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ

Н. В. КОПЫЛОВА

Северо-Западное лесоустроительное предприятие

Приведена характеристика содержания  $K_2O$  в связи с динамикой возраста и состава насаждений. Данные увязаны с таксационными показателями древостоев, разработана методика и программа исследований.

Потребность древостоев в минеральных элементах питания зависит не только от породы, но и от возраста. Кроме того, в различных условиях местопроизрастания формируется свой пищевой и водный режим. В литературе довольно подробно рассмотрена сезонная динамика подвижных форм фосфора и калия, а сведения об изменении содержания элементов питания в почвах в связи с возрастом насаждения очень ограничены.

В настоящей статье дается характеристика содержания подвижного калия в почвах высокобонитетных сосняков в связи с изменением возраста и состава насаждения. Исследовали дергумусные подзолистые суглинистые почвы, развивающиеся на моренных валунных суглинках. В Лисинском учебно-опытном лесхозе Ленинградской лесотехнической академии было заложено 40 постоянных таксационных пробных площадей на ход роста, в том числе 19 — двухсекционных, в сосновых насаждениях I и II классов бонитета всех возрастных групп. Секции проб различались по составу. Таксационные и почвенные данные обрабатывали методами математической статистики.

Вследствие слабой расчлененности рельефа и тяжелого механического состава почв в Лисинском лесхозе почти всюду происходит наложение болотного процесса на подзолообразовательный [2], и значительная часть насаждений II, а иногда и I классов бонитета растет на бывших лесосеках, прошедших стадию заболачивания. Эти насаждения также были включены в программу исследования, но в данной статье приводятся результаты для насаждений, произрастающих на почвах нормального увлажнения.

Пробные площади в молодняках закладывали по методике В. С. Моисеева, в насаждениях старших возрастов — по методике Н. В. Третьякова и П. В. Горского. Типы местообитания выделяли по принципам, разработанным для Ленинградской области Н. Л. Благородовым и Г. Л. Бурковым и развитым в дальнейшем О. Г. Чертовым. На основе этих материалов была разработана соответствующая методика и составлена программа исследований.

Насаждения условно разделяли на три категории: чистые сосняки (примесь в составе других пород до 2 единиц); сосново-еловые (участие в составе сосны не менее 5 единиц и ели — не менее 3 единиц); сосново-лиственные (участие в составе сосны не менее 5 единиц и лиственных — не менее 3). На каждую возрастную группу в каждой категории было заложено 4—5 пробных площадей.

Для изучения морфологического профиля и комплексности почв в пределах каждой пробы делали 30—100 прикопок. После получения средних данных по горизонтам на месте прикопки, наиболее близкой к этим параметрам, закладывали разрез глубиной 1,5—2,0 м. Из разреза и 4—5 прикопок брали образцы для аналитической обработки. Следовательно, для каждой возрастной группы насаждений количество наблюдений равнялось 20—25. Образцы отбирали в течение одного месяца (августа), чтобы максимально ослабить влияние сезонной динамики калия на результаты обработки.

Пробные площади закладывали в условиях засухи 1972—1973 гг. Учитывая засушливое лето и малоснежную зиму 1972/73 гг., можно предположить, что содержание легко вымываемых элементов питания, к которым относится и калий, должно быть повышенным по сравнению со средними многолетними показателями.

Все пробные площади заложены в кисличных и кислично-черничных типах леса на модергумусных средне- и сильноподзолистых среднесуглинистых почвах, развивающихся на моренном суглинке (бескарбонатном). На всех пробных площадях почвы характеризуются довольно небольшими колебаниями значений pH. Величина его в органогенных горизонтах связана с возрастом насаждения и варьирует в среднем в пределах 3,90—4,71. Наиболее кислая реакция почв в подгоризонте  $A_0$  или верхней части горизонта  $A_1$ . Все почвы характеризуются сильной ненасыщенностью основаниями в верхних горизонтах. В горизонтах В и С реакция становится слабокислой и возрастает содержание обменных оснований. По почвенному профилю содержание  $K_2O$  распределяется следующим образом: максимальное — в нижней части подстилки, значительное уменьшение — в подзолстом горизонте и увеличение — в иллювиальном. В табл. 1 приводятся данные по почвенному профилю для модергумусной сильноподзолистой суглинистой почвы. Таксационная характеристика пробы: возраст — 130 лет (VII класс возраста); класс бонитета — II; тип леса — кислично-черничный; состав древостоя I яруса — 5,6С1,5Б2,9Ос, II яруса — 10Е; высота по ярусам — 28,8 и 19,5 м; полнота — 0,63 и 0,27; сумма площадей сечений — 23,64 и 8,74 м<sup>2</sup>; запас — 313,1 и 92,4 м<sup>3</sup>.

Таблица 1

Горизонт	Вес почвы, т/га	Запасы $K_2O$ , кг/га	Мощность горизонта, см
$A_0$	134,4	244,6	4,2
$A_1$	593,6	106,8	5,3
$A_2$	1584,0	5,2	11,0
В	2250,0	17,8	15,0

Динамика содержания подвижного калия в связи с возрастом чистых сосновых насаждений II класса бонитета (средний, состав 9,3С0,4Е0,2Б0,1Ос) отражена в табл. 2. Приводятся данные для горизонтов  $A_0$  и  $A_1$ , в которых сосредоточена основная масса питающих корней растений и запасов  $K_2O$ .

Таблица 2

Возраст, лет	Толщина горизонта, см		Вес почвы, т/га		Содержание $K_2O$ , кг/га	
	$A_0$	$A_1$	$A_0$	$A_1$	$A_0$	$A_1$
20	7,7	8,4	238,7	940,8	187,4	310,5
40	6,5	6,8	201,5	761,6	145,3	223,1
60	5,6	5,2	173,6	582,4	105,9	93,1
80	5,3	3,8	164,3	425,6	104,3	51,7
100	5,6	4,8	173,6	537,6	131,9	96,8
120	6,4	6,5	198,4	728,0	106,5	261,4

Значительное падение содержания калия под насаждениями III—IV классов возраста объясняется тем, что именно в этом возрасте наблюдается высокий прирост древесной массы. Следовательно, элементы питания, ассимилируемые в стволе и ветвях, надолго извлекаются из почвы. Более высокое, чем можно было предполагать, содержание  $K_2O$  зафиксировано под спелыми древостоями. Очевидно, это увеличение вызвано наличием во всех спелых сосновых насаждениях второго, а иногда даже

третьего, елового яруса. Появление елового подроста, а затем и яруса, в сосняках I—II классов бонитета — явление неизбежное. Появление второго яруса позволяет объяснить близкие значения (различие недостоверно) содержания подвижного калия под сосново-еловыми и чистыми сосновыми насаждениями VI—VII классов возраста, в то время как даже в 100-летних насаждениях разного состава различия в содержании существенны.

В табл. 3 приводятся средние данные содержания  $K_2O$  (мг/100 г) в почвах под 100-летними древостоями различного состава и основные статистики распределения.

Т а б л и ц а 3

Средний состав древостоя	Горизонт	$\bar{x}$	$\sigma$	$m_{\bar{x}}$	$m_{\sigma}$	$v\%$	$p\%$
9,3С0,4Е0,2В0,1Ос	A <sub>0</sub>	69,8	20,10	4,49	3,19	28,8	6,4
	A <sub>1</sub>	19,7	8,09	1,91	1,36	41,1	9,7
5,6С3,7Е0,5В0,1Ос0,1Ол 1Ол	A <sub>0</sub>	89,4	26,23	6,55	4,65	29,4	7,3
	A <sub>1</sub>	27,3	11,21	2,80	1,99	41,1	10,8
5,4С0,5Е1,9В2,1Ос0,1Ол 1Ол	A <sub>0</sub>	99,3	26,27	5,25	3,73	26,5	5,3
	A <sub>1</sub>	27,9	15,72	3,14	2,23	56,0	11,2

Анализ таблицы подтверждает выводы Ренни [3, 4], определявшего по зольности биомассы потребность различных пород в элементах питания, о том, что среди хвойных пород наименьшая аккумуляция наблюдается у сосны, а лиственные отличаются значительным содержанием зольных веществ. Закономерность, выявленная для насаждений, произрастающих на супесях, справедлива и для сосняков, растущих на тяжелых по механическому составу почвах.

Полученные нами результаты достоверны ( $t > 3$ ). При последовательном сравнении содержания  $K_2O$  в подстилках получены значения  $t$ , равные 5,4 и 3,6; для горизонта A<sub>1</sub> чистых сосняков и сосново-еловых насаждений коэффициент различия равен 4,15.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

1. Основные запасы подвижного калия сосредоточены в нижней части подстилки (A<sub>0</sub>) и гумусовом горизонте (A<sub>1</sub>), т. е. там, где располагаются питающие корни растений.

2. Содержание  $K_2O$  в органогенных горизонтах увеличивается в направлении: чистые сосновые, сосново-еловые и сосново-лиственные насаждения.

3. Различия в содержании  $K_2O$  в процентах более существенны в подстилке, а в абсолютных количествах (кг/га) — в гумусовом горизонте.

4. Изменение запасов калия в почве в связи с возрастной динамикой насаждений подчиняется одной закономерности и не зависит от состава насаждения: максимальные значения — в спелых насаждениях (VI—VII классов возраста); средние — в молодняках (I—II классов); минимальные — в средневозрастных (III—IV классов).

5. По сравнению с сосняками черничного и долгомошного типов леса сосняки-кисличники и кислично-черничные значительно выделяются повышенными запасами подвижного калия, что совпадает с выводами С. П. Кошелькова [1], полученными для песчаных почв.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Кошельков С. П. Режим питания сосновых древостоев южной тайги. — «Лесоведение», 1967, № 4. [2]. Роде А. А. Материалы к изучению почвенного покрова Лисинского учебного леспромхоза. — В сб.: Природа и хозяйство учебных леспромхозов Лесотехнической академии. Вып. 3, 1934. [3]. Rennie P. J. Uptake of nutrients by nature forest growth. — «Plant a. soil», 1956, 7, 1. [4]. Rennie P. J. The uptake of nutrients by timber production in Britain. — «Quart. Journ. Forestry», 1957, 51, 2.

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 634.0.284.3:061.3

КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ПОДСОЧКЕ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД  
И ПЕРЕРАБОТКЕ СОКОВ

12—14 октября 1977 г. во Львове проходила Всесоюзная научно-техническая конференция по подсочке лиственных пород и переработке соков. Конференция была организована Госпланом СССР, Академией наук СССР, Министерством высшего и среднего специального образования СССР, Государственным Комитетом лесного хозяйства СССР, Министерством здравоохранения СССР, Львовским лесотехническим институтом и Львовским областным правлением НТО лесной промышленности и лесного хозяйства.

Во вступительном слове проректор Львовского лесотехнического института Ю. Ф. Осипенко отметил, что один из видов побочных лесных пользований — добыча и переработка древесных соков, широко используемых в производстве продуктов питания, а также в медицине, парфюмерии, животноводстве, пчеловодстве и других отраслях народного хозяйства.

И. И. Орлов (Свердловская лесная опытная станция) рассказал об истории и развитии подсочки лиственных пород в нашей стране и указал на то, что благоприятная перспектива увеличения добычи соков клена и березы в СССР полностью отвечает решениям XXV съезда КПСС о всемерном развитии новых производств, дающих продукцию народного потребления. Ф. А. Медников (Ленинградская лесотехническая академия) говорил о необходимости расширить в курсах высших учебных заведений изучение подсочки лиственных пород и переработки соков, привлекая к этим вопросам студентов для выполнения курсовых и дипломных проектов и научно-исследовательских работ по СНО. К. Т. Кафтанюк (Львовское областное управление лесного хозяйства и лесозаготовок) и А. П. Жуковский (Волыньское областное управление) указывали на высокую экономическую рентабельность заготовки и переработки соков березы, грибов, ягод и лекарственных растений в лесхозах.

О перспективах промышленной добычи березового сока в Ивано-Франковском лесокombинате, являющемся большим резервом повышения производительности лесов при комплексном ведении лесного хозяйства, рассказал Я. Д. Гладун (Карпатский филиал Украинского НИИ лесного хозяйства и агролесомелiorации). В. М. Вершняк (Институт леса и древесины СО АН СССР) говорил о возможностях добычи березового сока в Якутии.

О зависимости выходов березового сока и его сахаристости от различных факторов в Архангельской области рассказал В. И. Суханов (Архангельский институт леса и лесохимии). О некоторых закономерностях подсочки березы в Полесской зоне УССР доложил С. Н. Козяков (Украинская сельскохозяйственная академия). О сахаристости березового сока в разных типах леса в БССР по опытным данным, полученным в учебно-опытном лесхозе Белорусского технологического института, говорил М. А. Егоренков (БелНИИ). В. Г. Чистилин (Брянский технологический институт) привел в своем докладе результаты опытных работ о сокопродуктивности березы в брянском лесном массиве. Гл. инж. Владимир-Волынского консервного завода Я. Г. Кнба говорил о новых рецептурах, разработанных на заводе по приготовлению консервированного сока с настоем на мяте, хвое, зверобое, липовом цветке, а также с добавками соков вишни, рябины, аронии и др. Главный лесничий Алтайского управления лесного хозяйства Л. В. Крившенко доложил об опытных работах по просверливанию бензопилой каналов при подсочке березы, что в значительной степени повышает производительность труда на этой основной операции в подготовительных работах. О химическом составе березового сока и витаминизации его биологически активными веществами хвои сосны говорила Б. И. Штейнберг (Львовский госуниверситет). В. П. Рябчук (Львовский лесотехнический институт) посвятил свое выступление вопросу влияния подсочки на жизнедеятельность лиственных пород. О новом направлении использования соков лиственных пород в медицине говорил А. М. Бескровный (Харьковский НИИ общей и неотложной хирургии). Разработан лучевой способ обработки соков, при котором протекает конденсационная полимеризация, с образованием биологически активных металлоорганических соединений, названных биомосом и применяемых для лечения ожогов.

При обсуждении докладов говорилось о получении соков из свежесрубленных березовых пней. С 1 га березовых лесосек можно получить 20—36 т сока с содер-

жаннем сухих веществ, как и в соке от деревьев. Для повышения производительности труда в объединении Прикарпатлес применяют способ заготовки березового сока по схеме разветвленной системы сокопроводов с общим резервуаром-приемником и упрощенный способ транспортировки соков при помощи полиэтиленовых сокопроводов. Это улучшает санитарные условия производства пищевых продуктов из соков. Для расширения ассортимента продуктов, вырабатываемых из сока березы, необходимо разработать технологические инструкции и рецептуры на сок березовый, купажированный соком аронии, липы, калины, на квас березовый и другую продукцию из соков лиственных пород, которые содержат такие важные для человека элементы, как железо, фосфор, медь, кальций, магний, калий и натрий. Согласно исследованиям, проведенным сотрудниками Львовского медицинского института, корни вырубок древесных растений (липы мелколистной, лиственницы европейской, сосны обыкновенной) — дополнительный источник получения физиологически активных веществ, широко применяемых в медицине, таких, как таниды, флавоноиды, кумарины и т. д. Отмечалось, что в УССР произрастает свыше 100 растений, оказывающих заметно выраженный сахароснижающий эффект. Эти лекарственные растения гипогликемизирующего действия могут применяться для лечения сахарного диабета. Природные запасы листьев черники и брусники, грецкого ореха, листьев смородины черной, шелковицы белой и черной, черной бузины, а также травы зверобоя, полевого хвоща, липового цвета, шелухи бобовых и др. можно заготавливать без ущерба для флоры с последующей переработкой их в галеновые лечебные препараты сахароснижающего действия. Исследованиями ученых Харьковского НИИ микробиологии вакцины и сывороток установлено, что свежий сок листьев эвкалипта шарикового содержит биологически активные вещества, обладающие свойством задерживать рост перививной карциномы Эрлиха.

Итоги работы конференции обобщил зам. министра лесного хозяйства УССР Г. И. Бабич, который отметил большое теоретическое и практическое значение докладов и выступлений.

Для более успешного и экономически эффективного дальнейшего развития подсокки лиственных пород и расширения использования соков и продуктов их переработки в народном хозяйстве конференция рекомендует проводить исследования по дальнейшему усовершенствованию техники и технологии подсокки лиственных пород, переработки соков и механизации трудоемких процессов при сокодобыче, по селекционному отбору высокосахаристых и высокопродуктивных деревьев и насаждений для подсокки, по влиянию подсокки на жизнедеятельность лиственных насаждений, по вопросам экономики, организации и планирования промышленной подсокки лиственных пород, снижению стоимости соков, по получению новых видов пищевых продуктов и лечебных препаратов на основе березового и кленового соков, по консервированию соков без добавок. В лесных институтах надо расширить подготовку специалистов по подсокке лиственных пород и переработке соков, проводить семинары по обмену опытом работы в областных управлениях лесного хозяйства, создать координационный совет по подсокке лиственных пород и переработке соков, организовать специализированную лабораторию для проведения НИР по подсокке березы, клена и других лиственных пород, издать монографию по современному состоянию подсокки лиственных пород и переработки соков, разработать и включить раздел о подсокке пород в общие правила подсокки, осмолоподсокки и заготовки лесохимического сырья, периодически проводить научно-технические конференции по проблемам подсокки лиственных пород, переработки соков и применения продуктов из них в народном хозяйстве.

Ф. А. Медников

Ленинградская лесотехническая академия

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

## НЕСКОЛЬКО ЗАМЕЧАНИЙ ПО ПОВОДУ СТАТЬИ

проф. С. В. БЕЛОВА

В сборнике «Лесоводство, лесные культуры и почвоведение» (Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 6, Л., 1977) опубликована статья проф. С. В. Белова «О теоретических основах лесной типологии и биогеоценологии». Статья изобилует грубыми ошибками, совершенно беспрецедентным является тон статьи, откровенно оскорбляющий память академика В. Н. Сукачева — выдающегося ученого и замечательного человека.

Основной тезис статьи можно сформулировать следующим образом: значительную часть своей жизни В. Н. Сукачев стоял на явно ошибочных позициях, и только после «30-летних заблуждений» осознал свою ошибку и «публично признал ее». Любопытно, за что же тогда В. Н. Сукачев был избран академиком АН СССР и членом ряда зарубежных научных обществ, награжден многими орденами и медалями, удостоен высокого звания Героя Социалистического Труда? Неужели за «тридцатилетние заблуждения»?

В чем же, по мнению С. В. Белова, состоят основные ошибки В. Н. Сукачева? Прежде всего в том, что «В. Н. Сукачев не прислушался к голосу Морозова и других лесоводов того времени о невозможности отрыва растительных организмов от среды обитания... Поэтому фитоценотическая классификация участков леса по растениям напочвенного покрова сразу оказалась построенной на зыбком, шатком основании» (Белов, 1977, с. 16). Этот упрек В. Н. Сукачеву лишен всяких оснований. Уже в своем первом «Руководстве к исследованию типов лесов» В. Н. Сукачев писал: «...только при умении разобраться в геологии и морфогенезе рельефа лесного массива и в его почвах исследователь может правильно установить и выделить типы лесов и понять их жизнь и свойства» (Сукачев В. Н. Избранные труды. Т. 1. Л., «Наука», 1972. Все работы В. Н. Сукачева цитируются по этому изданию).

Что же касается «второй методологической ошибки» В. Н. Сукачева, то она, по мнению С. В. Белова, состояла в принятии предложенной Г. Гамса и Т. Фриза о разделении факторов местообитания на прямодействующие и косвенные. Не отделял В. Н. Сукачев, а предлагал различать климатические (косвенные) и климатогенные (прямые) факторы, четко при этом поясняя, что под ними понимается. В частности, к климатогенным (прямодействующим) факторам относятся свет, тепло, влажность воздуха и пр. Можно спорить по поводу содержания и структуры схемы, принятой терминологии, но не нужно приписывать другому автору бессмысленные утверждения, а затем критиковать его за них. С. В. Белов пишет: «Рельеф фитоценологам представляется только как абстрактное понятие, а не конкретная форма существования горных пород и почв Земли (песчаных, супесчаных, суглинистых, торфяных)... Все это надуманное» (Белов, 1977, с. 17). Совершенно неясно, как даже при самом злом умысле можно выдавать рельеф за абстрактное понятие. Рельеф не отнесен В. Н. Сукачевым к биогеоценологическим компонентам, но этому им дано исчерпывающее объяснение: «В противоположность географическому ландшафту в число компонентов биогеоценоза рельеф не входит... Тем не менее рельеф является фактором, влияющим на биогеоценоз и на отдельные его компоненты» (Сукачев, 1972, с. 235). В. Н. Сукачев особо подчеркивал, что при проведении полевых лесотипологических исследований маршруты должны захватить «все разнообразие условий местообитания и им свойственных сообществ... Пересекая местность, все время ведут тщательное изучение рельефа ее и устанавливают геоморфологические типы... Все это крайне важно для понимания жизни типов леса и закономерностей в их распределении, так как их история тесно связана с историей форм рельефа и обе эти истории неотделимы друг от друга» (Сукачев, 1972, с. 57). Можно ли утверждать, что В. Н. Сукачев относился к рельефу, как к абстрактному понятию?

Мы гордимся тем, что учение о биогеоценозах выросло в нашей стране, на русской почве, имея своими истоками идеи Вернадского, Докучаева, Высоцкого, Морозова и других замечательных русских ученых. У проф. С. В. Белова и здесь особое мнение. Он считает, что В. Н. Сукачев вплоть до середины 40-х годов «заблуждался» и только потом начал понимать свои заблуждения, причем в этом ему помог английский ботаник А. Тенсли. «Только в последний период В. Н. Сукачев внутренне, сознательно понял главное в учении о лесе Морозова, что древостой и среда его оби-

тания представляют органическое единство. С этого времени он стал разрабатывать биогеоценологию, как науку об экологических системах, опираясь на учение Г. Ф. Морозова» (Белов, 1977, с. 18). Вот так трактуется С. В. Беловым роль В. Н. Сукачева в истории отечественного лесоведения.

Еще одна характерная деталь... Проф. С. В. Белов не возражает против биогеоценологии и даже беспокоится о том, чтобы она не была дискредитирована «упрощенчеством». По его мнению, истинным биогеоценологом можно считать В. Г. Нестерова, предложившего понятие «биоэкос», под которым следует подразумевать совершенную биоэкологическую систему, «где главная древесная порода находится в полном соответствии с почвенно-гидрологическими условиями» (Белов, 1977, с. 19). Но, во-первых, сам В. Г. Нестеров вкладывал в это понятие совершенно иной смысл (биоэкос, или диатоп, — всякий участок леса, луга, степи и т. д.), а во-вторых, В. Н. Сукачев критиковал эту концепцию В. Г. Нестерова за «неясности и неточности» и считал, что ничего нового она не дает. А тот факт, что во многих странах действительно большой популярностью пользуется учение о биогеоценозах В. Н. Сукачева, проф. С. В. Беловым почему-то замалчивается.

Приведенные примеры убедительно свидетельствуют об очевидной некомпетентности и некорректности критики С. В. Белова в адрес академика В. Н. Сукачева.

Приходится только удивляться тому, что подобные высказывания появляются в стенах Ленинградской лесотехнической академии, где В. Н. Сукачев учился и долгие годы преподавал и где память его, казалось бы, должны особенно чтить.

Заведующий отделом геоботаники и типологии  
Лаборатории лесоведения АН СССР  
доктор биологических наук Л. П. Рысин

## ЮБИЛЕИ

## ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРА!

27 января 1978 г. исполнилось 80 лет со дня рождения и 55 лет производственной, научно-педагогической и общественной деятельности заслуженного деятеля науки и техники Марийской АССР, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Максима Лавровича Дворецкого.

Максим Лаврович родился в многодетной крестьянской семье. В 1918 г. он оканчивает с золотой медалью гимназию, а в 1925 г. Казанский институт сельского хозяйства и лесоводства. После окончания аспирантуры работает ассистентом, затем доцентом Казанского лесотехнического института. В 1932—1934 гг. он трудится на производстве в Татарском лесохозяйственном тресте. В 1934—1938 гг., в последующем в 1940—1942 гг. — доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Поволжского лесотехнического института, а в 1938—1940 гг. — старший научный сотрудник Татарской ЛОС ВНИИЛМа. В 1942—1945 гг. Максим Лаврович служит в рядах Советской Армии на фронтах Великой Отечественной войны. С 1946 г. юбиляр работает в должности доцента, зав. кафедрой, профессора кафедры лесной таксации и лесоустройства Марийского политехнического института.

Профессор М. Л. Дворецкий внес крупный вклад в развитие лесотаксационной науки в нашей стране. Наибольшее признание получили его исследования в области теории прироста древесины и методов учета производительности древостоев. Он ведет научную и учебную работу по лесной таксации, вариационной статистике и применению авиации и аэрофотосъемки в лесном хозяйстве.

М. Л. Дворецким написано свыше 100 научных работ. Среди них книги «Текущий прирост древесного ствола и древостоя», «Практическое пособие по вариационной статистике»; научные статьи «Таксационные признаки древостоя насаждения», «Теоретический анализ точности определения текущего объемного прироста стволов и древостоев», «О четкости терминологии в лесной таксации» и многие другие, являющиеся основополагающими теоретическими работами в области познания природы леса. Результаты научных исследований юбиляра вошли в современные учебники по лесной таксации. Предложенные им методы учета леса и справочно-нормативные материалы широко применяются на производстве.

Профессор М. Л. Дворецкий подготовил большой отряд кандидатов наук и специалистов лесного хозяйства. Большое внимание он уделяет развитию научной работы среди студенческой молодежи. Длительное время он был членом секции Научно-технического совета Гослесхоза СССР, членом экспертной комиссии ВАК СССР, с 1962 г. — член редакционной коллегии «Лесного журнала» ИВУЗ СССР.

Максим Лаврович — участник Великой Отечественной войны. Он с оружием в руках освобождал от фашизма территории СССР, Польши, Венгрии и Австрии. За ратные подвиги награжден орденом «Красной звезды» и многими медалями СССР.

За заслуги в области науки и подготовки кадров лесного хозяйства М. Л. Дворецкий удостоен почетного звания заслуженного деятеля науки и техники МАССР. За долголетнюю безупречную работу и активную общественную деятельность награжден орденом «Знак Почета» и медалью «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина».

Максиму Лавровичу присущи высокая научная принципиальность, скромность, простота и чуткость, готовность оказать необходимую помощь и поддержку в научных исследованиях.

Научные работники, многочисленные специалисты лесного хозяйства и лесоустройства сердечно поздравляют Максима Лавровича со славным юбилеем и желают ему доброго здоровья, долгих лет жизни, счастья и дальнейшей плодотворной деятельности. К поздравлениям и пожеланиям присоединяется редакционная коллегия «Лесного журнала», в работе которого Максим Лаврович принимает повседневное активное участие!

П. М. Верхунов, П. А. Соколов, В. М. Грачев, М. М. Михайлов,  
А. В. Попова, П. В. Алексеев, А. В. Зорин, И. В. Мамаев, Е. И.  
Кудрявцев, И. М. Боховикин

Марийский политехнический институт  
Архангельский лесотехнический институт

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>И. М. Боховкин, Е. С. Романов.</i> Новый вклад в теорию и практику строительства коммунизма . . . . .	3
<i>Т. С. Лобовиков.</i> Пройденный путь (Лесное хозяйство и лесная промышленность СССР за 60 лет) . . . . .	5

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>М. В. Давидов.</i> К вопросу об установлении типов роста древостоев в природе . . . . .	11
<i>Г. Л. Кравченко.</i> Единая математическая модель изменения объема стволов и запаса древостоев . . . . .	17
<i>П. А. Феклистов.</i> Изменчивость годичного прироста по диаметру на разных высотах ствола . . . . .	19
<i>М. М. Котов, Л. И. Котова, Э. П. Лебедева, Е. И. Шведов, А. М. Вяткин.</i> Типы деревьев сосны по росту в высоту и их значение в семеноводстве . . . . .	23
<i>Е. Н. Самошкин.</i> Реакция сосны обыкновенной на воздействие водных растворов N-нитрозометилмочевины . . . . .	27
<i>А. М. Ильин.</i> О фитопатологическом состоянии производных осинников на дубравных почвах . . . . .	31
<i>А. И. Блиццов.</i> О возможности установления видовых различий и длительности генераций майских хрущей в Белоруссии . . . . .	34
<i>С. В. Вавилов, А. В. Любимов.</i> Изучение строения полога березняков в отношении классов роста для целей лесного дешифрирования . . . . .	37

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Б. Г. Залегаллер.</i> Перспективная технология работ на нижних складах . . . . .	42
<i>Ю. П. Ефимов, В. Н. Меньшиков.</i> Основные параметры кинематической схемы валочно-пакегирующего механизма с использованием потенциальной энергии дерева . . . . .	49
<i>С. Ф. Орлов, В. А. Александров, Ю. Г. Артамонов, Б. С. Селезнев, А. В. Кувшинов, В. Н. Шиловский.</i> Прогнозирование динамической нагруженности лесосечных машин манипуляторного типа в процессе пакетирования деревьев . . . . .	52
<i>Р. Л. Коровкин, Е. С. Буряк.</i> Вертикальное динамическое воздействие автомобиля на путь . . . . .	56
<i>Я. Ю. Марко.</i> Влияние вибродинамических нагрузок на деформации дорожных насыпей на торфяном основании . . . . .	63
<i>М. М. Овчинников, А. А. Кузин.</i> О влиянии плотности технологической щепы на пропускную способность гидравлического лотка . . . . .	67
<i>В. Я. Харитонов.</i> Экспериментальные исследования сопротивления движению бревен в гидрлотках . . . . .	70
<i>В. М. Алябьев.</i> Корреляционные уравнения для определения электрических нагрузок лесопромышленных предприятий . . . . .	76

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>В. К. Пашков, Я. Я. Кистер, В. Г. Бодалев.</i> О частотах колебаний пил большого диаметра . . . . .	82
<i>В. В. Соловьев, А. Р. Михайлова, Л. П. Семенова.</i> К вопросу исследования напряженного состояния зубьев пильных инструментов методом конечных элементов . . . . .	87
<i>В. Н. Глухих, Ш. Г. Зарипов.</i> К вопросу о возможности уменьшения коробления и растрескивания пиломатериалов при сушке . . . . .	91
<i>В. М. Заложных.</i> Определение оптимальных режимов пропитки прессованной древесины . . . . .	94
<i>В. А. Шамаев, Л. Н. Сметанина, Г. К. Гаврилов.</i> Прочностные и деформативные показатели древесины, модифицированной мочевиной . . . . .	97

- Б. И. Огарков, М. С. Песин, Л. И. Голомедова.* Исследование упруго-вязких свойств в древесине при крутильных колебаниях . . . . . 101
- В. А. Бархатов, А. В. Вардугин, В. И. Дитрих.* Некоторые физико-механические свойства древесины сучьев сибирской ели, кедра и сосны . . . . . 105

#### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- М. М. Чочиева, А. Ф. Терпукова, С. Д. Антоновский.* О термической устойчивости арабиногалактана . . . . . 110
- С. Н. Горшин, Н. А. Максименко.* Исследование возможности образования в древесине трудновываемых антипиренов способом двойных пропиток . . . . . 113
- В. Л. Колесников.* Каучуковые латексы как проклеивающие агенты бумаги и картона . . . . . 116
- Р. Ш. Хасанов, В. А. Забурунов, В. М. Хрулев.* О карбамидном клее, модифицированном алкилрезорциновым олигомером . . . . . 121
- М. И. Чудаков, Н. А. Русина, Л. М. Кирпичева, Ю. Я. Миронова.* Модификация лигносульфонатов путем нитрования и использование их при производстве бумаги . . . . . 125

#### КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

- Н. А. Скурихин.* Определение степени заполнения поперечного транспортера сортировочного участка . . . . . 128
- Г. А. Прешкин.* Выход сортиментов при целевой поштучной раскряжке хлыстов . . . . . 134
- М. Д. Бавельский, В. В. Ченцов.* Определение требований к системам контроля разнотолщинности древесностружечных плит . . . . . 138

#### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- А. А. Филонов, Ф. Т. Тюриков.* Определение оптимального объема запаса пиловочного сырья на складах лесопильных предприятий . . . . . 143
- А. В. Пластинин.* Производственные функции в анализе эффективности использования вновь вводимых основных производственных фондов . . . . . 149
- Л. М. Соколова, Я. Ф. Молнар, Н. В. Подлесная.* Роль тарифной системы в организации заработной платы рабочих лесопильно-деревообрабатывающего производства . . . . . 152

#### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- Г. В. Стадницкий, А. М. Бортник, Ф. В. Наумов.* Внутривольная инъекция через вживленные фистулы . . . . . 157
- Н. В. Копылова.* Запасы и динамика подвижных форм калня в почвах на моренных суглинках под высокопроизводительными сосновыми насаждениями . . . . . 159

#### НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- Ф. А. Медников.* Конференция по подсочке лиственных пород и переработке соков . . . . . 162

#### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Л. П. Рысин.* Несколько замечаний по поводу статьи проф. С. В. Белова . . . . . 164

#### ЮБИЛЕИ

- П. М. Верхунов, П. А. Соколов, В. М. Грачев, М. М. Михайлов, А. В. Попова, П. В. Алексеев, А. В. Зорин, И. В. Мамаев, Е. И. Кудрявцев, И. М. Боховкин.* Поздравляем юбиляра! . . . . . 166

## CONTENTS

<i>I. M. Bokhovkin, E. S. Romanov.</i> New contribution to theory and practice of building of communism . . . . .	3
<i>T. S. Lobovikov.</i> The passed road. Soviet forestry and timber industry for 60 years . . . . .	5

### FORESTRY

<i>M. V. Davidov.</i> On determining growth types of stands in nature . . . . .	11
<i>G. L. Kravchenko.</i> The unique mathematical model of the stem volume modification and the stock of stands . . . . .	17
<i>P. A. Fekhtstov.</i> Changeability of annual increment in diameter at different heights of a stem . . . . .	19
<i>M. M. Kotov, L. I. Kotova, E. P. Lebedeva, E. I. Shvedov, A. M. Vyatkin.</i> Types of pine-trees by their growth in height and their role in seed-growing . . . . .	23
<i>E. N. Samoshkin.</i> The reaction of <i>Pinus silvestris</i> L. on the influence with aqueous solutions of N-nitrosomethyl urea . . . . .	27
<i>A. M. Ilyin.</i> On phytopathological condition of temporary aspen woods on oak-grove soils . . . . .	31
<i>A. I. Blintsov.</i> On the possibility of determining specific differences and the duration of may cockchafer's generations in Byelorussia . . . . .	34
<i>S. V. Vavilov, A. V. Lyubimov.</i> Studying the birch stands crown structure relating to classes of growth for forest decipherment purposes . . . . .	37

### FOREST EXPLOITATION

<i>B. G. Zalegaller.</i> Promising technology of works at lower landings . . . . .	42
<i>Yu. P. Efimov, V. N. Menshikov.</i> Principal parameters of kinematic scheme of felling-packing mechanism with using potential energy of a tree . . . . .	49
<i>S. F. Orlov, V. A. Alexandrov, Yu. G. Artamonov, B. S. Seleznev, A. V. Kuvshinov, V. N. Shilovskiy.</i> Dynamic load estimate of felling-site manipulators in bunching trees . . . . .	52
<i>R. L. Korovkin, E. S. Buryak.</i> Vertical dynamic effect upon the road made by an automobile . . . . .	56
<i>Ya. Yu. Marko.</i> Influence of vibrodynamic loads upon the deformation of road embankments on peat foundation . . . . .	63
<i>M. M. Ovchinnikov, A. A. Kuzin.</i> Some considerations on the influence of technological chip compactness on capacity of hydraulic chute . . . . .	67
<i>V. Ya. Kharitonov.</i> Experimental investigation of resistance to moving logs in water slides . . . . .	70
<i>V. M. Alyabiev.</i> Correlation equations for estimating electrical loads at forest industry enterprises . . . . .	76

### MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

<i>V. K. Pashkov, Ya. Ya. Kister, V. G. Bodalev.</i> On oscillation frequencies of large-diameter saws . . . . .	82
<i>V. V. Soloviev, A. R. Mikhailova, L. P. Semenova.</i> On the problem of investigating stressed condition of teeth of sawing tools by the end-elements method . . . . .	87
<i>V. N. Glukhikh, Sh. G. Sharipov.</i> Possibilities of reducing the warping and cracking of lumber while drying . . . . .	91
<i>V. M. Zalozhnykh.</i> The determination of optimum conditions of pressed wood impregnation . . . . .	94
<i>V. A. Shamaev, L. N. Smetanina, G. K. Gavrilov.</i> Strength and deformation indices of wood modified with urea . . . . .	97
<i>B. I. Ogarkov, M. S. Pesin, L. I. Golomedova.</i> The investigation of viscoelastic properties of wood under torsional vibrations . . . . .	101
<i>V. A. Barkhatov, A. V. Vardugin, V. I. Ditrin.</i> Some physical and mechanical properties of wood of Siberian fir, cedar and pine branches . . . . .	105

## CHEMICAL WOODWORKING

<i>M. M. Chochieva, A. F. Terpukova, S. D. Antonovsky.</i> The thermal stability of arabinogalactan . . . . .	110
<i>S. N. Gorshin, N. A. Maximenko.</i> Examination of possibility to produce leack-resistant fire-retardants by double treatment of wood . . . . .	113
<i>V. L. Kolesnikov.</i> Rubber latexes as sizing agents for paper and board . . . . .	116
<i>R. Sh. Khasanov, V. A. Zaburunov, V. M. Khrulev.</i> On carbamid glue modified with alkylresorcin oligomer . . . . .	121
<i>M. I. Chudakov, N. A. Rusina, L. M. Kirpicheva, Yu. Ya. Mironova.</i> Modification of lignosulphonates by nitration and their utilization in papermaking . . . . .	125

COMPLEX MECHANIZATION  
AND AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES

<i>N. A. Skurikhin.</i> The determination of the degree of charging a cross-sectional transporter at the sorting site . . . . .	128
<i>G. A. Preshkin.</i> The output of assortments in special by the piece bucking full-length trees . . . . .	134
<i>M. D. Bavel'sky, V. V. Chentsov.</i> Determination of requirements to control systems differentthickness of wood shavings board . . . . .	138

## ECONOMICS AND ORGANIZATION OF PRODUCTION

<i>A. A. Filonov, F. T. Tyurikov.</i> The estimation of the optimum volume of raw material stock at sawmill yards . . . . .	143
<i>A. V. Plastitin.</i> Production functions in analyses of the new basic funds efficiency . . . . .	149
<i>L. M. Sokolova, Ya. F. Molnar, N. V. Podlesnaya.</i> Tariff system role in organizing wages at saw mills and wood-working enterprises . . . . .	152

## SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENSE

<i>G. V. Stadnitsky, A. M. Bortnik, F. V. Naumov.</i> Trunk injection of pesticides through fistulas . . . . .	157
<i>N. V. Kopylova.</i> Quantity and $K_2O$ dynamics in soils developing on moraine loams under highly productive pine stands . . . . .	159

## SCIENTIFIC CONFERENCES AND DELIBERATIONS

<i>F. A. Mednikov.</i> The conference on tapping hardwoods and working saps . . . . .	162
---	-----

## CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

<i>L. P. Rysin.</i> Some remarks on the article of prof. S. V. Belov . . . . .	164
--	-----

## JUBILEES

<i>P.M. Verkhunov, P. A. Sokolov, V. M. Grachev, M. M. Mikhailov, A. V. Popova, P. V. Alexeev, A. V. Zorin, I. V. Mar'ayev, E. I. Kudryavtzev, I. M. Bokhoukin.</i> Our best wishes to prof. M. L. Dvoret'sky! . . . . .	166
--	-----

УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,  
ПОМЕЩЕННЫХ В «ЛЕСНОМ ЖУРНАЛЕ»

В 1977 г.

К 60-ЛЕТИЮ ВЕЛИКОГО ОКТЯБРЯ

- Боховнин И. М., Романов Е. С. Юбилею Великого Октября — достойную встречу. № 1—3.  
Боховнин И. М., Романов Е. С. Конституция развитого социализма. № 3—3.  
Боховнин И. М., Романов Е. С. Поступь Великой революции. № 4—3.  
Боховнин И. М., Романов Е. С. Новый вклад в теорию и практику строительства коммунизма. № 6—3.  
Буглай Б. М., Родин А. Р. Лесная наука и высшая школа к 60-летию Великого Октября. № 4—5.  
Войчалко П. И. Новый закон о лесах. № 5—3.  
Горшенин Н. М., Белая Н. М. Технический прогресс на лесозаготовках и охрана природы в горных лесах СССР. № 4—25.  
Лобовинов Т. С. Лесные предприятия будущего и воспроизводство лесных ресурсов. № 4—18.  
Лобовинов Т. С. Пройденный путь (Лесное хозяйство и лесная промышленность СССР за 60 лет). № 6—5.  
Прохорчук И. С. Лесная и деревообрабатывающая промышленность СССР за 60 лет Советской власти. № 4—31.  
Тимофеев Н. В. Основные направления повышения эффективности использования лесных ресурсов СССР. № 4—12.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Альбенский А. В. Агролесомелiorация и защитное лесоразведение в СССР. № 1—34.  
Блинцов А. И. О возможности установления видовых различий и длительности генераций майских жуков в Белоруссии. № 6—34.  
Бычкова Э. А. Подбор оптимальной питательной среды для выращивания первичных культур тканей ряда представителей сосновых и изучения их роста. № 1—22.  
Вавилов С. В., Любимов А. В. Изучение строения полого березняков в отношении классов роста для целей лесного дешифрирования. № 6—37.  
Верхунов П. М. Варьирование таксационных показателей в разновозрастном лесу. № 2—19.  
Винокуров В. Н., Малов А. К. Влияние засоренности почв каменными включениями на износ и поломки плужных лемехов. № 4—44.  
Воропанов П. В., Шошин В. И. Еще раз о формуле текущего прироста по запасу насаждения. № 5—17.  
Гортинский Г. Б., Тарасов А. И. Сравнительный анализ динамики годичного прироста у сосны и ели. № 2—16.  
Гром Н. Н. Применение минеральных удобрений при уходах за лиственными европейской в культурах. № 3—29.  
Гусев И. И. Текущий прирост запаса наличного древостоя среднетаежных ельников. № 2—6.  
Гусев И. И. Оценка некоторых способов определения текущего прироста запаса наличного древостоя. № 5—10.  
Давидов Г. М. Ход роста смешанных березовых насаждений в условиях Ленинградской области. № 2—3.  
Давидов М. В. Типы роста сосновых лесов европейской части СССР. № 4—36.  
Давидов М. В. К вопросу об установлении типов роста древостоев в натуре. № 6—11.  
Еремин В. М., Сивак С. В. О различиях в анатомии коры корней и стеблей некоторых хвойных. № 3—5.  
Еремин В. М. Особенности анатомического строения коры различных форм *Picea excelsa* Link. № 5—5.  
Иваненко Б. И. Лесорастительное районирование Калужской области. № 2—26.  
Ильин А. М. О фитопатологическом состоянии производных осинников на дубравных почвах. № 6—31.  
Калиниченко А. А., Ильенко А. А. К вопросу о хозяйственной оценке феноритмов бархата амурского. № 3—26.  
Климов Р. Н., Елфимов А. М. Изменения в строении средневозрастных березняков при различных режимах рубок ухода. № 1—16.  
Ключников Л. Ю. О степени изреживания лиственных пород арборицидами. № 5—24.  
Колесников Ю. И., Ларин Г. И., Пронин А. Ф. Удельное сопротивление плуга ПЛД-1,2 на различных категориях лесокультурных площадей. № 2—37.  
Коростелев А. С., Щавровский В. А. Изменения состояния сосны обыкновенной под влиянием минеральных удобрений и подсадки с сульфитно-дрожжевой бражкой. № 3—33.  
Котов М. М., Котова Л. И., Лебедева Э. П., Шведов Е. И., Вяткин А. М. Типы деревьев сосны по росту в высоту и их значение в семеноводстве. № 6—23.  
Кравченко Г. Л. Единая математическая модель изменения объема стволов и запаса древостоев. № 6—17.  
Красников Е. Л. Дерново-карбонатные почвы Брянского лесного массива и их лесорастительные свойства. № 4—52.  
Кулыгин А. А. К биологии неколючей формы гледичии. № 1—18.  
Лукьянец В. Б. Свойства древесины семенного потомства экотипов и семенников дуба. № 4—48.  
Матвеев Н. М. Особенности аллелопатического режима в лесонасаждениях степного Заволжья. № 3—21.  
Момот Т. С. Культура *in vitro* изолированных корней лиственниц сибирской и даурской (*Larix sibirica* Maxim. и *L. dahurica* Turcz.). № 2—35.  
Нечасов А. П. Факторы многовершинности кедра корейского. № 5—12.  
Ошкаев А. Х. Токсические свойства монотерпенов по отношению к хвоеобразующим и вредителям шишек и семян хвойных пород. № 5—28.  
Пилипенко А. И. Полезационная эффективность узких лесных полос различных конструкций в условиях черноземной степи УССР. № 3—17.  
Питинин А. И., Кичура В. П. Методика расчета общей производительности модальных древостоев. № 2—12.  
Полубояринов О. И., Некрасова Г. Н. Влияние обрезки сучьев осин на прирост, структуру и некоторые свойства древесины. № 3—13.

- Пономаренко П. В., Петровский В. С. Некоторые физико-механические свойства сосны обыкновенной, или сибирской и лиственницы сибирской. № 1—31.
- Попов В. К., Попова Н. М. Водный режим сосны в чистых и смешанных сосново-березовых культурах. № 3—10.
- Пронин А. Ф., Ларин Г. И., Колесников Ю. И. Коэффициент трения суглинистой почвы по металлу на лесосультурных площадях. № 5—30.
- Самошкин Е. Н. Реакция сосны обыкновенной на воздействие водных растворов N-нитрозометилмочевины. № 6—27.
- Сторожено В. Г. Использование данных фитопатологических исследований для обоснования рубок ухода за лесом. № 2—23.
- Строчинский А. А., Швиденко А. З. Исследование формы и полндревесности стволов ели в Украинских Карпатах. (Закономерности взаимосвязи как основа нормативной лесосучетной информации). № 1—10.
- Трофимов В. Н. К поисковой способности эктопаразита ольхового рогахвоста *Physselia approximata* F. № 2—31.
- Усова Д. А. Сезонный ритм содержания золы у подроста хвойных и химический состав хвои. № 1—28.
- Успенский В. В., Григорова Г. А. Метод качественной оценки текущего прироста по объему. № 5—21.
- Федоров Н. И., Полецук Ю. М. Потери деловой древесины в результате поражения еловых насаждений ВССР корневой губкой. № 4—42.
- Фенистов П. А. Изменчивость годичного прироста по диаметру на разных высотах ствола. № 6—19.
- Янушко А. Д., Кисляков В. Н. Продукция рубок ухода в культурах сосны. № 1—5.
- ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ**
- Алябьев В. М. Корреляционные уравнения для определения электрических нагрузок лесопромышленных предприятий. № 6—76.
- Багин Ю. И. Теоретические и экспериментальные исследования уплотнений из полимерных материалов. № 2—77.
- Библиок Н. И. О выборе расчетной модели при исследовании вертикальных колебаний лесовозного автопоезда. № 1—39.
- Библиок Н. И. Применение матричного метода начальных параметров для расчета колебаний лесовозного автопоезда. № 3—42.
- Борисовец Ю. П., Кондратьев В. М., Худонов В. И. Лесосплав в десятой пятилетке. № 2—40.
- Ворухайлов С. А. Потери мощности в механизмах поворота гусеничных машин. № 3—50.
- Гольдберг А. М., Анисимов Г. М., Драке А. Д. Влияние мощности двигателя на некоторые эксплуатационные показатели трелевочных тракторов ОТЗ. № 3—47.
- Гулидов С. В. Движение воды сквозь бревенчатую дамбу. № 3—65.
- Данилин А. В., Кочегаров В. Г. Результаты исследований процесса пакетирования деревьев на рубках ухода за лесом. № 2—43.
- Дмитриев Ю. Я., Исаева В. Н. Подтекание частиц жидкости к границе возбужденного потока. № 4—61.
- Дуров А. В. Топливная экономичность тепловозов ТУ7 при поездной работе. № 1—61.
- Дуров А. В. О расходе мощности и энергозатратах на привод вспомогательных агрегатов тепловоза ТУ7. № 5—50.
- Ефимов Ю. П., Меньшинов В. Н. Основные параметры кинематической схемы валочно-пакетирующего механизма с использованием потенциальной энергии дерева. № 6—49.
- Жуков А. В. Анализ скоростных характеристик динамической системы валочно-пакетирующая машина — дерево. № 2—83.
- Жунов А. В. О выборе расчетной модели погруженных деревьев при исследовании колебаний лесных машин. № 4—75.
- Залегаллер Б. Г. Перспективная технология работ на нижних складах. № 6—42.
- Кислицына Г. Ф. Исследование конструктивных параметров оторки древесины импульсными гидравлическими струями. № 1—44.
- Клычков П. Д. Об оптимальной удельной мощности и рациональной рейсовой нагрузке лесовозного автопоезда. № 2—47.
- Коровкин Р. Л., Уваров Б. В., Буряк Е. С. К вопросу о вертикальной динамике лесовозного автопоезда. № 2—52.
- Коровкин Р. Л., Буряк Е. С. Вертикальное динамическое воздействие автомобиля на путь. № 6—56.
- Литвинова А. Ф. Поперечные колебания несущего каната подвесной лесотранспортной установки при отрыве груза от грунта. № 2—65.
- Лукин Ю. Л., Уваров Б. В., Щелкунов В. В. О расчете гравийных дорожных одежд. № 3—37.
- Марко Я. Ю. Влияние вибродинамических нагрузок на деформации дорожных насыпей на торфяном основании. № 6—63.
- Матишин Н. В. Оценка остаточной работоспособности несущих канатов подвесных лесотранспортных установок. № 5—56.
- Мельников В. И. Важная проблема совершенствования лесовозных автомобильных дорог. № 1—47.
- Морозов С. И., Попов М. В. Определение неровностей рельсо-шпальной решетки на закруглениях пути в плане. № 1—51.
- Морозов С. И. О расчетной величине продольной силы в бесстыковом пути. № 5—34.
- Нартов П. С., Попов В. М., Кондратьев Л. П., Белокуров В. П. К вопросу о применении высокотеплопроводных клеев в фрикционных узлах лесных лебедок. № 4—71.
- Овчинников М. М., Кузин А. А. О влиянии плотности технологической щепы на пропускную способность гидравлического лотка. № 6—67.
- Орлов С. Ф., Александров В. А., Артамонов Ю. Г., Селезнев Б. С., Кувшин А. В., Шиловский В. Н. Прогнозирование динамической нагруженности лесосечных машин манипуляторного типа в процессе пакетирования деревьев. № 6—52.
- Павлов Ф. А., Морозов С. И. О совместном действии касательных и нормальных нагрузок на покрытие лесовозных дорог. № 2—73.
- Попов В. Е. Влияние несимметричности конструкции трансмиссии на распределение крутящих моментов в полноприводном лесовозном автомобиле. № 5—46.
- Попов М. В. Влияние начальных несовершенств на устойчивость рельсо-шпальной решетки. № 4—83.
- Резников П. К. О преобразовании формул для определения среднего расстояния трелевки к формуле обобщенного вида. № 3—56.
- Седов Ю. А. О нахождении оптимальной траектории когла при работе манипулятора ВТМ. № 5—54.

- Слепно И. И.** Исследование динамических усилий в несущем канате с закрепленными концами при обрыве и стопорении груза. № 5—40.
- Слепно И. И., Береговой И. Н.** Исследование напряжений изгиба в несущих канатах под действием многокатковой каретки. № 1—56.
- Слепно И. И., Матвеев Э. Н.** Исследование динамики незамкнутого тягового каната № 2—59.
- Суров Г. Я.** Присоединенные массы плавающего пучка бревен при его ударе о сооружение. № 2—69.
- Трофимук В. Н., Худоногов В. Н.** Исследование некоторых гидравлических и силовых параметров водосборных коридоров поперечных запаней. № 4—67.
- Харитонов В. Я.** Исследование параметров плавающего бревна. № 3—61.
- Харитонов В. Я.** Исследование падения бревен на воду. № 5—65.
- Харитонов В. Я.** Экспериментальные исследования сопротивления движению бревен в гидротолках. № 6—70.
- Чекалкин К. А.** К вопросу о техническом совершенствовании способов остановки плотов. № 4—56.
- Чекалкин К. А.** Об остановке плотов в режиме постоянной тормозной мощности. № 5—59.
- ### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВСИНЫ И ДРЕВСИНОВЕДЕНИЕ
- Алексеев А. В.** О влиянии внешнего электрического тока в системе СИД на некоторые показатели процесса резания древесины и износа инструмента. № 2—103.
- Апостол А. В., Козлов В. П.** Некоторые влажностные свойства пропитанной мочевиной прессованной древесины. № 4—96.
- Баженев В. А., Самхарадзе Л. Т.** О прочности древесных прессовочных масс при растяжении. № 3—71.
- Бархатов В. А., Вардугин А. В., Дитрих Е. И.** Исследование некоторых механических свойств ветвей лиственницы сибирской. № 3—87.
- Бархатов В. А., Вардугин А. В., Дитрих В. И.** Некоторые физико-механические свойства древесины сучьев сибирской ели, кедра и сосны. № 6—105.
- Боровинов Е. М., Мильченко И. В., Рыжов А. Е.** К вопросу о напряжениях у промок рамных пил при действии горизонтальной силы. № 5—84.
- Волкова З. А.** О влиянии сбега бревен на использование древесины в лесопилении. № 4—105.
- Галичкин Б. Е., Кожвиников Б. И., Мирсков В. П.** Определение некоторых параметров деформации при стружкообразовании. № 2—88.
- Гельмонт Г. С.** К вопросу о повышении стойкости иглофрез при облагораживании пленок полиэфирных лаков. № 4—93.
- Глухих В. Н., Зарипов Ш. Г.** К вопросу о возможности уменьшения коробления и растрескивания пиломатериалов при сушке. № 6—91.
- Глухих Л. С., Ресина З. Ф., Ветюшкина Ю. И.** О формоустойчивости мебельных щитов. № 3—91.
- Голяков А. Д.** Предпосылки силовой сортировки заготовок мягкой мебели. № 4—102.
- Голяков А. Д.** О влиянии влажности древесины на точность силовой сортировки пиломатериалов. № 5—92.
- Заложных В. М.** Определение оптимальных режимов пропитки прессованной древесины. № 6—94.
- Зотов Г. А.** Влияние условий резания на напряженное состояние стружки. № 4—89.
- Израелит А. Б., Мурзич Р. М.** Механические свойства модифицированного фторопластом текстолита при изменении температуры. № 2—96.
- Курицын В. Н.** Влияние отрицательной температуры, давления и скорости скольжения на коэффициент трения древесины по стали. № 1—70.
- Леонovich А. А.** Некоторые условия изготовления утолщенных огнезащитных древесноволокнистых плит пониженной плотности. № 5—87.
- Лобастов В. К., Лунашенков А. И.** КПД бипланетарных исполнительных механизмов деревообрабатывающих станков. № 5—75.
- Мальшев Ю. В.** Теоретическое определение собственных частот полотна ленточной пилы в статике. № 2—92.
- Михин Н. М., Смоляков А. И.** Расчет коэффициента трения пар металл—прессованная древесина. № 3—83.
- Мовнин М. С., Каплунова О. Е.** К вопросу о повышении физико-механических свойств стабилизированной прессованной древесины. № 3—78.
- Обливин А. Н., Афанасьев Г. Н.** Исследование тепло- и массообмена в плотном слое древесных частиц. № 2—107.
- Огарков Б. И., Песин М. С., Голомедов Л. И.** Исследование упруго-вязких свойств в древесине при крутильных колебаниях. № 6—101.
- Пашков В. К., Кистер Я. Я., Бодаев В. Г.** О частотах колебаний пил большого диаметра. № 6—82.
- Санев В. И.** Влияние внешнего магнитного поля на износостойкость режущих инструментов. № 4—99.
- Сидоров И. И.** Распиловка бревен или брусьев параллельно обем боковым образующим. № 1—78.
- Соловьев В. В., Михайлова А. Р., Семенова Л. П.** К вопросу исследования напряженного состояния зубьев пильных инструментов методом конечных элементов. № 6—87.
- Тимофеев Н. И.** Динамический расчет фрезерного узла окантовочного станка. № 1—74.
- Тихомирова Г. А.** Стойкость инструмента при фрезеровании пластифицированной древесины. № 2—99.
- Торговников Г. И., Котов Ю. В., Мануйлов К. А., Савин В. Б., Кузьмина В. Г.** Диэлектрические свойства древесины ели на сверхвысоких частотах. № 1—89.
- Чудинов Б. С., Степанов В. И., Финнелштейн А. В.** Гигроскопичность древесины при отрицательных температурах. № 5—71.
- Чурилин А. С., Матыцин Ю. А.** Звукоизоляция деревообрабатывающего оборудования с помощью дифракционных решеток. № 5—96.
- Чурилин А. С., Матыцин Ю. А., Борисова Н. И.** К вопросу вибродемпфирования тонкостенных конструкций в условиях деревообработки. № 1—66.
- Шамаев В. А.** Подшипники скольжения из древесины, модифицированной мочевиной. № 5—80.
- Шамаев В. А., Сметанина Л. Н., Гаврилов Г. К.** Прочностные и деформативные показатели древесины, модифицированной мочевиной. № 6—97.
- Ширяев Я. М., Гембицкий М. Я., Лобанов В. М.** Исследование напряженного состояния в рамной пиле. № 1—85.
- Шустерзон Г. И.** О методе измерения электрического сопротивления клеевых соединений древесины. № 1—82.
- Янсон А. И., Дячун Э. И.** Определение минимально допустимого радиуса изгиба пакета шпона. № 3—74.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Беленнов Д. А., Селецкая В. А. Исследование токсичности некоторых фтороборатов для плесчатого домового гриба. № 2—140.
- Вайсбурд А. А., Малышевская Н. А., Финкельштейн А. В. Спектрофотометрическое изучение параллельных реакций с участием N-ксантогената целлюлозы. № 1—108.
- Голинова О. В., Репях С. М., Левин Э. Д. Состав «вредной» смолы, отлагающейся на оборудовании при переработке бисульфитной полуцеллюлозы. № 4—116.
- Горшин С. Н., Максименно Н. А. Исследование возможности образования в древесине труднорастворимых антипиренов способом двойных пропиток. № 6—113.
- Горячева И. М., Казаков И. А., Уткин Г. К., Ремпель С. И., Фрейдин М. Е. Способ пропитки щепы при сульфатной варке. № 1—99.
- Демин В. А., Попова Г. И., Богомолов Б. Д., Давыдов В. Д. Исследование лигнинов, выделенных из сульфатного щелока и небеленой сульфатной целлюлозы. № 1—96.
- Демченко Е. А., Ковалев В. Е., Маркова Н. П., Некрасова В. Б. Влияние несомыаемых веществ на качество талловых продуктов. № 2—113.
- Ерыхов Б. П., Плотников А. П., Сташквичус А. Ю. О возможности однопараметрового неразрушающего контроля качества целлюлозно-бумажных материалов. № 2—117.
- Ерыхов Б. П., Фляте Д. М. О чувствительности физико-механических критериев оценки макроструктуры бумаги. № 5—119.
- Калинин Н. Н., Киприанов А. И., Сидоров М. А., Храмов Ю. В. Реологическая модель волокнистой суспензии древесного происхождения. № 2—125.
- Калинин Н. Н., Киприанов А. И., Сидоров М. А., Храмов Ю. В. Исследование факторов, влияющих на величину предельного напряжения сдвига волокнистых суспензий целлюлозно-бумажного производства. № 4—122.
- Калинин Н. Н., Киприанов А. И., Сидоров М. А., Храмов Ю. В. Расчет сопротивлений массопроводов целлюлозно-бумажного производства с использованием реологических параметров волокнистых суспензий. № 5—100.
- Кирпичева Л. М., Чудаков М. И., Санников Г. П. О разрушении древесины хвойных пород, отмершей после обработки арборицидами. № 3—95.
- Колесников В. Л. Каучуковые латексы как проклеивающие агенты бумаги и картона. № 6—116.
- Колесников В. Л., Царенкова А. С. Модификация свойств бумаги и картона составами с изоцианатным связующим. № 3—107.
- Крупевский В. И., Корольков И. И., Долгая Т. В. Определение состава и устойчивости комплекса  $Se(IV)$  с глюкозой и ксилитом. № 1—102.
- Марнев А. А., Филиппов Б. С. О полноте использования смоляных кислот при ректификации таллового масла. № 1—105.
- Марнев А. А., Филиппов Б. С., Богомолов Б. Д. Сравнительное исследование насадок при ректификации таллового масла. № 5—114.
- Мартынова И. А., Олиференко А. С., Завьялова О. К., Лебедев Б. Н. К вопросу о кинетике конденсации псевдомола с формальдегидом. № 4—119.
- Мельчакова Н. А., Русина Н. А., Ельницкая З. П., Чудаков М. И., Виноградова Л. И., Наумова З. Н. Влияние добавок сульфида натрия на свойства целлюлозы при холодном облагораживании. № 2—122.
- Некрасов В. В. Связь энергии активации вязкого течения растворителя с мольной сольватацией сульфатного лигнина в растворах. № 3—97.
- Николаева Н. А., Чупка Э. И., Никитин В. М. Парамагнитные свойства модельных соединений структурного звена лигнина. № 1—111.
- Прохорчук Т. И., Цацка Э. М., Голович А. С. Пирокатехин из топочной кислой воды. № 5—107.
- Семенов Б. И., Боховкин И. М. Изучение межмолекулярного взаимодействия фурфурола с уксусной кислотой и ее хлорпроизводными методом УФ-спектроскопии. № 2—129.
- Серов Ю. А., Белениов Д. А. Метод оценки токсичности антисептиков для древообрабатывающих грибов по вероятности защиты древесины. № 4—112.
- Созонова В. Н., Белениов Д. А. Исследование токсичности и фиксируемости в древесине препарата «Доналит УА». № 5—103.
- Фомин Б. Е., Аракин И. Е., Пен Р. З. Натронно-кислородная варка целлюлозы из лиственницы с применением кальцинированной соды на кислородной ступени. № 2—132.
- Фомин Б. Е., Аракин И. Е., Пен Р. З. Натронно-кислородная варка целлюлозы из лиственницы с применением едкого натра на кислородной ступени. № 3—101.
- Фомин Б. Е., Аракин И. Е., Пен Р. З. Оптимизация натронно-кислородной варки целлюлозы из лиственницы. № 5—110.
- Хасанов Р. Ш., Забурунов В. А., Хрулев В. М. О карбамидном клее, модифицированном алкилрезорциновым олигомером. № 6—121.
- Хижняк Л. Г., Финкельштейн А. В., Бышев А. В., Залман Л. Т., Потапова Т. В., Ласыгина О. В. Влияние степени помола и метода обезвоживания на скорость ацетилирования древесной целлюлозы. № 2—144.
- Чочиева М. М., Терпукова А. Ф., Антоновский С. Д. О термической устойчивости арабиногалактана. № 6—110.
- Чудаков М. И., Русина Н. А., Кирпичева Л. М., Миронова Ю. Я. Модификация лигносульфонатов путем нитрования и использование их при производстве бумаги. № 6—125.
- Шамаев В. А. Оценка качества пропитки древесины растворами мочевины. № 2—136.
- Шишкина А. П., Царев Г. И. О применении таллового масла и фракций высших жирных кислот таллового масла в производстве древесноволокнистых плит. № 3—104.
- Шорохов В. В., Кокушин Н. Н., Когушев И. Д., Терентьев О. А. Исследование процесса формования и обезвоживания картона между двумя вертикальными сетками. № 3—110.

## КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

- Амалицкий В. В. Расчет долговечности технологического оборудования с учетом взаимосвязи динамических процессов и процессов изнашивания. № 3—115.
- Бавельский М. Д., Ченцов В. В. Определение требований к системам контроля разнотолщинности древесностружечных плит. № 6—138.
- Войтко П. Ф. К вопросу об определении случайной перегрузки крана при подъеме пакета хлыстов из воды. № 3—119.

- Данилов Г. В., Сабов В. В. К расчету проектной производительности валочно-пакетирующей машины непрерывного действия. № 5—129.
- Испанок В. С. О применении графов к исследованию безотказной работы системы, имеющей резервированные элементы. № 4—135.
- Карпов С. В., Сабуров Э. Н. К обобщению экспериментальных данных по аэродинамике циклонных камер. № 1—119.
- Костогрыз С. Г., Ковтун И. П. Статистические характеристики мощности двигателя лесотранспортной машины при случайной нагрузке. № 4—132.
- Крылов Г. В. Аналитическое определение вероятностных характеристик поточных линий лесной и деревообрабатывающей промышленности. № 2—156.
- Монегов Н. А. Экспериментальное исследование полнотрепости пачки круглых длинномерных лесоматериалов при формировании ее в зеве грейферного механизма. № 5—133.
- Мохорт Г. Г. К вопросу оптимизации нагрузочных режимов рам лесозовных автомобилей. № 2—152.
- Прешин Г. А. Выход сортиментов при целевой поштучной раскряжке хлыстов. № 6—134.
- Репринцев Д. Д., Меремьянин Ю. И. Прогноз безопасности труда. № 1—116.
- Скурихин И. А. О точности определения диаметров бревен с учетом сбега. № 4—126.
- Скурихин Н. А. Определение степени заполнения поперечного транспортера сортнровочного участка. № 6—128.
- Смирнов А. А. Математическое описание параметров древесины в АСУ ТП сушки. № 2—149.
- Смирнов А. А. Статическая математическая модель калорифера лесосушительной камеры в АСУ ТП сушки древесины. № 3—123.
- Тaubер Б. А., Монегов Н. А. Некоторые вопросы теории построения автоконтурников на базе грейферных механизмов. № 5—125.
- Трофимов С. П., Турлай И. В. Исследование динамических характеристик процесса торцовки досок на участках механизированных линий. № 3—123.
- Шустов В. И., Лебедев Ю. В. Применение цепей Маркова в исследовании работы технологических линий. № 1—123.
- лендарного планирования камерной сушки древесины. № 2—161.
- Ларионов В. Я. Расчет структуры парка и периодов замены машин. № 1—126.
- Лобовиков Т. С. Лесные предприятия будущего. № 3—134.
- Матвейко А. П., Золотогоров В. Г., Баранчик В. П., Олехнович Ф. М. Дополнительные ресурсы древесного сырья для промышленности. № 4—139.
- Молнар Я. Ф. Степень централизации ремонтной базы и ее связь с показателями работы ремонтных служб и леспромхозов. № 3—150.
- Николаев В. Н. К вопросу о резервах комплексных бригад на лесозаготовках. № 1—134.
- Новгородова Т. И., Пластинин А. В., Романов Е. С., Шереметьевская Н. П. Производственные объединения на лесозаготовках: опыт и проблемы. № 2—164.
- Петров А. П., Карданова Р. В. Экономические основы интеграции лесозаготовок, деревопереработки и лесного хозяйства. № 1—129.
- Петров А. П., Смелин А. Н. Народнохозяйственная эффективность освоения ресурсов низкосортной и маломерной древесины и отходов в лесном хозяйстве. № 5—137.
- Петрова Л. А. К анализу процесса развития и трансформации лесозаготовительных предприятий. № 5—145.
- Пластинин А. В. Производственные функции в анализе эффективности использования вновь вводимых основных производственных фондов. № 6—149.
- Соколов Л. М., Молнар Я. Ф., Подлесная Н. В. Роль тарифной системы в организации заработной платы рабочих лесопильно-деревообрабатывающего производства. № 6—152.
- Тарасов А. И. Издержки рекреационного лесопользования в Причерноморье. № 1—137.
- Филонов А. А., Тюриков Ф. Т. Определение оптимального объема запаса пиловочного сырья на складах лесопильных предприятий. № 6—143.
- Хинкина Л. А. Промежуточное лесопользование как источник получения древесины. № 3—147.

#### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

#### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Баранова Л. Е., Люблин В. С., Сапета Р. Ф. К вопросу о рациональной структуре древесного сырья для производства целлюлозы. № 2—169.
- Бузоворов М. И., Гвоздев Н. М. Долгосрочное проектирование развития лесного хозяйства. № 4—142.
- Бурин Г. С. Методы оценки экономической эффективности мероприятий по предотвращению загрязнения водных источников промышленными выбросами целлюлозно-бумажных предприятий. № 5—141.
- Воробьева Э. В. Некоторые особенности воспроизводства основных фондов лесозаготовительных предприятий. № 3—144.
- Воронин И. Е., Косова Л. И. Классификация свойств леса, использующихся при рекреации. № 3—154.
- Иванюта В. М. К проблеме концентрированной рекультивации производных лесов промышленного значения. № 3—141.
- Кондзирская О. В., Дорожковский Е. С., Оксанчик Э. Я. Матричный метод кан-
- Андреева С. П., Борисов Г. А., Гейзлер П. С. Математическая модель оптимизации сети лесохозяйственных дорог. № 4—168.
- Гойденко А. А., Андрухаев Х. М. О вероятностной оценке работы лесного дискового культиватора. № 1—147.
- Гортинский Г. Б., Тарасов А. И. Сравнительная характеристика сезонного прироста сосны и ели в некоторых типах леса. № 4—151.
- Демьяновский К. И., Ценципер Б. М. Высокопроизводительная обработка каландровых валов. № 1—156.
- Ильев Л. И., Гордиенко Р. Н., Кушнерова Т. М. О рекреационном использовании лесов. № 1—159.
- Ипатьев В. А., Блинцов И. К., Асютин П. Ф. Содержание основных элементов питания в хвое осушенных основных насаждений. № 4—148.
- Исаева О. Ф., Чарина М. В. Оценка газовой выбросов в технологическом процессе получения пресс-материала К-ДФФ. № 3—166.
- Копылова Н. В. Запасы и динамика подвижных форм калия в почвах на моренных суглинках под высокопроизводительными сосновыми насаждениями. 6—159.

- Короткия Г. Я., Берзиньш Г. В. Повышение биостойкости и снижение возгораемости пластифицированной древесины. № 4—157.
- Кравченко Г. Л. Об одной ошибке в таксации прироста деревьев. № 3—167.
- Краснитский А. М. Влияние сроков листопада на транспирацию побегов у дуба. № 5—156.
- Крупенский В. И., Долгая Т. В., Корольков И. И. Определение состава и устойчивости комплекса хрома (III) с ксиллозой и глюкозой. № 4—161.
- Кулыгин А. А. О влиянии температурных условий на сроки зацветания акации белой и гледичии обыкновенной. № 3—158.
- Кулыгин А. А. О влиянии засухи на качество семян акации белой. № 4—146.
- Литван П. В., Евдокимов А. П. Опыт культуры карельской березы в условиях Украинского Полесья. № 5—149.
- Машнина Т. И., Энгин Л. И. Распространение в насаждении яйцеда теленомуса, выпущенного в одной точке. № 5—154.
- Менибовский А. М., Великотный А. А. Текущий прирост разновозрастных ельников Горьковской области. № 5—151.
- Ожинько В. А. Изучение эксплуатационной надежности подшипников скольжения. № 1—145.
- Пальмова С. Б., Гельфанд Е. Д. Гидролизный лигнин как коагулянт. № 1—161.
- Пашков В. К., Денисламов В. Д. Управляемые электромагнитные направляющие. № 4—155.
- Петров Я. Я. Определение среднего возраста порослевых дубовых насаждений на аэрофотоснимках. № 3—162.
- Плужников Н. И. Дискретизация записей микропрофилей лесовозных дорог. № 1—151.
- Попов В. К., Ломовских Ю. А., Дерюжин Р. И. Формовое разнообразие березняков ЦЧО по характеру растрескивания коры. № 5—160.
- Прохоров В. П. Влияние высоких рекреационных нагрузок на радиальный прирост сосны Карельского перешейка. № 4—153.
- Репях С. М., Тихомирова Г. В., Левин Э. Д., Новикова Н. Г., Лебедева О. И. Получение кормовых продуктов на основе комплексной переработки технической зелени. № 4—162.
- Рябчук В. П. Централизованный сбор сока лиственных пород. № 1—140.
- Салминен Э. О. О расчете нежестких дорожных одежд с учетом упругих и пластических деформаций. № 1—152.
- Санев В. И., Назаренко И. Г., Оберин Л. А. Упрочнение дереворежущих инструментов стеллитом в среде аргона. № 1—154.
- Сапотницкий С. А. К вопросу о влиянии некоторых факторов сульфитной варки еловой древесины на выход сахаров. № 5—166.
- Свидерский В. М., Казанов В. Я., Смирнов Р. Г. К вопросу о построении модели расчетного дерева для условий Архангельской области. № 1—143.
- Сенько Е. И. Метод определения норм сбора грибов при промышленном их использовании. № 3—159.
- Снежкова С. А. К анатомической характеристике древесины рябин Приморья. № 3—164.
- Стадницкий Г. В., Бортник А. М., Наумов Ф. В. Внутривольная инъекция через живленные фистулы. № 6—157.
- Суровцева Л. С. Раскрой отпада от пи-

- ломатериалов экспортного назначения на черновые заготовки для мебели. № 1—157.
- Тиранов П. П., Кочетов Л. М., Сажин Б. С. Сушка сульфатного лигнина в вихревых сушильных камерах. № 1—162.
- Федотов И. И. Исследование надежности конденсатора магнето двигателя бензиномоторной пилы МП-5 «Урал-2». № 5—163.
- Юринова А. А., Новикова М. Н., Попова Л. Г., Пилякин В. Н. О поверхностно-активных свойствах органических веществ черного щелока сульфат-целлюлозного производства. № 4—165.

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- Гортинский Г. Б. Вторая научно-техническая конференция по мелиорации сельскохозяйственных и лесных угодий Европейского Севера СССР. № 3—169.
- Львов П. Н. Районирование лесного фонда СССР. № 2—172.
- Медников Ф. А. О повышении эффективности работы и качества продукции подсобного и осмолзаготовительного производства. № 1—167.
- Медников Ф. А. Конференция по подпочке лиственных и переработке соков. № 6—162.
- Положенцев П. А. Химические и биологические средства защиты леса. № 1—165.

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Войчал П. И. Ценное учебное пособие. № 2—173.
- Воронин И. В., Косова Л. И., Панищева Л. И. Опыт экономической оценки лесов в Литовской ССР. № 1—169.
- Кожухов Н. И. Книга об экономических проблемах комплексного использования и охраны лесных ресурсов. № 1—170.
- Миневич И. И. О книге по лесной фитопатологии. № 5—169.
- Мочалин Л. С., Шебалов А. М. Монография о лесомелиорации водных угодий. № 3—170.
- Онегин В. И., Гончаров Н. А. Ценная книга. № 5—170.
- Потуткин Г. Ф. Нужная книга. № 5—171.
- Рысин Л. П. Несколько замечаний по поводу статьи проф. С. В. Велова. № 6—164.

## ЮБИЛЕИ

- Верхунов П. М., Соколов П. А., Грачев В. М., Михайлов М. М., Попова А. В., Алексеев П. В., Зорин А. В., Мамаев И. В., Кудрявцев Е. И., Боховкин И. М. Поздравляем юбиляра! № 6—166.
- Войчал П. И., Калинин В. И., Попова И. С., Неволин О. А., Гусев И. И., Соколов Н. Н., Ипатов Л. Ф., Бахтин А. А. Юбилей Василия Илларионовича Левина. № 1—172.
- Коллектив сотрудников кафедры химической технологии древесины Московского лесотехнического института. Юбилей Владислава Васильевича Фетилова. № 1—171.
- Поздравляем юбиляра — проф. Петра Васильевича Воропанова. № 4—172.
- Смоляк Л. П., Петров Е. Г., Ярошевич Э. П. Подвега на службе лесной науки. К 75-летию со дня рождения Ивана Даниловича Юркевича. № 3—172.

## ПАМЯТИ УШЕДШИХ

- Любавская А. Я. 80 лет со дня рождения А. С. Яблокова. № 5—172.