

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Журнал основан в 1957 году

4

1979

Библиотека
Архангельского
Лесотехнического
института
им. В. В. Куйбышева

АРХАНГЕЛЬСК

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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**, 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. Фефилов**, проф. **В. Н. Худогов**, 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», 1979.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ», № 4

Сдан в набор 8/VI 1979 г. Подписан к печати 31.8. 1979 г.
Форм. бум. 70x108¹/₁₆, Условн. печ. л.⁴ 12,6. Уч.-изд. л. 13 191.
Сл. 00041. Тираж 2100 экз. Заказ 3200. Цена 1 руб.

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

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИДЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Плодотворно трудится советский народ над выполнением исторических решений XXV съезда КПСС. Одна из главных задач нашей партии — формирование коммунистического сознания людей, воспитание активных строителей коммунизма. XXV съезд КПСС определил основные направления идеологической работы на современном этапе. «Это комплексный подход к постановке всего дела воспитания, т. е. обеспечение тесного единства идейно-политического, трудового и нравственного воспитания с учетом особенностей различных групп трудящихся», — указал товарищ Л. И. Брежнев в отчетном докладе съезду.

Выполняя решения съезда, Центральный Комитет партии принял ряд постановлений по вопросам идейно-воспитательной работы. Важное значение среди них имеет постановление «О дальнейшем улучшении идеологической, политико-воспитательной работы».

В этом постановлении подведены итоги идейно-политической работы партии за последние годы, определены направления по углублению идейно-воспитательной и идеологической работы, повышению ее эффективности. Центральный Комитет отметил, что построение в нашей стране развитого социалистического общества создало огромные возможности для реализации программных целей нашей партии в области формирования коммунистического сознания людей. У нас накоплен богатый опыт идеологической работы. Партия решает задачи воспитания всех трудящихся в духе высокой идейности и преданности социалистической Родине, делу коммунизма, коммунистического отношения к труду и общественной собственности, полного преодоления пережитков буржуазных взглядов и нравов, гармонического развития личности.

В постановлении Центрального Комитета КПСС на основе глубокого и обстоятельного анализа убедительно показано, что после XXV съезда партийные организации проделали большую работу по повышению сознательности, идейной убежденности советского народа. Заметно активизировалась и приблизилась к жизни партийная, комсомольская и экономическая учеба. Материалы печати, телевидения, радио стали более оперативными, содержательными, помогают советскому человеку хорошо ориентироваться во внутренней жизни и международных событиях.

Вместе с тем ЦК КПСС отмечает, что в постановке информационной, идейно-воспитательной работы у нас еще немало недостатков, слабостей. Главное состоит в том, что качество этой работы не всегда соответствует возросшему образовательному и культурному уровню, духовной жизни и запросам советских людей. Иногда недостаточно отражаются особенности современного этапа идеологической борьбы двух миров.

Ныне наше общество достигло такого этапа развития, когда политический и моральный уровень и сознательность стали важнейшими факторами, определяющими успехи на всех участках коммунистического строительства. В жизнь вступают новые поколения советских людей, молодежь. Свыше 130 млн. человек, т. е. примерно половина населения страны родилась после Великой Отечественной войны. Они не знают на личном опыте множества трудностей (лишений, которые пришлось

вынести старшему поколению. Для вступающих в жизнь новых поколений характерен высокий общеобразовательный уровень. Сейчас три четверти работников, занятых в народном хозяйстве, имеют высшее или среднее (полное или неполное) образование. Эти обстоятельства, как отмечается в постановлении ЦК КПСС, необходимо учитывать в воспитательной работе с молодежью по месту жительства, в общежитиях, здесь она должна быть более живой, конкретной, интересной и убедительной.

В воспитательной работе не всегда в должной мере учитывается характер резко обострившейся идеологической борьбы на международной арене. В современных условиях одна из важнейших задач идейно-воспитательной и информационной работы — помогать советским людям распознавать всю фальшь клеветнической буржуазной пропаганды, в ясной, характерной и убедительной форме разоблачать ее коварные методы.

Стержнем всей воспитательной работы является идейно-политическое воспитание, цель которого заключается в формировании у советских людей марксистско-ленинского научного мировоззрения. Формированию коммунистического мировоззрения способствует новая трехзвенная система политического просвещения. Изучение марксизма-ленинизма стало массовым. Если в 1965/66 учебном году в системе партийной учебы занималось 12 млн. чел., то сейчас свыше 22 млн. чел. Развернулась широкая система экономического образования, которой в настоящее время охвачено 30 млн. чел. Значительно повысился политический уровень комсомольцев, в сети политического просвещения занимается 8 млн. чел. Таким образом, 60 млн. коммунистов, комсомольцев и беспартийных, помимо обучающихся в вузах, техникумах и других учебных заведениях, систематически изучают марксистско-ленинскую теорию. Добавив сюда слушателей народных университетов, лекториев, самостоятельно изучающих, мы можем по праву сказать, что абсолютное большинство наших людей сегодня учится. Знание революционной теории, политики партии, превращаясь у советских людей в убеждение, способствует формированию активной жизненной позиции.

Постановление ЦК КПСС отметило, что успех марксистско-ленинской учебы всецело зависит от теоретического и методического уровня пропагандистских кадров. Необходимо улучшать подбор пропагандистов, совершенствовать систему работы с ними. Пропагандисты должны обеспечить глубокое изучение произведений классиков марксизма-ленинизма, документов партии. Другая не менее существенная сторона этой многогранной работы — умение убедительно раскрыть тесную взаимосвязь наших успехов с ростом творческой активности советских людей. Активное участие в труде, общественной жизни — не только основной показатель идейной, гражданской зрелости, но и неотъемлемое условие новых достижений. Пропагандист, агитатор призван силой убеждения крепить трудовую и государственную дисциплину, воспитывать у людей чувство ответственности за порученное дело, рачительное отношение к социалистической собственности. Идеологическая политико-воспитательная работа, учил В. И. Ленин, призвана активно воздействовать на революционную практику. Необходимо и дальше совершенствовать такую важную форму воспитания советских людей, как социалистическое соревнование.

Постановление ЦК КПСС предусматривает, что в ближайшее время будут подготовлены предложения по дальнейшему совершенствованию марксистско-ленинской учебы.

Важную роль в идеологической работе, указывает Центральный Комитет партии, играют средства массовой информации. Как отмечалось на ноябрьском (1978 г.) Пленуме ЦК КПСС, пора сделать так, чтобы информация по международным делам была более оперативна, доходчива, насыщена конкретными фактами, а международные комментарии шли по горячим следам событий и обобщали их. Полнее раскрывать преимущества социалистического строя, ярче показывать невиданный расцвет материальных и духовных сил нового общества, сделать правду о реальном социализме понятной и доходчивой для миллионов людей — долг пропаганды, публицистики, общественных наук, а также литературы и искусства.

Постановление ЦК КПСС определило задачи профсоюзов, комсомола, просвещения, культуры, творческих союзов.

Боевым конкретным делом каждой комсомольской организации должно стать усиление политической, трудовой и нравственной закалки юношей и девушек, воспитания у них стремления к знаниям; культуре, профессиональному мастерству, бережного отношения к народному достоянию. Необходимо развивать патриотическое движение «Пятилетке эффективности и качества — энтузиазм и творчество молодых», совершенствовать работу студенческих отрядов.

Перед вузами страны ЦК КПСС поставил задачу добиваться органического единства учебного и воспитательного процессов, формирования у студентов научного мировоззрения, высоких морально-политических качеств и трудолюбия. Сформулированы в постановлении и задачи по совершенствованию спортивной и культурно-массовой работы.

Во всех вузах преподаватели, аспиранты, студенты изучают сейчас постановление ЦК КПСС «О дальнейшем улучшении идеологической, политико-воспитательной работы» и разрабатывают конкретные мероприятия по дальнейшему улучшению идеологической, политико-воспитательной работы среди студенческой молодежи.

Преподаватели кафедр осуществляют меры по реализации положений и выводов постановления ЦК КПСС при чтении лекций и проведении семинарских занятий, активизируют научные исследования по проблемам идеологической деятельности КПСС, повышения эффективности и качества идеологической работы, методологии комплексного подхода в воспитании и др.

Преподаватели вузов принимают активное участие в пропаганде среди населения содержания постановления ЦК КПСС «О дальнейшем улучшении идеологической, политико-воспитательной работы».

Вся работа по изучению и пропаганде этого постановления должна органически связываться с борьбой за реализацию исторических решений XXV съезда партии, за безусловное выполнение планов десятой пятилетки, за повышение качества подготовки специалистов, отвечающей требованиям современного этапа коммунистического строительства.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*.811.4 : 630*.561.24

ЗНАЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ГОДИЧНЫХ СЛОЕВ И ЕЕ ДИНАМИКИ
В ЛЕСОВОДСТВЕ И ДЕНДРОКЛИМАТОЛОГИИ

И. С. МЕЛЕХОВ

Московский лесотехнический институт

Рассмотрены количественная и качественная стороны прироста, его изменения в связи с экологическими факторами. Показано значение использования анатомических методов при анализе климатических и погодных условий и применении лесоводственных мероприятий.

Продолжительное время, начиная с исследований Ф. Н. Шведова [30], А. Е. Дугласа [32] и Е. Гантингтона [35], климатические изменения прошлого устанавливаются на основе изменений ширины годичных слоев деревьев.

Ширина годичных слоев в той или иной степени отражает эти изменения и является их важным показателем. На этом основана и современная дендрохронология, а во многом — и дендроклиматология.

Советскими и зарубежными исследователями установлен ряд зависимостей между колебаниями климата и приростом древесины. За последние годы опубликовано большое число работ в области дендрохронологии и дендроклиматологии. История этого вопроса отражена в сводных работах Л. А. Кайрюкшиса [8], Т. Т. Битвинскаса [1, 2], А. А. Молчанова [26], американского ученого Фритса [33] и др., хотя и не полностью. Для таежных условий заслуживают внимания дендроклиматические исследования Г. Б. Гортинского [4], Г. Б. Гортинского и А. И. Тарасова [5], Г. Е. Коминой [9] и др.

Интересны исследования в области дендрохронологии и дендроклиматологии, проводимые в ФРГ лабораторией биологии и защиты древесины в Гамбурге под руководством проф. В. Лизе [8], в США — лабораторией изучения годичных колец в университете штата Аризона и др. Шведский биоклиматолог С. С. Патерсон [38] и французский лесовод И. Парде [37] длительное время работали над климатическим индексом продуктивности леса.

Установленный С. С. Петерсоном «индекс — CVP» (климат, растительность и продуктивность)* и последняя проверка его самим С. С. Патерсоном, И. Парде и другими учеными в разных регионах должны быть убедительны для дендроклиматологии в смысле необходимости учета региональных особенностей климата, осторожности в широких географических обобщениях, распространении их на территории, удаленные одна от другой. Тем более, недопустимо широкое прогнозирование на локально ограниченном материале. Мы далеки от мысли недооценивать локальные исследования. Без них невозможно делать серьезные обобщения, в том числе и глобального характера. Но в последнее время появились попытки прогнозировать засушливые и незащущивые годы по данным прошлых изменений ширины годичных слоев одной древесной породы, с весьма ограниченным ареалом и распро-

*
$$CVP = \frac{T_V PGE}{T_a \cdot 1,200}$$
 где T_V — средняя температура самого теплого месяца; P —

среднее годовое количество осадков, мм; T_a — средняя годовая амплитуда температуры между наиболее холодным и наиболее теплым месяцами; G — продолжительность вегетационного периода, мес; E — «испарительно-транспирационный уменьшитель» — фактор, основывающийся на географической широте и дающий местную солнечную годовую радиацию, % от этого показателя на экваторе.

странять эти прогнозы на отдаленные от этого ареала регионы. Такой подход нельзя считать правильным.

Прежде всего, необходимо считаться с географической обусловленностью. Значение одного и того же климатического показателя и влияние его на годичный прирост проявляется по-разному в разных географических условиях.

В северном полушарии значение температур для прироста деревьев повышается к северу, а осадков — к югу (т. е. к экватору). За последние три десятилетия среди наших и зарубежных ученых прочно утвердилось мнение, что на северном пределе распространения лесов температура является решающим, а по мнению некоторых даже единственным фактором; сопряженность прироста с этим фактором наиболее тесная в данных условиях. Однако проявление влияний этих факторов как в совокупности, так и в отдельности, кроме географической широты, зависит еще и от орографических и почвенных условий произрастания и характера самого леса, относящихся тоже к явлениям географическим. Надо принимать во внимание весь дендрэкологический спектр.

Важный качественный показатель древесного прироста — структура годичных слоев, их анатомическое сложение, прежде всего, соотношение ранней и поздней древесины и толщина клеточных оболочек. В то же время структура годичных слоев, ее изменения в пространстве и во времени являются хорошим отражателем географических условий, включая климат с его многолетними изменениями и почву.

В самом начале тридцатых годов мы начали изучать строение и формирование годичных слоев сосны, ели, лиственницы в разных природных условиях Европейского Севера [12—14, 23].

В 1932 г. была сформулирована лесоводственная задача определения и создания оптимальных условий для выращивания древесины заданных качеств.

Уместно напомнить содержание этой задачи в том виде, как она была сформулирована в то время: «В пределах одного и того же района в различных типах леса будет различная «структура» годичного кольца. Можно далее предполагать, что и в пределах одного и того же типа леса поведение годичного слоя не будет одинаковым, в зависимости от различной степени утепления почвы, светового режима и т. д. Словом, надо изучить анатомическое строение и технические качества древесины в различных условиях роста древостоев... Раскрыть завесу над строением древесины в зависимости от этих условий, найти условия, при которых получается древесина наилучших технических качеств, где поздняя часть достигает максимума... — все это должно стать одной из задач современного советского лесоводства с тем, чтобы, выяснив, отыскав эти условия, человек мог по своему желанию уметь создавать древесину строго определенных качеств путем определенного активного хозяйственного воздействия. К разрешению этих задач должно подойти лесоводство недалекого будущего» [12, с. 20—21].

С тех пор в нашей стране и за рубежом проведен ряд исследований по изучению строения годичных слоев и физико-механических свойств древесины в связи с лесорастительными условиями, во многом расширивших наши представления о влиянии географических, экологических и других факторов на ширину и структуру годичных слоев и качество древесины в целом. Фундаментальные анатомические исследования древесины, имеющие большое научно-методическое значение, (выполнены А. А. Яценко-Хмельевским [31]; вопросы деятельности камбия изучали Л. А. Лебеденко ([10] и др.), Э. Д. Лобжанидзе ([11] и др.), Е. Н. Судачкова, ([29] и др.); за последние годы вопросы формирования древесины получили отражение в зарубежных сводках ([36, 40] и др.). Природа камбия и формирование древесины стали предметом внимания международных симпозиумов [39].

Все это приближает к решению лесоводственной задачи выращивания древесины с заданным соотношением ранней и поздней частей годичного слоя на основе регулирования деятельности камбия. Эта задача остается актуальной, даже более актуальной, чем прежде.

Для ее дальнейшего решения особо важное значение имеет усиление внимания изучению динамики структуры годичного слоя в разных условиях. Познание динамических закономерностей может иметь серьезное значение и для дендроклиматологии, и для собственно климатологии.

Нами прослежены изменения в характере структуры годичных слоев сосны в сезонной активности камбия от Кольского полуострова до юга европейской части СССР*.

Получены материалы о сроках пробуждения камбия и формирования годичных слоев сосны обыкновенной для лесов Мурманской, Архангельской, Вологодской, Ярославской, Московской областей, сосны обыкновенной и крымской — для условий Херсонской области.

По этим материалам деятельность камбия и формирование годичного слоя на высоте 1,3 м у сосны в спелых и приспевающих древостоях начинается в сроки, указанные в табл. 1.

Таблица 1

Область	Сроки реактивации камбия
Мурманская	1-я декада июня
Архангельская	Конец мая — начало июня
Ярославская и Московская	2-я — 3-я декада мая
Херсонская	Конец апреля — начало мая

Сроки, естественно, варьируют, и в пределах областей в отдельные годы могут быть некоторые отклонения в связи с погодными условиями, но общий ход изменений они отражают. Эти изменения сказываются на формировании годичного слоя, хотя и не везде существенно, если иметь в виду его структуру. Более поздние сроки пробуждения камбия в северо-таежных районах компенсируются продолжительностью его деятельности с наступлением удлиненного светового дня. Это приводит к нормальным соотношениям ранней и поздней зоны и, следовательно, к образованию полноценной древесины, в том числе в районах Заполярья [17].

Ценные фенологические исследования по формированию годичных слоев в сосновых лесах провел И. Н. Елагин [6].

Большое значение имеют местные природные особенности, наиболее отчетливо отражаемые различиями в типах леса [16, 19]. На севере камбий у сосны пробуждается раньше и более продолжительное время работает в зеленомошниках, позднее и менее интенсивно — в сфагновых типах [22, 24]. Поэтому в сухих и свежих типах леса на Европейском Севере формируются годичные слои сосны с высоким содержанием толстостенных поздних трахеид, т. е. образуется древесина высокого качества. Не случайно древесина северной сосны пользуется широкой популярностью и высоко ценится на мировом рынке.

В болотных, сфагновых типах северного леса, характеризующихся избытком влаги и недостатком кислорода в почве, годичные слои не успевают полностью сформироваться, поздняя часть в них выражена слабо и представлена часто тонкостенными трахеидами. Такая древесина имеет низкое качество. Исправить положение может лесосушительная мелиорация.

* В исследованиях, проведенных под руководством автора, участвовали Т. А. Мелехова и Т. К. Егорова (Архангельская обл.), В. В. Репневский (Мурманская обл.), Т. С. Непогодьева (Вологодская обл.), Т. К. Коваленко, В. Д. Ломов и С. Н. Фадеева (Московская обл.), Е. П. Сергеева (Херсонская обл.).

В южных районах европейской части СССР, наоборот, недостаток влаги препятствует нормальному формированию годичных слоев; в аридных условиях годичные слои сосны имеют слабо выраженную позднюю зону, и формируется рыхлая низкокачественная древесина. Здесь в типе условий местопроизрастания «очень сухой бор» хотя и проявляется наиболее ранняя реактивация камбия, по сравнению с обеспеченными влагой типами (влажный бор, свежая суборь и др.), но в дальнейшем активность его ослабляется. В «очень сухом бору» (Херсонская область) процесс утолщения стенок поздних трахеид продолжается не более двух недель, в то время как в других типах — до конца вегетационного периода, вследствие чего в них образуются нормальные годичные слои [28]. Благоприятные условия на юге могут быть созданы посредством оросительной мелиорации. Таким образом, можно сформулировать следующее общее положение.

В типах леса с благоприятными почвенно-гидрологическими условиями как на севере, так и на юге формируются годичные слои с нормальными поздними трахеидами.

В типах леса с большим избытком влаги в почве, при недостатке тепла на севере и необеспеченности влагой при избытке тепла на юге, годичные слои сосны не успевают полностью сформироваться и образуют древесину со слабо выраженной поздней зоной.

Это положение имеет большое значение не только для лесоводства, но и для дендроклиматологии, и его надо учитывать.

Модели, взятые хотя бы в большом качестве, но без учета типа леса, могут повести по ложному следу, в том числе и при использовании наиболее тонких современных методов математической статистики.

По вопросу влияния сухих и влажных лет на прирост деревьев и древостоев, в частности на ширину годичных слоев, имеется огромная литература. Но, наряду с некоторыми установленными положениями, все еще остается много неясного, противоречивого. Ширина годичного слоя далеко не всегда уменьшается в засушливый год.

В лесоводстве давно известны факты, свидетельствующие о том, что прирост лесных деревьев тесно связан с количеством осадков, выпавших не в текущем, а в предыдущем году, особенно за предшествующий осенне-зимний период. Ряд работ последних лет у нас и за рубежом, включая работы дендроклиматологов (например, [33, 34]), подтверждают это, в том числе на основе регрессионного и других методов анализа.

Конечно, нельзя отрицать значения осадков, выпадающих в течение текущего вегетационного периода. Если в решающие дни и недели вегетационного сезона, начиная с весны, не выпадает дождь, особенно в сухих южных районах, возникает опасность засухи и гибели как сельскохозяйственных, так и лесных культур.

Говоря о реакции древесных растений на изменение внешних условий (климата, почвы и др.), следует учитывать возрастные различия.

Рост молодых деревьев, имеющих неглубокую корневую систему, в большей мере, чем деревьев старших возрастов, зависит от степени увлажнения верхних горизонтов почвы, т. е. от осадков в текущем вегетационном периоде, режим которых (вместе с тепловым) и накладывает отпечаток на формирование годичных слоев с самого начала вегетационного периода.

У деревьев старших возрастов положение иное. При наличии прошлогодних запасов влаги в корнеобитаемом слое они могут нормально функционировать, и во время засухи годичный слой формируется ка-

кое-то время без особых отклонений; но при отсутствии этих запасов прирост может замедлиться и во влажном году.

Такова схема, отражающая картину в общем виде. Но природные процессы и связанные с ними изменения многообразны, и подчинить их единой схеме трудно.

Нельзя совсем исключать опасность непосредственного отрицательного влияния сильной весенней засухи и на деревья старших возрастов, имея в виду комплексное влияние на отдельные органы и жизненные процессы (генеративные и вегетативные органы, транспирацию, фотосинтез и пр.); опасность эта неодинакова для древесных пород с поверхностной и глубокой корневой системой, с ранним и поздним распусканием листьев и т. д.

Небезынтересно отметить, что в годы очень сильных засух в таежной зоне, а также в хвойно-широколиственных лесах резкое падение прироста (вплоть до его прекращения) может наблюдаться в избыточно увлажненных, даже болотных типах леса; в этих условиях у деревьев обычно формируется поверхностная корневая система; в результате засухи здесь происходят наиболее резкие нарушения водного режима и физиологической активности корней.

Надо также учитывать давно установленные биологические возрастные закономерности в изменении ширины годичных слоев, но следует помнить их географическую обусловленность.

На севере деревья, особенно сосны и лиственницы, могут достигать высокого возраста — 500—600 лет и более. Долго у них может сохраняться и способность к увеличению ширины годичных колец и даже их поздней зоны под влиянием разреживания древостоев, выборочными рубками; это явление мы наблюдали у сосны возраста до 230 лет. Однако у очень старых деревьев сосны на севере периферийные годичные кольца обычно узкие, процент поздней части невысок и поздние трахеиды тонкостенные (рис. 1).

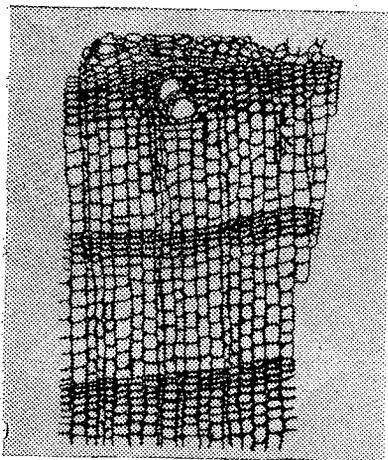


Рис. 1. Периферийные годичные слои с тонкостенными поздними трахеидами у 300-летней сосны. Кольский полуостров.

В многофакторности и трудностях правильного раскрытия причин изменения прироста и кроются многочисленные разногочения, накопившиеся в литературе по вопросам изменений ширины годичных слоев.

При многолетнем изучении динамики ширины и структуры годичных слоев в Московской области привлекли внимание особо засушливый 1972 г. и несколько менее, но тоже сухой 1975 г.

Засуха 1972 г. по охвату территории и интенсивности была для данного региона самой сильной за последние 100 лет; за вегетационный период выпало 215 мм осадков. Начиная со второй декады июля по первую декаду августа включительно выпало всего лишь 3 мм осадков, во второй декаде августа — 5 мм; в этот же период была наиболее высокая температура воздуха ($t > 30^\circ\text{C}$ в течение 26 дн.) и поверхности почвы ($45\text{--}55^\circ$ в течение 42 дн.).

В 1975 г. за месяц (с 21 мая по 20 июня) выпало 1,6 мм осадков, во второй декаде июля — 6 мм, в третьей — 0,5 мм, но в общем за вегетационный период все же выпало 333 мм — на 118 мм больше, чем в 1972 г.

Как сказались эти условия на ширине годичных слоев и их структуре?

У значительной части подопытных деревьев ширина слоя в 1972 и 1975 гг. не отличалась существенно от предыдущего года или уменьшалась незначительно, были случаи увеличения. На следующие же годы, т. е. в 1973 и 1976 гг., наблюдалось снижение ширины годичных слоев, причем наиболее резкое (в некоторых случаях в 2 раза) после 1972 г.

На примере динамического изучения ряда деревьев можно сказать, что в год летней засухи (1972 г.) камбий успел отложить нормальное количество трахеид. Но одна ширина годичного слоя не всегда может быть убедительным показателем. В структуре годичных слоев, их анатомическом строении выявляется большая определенность по сравнению с шириной годичного слоя.

Важное значение имеет качественная сторона прироста, в том числе характер откладываемых трахеид. Изменения в структуре годичного слоя (соотношение ранней и поздней древесины и особенно характер трахеид) заметны уже в год засухи.

В 1972 г., как уже отмечалось, засуха в Московской области начала проявляться с июля. К этому времени обычно заканчивается количественное отложение клеток (трахеид). Так произошло и в данном случае. Далее, при нормальных условиях, должны утолщаться стенки трахеид, образовываться поздняя древесина. Но наступившая засуха воспрепятствовала этому процессу. Одревеснение оболочек, их утолщение замедлилось и даже приостановилось. В результате поздняя зона в годичном слое претерпела необычные изменения. Однако эти изменения макроскопически не всегда улавливаются, не всегда правильно диагностируются.

Концентрация мелких, хотя по настоящему и не одревесневших трахеид в поздней части годичного слоя внешне может создавать уплотненную темную полоску поздней древесины. Но только микроскопический анализ объективно показывает истинную картину. Изучение процессов утолщения клеточных оболочек, особенно поздних трахеид, показало, что наиболее чувствительным реагентом и убедительным отражателем климатических и погодных изменений является именно толщина этих трахеид.

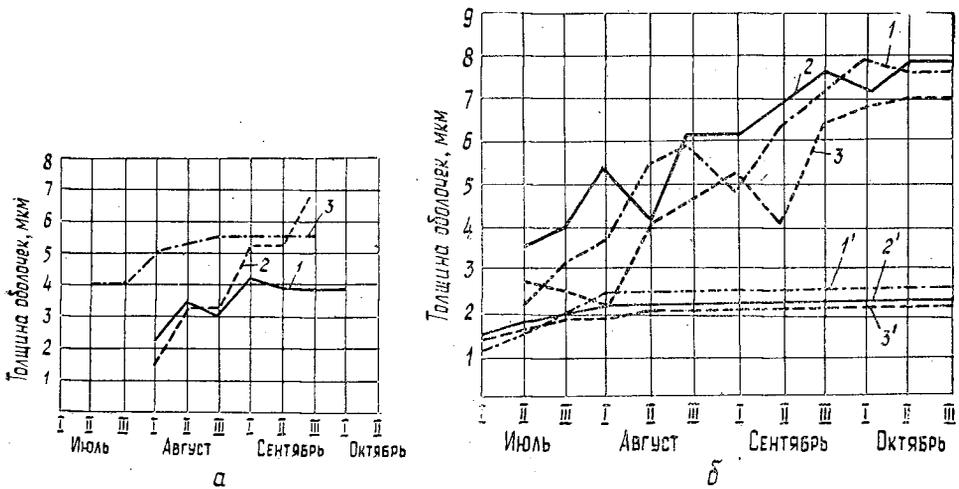


Рис. 2. Динамика утолщения оболочек поздних трахеид.

а — Московская область; сосняк-черничник свежий; 1 — 1972 г.; 2 — 1974 г.; 3 — 1975 г.; б — Херсонская область; 1, 2, 3 — свежая суббурь; 1', 2', 3' — очень сухой бор; 1 и 1' — 1967 г.; 2 и 2' — 1968 г.; 3 и 3' — 1969 г.

Прилагаемые графики (рис. 2) это иллюстрируют отчетливо: наиболее резкое нарушение процесса утолщения оболочек поздних трахеид внесла засуха 1972 г. В 1975 г. в принципе динамика та же, но в свя-

зи с меньшей засушливостью абсолютная толщина оболочек близка к нормальной.

Значение оболочек как реагента на недостаток влаги в условиях юга подтверждается их резко выраженной тонкостенностью в условиях очень сухого бора (рис. 2).

Итак, погодные условия и особенности типа леса и типов условий произрастания сказываются на анатомии годичного слоя главным образом через изменения толщины стенок трахеид.

Анатомические методы, в частности учет изменений в толщине клеточных оболочек, могут быть использованы для решения многих вопросов лесоведения. К ним можно отнести и не затрагивавшийся ранее вопрос о выяснении взаимосвязей древесных пород в лесу [21].

Хотелось бы обратить внимание дендрохронологов и дендроклиматологов на использование в большей мере, чем это делалось до сих пор, показателей, связанных с влиянием пожаров на лес. Это касается влияния огня на все компоненты леса.

Даже обнаружение угля в подстилке и почве в сочетании с другими методами (радиоактивные изотопы) может, по-видимому, помочь в познании исторического прошлого. Практически же наиболее эффективно использовать данные огневой травматологии деревьев и древостоев. Речь идет не только о том, что по следам огневых травм можно определить год пожара и год засухи (этот способ известен давно, хотя порой и забывается), но при анатомическом анализе годичного слоя, соответствующего году пожара (а также допожарного и послепожарных слоев) можно в определенной степени уточнить сезон пожара и, следовательно, изменения погоды на протяжении данного и примыкающих к нему сезонов. В комплексе анатомических показателей здесь также особенно большое значение имеет толщина клеточных оболочек. В зависимости от времени и силы пожара на протяжении сезона слой, соответствующий году пожара, может быть нормальным по ширине и структуре, широким, но с тонкостенными трахеидами, узким с уменьшенным числом ранних и поздних трахеид (рис. 3) и т. д.

В соответствии с этим послепожарный годичный слой может быть узким с тонкостенными трахеидами, нормальным (рис. 3), либо узким с выраженной поздней зоной и с наличием травмированных смоляных ходов.

Вопросы огневой травматологии леса и периодичности лесных пожаров подробно освещались ранее ([15, 18] и др.).

Опираясь на закономерности в структурных изменениях годичных слоев в связи с различными факторами, можно определить потенциальные возможности целенаправленного применения соответствующих лесоводственных мероприятий в виде лесосодействия [3, 7, 22], рубок ухода [25, 27], подсочки в лесах, пройденных низовыми пожарами [20].

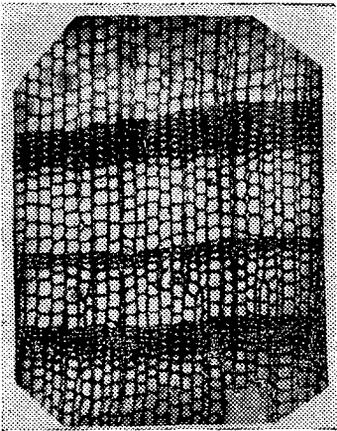


Рис. 3. Годичные слои сосны. Скобкой показан узкий годичный «пожарный» слой с тонкостенными поздними трахеидами. Пожар 1919 г. Верхневычегодский лесной массив.

Итак, при анализе годичных слоев в дендрохронологических (дендроклиматических) и лесоводственных целях имеет значение не только «количественная» сторона (ширина годичных слоев, их количество, группирование с учетом ширины), но и «качественная», выражаемая их структурой, анатомическим строением.

Важный показатель — изменения в соотношении ранней и поздней древесины. Наиболее показательный реагент на изменение условий окружающей среды — толщина клеточных оболочек (особенно поздних трахид).

Изучение сезонной динамики годичного слоя анатомическими методами может иметь важное значение при анализе погодных изменений; следовало бы определить возможности прогнозов погоды на этой основе.

Применение анатомических методов, расширение анатомио-экологического и физиологического подхода в изучении прироста деревьев и древостоев, динамики формирования годичных слоев в разных природных условиях и условиях, изменяемых антропогенными факторами, имеет важное значение и для лесоведения и лесоводства, древесиноведения и ряда других наук, на первый взгляд, очень отдаленных.

В свою очередь, между этими науками должны развиваться прямые связи. Поэтому стали актуальными две взаимосвязанные задачи:

1) расширение кооперации ученых разных специальностей и комплексирование исследований в дендроклиматологии (дендрохронологии);

2) укрепление и создание отдельных специализированных подразделений в этой области.

Необходимо усилить внимание лесоводов к вопросам дендроклиматологии и, с другой стороны, к более широкому использованию лесоводственного опыта в дендроклиматологии.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Битвинская Т. Т. Дендроклиматические исследования. Л., Гидрометеоздат, 1974. [2]. Битвинская Т. Т. и др. Условия среды и радиальный прирост деревьев. Каунас, 1978. [3]. Вомперский С. Э. Биологические основы эффективности лесосодействия. М., «Наука», 1968. [4]. Гортинский Г. Б. Опыт анализа погодичной динамики продуктивности еловых древостоев в биогеоценозах южной тайги. — В кн.: Экспериментальное изучение биогеоценозов тайги. Л., «Наука», 1969. [5]. Гортинский Г. Б., Тарасов А. И. Сравнительный анализ динамики годичного прироста у сосны и ели. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 2. [6]. Елагин И. Н. Сезонное развитие сосновых лесов. Новосибирск, «Наука», 1976. [7]. Елпатьевский М. М., Елпатьевский М. П., Константинов В. К. Осушение и освоение заболоченных лесных земель. М., «Лесная промышленность», 1970. [8]. Кайрюкшис Л. А. Развитие дендрохронологии и дендроклиматологии, Вильнюс, 1977. [9]. Комин Г. Е. Цикличность в динамике лесов Зауралья. Автореф. дис. на соиск. учен. степени докт. биол. наук. Свердловск, 1978. [10]. Лебеденко Л. А. Деятельность камбия лиственных в связи с энергией роста. — В кн.: Научно-исследовательские работы по лесному хозяйству. Вып. 12. М., 1969. [11]. Лобжанидзе Э. Д. Камбий и формирование годичных колец древесины. Тбилиси, 1961. [12]. Мелехов И. С. О качестве северной сосны. Архангельск, Северное изд-во, 1932. [13]. Мелехов И. С. О технических свойствах древесины сосны Плесецкого леспромхоза. — Сб. научно-исследовательских работ АЛТИ. Т. 1. Архангельск, 1934. [14]. Мелехов И. С. Древесина северной ели. Л., Гослестехиздат, 1934. [15]. Мелехов И. С. Влияние пожаров на лес. М.—Л., Гослестехиздат, 1948. [16]. Мелехов И. С. Значение типов леса и лесорастительных условий в изучении строения древесины и ее физико-механических свойств — «Труды Института леса». М., АН СССР, 1949, т. 4, с. 11—20. [17]. Мелехов И. С. Особенности лесов Кольского полуострова и пути их изучения. — В кн.: Леса Кольского полуострова и их возобновление. М., Изд-во АН СССР, 1961. [18]. Мелехов И. С. О закономерностях в периодичности горимости лесов. — В кн.: Сборник работ по лесному хозяйству и лесохимии. Архангельск, 1971, с. 4—26. [19]. Мелехов И. С. Лесная типология. М., МЛТИ, 1976. [20]. Мелехов И. С., Ключников Л. Ю., Бабакян А. С., Ломов В. Д. Влияние низовых пожаров на смолопродуктивность и

- анатомическое строение древесины сосны. — «Научные труды МЛТИ», 1977, вып. 99. [21]. Мелехов И. С., Ломов В. Д. Использование методов анатомии растений в изучении взаимосвязей древесных пород в лесу. — «Научные труды МЛТИ», 1977, вып. 99. [22]. Мелехов И. С., Мелехова Т. А. О влиянии осушения болотных сосняков на формирование древесины. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1958, № 4. [23]. Мелехов И. С., Стрекаловский Н. И. К характеристике древесины сибирской лиственницы. — «Механическая обработка дерева», 1934, № 9. [24]. Мелехова Т. А. О формировании древесины сосны и некоторых других древесных пород Севера в связи с лесорастительными условиями. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. биол. наук. Архангельск, 1952. [25]. Мелехова Т. А. К вопросу о формировании древесины сосны в связи с рубками ухода. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1961, № 4. [26]. Молчанов А. А. Дендроклиматические основы прогнозов погоды. М., «Наука», 1976. [27]. Савина А. В. Физиологические обоснования рубок ухода. М.—Л., 1956. [28]. Сергеева Е. П. Формирование древесины сосны в связи с типами условий произрастания в Нижнеднепровье. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. М., 1975. [29]. Судаchkова Н. Е. Метаболизм хвойных и формирование древесины. Новосибирск, «Наука», 1977. [30]. Шведов Ф. Н. Дерево как летопись засух. — «Метеорологический вестник», 1892, № 5. [31]. Яценко-Хмелевский А. А. Основы и методы анатомического исследования древесины. М.—Л., 1954. [32]. Douglas A. E. Weather Cycles in the Growth of Big Trees. — «Month. Weath. Rev.», 1909, vol. 37, N 6. [33]. Fritts H. C. Tree Rings and Climate. London — New York — San Francisco, 1976. [34]. Fritts H. C. Relationships of Ring Widths in Arid-site Conifers to Variations in Monthly Temperature and Precipitation. — «Ecological Monographs», 1974, vol. 44, N 4. [35]. Huntington E. The Growth and Climatic Interpretation. Carneg. Institute of Washington. «Quaternary Climates», 1925, N 352. [36]. Kozłowski T. T. Growth and Development of Trees. Vol II. Cambial Growth, Root Growth and Reproductive Growth. Acad. Press. New York and London, 1971. [37]. Parde I. Indice Climatique et Production Ligneuse. — «Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie d'Agr. de France», 1964, 50, N 6, p. 569—576. [38]. Paterson S. S. The Forest Area of the World and its Potential Productivity. Göteborg, 1956. [39]. Zimmermann M. H. (Edit.), The Formation of Wood in Forest Trees. — Acad. Press. New York — London, 1964. [40]. Zimmermann M. H., Brown C. L., Tyree M. T. Trees Structure and Function. Springer — Verlag. Berlin — Heidelberg — New York, 1971.

Поступила 26 апреля 1979 г.

УДК 630*.562

ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА ЗАПАСА НАЛИЧНОГО ДРЕВОСТОЯ МОЛОДНЯКА ДУБА

М. М. МИХАЙЛОВ

Марийский политехнический институт

По материалам сплошной рубки деревьев на пробной площади в молодняке дуба установлены проценты ошибок в определении текущего периодического прироста запаса дровостоя с рубкой 10—25 модельных и учетных деревьев.

В таксационной практике для определения запаса и текущего прироста запаса наличного дровостоя на пробной площади большей частью применяют способ средних модельных деревьев по ступеням толщины и способ учетных деревьев, отбираемых статистическим способом (каждое n -е дерево). В дубовых дровостоях точность определения текущего прироста запаса дровостоя разными способами изучена мало [2—4]. В сосняках она исследована М. Л. Дворецким [1].

Ниже приводятся результаты изучения точности определения текущего прироста запаса дровостоя указанными способами в семенном дубовом молодняке. Пробная площадь со сплошной рубкой 226 деревьев дуба была заложена в дровостое 26 лет в нагорных дубравах Чувашской АССР. Состав дровостоя 9Д1Кл+Лп, класс бонитета I, полнота 0,8. Средний диаметр дровостоя дуба 11,3 см, средняя высота

11,7 м. Тип леса — дубняк кленово-липовый. Текущий периодический прирост стволов определен по однометровым секциям за 5-летний период. За точное значение текущего периодического прироста запаса наличного древостоя принята сумма текущих приростов всех срубленных сплошь стволов дуба.

Коэффициенты изменчивости C таксационных показателей стволов древостоя дуба составили (в %): диаметров стволов на высоте груди — 28,2, текущего прироста диаметров стволов на высоте груди — 47,9, текущего прироста объемов стволов — 72,4. Коэффициент корреляции между площадями сечений и текущими приростами объемов стволов 0,95.

Модельные деревья отбирали по ступеням толщины по материалам сплошной рубки пропорционально числу стволов в ступенях толщины в двух вариантах: 1) средние по диаметру ($d_{1,3}$), высоте (h) и второму коэффициенту формы (q_2) и 2) средние лишь по диаметру и высоте.

Ступени толщины были приняты односантиметровые. В качестве моделей, средних по ступеням толщины, принимали стволы с отклонениями от средних: по $d_{1,3}$ до $\pm 0,5$ см, по h до ± 1 м, по q_2 до $\pm 0,02$. Средние модельные деревья отбирали по 10, 15, 20 и 25 шт., в каждом случае в пяти вариантах.

Текущий прирост стволов по ступеням толщины определяли вычислением через соотношение суммы площадей сечений стволов ступеней и модельных деревьев.

Учетные деревья отбирали по 10, 15, 20 и 25 шт. из всей совокупности стволов, а текущий прирост древесины определяли в целом для всего древостоя.

Таблица 1

Количество модельных деревьев, шт.	№ варианта	По моделям, средним по $d_{1,3}, h, q_2$		По моделям, средним по $d_{1,3}, h$	
		Ошибка варианта	Систематическая ошибка	Ошибка варианта	Систематическая ошибка
10	1	+0,1		-5,8	
	2	-1,7		+7,0	
	3	+7,0	-1,3	-9,5	-0,6
	4	-7,7		+6,4	
	5	-4,4		-1,2	
15	1	+3,8		-1,8	
	2	-3,3		-6,9	
	3	+2,6	+0,9	+2,7	+0,4
	4	+6,5		+6,2	
	5	-5,3		+1,9	
20	1	-1,7		-1,2	
	2	+5,6		-6,7	
	3	-3,4	-0,3	+1,2	-0,6
	4	-3,2		+2,9	
	5	+1,4		+0,9	
25	1	-4,7		-0,6	
	2	0,0		-6,2	
	3	+2,2	-1,1	+2,6	+0,5
	4	-5,0		+2,8	
	5	+1,8		+4,1	

Таблица 2

Количество учетных деревьев, шт.	Количество вариантов	Вероятные ошибки, %	Опытные ошибки, %			
			наибольшие со знаком		средние квадратические	систематические
			+	-		
10	23	$\pm 7,6$	8,6	13,4	$\pm 5,5$	+0,2
15	15	$\pm 6,0$	7,8	7,3	$\pm 4,3$	+0,1
20	11	$\pm 5,2$	7,9	5,7	$\pm 3,7$	-0,7
25	9	$\pm 4,6$	7,8	5,9	$\pm 4,2$	+0,4

Ошибки (%) в определении текущего периодического прироста запаса молодняка дуба по средним модельным деревьям приведены в табл. 1, а по учетным — в табл. 2.

В табл. 2 вероятные ошибки вычислены по формуле [1]

$$p = \frac{C}{\sqrt{n}} \sqrt{1-r^2},$$

где p — вероятная ошибка, %;

C — коэффициент изменчивости текущего прироста древостоя, %;

n — количество учетных деревьев, шт.;

r — коэффициент корреляции между площадями сечений стволов на высоте груди и текущим приростом объемов.

В табл. 3 показаны наибольшие ошибки в определении текущего периодического прироста запаса древостоя разными способами и при разном количестве модельных деревьев.

Таблица 3

Количество модельных деревьев, шт.	Наибольшие ошибки, %		
	по модельным деревьям, средним по		по учетным деревьям
	$d_{1,3}, h, q_2$	$d_{1,3}, h$	
10	-7,7	-9,5	-13,4
15	+6,5	-6,9	+7,8
20	+5,6	-6,7	+7,9
25	-5,0	-6,2	+7,8

Анализируя данные табл. 1—3, можно сделать следующие выводы.

1. При одном и том же количестве модельных и учетных деревьев меньшая погрешность получается при отборе модельных деревьев по диаметру, высоте и коэффициенту формы, чем при отборе учетных деревьев. Способ отбора модельных деревьев по диаметру и высоте по точности занимает промежуточное положение. Однако большее различие в точности указанных способов оказалось при меньшем количестве модельных и учетных деревьев.

2. С увеличением количества модельных и учетных деревьев проценты ошибок снижаются, причем это уменьшение более выражено при изменении его от 10 до 15, чем от 20 до 25 шт.

3. Средние квадратические ошибки при определении текущего прироста запаса древостоя по учетным деревьям составили: для 10 шт. $\pm 5,5\%$, для 15—25 шт. до $\pm 4,3\%$. Наибольшие ошибки при 15—25 учетных деревьях почти не превысили двухкратного значения средней квадратической ошибки и лишь при 10 учетных деревьях достигли 2,5-кратного.

4. При определении текущего прироста запаса древостоя по учетным деревьям вероятные и средние квадратические опытные ошибки оказались близкими.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дворецкий М. Л. Текущий прирост древесины ствола и древостоя. М., «Лесная промышленность», 1964. 125 с. [2]. Михайлов М. М. О точности определения текущего прироста запаса древостоя дуба. — В кн.: Текущий прирост древостоев и его применение в лесном хозяйстве. Рига, 1972, с. 85—89. [3]. Михайлов М. М. О влиянии метода отбора модельных деревьев на точность определения теку-

шего прироста запаса древостоя дуба. — Межвуз. науч. труды по лесному хозяйству. Лесная таксация и лесоустройство. Вып. 4. Красноярск, 1975, с. 145—149. [4]. Моисеев Ф. П., Мурашко А. Г. Определение текущего прироста насаждений. — Сборник работ по лесному хозяйству. БелНИИЛХ. Вып. 1. Минск, Госиздат при СНК БССР, 1940, с. 129—144.

Поступила 31 июля 1978 г.

УДК 630*.521.1 : 519.242

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СМЕШАННЫХ ДРЕВОСТОЕВ ПО ДИАМЕТРУ

М. И. КАЛИНИН, В. К. ТИУНЧИК

Львовский лесотехнический институт

Приводятся экспериментальные данные строения смешанных дубово-сосновых и сосново-дубовых древостоев по диаметру. Установлены некоторые различия в характере распределения по диаметру в зависимости от состава.

Распределение числа деревьев по ступеням толщины — один из основных таксационных признаков строения древостоев [1, 3, 4].

За последнее время отечественными и зарубежными исследователями накоплен обширный материал по этому вопросу. Однако такие исследования выполнялись в основном в чистых древостоях. Между тем, исследование строения смешанных древостоев по диаметру дает возможность более глубоко проанализировать важные биологические процессы, обусловленные взаимоотношениями участвующих древесных пород. В смешанных лиственных древостоях такие исследования выполнены К. К. Высоцким [2].

Нами исследован характер распределения деревьев по ступеням толщины в 70—90-летних смешанных дубово-сосновых и сосново-дубовых древостоях на 14 пробных площадях в условиях свежей судубравы. Известно, что распределение количества стволов по ступеням толщины в большинстве случаев выражается кривой, близкой к кривой нормального распределения. Большинство исследователей склонны считать, что между показателями асимметрии и эксцесса и основными лесообразующими факторами зависимость отсутствует [5—7].

В смешанных дубово-сосновых и сосново-дубовых древостоях на всех исследованных нами пробных площадях распределение деревьев по диаметру также имеет определенные отклонения от нормального. Эти отклонения выражаются различной величиной эксцесса (E) и асимметрии (A) — табл. 1. Показатели эксцесса в распределении стволов сосны варьируют в пределах от 0,883 до — 1,824, а показатели асимметрии — в пределах от 0,428 до — 0,858. Отклонение распределения стволов по диаметру от нормального распределения у дуба выражено более существенно: эксцесс рядов распределения у дуба составляет от 6,955 до — 1,158 и асимметрии — от 2,489 до 0,067.

Нами была сделана попытка установить влияние относительного участия древесной породы в составе древостоя на эксцесс и асимметрию рядов распределения, в древостоях с преобладанием сосны (6С4Д—9С1Д) и дуба (6Д4С—9Д1С).

Кривые распределения объединенных рядов показывают наличие различий в характере распределения стволов дуба и сосны в исследованных вариантах (рис. 1). Значение эксцесса и асимметрии рядов распределения стволов в исследованных древостоях следующее:

Таблица 1

Таксационная характеристика исследуемых древостоев

Возраст, лет <i>t</i>	Состав	Порода	Средние		Полнота	Экссесс (<i>E</i>)	Асимметрия (<i>A</i>)
			<i>H</i> м	<i>D</i> м			
Преобладание сосны							
70	8С2Д	С	28,6	34,6	0,49	-0,202	0,039
		Д	23,4	21,8	0,23	-0,133	0,731
	7С3Д	С	27,6	36,3	0,59	-0,663	-0,176
		Д	26,3	26,7	0,41	-0,608	0,230
	8С2Д	С	28,9	36,4	0,73	-0,468	0,293
		Д	24,0	28,4	0,21	-0,155	0,114
80	8С2Д	С	28,4	33,1	0,59	-0,157	-0,259
		Д	21,7	21,7	0,39	0,252	0,716
90	9С1Д	С	28,4	41,6	0,67	0,617	-0,501
					0,06		
	6С3Д1Е	С	30,5	33,9	0,50	-1,824	0,391
		Д	28,7	28,6	0,39	-0,087	1,037
	6С4Д	С	29,7	38,9	0,36	-0,155	-0,225
		Д	24,6	25,4	0,49	0,332	0,568
	7С3Д	С	27,3	42,7	0,47	-0,374	-0,279
		Д	21,4	27,9	0,42	-1,158	1,199
	9С1Д	С	26,5	50,6	0,49	0,617	-0,501
					0,13		
	6С4Д	С	26,8	40,6	0,42	-0,240	0,349
		Д	23,7	36,6	0,38	-0,757	0,067
9С1Е	С	29,5	38,1	0,68	0,883	-0,858	
				0,07			
Преобладание дуба							
70	5Д4С1Бк	С	28,6	35,7	0,20	-0,243	0,428
		Д	23,3	24,9	0,50	6,955	2,489
90	7Д3С	С	27,7	41,0	0,20	-0,467	0,219
		Д	24,8	32,0	0,76	-0,181	0,109
	7Д3С	С	24,7	37,7	0,29	0,606	-0,018
		Д	24,6	26,7	0,71	-0,618	0,226

а) для сосны в древостоях с преобладанием сосны $A = 0,008$; $E = 3,828$; а с преобладанием дуба $A = 0,624$; $E = 1,939$;

б) для дуба в древостоях с преобладанием сосны $A = 0,540$; $E = 3,428$; а с преобладанием дуба $A = 0,423$; $E = -0,312$.

В распределении показателей эксцесса и асимметрии существуют хорошо выраженные закономерности: наибольшее количество рядов распределения стволов концентрируется у средних значений эксцесса и асимметрии. Это говорит о том, что распределение рядов эксцесса и асимметрии также близко к нормальному (рис. 2).

Таким образом, относительное участие сосны и дуба в дубово-сосновых и сосново-дубовых древостоях повлияло на характер распределения деревьев этих пород по толщине, что выразилось в различных показателях эксцесса и асимметрии.

Приведенные материалы позволяют сделать следующие выводы.

Распределение деревьев сосны и дуба по диаметру в смешанных древостоях близко к нормальному. При этом показатели эксцесса и

Рис. 1. Распределение сосны и дуба по толщине в смешанных древостоях.

1 — распределение дуба при составе от 6С4Д до 9С1Д; 2 — то же при составе от 6Д4С до 9Д1С; 3 — распределение сосны при составе от 6С4Д до 9С1Д; 4 — то же при составе от 6Д4С до 9Д1С.

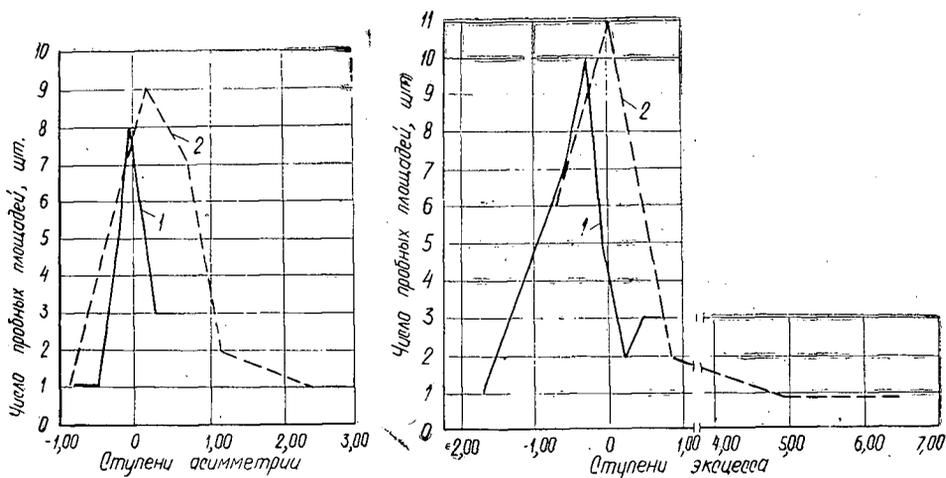
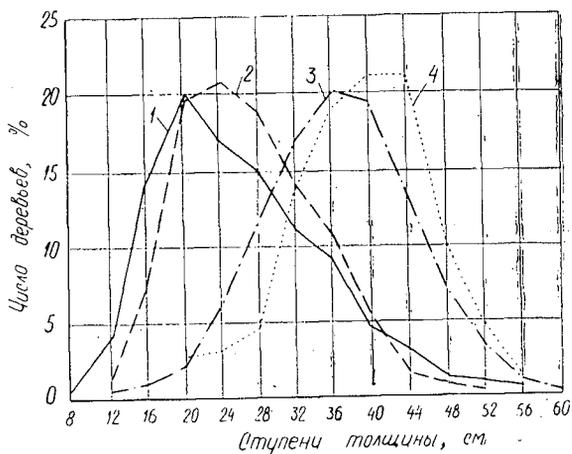


Рис. 2. Распределение асимметрии и эксцесса кривых распределения древостоев по диаметру.

1 — сосна; 2 — дуб.

асимметрии кривых распределения стволов дуба выражены более существенно, чем у сосны.

На показатели эксцесса и асимметрии кривых распределения оказывает влияние степень участия данной породы в древостое. Преобладание относительного участия сосны обуславливает уменьшение асимметричности и увеличивает эксцесс распределения сосны. У дуба с увеличением относительного участия в древостое сосны асимметрия и эксцесс рядов распределения возрастают.

Сказанное дает возможность считать, что распределение стволов по диаметру каждой древесной породы, составляющей древостой, существенно меняется в зависимости от их соотношения.

Это позволяет глубже понять биологические аспекты развития лесных насаждений и использовать их в целях направленного влияния

на характер формирования древостоев путем регулирования соотношения участвующих пород.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анучин Н. П. Лесная таксация. М., «Лесная промышленность», 1977, с. 512. [2]. Высоцкий К. К. Закономерности строения смешанных древостоев. М., Гослесбумиздат, 1962, с. 177. [3]. Загреев В. В., Вагин А. В. Основы лесной таксации. М., «Высшая школа», 1975, с. 264. [4]. Захаров В. К. Лесная таксация. М., «Лесная промышленность», 1967, с. 406. [5]. Кищенко И. А. Опыт применения статистического метода к изучению строения древесно-растительных сообществ. — В сб.: Лесоведение и лесоводство. Вып. 1, 2. Прилож. к журн. «Лесное хозяйство, лесная промышленность и топливо», Л., 1926, с. 36—74. [6]. Кузмичев В. В., Морозов Л. М. Распределение деревьев по ступеням толщины в березняках Обь-Иртышского междуречья. — Межвуз. сб. научн. трудов. Лесная таксация и лесоустройство. Вып. 6. Красноярск, 1977, с. 58—63. [7]. Левин В. И. Сосняки Европейского Севера (строение, рост и таксация древостоев). М., «Лесная промышленность», 1966, с. 152.

Поступила 9 января 1979 г.

УДК 630*.221

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ РУБОК В ЕЛЬНИКАХ СРЕДНЕГО УРАЛА

А. Г. ШАВНИН

Уральский лесотехнический институт

Предлагается новый вариант несплошных рубок, разработанный на основе закономерностей возрастного строения древостоев. Увеличивается объем получаемой от рубок древесины, сокращается время на формирование спелых древостоев, сохраняются природные закономерности в строении насаждений.

Растущие потребности народного хозяйства в древесине обуславливают необходимость поиска высокоэффективных форм ведения лесного хозяйства, обеспечивающих наиболее полное использование природного потенциала наших лесов. Один из путей решения этой проблемы — создание способов рубок на основе закономерностей возрастного строения древостоев. В данной статье рассматривается опытный вариант таких рубок в ельниках Среднего Урала.

Возрастное строение различных по продуктивности елово-пихтовых древостоев этого района позволяет разделить их на три типа: одновозрастные, разновозрастные с выраженными поколениями и абсолютно разновозрастные [6]. В абсолютно разновозрастных ельниках текущий прирост древесины примерно равен отпаду, и жизнедеятельность насаждений выражается в их биологическом обновлении без существенных изменений в рядах строения и средних таксационных показателях древостоев [4]. Запас древостоя составляет лишь 1/3 общей продуктивности. У одновозрастных ельников, таксационная характеристика которых меняется с возрастом, текущий прирост создает накопление запаса древостоя. Ко времени рубки он равен примерно 2/3 общей продуктивности насаждений [2]. При этом спелый древостой одновозрастных ельников формируется, в основном, крупномерными деревьями, в то время как абсолютно разновозрастный включает большое количество тонкомера молодых, средневозрастных и приспевающих групп деревьев. Разновозрастные ельники с выраженными поколениями по возрастному строению занимают промежуточное положение [6].

Приведенные сопоставления свидетельствуют о возможности получения большего количества древесины при формировании разновозрастных древостоев по сравнению с разновозрастными. Из этого следует практическая целесообразность трансформации разновозрастных ельников в разновозрастные посредством рубки спелой и перестойной частей древостоя, вытекает необходимость дифференцированного подхода к рубке древостоев различного возрастного строения.

В 1976 г. отраслевой лабораторией и кафедрой лесной таксации и лесоустройства Уральского лесотехнического института проведен опыт таких дифференцированных рубок. Работы выполнены в Бисертском леспромхозе Свердловской области на площади 7,8 га. Объектом исследования явились абсолютно разновозрастные ельники крупнопоротникового типа леса, полнотой 0,9, класс бонитета IV. Их таксационная характеристика приводится в табл. 1.

Таблица 1

Возрастная группа (возраст, лет)	Состав древостоя	Порода	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений на 1 га, м ²	Запас на 1 га, м ³	Число стволов на 1 га, шт.
По возрастным группам							
Молодые (до 40)	7ПЗЕ, ед. Лп	Е	10,5	11,5	—	—	5
		П	8,3	10,2	0,1	1	13
Средневозрастные (41—80)	6Е4П, ед. Лп	Е	14,1	17,0	1,3	10	57
		П	10,1	12,7	1,2	6	96
Приспевающие (81—100)	7ЕЗП, ед. Б, Лп	Е	18,8	22,8	3,9	36	96
		П	15,1	16,8	2,0	15	92
Спелые и перестойные (101 и выше)	8Е2П, ед. Б, Лп	Е	24,0	34,7	16,7	186	177
		П	21,3	27,3	3,0	29	52
		Б	18,9	22,5	0,3	3	8
Без деления на возрастные группы							
121	7ЕЗП, ед. Б, Лп	Е	21,3	27,6	20,0	200	335
		П	18,0	20,3	8,2	83	253
		Б	18,9	21,8	0,3	3	8

При отводе лесосек количество деревьев по ступеням толщины спелой и перестойной частей древостоя устанавливали по дифференцировочным таблицам [3]. Для ели использовали табл. 2, аналогичную таблицу применяли для пихты. Согласно приведенным в таблицах процентам, данные перечислительной таксации распределяли по возрастным группам (поколениям). В районе проведения работ возраст рубки ельников установлен со 101 года, поэтому размер выборки по количеству и толщине стволов был принят следующим:

Степень толщины, см	16	20	24	28	32	36	40	44
Количество спелых и перестойных де- ревьев, %								
Ель	52	67	80	90	96	100	—	—
Пихта	40	54	65	76	83	91	96	100

В рубку назначали также дефективные деревья оставляемой, более молодой части древостоя и березу старше 50 лет. Из отвода исключен тонкомер 8—12-сантиметровых ступеней толщины. Оставляемые на корню стволы толще 14 см отмечали краской. При этом выбирали деревья моложе 100 лет с хорошо развитой кроной. Отбор осуществляли по возрастным внешним морфологическим признакам [5].

Дифференцировочная таблица для расчленения абсолютно разновозрастных еловых древостоев продуктивности IV класса бонитета на отдельные возрастные группы (поколения)

Таблица 2

Возраст, лет	Распределение числа деревьев по диаметру, %														
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
40	28,57	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	57,14	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	100	25	12	5	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
70	—	42	22	12	5	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	—	59	37	23	12	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
90	—	7	54	34	21	11	5	—	—	—	—	—	—	—	—
100	—	89	68	48	33	20	10	4	—	—	—	—	—	—	—
110	—	94	78	59	46	30	18	9	4	—	—	—	—	—	—
120	—	98	87	72	55	41	28	17	9	2	—	—	—	—	—
130	—	100	92	82	65	50	38	27	14	6	1	—	—	—	—
140	—	—	96	87	76	60	48	35	22	11	5	0,5	—	—	—
150	—	—	98	93	84	70	56	45	31	18	10	5	—	—	—
160	—	—	99,5	97	90	78	64	51	40	28	16	9	3	—	—
170	—	—	100	98	92	84	74	58	48	36	23	14	7	1	—
180	—	—	—	99	95	88	82	68	54	44	32	20	11	5	0,5
190	—	—	—	100	98	92	86	77	60	50	40	28	16	9	3
200	—	—	—	—	99	95	90	84	71	56	49	36	24	15	7
210	—	—	—	—	100	97	93	88	80	64	54	43	33	22	13
220	—	—	—	—	—	99	96	92	85	74	60	49	40	29	19
230	—	—	—	—	—	100	98	94	90	81	68	55	47	33	25
240	—	—	—	—	—	—	100	96	92	87	78	63	52	40	33
250	—	—	—	—	—	—	—	98	95	90	82	73	58	48	40
260	—	—	—	—	—	—	—	100	97	94	87	81	67	55	46
270	—	—	—	—	—	—	—	—	99	97	92	85	76	60	50
280	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	94	89	83	70	57
290	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	97	94	87	78	64
300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	99	97	90	85	72
310	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	99	94	88	80
320	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	99,7	96	91	84
330	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	98	94	88
340	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	96	94
350	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	98	97
360	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	98
370	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	99
380	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100

Валку деревьев производили вершиной на волок, в сторону трелевки, с обрубкой и укладкой сучьев под гусеницы трактора. Ширина пасек — 25 м, волоков — 5 м. Трелевку вели трактором ТТ-4. Интенсивность рубки на делянке составила 77% по запасу и 48% по числу стволов, выборка на пасеках соответственно 55 и 32%.

В результате рубки был сформирован условно разновозрастный древостой. Амплитуда изменчивости диаметров деревьев сократилась до размеров, присущих древостоям элемента леса, характер рядов, строения оказался таким же, как у разновозрастных ельников. В отличие от древостоев, пройденных рубкой с отпускного диаметра, трансформированный не имел спелых и перестойных деревьев (рис. 1).

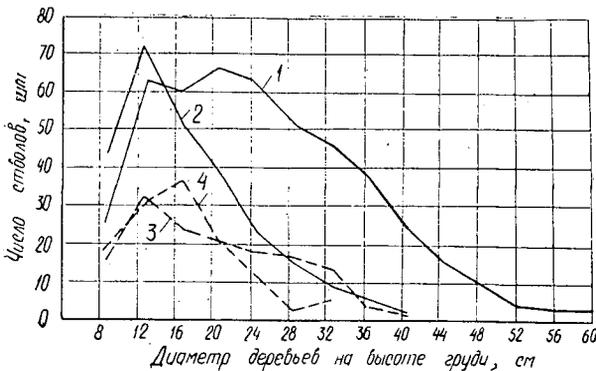


Рис. 1. Строение елово-пихтовых древостоев по диаметрам на высоте груди до и после рубки.

1 — ель до рубки; 2 — пихта до рубки; 3 — ель после рубки; 4 — пихта после рубки.

Таксационная характеристика древостоев после рубки приблизилась к показателям модальных ельников [1] (табл. 3), что косвенно свидетельствует о сравнительно высокой устойчивости трансформированных насаждений.

Таблица 3

Класс бонитета	Возраст	Состав древостоя	Относительная полнота	Запас на 1 га, м ³	Порода	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений на 1 га, м ²	Число стволов, шт.
Пройденные рубкой									
III	79 лет	6Е4П, ед. Б, Лп	0,3	65	Е П	17,7 14,6	21,1 16,0	5,1 3,2	146 161
Модальные									
III	IV класс	5ЕЗП2Б, ед. Лп	0,5	130	Е	17,6	19,0	—	—

Средний возраст древостоев снизился до 79 лет, следовательно, при успешной адаптации к изменившимся после рубки условиям спелость их наступит примерно через 30—40 лет. Полагаем, что 40-летний период может быть принят за повторяемость рубки. Количество приемов рубки не ограничивается. Проведение очередного приема и его интенсивность будут обуславливаться наличием в древостое спелой и перестойной древесины. Своевременное проведение очередного приема будет способствовать более полному использованию природного потенциала насаждений.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Лесков Н. Д. Особенности таксационной характеристики ведущих типов леса елово-пихтовых насаждений юго-западных лесхозов Свердловской области. — Сборник трудов по лесному хозяйству УЛТИ. Вып. 3. Свердловское кн. изд-во, 1956, с. 51—60. [2]. Тюрин А. В. Ход роста елово-пихтовых насаждений в СССР. Справочник В. Б. Козловского и В. М. Павлова. Ход роста основных лесообразующих пород СССР. М., «Лесная промышленность», 1967, с. 100—103. [3]. Шавнин А. Г. Опыт расчленения разновозрастных елово-пихтовых насаждений на отдельные возрастные поколения по данным перечислительной таксации. — Сборник трудов по лесному хозяйству УЛТИ. Вып. 5. Свердловское кн. изд-во, 1959, с. 97—104. [4]. Шавнин А. Г. Ход роста разновозрастных елово-пихтовых насаждений. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1961, № 2, с. 39—44. [5]. Шавнин А. Г. Определение возраста ели и пихты по внешним признакам. — «Лесное хозяйство», 1967, № 3, с. 33—35. [6]. Шавнин А. Г. Изменение густоты древостоев в процессе развития ельников. — В сб.: Леса Урала и хозяйство в них. Вып. 9. Свердловск, Средне-Уральское кн. изд-во, 1976, с. 167—171.

Поступила 2 января 1979 г.

УДК 630*.566.567

О МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЯХ ПО ТАКСАЦИИ ЛЕСОВ БЕЛОРУССИИ

М. В. ДАВИДОВ

Украинская сельскохозяйственная академия

Дан анализ работы, содержащей рекомендации по таксации лесов БССР, и указаны ее недостатки с методической точки зрения.

В условиях интенсивного лесного хозяйства Белорусской ССР, как и в смежных районах, с каждым годом ставится все более настойчиво вопрос о повышении качества лесоустроительных работ и проведения их на должном техническом уровне. Однако это зависит не только от квалификации и подготовки технического персонала лесоустроительных партий, но и от качества используемых лесотаксационных таблиц. К сожалению, некоторые из опубликованных таблиц, в связи с разным методическим подходом к их составлению, не всегда дают удовлетворительные результаты и, как правило, не полностью отражают особенности роста древостоев. Нередки случаи неправильного применения таблиц, что приводит к дополнительным погрешностям при определении запаса и прироста таксируемых древостоев.

До последнего времени при таксации лесов БССР применялись местные таблицы хода роста, составленные по классам бонитета и типам леса [6]. Эти таблицы и по форме удовлетворяли специалистов. Однако в целях дальнейшего их усовершенствования, унификации и районирования БелНИИЛХ признал необходимым составить новые таблицы хода роста и стандартные таблицы запасов древостоев основных лесообразующих пород БССР. Были опубликованы «Методические рекомендации по таксации лесов Белоруссии» [1].

Для составления такого рода таблиц лабораторией лесной таксации и лесоустройства БелНИИЛХ в содружестве с республиканским лесоустроительным предприятием было заложено свыше 800 пробных площадей. При обработке собранного материала широко использованы ЭВМ, что дало возможность построить математические модели, с помощью которых был установлен ход роста по основным таксационным признакам древостоев.

«Методические рекомендации» состоят из введения и трех разделов. В первый раздел включены стандартные таблицы сумм площадей сечения и запасов исследуемых древостоев при полноте 1,0, во втором даны математические модели хода роста древостоев, а в третьем содержатся новые таблицы хода роста древостоев основных лесообразующих пород БССР.

Как показал анализ этих таблиц, заново были построены лишь таблицы хода роста древостоев березы, ольхи и осины; в таблицы хода роста, составленные ранее для древостоев сосны и ели, были внесены только небольшие уточнения. Таблицы хода роста семенных дубовых древостоев, опубликованные в 1973 г. [7], были оставлены без изменения. В конечном итоге результаты этой работы, оформленные в виде таксационных таблиц, были одобрены техсоветом МЛХ БССР как пособие для таксации лесов Белоруссии.

Признавая, что авторами «Методических рекомендаций» проделана большая и полезная работа для производства, необходимо, однако, указать на некоторые недостатки.

С методической точки зрения нельзя не обратить внимания прежде всего на примитивность примененного метода составления таблиц хода роста древостоев. В «Методических рекомендациях» указано, что в основном был использован статистический метод «с определенными его усовершенствованиями». Однако сущность метода такова, что при его использовании в лучшем случае можно получить лишь некоторые «усредненные» линии роста древостоев в пределах класса бонитета; действительный ход роста по высоте, его особенности, неизбежно будут завуалированы.

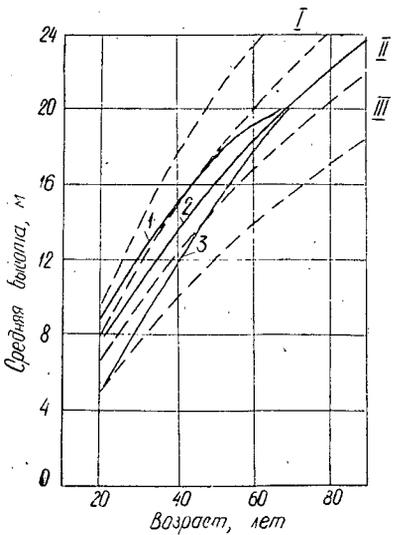


Рис. 1. Особенности роста по высоте семейных дубовых древостоев II класса бонитета.

1 — кривая высот древостоев типа Ту (УССР); 2 — То (БССР); 3 — Тв (УССР); штриховыми линиями показаны границы классов бонитета по бонитировочной шкале М. М. Орлова.

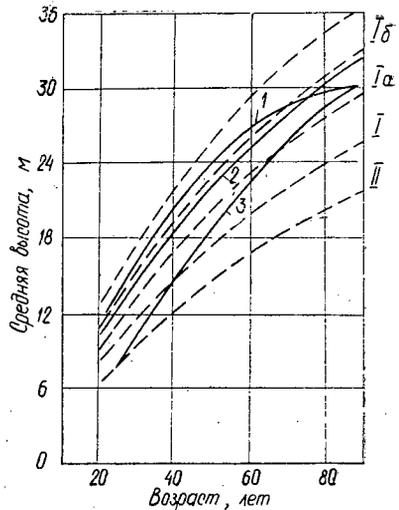


Рис. 2. Особенности роста по высоте древостоев сосны Iа класса бонитета. Обозначения те же.

Строго говоря, этот метод применим лишь при условии, если класс бонитета исследуемых древостоев остается неизменным во времени, что является, однако, частным случаем, когда они развиваются с умеренным приростом по высоте в течение всей жизни (тип роста T_0). Но, как показали исследования в СССР и за рубежом, древостои нередко до определенного возраста растут с ускоренным или замедленным приростом в высоту; в зависимости от условий местопроизрастания класс бонитета «меняется с возрастом»: в первом случае происходит «падение» класса бонитета (тип роста T_y), а во втором — «повышение» (тип роста T_n). Это в настоящее время бесспорный факт. За последние годы наиболее обстоятельно был изучен ход роста сосновых [5] и дубовых [2] древостоев, произрастающих на Украине и в центральных районах РСФСР. Для иллюстрации приводим графики (рис. 1 и 2), где представлены особенности роста по высоте семенных дубовых (II класс бонитета) и сосновых (Ia класс бонитета) древостоев.

В БССР, надо полагать, тоже встречаются древостои, которые растут с различной энергией прироста по высоте, но эти особенности их роста не были вскрыты авторами «Методических рекомендаций», что с методической точки зрения является пробелом в работе.

При составлении новых таблиц хода роста древостоев БССР авторами была допущена и другая методическая ошибка. Ход роста древостоев представлен в них в зависимости только от класса бонитета (за исключением таблиц для дубовых древостоев, тогда как классы бонитета насаждений следовало бы увязать с соответствующими типами леса, что осуществлено, например, в ранее опубликованных таблицах для таксации лесов БССР [6, 7]).

Трудно согласиться также с формой предлагаемых таблиц хода роста древостоев БССР. В «Методических рекомендациях» (с. 17) указано, что таблицы построены для древостоя в целом, т. е. без выделения вырубаемой части. Такая форма таблиц не является общепризнанной.

В разделе III, где помещены эти таблицы, приводятся результаты сравнения их с опубликованными ранее. Для древостоев сосны и ели расхождения по основным таксационным признакам оказались допустимыми, за исключением молодняков. Несколько иные расхождения в средних диаметрах и запасах получились при сравнении с таблицами хода роста, составленными для березовых древостоев (А. В. Тюриным) и черноольховых (М. В. Давидовым), в среднем соответственно 20—30 и 20—40%. В работе, однако, не проанализированы эти расхождения. Для того чтобы убедиться в достоверности сообщенных данных, нужно было произвести соответствующий перерасчет таксационных признаков древостоев. Такая работа была проделана с таблицами хода роста, составленными нами для черноольховых древостоев [8].

В табл. I дано сравнение хода роста черноольховых древостоев I и II классов бонитета с данными вновь составленных таблиц для данной породы. Анализируя результаты сравнения, можно прийти к следующему выводу.

Ход роста средних высот хорошо согласуется по данным сравниваемых таблиц. Расхождения составляют $\pm 2-6\%$ и только в молодняках I класса бонитета разница достигает 10%.

В ходе роста средних диаметров также наблюдается определенная согласованность, за исключением молодняков и спелых древостоев I класса бонитета; в этих случаях расхождение по диаметру дости-

Таблица 1

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечения, м ²	Запас, м ³	Процент расхождения			
					по высоте	по диаметру	по сумме площадей сечения	по запасу
I класс бонитета								
20	13,0	10,2	20,6	136	+10,8	+11,8	+25,7	+33,8
	14,4	11,4	25,9	182				
40	19,4	20,2	31,5	299	+4,1	0	+4,4	+8,7
	20,2	20,2	32,9	325				
60	23,7	26,8	37,4	428	+2,1	+4,1	+1,3	+2,1
	24,2	27,9	37,9	437				
80	26,3	30,4	40,2	509	+1,9	+16,6	+3,0	+3,5
	26,8	35,5	41,4	527				
II класс бонитета								
20	11,5	8,7	18,0	107	-4,3	+5,8	+13,3	+12,2
	11,0	9,2	20,4	120				
40	17,3	18,4	27,9	239	-5,2	0	-4,7	-10,0
	16,4	18,4	26,6	215				
60	20,9	24,5	33,6	342	-6,2	+0,4	-10,1	-14,6
	19,6	24,6	30,2	292				
80	23,1	28,8	36,6	409	-5,6	-2,4	-10,1	-14,9
	21,8	28,1	32,9	348				

Примечание. В числителе данные таблиц для БССР, в знаменателе — наши данные.

дает 12—16%. Наиболее близки данные для древостоев II класса бонитета и приспевающих I класса бонитета (от ± 1 до 6%).

По сумме площадей сечения существенная разница ($\pm 25,7\%$) наблюдается лишь для 20-летнего возраста I класса бонитета, что объясняется относительно большей средней высотой по нашим таблицам (+10,8%). Разница в суммах площадей сечения в сравниваемых древостоях I класса бонитета, более старших возрастов, оказалась незначительной (+3—4%). Расхождения в суммах площадей сечения древостоев II класса бонитета ($\pm 4,7$ —13,3%) частично могут быть объяснены также различием в средних высотах (-5—6%).

Разница в средних высотах и суммах площадей сечения отражается на запасе. Например, в 20-летних древостоях I класса бонитета расхождение в запасах достигает +33,8%, что связано с различиями в средней высоте (+10,8%) и сумме площадей сечения (+25,7%). Значительное расхождение в запасах 80-летнего древостоя II класса бонитета (-14,9%) также объясняется разницей в средней высоте (-5,6%) и сумме площадей сечения (-10,1%).

Поэтому, если проводить сравнение при одинаковых средних высотах, что методически более правильно, расхождение в запасах и суммах площадей сечения будет совершенно незначительным. В связи с этим остается непонятным, как производили сравнение авторы вновь составленных таблиц, получив расхождение в запасах от 20 до 40%?! Эти данные, как можно было убедиться, не соответствуют действительности и неправильно ориентируют специалистов в оценке ранее опубликованных таблиц хода роста черноольховых (а возможно и березовых) древостоев.

Очевидно также, что авторы недооценивают идею о типах роста древостоев. Косвенно это сказалось на содержании таблиц хода роста древостоев, составленных ими в отрыве от условий местопроизрастания и типов леса.

Между тем, по нашему мнению, авторам следовало бы сделать попытку построить таблицы хода роста, хотя бы для древостоев сосны, ели и дуба, с учетом не только условий местопроизрастания, но и типов роста, что практикуется, например, на Украине. Наличие такого рода таблиц позволило бы лесоустроителям более обоснованно подходить к учету запасов и приростов древостоев, а также к установлению возрастов технической спелости и оптимальных возрастов рубки [3].

Практически это не представило бы затруднений, так как установление типов роста в природе доступно рядовому таксатору [4]. В результате несомненно был бы получен соответствующий экономический эффект, значительно превышающий тот, на который рассчитывают авторы рассматриваемых таблиц.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Багинский В. Ф., Моисеенко Ф. П., Костенко А. Г. Методические рекомендации по таксации лесов Белоруссии. Гомель, 1977. [2]. Давидов М. В. Нові дослідження росту культур дуба на Україні. Київ, «Урожай», 1972. [3]. Давидов М. В. О дифференцированном бонитировании при лесоустройстве. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 4. [4]. Давидов М. В. К вопросу об установлении типов роста древостоев в природе. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 6. [5]. Давидов М. В. Особенности роста сосняков в южных и центральных районах европейской части СССР. — «Лесное хозяйство», 1977, № 10. [6]. Захаров В. К. и др. Лесотаксационный справочник. Минск, Госиздат БССР, 1959. [7]. Мирошников В. С. и др. Справочник лесоустроителя Белоруссии. Минск, «Высшая школа», 1973. [8]. Таблиці ходу росту і товарності насаджень деревних порід України. Вид. 2. Київ, 1969.

Поступила 2 февраля 1979 г.

УДК 581.154 : 581.192.7

РЕАКЦИЯ ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*Picea abies* (L.) Karst.) НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЭТИЛЕНИМИНА

Е. Н. САМОШКИН, А. Н. ТКАЧЕНКО

Брянский технологический институт

В эксперименте установлено, что при воздействии водных растворов этиленимина сеянцы-однолетки росли в высоту слабее, чем контрольные, у двухлеток наблюдался существенный стимуляционный эффект роста. Увеличено количество аномальных анафаз.

Этиленимин, мутагенное действие которого было открыто И. А. Рапопортом [1] на дрозофиле, широко применяется в селекционной работе для получения новых форм растений, животных и микроорганизмов.

Опыт с елью поставлен в восьми вариантах-концентрациях: 1 — 0,02%; 2 — 0,01%; 3 — 0,005%; 4 — 0,002%; 5 — 0,001%; 6 — 0,0005%; 7 — 0,0002%; 8 — 0,0001%; семена взяты с деревьев средней селекционной категории в типе леса ельник бруснично-черничниковый. В каждом образце по 7,2 тыс. семян. Экспозиция 18 ч. Обработанные семена высевали в питомнике Выгоничского лесхоза Брянской области. Почва на участке светло-серая лесная суглинистая на лёссовидном суглинке. Осенью первого и второго года измеряли линейные показатели сеянцев и произво-

дили их учет. По каждому варианту опыта изучено 25 цитологических препаратов. Более подробно методика работы описана ранее [2]. Цель работы — изучить реакцию ели на воздействие этиленimina для выявления стимуляционных доз:

Этиленimin достоверно повлиял на рост однолетних и двухлетних сеянцев и корешков проростков семян (табл. 1). Наибольшая доля (более 97%) приходится на изменчивость по градациям опыта, т. е. вызванную действием мутагена. По всем показателям $F_{\text{факт}} > F_{\text{табл}}$ при $P = 99,9\%$. Изменчивости по повторностям опыта и остаточная весьма малы ($F_{\text{факт}} < F_{\text{табл}}$).

Таблица 1

Объект исследования	Измеряемые величины	Доля влияния на объект различной изменчивости, %		
		По градациям опыта	По повторностям опыта	Остаточная
Однолетние сеянцы	Высота	99,0	0,1	0,9
	Диаметр	97,7	0,2	2,1
Двухлетние сеянцы	Высота	99,9	0,0	0,1
	Диаметр	99,6	0,0	0,4
Проростки	Длина корешков	99,0	0,1	0,9

В каждом варианте опыта мутаген по-разному действовал на рост сеянцев и корешков проростков (рис. 1). Этиленimin достоверно усилил рост однолетних сеянцев по диаметру при четырех низких концентрациях (превышение средних величин над контролем составило 10—39%), а в первом и четвертом вариантах — несколько ослабил

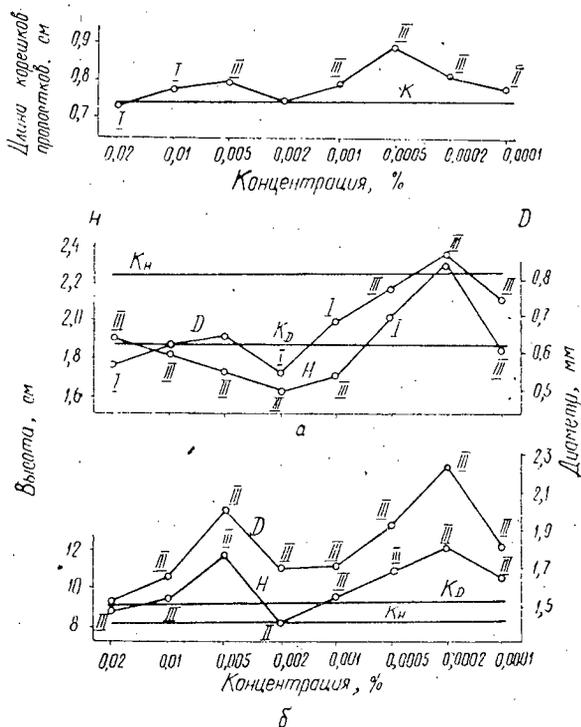


Рис. 1. Влияние этиленimina на рост корешков проростков и сеянцев ели обыкновенной.

а — изменчивость высоты и диаметра сеянцев однолетнего возраста; б — то же двухлетнего возраста; К_Н — контроль высоты; К_Д — контроль диаметра; К — контроль длины корешков проростков; Н — высота сеянцев; Д — диаметр сеянцев; I — $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ при $P = 95,0\%$; II — $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ при $P = 99,0\%$; III — $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ при $P = 99,9\%$

его. В то же время рост сеянцев в высоту был угнетен, кроме седьмого варианта с концентрацией 0,0002%.

На втором году жизни сеянцев проявилось существенное стимулирующее влияние мутагена: во всех вариантах высота и диаметр растений достоверно превосходили контроль (лишь при самой высокой концентрации несущественно влияние мутагена на рост по диаметру). Наилучшие показатели роста сеянцев отмечены при концентрации 0,0002% (высота была выше контрольной на 52%, диаметр — на 50%).

Этиленмин при самой высокой концентрации (0,02%) ослабил рост в длину корешков проростков, в остальных вариантах, напротив, усилил его, кроме четвертого, где средняя величина значимо не отличалась от контроля.

Таблица 2.

Влияние этиленмина на митотическую активность клеток корешков проростков ели

Номер варианта	Количество просмотренных клеток	Количество делавшихся клеток	Митотический индекс $M \pm m$, %	m_{δ}	$\chi^2_{\text{факт}}$ через m_{δ}	P %
1	50500	3496	$6,91 \pm 0,34$	0,4808	2,579	95,0
2	58400	4715	$7,96 \pm 0,29$	0,4101	0,426	—
3	55100	4126	$7,37 \pm 0,38$	0,5374	1,532	—
4	52800	4045	$7,52 \pm 0,28$	0,3960	1,437	—
5	49400	3421	$7,04 \pm 0,26$	0,3677	2,616	95,0
6	49300	3510	$7,02 \pm 0,27$	0,3818	2,620	95,0
7	52200	3897	$7,34 \pm 0,39$	0,5515	1,569	—
8	53000	3367	$6,31 \pm 0,28$	0,3960	4,197	99,9
Контроль	49500	4042	$8,15 \pm 0,34$	0,4808	—	—

Угнетение роста однолетних сеянцев и корешков проростков в варианте с самой высокой концентрацией может быть отчасти объяснено ослаблением митотической активности клеток (табл. 2). При концентрациях 0,0001, 0,001 и 0,0005% мутаген также ингибировал митотическую активность клеток и рост однолетних сеянцев, но усилил рост корешков проростков и двухлетних сеянцев. Несоответствие между митотической активностью клеток и ростом корешков проростков, а также сеянцев двухлетнего возраста можно объяснить, предположительно, тем, что мутаген способен уменьшить скорость митоза, но одновременно усилить рост (растяжение) клеток.

Лабораторная всхожесть семян повысилась (на 2—8%) только при концентрациях 0,01, 0,002 и 0,0005%. Выживаемость сеянцев значительно возросла: превышение над контролем количества сеянцев опытных вариантов в однолетнем возрасте составило при средних и слабых концентрациях 100% и более, в двухлетнем возрасте — в первом варианте 76%, в остальных — 100—200% и более.

Во всех вариантах, кроме четвертого, мутаген уменьшил число клеток с анафазами (табл. 3), т. е. изменил, по всей вероятности, продолжительность не только анафазы, но и других фаз митоза.

Этиленмин увеличил количество анафаз с нарушениями (табл. 4), хотя это и не сказалось отрицательно на росте корешков проростков и сеянцев. Больше всего aberrантных анафаз отмечено в третьем варианте, причем за счет всех типов нарушений, кроме анафаз с мостами и фрагментами. Самое высокое число последних отмечено, соответственно, в первом, четвертом и восьмом вариантах.

Таким образом, в эксперименте установлена различная реакция ели на воздействие водных растворов этиленмина. Если растения:

Таблица 3

Влияние этиленмина на количество клеток с анафазами
в корешках проростков ели

Номер варианта	Количество анафаз	Анафазный индекс $M \pm m, \%$	m_8	$t_{\text{факт}}$ через m_8	$P \%$
1	778	$22,52 \pm 0,78$	1,1031	4,818	99,9
2	1209	$25,41 \pm 0,81$	1,1455	2,530	95,0
3	1003	$23,76 \pm 0,85$	1,2021	3,711	99,9
4	1026	$26,50 \pm 1,06$	1,4991	1,495	—
5	809	$23,72 \pm 0,83$	1,1738	3,781	99,9
6	838	$24,38 \pm 1,01$	1,4284	2,994	99,0
7	948	$24,99 \pm 1,06$	1,4991	2,512	95,0
8	789	$23,88 \pm 0,70$	1,9899	3,934	99,9
Контроль	1149	$28,72 \pm 1,04$	1,4708	—	—

Таблица 4

Типы и количество нарушений анафаз
в клетках корешков проростков, вызванных влиянием этиленмина

Номер варианта	Количество анафаз с нарушениями		Типы нарушений анафаз, %					
			Мосты	Фрагменты	Выход хромосом вперед	Отставание хромосом	Одновременный выход и отставание хромосом	Прочие комплексные
	абс.	%						
1	256	32,90	0,51	0,13	1,54	15,30	15,42	—
2	386	31,92	0,16	0,08	1,82	14,89	14,89	0,08
3	398	39,69	0,50	0,10	2,69	18,05	18,15	0,20
4	354	34,50	0,49	0,19	2,73	17,15	13,94	—
5	273	33,73	0,49	0,12	2,35	14,46	16,19	0,12
6	257	30,67	0,48	—	3,10	15,63	11,46	—
7	303	31,95	0,10	0,10	3,27	16,88	11,50	0,10
8	270	34,24	0,51	0,13	2,41	14,58	16,48	0,13
Контроль	363	31,59	0,26	—	2,09	14,88	14,27	0,09

однолетнего возраста росли в высоту слабее, чем контрольные, то в двухлетнем возрасте наблюдался существенный стимуляционный эффект.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Рапопорт И. А. Действие окиси этилена, глицида и гликолей на генные мутации. — «ДАН СССР», 1948, т. 60, № 3. [2]. Самошкин Е. Н. Реакция сосны обыкновенной на воздействие водных растворов N-нитрозометилмочевины. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 6.

Поступила 31 октября 1978 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*.372

ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИЙ В ГРУЗОПОДЪЕМНОМ КАНАТЕ
ПОДВЕСНОЙ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ УСТАНОВКИ

И. И. СЛЕПКО, Э. Н. МАТВЕЕВ

Хмельницкий технологический институт

Львовский лесотехнический институт

Излагаются результаты теоретических исследований усилий в грузоподъемном канате временных подвесных кабель-крановых установок с учетом упругой подвески каретки на несущем канате. Получены выражения для определения усилий в канате при подъеме груза и при встрече грузового крюка с кареткой, а также уравнение движения груза при его подъеме.

Для выполнения транспортных и погрузочно-разгрузочных операций на лесных складах, а также на лесосечных работах в горных условиях широко используют кабель-крановые установки временного действия.

Канатная оснастка — главный рабочий элемент подвесных установок, от надежности ее работы зависит экономическая эффективность и надежность установки в целом.

Усилия, возникающие в несущих канатах стационарных кабель-крановых установок, исследованы в работах [1, 5].

Исследованию силовых режимов работы несущих канатов и динамики незамкнутых тяговых канатов временных подвесных лесотранспортных установок посвящены работы Н. М. Белой [2, 3].

Динамические усилия в грузоподъемном канате кабель-крановых установок временного действия изучены пока недостаточно.

В данной статье усилия в грузоподъемном канате при подъеме груза к каретке исследуются с учетом податливости несущего каната. Предполагаем, что податливость несущего каната пропорциональна усилию в тяговом канате.

При определении усилий в грузоподъемном канате последний рассматривается как идеально упругая гибкая нить переменной длины, которая навивается на барабан лебедки с постоянной линейной скоростью. Схема работы грузоподъемного каната представлена на рис. 1.

В процессе работы кабельного крана возможен случай встречи груза с кареткой при несвоевременном выключении барабана лебедки, поэтому общая задача определения усилий в канате расчленена на две частные задачи: подъем груза и встреча груза с кареткой.

Первая задача — подъем груза. Уравнение движения груза имеет вид

$$m\ddot{x} = 2S - P, \quad (1)$$

где m и P — соответственно масса и вес поднимаемого груза;

S — усилие в грузоподъемном канате;

x — координата груза.

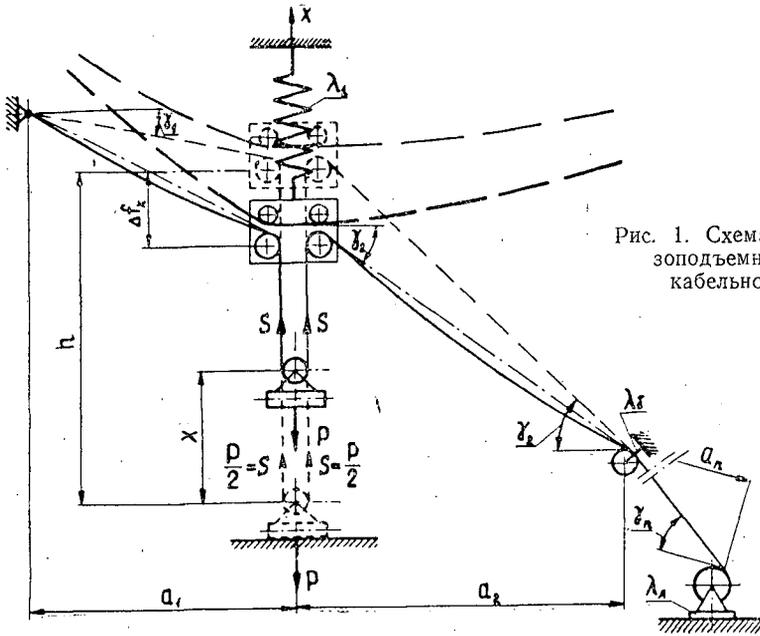


Рис. 1. Схема работы грузоподъемного каната кабельного крана.

Согласно закону Гука, приращение абсолютного удлинения каната $d(\Delta l_t)$ за бесконечно малый промежуток времени dt равно

$$d(\Delta l_t) = \frac{l_t}{A} dS, \quad (2)$$

где A — продольная жесткость грузоподъемного каната как агрегата [4];

dS — приращение усилий в канате;
 l_t — длина каната в момент времени t ;

$$l_t = l_0 - vt; \quad (3)$$

v — скорость вращения барабана лебедки;

l_0 — длина каната в момент отрыва груза от земли, который принят за начало отсчета.

На основании [6] получим

$$l_0 = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{\cos \gamma_i} + \sum_{i=1}^n \frac{q^2 a_i^3}{24 S^2 \cos \gamma_i} + 2h, \quad (3a)$$

где a_i, γ_i — длина пролета и угол наклона хорды i -того участка грузоподъемного каната;

h — высота подъема;

S — натяжение каната в момент отрыва груза от земли при $t = 0$ и равное $S = \frac{P}{2}$;

q — вес 1 пог. м грузоподъемного каната.

Из геометрической стороны задачи с учетом кинематики

$$d(\Delta l_t) = vdt - 2dx - d(\Delta l_f) - d(\Delta l_0) - d(\Delta l_n), \quad (4)$$

где dx — приращение координаты груза;
 $d(\Delta l_n)$ — приращение изменения длины тягового каната за счет податливости привода и направляющих блоков;

$$d(\Delta l_n) = \left(\lambda_n + \sum_{i=1}^n \lambda_{6i} \right) dS;$$

λ_n — коэффициент податливости лебедки;

λ_{6i} — коэффициент податливости i -того направляющего блока;

$d(\Delta l_0)$ — приращение изменения длины тягового каната за счет изменения стрелок его провеса;

$d(\Delta l_f)$ — приращение изменения длины тягового каната за счет провеса несущего;

$$\Delta l_f = (2 + \sin \gamma_1 + \sin \gamma_2) \Delta f_x^*.$$

Пренебрегая изменением углов наклона хорд участков грузоподъемного каната за счет вертикального смещения каретки, получим

$$d(\Delta l_t) = (2 + \sin \gamma_1 + \sin \gamma_2) d(\Delta f_x), \quad (5)$$

где $d(\Delta f_x)$ — приращение изменения провеса несущего каната

$$d(\Delta f_x) = \lambda_1 dS; \quad (5a)$$

λ_1 — коэффициент поперечной податливости несущего каната;

$$\lambda_1 = \frac{a}{H} \left(1 - \frac{a}{L} \right);$$

a — расстояние от каретки до левой опоры;

L — длина пролета несущего каната;

H — горизонтальная составляющая натяжения несущего каната.

Исходя из (3a), с некоторым приближением можно принять

$$d(\Delta l_0) = \frac{2}{3} \frac{q^2}{P^3} \sum_{i=1}^n \frac{a_i^3}{\cos \gamma_i} dS. \quad (6)$$

Приравнявая правые части равенств (2) и (4) и используя выражения (3), (5) и (6), получим

$$\frac{l_{np}}{A} \left(1 - \frac{v}{l_{np}} t \right) dS = v dt - 2 dx, \quad (7)$$

где l_{np} — приведенная длина грузоподъемного каната;

$$l_{np} = l_0 + \lambda A;$$

$$\lambda = \lambda_1 (2 + \sin \gamma_1 + \sin \gamma_2) + \frac{2}{3} \sum_{i=1}^n \frac{a_i^3}{\cos \gamma_i} + \lambda_n + \sum_{i=1}^n \lambda_{6i}. \quad (7a)$$

Обозначим $A_{np} = A \left(\frac{1}{1 + \frac{\lambda A}{l_0}} \right)$ и $\frac{v}{l_{np}} = \epsilon$, при $td \rightarrow 0$, тогда уравнение (7) примет вид

$$(1 - \epsilon t) \dot{S} = \frac{A_{np}}{l_0} (v - \dot{x}). \quad (8)$$

* Если точка подвеса ветви грузоподъемного каната ниже блока каретки, то $li > 0$; в противном случае $\gamma_i < 0$.

Таким образом, подъем груза описывается системой дифференциальных уравнений (1) и (8) с начальными условиями:

$$x|_{t=0} = 0; \quad \dot{x}|_{t=0} = 0; \quad S|_{t=0} = \frac{P}{2}. \quad (8a)$$

Система уравнений (1) и (8) приводится к уравнению второго порядка относительно усилия S в грузоподъемном канате:

$$(1 - \varepsilon t) \ddot{S} - \varepsilon \dot{S} + k^2 S = k^2 \frac{P}{2}, \quad (9)$$

где
$$k^2 = \frac{4q A_{np}}{Pl_0}.$$

Общее решение уравнения (9) имеет вид:

$$S(t) = \sum_{i=0}^{\infty} \varepsilon^i S_n(t). \quad (10)$$

Ограничиваясь двумя членами ряда (10) и используя начальные условия (8a), получаем выражение для определения усилий в грузоподъемном канате при подъеме груза:

$$S(t) = \frac{P}{2} + \frac{A_{np} v}{l_0 \beta} e^{\alpha t} \left\{ \left[\left(1 - \frac{\alpha^2}{\beta^2} \right) \left(1 - \frac{\alpha t}{2} \right) + \alpha^2 t^2 \right] \sin \beta t + [(\beta^2 - \alpha^2) t + 2\alpha] \frac{\alpha t}{2\beta} \cos \beta t \right\}, \quad (11)$$

где
$$\alpha = \frac{\varepsilon}{2}; \quad \beta = \sqrt{k^2 - \frac{\varepsilon^2}{4}}.$$

Если в выражении (11) пренебречь величиной α , то получим известную формулу для определения максимального усилия:

$$S = \frac{P}{2} \left(1 + v \sqrt{\frac{A_{np}}{Pl_0 q}} \right). \quad (11a)$$

По выражению (11a) определяются, как известно, завышенные значения усилий.

Решая систему уравнений (1) и (8) относительно координаты груза x , получим

$$(1 - \varepsilon t) \ddot{x} + k^2 \dot{x} = k^2 \frac{v}{2}. \quad (12)$$

Приближенное уравнение движения груза имеет вид

$$x = \frac{v}{2} \left[t - \frac{1}{k} \left(1 + \frac{\alpha t}{2} \right) \sin kt + \frac{\alpha t^2}{2} \cos kt \right]. \quad (13)$$

Вторая задача — встреча груза с кареткой. Усилия в грузоподъемном канате после встречи груза с кареткой определяются в предположении, что: удар груза о каретку отсутствует; собственные колебания несущего каната незначительны, и их можно не учитывать.

Исходя из первого предположения, получим, что приращение длины каната dx при изменении взаимного положения каретки и груза равно нулю.

Тогда выражение (7) для случая встречи груза с кареткой примет вид

$$\frac{l_{np}}{A} \left(1 - \frac{v}{l_{np}} t \right) dS = v dt. \quad (14)$$

Значение l_{np} определяется по выражению (7а), с учетом того, что после встречи груза с кареткой $h = 0$, а λ равна:

$$\lambda = \lambda_1 (\sin \gamma_1 + \sin \gamma_2) + \frac{q^2}{12S_n^3} \sum_{i=1}^n \frac{a_i^3}{\cos \gamma_i} + \lambda_d + \sum_{i=1}^n \lambda_{6i},$$

где S_n — усилие в канате в момент встречи груза с кареткой, которое находят из уравнения (11).

Интегрируя уравнение (14) и используя начальное условие $S|_{t=0} = S_n$, получим формулу для определения усилия в канате после встречи груза с кареткой:

$$S(t) = S_{np} + Al_n \left(1 - \frac{v}{l_{np}} t\right). \quad (15)$$

Если разложить $l_{np} \left(1 - \frac{v}{l_{np}} t\right)$ в ряд и ограничиться его первым членом, а также принять с некоторым приближением $S_n = \frac{P}{2}$, получим приближенную формулу для определения динамических усилий в грузоподъемном канате после встречи груза с кареткой:

$$S(t) = \frac{P}{2} + \frac{A}{l_{np}} vt. \quad (16)$$

Коэффициент динамичности в этом случае

$$k_d = 1 + \frac{2A}{P} \frac{v}{l_{np}} t. \quad (17)$$

По формулам (11) и (15) можно определить динамические усилия в грузоподъемном канате временных кабель-крановых установок с учетом упругой подвески каретки на несущем канате, а также исследовать их зависимость от конструктивных и эксплуатационных параметров установки.

Исследования показали, что коэффициент динамичности возрастает при повышении скорости вращения барабана, уменьшении веса груза, увеличении приведенной продольной жесткости тягового каната и уменьшении первоначальной его длины. Уменьшение приведенной жесткости системы несущий канат — опоры [3] способствует снижению динамических усилий в грузоподъемном канате.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Барат И. Е., Плавинский В. И. Кабельные краны. М., Машгиз, 1954.
 [2]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. Канатные лесотранспортные установки. М., «Лесная промышленность», 1964. [3]. Белая Н. М. Исследование работы подвесных канатных лесотранспортных установок и перспективы их развития и совершенствования. — В сб.: Проблемы комплексных лесных предприятий в Карпатах. Ужгород, «Карпаты», 1969. [4]. Глушко М. Ф. Стальные подъемные канаты. Киев, «Техніка», 1966. [5]. Дукельский А. И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. М., «Машиностроение», 1966. [6]. Качурин В. К. Теория висячих систем. М.—Л., Госстройиздат, 1962.

Поступила 1 июля 1977 г.

УДК 621.83 065.3

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДАВЛЕНИЙ НА ПРОВОЛОКИ КАНАТА В ЖЕЛОБЕ БЛОКА

В. Д. МАРТЫНИХИН, М. А. ЦВИРКО

Белорусский технологический институт

Теоретически исследована дискретная нагрузка в контактах проволок каната с желобом блока с учетом поперечной упругости каната. Приведены формулы для определения числа контактирующих проволок, для расчета максимального давления в центральном контакте, рассмотрены закономерности распределения нагрузки по контактам.

При расчете контактных напряжений обычно не учитывают поперечную деформацию каната [3, 4]. Расчет напряжений вторичного изгиба основан на предположении, что поверхность желоба не деформируется [1, 2, 4]. Вместе с тем, эпюры давлений при контакте упругих и жестких тел различны, а следовательно, различны и давления по дуге контакта, воспринимаемые центральными и крайними проволоками. Ниже рассматривается задача определения давлений на проволоки каната в желобе блока с учетом как поперечной упругости каната [5], так и упругости материала желоба. При этом принято, что все деформации каната и желоба упругие и подчиняются закону Гука.

Канат, изогнутый на блоке, в поперечном сечении принимает форму, приближающуюся к эллипсу. От реактивного давления со стороны желоба и воздействия верхних, более растянутых прядей его размер по оси $y-y$ уменьшится, а по оси $x-x$ увеличится (рис. 1).

$$d_y = d'_k (1 - \epsilon_y); \quad (1)$$

$$d_x = d'_k (1 + \epsilon_x), \quad (2)$$

где ϵ_y, ϵ_x — относительная деформация от изгиба каната по осям $y-y$ и $x-x$;

d'_k — диаметр прямого каната с учетом сужения от растяжения.

Диаметр d'_k определяют по известным формулам

$$d'_k = d_k (1 - \epsilon_d); \quad (3)$$

$$\epsilon_d = \mu \epsilon, \quad (4)$$

где d_k — диаметр прямого ненагруженного каната;

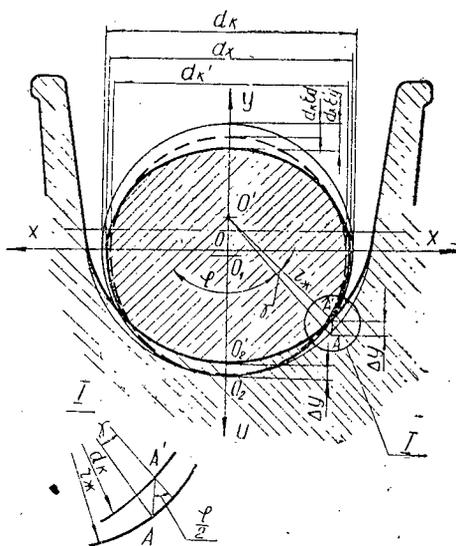


Рис. 1. Схема деформации поперечного сечения каната в желобе блока.

- ε_d — относительная поперечная деформация прямого каната при растяжении;
 ε — относительная продольная деформация прямого каната при растяжении;
 μ — конструктивный коэффициент каната.

Обозначая

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon'_y &= \varepsilon_d + \varepsilon_y; \\ \varepsilon'_x &= \varepsilon_d - \varepsilon_x. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

и пренебрегая произведением малых величин, можно по аналогии с прямым канатом записать поперечные размеры каната, изогнутого на блоке:

$$d_y = d_k (1 - \varepsilon'_y); \quad (6)$$

$$d_x = d_k (1 - \varepsilon'_x), \quad (7)$$

где ε'_y , ε'_x — суммарные относительные деформации от изгиба и растяжения по осям $y-y$ и $x-x$.

Из-за вторичного изгиба прядей и проволок, а также упругого смятия желоба и проволок каната произойдет дополнительное уменьшение размера сечения по оси $y-y$.

На основании [5] полная абсолютная деформация по оси y

$$\Delta d_y = \frac{g d_k}{K \xi}, \quad (8)$$

где g — полное распределенное давление каната в желобе по $y-y$;
 K — модуль поперечной упругости каната;
 ξ — коэффициент влияния желоба, определяемый экспериментально.

Первоначально с желобом блока соприкасаются одна — две проволоки пряди. По мере роста внешней нагрузки на канат и в результате упругих деформаций каната и поверхности желоба число контактов проволок в пряди увеличивается. Возникает контакт каната с выточкой желоба по определенной дуге.

Как видно из рис. 1, абсолютная деформация опорной части поперечного сечения каната и поверхности желоба приближенно равна

$$\Delta y = O_2 O'_2 = AA' \approx r_{ж} \gamma, \quad (9)$$

где $r_{ж}$ — радиус выточки желоба;

γ — центральный угол, образующийся при смещении точки A' на поверхности каната до соприкосновения с поверхностью желоба в точке A , рад.

Вспомогательный угол γ зависит от угла контакта φ каната с поверхностью желоба. Значение угла γ можно определить из геометрических построений (рис. 1), используя связь между координатами точек A и A' и углами φ и γ . Для пояснения рис. 1 отметим, что деформация опорной части сечения каната ($O_2 O'_2 = AA'$) позволяет как бы сместить точки соприкосновения поверхности желоба и каната из O_2 и A в O'_2 и A' , а центр окружности выточки желоба — из точки O в O' . Так как по оси $x-x$ окончательный диаметр каната d_x практически будет равен первоначальному до приложения нагрузки d_k , допускаем, что перемещение точки A в A' будет параллельным оси $y-y$.

В этом случае угол γ можно выразить через угол контакта φ по формуле

$$\gamma = 1 - \sqrt{1 - \left(2 \frac{r_{ж}}{d_k}\right)^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}} - 2 \frac{r_{ж}}{d_k} \left(1 - \cos \frac{\varphi}{2}\right). \quad (10)$$

С другой стороны, абсолютную деформацию Δy опорной части каната можно выразить через нагрузку и упругие свойства каната. Значение Δy меньше полной деформации сечения каната по $y-y$ (Δd_y) на половину величины сжатия диаметра каната по $y-y$ без учета влияния желоба, т. е.

$$\Delta y = \frac{1 - \frac{1}{2} \xi}{\xi} \frac{g d_k}{K}. \quad (11)$$

Таким образом, с учетом формул (9) — (11), угол контакта φ определяется в зависимости от внешней нагрузки, упругих свойств каната и материала желоба из выражения:

$$\frac{1 - \frac{1}{2} \xi}{\xi} \frac{g}{K} = \frac{r_{ж}}{d_k} \left[1 - \sqrt{1 - \left(2 \frac{r_{ж}}{d_k}\right)^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}} - 2 \frac{r_{ж}}{d_k} \left(1 - \sqrt{1 - \sin^2 \frac{\varphi}{2}}\right) \right]. \quad (12)$$

На рис. 2 приведены графические решения уравнения (12) для различных отношений $\frac{r_{ж}}{d_k}$.

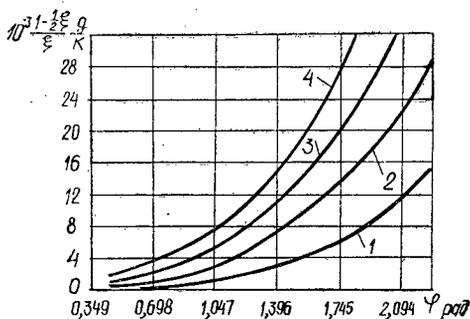


Рис. 2. Зависимость дуги соприкосновения каната с желобом блока от давления каната на желоб при следующих соотношениях $r_{ж}/d_k$

1 — 0,51; 2 — 0,52; 3 — 0,53; 4 — 0,54.

Из дифференциальной геометрии известно, что центральный угол винтовой линии равен центральному углу ее проекции на плоскость нормального сечения. Поэтому число контактов проволок одной пряди с поверхностью желоба

$$n = \frac{r_{ж}}{\delta} \sqrt{1 + \frac{\varphi^2}{\text{tg}^2 \beta}}, \quad (13)$$

где δ — диаметр проволоки;
 β — угол свивки каната.

Средняя нагрузка в контакте проволоки при условии равномерного распределения по дуге соприкосновения пряди

$$q = \frac{Tt}{Rmn}, \quad (14)$$

где T — осевая нагрузка в канате;
 t — шаг свивки каната;
 R — радиус блока по дну желоба;
 m — число прядей каната.

В действительности давление в любом контакте проволоки пропорционально ее прогибу. Обычно принимаемый при расчетах [3, 4] косинусоидальный закон распределения нагрузки по контактам нельзя считать приемлемым, так как он не отражает действительных условий силового контакта свитых в канат прядей с поверхностью желоба блока.

По теории упругости при известном очертании желоба прогибы винтовой линии контактов проволок пряди в зависимости от величины дуги соприкосновения пряди выражаются следующим дифференциальным уравнением [2]:

$$\frac{d^2 y}{d\varphi^2} + \omega^2 y = X_0, \quad (15)$$

где $\omega^2 = k^2 + \tau^2$;

k — кривизна винтовой линии;

τ — кручение винтовой линии;

y — прогиб винтовой линии;

X_0 — разность первоначальных кривизн винтовой линии пряди и поверхности желоба по направлению винтовой линии.

Для нахождения давлений на проволоку по дуге соприкосновения в уравнение (15) необходимо подставить значения прогибов опорной части пряди, выраженные через внешнюю нагрузку и упругие свойства каната и желоба по формуле (11).

При решении дифференциального уравнения (15) с учетом деформации опорной части каната (11) за начальное условие следует принять случай, когда в центре касания пряди давление на проволоку максимально, а по крайним точкам дуги контакта давление равно нулю, т. е.

$$\left. \begin{aligned} \varphi = 0, \quad g = g_0; \\ \varphi = \frac{1}{2} \varphi_0, \quad g = 0. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

В результате получим выражение для определения давления в любом контакте проволоки:

$$q_i = q_0 \cos \omega \varphi_i + \frac{X_0 K}{d_k \omega^2} \frac{\xi}{1 - \frac{1}{2} \xi} (1 - \cos \omega \varphi_i) - \frac{q_0 \cos \omega \frac{\varphi_0}{2} + \frac{X_0 K}{d_k \omega^2} \frac{\xi}{1 - \frac{1}{2} \xi} (1 - \cos \omega \varphi_i)}{\sin \omega \frac{\varphi_0}{2}} \sin \omega \varphi_i, \quad (17)$$

где φ_i — центральный угол между осью $y - y$ и направлением на i -тый контакт;

φ_0 — центральный угол полной дуги контакта; в отличие от угла φ , определяемого по рис. 2, ограничен точками, где давление равно нулю (по принятому выше начальному условию).

Центральный угол

$$\varphi_i = \frac{\delta i}{r_{ж} - \frac{\delta}{2}}, \quad (18)$$

где i — номер контакта проволоки, считая контакт центральной проволоки нулевым.

Угол φ_0 определяют по числу ранее найденных контактов (13) из соображений, что точки с нулевым давлением в контакте следуют за крайними контактами:

$$\varphi_0 = \frac{\delta(n+2)}{r_{ж}}. \quad (19)$$

С другой стороны, известно, что сумма проекций всех сил в контактах проволок пряди на ось $y-y$ равна внешней нагрузке на прядь. С учетом симметрии очертания желоба и винтовой линии расположения контактов это условие запишем следующим образом:

$$q_0 + 2 \sum_{i=1}^{\frac{n-1}{2}} q_i \cos \omega \varphi_i = Q, \quad (20)$$

где, в свою очередь, внешняя нагрузка на прядь

$$Q = \frac{Tt}{Rm}. \quad (21)$$

Решая вместе уравнения (17), (20) и (21), можно получить выражение для определения давления на центральную проволоку:

$$q_0 = \frac{\frac{Tt}{Rm} - 2 \frac{X_0 K}{d_k \omega^2} \frac{\xi}{1 - \frac{1}{2} \xi} \sum_{i=1}^{\frac{n-1}{2}} \cos \omega \varphi_i \left(1 - \cos \omega \varphi_i - \frac{1 - \cos \omega \varphi_i}{\sin \omega \frac{\varphi_0}{2}} \sin \omega \varphi_i \right)}{1 + 2 \sum_{i=1}^{\frac{n-1}{2}} \cos \omega \varphi_i \left(\cos \omega \varphi_i - \operatorname{ctg} \omega \frac{\varphi_0}{2} \sin \omega \varphi_i \right)}. \quad (22)$$

Представляет интерес сравнение результатов расчетов давлений на проволоки при сопоставимых исходных данных, сделанных по предлагаемому методу — формулы (17) и (22), Н. П. Гавриша [3] и П. П. Нестерова и А. П. Ветрова [4]. На рис. 3 показаны давления, приходящиеся на центральный контакт. Завышенные значения давлений по методу Н. П. Гавриша объясняются принятым допущением, что поперечное сечение каната в желобе блока не деформируется. И, напротив, заниженные значения давлений по методу Нестерова — Ветрова объясняются принятием радиуса выточки желоба, равным половине диаметра каната, что увеличивает число контактов проволок пряди в 1,5—1,8 раза.

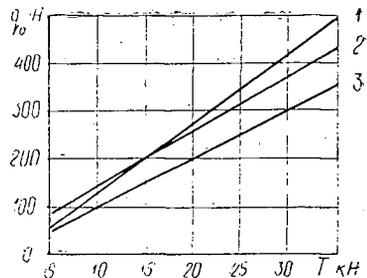


Рис. 3. Давление в центральном контакте проволоки пряди.

1 — по методике П. П. Нестерова и А. П. Ветрова; 2 — по формуле (22); 3 — по методике Н. П. Гавриша.

Таким образом, при расчете контактных давлений на проволоки каната весьма важно учитывать упругие свойства каната. Предлагаемый способ позволяет существенно повысить точность расчетов контактных напряжений и напряжений вторичного изгиба, от величины которых зависит долговечность канатов при работе на блоках.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ветров А. П. Вторичный изгиб канатов двойной свивки линейного касания. — В сб.: Стальные канаты. Вып. 1. Киев, «Техника», 1964. [2]. Ветров А. П. Напряжения вторичного изгиба в спиральных канатах линейного касания на шкивах. — В сб.: Вопросы рудничного транспорта. Вып. 8. М., «Недра», 1965. [3]. Гавриш Н. П. О причинах разрушения металлической футеровки в направляющих шкивах канатного транспорта. — «Научные труды ХГИ», 1955, № 11. [4]. Нестеров П. П., Ветров А. П. Влияние параметров свивки стальных канатов на их долговечность. — ИВУЗ, «Горный журнал», 1964, № 7. [5]. Цвирко М. А., Мартынихин В. Д. Исследования поперечной упругости стальных канатов на блоках с гладкой и рифленной поверхностью желоба. — В сб.: Механизация лесоразработок и транспорт леса. Вып. 6. Мияск, «Вышая школа», 1976.

Поступила 26 января 1976 г.

УДК 629.1.032.001.2

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ГУСЕНИЧНЫХ ЛЕСНЫХ МАШИН ПО СЛАБЫМ ГРУНТАМ

С. Г. КОСТОГРЫЗ

Хмельницкий технологический институт

Предлагается методика расчета сопротивления движению гусеничной транспортной машины, возникающего при пресовании грунта гусеничным двигателем с учетом сложной неравномерной эпюры удельного давления на грунт, физико-механических свойств грунта и степени натяжения гусениц. Этот метод согласуется с общими выводами теории гусеничных транспортных машин, его результаты подтверждаются экспериментальной проверкой. Он может быть применен при проектировании и тяговых расчетах гусеничных лесных машин.

При движении гусеничных машин по слабым грунтам большая часть силы тяги тратится на уплотнение грунта [1, 2]. Существующие методы оценки таких потерь не учитывают сложного характера эпюры удельных давлений, механических характеристик грунта, продольной жесткости опорной поверхности гусениц, а также их изменения в различных условиях функционирования, что может привести к серьезным ошибкам в тягово-эксплуатационных расчетах. Теоретические предпосылки, изложенные в работе [3], позволяют разработать методику оценки сопротивления движению гусеничной машины по слабым грунтам с учетом названных факторов.

Будем определять силу сопротивления движению, обусловленную уплотнением грунта, с учетом предпосылок и допущений, принятых в работе [3]:

$$F = 2 \sum_{i=1}^n F_i, \quad (1)$$

где F_i — сила сопротивления движению, отнесенная к i -тому опорному катку, обусловленная уплотнением грунта;

n — количество опорных катков по одному борту.

Находим F_i из условия, что работа силы тяги, отнесенная к i -тому катку, на некотором пути s должна быть равна работе уплотнения на площади sb , где b — ширина гусеницы. В то же время учитываем, что при установившемся движении работа силы тяги равна работе силы сопротивления движению. Элементарная работа

$$d(F_i s) = bsp(x) dz, \quad (2)$$

где $p(x)$ — удельное давление по длине опорной поверхности гусеницы, кгс/см²;

z — осадка опорной поверхности гусеницы, см.

В работе [3] получено выражение для эпюры осадки опорной поверхности гусеницы на деформируемом грунте под одним опорным катком:

$$z(x) = \frac{Q_i^3}{2kb} (e^{-\beta x} \cos \beta x + \sin \beta x), \quad (3)$$

где $\beta = \sqrt[4]{\frac{kb}{4\mathcal{K}}}$ — линейная частота следования волн упругой деформации гусеницы;

Q — нагрузка на каток;

\mathcal{K} — жесткость гусеницы в продольном направлении, зависящая от степени ее натяжения [3];

k — постоянный для данного грунта коэффициент объемного смятия, характеризующий способность грунта к деформации, кгс/см³.

Учитывая выражение (3) для $z(x)$, определим

$$d(F_i s) = \frac{Q_i^2 \beta_i^3}{4k_i b} se^{-\beta_i x} \sin \beta_i x (\cos \beta_i x + \sin \beta_i x) dx. \quad (4)$$

Выражение полной работы получим, интегрируя (4) в пределах от $-x_{max}$ до $+x_{max}$, где $x_{max} = \frac{3\pi}{4\beta}$ [3]:

$$F_i = \frac{Q_i^2 \beta_i^3}{4k_i b} \int_{-x_{max}}^{+x_{max}} e^{-\beta_i x} \sin \beta_i x (\cos \beta_i x + \sin \beta_i x) dx. \quad (5)$$

Вычислив интеграл (5) при допущении, что $e^{-\frac{3}{4}\pi} \approx 0$, получим формулу для определения силы сопротивления движению одного опорного катка:

$$F_i = 0,3 \frac{Q_i^2 \beta_i^2}{k_i b}. \quad (6)$$

Учитывая выражение для β , а также то, что жесткость гусеницы в продольном направлении равна [3]

$$\mathcal{K} = \frac{5}{384} \frac{ql^3}{z_0}, \quad (7)$$

после преобразований запишем формулу для силы сопротивления движению одного опорного катка в следующем виде:

$$F_i = 1,32 Q_i^2 \sqrt{\frac{z_0}{q l^3 b k_i}}, \quad (8)$$

где z_0 — относительная стрела провисания свободно висящей ветви гусеницы, характеризующая степень ее натяжения [2];

l — расстояние между опорами свободно висящей ветви гусеницы;

q — погонный вес гусеницы.

С учетом формул (1) и (8) определим коэффициент сопротивления движению, обусловленного деформированием грунта гусеничным движителем, для всей машины:

$$f = \frac{2,64}{G} \sum_{i=1}^n Q_i^2 \sqrt{\frac{z_0}{q l^3 b k_i}}, \quad (9)$$

где G — вес машины.

Из формулы (9) следует, что коэффициент сопротивления движению гусеничной машины (удельное сопротивление движению) зависит

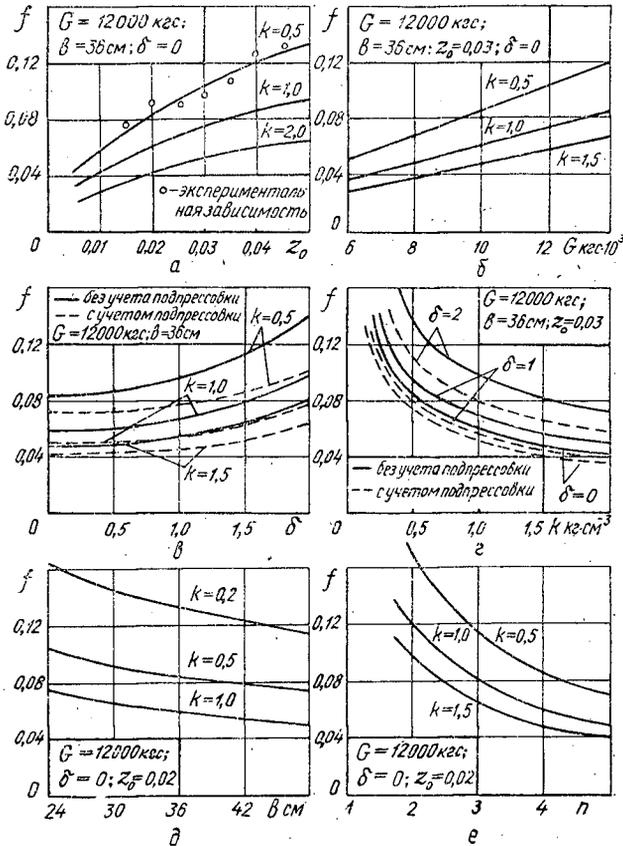


Рис. 1. Зависимости удельного сопротивления движению гусеничной машины по слабым грунтам.

a — от степени натяжения гусениц; b — от общего веса машины; β — от распределения нагрузки между опорными катками; δ — от коэффициента объемного смятия грунта; δ — от ширины гусеницы; e — от числа опорных катков по одному борту.

от ее веса, распределения нагрузки по опорным каткам, их числа, степени натяжения гусениц, упругих свойств грунта, ширины и погонного веса гусеницы, а также от длины свободно висющей ветви гусеницы. На рис. 1 приведены графики, выражающие зависимости коэффициента f от перечисленных выше факторов для гусеничной машины типа трактора ТДТ-55. Для анализа влияния распределения нагрузки по опорным каткам на величину f принят коэффициент неравномерности δ :

$$\delta = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{cp}}, \quad (10)$$

где Q_{max} , Q_{min} и Q_{cp} — соответственно максимальная, минимальная и средняя нагрузки на опорные катки при трапецидальной эпюре распределения нагрузок.

Влияние уплотнения грунта вследствие прохода предыдущего катка учитывалось выражением, полученным экспериментальным путем:

$$k_i = k_1 e^{\alpha(t-1)}, \quad (11)$$

где $k_1 = k$ — коэффициент объемного смятия грунта;
 α — опытный коэффициент, характеризующий накопление необратимой деформации грунта (в расчетах принято $\alpha = 0,22$, что соответствует слабым лесным грунтам).

Анализируя графики, приведенные на рис. 1, можно сделать выводы.

1. Во всех случаях сопротивление движению, обусловленное уплотнением грунта, заметно увеличивается с уменьшением натяжения гусениц, что подтверждается экспериментально (рис. 1, а), однако не следует повышать натяжение гусениц до степени, при которой $z_0 < 0,01$, так как после этого начинают резко возрастать механические потери в гусеничном движителе [2]. Учитывая эти положения, а также то, что условия функционирования гусеничных лесных машин изменяются в широких пределах, представляется целесообразным оборудовать кабину специальными устройствами для изменения натяжения гусениц.

2. С увеличением веса машины коэффициент сопротивления движению возрастает (рис. 1, б). Это увеличение особенно характерно для слабых грунтов при $k < 1$, однако в практике тяговых расчетов оно не учитывается, что может привести к серьезным ошибкам. Например, при $k = 0,4$ и повышении веса машины в 1,5 раза пренебрежение этим влиянием приведет к занижению f примерно в 1,5 раза.

3. Влияние неравномерности распределения нагрузки по опорным каткам $|\delta|$ на величину f существенно при значениях $\delta > 1$ и малых значениях k , при $k > 2$ его практически можно не учитывать.

4. С увеличением коэффициента объемного смятия грунта k удельное сопротивление f уменьшается, наиболее сильное влияние упругих свойств грунта на сопротивление движению при $k < 0,5$, с возрастанием неравномерности распределения нагрузки по опорным каткам это влияние усиливается в сторону повышения f (рис. 1, в).

5. Увеличение ширины гусеницы приводит к снижению удельного сопротивления движению f примерно в одинаковой степени для различных значений k (рис. 1, д). Из рис. 1, д видно, что увеличение ширины гусеницы больше 50 см не дает значительного эффекта в уменьшении f .

6. Число опорных катков по одному борту существенно сказывается на удельном сопротивлении движению (рис. 1, *e*), особенно при малых значениях k . Из рисунка следует, что для гусеничных машин с ходовой частью типа тракторов ТДТ-55, ТТ-4 наиболее выгодное число опорных катков лежит в пределах $4 \leq n \leq 6$.

7. Уплотнение грунта после прохода предыдущих катков уменьшает сопротивление движению (рис. 1, *в, г*), особенно при больших значениях δ .

8. Величины, влияющие на удельное сопротивление движению гусеничной машины, обусловленное уплотнением грунта движителем, не имеют оптимальных значений в рамках поставленной задачи и принятых допущений, однако их предпочтительные значения могут быть выбраны на основе формулы (9) и настоящих выводов.

Полученные зависимости и выводы можно использовать для оценки проходимости гусеничных лесных машин по слабым грунтам.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Антонов А. С. Теория гусеничного движителя. М., Машгиз, 1949. [2]. Забавников И. А. Основы теории транспортных гусеничных машин. М., «Машиностроение», 1968. [3]. Костокрыз С. Г. Метод расчета давления гусеничной лесотранспортной машины на грунт. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 1.

Поступила 5 марта 1979 г.

УДК 629.1.001.57

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ АВТОВОЗА И УСЛОВИЙ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ВЫБОР ЭКВИВАЛЕНТНОЙ МОДЕЛИ И РАСЧЕТНЫХ СХЕМ ПРИ ИССЛЕДОВАНИЯХ

П. Ф. МАРЧЕНКО

Архангельский лесотехнический институт

Анализируются особенности конструкции и условий эксплуатации автовозов и рассматривается их влияние на выбор эквивалентной модели и расчетных схем автовозов при исследовании параметров поворота.

Автовоз, как любая транспортная машина, представляет собой сложную механическую систему, состоящую из взаимосвязанных элементов определенной жесткости. Поэтому при исследовании любых свойств автовоза необходимо последний заменить эквивалентной моделью и выбрать расчетную схему, отражающую реальный автовоз и условия его движения.

В данной статье рассматривается влияние конструкции, общей компоновки и условий эксплуатации автовозов на выбор эквивалентной модели и расчетных схем при определении кинематических и динамических параметров поворота.

Специфические особенности погрузки, разгрузки и транспортировки груза, движение в стесненных условиях промышленных предприятий оказали влияние на конструкцию и общую компоновку автовозов.

Двигатель, агрегаты и узлы трансмиссии и грузоподъемного механизма монтируются на раме. Двигатель и основные узлы трансмиссии заимствуются от серийных автомобилей. Они позволяют развивать

скорости до 38—50 км/ч. Все автовозы снабжаются тормозными системами, которые обеспечивают экстренное и служебное торможение, согласно принятым нормативам для автомобилей.

Рама автовоза высоко поднята над опорной поверхностью и вместе с деталями ходовой части образует портал. При подобной компоновке центр тяжести системы существенно смещается вверх. По нашим исследованиям, высота расположения центра тяжести отечественных автовозов без груза составляет 1545—1570 мм; грузовых автомобилей общего назначения, по данным Д. П. Великанова [3], — 700—1000 мм.

Высокое расположение центра тяжести автовозов приводит к более значительному перераспределению радиальных реакций на колеса под действием инерционных сил при разгоне, торможении или при движении на повороте, чем у грузовых автомобилей. Перераспределение радиальных реакций от горизонтальных сил инерции между правыми и левыми или между передними и задними колесами будет определяться отношением высоты положения центра тяжести соответственно к ширине колеи или к базе машины. Эти отношения для отечественных автовозов без груза составляют 0,735—0,750 и 0,450—0,460, а для грузовых автомобилей — 0,415—0,500 и 0,165—0,200. Численное значение этих отношений дает возможность полагать, что при равных силах инерции перераспределение радиальных реакций у автовозов (без груза) между правыми и левыми колесами будет примерно в 1,5, а между передними и задними — в 2,5 раза больше, чем у грузовых автомобилей. Поэтому для точного определения радиальных реакций на колеса при движении на повороте автовоз необходимо рассматривать как пространственную систему с учетом жесткости упругих элементов подвески и шин.

Для улучшения маневренности в стесненных дорожных условиях промышленных предприятий, на погрузочных и разгрузочных пунктах автовозы снабжены всеми управляемыми колесами и реверс-редукторами или реверсивными коробками передач в трансмиссии.

Реверс-редуктор или реверсивная коробка передач позволяет автовозу двигаться вперед и назад с одинаковыми скоростями. Поэтому в исследованиях, очевидно, целесообразно рассматривать параллельно расчетные схемы с задними и передними ведущими колесами.

Установка всех управляемых колес при прочих равных условиях уменьшает радиус поворота. Минимальный радиус поворота по внутреннему колесу для существующих конструкций автовозов составляет, м:

Отечественные	4,05—5,00
Фирмы:	
«Кларк-Росс»	4,34—5,10
«Герлингер»	3,45—4,65
«Валмет»	4,14—5,31
«Хистер»	3,70—6,05

Для движения автовозов по внутривозовским дорогам характерны повороты с малым радиусом и изменением направления под углом 90°. По данным И. Г. Беккера [1], движение автовоза на закруглениях в условиях лесобирж и складов лесопильных предприятий составляет 20—30% общего пробега. Поворот автовоза с малыми радиусами (до 15 м) наиболее опасен с точки зрения управляемости и устойчивости и представляет определенный интерес для исследований.

Для автомобилей указанные условия движения не имеют практического значения. В расчетных схемах при исследовании движения автомобилей на повороте обычно пользуются средним углом поворота управляемых колес и заменяют тангенс и синус углов значениями самих углов, а косинус угла принимают равным единице. Подобное допущение обуславливается в этом случае малым значением углов поворота колес и незначительной разностью между ними.

При определении разности углов поворота управляемых колес обычно пользуются уравнением котангенсов. Для двухосных машин это уравнение можно записать в следующем виде:

$$\operatorname{ctg} \theta_n^0 - \operatorname{ctg} \theta_b^0 = \frac{B}{nL},$$

где B — ширина колес;
 L — база машины;
 n — коэффициент базы.

Для машин со всеми управляемыми колесами, при $\theta_1^0 = \theta_2^0$ имеем $n = 0,5$; при $\theta_2^0 = 0,5 \theta_1^0$ для передних колес $n = 2/3$, а для задних — $n = 1/3$. Для машин только с передними или задними управляемыми колесами $n = 1,0$.

Максимальные значения угла поворота управляемых колес отечественных автобусов приведены в табл. 1 [2].

Таблица 1

Марка автобуса	Максимальный угол поворота колес, град		Марка автобуса	Максимальный угол поворота колес, град	
	передних	задних		передних	задних
T-60 м	30	15	T-130	25	25
T-80	25	25	T-110	28	28
T-140	25	25	T-150	26	26

Таблица 2

Радиус поворота, м	Относительная погрешность, %, при $\theta_2 = \theta_1$ для равенств			Относительная погрешность, %, при $\theta_2 = 0,5\theta_1$ для равенств		
	$\operatorname{tg} \theta^0 = \theta$	$\sin \theta^0 = \theta$	$\cos \theta^0 = 1$	$\operatorname{tg} \theta^0 = \theta$	$\sin \theta^0 = \theta$	$\cos \theta^0 = 1$
4,2	-9,07	+4,85	+12,08	—	—	—
5,0	-5,82	+2,44	+8,14	-10,15	+4,45	+13,35
6,0	-4,00	+1,90	+5,51	-6,72	+3,13	+9,13
7,0	-2,76	+1,40	+4,07	-5,00	+2,32	+6,86
8,0	-1,90	+1,00	+2,90	-3,67	+1,64	+4,95
9,0	-1,50	+0,80	+2,23	-2,62	+1,26	+3,82
10,0	-0,80	+0,58	+1,77	-2,34	+0,99	+3,08
11,0	-0,70	+0,48	+1,43	-1,84	+0,85	+2,47
12,0	-0,64	+0,39	+1,17	-1,42	+0,70	+2,08
13,0	-0,60	+0,30	+1,00	-1,17	+0,63	+1,72
14,0	-0,56	+0,25	+0,86	-0,90	+0,50	+1,50
15,0	-0,50	+0,23	+0,75	-0,83	+0,40	+1,30
16,0	-0,45	+0,22	+0,64	-0,70	+0,38	+1,12
17,0	-0,42	+0,21	+0,57	-0,65	+0,36	+1,00
18,0	-0,39	+0,20	+0,52	-0,60	+0,34	+0,88
19,0	-0,36	+0,20	+0,47	-0,55	+0,32	+0,77
20,0	-0,35	+0,19	+0,44	-0,50	+0,30	+0,69

Отношение B/L , как и n , определяет разность между углами поворота управляемых колес одной оси. У отечественных автомобилей,

имеющих только передние управляемые колеса, отношение B/L составляет:

Автомобили	
легковые	0,42—0,52
грузовые	0,32—0,48
Автобусы	0,37—0,46

Для автовозов это соотношение равно:

Фирмы:	
«Валмет»	0,55—0,91
«Кларк-Росс»	0,50—0,60
«Хистер»	0,55—0,77
«Герлинггер»	0,50—0,81
Отечественные	0,55—0,77

Значения B/L и n указывают, что разность между углами поворота управляемых колес одной оси при малых радиусах поворота у автовозов больше, чем у автомобилей. Поэтому в расчетных схемах для исследования движения автовозов на повороте с малыми радиусами нельзя допускать равенства углов поворота обоих колес одной оси, замены тангенса и синуса углов самими углами, а косинуса угла — единицей. Подобные допущения могут вызвать существенные ошибки.

В табл. 2 приводится относительная погрешность для автовозов Т-140 и Т-150 от замены тангенса и синуса углов самими углами поворота, косинуса этих углов единицей при различных радиусах поворота, когда $\Theta_2 = \Theta_1$ и $\Theta_2 = 0,5\Theta_1$.

Результаты табл. 2 позволяют сделать следующие выводы.

1. С увеличением радиуса поворота относительные погрешности уменьшаются. Погрешности от $\sin \Theta^\circ = \Theta$, и $\cos \Theta^\circ = 1$ имеют один знак и при вычислениях завышают результат, а погрешность от $\tg \Theta^\circ = \Theta$ занижает результат вычислений.

2. Равенства $\tg \Theta^\circ = \Theta$, $\sin \Theta^\circ = \Theta$ и $\cos \Theta^\circ = 1$ можно использовать при радиусах поворота более 20 м, так как суммарная погрешность от $\sin \Theta^\circ = \Theta$ и $\cos \Theta^\circ = 1$ при этом менее 1%.

Управляемые колеса автовозов устанавливаются с нулевыми значениями углов развала и схода, без конструктивных мероприятий по их стабилизации. Подобная «свободная» установка обусловлена необходимостью использования заднего хода автовоза (от 20 до 30% всего пробега в зависимости от условий эксплуатации).

Все автовозы имеют независимую подвеску колес свечного типа со спиральными пружинами. При этом колесо, кроме вращения относительно своей оси, имеет две степени свободы относительно рамы: поворот около оси штока подвески и перемещение вдоль этой оси.

При такой конструкции подвески и «свободной» установке управляемых колес углы наклона поддрессоренных и неподдрессоренных частей автовоза из-за деформации упругих элементов подвески и шин в продольном и поперечном направлениях относительно опорной поверхности всегда одинаковы. Равенство углов наклона поддрессоренных и неподдрессоренных частей дает возможность при определении радиальных реакций принять автовоз за одномассовую систему. При этом одномассовая модель может рассматриваться по расчетным схемам с массой, сосредоточенной в центре тяжести, или с массами, размещенными в точках над колесами относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести.

Таким образом, при определении динамических параметров поворота целесообразно рассматривать автовоз как пространственную одномассовую систему. Она имеет пять степеней свободы: движение вдоль продольной и боковой осей, угловые перемещения относительно этих осей и вращение относительно вертикальной оси. При определении кинематических параметров поворота автовоз можно рассматривать как пространственную одномассовую систему без учета жесткости упругих элементов подвески и шин. Такая система имеет три степени свободы. Угловые перемещения относительно продольной и боковой осей будут оказывать незначительное влияние на скорости и ускорения отдельных его точек.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Беккер И. Г. Конструкция и основные эксплуатационные параметры автолесовозов. М.—Л., Гослесбумиздат, 1958. [2]. Беккер И. Г. Портальные автомобили. М., «Машиностроение», 1971. [3]. Великанов Д. П. Эксплуатационные качества автомобилей. М., Автотрансиздат, 1962.

Поступила 20 марта 1978 г.

УДК 630*.361.0

МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ И СМЫВА ДРЕВЕСНОЙ КОРЫ ИМПУЛЬСНЫМИ СТРУЯМИ ЖИДКОСТИ*

Г. Ф. КИСЛИЦЫНА

Марийский политехнический институт

Рассмотрен механизм струйного разрушения и смыва коры. Приведены результаты аналитических и экспериментальных исследований по обоснованию энергетических характеристик импульсных гидравлических струй применительно к гидроокорке лесоматериалов.

В настоящее время нет единого представления о механизме разрушения материалов струей воды, ввиду сложности и многогранности этого процесса, значительной вариации физико-механических свойств разрушаемого массива. В зависимости от скорости нагружения разрушение может быть хрупким или возникать в связи с пластической деформацией [3].

Взаимодействие импульсной струи жидкости с корой древесины связано с большим количеством факторов, характеризующих разрушающую способность струи, физико-механические свойства коры (толщина, структура, влажность, плотность, порода, время года, возраст, условия произрастания древостоя, место расположения коры на стволе), условия воздействия струи на кору (скорость и способ подачи лесоматериалов, угол атаки струи, расстояние от среза насадка до обрабатываемой поверхности).

При «объемном» нагружении сопротивление разрушению оказывает вся масса материала. При воздействии струи жидкости разрушение носит местный характер. За счет нормальной составляющей гидродинамического давления происходит механическое разрушение коры. Касательные составляющие приводят к вырыванию ее отдельных кусков. В результате капельного воздействия жидкости нарушается связь

* Работа выполнена под руководством докт. техн. наук, проф. Ю. Я. Дмитриева.

между частицами коры. Попадая под кору и встречая сопротивление более плотного заболонного слоя, струя растекается и отрывает кору в зоне камбия, действуя по принципу гидроклина. Натекающая вслед за импульсом высокого давления струйка жидкости не препятствует отрыву коры, так как ее скорость соответствует нижней составляющей импульсно изменяющегося давления жидкости перед насадком. В результате перемещения лесоматериалов следующий ударный импульс приходится на новый массив коры. Поэтому воздействие импульсной струи жидкости можно рассматривать как непрерывно повторяющийся процесс разрушения и срыва коры. Длина струи L пропорциональна длительности импульса высокого давления τ_n .

Пренебрегая нестационарными процессами внутри насадка, процесс истечения струи за время τ_n будем считать стационарным. Разрушение коры наблюдается в зоне ядра струи, а отрыв на значительно большей площади. Если давление струи достаточно для разрушения коры на всю ее толщину и не выше прочностных характеристик заболонных слоев древесины, жидкость растекается в зоне камбия.

Примем, что отрыв коры происходит в том случае, если силы, возникающие вследствие гидродинамического давления жидкости, на некотором участке больше сил сцепления коры с древесиной. Линия, ограничивающая этот участок, определяет площадь (отпечаток), очищенную от коры при воздействии одиночного импульса.

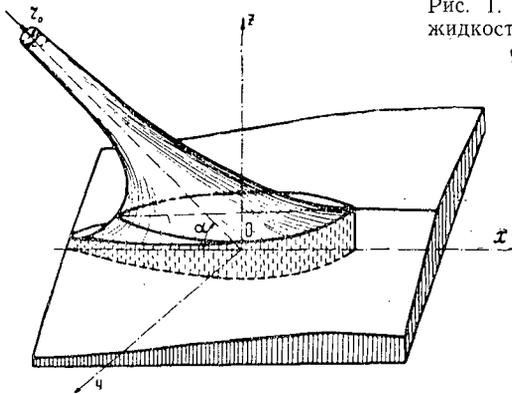


Рис. 1. Растекание струи жидкости при косом ударе о плоскость.

Пусть в бесконечности струя представляет собой цилиндр радиуса r_0 , ось которого лежит в плоскости xOz ($y=0$) и составляет угол α с отрицательным направлением оси Ox (рис. 1). Ось цилиндра проходит через начало координат, образуя с осью Oy угол, равный 90° . В плоскости, параллельной xOy , поперечное сечение струи — эллипс, уравнение которого $x^2/a'^2 + y^2/b'^2 = 1$. Полуоси эллипса a' и b' могут быть определены как $a' = r_0/\sin\alpha$; $b' = r_0$. В этом случае уравнение эллипса примет вид

$$x^2 \sin^2 \alpha / r_0^2 + y^2 / r_0^2 = 1 \text{ или } x^2 \sin^2 \alpha + y^2 = r_0^2. \quad (1)$$

Образующая цилиндрической поверхности параллельна оси, следовательно, направляющие косинусы соответственно равны: $-\cos \alpha$; 0 ; $\sin \alpha$. Тогда каноническое уравнение образующей примет вид:

$$\frac{x - x'}{-\cos \alpha} = \frac{y - y'}{0} = \frac{z - z'}{\sin \alpha}, \quad (2)$$

где x, y, z — текущие координаты;

x', y', z' — координаты точки, через которую проходит образующая.

Точка, через которую проходит образующая, принадлежит эллипсу (1), отсюда

$$\left. \begin{aligned} \frac{x-x'}{-\cos \alpha} &= \frac{y-y'}{0} = \frac{z-z'}{\sin \alpha}; \\ z' &= 0; \\ x'^2 \sin^2 \alpha + y'^2 &= r_0^2. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Решая систему (3), получим уравнение свободной поверхности:

$$(x + z \operatorname{ctg} \alpha)^2 \sin^2 \alpha + y^2 = r_0^2; \quad (x \sin \alpha + z \cos \alpha)^2 + y^2 = r_0^2. \quad (4)$$

Если размеры отпечатка, в котором наблюдается отрыв коры, больше радиуса струи ($R \gg r_0$), то высоту свободной поверхности над плоскостью будем считать линейно зависящей от x :

$$z = ax + b. \quad (5)$$

В результате полуоси эллипса отпечатка могут быть соответственно определены:

$$a \approx r_0^2/2r; \quad b = r_0^2 \cos \alpha / r^2. \quad (6)$$

Приведенные формулы позволяют определить форму отпечатка в случае, если поверхность древесины представляет собой плоскость и силы сцепления коры с древесиной вдоль и поперек волокон равны.

Цилиндрическая форма поверхности лесоматериалов, способ подачи, различия в силах сцепления коры с древесиной в поперечном и продольном направлениях искажают форму отпечатка (рис. 2, а, б). Поэтому для нахождения параметров отпечатка воспользуемся результатами экспериментальных исследований по определению ширины окоренной полосы в зависимости от параметров окорки древесины импульсными гидравлическими струями [2].

Разрушение струей, перемещающейся относительно объекта, носит дискретный характер. Учитывая это, можно представить стационарную струю в виде большого количества струек, каждая из которых создает свой отпечаток. Окоренная полоса при подаче лесоматериалов под насадок может быть представлена как совокупность большого количества отпечатков с очень маленьким сдвигом. Сливаясь, они образуют сплошную окоренную полосу (рис. 2, в). Следовательно, импульсная струя жидкости действует как гибкий резец, вероятность повреждения древесины невелика.

Характерная особенность нагружения при воздействии струи — наличие зоны концентрации напряжений по оси симметрии, в которой возможно пластическое течение, в то время как остальная часть нагруженного объема находится в пределах упругости. Если порядок величины давления больше модуля упругости разрушаемого вещества E , то глубина проникновения в него струи L_1 , при плотности жидкости ρ и плотности материала ρ_k (в данном случае коры или гнили), может быть определена по формуле [4]

$$L_1 = L \sqrt{\rho/\rho_k}. \quad (7)$$

Поскольку объектом разрушения является кора, физико-механические свойства которой значительно варьируют, а находящиеся под слоем коры заболонные слои, сравнительно близкие по прочности для

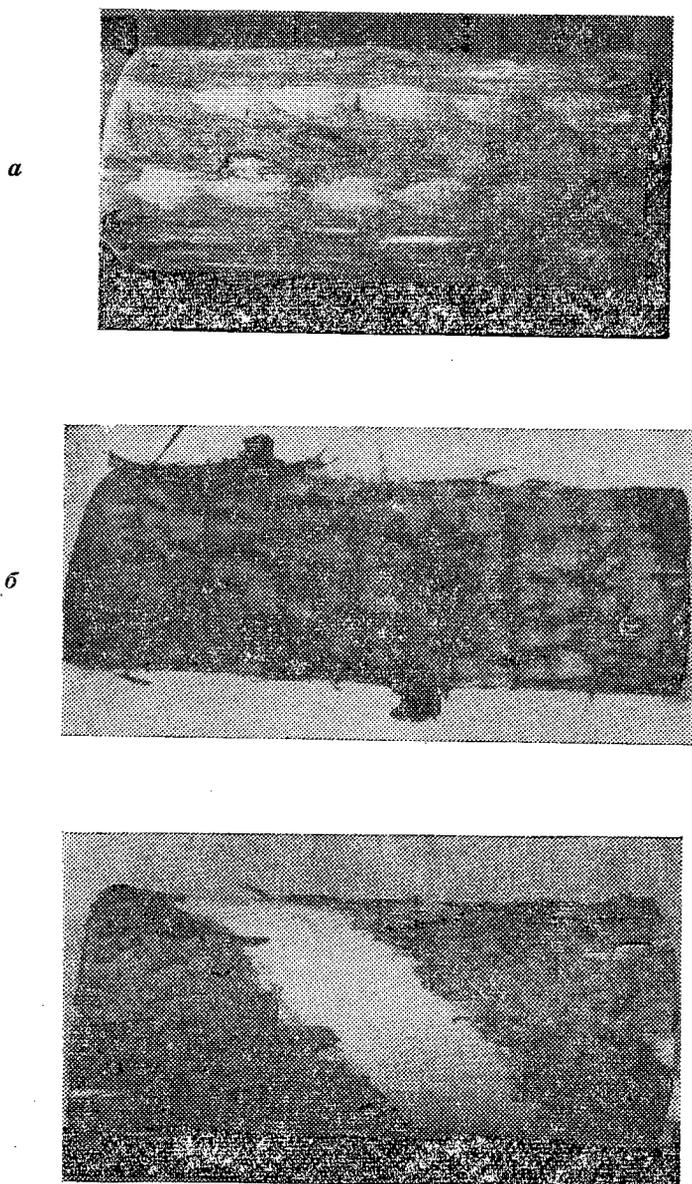


Рис. 2. Окорка древесины импульсной струей жидкости.

а — отпечатки при низкой частоте пульсации и высокой скорости продольной подачи древесины в зону обработки; *б* — отпечатки при поперечно-винтовом способе подачи древесины под насадок; *в* — окоренная полоса при воздействии импульсной струи оптимальной частоты.

основных пород, разрушению не подлежат, для обоснования допустимой скорости струи v_{max} воспользуемся приближенным неравенством

$$\rho v_{max}^2 / 2 \leq E; \quad v_{max} \leq \sqrt{2} \sqrt{E/\rho}.$$

С учетом температурно-временного предела прочности можно принять

$$v_{max} = \sqrt{2} \sqrt{E/\rho}. \quad (8)$$

От длины струи L , соответствующей длительности импульса высокого давления τ_n , зависит глубина проникновения струйки в разрушаемый массив L_1 . Выразим частоту пульсации f через скважность ζ и τ_n :

$$f = \frac{1}{\tau_n(\zeta + 1)}, \quad (9)$$

где ζ — отношение длительности скважины $T - \tau_n$ к длительности импульса τ_n ;
 T — период.

Минимальная длительность импульса определяется толщиной коры, а в случае необходимости удаления поверхностной гнили — глубиной ее залегания L_2 . Длина струйки жидкости, необходимая для удаления гнили на всю глубину поражения,

$$L_1 = L_2 \sqrt{\rho/\rho_k} = v_{max} \tau_n = \sqrt{2} \sqrt{E/\rho} \tau_n. \quad (10)$$

Тогда минимальная длительность импульса высокого давления

$$\tau_{n \min} = \frac{L_2}{\sqrt{2}} \sqrt{\rho_k/E}. \quad (11)$$

При известной ширине окоренной полосы B для лесоматериалов определенной породы, физико-механического состояния, конкретных конструктивных параметров гидроокорочной установки и скорости относительного перемещения насадка V в первом приближении может быть определена минимальная частота следования импульсов высокого давления $f_{min} = V/B$. При продольной подаче лесоматериалов в окорочную головку ширина окоренной одним насадком полосы B равна полуоси эллипса отпечатка $\approx b$, при поперечной и поперечно-винтовой $\approx a$ для оптимальных значений угла атаки струи.

Введем значение коэффициента перекрытия $k_n > 1$, обуславливающее некоторое наложение отпечатков, исходя из требования заданной чистоты окорки. Ориентация отпечатка относительно направления подачи может быть учтена с помощью коэффициента перекрытия, увеличенного для поперечного способа подачи лесоматериалов в окорочную головку. В этом случае минимальная частота пульсации

$$f_{min} = \frac{k_n V}{B}. \quad (12)$$

Определим максимально возможную скважность пульсации при минимальном значении длительности импульса τ_n (9) и скорости жидкости, соответствующей амплитуде импульсно изменяющегося давления жидкости перед насадком (8):

$$\zeta_{max} = \frac{B}{k_n \sqrt{L_2}} \sqrt{2E/\rho} - 1 = \frac{B v_{max}}{k_n \sqrt{L_2}} - 1. \quad (13)$$

Полученное значение $\zeta > 1$.

Формулы (10), (11), (13) дают возможность оценить качество окорки древесины импульсными струями жидкости. Значительный поверхностный эффект воздействия импульсной струи. позволяет поставить вопрос об окорке сучьев. При незначительной толщине коры на сучьях и вершинной части ствола можно использовать струю с минимальной длительностью импульса. Это дает возможность совместить высокую поверхностную разрушающую способность струи с неболь-

шим ее силовым воздействием, которое не вызовет разрушения древесины и дробления сучьев.

Скважность процесса пульсации имеет решающее значение при сравнении энергозатрат гидравлического и гидроимпульсного способов окорки лесоматериалов. Пропорционально скважности снижаются необходимая мощность и расход воды на окорку 1 м³ сырья, а следовательно, и затраты на подготовку воды и удаление отходов. Анализ формулы (13) показывает значительные резервы увеличения скважности за счет перепада в скорости жидкости, соответствующей импульсу высокого давления (100—120 м/с), и скорости подачи лесоматериалов в обработку (исследования проведены для скоростей 0,1—2 м/с).

Результаты экспериментальных исследований по окорке лесоматериалов импульсными струями жидкости с различной скважностью пульсации при прочих равных условиях приведены в табл. 1.

Таблица 1

Порода	V м/с	10 ⁻³ V _{ср} м	Порода	V м/с	10 ⁻³ V _{ср} м
Пихта	0,1	35,0	Сосна	0,2	31,3
		34,3			30,3
	0,2	31,2	Ель	0,3	32,0
		32,5			32,0
0,3	31,0	0,3	44,0	44,0	
	30,7				
0,4	30,0				
	28,0				
	25,5				
	25,5				

Примечание. В числителе данные при $\zeta = 3,33$; в знаменателе при $\zeta = 1,20$; $p_{max} = 7 \cdot 10^6$ Па. Для пихты приведены данные 24 опытов; для сосны — 13; для ели — 2.

Увеличение скважности в 2,77 раза для лесоматериалов различных пород осенне-зимней заготовки, диаметром 0,2—0,3 м не вызывает изменения средней ширины окоряемой полосы, приходящейся на один насадок $V_{ср}$. Разница в значениях $V_{ср}$ для различных ζ находится в пределах ошибки измерений [1]. Следовательно, при постоянной входной мощности вместо одной стационарной струи при импульсном режиме подачи жидкости в несколько насадков того же диаметра (например, поочередной подаче) импульсная струя жидкости, сформированная каждым насадком, в определенных пределах выполнит ту же работу, что и одна стационарная (без учета потерь в золотнике).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Дмитриев Ю. Я., Кислицына Г. Ф. Исследование гидравлической окорки древесины импульсными струями. — В сб.: Совершенствование технологии лесосплавных работ. Вып. 4. Красноярск, 1976, с. 27—33. [2]. Кислицына Г. Ф. Исследование конструктивных параметров окорки древесины импульсными гидравлическими струями. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 1, с. 44—47. [3]. Научные основы гидравлического разрушения угля. М., «Наука», 1973, 138 с. [4]. Покровский Г. И. Гидродинамические механизмы. М., «Знание», 1972, 48 с.

Поступила 29 ноября 1977 г.

УДК 630*.378.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ БРЕВЕН ПОСЛЕ ИХ ПАДЕНИЯ НА ВОДУ

В. Я. ХАРИТОНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Приведены результаты аналитических и экспериментальных исследований в натуре и на моделях процесса движения бревна с момента касания поверхности воды при падении до появления на поверхности после всплывания. Для четырех периодов (удар, движение вниз по инерции, неустойчивое равновесие, всплывание) получены расчетные зависимости скорости, пути и времени, необходимые при обосновании параметров лесосплавных механизмов. Для бревна конкретных размеров подсчитаны продолжительность периодов и всего процесса.

В работе [6] приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований брызгообразования и волнообразования при падении бревен на воду.

В настоящей статье исследуется процесс движения бревна с момента касания поверхности воды при падении до появления на поверхности после всплывания. Продолжительность всего процесса разбита на четыре периода.

Первый период — удар в начальный момент погружения бревна в воду ($0 \leq h \leq d/2$). Выразив скорость в зависимости от глубины погружения [6], получим

$$V = \eta_V \frac{V_0}{1 + \frac{4h}{\delta d}}, \quad (1)$$

где V — мгновенная скорость погружения;
 V_0 — скорость в момент касания бревна поверхности воды;
 h — текущая глубина погружения;
 d и δ — соответственно диаметр и относительный вес бревна;
 η_V — эмпирический коэффициент.

Поскольку $V = dh/dt$, то

$$t = \frac{\int_0^h \left(1 + \frac{4h}{\delta d}\right) dh}{\eta_V V_0}. \quad (2)$$

Решая уравнение (2), получим

$$t = h \frac{1 + \frac{2h}{\delta d}}{\eta_V V_0}. \quad (3)$$

Первый период заканчивается, когда $h = d/2$, поэтому продолжительность его

$$t_{уд} = \frac{d}{2} \frac{1 + \frac{1}{\delta}}{\eta_V V_0}. \quad (4)$$

Численные значения коэффициента η_V получены с использованием формулы (4) и экспериментальной зависимости $h = f(t)$ для восьми натуральных бревен в коре и без коры диаметром от 9,4 до 28,8 см в верхнем отрезе, удлинением ($\lambda = l/d$, l — длина бревна) от 14 до 53, с относительным весом от 0,64 до 0,82. Экспериментальные исследования проведены на Бобровском рейде объединения Двиносплав на специальной крановой установке*. Бревно, соединенное бесконечной кордовой нитью с контактным блоком, сбрасывали с высоты 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 м, а весь процесс падения, погружения и всплывания записывали на фотобумагу осциллографа Н-700. В результате обработки вариант значений коэффициента η_V получена формула

$$\eta_V = 1 + 3,76 \left(\frac{\delta}{Fr_d} \right)^{2,21} \quad (5)$$

при среднем квадратическом отклонении $\sigma = \pm 0,0145$ и ошибке $\epsilon = \pm 0,0034$.

Здесь Fr_d — число Фруда

$$Fr_d = \frac{V_0}{\sqrt{dg}} \quad (6)$$

Вид формулы (5) подтверждает установленную Р. Л. Крепсом [1, 2] зависимость явлений, связанных с падением тел на воду, от веса бревен и скорости приведения, не учитываемых теоретическими предположениями. Стремление η_V к единице при $Fr_d \rightarrow \infty$ или $\delta \rightarrow 0$ указывает на правильность наших теоретических решений и возможность использования полученных зависимостей в инженерных расчетах.

Второй период — погружение бревна после удара ($d/2 \leq h \leq h_n$). В конце первого периода бревно приобретает скорость

$$V_{он} = \eta_V \frac{V_0}{1 + \frac{2}{\delta}}, \quad (7)$$

с которой начинается его движение вниз по инерции, близкое по характеру к движению, рассмотренному в работе [5].

Однако силовое взаимодействие бревна с потоком здесь усложняется образованием каверны в следе бревна и последующим ее схлопыванием (смыканием). В результате схлопывания каверны возникают струи кумулятивного характера [3], одна из которых направлена вверх и образует фонтан воды [6], а вторая — вниз и воздействует на бревно.

Обработка и анализ экспериментальных данных показали, что в конце первого периода движения бревно действительно получает силовой импульс, направленный вниз, поэтому характер дальнейшего движения бревна весьма сложный, а коэффициент сопротивления C_x имеет переменный знак.

Можно принять $C_x = 0$ и, используя уравнение движения

$$m \frac{dV}{dt} = P, \quad (8)$$

получить следующие расчетные формулы:

для пути движения бревна по инерции

$$h_n = \eta_{нк} t_n \left(V_{он} - \frac{1}{2} \frac{P}{m} t_n \right); \quad (9)$$

* В проведении экспериментов, кроме автора, принимали участие студенты В. В. Попов, В. С. Симонов и аспирант Г. Я. Суров.

для скорости движения

$$V = \bar{\eta}_h \left(V_{0н} - \frac{P}{m} t \right); \quad (10)$$

для продолжительности движения

$$t_n = \eta_{тк} V_{0н} \frac{m}{P}. \quad (11)$$

В формулах (8)—(11)

m и P — соответственно масса и сила запаса плавучести бревна.

Эмпирические коэффициенты $\bar{\eta}_h$, η_{hk} , $\eta_{тк}$ можно аппроксимировать функциями:

при $\sigma = \pm 0,2777$ и $\varepsilon = \pm 0,0637$

$$\bar{\eta}_h = 0,860 (\delta Fr'_d)^{-1,35}; \quad (12)$$

при $\sigma = \pm 0,3502$ и $\varepsilon = \pm 0,0803$

$$\eta_{hk} = 0,629 (\delta Fr'_d)^{-1,90}; \quad (13)$$

при $\sigma = \pm 0,2234$ и $\varepsilon = \pm 0,0512$

$$\eta_{тк} = 0,502 (\delta Fr'_d)^{-1,47}. \quad (14)$$

В формулах (12)—(14)

$$Fr'_d = \frac{V_{0н}}{\sqrt{dg}}.$$

На рис. 1 показаны экспериментальные точки и зависимости $h = f(t)$, $V = f(t)$ для двух первых периодов движения бревна после падения на воду. Ясно виден скачок скорости после удара.

Третий период — неустойчивое равновесие ($V=0$). После остановки в нижней точке бревно не сразу начинает всплывать, а как бы зависает в неустойчивом равновесии, что объясняется его инерционностью и характером обтекания потоком. Продолжительность этого периода t_n можно выразить зависимостью

$$t_n = f(P, \mu, \omega, \lambda), \quad (15)$$

где μ — динамический коэффициент вязкости воды;

ω — характерная площадь бревна.

Используя метод размерностей [3], с учетом физического смысла, функцию (15) можно представить так:

$$t_n = \eta_\lambda \frac{4 \cdot 10^6 \nu}{\pi dg (1 - \delta)}, \quad (16)$$

где ν — кинематический коэффициент вязкости воды;

η_λ — эмпирический коэффициент, учитывающий влияние удлинения бревна на величину t_n ;

$$\eta_\lambda = 1,543 \lambda^{-0,92} \quad (17)$$

при $\sigma = \pm 0,0248$ и $\varepsilon = \pm 0,0057$.

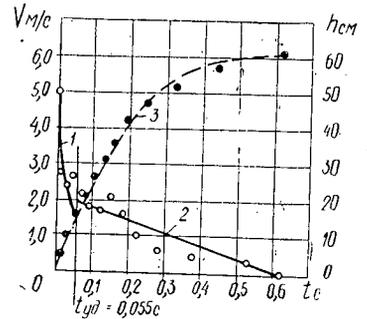


Рис. 1. Путь и скорость движения бревна с момента касания поверхности воды до его остановки.

1 — скорость при ударе; 2 — скорость при движении по инерции; 3 — путь погружения.

Формула (17) получена при совместной обработке данных продолжительности неустойчивого равновесия для движения модельных бревен по инерции под водой [5] и для падения натуральных бревен на воду (пересчет t_n с модели на натуру выполнен по Фрудру). Вид зависимости (17) показан на рис. 2.

Четвертый период — всплывание бревна после падения. Это один из случаев разгона тела в воде постоянной силой, которая здесь равна силе запаса плавучести P .

Для исследования всплывания использована гипотеза изоморфности [7], по которой гидродинамическую реакцию воды, включая инерционную составляющую, выражают обобщающей силой, подчиняющейся квадратичному закону сопротивления по мгновенной скорости обтекания.

Мгновенные значения общего коэффициента сопротивления определяли из уравнения

$$m \frac{dV}{dt} = P - C_x \rho \omega \frac{V^2}{2}, \quad (18)$$

где ρ — плотность воды, характерная площадь $\omega = dl$, а скорость и ускорение вычисляли по формулам

$$V = V_p(1 - e^{bt}); \quad (19)$$

$$\frac{dV}{dt} = -V_p b e^{bt}, \quad (20)$$

в которых предельную скорость всплывания V_p определяли по формуле из работы [4].

Эмпирический коэффициент b вычисляли методом итераций из аппроксимирующей зависимости для пути всплывания

$$S = V_p \left(t + \frac{1 - e^{bt}}{b} \right). \quad (21)$$

Анализ полученных данных показал, что для практических расчетов можно принять осредненное численное значение коэффициента $C_x = 1,79$ при $\epsilon = \pm 0,243$ и $\epsilon = \pm 0,0859$, независимо от удлинения бревен в коре и без коры.

Время и скорость всплывания следует определять по формулам:

$$t_b = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{m}{P} r_x} \ln \frac{1 + \sqrt{1 - e^{-\frac{2S}{r_x}}}}{1 - \sqrt{1 + e^{-\frac{2S}{r_x}}}}; \quad (22)$$

$$V = \sqrt{\frac{P}{m} r_x} \frac{e^{2t \sqrt{\frac{P}{m r_x}} - 1}}{e^{2t \sqrt{\frac{P}{m r_x}} + 1}}, \quad (23)$$

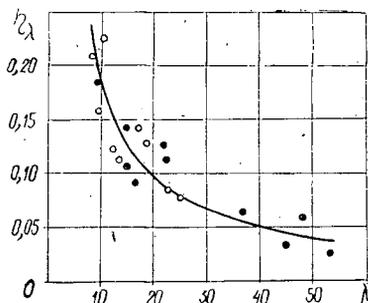


Рис. 2. Зависимость $\eta\lambda = f(\lambda)$.

○ — модель; ● — натура.

где

$$r_x = \frac{2m}{\bar{C}_x \rho \omega} \quad (24)$$

Интересно отметить, что коэффициент сопротивления в начальный момент всплывания $\bar{C}_x = 1,79$ существенно больше, чем при равномерном всплывании с большой глубины (для бревен в коре $\bar{C}_{xр} = 1,43$, без коры $\bar{C}_{xр} = 1,36$ [4], что отражает нестационарность обтекания при ускоренном, в данном случае, движении бревна.

Приведенные здесь результаты исследований позволяют, наряду с другими параметрами, определить продолжительность пребывания бревна под водой после его падения в гидролоток, что важно знать при конструировании и эксплуатации, например, сортировочно-сплоточных машин для лесосплава.

Так, для бревна в коре $d = 0,2$ м, $l = 6,5$ м, $\delta = 0,8$, падающего с высоты 1,0 м ($V_0 = 4,43$ м/с), при $\rho = 1000$ кг/м³ и $\nu = 0,0131$ см²/с ($\theta = 10^\circ\text{C}$) продолжительность периодов составляет: $t_{уд} = 0,049$ с, $t_H = 0,420$ с, $t_h = 0,267$ с, $t_B = 0,643$ с. Продолжительность всего процесса — 1,38 с. Если за это время бревно не будет удалено из зоны падения очередных бревен, возможны нарушения непрерывности сортировки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Крепс Р. Л. Экспериментальные исследования удара о воду. — «Труды ЦАГИ», 1939, вып. 438, 33 с. [2]. Крепс Р. Л. Удар о воду профилей днищ лодок гидросамолетов. — «Труды ЦАГИ», 1940, вып. 513, 40 с. [3]. Лаврентьев М. А., Шабат Б. В. Проблемы гидродинамики и их математические модели. М., «Наука», 1977, 408 с. [4]. Харитонов В. Я. Экспериментальные исследования движения бревен под водой. Сообщ. 2. Свободное всплывание. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1966, № 4, с. 60—69. [5]. Харитонов В. Я. Движение бревен в воде по инерции. Техн. информ. Архангельск, АЛТИ, 1970, 8 с. [6]. Харитонов В. Я. Исследование падения бревен на воду. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 5, с. 65—70. [7]. Харитонов В. Я. Гипотеза изоморфности и ее использование при исследовании неустановившегося движения. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1978, № 5, с. 65—70.

Поступила 28 декабря 1978 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.817-41

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКО-УПРУГИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РАЗМОЛУ ЩЕПЫ

Б. П. ЕРЫХОВ, Н. В. ЛИПЦЕВ, В. Е. ЧИБИРЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Изучена кинетика структурных изменений сосновой и березовой древесины в процессе гидротермической обработки методом свободных крутильных колебаний.

Изменение вязко-упругих свойств древесины в процессе предварительной обработки приводит к существенному изменению многих параметров размола и сказывается на расходе потребляемой энергии и показателях получаемого продукта. Температурный режим предварительной обработки щепы определяет ее вязко-упругие свойства и должен выбираться с учетом требований, предъявляемых к получаемой древесной массе. Физические свойства древесины, подвергнутой гидротермической обработке до 100°C, изучены достаточно хорошо, но каковы будут показатели при повышенных температурах (120—180°C) — исследовано недостаточно. Возникающие при изучении высокотемпературной гидротермической обработки древесины трудности очевидны: необходимо фиксировать кинетику изменения ее физических свойств и именно по этой причине разрушающие методы оценки по предельным параметрам следует отбросить ввиду сложности применяемых устройств и принципиальной невозможности проследить за кинетикой на одном образце.

Данная статья не охватывает всего круга проблем гидротермической обработки древесины, однако намечает общие пути решения некоторых из них. В качестве адеструктивных структурно-чувствительных параметров древесины мы использовали низкочастотные динамический модуль сдвига G' и логарифмический декремент колебаний Δ' измеренные методом затухающих крутильных колебаний. Как показано в работе [1], эти характеристики наиболее чувствительны к структурным изменениям материалов на базе древесины. Модуль сдвига определяется количеством контактов в единице объема материала на макроструктурном уровне, а логарифмический декремент колебаний — характеристика внутреннего трения — увеличивается с ростом микро- и макродефектов в образце.

Знание этих основных характеристик позволяет рассчитать и другие общепринятые реологические параметры древесины: динамическую сдвиговую вязкость, действительную и мнимую составляющие комплексного модуля сдвига, коэффициент потерь, время запаздывания и релаксации и т. д.

Излагаемые ниже результаты анализировали на основе классических представлений, развитых в науке о полимерах, с использованием только двух исходных параметров, рассчитанных для цилиндрического образца радиусом R по формулам

$$G' = \frac{8\pi I h \nu^2}{R^4}; \quad (1)$$

$$\Lambda = \frac{I}{n} \ln \frac{A_0}{A_n}, \quad (2)$$

где I — момент инерции колеблющейся системы, кг·м²;
 h — высота скручиваемой части образца, м;
 ν — частота свободных крутильных колебаний, Гц;
 A_0 и A_n — начальная и n -я амплитуды затухающих крутильных колебаний, м.

Для исследования кинетики гидротермической обработки березовой и сосновой древесины был сконструирован и изготовлен прямой крутильный маятник, упругим подвесом в котором служил сам исследуемый цилиндрический образец древесины диаметром 9 мм и длиной 160 мм. Маятник вмонтирован внутрь автоклава емкостью 17 л. Коромысло маятника в виде массивного цилиндра с моментом инерции $34,8 \cdot 10^{-4}$ кг·м² закручивали на определенный угол (порядка 1°), после чего вся система совершала свободные затухающие колебания, регистрируемые индуктивным датчиком трансформаторного типа и быстродействующим самопишущим прибором Н-338. Измеряемые частоты лежали в диапазоне 2—10 Гц, что позволяло использовать в приборе Н-338 несущую частоту 150 Гц. Погрешность в определении амплитуды колебаний составляла 2—6%, а частоты — менее 1%. Измеряемые неразрушающие параметры при фиксированных температурах и давлениях вскрывают также потенциальную предрасположенность образца к дальнейшим структурным изменениям.

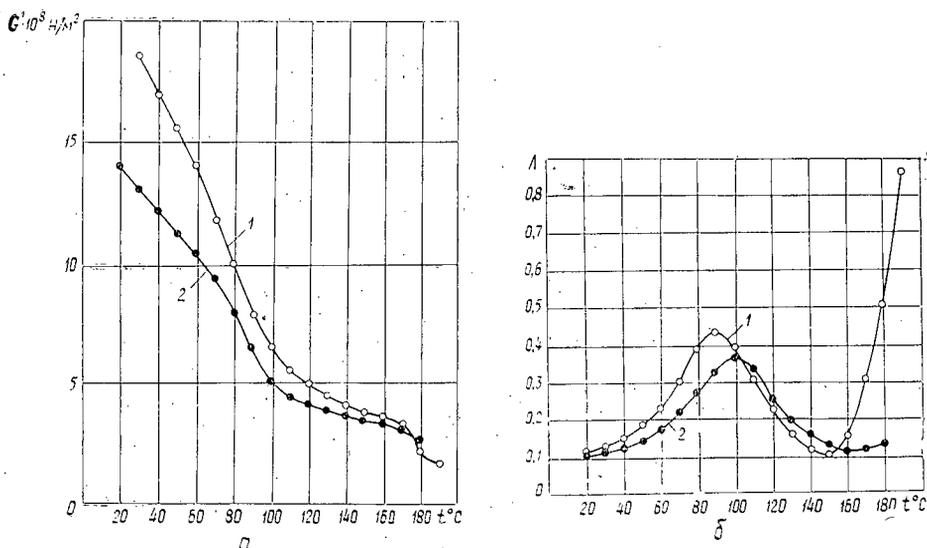


Рис. 1. Зависимость динамического модуля сдвига $G'(a)$ и логарифмического декремента колебаний Λ (б) березовой (кривые 1) и сосновой (кривые 2) древесины от температуры гидротермической обработки.

Нами были сняты температурные кривые изменения вязко-упругих характеристик древесины, ориентированной волокнами вдоль оси кручения, для хвойных и лиственных пород (рис. 1). Ход кривых при возрастании температуры аналогичен для древесины обеих пород, однако лиственная древесина менее устойчива к тепловому воздействию, так как ее модуль сдвига при достижении температуры в 180°C уменьшается в 9 раз, а сосны — всего лишь в 5 раз. Логарифмический декремент колебаний для березы при приближении к 180°C резко увеличивается, что также свидетельствует о накоплении в материале большого количества дефектов структуры. Температура размягчения (оптимальная температура размораживания сегментов) для лиственной древесины на 10° меньше по сравнению с хвойной и составляет 90°C. По данным работы [2], в которой также использован метод крутиль-

ных колебаний, независимо от вида древесины температура размягчения составляет 90°C . Это расхождение нельзя считать принципиальным, так как, во-первых, разница незначительна, а во-вторых, как известно из науки о полимерах, следует всегда говорить о некоторой области температуры размягчения, а не о строго определенной температуре. Если полученные зависимости (как предлагают авторы в работе [2]) представить в виде обобщенной функции $G' \Delta$, характеризующей модуль потерь, от температуры, то оптимальные диапазоны для двух видов древесины составляют $70\text{--}90^{\circ}\text{C}$.

Испытание образцов древесины в атмосфере азота показало максимум декремента затухания при 180°C (рис. 2). В отсутствие пластификатора (насыщенный водяной пар) максимум потерь сдвигается в сторону более высоких температур. Опыт показал, что, используя различные химические добавки в атмосфере автоклава, можно целенаправленно изменять технологию термообработки древесины.

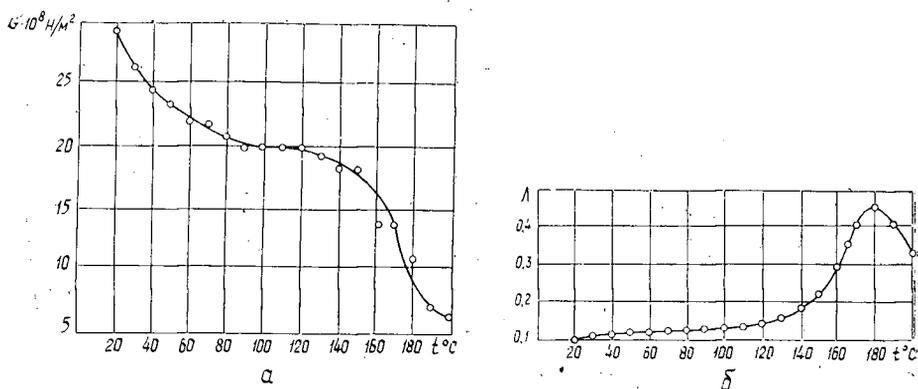


Рис. 2. Зависимость динамического модуля сдвига G' (а) и логарифмического декремента колебаний Δ (б) от температуры для березовой древесины в атмосфере азота.

Далее нами определены зависимости вязко-упругих характеристик от температуры для сосны (рис. 3 и 4). По оси ординат на рис. 3 отложен модуль сдвига в процентах по отношению к исходному его значению при 20°C , которое для различных образцов варьировало в пределах от $14 \cdot 10^8$ до $16 \cdot 10^8$ Н/м². При увеличении температуры (прямой полуцикл) модуль сдвига сосны во всех пяти случаях снижается, что свидетельствует об уменьшении прочности структурного каркаса древесины (рис. 3). В прямом полуцикле максимальная подвижность неструктурированных структурных элементов древесины (сегментальная подвижность) наступает при 100°C , когда коэффициент потерь на внутреннее трение достигает максимума (рис. 4). Следовательно, при предварительной термообработке сосны предпочтение следует отдавать температуре 100°C , так как с дальнейшим повышением температуры (кривые ν , ζ , δ на рис. 3, 4), несмотря на снижение сдвиговой жесткости, уменьшающей энергию на размол, в древесине образуются микро- и макродефекты, ухудшающие качество древесной массы. Действительно, при обратном полуцикле (снижение температуры с максимальной до 20°C) максимум потерь сдвигается в сторону более высоких температур (обратные кривые ζ , δ на рис. 4), а модуль сдвига при

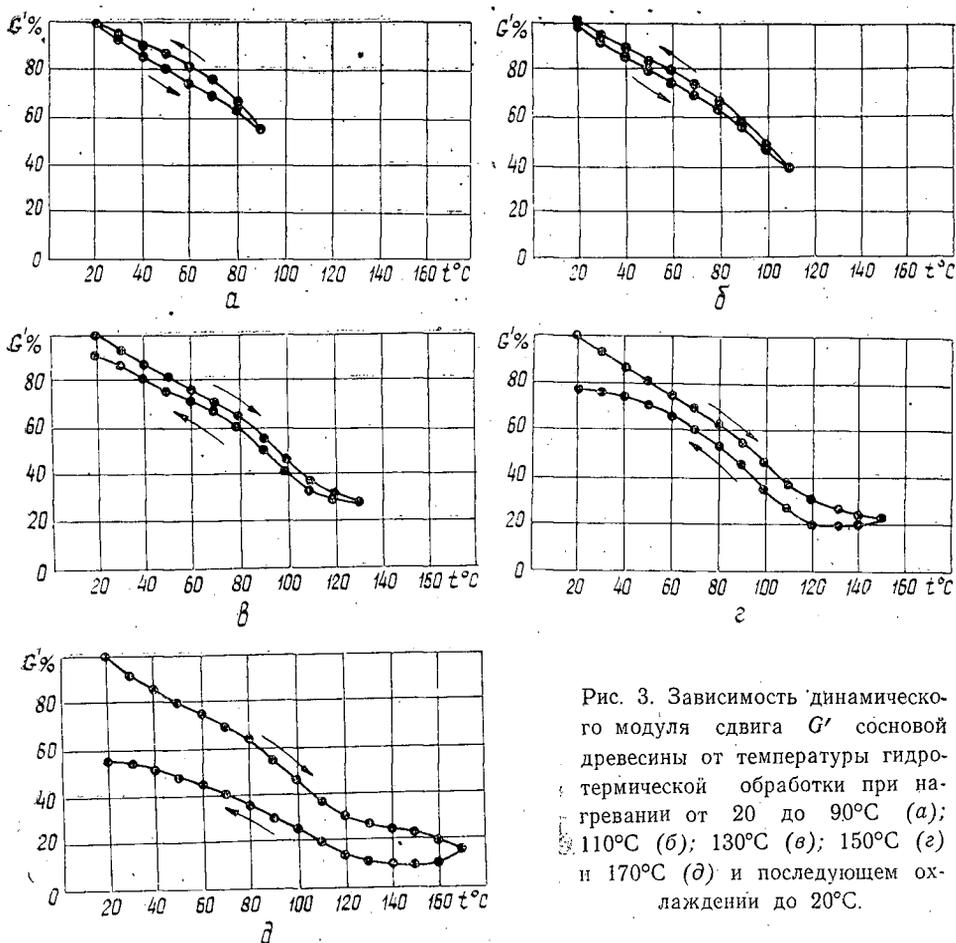


Рис. 3. Зависимость динамического модуля сдвига G' сосновой древесины от температуры гидро-термической обработки при нагревании от 20 до 90°C (а); 110°C (б); 130°C (в); 150°C (г) и 170°C (д) и последующем охлаждении до 20°C.

170°C уменьшается почти в два раза (обратная кривая д на рис. 3). Это означает, что при температурах выше 130°C накапливаются большие необратимые изменения в структуре волокон и, несмотря на возможный энергетический выигрыш при размоле, получаемая термомеханическая масса обладает пониженными качествами по белизне и механическим показателям. Полученный результат практически совпадает с данными, приведенными в работе [2].

В обратном полуцикле максимум потерь (температура стеклования) сдвигается в сторону более высоких температур. Это объясняется тем, что при переходе из высокоэластического в стеклообразное состояние (при понижении температуры) достаточно, чтобы лишь часть сегментов макромолекул оказалась зафиксированной в пространстве, а это вызывает фиксацию всей молекулы. Этот эффект возрастает с увеличением температуры.

Результаты, полученные в лабораторных условиях при измерениях в инфранизкочастотной области, применимы для производственных условий работы размалывающего оборудования, в котором частота воздействия на волокна достигает 10^3 — 10^5 Гц. Дело в том, что для многих полимеров с ростом частоты сдвиговая жесткость увеличивается

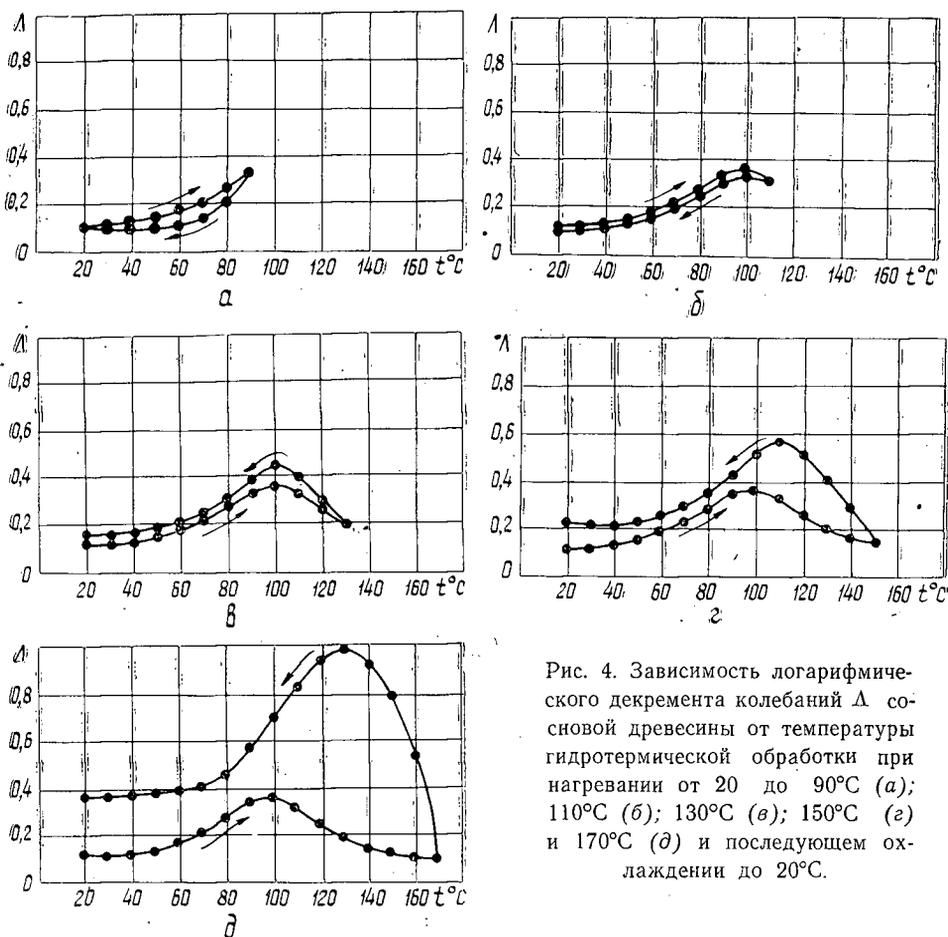


Рис. 4. Зависимость логарифмического декремента колебаний Δ сосновой древесины от температуры гидротермической обработки при нагревании от 20 до 90°C (а); 110°C (б); 130°C (в); 150°C (г) и последующем охлаждении до 20°C.

[3] и, следовательно, для сохранения того же уровня жесткости требуется повысить температуру термообработки древесины. Однако, как показано в работе [1, с. 83—85], благодаря наличию элементов сухого трения (элементов Сен-Венана) в реологической модели материалов на базе древесины и целлюлозы положительной дисперсии нет и, более того, при высоких частотах экспериментально обнаруживается так называемая отрицательная дисперсия, т. е. с ростом частоты модуль сдвига уменьшается.

Это обстоятельство без должного объяснения отмечается также и в работе [2].

Отсюда можно сделать весьма важный вывод. Так как модуль сдвига в интересующем диапазоне частот от 10^5 Гц практически постоянный, то выводы о структурных изменениях в низкочастотной области нагружения справедливы и для реального размалывающего оборудования и никакой температурной компенсации сдвиговой жесткости древесины не требуется.

В заключение отметим, что проблема гидротермической обработки древесины применительно к размолу включает в себя два аспекта, один из которых сводится к выбору оптимальных температур обра-

ботки древесины; этому аспекту и посвящена данная работа. Второй аспект связан с энергетическими затратами на размол и не менее важен. Авторам данного исследования представляется возможным решить и эту проблему. Забегая несколько вперед и основываясь на независимости модуля сдвига от частоты, оперируя временами запаздывания и релаксации, которые легко определяются по основным неразрушающим параметрам [1, с. 70, 80], можно рассчитать рисунок размалывающей гарнитуры с целью определения минимальных энергозатрат на размол древесины.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ерыхов Б. П. Неразрушающие методы исследования целлюлозно-бумажных и древесных материалов. М., «Лесная промышленность», 1977. 248 с. [2]. Höglund H., Sohlin U., Tistad G. Physical properties of wood in relation to chip refining. — «Tappi», vol. 59, N 6, 1976, p. 144—147. [3]. Messum N. G., Redel B. E., Williams G. Anelastic and Dielectric Effects in Polymeric Solids. John Wiley and Sons. London, 1967, p. 10—30.

Поступила 18 января 1979 г.

УДК 674.047.3

КОЛЕБАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЛЕСОСУШИЛЬНОЙ КАМЕРЫ

Ю. П. ЭПШТЕЙН

Петрозаводский государственный университет

Рассматриваются вопросы динамического расчета несущих конструкций сборной цельнометаллической лесосушильной камеры при действии нагрузок эксплуатационного характера. Результаты расчета позволяют оценить надежность и эксплуатационную пригодность конструкций лесосушильной камеры.

На кафедре механики Петрозаводского университета проведена работа по исследованию напряженно-деформированного состояния несущих конструкций сборной цельнометаллической лесосушильной камеры [2], которую разрабатывают в производственном объединении Петрозаводскмаш.

В процессе эксплуатации, а также в период изготовления, транспортировки и монтажа несущие конструкции камеры испытывают статические, тепловые, а также динамические воздействия, возникающие из-за неуравновешенности вращающихся частей вентиляторов камеры.

Изучение напряженно-деформированного состояния несущих конструкций при различных воздействиях позволило оценить их надежность и долговечность, безаварийность работы, а также вскрыть резервы снижения металлоемкости.

Цель динамического расчета несущих конструкций лесосушильной камеры — проверить допустимость перемещений и внутренних усилий конструкции, рассчитанной на статические нагрузки, при совместном действии статических и динамических нагрузок.

Расчет проводили в следующей последовательности: 1) формировали расчетную модель и разрабатывали алгоритм расчета; 2) определяли динамическую нагрузку от вентиляторов; 3) вычисляли частоты и формы собственных колебаний несущих конструкций лесосушильной камеры; 4) определяли амплитуды динамических перемещений и внутренних усилий в конструкциях; 5) оценивали надежность и

эксплуатационную пригодность вариантов несущих конструкций лесосушильной камеры при динамическом воздействии с точки зрения выполнения перечисленных выше требований.

Схема для динамического расчета несущих конструкций лесосушильной камеры приведена на рис. 1. Реальную раму заменяли невесомой (безынерционной) стержневой системой, в точках 1, 2, ..., n которой находятся сосредоточенные массы m_1, m_2, \dots, m_n . Использование ЭВМ позволило учитывать одновременно вертикальные и горизонтальные колебания. Так как каждая масса имеет две степени свободы, то при расчете рассматривали две независимые равные ей по величине массы, у каждой из которых одна степень свободы. Соответственно этому точка приложения массы с двумя степенями свободы имеет два различных номера. Следовательно, у принятой для расчета дискретной системы четырнадцать степеней свободы.

Вентиляторы лесосушильных камер относятся к машинам с номинально уравновешенными, а фактически неуравновешенными движущимися частями. Считается, что при динамической балансировке остается неуравновешенность, приводящая к появлению центробежной силы инерции, которая и вызывает вибрацию камеры. Динамическую нагрузку от вентилятора определяли в соответствии с инструкцией [1]. Характеристики свободных колебаний (собственные частоты и собственные формы) полностью определяют индивидуальные динамические свойства механической системы. Определение частот собственных колебаний позволяет установить возможность резонанса, вычислить резонансные перемещения и усилия, разработать необходимые мероприятия для снижения уровня колебаний.

Задача определения частот и форм собственных колебаний известными преобразованиями сводится к задаче определения собственных чисел и собственных векторов матрицы

$$C = AM = \begin{pmatrix} m_1 \delta_{11} & m_2 \delta_{12} & \dots & m_n \delta_{1n} \\ m_1 \delta_{21} & m_2 \delta_{22} & \dots & m_n \delta_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_1 \delta_{n1} & m_2 \delta_{n2} & \dots & m_n \delta_{nn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где $A = \{\delta_{ij}\}$ — матрица перемещения масс от единичных сил (матрица податливости системы). Матрицу A вычисляют на основе статического расчета; $M = \{m_i\}$ — диагональная матрица масс системы (матрица инерционности системы).

Собственные числа λ_i матрицы C связаны с частотами p_i собственных колебаний простым соотношением

$$p_i = \frac{1}{\sqrt{\lambda_i}}, \quad (2)$$

а собственные векторы $X_c^{(i)}$ определяют формы собственных колебаний. На рис. 1 показаны первые формы колебаний камеры.

При расчете на гармонические нагрузки необходимо учитывать возможную погрешность в определении собственных частот за счет возможной неточности исходных данных, а также изменения собственных частот конструкций в процессе эксплуатации.

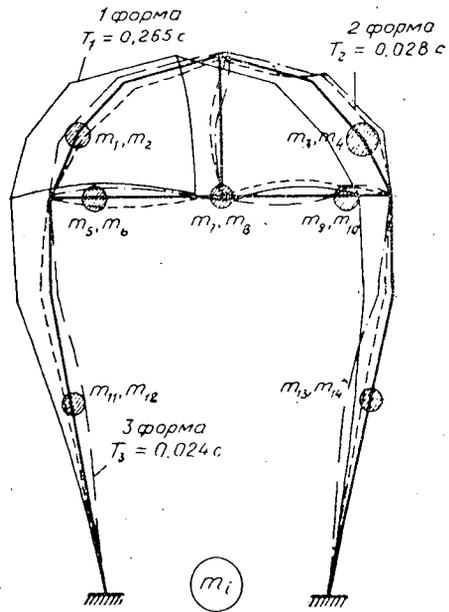


Рис. 1.

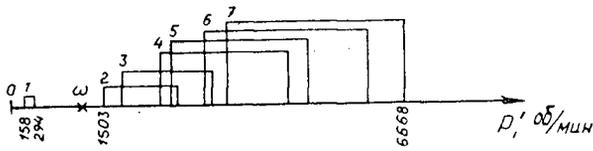
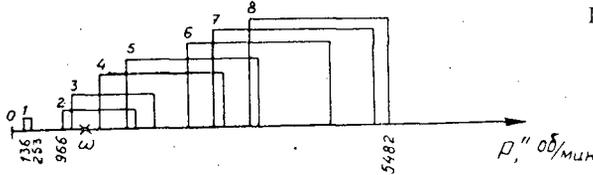


Рис. 2.



камеры. Такую погрешность учитывали вводом частотных зон, внутри которых находится расчетное значение собственной частоты.

На рис. 2 представлены спектры частот собственных колебаний двух вариантов несущих конструкций лесосушильной камеры. Как видно из этого рисунка, спектры частот достаточно густые, что характерно для рамных конструкций. Частоте основного тона соответствовали горизонтальные колебания несущих конструкций камеры. Для первого варианта рабочий режим вентиляторов с угловой скоростью вала ω проходит в первой межрезонансной зоне. Для второго варианта рабочий режим вентиляторов — резонансный для несущих рам. При этом наблюдается двоянный резонанс по 2-й и 3-й формам колебаний, представляющий повышенную опасность для камеры. При анализе вынужденных установившихся гармонических колебаний последовательно определяли на ЭВМ амплитуды динамических перемещений, скоростей и ускорений точек несущих конструкций лесосушильной камеры, амплитуды сил инерции сосредоточенных масс и амплитуды внутренних расчетных динамических усилий (изгибающие моменты, продольные и поперечные силы). Результаты исследования позволили оценить надежность и эксплуатационную пригодность предлагаемых вариантов конструкций. Рекомендуемый вариант обладает достаточной прочностью, выносливостью и деформативностью при совместном действии статических (силовых и тепловых) и динамических нагрузок. Выявлены наиболее напряженные узлы соединения несущих конструкций камеры и даны рекомендации по их конструированию.

Колебания несущих конструкций лесосушильной камеры можно уменьшить за счет достаточно жесткого соединения обшивки камеры с конструкциями, а также за счет снижения массы отопительно-вентиляционного оборудования. Кроме того, колебания можно значительно уменьшить с помощью статической и динамической балансировки вентиляторов. Возможно устройство эффективной виброизоляции вентиляторов. Однако здесь необходим специальный расчет, так как неправильный выбор параметров виброизоляции может существенно снизить ее эффективность и привести к увеличению колебаний конструкций (при активной виброизоляции), а также вентиляторов (при пассивной виброизоляции).

Таким образом, для создания конструкции сушильной камеры, обеспечивающей надежную работу при экономичном расходе материалов, помимо технологических расчетов необходим достаточно обоснованный прочностной расчет.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Инструкция по определению динамических нагрузок от машин, устанавливаемых на перекрытиях промышленных зданий. М., Стройиздат, 1966. [2]. Исследование напряженно-деформированного состояния несущих конструкций модернизируемой лесосушильной камеры при различных воздействиях. Отчет по научно-исследовательской работе. Петр. гос. ун-т, 1977.

Поступила 15 декабря 1977 г.

УДК 534.322.3 : 621.928.3

РАСЧЕТ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ЗВУКОВОЙ МОЩНОСТИ, ИЗЛУЧАЕМОЙ ЦИКЛОНАМИ ПНЕВМОТРАНСПОРТА

Н. Н. ЧЕРЕМНЫХ, М. П. ЧИЖЕВСКИЙ, А. Н. ПЕТРОВ

Уральский лесотехнический институт

Приведены расчеты снижения шума, излучаемого циклонами пневмотранспорта при установке экранных глушителей против выхлопной трубы и облицовке трубы звукопоглощающей конструкцией. Первый расчет выполнен для плоского экрана на основе теоремы подобия и экспериментальных данных Е. Я. Юдина для глушителей экранного типа, второй расчет основан на теории Морза.

Шум большинства узлов пневмотранспортных систем деревообрабатывающих цехов превышает действующие санитарные нормы [5—7, 9]. При установке циклонов указанных систем на открытом воздухе (на территории предприятия) снижение излучаемой звуковой мощности направлено на решение проблемы создания акустического комфорта близлежащей территории.

Конические циклоны [3, 4], включающие нижнюю коническую часть и верхнюю со смонтированными на ней вводом потока аэросмеси и выхлопной трубой, установленной на оси, излучают шум двух видов: аэродинамический, образующийся вследствие выхода воздуха из трубы, и механический, образующийся от передачи вибрации стенок циклона воздуху. Известна также конструкция циклона, который (или часть его) имеет футеровку, прикрепленную изнутри к стенке через упругий демпфирующий элемент [7, 9]. Это приводит к демпфированию ударов частиц древесины при входе аэросмеси в циклон, снижению колебаний от трения частиц о стенки, а также повышению звукоизоляции самого циклона от воздушного шума. Однако в такой конструкции интенсивное излучение звуковой мощности происходит через открытый конец выхлопной трубы, которая служит для выхода чистого воздуха. Экранирование шума всего циклона влечет за собой создание довольно громоздкой конструкции [8].

В работе [9] нами предложена конструкция для уменьшения уровня мощности звукового излучения, создаваемого циклонами с повышенной степенью очистки воздуха. В конструкции предусмотрено покрытие стороны экрана-зонта, обращенной к выходному отверстию выхлопной трубы слоем звукопоглощающего материала (ЗПМ) толщиной 100 мм (на столько же увеличивается расстояние от трубы до экрана-зонта), а также облицовка стенок трубы слоем ЗПМ. Первое техническое решение позволит уменьшить излучение высокочастотного шума, второе — низко- и среднечастотных составляющих.

В качестве примера рассмотрим затухание звука в циклоне Ц-950 [4]. Если внутренний цилиндр этого циклона имеет облицовку ЗПМ толщиной 50 мм, то диаметр воздухопроводящего канала равен 475 мм, т. е. как в циклоне Ц-800. Недостаток предлагаемого изменения конструкции — уменьшение объема пропускаемого воздуха — компенсируется уменьшением мощности звукового излучения. Верхний предел производительности циклона Ц-800 совпадает с нижним пределом производительности циклона Ц-950, поэтому полагаем, что воздушное сопротивление циклона Ц-950 с облицованным цилиндром примерно равно воздушному сопротивлению циклона Ц-800.

Расчет экранного глушителя сводится к вычислению мощности излучения звука из круглой трубы, перед выходным отверстием которой установлен экран со слоем ЗПМ.

Воспользуемся методом расчета и экспериментальными данными, приведенными в работах [1, 10]. Имеем [4] диаметр трубы $D_1 = 480$ мм, диаметр экрана $D_2 = 1030$ мм, расстояние от отверстия до экрана $\frac{D_1}{2} = 240$ мм. Для упрощения экран считаем плоским и принимаем $D_2 = 2D_1$, что выполняется с точностью до 7%. На основании гипотезы подобия при постоянной величине $\frac{D}{\lambda}$ звуковое поле в окрестности трубы не изменяется. Если скорость звука в среде постоянна, то можно считать $\frac{Df}{\lambda} = \text{const}$ или $D_1 f_1 = D' f'$.

Для использования графиков из работы [10], в которой диаметр трубы $D' = 180$ мм, необходимо перейти от частоты f' к частоте f_1 излучения из трубы диаметром $D_1 = 480$ мм с помощью формулы

$$f_1 = f' \frac{D'}{D_1} = f' \frac{180}{480} = 0,375 f'.$$

Например, в работе [10] на рис. 11 по оси абсцисс отложено значение

$$\frac{D'}{\lambda'} = f' \frac{D'}{c} = \frac{0,18 f'}{340} = 5,3 \cdot 10^{-4} f' \approx 14 \cdot 10^{-4} f_1.$$

Задавая определенные значения f_1 , вычисляем соответствующие им значения $\frac{D'}{\lambda'}$ и по данным рис. 11 [10] находим снижение уровня мощности $\Delta \epsilon_{\text{гд}}$.

Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

f_1	150	225	300	375	450	600	1200	2400
$\frac{D'}{\lambda'}$	0,21	0,32	0,42	0,53	0,64	0,84	1,68	3,36
$\Delta \epsilon_{\text{гд}}$	0	2	3	4	7	8	7	8

Следовательно, установка глушителя-экрана диаметром 1030 мм, облицованного слоем ЗПМ в области частот свыше 450 Гц, позволяет уменьшить уровень излучаемой мощности звука на 7—8 дБ. При $f < 450$ Гц снижение излучаемой мощности невелико (т. е. экранный глушитель более эффективен в области высоких частот).

Выше предполагалось, что в работе [10] и в нашем случае импедансы слоев ЗПМ, покрывающих экраны, в области сходственных частот близки по величине. Изменяя материал слоя ЗПМ и его толщину, можно добиться совпадения импедансов по крайней мере в узкой области частот, в которой мощность излучения велика.

Рассчитаем затухание звука в выхлопной трубе циклона ПСО, облицованной слоем ЗПМ. Полагаем, что выхлопная труба циклона Ц-950 длиной $l = 1625$ мм и внутренним диаметром 575 мм облицована изнутри слоем ЗПМ типа шлаковой ваты толщиной $\delta = 50$ мм, так что диаметр звукопроводящего канала $D \approx 480$ мм.

Давление, создаваемое основной модой звуковой волны в круглой трубе, можно рассчитать по формуле (26.14) из работы [2]

$$p \approx A_0 I_0 \left(\sqrt{\frac{2\omega R \rho}{iZ}} \right) e^{-i \frac{x}{R}} X + i \left(\frac{\omega}{c} + \frac{\sigma}{R} \right) X - i\omega t, \quad (1)$$

где $I_0(Z)$ — функция Бесселя нулевого порядка;

$\frac{\rho c}{Z} = \chi - i\sigma$ — обратный безразмерный импеданс ЗПМ;

χ, σ — безразмерная активная и реактивная проводимости;

ρ — плотность среды (воздуха);

R — радиус трубы;

c — скорость звука в воздухе (ось X направлена вдоль оси трубы);
 ω — циклическая частота.

Снижение уровня звукового давления в трубе длиной l , согласно формуле (1), выражаем в виде

$$\Delta L = 10 \lg \frac{P_{X=0}}{P_{X=l}} = \frac{\alpha l}{R} \cdot 10 \lg e = 4,34 \frac{\alpha l}{R}. \quad (2)$$

Цель дальнейших расчетов — определить активную проводимость α для конкретного ЗПМ при различных частотах. По известной величине α легко можно найти значение ΔL .

Приведенный импеданс ЗПМ определяем следующим образом:

$$\frac{Z}{\rho c} = X + iY,$$

где X, Y — активная и реактивная составляющие импеданса.

Преобразуем обратный импеданс

$$\frac{\rho c}{Z} = \alpha - i\sigma = \frac{1}{X + iY} = \frac{X - iY}{X^2 + Y^2} = \frac{X}{Z^2} - i \frac{Y}{Z^2},$$

откуда

$$\alpha = \frac{X}{(Z/\rho c)^2}, \quad (3)$$

где

$$\left(\frac{Z}{\rho c}\right)^2 = X^2 + Y^2. \quad (3a)$$

Звукопоглощающие свойства шлаковой ваты приведены в табл. XVI [1]. Для расчета значений X, Y применим формулы (65) и (66) из работы [11]

$$X = \frac{W_X \operatorname{sh} 2\beta l + W_Y \sin 2kl}{\operatorname{ch} 2\beta l - \cos 2kl};$$

$$Y = \frac{W_Y \operatorname{sh} 2\beta l - W_X \sin 2kl}{\operatorname{ch} 2\beta l - \cos 2kl}, \quad (4)$$

где $l = 50$ мм — толщина слоя ЗПМ.

Данные зависимости параметров ЗПМ W_X, W_Y, β, k от частоты приведены в табл. XVI [1]. Для нашего ЗПМ — шлаковой ваты — результаты расчета снижения звукового давления в облицованной трубе приведены в табл. 2.

Таблица 2

f Гц	W_X	W_Y	β	k	X	Y	$\left(\frac{Z}{\rho c}\right)^2$	α	ΔL дБ
200	2,4	1,1	8	10	3,8	-1,4	17	0,23	7,5
400	1,8	0,7	12	18	1,7	-0,4	3,1	0,56	16,5
600	1,6	0,7	17	26	1,4	0,45	2,1	0,66	20
700	1,5	0,7	18	29	1,3	0,52	1,8	0,7	21
800	1,4	0,7	20	32	1,2	0,6	1,8	0,66	20

Первые пять граф взяты из работы [1]; X и Y вычислены по формуле (4); $\left(\frac{Z}{\rho c}\right)^2$ — по выражению (3a); α — из равенства (3); ΔL — по формуле (2).

По данным табл. 2 максимального затухания звука следует ожидать при частоте 700 Гц. Расчет по формуле (XV.14) из работы [1] дает почти такое же значение частоты, на которой затухание максимально,

$$f = \frac{c_{\text{ЗПМ}}}{4\delta} = \frac{135}{4 \cdot 0,05} \approx 680 \text{ Гц},$$

где $c_{\text{ЗПМ}}$ — скорость звука в ЗПМ.

Вычислим снижение шума в циклоне Ц-16 с расширителем (без зонта) [3].

Диаметр выхлопной трубы циклона равен 840 мм, толщина внутренней облицовки ЗПМ (шлаковой ваты) — 50 мм; радиус звукопроводящего канала — 370 мм. Проведем расчеты по формулам (2)–(4), получаем результаты, приведенные в табл. 3.

Таблица 3

f Гц	200	400	600	700	800
ΔL дБ	2,5	5,5	6,5	7	6,6

Снижение уровня звукового давления в выхлопной трубе циклона Ц-16 примерно в 3 раза меньше, т. к. отношение длины трубы к радиусу в этом циклоне в 3 раза меньше, чем в циклоне ПСО. Следует заметить, что в циклоне Ц-16 при частотах $f > \frac{c}{2R} = \frac{340}{2 \cdot 0,37} = 440$ Гц результаты расчета ΔL не вполне надежны.

Таким образом, дополнительная установка экранного глушителя со слоем звукопоглощающего материала против выхлопной трубы циклона позволит снизить излучение высокочастотного шума, а облицовка самой трубы ЗПМ — снизить низкочастотные компоненты шума.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Борьба с шумом. Под ред. Е. Я. Юдина. М., Стройиздат, 1964. 704 с. [2]. Морз Ф. Колебания и звук. ГИТТЛ, 1949. 496 с. [3]. Пневматический транспорт измельченной древесины. Л., Гипродрев, 1970. [4]. Святков С. Н. Пневматический транспорт измельченной древесины. М., «Лесная промышленность», 1966. 320 с. [5]. Черемных Н. Н., Чижевский М. П. Снижение шума в системе пневмотранспорта. — «Механическая обработка древесины», 1972, № 8, с. 15. [6]. Чижевский М. П., Черемных Н. Н. Снижение шума при механической обработке древесины. М., «Лесная промышленность», 1975. 152 с. [7]. Чижевский М. П., Черемных Н. Н. Методическое руководство по борьбе с шумом в деревообрабатывающей промышленности. М., Минлеспром СССР, 1975. 208 с. [8]. Чижевский М. П. и др. Защита от шума пневмотранспорта. — «Механическая обработка древесины», 1976, № 8, с. 9. [9]. Чижевский М. П., Черемных Н. Н. Руководство по расчету ожидаемой шумности при проектировании цеховых стружкоотсасывающих установок. М., Минлеспром СССР, 1977. 153 с. [10]. Юдин Е. Я. Экспериментальное исследование глушителей экранного типа. — «Промышленная аэродинамика», 1959, № 12, с. 216–239. [11]. Юдин Е. Я. и др. Звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы. М., Стройиздат, 1966, 247 с.

Поступила 30 января 1979 г.

УДК 678.057.2 : 674.07

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ВЫСОКОВЯЗКИХ ОТДЕЛОЧНЫХ СОСТАВОВ НА ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫЕ ПЛИТЫ

Л. А. НИКИТЮК

Львовский лесотехнический институт

Приведены результаты экспериментального исследования удельного расхода высоковязких составов при их нанесении на шитовые детали вальцовым методом. Методом планирования эксперимента получена математическая модель процесса грутования и шпатлевания. Исследованы условия обеспечения необходимых расходов составов с целью качественной подготовки поверхности деталей к отделке.

Цель работы — определить влияние режимов работы вальцового станка на удельную норму расхода высоковязких отделочных составов при нанесении их на поверхность древесностружечных плит (ДСП).

Исследование проводили на экспериментальной установке, состоящей из узлов подачи заготовок, нанесения и разравнивания материала.

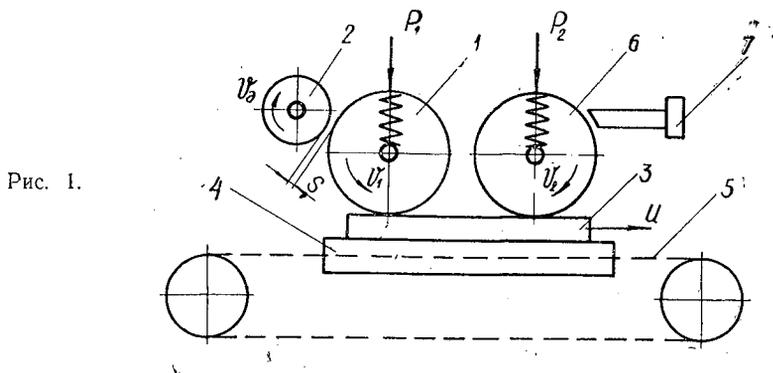


Рис. 1.

Схема установки показана на рис. 1. В зазор между наносящим 1 и дозирующим 2 вальцами подают состав, и включают привод всех валцов. Образец 3 вместе с кареткой 4 устанавливают на направляющие и включают привод подачи. При помощи цепного конвейера 5 образец перемещается под наносящим 1 и втирающим 6 вальцами. Поверхность втирающего вальца очищают раклом и войлочной прокладкой 7, смазываемой растворителем.

В качестве образцов использовали трехслойные калиброванные плиты с шероховатостью поверхности $R_{z\ max} = 85 \pm 10$ мкм. Постоянные и переменные факторы, а также их численные значения определены из литературных данных, паспортных данных вальцовых станков, а также выполненных ранее теоретических исследований [1, 2].

Постоянные факторы: скорость вращения дозирующего вальца 0,01 м/с (только с целью исключения «невращения» состава); скорость вращения разравнивающего вальца 0,02 м/с; характеристики образцов стружечных плит и внешние условия.

Переменные факторы: дозирующий зазор S , м; скорость подачи U и синхронная ей по значению и направлению окружная скорость наносящего вальца V_1 , м/с; удельное давление наносящего P_1 и разравнивающего P_2 вальцов, Н/м.

Для нанесения применяли составы на основе полиэфирного лака ПЭ-246 с добавлением наполнителей, моделирующих технологические свойства применяемых грунтовок и шпатлевок. Вместо вязкости составов, изменяющейся в зависимости от скорости нанесения, в качестве переменного фактора принято условное процентное содержание активного наполнителя (аэросила АДЭГ), количество которого выбирали путем сравнения кривых течения грунтовок и шпатлевок, полученных на приборе Реотест-2, с кривыми течения модельных составов. Нижний уровень содержания наполнителя в лаке соответствует консистенции грунтовки, верхний — консистенции шпатлевки.

В связи с теоретическими предположениями о нелинейном характере влияния некоторых факторов на расход составов эксперименты мы проводили по ортогональному композиционному плану второго порядка. Матрица планирования включает 27 опытов; ядро в виде полуреплики 2^{5-1} с 16 опытами, 10 опытов в звездных точках и 1 опыт в центре. Число повторений опытов определили расчетами и приняли равным 5. Переменные факторы варьировали на пяти уровнях в пределах

$$0,0002\ \text{м} \leq S \leq 0,0008\ \text{м}, \quad 0 \leq P_2 \leq 1200\ \text{Н/м}; \quad 0,11\ \text{м/с} \leq U \leq 0,49\ \text{м/с}; \\ 200\ \text{Н/м} \leq P_1 \leq 1800\ \text{Н/м}; \quad 3,6\% \leq K \leq 11,4\%.$$

Соотношение между условными и натуральными факторами

$$X_1 = \frac{S - 0,0005}{0,0002}; \quad X_2 = \frac{P_2 - 600}{400}; \quad X_3 = \frac{U - 0,3}{0,12}; \\ X_4 = \frac{P_1 - 1000}{500}; \quad X_5 = \frac{K - 7,5}{2,5}.$$

В качестве отклика принята удельная норма расхода состава

$$Q = \frac{m_2 - m_1}{F},$$

где Q — удельный расход состава, кг/м²;

m_2 — масса образца после нанесения, кг;
 m_1 — » » до нанесения, кг;
 F — площадь образца, м².

Воспроизводимость результатов проверили по ядру плана, значимость коэффициентов — по t -критерию, адекватность уравнения — по критерию Фишера. Уравнение регрессии с учетом только значимых членов имеет вид

$$y = 0,0884 + 0,0046X_1 - 0,0123X_2 - 0,0047X_4 + 0,0136X_5 + 0,0021X_1X_5 + \\ + 0,0026X_2X_5 + 0,0023X_2^2 - 0,0066X_5^2.$$

Как показывает уравнение регрессии, самое большое влияние на расход состава оказывают процентное содержание наполнителя и давление разравнивающего вальца, несколько меньшее — давление наносящего вальца и дозирующий зазор. Для принятых условий скорость подачи не оказывает существенного воздействия на расход материала. Из парных взаимодействий больше всего влияют дозирующий зазор и содержание наполнителя, а также давление разравнивающего вальца и содержание наполнителя. Нелинейность математической модели определяется влиянием содержания наполнителя и удельным давлением разравнивающего вальца. Графики, построенные по уравнению регрессии, приведены на рис. 2 и 3.

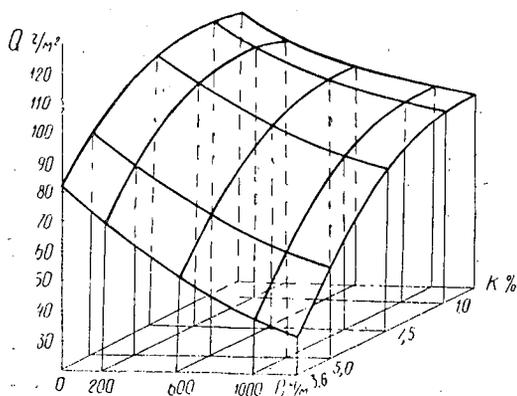
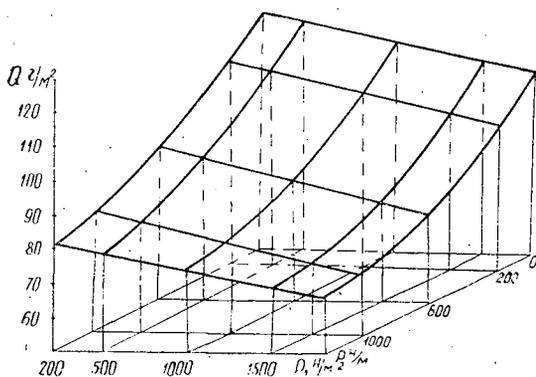


Рис. 2. Зависимость расхода состава Q от давления разравнивающего вальца P_2 и содержания наполнителя K при $S = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м и $P_1 = 1000$ Н/м.

Рис. 3. Зависимость расхода состава Q от давления наносящего P_1 и разравнивающего P_2 вальцов при $K = 7,5\%$ и $S = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м.



Расход составов изменялся в довольно широких пределах — от 55 до 127 г/м². Качество нанесения составов оценивали визуально по равномерности толщины нанесенного слоя, отсутствию пропусков и степени выравнивания поверхностного слоя материала. Первые два вида дефектов не наблюдались в связи с высокой точностью изготов-

ления и сборки элементов установки, а также благодаря отбору образцов по толщине в каждом опыте. Гладкость поверхностного слоя материала в большой степени зависит от работы разравнивающего вальца. После выхода из наносящего вальца слой материала разрывается, часть его остается на поверхности вальца, часть переходит на поверхность образца, в результате чего на поверхности слоя образуются разветвленные бороздки материала. Вследствие высокой вязкости составов бороздки не растекаются. При недостаточном давлении разравнивающего вальца ($P_2 < 200$ Н/м) неровности полностью или частично остаются на поверхности и требуют дополнительного разравнивания. Кроме того, разравнивающий валец должен тщательно очищаться от состава раклем и дополнительно смачиваться растворителем при помощи войлочной прокладки.

Максимальные расходы, полученные в опытах, недостаточны для формирования шпатлевого слоя на поверхностях необлицованных ДСП [3]. Возможность повышения расхода за счет изменения принятых к исследованию переменных факторов исчерпана, так как увеличение дозирующего зазора более 0,7 мм приводит к нерегулируемому протеканию состава сквозь зазор; при уменьшении давлений вальцов ухудшается качество нанесения. С целью исследования дополнительных способов увеличения расхода шпатлевки были испытаны наносящие вальцы с полиэфирополиуретановой рабочей оболочкой различной твердости, а также несинхронная работа узла нанесения. Толщина эластичной оболочки вальцов — 20 мм, твердость по Шору — 30, 50 и 80. Отношение окружной скорости наносящего вальца к скорости подачи равно 0,8; 1,0; 1,66; 2,0. Дозирующий зазор установлен 0,7 мм, давление наносящего и разравнивающего вальцов — на нижних уровнях.

Расход составов при установке стальных наносящих вальцов и полиэфирополиуретановых твердостью 80 практически одинаков. Уменьшение твердости вальца приводит к значительному увеличению расхода состава. Для твердости вальца 30 расход достигает 170 г/м² при синхронной работе узла нанесения, в то время как при тех же условиях для стального вальца расход составляет 120 г/м². Уменьшение или увеличение окружной скорости наносящего вальца по отношению к скорости подачи значительно влияет на расход состава для всех видов вальцов. Максимальный расход достигнут на вальце с твердостью 30 при отношении $\frac{V_1}{U} = 2$ и составляет в среднем 210 г/м². Такая норма расхода вполне достаточна при шпатлевании древесностружечных плит с шероховатостью до 200 мкм. Кроме того, при $\frac{V_1}{U} > 1$ не происходит образования вращающегося запаса материала перед наносящим вальцом и связанного с этим загрязнения задней кромки щита и элементов станка.

Таким образом, нами установлена зависимость удельной нормы расхода составов от их консистенции и режимов работы вальцовых станков. Вальцовые станки для грунтования могут быть оборудованы гладкими металлическими наносящими вальцами. В станках для шпатлевания наносящие вальцы должны быть изготовлены с оболочкой из эластичного материала твердостью около 30 по Шору, стойкой к воздействию применяемой шпатлевки. Для регулирования расходов наносимых составов на вальцовом станке желательно обеспечить возможность изменения окружной скорости наносящего вальца по отношению к скорости подачи заготовок.

Полученные результаты можно использовать при разработке режимов механизированного грунтования и шпатлевания щитовых деталей.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Никитюк Л. А., Никитюк Ж. М. Теоретическое исследование процесса нанесения вязко-пластичных отделочных материалов на вальцовых станках. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 4. [2]. Никитюк Л. А. Расчет некоторых параметров работы узла нанесения шпатлевки вальцовых станков. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 5. [3]. Черняков Э. А., Пионтковский А. Б., Никитюк Л. А. Расчетный метод определения расхода полиэфирной шпатлевки. — «Мебель». Реф. информ. М., 1971, № 9 (ВНИПИЭИлеспром).

Поступила 12 марта 1979 г.

УДК 621.928.2 : 674.58

К ДИНАМИКЕ ПРОЦЕССА СОРТИРОВКИ СПИЧЕЧНОЙ СОЛОМКИ

В. В. АНДРОНОВ, В. Н. КАРЕВ

Московский лесотехнический институт

Рассмотрен процесс сортировки спичечной соломки по поперечному сечению, основанный на попадании торца соломки в одно из отверстий в дне вибрирующей кассеты и дальнейшем прохождении через это отверстие. Обсуждаются основные физические явления при сортировке. Проанализированы условия попадания соломки в отверстие в результате соударений ее со стенками ячейки.

В силу ряда причин в потоке спичечной соломки всегда имеется некоторое количество дефектных изделий (с отклонениями по длине, размерам поперечного сечения и пр.). Чтобы освободить поток от этих неполноценных элементов, производят сортировку. Соломку с отклонениями по длине удаляют на машинах для первичной сортировки [3]. Однако с помощью этих машин невозможно удалить из потока элементы с дефектным поперечным сечением.

Одна из перспективных конструкций машин для сортировки по поперечному сечению (вторая сортировка) — установка, спроектированная СПКТБ ВНПО «Союзнауцплитпром» (при участии В. Н. Карева [1, 4, 6, 7]).

Основную часть машины представляет горизонтальный транспортер с установленными на нем специальными сортирующими органами — вибрационными кассетами (рис. 1). Вертикальными стенками различной высоты кассета разделена на прямоугольные ячейки таким образом, чтобы диагональ основания была меньше длины соломки. В дне ячеек имеются отверстия. Сортировка осуществляется при прохождении кассетами «активного» участка на верхней ветви транспортера, где им сообщается колебательное движение. Качественная соломка, пройдя под действием вибрации через отверстия в дне ячеек, направляется в поток, а отходы, оставаясь в кассетах,сыпаются в брак на нижнем участке транспортера.

Экспериментальные образцы машины с 1971 г. работают на СМК «Гигант» (г. Калуга) и дают положительный эффект. Однако в процессе эксплуатации обнаружили и некоторые недостатки. Например, выяснилось, что в отходах содержится значительное количество годной соломки (до 10%) и что вследствие вибрации быстро выходят из строя кассеты. Чтобы устранить эти недостатки, а также улучшить процесс сортировки вообще, необходимо детально исследовать движение соломки в процессе сортировки. Процесс вторичной сортировки складывается из трех фаз.

1. Продвижение соломки внутрь ячейки. Соломка поступает на кассету в хаотическом состоянии. Чтобы пройти через отверстие, вначале она должна оказаться внутри ячейки. Продвижение

соломки внутрь ячейки и составляет содержание первой фазы. Разновысотность стенок ячейки в сочетании с колебательным движением обеспечивают нормальное прохождение первой фазы.

2. «Поиск» отверстия (движение соломки внутри ячейки). Соскользнув в ячейку, соломка опирается в дно своим торцом. Трудно ожидать, что при первом же контакте с дном она попадает в отверстие. Более вероятно, что в дальнейшем это осуществится при скольжении торца по дну ячейки. Предназначение второй фазы и состоит в создании условий для такого попадания.

3. Прохождение соломки через отверстие в дне ячейки. Размеры ячейки, а также расположение и размеры отверстий обычно обеспечивают прохождение соломки через отверстие под действием только собственного веса. Вибрация кассет облегчает этот процесс, и качественная соломка, попав в отверстие, беспрепятственно проходит через него.

Предварительные эксперименты и анализ показали, что необходимый уровень динамического воздействия определяется главным образом потребностями второй фазы процесса. Если параметры ячейки и вибрационное воздействие обеспечивают нормальное прохождение этой фазы, то первая и третья фазы при соответствующих геометрических характеристиках (размеры отверстий, толщина дна, разновысотность стенок и др.), как правило, не встречают затруднений. Поэтому при нахождении параметров вибрации определяющая роль принадлежит фазе поиска отверстия.

При движении соломки внутри ячейки ее верхний конец может соударяться со стенками ячейки. Поэтому имеются два фактора, приводящие к движению нижнего конца соломки. В основе первого лежит превышение движущих сил над силами сопротивления в период между соударениями, в основе второго — смещение нижнего конца соломки в моменты соударений.

Первый из этих факторов кратко характеризуется следующими обстоятельствами. При движении внутри ячейки верхний конец соломки скользит по одной из вертикальных стенок, а нижний опирается в дно; его скольжению по дну препятствует сила сухого кулонова трения. Эта сила будет преодолена, если горизонтальная динамическая реакция в неподвижном нижнем конце соломки превысит по абсолютной величине ее предельное значение, равное fN_v (где f — коэффициент трения, а N_v — нормальная реакция).

Однако нижний конец соломки может прийти в движение и вследствие соударения со стенкой. Для осуществления такого движения необходимо, чтобы лежащая в плоскости дна составляющая ударного импульса превосходила по величине импульс ударной силы трения. Излагаемое ниже исследование процесса такого импульсного взаимодействия соломки с вибрирующей ячейкой приводит к следующей задаче.

Соломка AB (рис. 2), скользя своим верхним концом A по стенке zOy , при произвольном положении нижнего конца B , полагаемого неподвижным, в некоторый момент ударяется концом A о стенку zOx . Требуется определить, при каких условиях нижний конец соломки скользит по дну ячейки в результате удара.

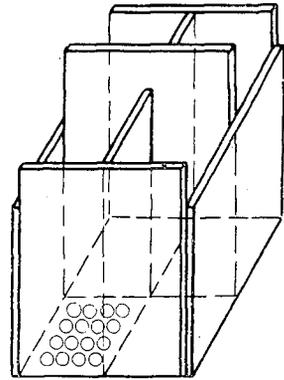


Рис. 1. Устройство кассеты

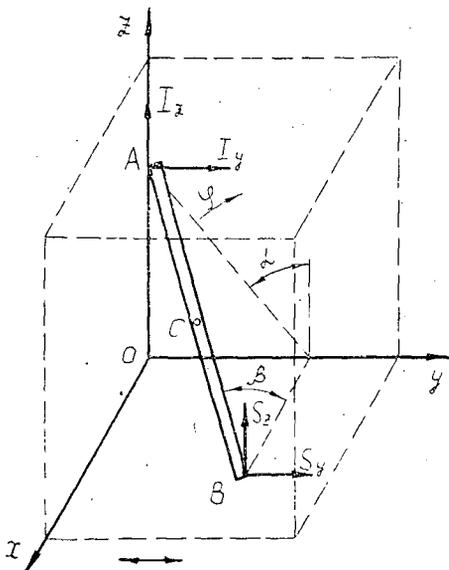


Рис. 2. Соломка внутри ячейки в момент соударения.

Введем следующие обозначения: m , $2l$ — масса и длина соломки; C — центр тяжести; α , β , φ — обобщенные координаты соломки; I_y , I_z , S_y , S_z — составляющие ударного импульса соответственно в верхнем и нижнем концах соломки.

Импульсное перемещение возможно с нарушением и без нарушения контакта с дном. Первый случай имеет место, если при S_z равном нулю, $S_y \neq 0$ и перемещение происходит с отрывом нижнего конца от дна ячейки. Второй — при выполнении условий $S_z > 0$, $|S_y| > fS_z$. В обоих случаях направление движения определяется знаком импульса S_y . Если $S_y > 0$, то движение возможно в сторону ударяемой стенки, а если $S_y < 0$, то, наоборот, движение от этой стенки. При $S_z > 0$; $|S_y| < fS_z$ нижний конец соломки в момент окончания удара остается неподвижным относительно ячейки.

Следовательно, если в конце удара при $S_z > 0$

$$S_y > fS_z, \quad (1)$$

то после удара соломка движется к стенке;

если же

$$S_y < fS_z, \quad (2)$$

то после удара соломка движется от этой стенки.

Возникающие при ударе импульсные реакции S_y и S_z определим при помощи теоремы об изменении количества движения.

Имеем

$$I_y + S_y = m(\dot{\varphi}_+ - \dot{\varphi}_-) l \sin \beta \cos \alpha; \quad (3)$$

$$I_z + S_z = m(\dot{\varphi}_+ - \dot{\varphi}_-) l \sin \beta \sin \alpha, \quad (4)$$

где $\dot{\varphi}_-$, $\dot{\varphi}_+$ — угловая скорость соломки соответственно до и после удара.

Нормальная и тангенциальная составляющие ударного импульса связаны соотношением [5]

$$I_z = -fI_y \operatorname{sgn} \dot{\varphi}. \quad (5)$$

Процесс соударения состоит из фазы сближения верхнего конца соломки со стенкой ячейки (до момента обращения $\dot{\varphi}$ в нуль) и фазы упругого восстановления скорости соломки. При этом составляющие полного импульса равны сумме соответствующих составляющих в первой и второй фазах удара

$$I_y = I_{y1} + I_{y2}; \quad I_z = I_{z1} + I_{z2}. \quad (6)$$

Нормальные составляющие импульса в первой и второй фазах в соответствии с гипотезой косоугольного удара [2] связаны соотношением

$$I_{y2}/I_{y1} = R, \quad (7)$$

где R — коэффициент восстановления.

Уравнения (3)–(7) образуют систему шести уравнений с восемью неизвестными: I_y , I_z , S_y , S_z , I_{y1} , I_{y2} , I_{z1} , I_{z2} . Два недостающих уравнения получим, записав теорему об изменении главного момента количества движения отдельно для первой и второй фаз удара

$$I(0 - \dot{\varphi}_-) = I_{y1} 2l \sin \beta \cos \alpha + I_{z1} 2l \sin \beta \sin \alpha; \quad (8)$$

$$I(\dot{\varphi}_+ - 0) = I_{y2} 2l \sin \beta \cos \alpha + I_{z2} 2l \sin \beta \sin \alpha, \quad (9)$$

здесь $I = 4/3 ml^2 \sin^2 \beta$ — момент инерции соломки относительно оси BK (без большой погрешности соломку рассматриваем как однородный бесконечно тонкий стержень).

Из системы (3)–(9) находим импульсные реакции

$$S_y = -\dot{\varphi}_- \frac{ml \sin \beta}{\cos \alpha + f \sin \alpha} \left\{ \cos \alpha [\cos \alpha (1+R) + f \sin \alpha (1-R)] - \frac{2}{3} (1+R) \right\}; \quad (10)$$

$$S_z = -\dot{\varphi}_- \frac{ml \sin \beta}{\cos \alpha + f \sin \alpha} \left\{ \sin \alpha [\cos \alpha (1+R) + f \sin \alpha (1-R)] - \frac{2}{3} f (1-R) \right\}. \quad (11)$$

Поскольку $\dot{\varphi}_- < 0$, то импульс S_z положителен, если положительно выражение в фигурных скобках в формуле (11), т. е. если

$$\sin \alpha [\cos \alpha (1+R) + f \sin \alpha (1-R)] - \frac{2}{3} f (1-R) > 0. \quad (12)$$

Отсюда находим условие, при выполнении которого ударное перемещение осуществляется без нарушения контакта с дном

$$\frac{\pi}{2} > \alpha > \arctg \left[-\frac{3(1+R)}{2f(1-R)} + \sqrt{\frac{9(1+R)^2}{4f^2(1-R)^2} + 2} \right]. \quad (13)$$

Напротив, если неравенство (13) нарушается, то поиск отверстия происходит с отрывом соломки от дна ячейки (с отскоком).

Подставив значения импульсов S_y , S_z в условие (1), найдем

$$\operatorname{tg}^2 \alpha + \frac{6fR}{M} \operatorname{tg} \alpha - \frac{N}{M} < 0; \quad (14)$$

$$M = f^2(1-R) + 2(1+R); \quad N = (1+R) + 2f^2(1-R).$$

Положительное решение этого тригонометрического неравенства

$$0 < \alpha < \arctg \left(-\frac{3fR}{M} + \sqrt{\frac{9f^2R^2}{M^2} + \frac{N}{M}} \right) \quad (15)$$

является условием проскальзывания нижнего конца соломки в направлении к ударяемой стенке.

Подставив уравнения (10) и (11) в выражение (2), получим условие проскальзывания в направлении от стенки

$$\frac{\pi}{2} > \alpha > \arctg \left(-\frac{3f}{M_1} + \sqrt{\frac{9f^2}{M_1^2} - \frac{N_1}{M_1}} \right); \quad (16)$$

$$M_1 = f^2(1-R) - 2(1+R); \quad N_1 = (1+R) - 2f^2(1-R).$$

На рис. 3 приведены результаты расчета по этим формулам. Пучок кривых, начинающихся в точке 0, построен на основании выражения (13) при различных значениях коэффициента восстановления: $R = 0,1$ (кривая 1); $R = 0,2$ (кривая 2); $R = 0,3$ (кривая 3). Линии с началом в точке $\alpha = 0,615$ построены при тех же значениях коэффициента R : левее этой точки — по формуле (15), правее — по формуле (16). При каждом из указанных значений коэффициента восстановления кривые выделяют на плоскости параметров α , f области, которые соответствуют указанному на рис. 3 различному поведению нижнего конца соломки.

Области покоя соломки внутри ячейки уменьшаются с убыванием f . Поэтому дно ячеек должно иметь высокую чистоту обработки, а сам материал — возможно меньшую фрикционность.

Изучим наихудший случай, когда нижний конец соломки, минуя отверстия в дне, оказался в углу ячейки. Для этого при помощи соотношений (5), (7) исключим из уравнений (8), (9) значения I_{y1} , I_{y2} , I_{z1} , I_{z2} . Это дает

$$\dot{\varphi}_+ = -R_1 \dot{\varphi}_-;$$

$$R_1 = R (\cos \alpha - f \sin \alpha) (\cos \alpha + f \sin \alpha)^{-1}.$$

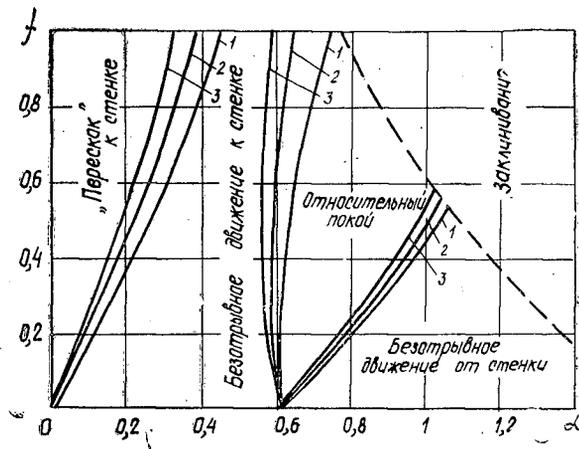


Рис. 3. Области различного поведения нижнего конца соломки.

Отсюда видно, что при $\cos \alpha = f \sin \alpha$ имеем $\dot{\varphi}_+ = 0$, т. е. соломка заклинивается внутри ячейки. Поэтому величиной $\alpha = \arctg (f^{-1})$ и должны ограничиваться сверху возможные значения этого угла в конструкциях сортировочных органов. Условием заклинивания на рис. 3 соответствует область, расположенная выше пунктирной линии.

Пусть интенсивность колебаний кассеты такова, что возможны удары соломки о противоположную стенку ячейки. В этом случае соломка ударяется о стенки по всей своей длине (распределенный удар). При этом справедливо $I_z = 0$, $S_z = 0$, и импульса ударного трения в конце соломки B нет.

Следовательно, распределенный удар всегда приводит к скольжению соломки и тем самым благоприятствует поиску отверстия. Из этого условия и нужно исходить при практическом выборе интенсивности колебаний.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Андронов В. В., Карев В. Н. Вторичная сортировка спичечной соломки и стенд для ее исследования. — Научн. тр. МЛТИ. Вып. 92, М., 1977. [2]. Асташев В. К. и др. Об одном способе возбуждения колебаний. — «Изв. АН СССР. Механика твердого тела», 1972, № 1. [3]. Быстров Г. П. Спичечное производство. М., Гослесбумиздат, 1950. [4]. Звягин Б. Н., Полухин Ю. Ф. Оборудование спичечного производства. М., «Лесная промышленность», 1977. [5]. Леви-Чивита Т., Амальди У. Курс теоретической механики. Т. 2. Ч. 2. М., ИЛ, 1951. [6]. Новоселов Л. Г., Карев В. Н., Иринархов Ю. А. Машина для сортировки спичечной соломки. Авт. свид. № 386882. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1973, № 27. [7]. Погадаев В. А. Машина для повторной сортировки соломки. М., «Деревообрабатывающая промышленность», 1972, № 1.

Поступила 19 февраля 1979 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.11.082

**ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ ЕМКОСТЬ
СУЛЬФАТНОГО ЧЕРНОГО ЩЕЛОКА
И ЕЕ СВЯЗЬ С ХПК И БПК₅**

*В. Г. КРУНЧАК, К. Г. БОГОЛИЦЫН, [И. М. БОХОВКИН], М. М. КРУНЧАК,
Е. П. ФЕСЕНКО, В. В. ПАЛЬЧЕВСКИЙ, В. П. СЕМЕНОВ, Т. И. ЛЬВОВА*

Архангельский лесотехнический институт

Исследована связь восстановительной емкости сульфатных черных щелоков, определяемой по системе ферри — ферроцианид калия, с ХПК по бихроматному методу и БПК₅.

Один из основных источников загрязнений сточных вод сульфатцеллюлозного производства — черный щелок. В связи с этим представляет интерес изучить связь окислительно-восстановительных свойств его с основными показателями степени загрязнения сточных вод — значениями ХПК (химическое потребление кислорода) по бихроматному методу и БПК₅ (биологическое потребление кислорода). В работах [1—4] описан метод оценки окислительно-восстановительных характеристик сложных по компонентному составу жидких сред по восстановительной емкости, определяемой по интенсивности окисления термодинамически равновесными окислительно-восстановительными системами ферро — феррицианид калия, ферри — ферроин и церри — церро.

В данной статье поставлена задача изучить связь восстановительной емкости сульфатных черных щелоков с ХПК по бихроматному методу и БПК₅.

Ранее [2, 4] нами изучены значения восстановительной емкости сульфатного черного щелока и некоторых его компонентов. В работе [4] указывалось, что в зависимости от условий и времени окисления можно получить восстановительную емкость сульфатного черного щелока в пределах 0,4—4,0 г. экв/л. ХПК, полученное по стандартному методу, определяет расход окислителя на наиболее полное окисление компонентов щелока. Для образцов сульфатного черного щелока, которые мы использовали в данной работе и работе [4], значение ХПК составляло 127 ± 20 г O_2 /л. Единицы восстановительной емкости — количество грамм-эквивалентов окислителя или, что то же самое, количество грамм-эквивалентов электронов, израсходованных на окисление 1 л щелока (имеем в виду случай, когда в окислительно-восстановительной реакции равновесной системы принимает участие один электрон). Если это учесть, то указанные значения ХПК соответствуют $15,8 \pm 2,5$ ед. емкости (г. экв/л). Можно предположить, что все соединения, присутствующие в щелоке и окисляемые бихроматом, окисляются также предложенными нами термодинамически равновесными окислительно-восстановительными системами, но в первом случае окисление происходит глубже.

Так как сульфатные щелока имеют очень сложный компонентный состав, необходимо было экспериментально установить, каковы корреляции значений ХПК и БПК₅ с восстановительной емкостью для разных групп компонентов стока.

Кроме того, для выявления специфики поведения групп компонентов ароматического и углеводного происхождения были изучены аналогичным образом черные щелока от сульфатной варки холоцеллюлозы и диоксанлигнина.

С учетом результатов, полученных нами ранее [4], для определения восстановительной емкости была выбрана только система ферри — ферроцианид калия, приготовленная на растворе 1,24 н. NaOH. Методика измерения емкости изложена в работах [1, 4]. Определяемая восстановительная емкость зависит от времени окисления,

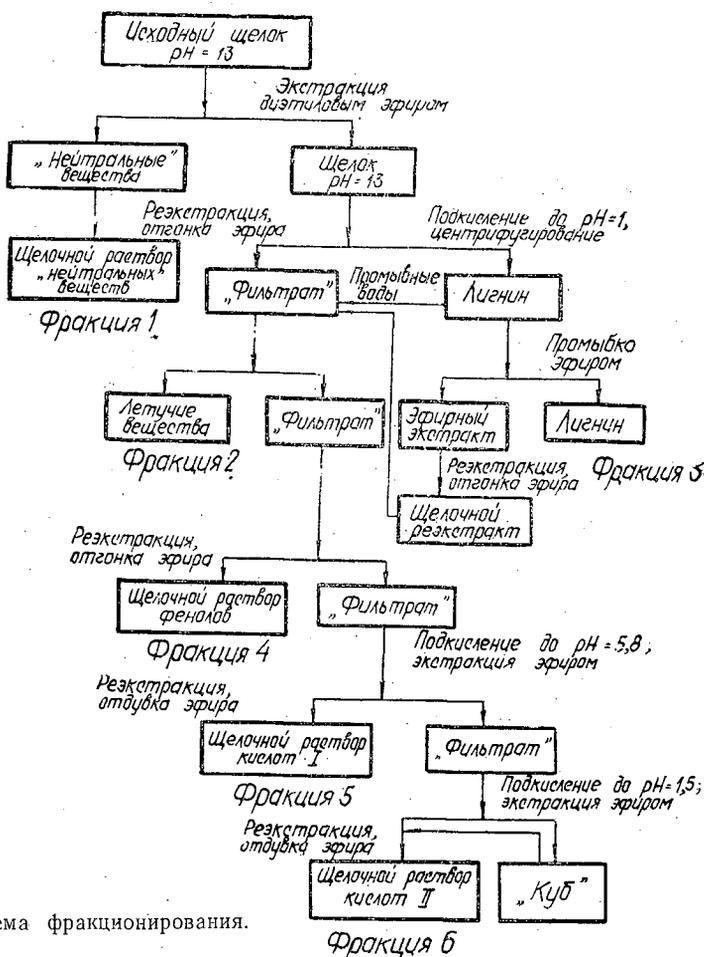


Рис. 1. Схема фракционирования.

концентрации окислителя, концентрации гидроксил-иона и т. д. Поэтому для возможности сравнения значений восстановительной емкости фракций условия, при которых проводили измерение, строго стандартизировали.

Чтобы оценить характер корреляций между восстановительной емкостью, ХПК и БПК₅ для разных групп веществ, входящих в состав щелокосодержащих сточных вод, необходимо было выделить эти вещества из черного сульфатного щелока.

Группы органических веществ выделяли по принципу экстракции различными растворителями при разных значениях pH, т. е. по протолитическим свойствам и растворимости (рис. 1). Такая схема разделения недостаточно селективна, поэтому каждая из полученных фракций в какой-то мере загрязнена примесями веществ другой группы.

При pH = 13,0 экстракцией исходного щелока извлекали так называемые «нейтральные» вещества (спирты, альдегиды, кетоны и др.). Дальнейшее изучение этой группы компонентов показало наличие веществ с ионогенными группами: изменение pH вызвало батохромный сдвиг спектра в УФ-области и видимое изменение окраски. При подкислении щелока до pH = 1,0 осаждали щелочной лигнин (фракция 2) и отдували летучие кислоты и сернистые вещества (фракция 3). Затем при pH = 8,0 извлекали фенолы экстракцией серным эфиром (фракция 4). Осадок сульфатного лигнина промывали водой и эфиром. Этот экстракт присоединяли к последующей эфирной вытяжке. При значениях pH, равных 6,0 и 1,0, извлекали эфиром смоляные и жирные кислоты, а также вещества ароматического характера более кислые, чем фенолы (фракции 5 и 6). При каждом pH экстракцию проводили несколько раз и

экстракты не объединяли, чтобы дополнительно разделить вещества по коэффициентам разделения.

В водном растворе после этих операций оставались оксикислоты и значительная часть ароматических веществ. Сумму водорастворимых компонентов, остающихся после выделения лигнина, называли «фильтрат», а остаток щелока после эфирной экстракции — «куб».

Чтобы исследования проводить при той же концентрации изучаемых групп веществ, в которой они находятся в черном щелоке, каждую из выделенных групп переводили в щелочной раствор того же объема, что и взятый для разделения черный щелок: эфирорастворимые компоненты — реэкстракцией в щелочь путем встряхивания эфирной вытяжки с раствором щелочи, а сульфатный лигнин — растворением в щелочи.

Черный щелок получали в результате лабораторной варки сосновой щепы в стальных стаканах по режиму: расход активной NaOH — 19,0% от веса абс. сухой древесины; сульфидность — 29,0%; гидромодуль — 5; подъем до 170°C — 2,5 ч; стоянка при 170°C — 1,5 ч. Выход целлюлозы составлял 40,0%.

Характеристика сульфатного черного щелока: плотность—1,06 г/см³; сухой остаток — 123,0 г/л; содержание неорганических веществ (в расчете на NaOH) — 36,0 г/л; количество щелочного лигнина (определено) — 38,0 г/л; содержание водорастворимых органических веществ (из разности) — 49,0 г/л.

В табл. 1 приведены результаты фракционирования.

Таблица 1

№ п/п	Фракция	Концентрация фракции в черном щелоке, г/л	Количество веществ, выделенных экстракцией эфира,	
			% от суммы фракции	% от водорастворимых органических веществ
1	I	1,360	12,5	2,7
2	IV ₁	0,863	7,8	1,7
3	IV ₂₋₄	0,626	5,8	1,2
4	V	0,572	5,3	1,1
5	VI ₁	3,872	35,5	7,8
6	VI ₂	2,260	21,1	4,6
7	VI ₃₋₅	1,310	12,0	2,6
Итого		10,863	100,0	21,7

Примечание. Индексы у номеров фракций означают номера эфирных вытяжек при одинаковых условиях.

Значение восстановительной емкости фракций сульфатного черного щелока определяет количество грамм-эквивалентов окислителя, израсходованного на окисление 1 л исследуемого раствора, содержащего все соединения, экстрагированные эфиром из щелока при определенном рН [4]. Определяемая величина восстановительной емкости по термодинамически обратимой окислительно-восстановительной системе ферри — ферроцианид калия для фракций сульфатного черного щелока так же как и в случае исходного щелока зависит от времени, прошедшего с начала реакции, концентрации щелочи, окислителя и т. д.

Для решения поставленной задачи наиболее информативной оказалась емкость, определяемая после 2-часового взаимодействия пробы с окислительно-восстановительной системой, приготовленной на растворе не менее, чем 1,0 н. NaOH. Для сульфатного черного щелока и его фракций экспериментальные данные представлены в табл. 2, для фракций щелоков от варки лигнина и холоцеллюлозы — в табл. 3.

Анализ восстановительных емкостей по системе ферри — ферроцианид калия и по бихроматной системе (ХПК) показывает аддитивность методов химического потребления кислорода. Так, погрешность

Таблица 2

Окислительно-восстановительные характеристики сульфатного черного щелока и его фракций.

Параметры анализа восстановительной емкости Γ по ферри — ферроцианиду калия: $V_{об} = 100$ мл; $V_{щ} = V_{диг} = V_{фр} = 2,5$ мл; $C_{NaOH} = 1,2$ н.; $C_{ох} = 0,3$; $C_{ох}/C_{ред} = 10$; $E_0 = 308$ мВ

№ п/п	Объект исследования	$\Gamma_{\tau=20 \text{ мин}} \cdot 10^{-1}$ г · экв/л	$\Gamma_{\tau=1 \text{ ч}} \cdot 10^{-1}$ г · экв/л	$\Gamma_{\tau=2 \text{ ч}} \cdot 10^{-1}$ г · экв/л	ХПК			БПК ₅			$\Gamma_{\tau=2 \text{ ч}}$ % от ХПК	$\Gamma_{\tau=2}$ % от БПК	БПК % от ХПК
					мг O ₂ /л	г · экв/л	% от ХПК щелока	мг O ₂ /л	$\times 10^{-1}$ г · экв/л	% от БПК щелока			
1	Исходный щелок	9,9	12,5	23	126720	15,9	100	17600	22	100	13,9	100	13,8
2	Нейтральные вещества	0,14	0,28	0,4	2340	0,29	1,6	Не окисляются			—	—	—
3	Лигнин	7,4	9,2	1,4	76800	9,6	60,6	1120	1,4	6,4	14,6	1000	1,5
4	Фильтрат	2,75	3,4	8,1	45500	5,8	36,0	14900	19	85	13,6	42	33,0
5	Фракция IV ₁	0,28	0,31	0,36	2050	0,26	1,6	219	0,27	1,2	14,0	132	10,7
6	" IV ₂₋₄	0,13	0,15	0,16	925	0,11	0,7	200	0,25	1,1	14,3	64	21,6
7	" V			0,30	2016	0,25	1,6	756	0,95	4,3	11,8	33	37,2
8	" VI ₁	0,31	0,56	0,88	4850	0,61	2,8	1208	1,5	6,9	14,4	59	25,0
9	" VI ₂			0,45	2448	0,31	1,9	581	0,72	3,3	14,6	63	23,7
10	" VI ₃₋₆			0,11	672	0,08	0,5	144	0,12	0,8	13,7	93	21,4
11	Куб	2,1	2,5	6,0	32100	4,00	25,4	4570	5,9	26,0	14,8	106	14,2
Итого № п/п 5—11				8,26		5,62			8,71				

Таблица 3

Окислительно-восстановительные характеристики щелоков и их фракций

№ п/п	Объект исследования	$\Gamma_{\tau=2 \text{ ч}}$ г · экв/л	ХПК мг O_2 /л	ХПК г · экв/л	БПК ₅ мг O_2 /л	БПК ₅ · 10 ⁻² г · экв/л	$\Gamma_{\tau=2 \text{ ч}}$ % от ХПК	$\Gamma_{\tau=2 \text{ ч}}$ % от БПК ₅	БПК % от ХПК
От варки холоцеллюлозы									
1	Исходный щелок	$11,8 \cdot 10^{-2}$	6950	$8,6 \cdot 10^{-1}$	1015	12,5	13,8	95	14,5
2	Кислоты 1	$1,7 \cdot 10^{-2}$	926	$1,15 \cdot 10^{-1}$	140	1,7	14,7	100	14,7
3	Кислоты 2	$3,2 \cdot 10^{-2}$	1800	$2,3 \cdot 10^{-1}$	300	3,75	14,2	85	16,3
4	Осадок	$4,2 \cdot 10^{-2}$	2290	$3,0 \cdot 10^{-1}$	328	4,1	14,1	103	14,0
5	Нейтральные	$3,60 \cdot 10^{-2}$	2250	$2,8 \cdot 10^{-1}$	290	3,62	12,8	100	12,8
От варки лигнина									
6	Исходный щелок	$8,3 \cdot 10^{-1}$	44100	5,5	1600	20,2	15,1	415	
7	Фенолы	$1,9 \cdot 10^{-1}$	10700	1,3	88	1,1	14,2	1715	
8	Нейтральные	$0,9 \cdot 10^{-1}$	5460	0,68	310	3,9	13,1	230	
9	Эфирная вытяжка (рН=1,5)	$2,3 \cdot 10^{-1}$	13000	1,62	605	7,5	14,1	300	
10	Лигнин	$1,6 \cdot 10^{-1}$	9260	1,16	Не окисляется		13,8		
11	Эфирная вытяжка	$1,5 \cdot 10^{-1}$	8760	1,09	123	1,5	13,8	1000	
		$8,2 \cdot 10^{-1}$	47100		1126				

баланса по системе ферри — ферроцианид калия по исходному щелоку составляет 2,2%, по фильтрату — 2,0%. При составлении баланса по бихроматной системе погрешность не превышает 8,0%, несмотря на существенно большую допускаемую погрешность в бихроматном методе определения ХПК. Метод определения БПК₅ аддитивностью не обладает.

Больше половины окислителя (бихромата и ферроцианида) расходуется на окисление сульфатного лигнина. В то же время по биологическому методу определения потребления кислорода нейтральные вещества вообще не окисляются, а лигнин окисляется с большим трудом. Аналогичную картину мы наблюдаем при окислении фракции 10 в случае исследования восстановительной емкости щелоков от варки лигнина. На основании сравнительного анализа большого числа определений ХПК по системе ферри — ферроцианид калия и бихроматному методу с данными БПК₅ можно отметить, что значения БПК₅ щелоков от варки лигнина превышают не более чем в два раза значения БПК₅ щелоков от варки холоцеллюлозы. Значения восстановительной емкости для них отличаются не менее чем в пять раз.

Этот факт позволяет считать метод химического потребления кислорода более чувствительным на содержание ароматических соединений.

Абсолютное значение восстановительной емкости по системе ферри — ферроцианид калия в растворе 1,24 н. NaOH существенно меньше значений ХПК по бихроматной системе. Однако это занижение строго постоянно и относительное значение отношения восстановительных емкостей, определенных по бихроматной и ферри — ферроцианидной системам, постоянно ($13,9 \pm 1,3\%$) для всех изученных щелоков и их фракций. Этот очень важный факт свидетельствует о том, что все соединения, присутствующие в исследованных щелоках и окисляемые бихроматом, окисляются и феррицианидом, только окисление их в первом случае проходит глубже. Если изменить условия определения восстановительной емкости по ферри — ферроцианидной системе (например, увеличить концентрацию щелочи до 3,5—5,0 н. NaOH), то относительное значение отношения восстановительных емкостей, определенных по бихроматному и ферри — ферроцианидному растворам, увеличивается до $25 \pm 2\%$. При уменьшении времени окисления пробы с 2 ч до 10 мин меняется только его абсолютное значение. Данный экспериментальный факт позволяет заменить длительный и трудоемкий анализ ХПК по бихроматному способу на точный экспресс-метод определения восстановительной емкости по системе ферри — ферроцианид калия.

Отношение ХПК и БПК₅ не постоянно, за исключением значений для щелока и его фракций от варки холоцеллюлозы. Интересно отметить, что абсолютные значения восстановительной емкости по ферри — ферроцианидной системе и БПК₅ совпадают. Как уже отмечалось, это совпадение пропадает, когда в растворе присутствуют продукты дегградации лигнина. В работах [1—4] было показано, что скорость окисления фенолов и их производных системой ферри — ферроцианид калия существенно больше, чем углеводов, и процесс их окисления, как правило, заканчивается быстрее. Используя кинетическую обработку кривых изменения потенциала во времени и экспериментальный факт аддитивности восстановительной емкости разных компонентов, можно разделить значения восстановительной емкости фенолов и углеводов и добиться таким образом постоянства отношения значений БПК₅ и восстановительной емкости.

Таблица 4

№ п/п	Объект исследования	$\Gamma_{\tau=1ч}$ г · экв/л	ХПК мг О ₂ /л	ХПК г · экв/л	БПК ₅ мг О ₂ /л	БПК ₅ г · экв/л	Γ % от ХПК	Γ % от БПК ₅
1	Сточная вода до очистки	$2,5 \cdot 10^{-2}$	1750	$2,2 \cdot 10^{-1}$	200	$2,5 \cdot 10^{-2}$	14,3	100
2	Сточная вода после биологической очистки	$1,2 \cdot 10^{-2}$	700	$8,8 \cdot 10^{-2}$	20—25	$2,5 \cdot 10^{-3}$	13,5	480
3	Сточная вода после химической очистки	$7,0 \cdot 10^{-4}$	100	$1,2 \cdot 10^{-2}$	5	$6,2 \cdot 10^{-4}$	5,5	110
4	Сточная вода после химической очистки и обработкой активированным углем	$1,6 \cdot 10^{-5}$	20	$2,5 \cdot 10^{-3}$	Не определяются		0,7	—
5	Сульфатный черный щелок, разбавленный в 100 раз	$3,0 \cdot 10^{-2}$	1820	$2,3 \cdot 10^{-1}$			13,0	
6	Он же после электрофлотации	$2,8 \cdot 10^{-2}$	1619	$2,0 \cdot 10^{-1}$			14,0	
7	Смесь после хлорирования и щелочения	$3,3 \cdot 10^{-3}$	200	$2,5 \cdot 10^{-2}$			13,8	
8	Сульфатный черный щелок после электрофлотации	$1,04 \cdot 10^{-3}$	82	$1,0 \cdot 10^{-2}$			10,1	

Лигнин и некоторые продукты его деградации существенно замедляют процесс биохимического окисления. Решающее значение при определении БПК₅ имеет предварительная адаптация микрофлоры, для которой, как известно, нужно определенное время. При заражении неадаптированной микрофлорой логфаза (фаза приспособления) изменяется.

Скорость процесса зависит и от количества микрофлоры, введенной для заражения (инокуляции). При введении небольшого количества микрофлоры процесс вначале идет очень медленно, а затем, по истечении 2—3 сут (время может быть и существенно большее), когда в пробе разовьется достаточное количество микрофлоры, интенсив-

ность процесса возрастает. Поэтому значения БПК₅ сильно колеблются, истинное БПК₅, с нашей точки зрения, определить трудно. Если же в анализируемой пробе содержатся токсичные вещества в таком количестве, что их действие проявляется и после разбавления пробы, правильно определить БПК₅ невозможно (например, № п/п 2 из табл. 2 и № п/п 10 из табл. 3). Когда в пробе есть вещества, реагирующие непосредственно с растворенным кислородом, значения БПК₅ завышены [5].

Разработанным нами методом можно определить восстановительную емкость любых сточных вод, если они содержат вещества, способные вступать в окислительно-восстановительные взаимодействия. Так была вычислена восстановительная емкость сточной воды сульфат-целлюлозного завода до и после очистки различными способами, а также значения ХПК и БПК₅.

Как следует из данных, приведенных в табл. 4, восстановительная емкость некоторых образцов сточных вод весьма мала. В этом случае несколько изменяли методику определения. К пробе сточной воды (50—100 мл) добавляли сухую соль сульфата натрия до концентрации 0,5 моль/л; добавлением сухой щелочи или ее концентрированного раствора значение рН пробы доводили до выбранного значения рН системы ферри — ферроцианид калия. После охлаждения пробы микробюреткой приливали концентрированный раствор ферри — ферроцианида калия с таким расчетом, чтобы концентрация в колбе окислительно-восстановительной системы всегда достигала стандартизованного первоначального значения. Начальная концентрация окислителя должна быть такой, чтобы в процессе окисления расход его составлял не менее 10% при начальном соотношении $C_{ox}^0 : C_{red}^0 = 10 : 1$.

Анализ полученных результатов подтвердил сделанный ранее вывод о том, что изменения восстановительной емкости синбатны изменениям ХПК стоков. Исключение составляет лишь вода после химической очистки и обработки активированным углем. Однако значение ХПК этой воды (20 мг O₂/л) соизмеримо с ошибкой метода определения ХПК. Значения восстановительной емкости и БПК₅ для сточной воды и сульфатного черного щелока совпадают. Это можно объяснить тем, что в обоих случаях количество органики, подверженной биологическому окислению, существенно больше количества ингибиторов окисления.

После изъятия этой органики (вода после биологической очистки) доля продуктов лигнинного распада резко увеличивается, что и приводит к торможению биоокисления и, как следствие, к резкому падению БПК₅. Восстановительная емкость при этом мало изменяется. Однако при этом существенно меняется характер кинетических кривых изменения потенциала, показывая типичное окисление продуктов деградации лигнина. Без легкоокисляемой органики и после интенсивной аэрации эти вещества системой ферри — ферроцианид калия окисляются гораздо глубже, чем в исходном состоянии, что и приводит к увеличению емкости.

После химической очистки, т. е. после удаления лигнина и продуктов его деградации, значения восстановительной емкости и БПК₅ снова совпадают.

Наиболее быстро и полно бихроматом и ферри — ферроцианидом калия окисляются продукты деградации лигнина. Эти же продукты — ингибиторы процесса биологического окисления. Наиболее полно биологически окисляются углеводы и компоненты щелока, экстрагируемые эфиром из фильтрата при кислом рН.

Метод восстановительной емкости по системе ферри — ферроцианид калия можно использовать для определения ХПК, а при отсутствии колебаний концентрации ингибиторов биологического окисления — для определения БПК₅.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Боголицын К. Г. и др. Потенциометрический метод определения восстановительной емкости промышленных сред ЦБП.—ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 3, с. 100—104. [2]. Боголицын К. Г. и др. Потенциометрический метод определения восстановительной емкости компонентов сульфитных варочных растворов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 4, с. 109—113. [3]. Боголицын К. Г. и др. Исследование кинетики окисления компонентов сульфитных варочных растворов в обратимых окислительно-восстановительных системах. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 6, с. 121—127. [4]. Крунчак В. Г. и др. Потенциометрический метод определения восстановительной емкости сульфатных щелоков. — ИВУЗ, «Лесной журнал» 1978, № 6, с. 100—107. [5]. Унифицированные методы анализа вод. Под общ. ред. проф. Ю. Ю. Лурье. М., 1971. 152 с.

Поступила 13 ноября 1978 г.

УДК 66.065 : [668.44 : 546.131]

ОТВЕРЖДЕНИЕ КАРБАМИДНЫХ СМОЛ ХЛОРИДАМИ МЕТАЛЛОВ В ПРИСУТСТВИИ МОЧЕВИНЫ

В. В. ФЕФИЛОВ, В. К. МАКАРЕНКО, А. Ф. МАЗНАЯ,
В. И. КУЛЬЧИЦКИЙ

Московский лесотехнический институт

Показана возможность повышения жизнеспособности карбамидных смол, отвержденных хлоридами железа, а также снижения коррозионной активности и содержания свободного формальдегида путем введения в отвердитель до 4 молей мочевины на 1 моль хлорного железа. При этом каталитическая активность хлорного железа практически не снижается.

Для отверждения карбамидных смол применяют свободные кислоты, а также соединения, активизирующиеся в условиях переработки (так называемые латентные кислотные катализаторы). Первые используют, например, при производстве пористых материалов, клеев, предназначенных для нанесения на обе склеиваемые поверхности. Эти кислоты отличаются высокой активностью, но малой жизнеспособностью [3, 5]. Вторые действуют как катализаторы только при повышенной температуре или в присутствии некоторых соединений (например, воды, формальдегида и др.) и обладают значительно большей жизнеспособностью. Некоторые из соединений реагируют со свободным формальдегидом с выделением кислоты (например, хлористый аммоний) [6, 8]. Эти катализаторы эффективны лишь при достаточном содержании свободного формальдегида. Ко второй группе относятся также вещества нейтрального характера, разлагающиеся в водной среде с выделением свободной кислоты [4, 7]. Скорость гидролиза увеличивается с ростом температуры, поэтому обычно эти вещества применяют при повышенной температуре. Поскольку для древесностружечных плит карбамидные смолы употребляют в виде водных растворов, для них более приемлемы катализаторы второго типа, например, сложные эфиры сульфаниловых кислот, органические и неорганические сульфиты [10], производные фосфорной кислоты (амиды фосфорной кислоты и ее кислые сложные эфиры [9], некоторые органиче-

ские соединения, содержащие атом галогена (хлоргидрин, хлортриазин и др.) [1].

Нами было показано, что хлориды металлов переменной валентности обладают высокой каталитической активностью [2].

Наиболее эффективными из них оказались хлориды железа. Каталитическую активность хлорного железа оценивали при отверждении карбамидных смол марок УКС, КС-68 и Н-122 и сравнивали со стандартными отвердителями — шавелевой кислотой и хлористым аммонием. Отвердители применяли в виде водных растворов следующих концентраций: хлористого аммония и хлорного железа — 200 г/л, шавелевой кислоты — 73,7 г/л.

Основные характеристики карбамидных смол, применявшихся в исследованиях, приведены в табл. 1, из данных которой видно, что смолы различаются содержанием свободного формальдегида, вязкостью и значениями рН.

Таблица 1

Марка смолы	рН	Вязкость по ВЗ-4, с	Сухой остаток, %	Коэффициент преломления	Содержание свободного CH_2O , %
УКС	7,83	79	0,68	1,471	0,98
КС-68	7,29	23	0,59	1,471	0,53
Н-122	6,01	51	0,58	1,437	8,54

Каталитическую активность различных отвердителей определяли по времени отверждения по стандартной методике (ГОСТ 14231—69) при температуре 100°C. Кроме того, оценивали жизнеспособность смол с отвердителями при температуре 20°C и содержание свободного формальдегида в смоле в процессе ее отверждения.

Таблица 2

Концентрация отвердителя, %	Отвердители								
	Хлорное железо FeCl_3			Хлористый аммоний NH_4Cl			Шавелевая кислота $(\text{COOH})_2$		
	$\tau_{\text{отв}}^{\text{с}}$	$\tau_{\text{ж}}^{\text{ч}}$	CH_2O %	$\tau_{\text{отв}}^{\text{с}}$	$\tau_{\text{ж}}^{\text{ч}}$	CH_2O %	$\tau_{\text{отв}}^{\text{с}}$	$\tau_{\text{ж}}^{\text{ч}}$	CH_2O %

Смола УКС

0,2	222	7,3	0,3	264	24	—	280	24	—
0,5	58	6,0	0,29	94	24	—	96	8,0	—
1,0	30	1,2	0,34	73	12—20	0,1	41	0,65	0,23
2,0	24	0,33	0,52	64	12	0,09	22	0,08	0,36

Смола КС-68

0,2	30	0,5	0,5	60	3,0	—	29	0,18	—
0,5	20	0,25	—	50	1,7	—	15	0,1	—
1,0	15	0,3	—	41	2,5	0,24	12	0,05	0,29
2,0	13	0,08	0,38	41	2,4	0,35	12	0,05	0,36

Смола Н-122

0,2	32	0,1	—	45	0,75	—	50	0,1	—
0,5	25	0,05	—	34	0,45	—	25	0,035	—
1,0	21	0,025	—	29	0,35	—	32	0,020	—
2,0	15	0,025	—	27	0,28	—	21	0,020	—

Данные о времени отверждения $\tau_{\text{отв}}$, жизнеспособности $\tau_{\text{ж}}$ и содержании свободного формальдегида CH_2O в карбамидных смолах в зависимости от вида и концентрации отвердителя приведены в табл. 2, из которой видно, что FeCl_3 обладает более высокой каталитической

активностью, чем NH_4Cl . Например, при содержании 1% отвердителя время отверждения смолы КС-68 с NH_4Cl равно 41 с, а с FeCl_3 — 15 с, смолы УКС — соответственно 73 и 30 с, Н-122 — 29 и 21 с.

Однако активные отвердители, к которым относится и хлорное железо, имеют недостаточную жизнеспособность при 20°C. Так, если жизнеспособность смолы УКС с 1% NH_4Cl составляет 12—20 ч, то с 1% FeCl_3 — немногим более 1 ч. Другие недостатки хлорного железа — высокая коррозионная активность и повышенное содержание свободного формальдегида в смоле при отверждении ее FeCl_3 .

Для устранения этих недостатков мы предложили вводить в отвердитель некоторое количество свободной мочевины. Результаты зависимости времени отверждения $\tau_{\text{отв}}$, жизнеспособности $\tau_{\text{ж}}$ и содержания свободного формальдегида CH_2O от количества введенной мочевины для смолы УКС с отвердителем FeCl_3 приведены в табл. 3.

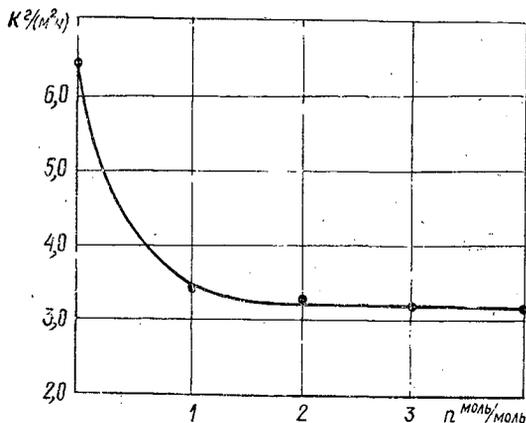
Таблица 3

Концентрация отвердителя, %	Отвердитель FeCl_3 : мочевина (моль : моль)											
	1 : 1			1 : 2			1 : 3			1 : 4		
	$\tau_{\text{отв}}$ с	$\tau_{\text{ж}}$ мин	CH_2O %	$\tau_{\text{отв}}$ с	$\tau_{\text{ж}}$ мин	CH_2O %	$\tau_{\text{отв}}$ с	$\tau_{\text{ж}}$ мин	CH_2O %	$\tau_{\text{отв}}$ с	$\tau_{\text{ж}}$ мин	CH_2O %
0,2	234	470	—	245	500	—	255	520	0,21	264	540	—
0,5	63	260	—	68	280	—	73	300	0,20	78	320	—
1,0	31	78	0,32	32	83	0,25	33	87	0,22	34	92	0,20
2,0	24	23	0,45	25	25	0,38	25	28	0,35	26	30	0,33

Как видно из данных табл. 2 и 3, введение в хлорное железо 4 молей мочевины на 1 моль отвердителя (содержание FeCl_3 1%) позволяет увеличить жизнеспособность смолы УКС на 30%. Дальнейшее повышение мочевины в отвердителе менее эффективно. Следует отметить, что даже при содержании FeCl_3 0,5% каталитическая активность (время отверждения смолы) выше, чем для NH_4Cl при содержании его 1%.

Следовательно, введение дополнительного количества мочевины позволяет существенно повысить жизнеспособность смолы УКС. Кроме того, с увеличением свободной мочевины уменьшается и количество свободного формальдегида. Время отверждения при этом повышается незначительно.

Рис. 1



Применение отвердителей кислотного характера приводит к коррозии емкостей и арматуры. Введение мочевины позволило существенно снизить коррозионную активность (скорость коррозии).

Исследование коррозионной активности проводили на стальных пластинах размером $40 \times 15 \times 1$ мм и общей площадью 12 см^2 . Пластины предварительно протравливали соляной кислотой для снятия окисной пленки, взвешивали с точностью до $0,001 \text{ г}$ и помещали в 20%-ный раствор отвердителей на сутки. Периодически пластины извлекали из раствора, промывали водой, высушивали и взвешивали.

На рис. 1 приведена зависимость коррозионной активности k , $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, 20%-ного раствора FeCl_3 от количества вводимой мочевины n (моли на 1 моль FeCl_3). Добавка даже 1 моля мочевины на 1 моль хлорного железа почти в 2 раза снижает коррозионную активность последнего: с 6,4 до 3,4 $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Для сравнения следует указать, что скорость коррозии 20%-ного раствора NH_4Cl составляет 9,4 $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Итак, при введении до 4 молей мочевины на 1 моль хлорного железа (при содержании FeCl_3 — 0,5%) жизнеспособность смолы УКС повышается на 40% и составляет 5 ч, коррозионная активность 20%-ного раствора в 5 раз меньше, чем для раствора NH_4Cl той же концентрации, а содержание свободного формальдегида в 1,7 раз меньше, чем для FeCl_3 без добавки мочевины.

Проверка эффективности комплексного отвердителя (FeCl_3 — мочевина) в производственных условиях показала, что сокращение времени прессования плит на 50% за счет повышения активности хлорного железа не влияет на характеристики ДСП.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вирпша З., Бжезинский Я. Аминопласты. М., «Химия», 1973.
 [2]. Фефилов В. В. и др. Исследование и разработка систем отверждения карбамидных смол. М., МЛТИ, 1977. [3]. Англ. пат. 264466, 1926. [4]. Англ. пат. 938786, 1963.
 [5]. Герм. пат. 511979, 1926. [6]. Пат. США 2196367, 1940. [7]. Пат. США 2150147, 1939. [8]. Швейцарский пат. 282471, 1952. [9]. Scott M. J. Пат. США 2467915, 1949.
 [10]. Vale C. P., Gutter S., Wilson W. Англ. пат. 866440, 1961.

Поступила 9 ноября 1978 г.

УДК 674.815-41

К ВОПРОСУ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА С ДРЕВЕСНЫМ КОМПЛЕКСОМ

Е. А. ГАВРИЛИДИ, А. А. ЛЕОНОВИЧ, Г. З. АКСЕЛЬРОД,
Е. И. ПОКРОВСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия, ВНПОбумпром

Показано взаимодействие винола с лигнином древесного волокна с образованием соединений, характеризующихся повышенной гидрофобностью. Это подтверждается значениями интегральной теплоты взаимодействия воды с препаратами древесного комплекса, а также изменениями интенсивностей полос поглощения в ИКС.

Известно [2, 3], что применение волокон из поливинилового спирта (винол) в композиции древесноволокнистых плит (ДВП) значительно повышает их качество. В работе [4] сообщается о взаимодействии поливинилового спирта с лигнином древесного волокна в условиях производства ДВП по сухому способу при температуре 260°C . В работе [2] изучено влияние отдельных технологических факторов на свойства ДВП, изготовляемых по мокрому способу с добавкой винола в

древесноволокнистую массу. Показано, что прочность и водостойкость плит существенно увеличиваются.

Для взаимодействия винола с древесными волокнами при мокром способе производства плит характерны (в отличие от данных работы [4]) высокая влажность (60—75%) и более низкая температура (170—210°C) прессования ДВП.

В настоящей работе сделана попытка исследовать механизм влияния добавок винола на свойства ДВП при мокром способе производства.

Плиты изготовляли из древесноволокнистой массы, выработанной из сосновой древесины на Вильнюсском опытно-заводе волокнистых изделий. Термогидропластичные волокна винола типа МВР-75 вводили непосредственно в водную суспензию древесноволокнистой массы при тщательном перемешивании. ДВП прессовали при температуре 210°C в течение 8 мин. Компоненты древесного волокна выделяли по общепринятым методикам: холощеллюлозу — перуксусной кислотой, диоксанлигнин — по методике Пепфера. Препараты увлажняли до 65%, термообработывали путем контактного нагрева при 210°C в течение 8 мин.

Калориметрические исследования проводили на калориметре с изотермической оболочкой и датчиком температуры — термистором марки КМТ-14 при температуре 25°C [1]. Препараты анализировали в их порошкообразном состоянии. Термографический анализ проводили на приборе Паулик-Паулик-Эрдей: масса образцов 180 ± 10 мг, скорость нагрева 0,6 град/с, интервал 20—600°C. Термомеханические кривые снимали на приборе «весы Каргина». Условия термомеханического анализа: динамическое нагревание со скоростью 0,025 град/с в режиме постоянного нагружения 10 кПа. Спектры поглощения снимали на инфракрасных спектрометрах UR-20 и модернизированном ИКС-14А; препараты брали в виде таблеток с КВ_г и в вазелиновом масле.

Термографический анализ ДВП с винолом (рис. 1) показал, что модифицированные ДВП по характеру терморазложения отличаются от контрольных ДВП и от винола. Как на ДТГ-, так и на ДТА-кривых

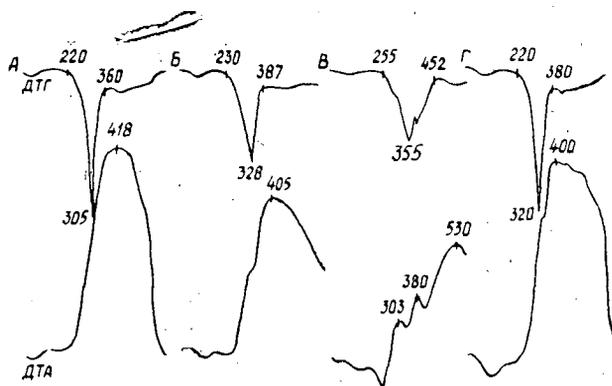


Рис. 1. Термографическая характеристика препаратов.

А — ДВП; Б — ДВП, модифицированная винолом при расходе 8%; В — винол термообработанный; Г — механическая смесь древесного волокна с 8% винола.

модифицированных препаратов характерные значения температуры винола исчезают, а соответствующие значения для исходных препаратов изменяются. Это указывает на образование нового комплекса в результате взаимодействия винола с компонентами древесного волокна в процессе изготовления плиты или в процессе испытания. Сравнение термограмм препаратов модифицированной плиты и сухого древесного волокна, смешанного с винолом, указывает на несовпадение значений начала терморазложения и температуры максимальной скорости раз-

ложения. Следовательно, взаимодействие винола с компонентами древесного волокна в какой-то степени протекает на стадии изготовления ДВП и может быть установлено соответствующими методами.

Были измерены значения интегральной теплоты взаимодействия $-\Delta H$ воды с изучаемыми препаратами (табл. 1). Введение винола в композицию ДВП снижает их гидрофильность. Снижение значений $-\Delta H$ согласуется с результатами прямого определения водостойкости ДВП, приведенными в работе [2]. Причем с повышением содержания винола эффект гидрофобизации затухает. Наблюдаемое уменьшение значений $-\Delta H$ может быть связано с повышением гидрофобных свойств самого винола в процессе термообработки, а также с взаимодействием винола с древесным комплексом.

Таблица 1

Препарат	$-\Delta H$ Дж/г	Препарат	$-\Delta H$ Дж/г
ДВП	62,4	Холоцеллюлоза	61,1
„ с введением 4% винола	38,9	„ термообработанная	57,8
„ с введением 16% винола	35,2	„ с введением 4% винола, термообработанная	54,8
Лигнин	35,6	„ с введением 16% винола, термообработанная	50,6
„ термообработанный	6,1	Волокно винол	49,4
„ с введением 4% винола, термообработанный	7,5	Волокно винол термообработанное	29,7

Термообработка винола при 210°C снижает его гидрофильность, что согласуется с литературными данными [6]. Исследования, проведенные на компонентах древесного волокна, показали, что модификация винолом препаратов холоцеллюлозы не оказывает существенного влияния на их интегральную теплоту смачивания. Следовательно, если винол и образует с холоцеллюлозой какие-то соединения, то они не отличаются высокой гидрофобностью.

Термообработка диоксанлигинина, модифицированного винолом, приводит к резкому повышению его гидрофобности. Термообработка исходного диоксанлигинина также повышает его гидрофобность, что можно объяснить процессами поликонденсации лигнина. Однако в лигноуглеводном комплексе полная поликонденсация лигнина при термообработке невозможна, и в этом случае винол, вероятно, может образовывать мостичные связи, способствуя получению шитого соединения, характер-

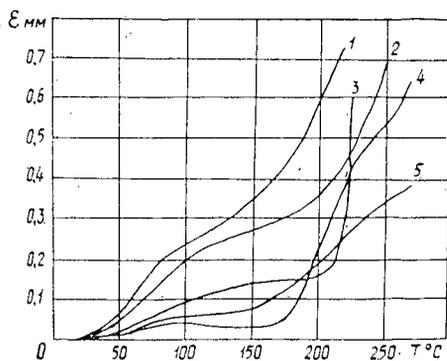


Рис. 2. Термомеханические кривые образцов.

1 — ДВП; 2 — ДВП с 8% винола; 3 — винол; 4 — лигнин; 5 — лигнин, модифицированный винолом (4 : 1).

ризующегося повышенной гидрофобностью. Для образцов древесноволокнистой плиты, изготовленной с виномом, термомеханические кривые (рис. 2) характеризуются повышенной по сравнению с контрольными образцами температурой размягчения, что обычно связывают с развитием меж- и внутриволоконного взаимодействия под влиянием модифицирующих добавок или с их участием [5].

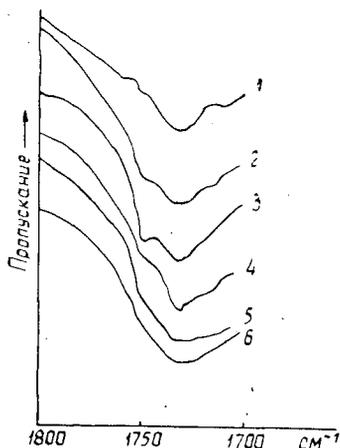
Изменение характера термомеханической кривой связано с повышением гидрофобности материала, наблюдаемой при введении в древесное волокно винола. Винол размягчается при температуре 210°C, лигнин имеет характерное значение температурного перехода при 175°C.

Деформируемость препарата лигнина с виномом при соотношении 4 : 1 существенно отличается от исходных компонентов. Небольшое увеличение деформируемости препарата в интервале температур 80—175°C обусловлено присутствием винола, оказывающего пластифицирующее действие. Однако на всем участке размягчения, начиная от 160°C, коэффициент деформирования $\frac{d\epsilon}{dT} = 0,26$ и сохраняется постоянным. На термомеханической кривой препарата лигнина отмечаются следующие характерные значения температур: 175, 230 и 260°C. В интервале 175—230°C коэффициент $\frac{d\epsilon}{dT} = 0,71$, т. е. он почти в три раза больше коэффициента деформирования модифицированного виномом препарата лигнина. Приведенные данные позволяют предположить образование виноллигнинного комплекса со специфическими термомеханическими характеристиками.

Спектроскопические исследования показали, что после термообработки происходит ослабление полосы поглощения 1144 см⁻¹, отне-

Рис. 3. ИК-спектры образцов лигнина и его смесей с виномом.

1 — исходный лигнин; 2 — лигнин термообработанный; 3 — механическая смесь лигнина с виномом 4 : 1; 4 — та же смесь, термообработанная; 5 — механическая смесь лигнина с виномом 1 : 1; 6 — та же смесь, термообработанная.



сенной [7] к кристаллической части винола. В области валентных колебаний группы C=O (1800—1700 см⁻¹) при термообработке лигнина интенсивность поглощения увеличивается (рис. 3). При термообработке смеси лигнина с виномом, в соотношении 4 : 1 интенсивность поглощения уменьшается на 10%, для соотношения лигнина с виномом 1 : 1 происходит дальнейшее уменьшение интенсивности (табл. 2). Это позволяет полагать, что при термообработке лигнина с виномом происходит их взаимодействие.

Проведенные исследования показали, что при применении винола в условиях получения ДВП мокрым способом имеет место взаимодей-

Таблица 2

Влияние термообработки
на нормированное изменение
полосы поглощения 1750 см^{-1} (1505 см^{-1} —
внутренний стандарт)

Препарат	Интенсивность поглощения для препарата	
	исходного	после термо- обработки
Лигнин	0,41	0,45
Лигнин с виномом 4:1	0,41	0,37
Лигнин с виномом 1:1	0,41	0,31

ствие винола с лигнином древесного волокна. При этом образуются соединения, характеризующиеся повышенной гидрофобностью.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Аксельрод Г. З., Карасев Н. Е. Калориметр для измерения тепла, выделившегося от взаимодействия целлюлозных волокон с различными жидкостями. — «Целлюлоза, бумага и картон». Реф. информ. М., 1971, № 26 (ВНИПИЭИлеспром). [2]. Гаврилиди Е. А., Ласкеев П. Х., Перепелкин К. Е. Термогидропластичные волокна из поливинилового спирта в производстве древесноволокнистых плит. — Исследования в области химии и технологии производства бумаги и картона. «Труды ВНИИБ», М., «Лесная промышленность», 1976, № 69, с. 71—74. [3]. Громова Н. А. Повышение качества древесных плит. — «Плиты и фанера», Реф. информ. М., 1974, № 10 (ВНИПИЭИлеспром). [4]. Громова Н. А. и др. Исследование взаимодействия поливинилового спирта с лигнином в производстве сверхтвердых древесноволокнистых плит. — В сб.: Химическая и механическая переработка древесины и древесных отходов. Л., ЛТА, 1976, вып. 2, с. 84—87. [5]. Леонович А. А. Особенности изготовления огнезащитных древесноволокнистых плит. — «Деревообрабатывающая промышленность», 1974, № 3, с. 10—12. [6]. Ушаков С. Н. Поливиниловый спирт и его производные. Т. 1. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1960. 552 с. [7]. Физика полимеров. Сборник статей. Под ред. М. В. Волькенштейна. М., ИЛ, 1960. 551 с.

Поступила 5 марта 1979 г.

УДК 676.1.023.1

СВОЙСТВА СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, БЕЛЕННОЙ РАСТВОРАМИ ХЛОРИТОВ

Т. А. ТУМАНОВА, Л. Н. ПАХОМОВА, Л. А. ПАВЛОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Показана возможность применения растворов хлоритов для делигнификации целлюлозы при уменьшении числа ступеней отбелики в многоступенчатой схеме отбельного процесса.

В мировом производстве целлюлозы предпочтение отдается сульфатной. Недостаток, затрудняющий производство этой целлюлозы, — трудность ее отбелики по сравнению с сульфитной.

В данной работе приведены результаты изучения отбелики сульфатной целлюлозы растворами хлорита натрия. Целлюлозу получали из лиственных пород древесины с содержанием лигнина ~ 2,0%.

Сульфатная целлюлоза была выработана на Братском лесопромышленном комплексе и предназначена для изготовления волокон типа «Аврива» и полинозных. Проведена серия отбелок целлюлозы растворами хлоритов концентрацией ~ 0,2700 г. экв. по активному хлору при температуре 60, 70, 80°C; исходные значения рН растворов хлоритов равны 3,5 и 4,5; время обработки 60, 120, 240 и 360 мин. Промывали белевую целлюлозу только водой. Изменение свойств целлюлозы в процессе отбелики оп-

ределяли по содержанию α -целлюлозы, лигнина, вязкости 1%-ного медноаммиачного раствора целлюлозы, степени полимеризации (СП). Вычисляли также выход целлюлозы в процессе отбели, белизну образцов и механические показатели.

Данные представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Условия отбели			Содержание α -целлюлозы, %	Вязкость $\times 10^4$, Па·с	СП	Белизна, % от белого	Белизна, % от белого, через	
pH	t°C	Продолжительность обработки, мин					1 мес	2 мес
3,5	60	60	95,7	254	1006	81,5	85,0	84,9
		120	95,8	252	960	82,5		
		240	95,7	252	912	85,55		
		360	95,7	246	855	87,00		
3,5	70	60	95,5	253	1007	83,0	84,55	84,3
		120	95,7	273	980	86,15		
		240	95,7	200	965	88,3		
		300	95,6	190	820	89,0		
4,5	70	60	95,7	293	925	82,6	86,8	86,4
		120	95,8	273	827	81,1		
		240	95,8	268	690	87,5		
		360	95,7	224	650	88,4		
3,5	80	360	95,5	110	845	90,5		
4,5	80	360	96,4	100	711	89,4		

Таблица 2

Условия отбели			Выход целлюлозы, %	Количество удаленного лигнина, %	Количество оставшихся продуктов окисления на целлюлозе, %
pH	t°C	Продолжительность обработки, мин			
3,5	60	60	99,0	1,0	0,6
		120	98,8	1,2	0,4
		240	98,7	1,3	0,3
		360	98,7	1,3	0,3
3,5	70	60	99,0	1,0	0,6
		120	98,9	1,1	0,5
		240	98,9	1,1	0,5
		360	98,8	1,2	0,4
4,5	70	60	99,0	1,0	0,6
		120	98,9	1,1	0,5
		240	98,7	1,3	0,3
		360	98,7	1,3	0,3
3,5	80	360	98,7	1,3	0,3
4,5	80	360	98,8	1,2	0,4

Приводим следующие характеристики целлюлозы:

	Небеленая	Беленая
Содержание α -целлюлозы, %	95,8	95,5
» лигнина, %	1,6	—
Жесткость, перманганатные единицы	46	—
Вязкость $\cdot 10^4$, Па·с	410	110
Степень полимеризации	1040	945
Белизна, % от белого	44,35	90,5
Сопrotивление раздиранию, Н	0,92	0,66

	Небеленая	Беленая
Сопротивление продавливанию $\cdot 10^5$, Па	0,11	0,11
Разрывная длина, м	3400	3300
Сопротивление излому (число двойных перегибов)	19	18

При отбелке целлюлозы растворами хлоритов содержание α -целлюлозы практически не меняется. Потери целлюлозы в процессе отбелки связаны с удалением лигнина, т. е. выход целлюлозы составляет 100%. В процессе отбелки образуются главным образом окисленные продукты лигнина, растворимые в воде. Часть окисленных продуктов лигнина (0,3—0,6% от содержания лигнина в целлюлозе) остаётся на целлюлозе и не снижает качественных показателей.

Снижение вязкости 1%-ных медноаммиачных растворов целлюлозы происходит в период делигнификации целлюлозы и образования продуктов окисления лигнина, которые не удаляются при промывке и остаются на целлюлозе, т. е. за время обработки 60 мин. Этот период характеризуется наибольшей скоростью делигнификации. Дальнейшая обработка целлюлозы растворами хлорита при температурах 60, 70°C не вызывает падения вязкости медноаммиачных растворов целлюлозы. Значительно снизить вязкость растворов можно повышением температуры отбелки до 80°C. Некоторое уменьшение вязкости растворов наблюдается при увеличении длительности обработки целлюлозы (например до 360 мин).

Повышение температуры обработки и продолжительности отбелки позволяет улучшить химические свойства целлюлозы. Одноступенчатая схема отбелки (обработка целлюлозы достаточно концентрированными растворами хлорита при температуре 80°C и $\text{pH}=3,0-4,5$) позволила получить образцы целлюлозы с белизной 89—90,5% от белого.

Изучение влияния естественного освещения на свойства целлюлозы (белизну) показало, что некоторое снижение белизны происходит в течение первого месяца хранения целлюлозы на свету. В дальнейшем показатели свойств целлюлозы не изменяются. Можно предположить, что под влиянием света происходят изменения с продуктами окисления лигнина, которые не удалены промывной водой (табл. 2). При этом механические показатели образцов целлюлозы практически не изменились по сравнению со свойствами небеленой целлюлозы.

Обработка небеленой целлюлозы растворами хлоритов приводит к образованию окисленных продуктов лигнина, растворимых в воде. Поэтому в технологическом режиме отбелки может быть исключена стадия холодного и горячего щелочения.

Полученная беленая целлюлоза соответствует показателям технических условий на сульфатную целлюлозу, предназначенную для полинозных волокон.

Поступила 23 ноября 1978 г.

УДК 676.2.052.51

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ФОРМОВАНИЯ НА СЕТОЧНОЙ ЧАСТИ КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ ИНВЕРФОРМ

В. П. ЧЕРНОКРЫЛОВ, Н. Н. КОКУШИН

Архангельский лесотехнический институт

Ленинградский технологический институт ЦБП

На основании экспериментальных исследований режимов формования между двумя горизонтальными сетками установлена зависимость качественных показателей картона от ряда технологических и конструктивных параметров. Предложены оптимальные режимы формования.

Изучению режимов формования полотна на действующей картоноделательной машине посвящен ряд работ [1—3]. В данной статье приведены результаты исследований, изложенных в работе [3].

Эксперименты проведены на сеточной части Инверформ при выработке пятислойного картона марки А массой 300—350 г/м² на скорости до 110 м/мин. Рассмотрено влияние ряда технологических и конструктивных параметров — соотношения скорости напуска массы и сетки и положения формирующих цилиндров — на качество формования картона. Все остальные технологические параметры сеточной, прессовой и сушильной частей машины в ходе эксперимента поддерживали постоянными, насколько это возможно в производственных условиях. Из-за нестабильного режима работы размольно-подготовительного отдела наблюдались некоторые колебания композиции массы по слоям, поэтому в ходе каждого опыта проводили несколько серий экспериментов при заданном режиме работы сеточной части.

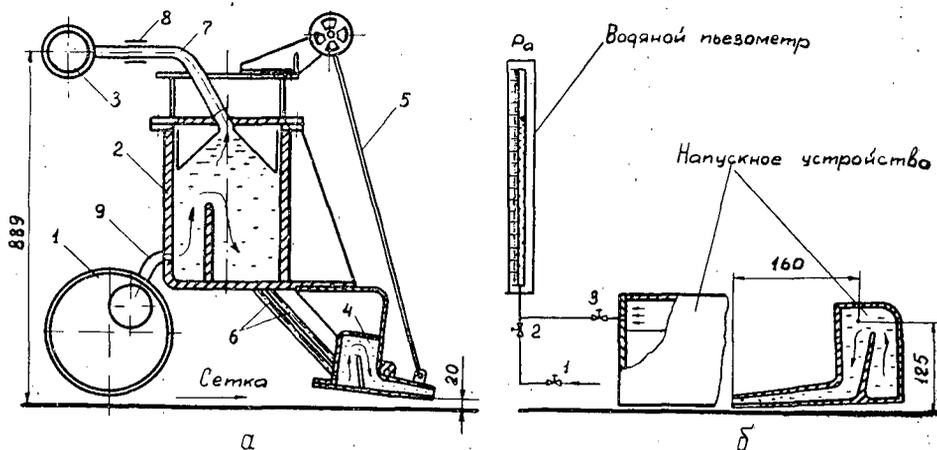


Рис. 1. Установка пьезометрического стенда для замера давления массы в напорных ящиках секций Инверформ.

а — схема напорного ящика: 1 — конический потокораспределитель; 2 — напорный ящик с переливом; 3 — цилиндрический коллектор; 4 — напускное устройство (сливной ящик); 5 — устройство для регулирования щели; 6 — перекрещивающиеся пластмассовые трубки; 7 — пластмассовые (мягкие) переливные трубки (16 шт.); 8 — винтовые зажимы для регулирования перелива (16 шт.); 9 — пластмассовые распределительные трубки (33 шт.); б — измерительная схема (стенд давления); 1 — кран водопроводной линии (для противодействия); 2 — кран стенда давления; 3 — кран (стационарный) напускного устройства.

Качество формования оценивали по прочностным показателям готового картона: по излому и разрывному грузу в поперечном и продольном направлениях; по анизотропии полотна.

Исследования проводили в диапазоне соотношения скоростей 0,9—1,4 при трех положениях формирующих цилиндров: 1) опущенное, с большим «бугром» массы (10—12 мм) в клиновом зазоре между сетками; 2) среднее, с малым бугром (4—5 мм); 3) поднятое, без бугра. Скорость напуска массы из напорного ящика покровного слоя не менялась.

Ввиду сложности замеров скорости истечения массы непосредственно в щелях напускного устройства (рис. 1, а) изготовлен переносной пьезометрический стенд давления (рис. 1, б), в основу которого положена методика по замеру скоростей в потоках волокнистой суспензии, разработанная на кафедре «Машины и аппараты ЦБП» ЛТИ-ЦБП. С этой целью в откидных лучках напускных устройств каждой секции Инверформ с лицевой стороны просверлены отверстия и установлены стационарные краники. По схеме, представленной на рис. 1, б, замеряли полное давление в полости напускного устройства с дальнейшим пересчетом на скорость выхода массы из щели. Необходимое соотношение скоростей устанавливали регулированием высоты открытия щели при помощи винтового устройства (рис. 1, а).

Для контроля за положением формирующих цилиндров с лицевой стороны на станине установлены металлические планки со шкалой, а на конце валов цилиндров закреплены указательные стрелки. Нижнее положение цилиндров, т. е. точка контакта с плоской сеткой, фиксируется стрелкой по шкале планки как нулевая линия отсчета.

При проведении экспериментов формирующие цилиндры на всех четырех секциях устанавливали (по шкале) в одно из трех положений, а затем с помощью стенда давления устанавливали скорость напуска массы в заданном диапазоне соотношения скоростей. Каждую серию экспериментов проводили в начале и конце намотки тамбура на накате; образцы картона снимали в пяти точках по ширине тамбура для механических испытаний. По результатам испытания трех полосок образца определяли каждый прочностной показатель картона.

Полученные данные статистически обработаны по 24 тамбурам. Результаты представлены на рис. 2, 3.

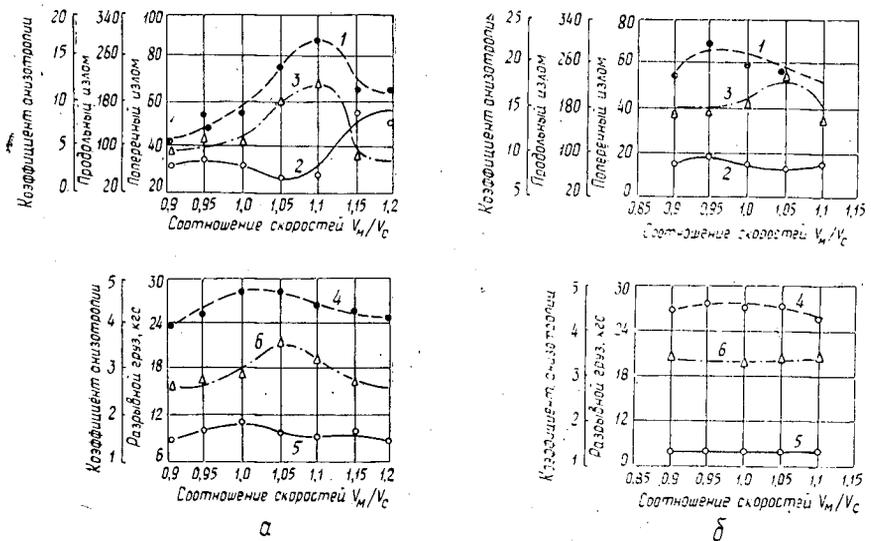


Рис. 2.

а — поднятое положение формирующих цилиндров (без бугра); б — опущенное положение формирующих цилиндров (с бугром); 1, 2 — излом в продольном и поперечном направлениях; 3 — коэффициент анизотропии; 4, 5 — разрывной груз в продольном и поперечном направлениях; 6 — отношение разрывного груза в продольном направлении к поперечному (коэффициент анизотропии).

На рис. 2 показана зависимость прочностных показателей картона марки А при разных положениях формирующих цилиндров от соотноше-

ния скорости напуска и сетки на секциях. При опущенном положении цилиндров (с бугром; рис. 2, б) просматривается незначительная, а при поднятом (без бугра; рис. 2, а) — ярко выраженная зависимость по излому, разрывному грузу и коэффициенту анизотропии полотна от соотношения скоростей. Оптимальное соотношение скоростей, которому соответствует минимум неоднородностей структуры полотна, равно 1,05—1,15. На действующей машине наблюдалось большое количество брака из-за низкого поперечного излома (меньше 20 двойных перегибов), поэтому данный показатель был выбран в качестве основного. Действительно, показатели по продольному излому, представленные на рис. 2, значительно выше показателей по поперечному излому. В свою очередь поперечный излом при оптимальном соотношении скоростей имеет максимум, превышающий 20 двойных перегибов, что еще раз подтверждает наличие определенного соотношения скоростей при поднятом положении цилиндров.

При опущенных цилиндрах (рис. 2, б) полученные зависимости по излому и разрывному грузу в поперечном направлении не имеют характерного вида кривых оптимизации, которые бы подтверждали наличие определенного соотношения скоростей. Причина — наличие в клиновом зазоре большого бугра, который вызывает дополнительное перемешивание массы, дезориентацию волокон и этим сглаживает зависимость качественных показателей картона от соотношения скоростей.

На рис. 3 показана зависимость прочностных показателей картона от положения формирующих цилиндров (по 24 тамбурам). При поднятых цилиндрах, когда время формования увеличивалось, механические показатели картона повышались: среднее число двойных перегибов в поперечном направлении (рис. 3, а) увеличивалось с 15 до 31, а среднее число двойных перегибов в двух направлениях (рис. 3, б) повышалось с 90 до 138 по сравнению с опущенными цилиндрами, когда процесс обезвоживания форсировали в начале зоны формования. Это подтверждается работами [1, 2].

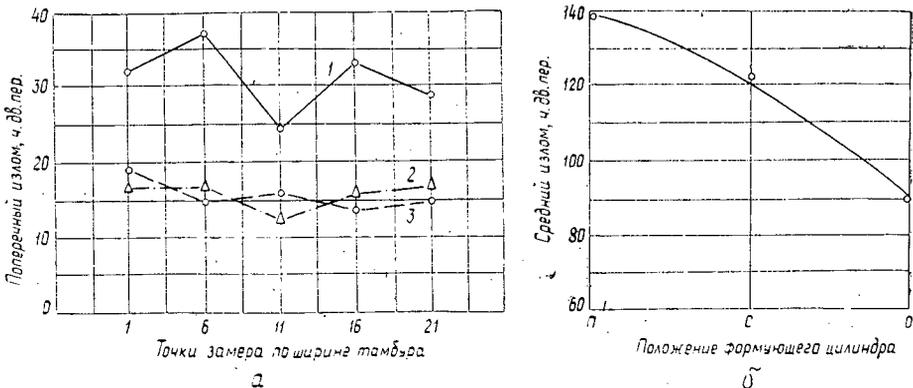


Рис. 3.

а — средний показатель излома в поперечном направлении по ширине тамбура (в 5 точках): 1 — поднятое положение цилиндра; 2 — среднее; 3 — опущенное; б — средний показатель излома в продольном и поперечном направлениях.

Проведенные исследования позволяют заключить, что при поднятом положении формирующих цилиндров без бугра за счет создания

«гибкой» зоны обеспечивается более плавное обезвоживание, увеличивается длина зоны формования, а следовательно, и время формования полотна. Вместе с тем, наличие высокой концентрации массы (1,2—1,8%), небольшая скорость машины и открытый участок от напуска массы на плоскую сетку до зоны контакта с верхней сеткой способствуют образованию процесса флокуляции. Поэтому наиболее сгущенные участки, когда силам механического взаимодействия между волокнами не приходится преодолевать усилия перемешивания в клиновом зазоре (как, например, при работе с бугром), становятся преобладающим фактором и ведут к образованию дискретных волокнистых структур. Такая структура при высоких концентрациях обладает определенной прочностью. Наличие именно таких участков — причина большого разброса показателей по поперечному излому и колебаний массы 1 м^2 по ширине полотна (рис. 3, а и [1]). Однако в целом данный режим способствовал качественному формированию полотна, что и вызвало значительное повышение среднего числа двойных перегибов в поперечном направлении.

При опущенном положении формирующих цилиндров (средний и большой бугры) в клиновом зазоре между сетками создается подпор массы, вызывающей ее дополнительное перемешивание, что, в свою очередь, нарушает образование дискретных волокнистых структур. Кроме того, создание «жесткой» зоны сокращает время формования за счет форсирования обезвоживания в начальной зоне, как уже было отмечено выше. Это приводит к промою большого количества каолина через перфорацию формирующего цилиндра, что просматривалось визуально, а также к усилению вертикальной ориентации волокон. Следовательно, форсирование обезвоживания в начальной зоне, т. е. «жесткий» режим, не обеспечивает качественного формирования полотна.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Кугушев И. Д. и др. Исследование условий формирования картонного полотна на картоноделательной машине Инверформ. — Машины и оборудование ЦБП. Межвуз. сб. научн. тр. Вып. 4. Л., ЛТА, 1976, с. 9—14. [2]. Слуцкий А. Е. и др. Исследование влияния режимов формования на картоноделательной машине Инверформ на качество готовой продукции. — Машины и оборудование ЦБП. Межвуз. сб. научн. тр. Вып. 5, Л., ЛТА, 1977, с. 73—78. [3]. Чернокрылов В. П. Исследование процессов формования и обезвоживания бумажной массы между двумя сетками. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1975.

Поступила 17 ноября 1978 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК [531.3 : 634.0.36].001.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

О. П. АФАНАСЬЕВ, А. Г. ПИЛЮТИК

Московский лесотехнический институт

Поставлен вопрос о необходимости широких экспериментальных исследований динамических процессов в лесозаготовительных машинах с применением методов физического моделирования. В качестве первого этапа работ в этом направлении выведены критерии подобия на основе дифференциальных уравнений, описывающих основные процессы.

При изучении динамических процессов, возникающих в лесозаготовительных машинах и механизмах в реальных условиях их эксплуатации, наиболее эффективны экспериментальные методы с использованием динамических и конструктивно-подобных моделей. Применение этих методов на ранних стадиях проектирования машин позволит существенно повысить их надежность, а также сократить сроки отработки и материальные затраты.

Важный этап моделирования — определение критериев подобия, которое обеспечивает подобие процессов в модели и натуре. Из этих критериев получаются формулы для пересчета соответствующих величин с натуры на модель и обратно. Определению критериев подобия применительно к динамическим процессам в лесных машинах и посвящена данная статья.

Существуют различные способы получения критериев подобия. Мы найдем их в результате приведения к безразмерному виду дифференциальных уравнений, описывающих основные процессы. При динамических исследованиях к основным процессам следует отнести движение машин или их узлов в пространстве как абсолютно твердых тел; управление движением; упругие колебания металлоконструкций машин, а также упругие деформации объектов труда (хлыстов, сортиментов и т. д.); гидродинамику в машинах с гидросистемами.

В ряде случаев могут оказаться существенными и другие процессы, например, возникающие при взаимодействии ходовой части машины с грунтом или при взаимодействии переносимого дерева с воздухом. В данной работе мы ограничимся только перечисленными выше процессами. Движение машины в целом (или ее узлов) можно описать, исходя из принципа Даламбера — Лагранжа [2]

$$\sum_{(k)} m_k \bar{g} \delta \bar{r}_k + \sum_{(k)} \bar{F}_k \delta \bar{r}_k - \sum_{(k)} m_k \frac{d^2 \bar{r}_k}{dt^2} \delta \bar{r}_k = 0, \quad (1)$$

здесь m_k — масса k -того элемента машины;

\bar{r}_k — радиус-вектор k -того элемента машины;

\bar{F}_k — внешняя сосредоточенная сила, действующая на k -тый элемент.

Приведем уравнение (1) к безразмерному виду. С этой целью все величины представим в виде произведений размерных масштабных коэффициентов на соответствующие безразмерные величины

$$m_k = m_0 m_{k\delta}; \quad \bar{g} = g_0 \bar{n}; \quad \bar{r}_k = l_0 \bar{r}_{k\delta}; \quad \bar{F}_k = F_0 \bar{F}_{k\delta}; \quad t = t_0 t_\delta.$$

Масштабные коэффициенты — постоянные, поэтому их можно выносить за знак производной. Применяя правила приведения к безразмерному виду самих дифференциальных операторов [3, 5, 6], уравнение (1) переписываем в следующем виде:

$$m_0 g_0 l_0 \sum_{(k)} m_{k\delta} \bar{n} \delta \bar{r}_{k\delta} + F_0 l_0 \sum_{(k)} \bar{F}_{k\delta} \delta \bar{r}_{k\delta} - \\ - \frac{m_0 l_0^2}{t_0^2} \sum_{(k)} m_{k\delta} \frac{d^2 \bar{r}_{k\delta}}{dt_\delta^2} \delta \bar{r}_{k\delta} = 0. \quad (2)$$

Уравнение (2) для процессов различных масштабов имеет один и тот же вид, если относительная величина соответствующих коэффициентов во всех слагаемых уравнения одна и та же. Иначе говоря, для обеспечения подобия необходимо и достаточно, чтобы выполнялись условия

$$\frac{m_0 g_0 l_0}{m_0 l_0^2 / t_0^2} = \text{const}_1; \quad \frac{m_0 g_0 l_0}{F_0 l_0} = \text{const}_2$$

или

$$\frac{g_0 t_0^2}{l_0} = C_1; \quad \frac{m_0 g_0}{F_0} = C_2.$$

Числа C_1 и C_2 представляют собой критерии подобия для процессов, описываемых уравнением (1).

Характер воздействия системы управления на машину лишь в малой степени зависит от свойств самой системы, а, в основном, определяется волей оператора или заданной программой. Поэтому целесообразно считать свойства натурной системы управления заданными.

Иными словами, считаем известными моменты времени и скорость воздействия органов управления на приводы машины и ее узлы или на течение жидкости в гидросистеме. Тогда для обеспечения подобия достаточно пересчитать эти данные в соответствии с полученными критериями.

Критерии подобия процессов упругих деформаций получим, исходя из уравнения Лямэ, описывающего движение точек изотропного однородного линейно-упругого тела [1]

$$(\lambda + \mu) \nabla \text{div} \bar{U} + \mu \Delta \bar{U} + \rho \left(\bar{F} - \frac{\partial^2 \bar{U}}{\partial t^2} \right) = 0, \quad (3)$$

где λ, μ — упругие константы (коэффициенты Лямэ);

\bar{U} — вектор перемещения;

ρ — плотность;

\bar{F} — внешняя массовая сила;

$\text{div}, \nabla, \Delta$ — дифференциальные операторы.

В рассматриваемом случае внешняя массовая сила — только сила тяжести, а значит

$$\bar{F} \equiv \bar{g}.$$

Приведем уравнение (3) к безразмерному виду

$$\frac{\lambda_0 l_0}{l_0^2} \lambda_\delta \nabla \operatorname{div} \bar{U}_\delta + \frac{\mu_0 l_0}{l_0^2} \mu_\delta (\nabla \operatorname{div} \bar{U}_\delta + \Delta \bar{U}_\delta) + \rho_0 g_0 \rho_\delta \bar{U}_\delta - \frac{\rho_0 l_0}{t_0^2} \rho_\delta \frac{\partial^2 \bar{U}_\delta}{\partial t_\delta^2} = 0. \quad (4)$$

Для обеспечения подобия должны выполняться условия

$$\frac{\lambda_0/l_0}{\mu_0/l_0^2} = \operatorname{const}_3; \quad \frac{\lambda_0/l_0}{\rho_0 g_0} = \operatorname{const}_4; \quad \frac{\rho_0 g_0}{\rho_0 l_0/t_0^2} = \operatorname{const}_5;$$

после упрощений получим

$$\frac{\lambda_0}{\mu_0} = C_3; \quad \frac{\lambda_0}{\rho_0 l_0 g_0} = C_4; \quad \frac{g_0 t_0^2}{l_0} = C_5.$$

Отношения C_3 , C_4 , C_5 представляют собой критерии подобия для процессов упругих деформаций: если их значения для модели и натуре одинаковы, то процессы подобны (при обеспечении подобия краевых условий).

При определении критериев подобия гидродинамических процессов движение жидкости в наиболее общем виде можно описать уравнением Навье — Стокса [4]

$$\rho \frac{\partial \bar{V}}{\partial t} + \rho (\bar{V} \operatorname{grad}) \bar{V} - \rho g + \operatorname{grad} P - \mu_1 \Delta \bar{V} = 0, \quad (5)$$

где \bar{V} — вектор скорости;
 grad , Δ — дифференциальные операторы;
 g — ускорение силы тяжести;
 P — давление;
 μ_1 — коэффициент кинематической вязкости.

Запишем уравнение (5) в безразмерном виде

$$\frac{\rho_0 V_0}{t_0} \rho_\delta \frac{\partial \bar{V}_\delta}{\partial t_\delta} + \frac{\rho_0 V_0^2}{l_0} \rho_\delta (\bar{V}_\delta \operatorname{grad}) \bar{V}_\delta - \rho_0 g_0 \rho_\delta \bar{n} + \frac{P_0}{l_0} \operatorname{grad} P_\delta + \frac{\mu_{10} V_0}{l_0^2} \mu_{1\delta} \Delta \bar{V}_\delta = 0, \quad (6)$$

тогда условия подобия процессов имеют вид

$$\frac{\rho_0 V_0/t_0}{\rho_0 V_0^2/l_0} = \operatorname{const}_6; \quad \frac{\rho_0 V_0/t_0}{\rho_0 g_0} = \operatorname{const}_7;$$

$$\frac{\rho_0 V_0^2/l_0}{P_0/l_0} = \operatorname{const}_8; \quad \frac{\rho_0 V_0^2/l_0}{\mu_{10} V_0/l_0^2} = \operatorname{const}_9.$$

После упрощений и некоторых преобразований получим

$$\frac{V_0 t_0}{l_0} = \frac{1}{C_6} = \operatorname{Ho}; \quad \frac{V_0^2}{g_0 l_0} = \frac{C_7}{C_6} = \operatorname{Fr};$$

$$\frac{P_0}{\rho_0 V_0^2} = \frac{1}{C_8} = \operatorname{Eu}; \quad \frac{\rho_0 l_0 V_0}{\mu_{10}} = C_9 = \operatorname{Re}.$$

Детальный анализ показывает [3], что число Эйлера (Eu) не является независимым критерием подобия, т. е. при выполнении критериев гомохронности (Ho), Фруда (Fr) и Рейнольдса (Re) число Эйлера выдерживается автоматически.

Итак, чтобы обеспечить подобие гидродинамических процессов, следует выдержать три критерия. В гидросистемах лесозаготовительных машин влиянием силы тяжести жидкости на ее движение можно пренебречь, поэтому нет необходимости выдерживать для жидкости критерий Фруда.

Для обеспечения подобия динамических процессов в лесозаготовительных машинах и их моделях нужно выдержать следующие шесть критериев подобия:

$$No = \frac{Vt}{l}; \quad Re = \frac{\rho V l}{\mu_1} \text{ (только для жидкости в гидросистеме);}$$

$$Fr = \frac{V^2}{gl} \text{ (только для металлоконструкций);}$$

$$C_2 = \frac{mg}{F}; \quad C_3 = \frac{\lambda}{\mu}; \quad C_4 = \frac{\lambda}{\rho l g}.$$

Следует отметить, что вместо критерия C_5 и совпадающего с ним критерия C_1 записан критерий Фруда, который получается путем комбинации No и C_5 . Если на машину не действуют сосредоточенные внешние силы, то критерий C_2 отпадает.

Все приведенные выше критерии имеют простую физическую интерпретацию. Критерий гомохронности показывает, что за соответствующие отрезки времени происходят подобные перемещения. Критерий Рейнольдса представляет собой отношение инерционных сил к силам вязкого трения. Критерий Фруда дает отношение сил инерции к силам тяжести. Критерий C_2 представляет отношение сил тяжести к сосредоточенным силам. Критерий C_3 отражает подобие упругих свойств при различных деформациях. Критерий C_4 представляет собой отношение сил упругости к силам тяжести.

Таким образом, на первом этапе работы по экспериментальному исследованию динамических процессов в лесозаготовительных машинах и механизмах определены критерии, обеспечивающие подобие динамических характеристик на моделях и натуре для весьма широкого класса машин.

Результаты новых этапов работы, включающих в себя использование полученных критериев для выбора проектных параметров моделей применительно к конкретным машинам, а также методика проведения экспериментальных исследований на моделях и анализ полученной информации будут изложены в последующих наших работах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Амензаде Ю. А. Теория упругости. М., 1976. [2]. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики. Ч. 2. М., 1972. [3]. Гухман А. А. Введение в теорию подобия. М., 1973. [4]. Кибель И. А., Кочин Н. Е., Розе Н. В. Теоретическая гидромеханика. Ч. I. М., 1963. [5]. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. М., 1977. [6]. Эйгенсон Л. С. Моделирование. М., 1952.

Поступила 2 июня 1978 г.

УДК 62-229.6

К ТЕОРЕТИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ КРУГЛЫХ И КОНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ С ПРЯМОЛИНЕЙНОЙ ОСЬЮ

Е. Н. РЫКОВ

Луцкий филиал Львовского политехнического института

Приведены материалы кинематических и динамических исследований загрузочного устройства, определены траектории движения исследуемых деталей от момента заполнения бункера устройства до загрузки в приемную зону технологического оборудования, определены необходимые усилия для нормального движения детали в зону загрузки.

Одно из основных направлений технического прогресса в промышленности — механизация и автоматизация производственных процессов, особенно трудоемких малопроизводительных ручных операций.

Автоматическое загрузочное устройство для круглых и конических деталей состоит из приемного бункера 1 (рис. 1), представляющего собой сварную конструкцию. Внутри бункера в направляющих движется в вертикальной плоскости возвратно-поступательно шибер 2. На передней стенке бункера установлен уголковый приемник (направляющая) 4 перед выдающей щелью бункерного устройства.

Круглые детали загружаются в бункер «навалом» в неориентированном положении. Конические детали при необходимости загружаются предварительно ориентированными по одному из конусов (большему или меньшему). Из бункера ориентированные детали поштучно выдаются шибером для загрузки в технологическое оборудование. При движении вверх шибер извлекает из общей массы единичную деталь и поднимает ее до своего крайнего верхнего положения. Поднятая деталь скользит через выдающую щель бункера в уголковый приемник по наклонной рабочей поверхности

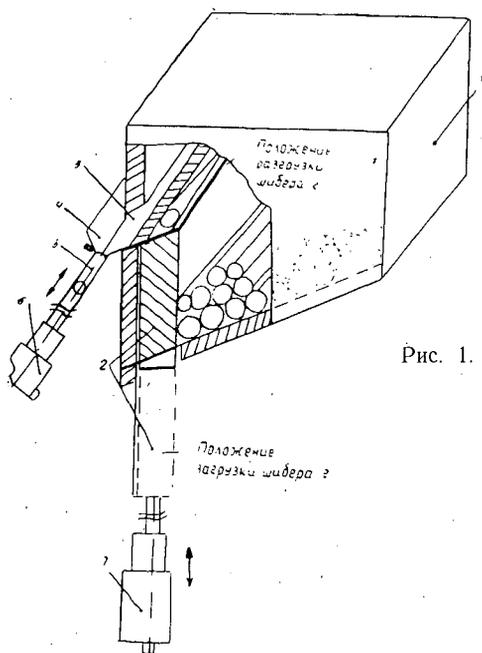


Рис. 1. Схема загрузочного устройства.

шибера. Загрузка детали в технологическое оборудование осуществляется толкателем 5, шарнирно соединенным со штоком пневматического цилиндра 6 двойного действия. Воздух подается в пневмоцилиндры 6 и 7 периодически с помощью золотникового распределительного устройства. Цилиндры 6 и 7 выполняют функции привода шибера и толкателя. Чтобы деталь самопроизвольно двигалась в уголкового приемника, нож шибера должен иметь срез под углом до 45° (в зависимости от необходимой скорости отвода деталей) [3, 4].

Процесс ориентирования и загрузки детали в оборудование для обработки складывается из четырех участков: 1) движение детали в бункере к рабочей поверхности шибера и ориентация детали; 2) извлечение из общей массы единичной детали и подъем ее в крайнее верхнее положение шибера; 3) скольжение детали по наклонной плоскости шибера и уголкового приемника; 4) движение детали по уголкового приемнику в загрузочную зону с помощью толкателя.

Участки 1, 2. Ориентирование детали на участке осуществляется в бункере с горизонтальным и наклонным дном. В обоих случаях перемещению детали к рабочей поверхности шибера и нормальному ориентированию препятствуют силы трения, возникающие между деталями под действием их веса, веса верхних рядов деталей, загруженных в бункер, а также силы трения между заготовками нижнего ряда и дном бункера и т. п.

При загрузке деталей в бункер с горизонтальным дном их ориентация может быть осуществлена с помощью вибрации (подвижное дно бункера, приводимое в движение с помощью кривошипно-шатунного механизма). В этом случае кинематические и динамические исследования производят на основании работы [2].

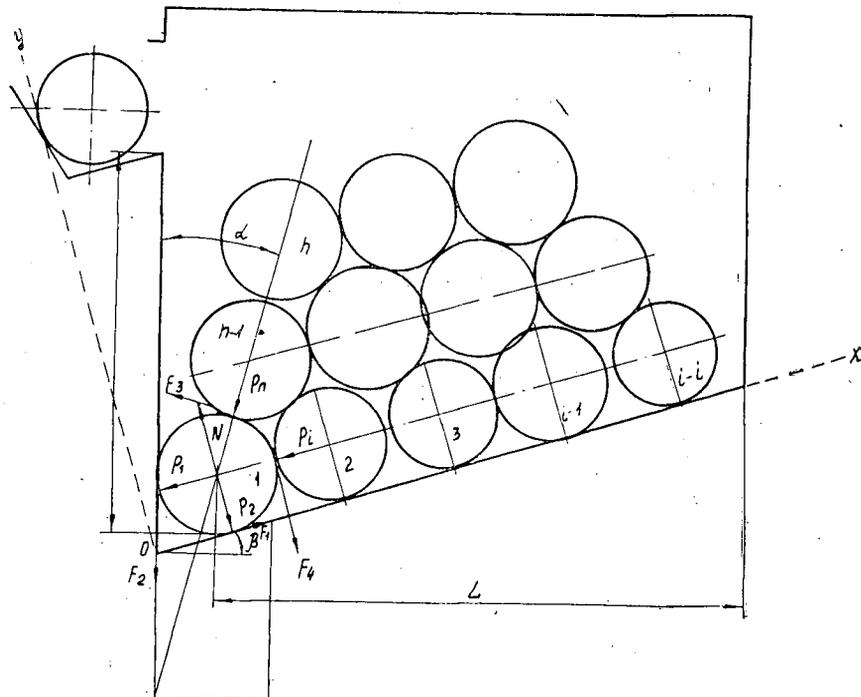


Рис. 2. Расчетная схема для бункера с наклонным дном.

При загрузке деталей в бункер с наклонным дном их перемещение по наклонной плоскости дна бункера осуществляется под действием собственного веса. Пакет деталей составляет n рядов с количеством i деталей в ряду. Усилия, под действием которых находится единичная деталь нижнего ряда, возникают от ее собственного веса, веса деталей, составляющих нижний ряд, веса вышележащих рядов деталей и возникающих при этом сил трения.

Для определения математических зависимостей движения детали на участке составим сумму проекций действующих сил на координатные оси ox и oy (рис. 2)

$$\Sigma x = -\Sigma P_1 - \Sigma P_n \sin(\alpha + \beta) + F_1 - F_2 \sin \beta - F_3 \cos(\alpha + \beta) = 0; \quad (1)$$

$$\Sigma y = \Sigma P_n \cos(\alpha + \beta) - P_2 - F_2 \cos \beta + F_3 \sin(\alpha + \beta) - F_4 + N = 0. \quad (2)$$

Отсюда выразим нормальную силу N

$$N = \Sigma P_n \cos(\alpha + \beta) + P_2 + F_2 \cos \beta - F_3 \sin(\alpha + \beta) + F_4. \quad (3)$$

Действующие в системе силы выразим через вес детали:

1) $P_d = mg$ — вес детали;

2) составляющая веса, направленная параллельно днищу,

$$P_1 = P_i = mg \sin \beta;$$

3) составляющая веса, направленная по нормали к днищу,

$$P_2 = mg \cos \beta;$$

4) составляющая веса вышележащих рядов деталей, направленная по нормали к поверхности детали,

$$P_n = mg \cos \alpha;$$

5) F_1 — сила трения между рассматриваемой деталью и дном бункера

$$F_1 = P_v \mu = mg \cos \beta \mu_1;$$

6) F_2 — сила трения между деталью и стенкой бункера

$$F_2 = P_1 \mu_1 = mg \sin \beta \mu_1;$$

7) F_3 — сила трения между деталями нижнего и вышележащего рядов

$$F_3 = P_n \mu_2 = mg \cos \alpha \mu_2;$$

8) F_4 — сила трения между соседними деталями одного ряда

$$F_4 = P_1 \mu_2 = mg \sin \beta \mu_2;$$

μ_1 — коэффициент трения по металлу;

μ_2 — коэффициент трения дерева по дереву.

Подставив выражения для сил в уравнение (3), получим

$$N = mg(n-1) \{ \cos \alpha \cos(\alpha + \beta) + \cos \beta - \mu_2 [\sin \beta + \cos \alpha \sin(\alpha + \beta)] + \mu_1 \sin \beta \cos \beta \}. \quad (4)$$

Уравнения движения детали имеют вид

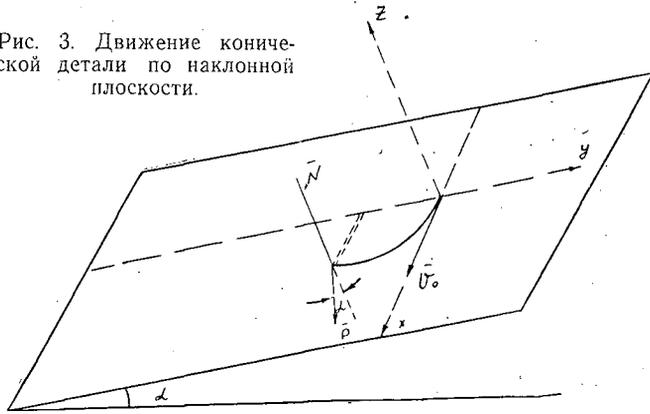
$$m w_x = N \sin \beta; \quad (5)$$

$$m w_y = N \cos \beta. \quad (6)$$

Проинтегрировав эти уравнения по переменному t , найдем скорость движения рассматриваемой детали. Путь (траекторию движения детали) можно определить вторичным интегрированием равенств (5) и (6) по переменной t .

На участке 3 деталь катится по наклонной плоскости с углом наклона α под действием собственного веса (рис. 3). По экспериментальным данным, начальная скорость V_0 перпендикулярна к линии наибольшего ската этой плоскости. Деталь движется по криволинейной траектории, вследствие ее конусности. Опережение одного конца по сравнению с другим незначительно во времени и к моменту загрузки в оборудование деталь оказывается полностью подготовленной для заталкивания в приемную зону станка.

Рис. 3. Движение конической детали по наклонной плоскости.



Запишем дифференциальные уравнения движения центра масс детали, учитывая (кроме равнодействующей \bar{F} заданных сил, приложенных к движущемуся телу) нормальную реакцию N и силу трения $F_{тр}$ [1]

$$m\ddot{x} = F_x + N_x + F_{трx}; \quad (7)$$

$$m\ddot{y} = F_y + N_y + F_{тры}; \quad (8)$$

$$m\ddot{z} = F_z + N_z + F_{трz}. \quad (9)$$

Деталь находится под действием силы тяжести P , направленной по вертикали вниз, тогда

$$m\ddot{x} = \dot{x} = 0; \quad (10)$$

$$m\ddot{y} = \dot{y} = -P \sin \alpha = -mg \sin \alpha; \quad (11)$$

$$m\ddot{z} = \dot{z} = N - P \cos \alpha. \quad (12)$$

Так как деталь движется в плоскости $хоу$, то $z = 0$, поэтому

$$N - P \cos \alpha = 0; \quad (13)$$

$$N = P \cos \alpha. \quad (14)$$

Из уравнений (11) и (12) имеем

$$\frac{d\dot{x}}{dt} = 0; \quad \frac{d\dot{y}}{dt} = -g \sin \alpha. \quad (15)$$

Отсюда

$$\dot{x} = \text{const} = \dot{x}_0 = V_0; \quad (16)$$

$$\dot{y} = -gt \sin \alpha. \quad (17)$$

Уравнения движения центра масс детали

$$x = V_0 t; \quad (18)$$

$$y = \frac{gt^2}{2} \sin \alpha. \quad (19)$$

Траекторию движения центра масс получим, исключая параметр t

$$y = \frac{g \sin \alpha}{2V_0^2} x^2, \quad (20)$$

т. е. траектория представляет собой параболу.

Участок 4. Движение детали в зависимости от расположения приемной зоны технологического оборудования может осуществляться по наклонной или горизонтальной плоскости. Нормальная реакция N равна произведению веса детали P_d на косинус угла наклона плоскости α [1, 5]

$$N = P_d \cos \alpha. \quad (21)$$

Известно [5], что центр тяжести конуса расположен на расстоянии $1/4$ высоты конуса от плоскости основания. При движении детали под действием ее веса возникает сила трения $F_{\text{тр}}$.

Проекция сил на координатные оси

$$\Sigma x = Q - F_{\text{тр}} = 0; \quad (22)$$

$$\Sigma y = -P + N \cos \alpha = 0, \quad (23)$$

следовательно,

$$P = N \cos \alpha. \quad (24)$$

На основании закона Кулона

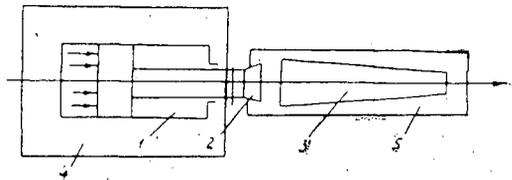
$$F_{\text{тр}} = N \mu.$$

Для перемещения детали в загрузочную зону станка (рис. 4) необходимо приложить от толкателя силу

$$Q > \mu N \cos \alpha > P_d. \quad (25)$$

Рис. 4. Движение детали в загрузочную зону технологического оборудования.

1 — пневмоцилиндр; 2 — толкатель;
3 — деталь; 4 — плита цилиндра;
5 — направляющая детали.



Для получения уравнений движения детали на участке 4 воспользуемся тем [1, 5], что ускорение при движении детали — величина постоянная (деталь движется равномерно, без толчков). В начальный момент ускорение равно ω_0 . Поэтому

$$Q_0 - aT = m\omega_0 - aT = 0; \quad (26)$$

$$a = \frac{m\omega_0}{T}; \quad (27)$$

$$Q = m\omega_0 - \frac{m\omega_0}{T}t = m\omega_0\left(1 - \frac{t}{T}\right). \quad (28)$$

Дифференциальные уравнения движения

$$m \frac{dV}{dt} = Q = m\omega_0\left(1 - \frac{t}{T}\right) \quad (29)$$

или

$$dV = \omega_0\left(1 - \frac{t}{T}\right) dt. \quad (30)$$

Скорость движения детали получим интегрированием уравнения (30) в пределах от $V_0 = 0$ до V и от 0 до t .

Так как $V = \frac{dS}{dt}$, то

$$\frac{dS}{dt} = \omega_0\left(t - \frac{t^2}{2T}\right). \quad (31)$$

Путь детали вычислим при интегрировании (31) в пределах от 0 до S и от 0 до t

$$S = \frac{\omega_0 t^2}{2}\left(1 - \frac{t}{3T}\right). \quad (32)$$

Время движения детали по уголкому приемнику можно определить, применяя теорему об изменении количества движения

$$-mV_0 = -F_{\text{тр}}t,$$

откуда

$$t = \frac{mV_0}{F_{\text{тр}}} = \frac{P_d V_0}{gF_{\text{тр}}}, \quad (33)$$

где V_0 — скорость движения детали по уголкому приемнику;

P_d — вес детали;

$F_{\text{тр}}$ — сила трения между деталями и уголковым приемником;

m — масса детали;

g — ускорение свободного падения.

Проведенные исследования позволяют определить траекторию движения детали, ее скорость и ускорение. Это необходимо для установления форм и размеров основных конструктивных элементов при проектировании и изготовлении загрузочных устройств с целью автоматизации производственных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Айзенберг Т. Б., Воронков Н. М., Осецкий В. М. Руководство к решению задач по теоретической механике. М., «Высшая школа», 1962. [2]. Батин И. В. К теории вибрационных разборщиков пачек хлыстов и бревен. — В сб.: Лес-

ная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность. 1967, № 4. [3]. Бобров В. П. Лотки для автоматической загрузки станков. М., Машгиз, 1951. [4]. Бобров В. П. Проектирование загрузочно-транспортных устройств к станкам и автоматическим линиям. М., Машгиз, 1964. [5]. Лойцянский А. Г., Лурье А. И. Курс теоретической механики. М., ГИИТЛ, 1955.

Поступила 9 ноября 1978 г.

УДК 634.0.323.4

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УСТАНОВОК ДЛЯ ГРУППОВОЙ РАСКРЯЖЕВКИ ХЛЫСТОВ ПРИ ИХ ПРОДОЛЬНОМ ПЕРЕМЕЩЕНИИ

А. С. ТОРОПОВ

Марийский политехнический институт

Предложена методика проведения исследований технологического процесса групповой раскряжевки на установках с продольным перемещением хлыстов.

Сравнительно небольшая производительность раскряжевочных установок с продольным перемещением хлыстов (ПЛХ-ЗАС, ЛО-15С) усложняет применение их на складах с большим грузооборотом. Один из возможных путей повышения производительности установок типа ЛО-15С — переход от индивидуальной раскряжевки хлыстов к групповой.

Технологический процесс групповой раскряжевки на установках с продольным перемещением хлыстов значительно отличается от процесса индивидуального раскря, поэтому его необходимо детально изучить. С этой целью нами предложена методика статистических исследований, сущность которой излагается ниже.

Пусть за определенный период времени подается следующее количество групп: по одному хлысту — a ; по два — b ; по три — c ; по n хлыстов — k . Затраты времени на ту или иную исследуемую операцию технологического процесса для каждой группы соответственно $t'_1, t'_2, t'_3, \dots, t'_n$. Все затраченное время на операцию обозначим через t' . Нетрудно доказать, что

$$\frac{t'}{a+b+c+\dots+k} = t'_1 \frac{a}{a+b+c+\dots+k} + t'_2 \frac{b}{a+b+c+\dots+k} + \dots + t'_n \frac{k}{a+b+c+\dots+k} \quad (1)$$

Для простоты рассуждений ограничимся максимальным количеством хлыстов в группе, равным 3. Если долю раскряжевки по одному хлысту $\frac{a}{a+b+c}$ обозначим через x_1 , долю раскряжевки групп по два хлыста $\frac{b}{a+b+c}$ — через x_2 , тогда доля раскряжевки по три хлыста в группе составит $1 - x_1 - x_2$. Если левую часть формулы (1) обозначить через y , то последняя примет вид

$$y = t'_3 + (t'_1 - t'_3) x_1 + (t'_2 - t'_3) x_2 \quad (2)$$

В формуле (2) t'_1, t'_2, t'_3 не зависят от x_1 и x_2 . Доля раскряжевки по одному, по два и по три хлыста в группе определяется процессом и не связана со временем, затрачиваемым на единицу каждой из долей. Поэтому можно отвлечься от изменчивости величин $t'_3, t'_1 - t'_3$ и $t'_2 - t'_3$, не абстрагируясь при этом от изменчивости x_1 и x_2 . Подставив вместо названных трех величин постоянные c_1, c_2, c_3 , получим

$$y_{x_1, x_2} = c_1 + c_2 x_1 + c_3 x_2 \quad (3)$$

Формула (3) не имеет практического смысла до тех пор пока вместо коэффициентов c_1, c_2, c_3 не будут поставлены определенные числа a_1, a_2, a_3 . Эти числа надо подбирать так, чтобы получилось среднее значение y_{x_1, x_2} . Нетрудно установить, что для этого искомые a_1, a_2 и a_3 должны представить не что иное, как средние из величин $t'_3, t'_1 - t'_3, t'_2 - t'_3$. Допустим, что для данного леспромхоза раскряжевка по одному хлысту составляет половину объема, т. е. $x_1 = 0,5$; раскряжевка групп по два хлыста составляет 40%, т. е. $x_2 = 0,4$, тогда

$$y_{0,5; 0,4} = t'_3 + 0,5 (t'_1 - t'_3) + 0,4 (t'_2 - t'_3), \quad (4)$$

а в среднем

$$\overline{y_{0,5; 0,4}} = \overline{t'_3} + 0,5 (\overline{t'_1 - t'_3}) + 0,4 (\overline{t'_2 - t'_3}). \quad (5)$$

Имея ежедневные данные (допустим за 30 дней) об отработанном времени и количестве произведенных единиц для различных операций, способом наименьших квадратов мы можем получить значения a_1, a_2, a_3 .

По вышеизложенной методике на двух предприятиях лесной промышленности была исследована производительность установок для групповой раскряжевки хлыстов при их продольном перемещении. Хронометражные наблюдения проводили в течение 30 дней на каждом предприятии. Результаты наблюдений, а именно, средние значения поэлементных затрат времени процесса групповой раскряжевки хлыстов на установках ПЛХ-ЗАС (при их незначительной модернизации), а также средние значения x_1 и x_2 представлены в табл. 1.

Таблица 1

Средние значения долей групп в общей совокупности		Средние затраты времени, с.				
по одному хлысту x_1	по два хлыста x_2	на подачу хлыстов на транспортер t_1	на перемещение хлыстов до пилы и на торцевание t_2	на продольное перемещение хлыстов t_3	на пиление t_4	на сброс отпиленных отрезков t_5
Зырянский ЛПХ Казлес						
0,73	0,16	4,6	12,5	37,0	31,7	22,0
Пярусский лесокombинат Эстонской ССР						
0,69	0,17	6,4	12,0	25,6	18,2	17,0

Как видно из данных табл. 1, средние затраты времени на продольное перемещение t_3 и на пиление t_4 в условиях Зырянского ЛПХ выше, чем в условиях Пярусского лесокombината. Различие можно объяснить тем, что в Зырянском ЛПХ лиственницу, в основном, раскряжевывали на два вида сортиментов (пиловочник — 4,0; 6,0 м), а на Пярусском лесокombинате тонкомерные хлысты (с преобладанием лиственных пород) раскряжевывали на четыре вида сортиментов (5,0; 3,0; 3,2; 2,0 м). Средний объем хлыста $V_{хл}$ в Зырянском леспромхозе составил $0,55 \text{ м}^3$, а в Пярусском лесокombинате — $0,2 \text{ м}^3$.

С помощью ЭВМ «Минск-32» результаты хронометражных наблюдений были обработаны по стандартной программе БФ-11Д. Получены следующие уравнения регрессии: для Зырянского ЛПХ

$$\left. \begin{aligned} t_1 &= 6,3 - 2,1x_1 - 1,0x_2, \\ t_2 &= 14,8 - 3,8x_1 + 2,8x_2, \\ t_3 &= 62,4 - 25,3x_1 - 43,6x_2, \\ t_4 &= 58,0 - 28,0x_1 - 36,7x_2, \\ t_5 &= 31,9 - 11,4x_1 - 10,1x_2. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

для Пярнуского лесокомбината

$$\left. \begin{aligned} t_1 &= 8,4 - 2,2x_1 - 3,1x_2; \\ t_2 &= 48,6 - 47,0x_1 - 28,1x_2; \\ t_3 &= 15,0 - 11,4x_1 + 17,4x_2; \\ t_4 &= 19,9 - 1,8x_1 - 2,1x_2; \\ t_5 &= 19,8 - 1,9x_1 - 2,0x_2. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Уравнения (6), (7) позволяют определить средние поэлементные затраты времени процесса групповой раскряжевки в зависимости от долей раскряжевки групп хлыстов с различным количеством хлыстов в группе. Можно определить также средние удельные затраты времени на любой элемент цикла исследуемой операции в зависимости от долей групп в общей совокупности. Анализируя полученные уравнения, приходим к выводу, что с увеличением количества хлыстов в группе поэлементные затраты времени на каждый цикл незначительно растут, удельные же затраты времени резко падают. На раскряжевочной установке в Зырянском ЛПХ хлысты подаются на транспортер с помощью раскряжевателя ПРХ-2С, а на установке Пярнуского лесокомбината — гидроманипулятором; вероятно, поэтому наблюдаются некоторые различия коэффициентов уравнений, определяющих t_1 . Что касается величин x_1 и x_2 , то они почти не влияют на t_1 . Анализируя уравнения регрессии, характеризующие процесс перемещения групп хлыстов до пилы и торцевания t_2 , приходим к выводу, что на обоих предприятиях затраты времени t_2 почти одинаковы. Уравнения для определения среднего времени продольного перемещения групп хлыстов t_3 в условиях Зырянского ЛПХ и Пярнуского лесокомбината различаются коэффициентами при x_1 и x_2 . Это можно объяснить большим различием геометрических параметров хлыстов на двух упомянутых предприятиях. Уравнения, определяющие t_4 , показывают, что в условиях Зырянского лесопромхоза среднее время на пиление несколько выше по сравнению с Пярнуским лесокомбинатом. Есть все основания считать, что это отличие вызвано тем, что в Зырянском ЛПХ раскряжевывалась наиболее трудная для обработки порода — лиственница. Уравнения для определения среднего времени на сброс отпиленных сортиментов объективно отображают процесс. В Зырянском ЛПХ сортименты с приемного стола сбрасываются на сортировочный транспортер поштучно, а в Пярнуском лесокомбинате — группами, поэтому в первом случае значение t_5 несколько выше, чем во втором. Как видно из уравнений, определяющих t_5 , для условий Пярнуского лесокомбината x_1 и x_2 почти не влияют на t_5 .

Регрессионные зависимости (6) и (7), определяющие затраты времени на каждый элемент процесса групповой раскряжевки хлыстов, позволили найти производительность установки в целом. Нами предложена следующая формула для определения сменной производительности при групповой раскряжевке на установке с продольным перемещением групп хлыстов

$$P_{см} = \frac{T_{см} k_1 k_2 [V_{хл_1} x_1 + 2V_{хл_2} x_2 + 3V_{хл_3} (1 - x_1 - x_2)]}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}, \quad (8)$$

где $V_{хл_1}$, $V_{хл_2}$, $V_{хл_3}$ — соответственно средние объемы хлыстов при раскряжевке по одному, по два, по три хлыста в группе;

$T_{см}$ — продолжительность смены, с;

k_1 — коэффициент использования рабочего времени;
 k_2 — коэффициент загрузки.

При $V_{хл_2} = \frac{V_{хл_1}}{2}$ и $V_{хл_3} = \frac{V_{хл_1}}{3}$ сменная производительность установки

$$P_{см} = \frac{T_{см} k_1 k_2 V_{хл_1}}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5} \quad (9)$$

Таким образом, по разработанной нами методике получены регрессионные зависимости, определяющие поэлементные затраты времени процесса групповой раскряжевки хлыстов. Как показал регрессионный анализ зависимостей (6) и (7), при групповой раскряжевке хлыстов на установках с продольным перемещением значительно снижаются затраты времени на единицу продукции, особенно на переместительных операциях.

Поступила 10 мая 1979 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630*.903

О ДИНАМИКЕ СООТНОШЕНИЯ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОЙ
И ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ЛЕСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Т. С. ЛОБОВИКОВ, В. А. БЕРЕСЛАВСКАЯ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрен процесс развития лесохозяйственной и лесопромышленной деятельности на примере типичных лесных предприятий Горьковской области, Марийской и Чувашской АССР. Показаны сходные, в основных чертах, пути развития предприятий, подтверждающие стадийный характер процесса.

В развитии лесных предприятий с момента их образования происходят определенные изменения в соотношении объемов лесохозяйственного и лесозаготовительного производства. Выявленный анализом реальных процессов характер этих изменений позволил нам сформулировать концепцию стадийного развития предприятий [2—4], уже нашедшую подтверждение в работах ряда исследователей. Согласно этой концепции, процесс последовательного освоения и воспроизводства лесных ресурсов проходит ряд более или менее отчетливо выраженных стадий, характерных изменением содержания, форм и соотношения лесозаготовительных и лесохозяйственных функций и сменой экстенсивных форм ведения хозяйства интенсивными в объективно обусловленные моменты времени.

Ниже сообщаются некоторые данные одного из выполненных нами исследований, объектом которого явились лесные предприятия Горьковской области, Марийской и Чувашской АССР (70 предприятий). Из всей массы предприятий региона выделена группа типичных, по которым приводятся тренды объемов лесохозяйственного производства и объемов рубок главного пользования, полученные в результате сглаживания рядов методом скользящей средней (рис. 1), подтверждающие стадийность развития.

Все эти предприятия прошли этап экстенсивного освоения лесных ресурсов и в настоящее время находятся на стадии конверсии (переходного периода) экстенсивных форм ведения хозяйства на интенсивные или выходят из конверсии (Кокшайский, Мушмаринский). В первом периоде экстенсивного развития (F_1) форсированно осваивались

Таблица 1

Предприятие	Прирост объемов рубок главного пользования, тыс. м ³	Средний годовой темп роста объемов рубок главного пользования, %	Средние темпы роста объемов лесохозяйственного производства, %, в периоде	
			F_1	F_2
Козиковский лесокомбинат	195,5	115,9	105,8	106,0
Зеленогорский "	237,5	118,5	103,0	104,2
Кокшайский мехлесхоз	178,3	129,1	—	107,8
Мушмаринский "	250,9	122,5	—	105,4
Килемарский лесхоз	111,6	104,2	103,8	104,4

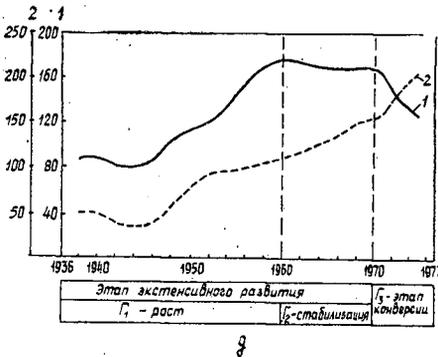
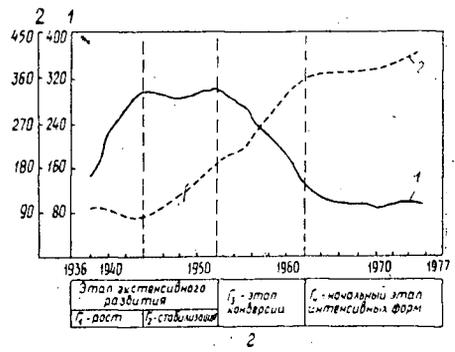
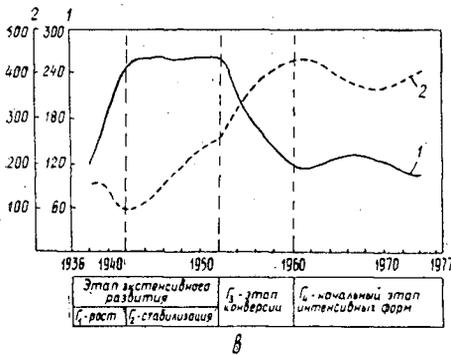
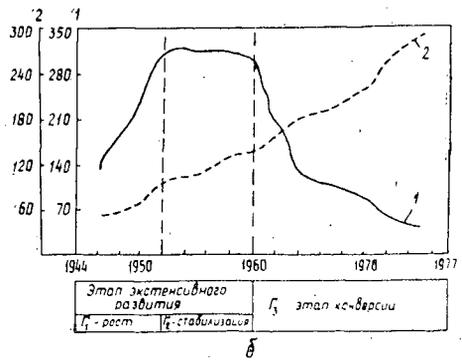
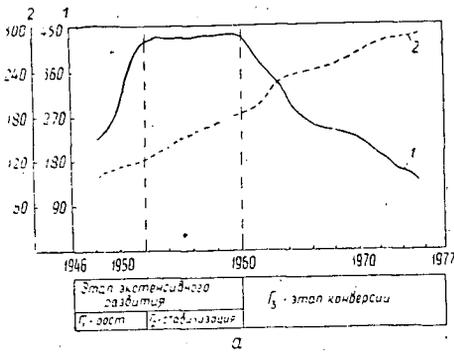


Рис. 1. Динамика объемов рубок главного пользования, тыс. м³ (1) и объемов лесохозяйственного производства в условных ценах 1965 г., тыс. р. (2).

а — Козиковский лесокombинат; б — Зеленогорский лесокombинат; в — Кокшайский межлесхоз; г — Мушмаринский межлесхоз; д — Килемарский лесхоз.

естественные обширные леса с избытками спелого леса (55—65% лесопокрываемой площади). Прирост (в абсолютном выражении и по средним годовым темпам роста) объемов рубок главного пользования в период Г₁ по исследуемым предприятиям характеризовался данными, представленными в табл. 1.

Средние темпы роста весьма значительны (115,9—129,1%). Из всех предприятий исследуемой группы только Килемарский лесхоз имел значительно меньший рост объемов рубок главного пользования, что объясняется недостаточно развитой инфраструктурой района (малая населенность, неразвитая сеть дорог).

Освоение лесных массивов в период T_1 осуществлялось преимущественно сплошными концентрированными рубками. Такие рубки в значительной мере согласуются с основной лесоводственной задачей этого периода — омоложением лесов путем уменьшения площадей уже не продуцирующих перестойных древостоев.

Но с течением времени запасы спелого леса сокращаются. В результате рубки главного пользования стабилизируются на некотором расчетном уровне до определенного времени, пока позволяют ресурсы спелого леса.

Объемы же лесохозяйственного производства (исчисленные в условных ценах 1965 г.) на всем протяжении периодов T_1 и T_2 характеризовались относительно невысокими, но постепенно возрастающими темпами роста (табл. 1).

Отмеченное по двум предприятиям снижение объемов лесохозяйственного производства в периоде T_1 связано с обстоятельствами военного и послевоенного времени. Объемы лесохозяйственных работ в периоде T_1 невелики и ограничивались лесоустройством и мерами по охране и защите леса при преимущественно естественном возобновлении последнего. В периоде T_2 возрастали объемы рубок промежуточного пользования (рубок ухода) и санитарных.

Период конверсии (T_3) характеризуется сокращением рубок главного пользования. Усиливается водоохранное и защитное значение лесов, более жесткими становятся требования к проведению рубок главного пользования по размеру лесосек и срокам их примыкания. Возрастают площади неспелых лесов, требующие проведения рубок ухода; за счет промежуточного пользования частично восполняется сокращение рубок главного пользования. Значительно увеличиваются объемы лесокультурных и других лесохозяйственных работ. Средние темпы роста лесохозяйственного производства в этом периоде выше, чем в предыдущем (108—111% против 104—108%).

После завершения конверсии объемы этих видов производств, согласно нашей концепции, развиваются на некоторых взаимосогласованных уровнях, что отчетливо видно на рис. 1, в, г.

Таким образом, исследование развития группы типичных лесных предприятий показало, что начав свою деятельность в разные моменты времени, предприятия совершают определенный, сходный в основных чертах, путь развития, который вместе с закономерностями изменения содержания и соотношения лесозаготовительных и лесохозяйственных функций предприятий отражает сущность процесса стадийного их развития.

Нашей концепции иногда противопоставляется другая, утверждающая целесообразность стабильных или монотонно возрастающих объемов производства в предприятиях при постоянных пропорциях лесозаготовительных и лесохозяйственных производств [1]. Заметим сразу, что для подавляющего большинства реально действующих предприятий, уже ведущих рубки в объемах, обеспеченных ресурсами спелого леса на 10—20 (а иногда и менее) лет, пути, рекомендуемого Н. П. Анучиным в качестве «целесообразного», вообще не существует. Для всех этих предприятий возможны только два варианта: либо удерживать достигнутые объемы лесозаготовок до полной вырубki спелых древостоев и затем прекратить лесозаготовительную деятельность, либо своевременно, в оптимальные моменты, сократить рубки главного пользования, чтобы иметь возможность продолжать лесопромышленную и лесохозяйственную деятельность на взаимосогласованных уровнях в интенсивных формах хозяйства. Оба варианта возможны, но второй

представляется нам лучшим. Н. П. Анучин [1] полагает, что наша концепция не может быть им принята. Для нас значительно более существенно, что эта концепция извлечена из реальной действительности, подтверждается ею и «третьего пути» для действующих предприятий нет.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Анучин Н. П. В защиту постоянно действующих лесных предприятий. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1978, № 2, с. 5—9. [2]. Лобовиков Т. С. Общая концепция развития форм лесного хозяйства и лесной промышленности. — В сб.: Лесное хозяйство и лесная промышленность СССР к VII Международному лесному конгрессу. М., «Лесная промышленность», 1972, с. 61—69. [3]. Лобовиков Т. С. Лесные предприятия будущего. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 3, с. 134—140. [4]. Лобовиков Т. С. Лесные предприятия будущего и воспроизводство лесных ресурсов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 4, с. 18—25.

Поступила 22 января 1979 г.

УДК 630*.794

О РЕГИОНАЛЬНОМ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

А. А. ВИНОКУРОВ

Ленинградский финансово-экономический институт

Дано определение региональных межотраслевых комплексов, в частности лесопромышленного. Показаны состав, структура, место лесопромышленного комплекса в экономике Северо-Западного экономического района, внешние и внутренние связи комплекса.

Постоянный рост промышленного потребления древесины опровергает точку зрения о том, что древесное сырье утратило свое значение в условиях научно-технического прогресса, когда сырьевая база пополняется все новыми конструкционными материалами. Практика общественного развития говорит о все более возрастающем значении лесов, о необходимости организации планомерного производства и потребления древесины.

Доля лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности в общем объеме валовой продукции промышленности страны в 1977 г. составила 4,4%, в основных промышленно-производственных фондах — 4,6% [2, с. 125, 135].

В производстве продукции лесопереработки ведущую роль в стране занимает Северо-Западный экономический район. Продукция лесных отраслей района в прошедшей пятилетке составляла 17,5% всей продукции отрасли страны и 22,0% — РСФСР. В валовой продукции района лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность составляла 12,5%. (Для сравнения скажем, что такие отрасли района, как машиностроение и металлообработка, дали 30,0% продукции, легкая промышленность — 15,5% [1, с. 40].

По ряду причин значительная часть предприятий лесной и деревообрабатывающей промышленности находится в ведении многих организаций. Положение отдельных районов и повышенный спрос на лесопroduкцию предопределяют участие в развитии и размещении отрасли многих министерств и ведомств. Формирование плана производится на отраслевой основе, а его реализация — на межотраслевой (междуведомственной). Поэтому заготовкой древесины занимаются более 100 министерств и ведомств, производством пиломатериалов — око-

ло 90, которые участвуют в формировании и размещении объектов лесной промышленности с учетом ведомственных интересов [3, с. 31]. Результатом ведомственной разобщенности является относительно низкая доля продукции Минлеспрома СССР в общем объеме лесозаготовок в стране.

Поскольку продукция лесозаготовительной и лесоперерабатывающей промышленности потребляется значительным числом отраслей народного хозяйства, встает задача установить наиболее рациональные связи между предприятиями как по линии заготовки и переработки древесины, так и по линии потребления готовой продукции.

Пути рационального использования лесосырьевых ресурсов являются, во-первых, создание на многолесных территориях лесопромышленных комплексов, осуществляющих заверченный производственный цикл от выращивания и заготовки леса до производства готовой продукции и возобновления лесного фонда (например, Братский лесопромышленный комплекс); во-вторых, включение предприятий лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности в состав действующих и создающихся производственно-территориальных комплексов. Эти пути не только способствуют усилению концентрации и специализации лесозаготовительного и перерабатывающего производства, но и, что очень важно, позволяют более рационально использовать производственную и социальную инфраструктуру области, района, зоны. Наконец, один из путей совершенствования структуры отрасли, комплексного и наиболее рационального использования древесного сырья — формирование межотраслевых региональных лесопромышленных комплексов.

Под региональным лесопромышленным комплексом мы понимаем целенаправленную совокупность лесных отраслей и производств, участвующих в воспроизводстве части совокупного общественного продукта и объединенных единой целью обеспечения народнохозяйственных потребностей в лесопродукции при наименьших затратах общественного труда. Региональный лесопромышленный комплекс всегда связан с определенной достаточно большой территорией. В состав лесопромышленного комплекса (ЛПК) входит большой набор производств, начиная от отраслей, тесно связанных с ресурсами леса, и кончая отраслями глубокой механической и химической переработки древесины, а также по изготовлению и ремонту оборудования для лесной промышленности.

Следует оговориться, что под отраслью мы везде понимаем «чистую» отрасль, т. е. отрасль, которая объединяет продукты либо родственные друг другу с точки зрения технологии, либо имеющие примерно одинаковые потребительские свойства.

В состав лесопромышленного комплекса Северо-Западного экономического района включаются следующие отрасли: производство технологического оборудования для лесной, целлюлозно-бумажной промышленности и лесосплава; лесозаготовка; лесопильная, деревообрабатывающая, фанерная, мебельная промышленности; производство прочих продуктов деревообрабатывающей промышленности, целлюлозно-бумажная промышленность, лесохимия и гидролиз древесины, лесное хозяйство. Правомочность включения в комплекс именно этих отраслей определяется общностью сырья, последовательностью технологического процесса, однородностью выпускаемой продукции, т. е. наличием устойчивых внутренних связей между предприятиями и производствами.

Важным инструментом в экономических исследованиях, в частности при анализе регионального лесопромышленного комплекса, прогнозировании его развития на перспективу, в последние годы становится межотраслевой баланс производства и распределения продукции экономического района.

Расчеты, выполненные автором при анализе межотраслевого баланса Северо-Западного экономического района за 1966 и 1972 г. для лесопромышленного комплекса, позволяют в определенной мере показать место лесопромышленного комплекса в экономике района, связи ЛПК как внутренние (между отраслями, входящими в комплекс), так и внешние, с другими отраслями и комплексами. Лесопромышленный комплекс в 1972 г. произвел 9,43% валовой продукции района. В отраслях комплекса работало 10,59% промышленно-производственного персонала, он располагал 4,90% стоимости основных производственных фондов района. В 1972 г. 63,4% продукции отраслей комплекса, направленной на текущее производственное потребление, было использовано внутри самого комплекса. По сравнению с 1966 г. уменьшилась доля непроизводственного потребления продукции отраслей комплекса, т. е. расходы на личное потребление, пассажирский транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство, просвещение, здравоохранение, культуру, науку, управление, хотя в абсолютном выражении эти расходы в 1972 г. значительно возросли. В то же время повысилась доля продукции комплекса, использованной на накопление основных производственных и непроизводственных фондов, оборотных средств, возмещение потерь и выбывших фондов, в основном за счет отрасли «Производство технологического оборудования для лесной, целлюлозно-бумажной промышленности и лесосплава» и мебельной промышленности. Необходимо отметить, что приведенные выше данные о потреблении продукции ЛПК характеризуют ее использование в пределах Северо-Западного экономического района, вместе с тем значительная доля продукции комплекса вывозится за пределы района.

Кроме постоянных и тесных связей между отраслями комплекса, он в целом и его отрасли имеют связи и с другими комплексами района, особенно со строительным и агропромышленным. На долю строительного комплекса в 1972 г. приходилось 11,63% продукции ЛПК, использованной на текущее производственное потребление, на долю агропромышленного комплекса — 7,10%, в основном за счет поставок продукции таких отраслей, как лесопильная, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная промышленность, лесозэксплуатация. Потребителями продукции являются отрасли, включенные в состав агропромышленного комплекса: транспортное и сельскохозяйственное машиностроение, отрасли пищевой промышленности, непосредственно сельское хозяйство (животноводство и растениеводство), а также заготовки, торговля и общественное питание.

А какова же отраслевая структура продукции лесопромышленного комплекса? Расчеты показывают, что наибольшую долю занимает продукция лесопильной и деревообрабатывающей промышленности (33—35%), целлюлозно-бумажной — 24—26%, лесозэксплуатации — 20—26%, мебельной — 7—9%, причем доля лесозэксплуатации в 1972 г. сократилась и составила 19,74% (в 1966 г. было 26,03%), а доля целлюлозно-бумажной, лесопильной и деревообрабатывающей, фанерной возросла. Это говорит об углублении переработки древесины. Об этом же свидетельствуют и темпы роста валовой продукции отраслей комплекса в 1972 г. по сравнению с 1966 г. В лесопильной и деревообрабатывающей, фанерной, целлюлозно-бумажной промышленности, лесохи-

мии и гидролизе древесины они значительно выше, чем в лесоэксплуатации.

Приведенные данные позволяют сделать вывод, что в лесопромышленном комплексе Северо-Западного экономического района возрастает роль и значение отраслей, специализирующихся на последовательной переработке древесного сырья и выпускающих продукцию конечного потребления.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Лесная и деревообрабатывающая промышленность экономических районов. М., 1970. [2]. Народное хозяйство СССР в 1977 году. М. «Статистика», 1978. [3]. Структурные сдвиги в размещении промышленного использования лесов. М., СОПС, 1975.

Поступила 5 мая 1979 г.

УДК 630*.79

ОБ ОПТИМАЛЬНОМ РАЗМЕРЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Т. М. ОСТРОУМОВА

Ленинградский финансово-экономический институт

Рассматривается методика определения оптимального размера леспромхоза по минимуму себестоимости 1 м³. Отмечается необходимость регионального подхода к решению этой задачи.

Создание материально-технической базы коммунизма включает рациональное использование богатых природных ресурсов нашей страны, среди которых важное место занимают леса. «Потребности страны в энергии и сырье непрерывно растут, а их производство обходится все дороже. Следовательно, чтобы не идти на чрезмерное увеличение капиталовложений, надо добиваться более рационального использования ресурсов...» [2, с. 43]. Важным средством рационального использования материальных, трудовых, финансовых и природных ресурсов является оптимизация размеров предприятий.

Характерная черта развития лесной промышленности — систематическое увеличение мощности лесозаготовительных предприятий. Как известно, крупные предприятия обладают экономическими преимуществами, вытекающими из общественного характера труда. Однако «...превосходство крупного производства... имеет место лишь до известного предела...» [1, с. 111]. Наличие «предела» размера предприятия (дальнейшее увеличение размеров предприятия сопровождается снижением экономической эффективности) и обуславливает необходимость управления процессами концентрации производства, сущность которого состоит в определении оптимальных, научно обоснованных размеров предприятий в каждой отрасли промышленности.

В любой отрасли оптимальные размеры предприятий устанавливают по оптимальным размерам производства. В состав лесозаготовительного предприятия, помимо лесозаготовок, зачастую входят производства по переработке круглого леса, использованию отходов и низкокачественной древесины и пр. Многоотраслевой характер состава производства лесозаготовительного предприятия позволяет полнее использовать природные, материальные и трудовые ресурсы. И все же основное назначение лесозаготовительных предприятий — лесозек-

сплуатация, поэтому оптимальный размер леспромхоза следует определять по лесозаготовительному производству.

В лесозаготовительной отрасли из-за ряда удорожающих факторов, таких как перебазирование заготовок в северные и восточные районы страны, увеличение расстояния вывозки и т. д., происходит повышение себестоимости заготовки 1 м³ древесины, что вызывает необходимость повышения цен на круглые лесоматериалы. Таким образом, для леспромхозов очень важно производить продукцию с минимальной себестоимостью. Основные теоретические положения о формах концентрации производства и ее уровне в лесозаготовительной отрасли сформулированы Т. С. Лобовиковым [4]. В данной статье оптимальный размер лесозаготовительного производства отыскивается по минимуму себестоимости 1 м³ лесопродукции.

Особенность лесозаготовительной отрасли заключается в том, что при повышении концентрации производства, т. е. при увеличении объема вывозки древесины изменение себестоимости единицы продукции происходит в двух противоположных направлениях: она снижается за счет условно-постоянных расходов и увеличивается за счет роста транспортных затрат в связи с увеличением расстояния вывозки. Учитывая это, критерий оптимальности лесозаготовительного производства можно представить в виде:

$$\min \left\{ a + \frac{b}{x} + Tr(x) \right\},$$

где x — искомый оптимальный размер производства;

a — условно-переменные затраты;

$\frac{b}{x}$ — условно-постоянные затраты;

$Tr(x)$ — транспортные расходы.

Себестоимость 1 м³ лесозаготовок калькулируют без подразделения по фазам производства, поэтому довольно трудно выделить сумму расходов, связанных с вывозкой древесины.

На уровень себестоимости продукции лесозаготовительного производства влияет значительное число природных, производственных, организационных и экономических факторов, причем различные факторы действуют в противоположных направлениях, т. е. противостоят друг другу. По этой причине для отыскания оптимального размера лесозаготовительного производства следует использовать многофакторное уравнение себестоимости, которое можно представить в следующем виде:

$$Y_1 = a'_0 + \frac{a_1}{x_1} + a_2 x_2,$$

где x_1 — искомый оптимальный размер производства;

x_2 — среднее расстояние вывозки;

a'_0 — условно-переменные затраты;

$\frac{a_1}{x_1}$ — условно-постоянные затраты;

$a_2 x_2$ — транспортные затраты.

Данное уравнение не позволяет определить оптимальный размер лесозаготовительного производства, поскольку содержит два неизвестных слагаемых. При увеличении объема вывозки древесины среднее расстояние вывозки возрастает. Для количественного определения влияния концентрации производства на среднее расстояние вывозки обычно используют парную зависимость, полагая, что среднее расстоя-

ние вывозки пропорционально квадратному корню из числа, соответствующего площади лесосырьевой базы (или годовому объему вывозки). Однако «увеличение объема лесозаготовок на одну и ту же величину при переменном запасе на 1 га приводит к различному повышению расстояния вывозки. При указанном условии в более производительных насаждениях расстояние вывозки растет медленнее, чем в менее производительных» [5, с. 54], поэтому при определении влияния объема вывозки древесины на среднее расстояние вывозки В. П. Стяжкин предлагает учитывать запас спелой древесины на 1 га общей площади лесосырьевой базы.

На среднее расстояние вывозки, помимо объема леса, значительное влияние оказывают также число дорог в леспромхозе, их удельная протяженность на 1000 м³ вывезенной древесины и др. Чтобы избежать искажающего влияния других факторов на количественную зависимость объема производства от среднего расстояния вывозки, можно использовать многофакторное уравнение вида:

$$Y_2 = d'_0 + d_1 \sqrt{x_1} + \Sigma d_i x_i,$$

где d_i — коэффициенты уравнения;

x_1 — годовой объем вывозки одним леспромхозом;

x_i — остальные факторы, включенные в модель.

Закрепив значения факторов на уровне их средних арифметических и введя эти величины в уравнение регрессии, получим уравнение, выражающее «чистое» влияние объема производства на среднее расстояние вывозки древесины:

$$Y_2 = d'_0 + d_1 \sqrt{x_1}.$$

Имеем систему двух уравнений:

$$\begin{cases} Y_1 = a'_0 + \frac{a_1}{x_1} + a_2 x_2; \\ Y_2 = d'_0 + d_1 \sqrt{x_1}, \end{cases}$$

причем $Y_2 = x_2$.

Оптимальный размер лесозаготовительного производства должен обеспечить минимум функционала

$$\min \left\{ a_0 + \frac{b}{x} + c \sqrt{x} \right\},$$

где x — искомый оптимальный размер производства;

a_0 — условно-переменные затраты;

$\frac{b}{x}$ — условно-постоянные затраты;

$c \sqrt{x}$ — транспортные затраты.

Себестоимость 1 м³ круглого леса минимальна при

$$x_{\text{опт}} = \sqrt[3]{\left(\frac{2b}{c}\right)^2}.$$

Задача установления оптимального размера лесозаготовительных предприятий не может иметь однозначного решения на всей территории СССР, поскольку неизбежны глубокие различия не только между многолесными и малолесными районами, но и между различными подрайонами. Специфика природных и экономических условий в разных районах страны обуславливает необходимость регионального подхода к решению этой задачи. Следовательно, при определении оптимального размера лесозаготовительного производства необходимо использовать

многофакторные уравнения себестоимости 1 м³ древесины и среднего расстояния вывозки для того лесозономического района, в котором расположено данное предприятие, поскольку различие природно-экономических условий производства находит свое выражение в изменении коэффициентов при факторах, а в конечном итоге и оптимума.

На основе изложенной методики нами определен оптимальный размер лесозаготовительного производства для леспромхозов Архангельской области. Все расчеты по корреляционному и регрессионному анализу выполнены на ЭВМ «Минск-22» по алгоритму и программе О. М. Дукарского и А. Г. Закурдаева. Отсев несущественных факторов произведен по номерам с применением *t*-критерия (Стьюдента).

В результате проведенного исследования нами установлено, что по критерию минимума себестоимости оптимальный размер лесозаготовительного предприятия в Архангельском лесозономическом районе составляет 530 тыс. м³.

Повышение уровня концентрации лесозаготовительного производства — важный резерв повышения эффективности производства, поскольку значительная часть леспромхозов имеет объем производства ниже оптимального уровня.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ленин В. И. Капитализм в сельском хозяйстве. — Полн. собр. соч. Изд. 5-е. Т. 4. [2]. Материалы XXV съезда КПСС. М., Политиздат, 1976. [3]. Дукарский О. М., Закурдаев А. Г. Статистический анализ и обработка наблюдений на ЭВМ «Минск-22». М., «Статистика», 1971. [4]. Лобовиков Т. С. К определению форм концентрации производства и ее уровня. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1969, № 1. [5]. Стяжкин В. П. Об оптимальной концентрации лесозаготовительного производства. — В кн.: Основные направления развития форм лесопромышленного производства. М., 1977.

Поступила 25 июня 1979 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*.524.33+630*.562.2

О СООТНОШЕНИИ
ЛИНЕЙНОГО И ОБЪЕМНОГО ПРИРОСТА ДРЕВОСТОЕВ

Г. Л. КРАВЧЕНКО

Брянский технологический институт

На конкретных примерах, с помощью математической модели, показано, как изменяется запас и объемный прирост древостоя при изменении его линейных характеристик.

Эффект рубок ухода, удобрения, преобразования заболоченных лесных участков и других лесохозяйственных мероприятий лесоводы определяют разными способами и показателями [6, 8]. Одни выражают его дополнительным приростом стволов по радиусу на высоте 1,3 м [2, 4, 7], другие — по диаметру [1, 8]. При этом прирост коры в толщину либо учитывается, либо нет. В ряде других опытов эффект лесохозяйственных мероприятий выражается дополнительным приростом в высоту [3]. Иногда наряду с этими приводятся показатели дополнительного объемного прироста [7, 8]. Однако рассматриваемые показатели часто не коррелируют между собой. В объемных выражениях лесоводы чаще проявляют осторожность, тогда как линейными показателями оперируют не вполне обдуманно. И это понятно, так как трудно представить физически дополнительный прирост за единицу времени в 1 мм по среднему диаметру, или 1 дм по средней высоте, даже если эти значения в опыте достоверны на высоком уровне значимости. В самом деле, существенно ли это дополнение в физическом смысле? Много это или мало?

Некоторое представление о взаимосвязи объемного и линейных приростов ствола дерева дает известная в таксации формула

$$P_{Z_v} \approx P_{Z_g} + P_{Z_h} + P_{Z_f}$$

В этой формуле равенство лишь приблизительное, а связь выражена в относительных единицах. Проверкой установлено, что процент объемного прироста древостоя, полученный через сумму процентов прироста древостоя по площади сечения, высоте и видовому числу, может быть меньше на 2,5 единицы.

Математическая модель, полученная нами [5], дает возможность конкретнее выразить взаимозависимость изменения объемных и линейных характеристик древостоя. Изменяя один или сразу несколько линейных признаков, с помощью ЭВМ по математической модели легко проследить характер изменения при этом объемного показателя древостоя.

Частным примером тому служат данные табл. 1, где первой строкой по каждой из четырех пробных площадей характеризуется наличный древостой. Во второй строке приводятся данные по тем же пробным площадям, когда увеличена толщина деревьев на 0,1 см; в третьей — высота на 0,1 м; в четвертой — одновременно толщина на 0,1 см и высота на 0,1 м. При этом во всех случаях в табл. 1 видовое число ствола оставлено неизменным. Но это вовсе не значит, что при небольшом изменении линейных характеристик деревьев на пробной площади видовое число не изменится. При одновременном увеличении толщины деревьев на 0,1 см, а высоты на 0,1 м среднее значение видового числа уменьшилось на пробной площади № 5 лишь на 0,0011, № 8 — на 0,0003 и на пробной площади № 22 — на 0,0001. В табл. 1 влияния этих изменений исключено.

Как показали исследования, абсолютные и относительные значения прироста запаса стволов в коре, соответствующие 1 мм прироста в толщину или 1 дм в высоту, обусловлены густотой, полнотой, высотой, толщиной и другими параметрами древостоя.

Суммарный прирост запаса за счет отдельной прибавки по толщине и высоте всегда меньше прироста по запасу, полученного при совместном одновременном увеличении толщины и высоты деревьев (табл. 1).

Процентное выражение прироста по запасу хорошо коррелирует со средними значениями высоты, толщины и видовой высоты — $\frac{M}{G}$.

Таблица 1

Характеристика пробных площадей по результатам обмера и эксперимента

Номер пробы	Возраст, лет	H1 м	H2 м	D1 см	D2 см	M м ³	G м ²	$\frac{M}{G}$	ΔM м ³ /%
5	25	9,16	10,02	6,27	6,76	208,13	35,899	5,80	—
		9,16	10,01	6,37	6,85	213,49	36,892	5,79	5,53/2,66
		9,26	10,12	6,27	6,76	209,97	35,899	5,85	2,08/1,00
		9,26	10,11	6,37	6,85	215,80	36,892	5,85	7,66/3,68
6	45	12,68	14,60	10,05	11,03	217,24	27,508	7,90	—
		12,68	14,59	10,15	11,12	220,52	27,965	7,89	3,38/1,56
		12,78	14,70	10,05	11,03	218,64	27,508	7,95	1,49/0,68
8	52	12,78	14,69	10,15	11,12	222,13	27,965	7,94	4,89/2,25
		18,96	20,40	16,27	17,152	332,76	32,695	10,18	—
		18,96	20,40	16,37	17,247	336,19	33,057	10,17	3,57/1,07
22	95	19,06	20,50	16,27	17,152	334,33	32,695	10,23	1,63/0,49
		19,06	20,50	16,37	17,247	337,98	33,057	10,22	5,22/1,57
		27,68	29,02	31,17	32,325	494,89	37,259	13,28	—
22	95	27,68	29,02	31,27	32,422	497,67	37,482	13,28	2,90/0,58
		27,68	29,02	31,17	32,325	496,56	37,259	13,33	1,71/0,34
		27,68	29,02	31,27	32,422	499,51	37,482	13,33	4,62/0,93

Примечание. H1 — средневзвешенное (через n) значение высоты; H2 — средневзвешенное (через произведение $ng_{1,3}$) значение высоты; D1 — средневзвешенное (через n) значение толщины ствола; D2 — среднее квадратическое взвешенное значение толщины ствола; M — запас стволов в коре; G — сумма площадей сечений стволов на высоте 1,3 м.

Как в научных исследованиях, так и на практике повсеместно используется мерная вилка. На фоне изложенного легко представить, как сказывается на результатах объемного текущего прироста неисправность мерной вилки и систематическая ошибка в 1—3 мм, допущенная при измерении толщины деревьев. Зачистка коры на стволах деревьев для пометки места обмера на постоянных пробных площадях также существенно искажает результаты исследования.

Разработанная нами математическая модель [5] и изложенный здесь метод ее использования можно считать качественно новой ступенью в учете текущего прироста.

Исследование с помощью и на основе математического моделирования в лесном хозяйстве в сущности только разворачивается. Но уже теперь видно, что математические модели помогут лесоводам глубже освоить теорию и практику ведения лесного хозяйства, точнее оценить пользу или вред тех или иных лесохозяйственных мероприятий или природных явлений в лесу.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Будниченко Н. И. Влияние минеральных удобрений на периодический текущий прирост по диаметру в жердняках сосны. — В сб.: Текущий прирост древостоев. Минск, «Ураджай», 1975, с. 156—158. [2]. Григорьев В. П., Берегова Т. С., Лахтанова Л. И. Радиальный прирост как показатель эффективности введения многолетнего люпина под полог сосновых культур. — В сб.: Текущий прирост древостоев. Минск, «Ураджай», 1975, с. 143—145. [3]. Звирбуль А. П. Внесение удобрений в сосновые культуры с помощью авиации. — «Лесное хозяйство», 1975, № 10, с. 50—53. [4]. Зеленский Н. Н., Жижин Н. П. Радиальный прирост древостоя как индикатор рекреационной нагрузки. — В сб.: Текущий прирост древостоев. Минск, «Ураджай», 1975, с. 131—133. [5]. Кравченко Г. Л. Единая математическая модель изменения объема стволов и запаса древостоев. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 6, с. 17—19. [6]. Победов В. С., Волчков В. Е., Шиманский П. С. Текущий прирост как показатель эффективности применения минеральных удобрений в лесу. — В сб.: Текущий прирост древостоев. Минск, «Ураджай», 1975, с. 141—143. [7]. Рябуха Е. В. Влияние минеральных удобрений на рост сосны в свежем бору. — «Лесное хозяйство», 1975, № 10, с. 48—50. [8]. Сляднев А. П. Комплексный способ выращивания сосновых насаждений. М., «Лесная промышленность», 1971. 104 с.

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

УДК 06.091.5

АРХАНГЕЛЬСКОМУ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОМУ ИНСТИТУТУ — 50 ЛЕТ

И. М. БОХОВКИН

В октябре 1979 г. исполняется 50 лет Архангельскому лесотехническому институту. Он был открыт в год, когда наша страна приступила к выполнению I пятилетнего плана развития народного хозяйства. Развернувшаяся индустриализация страны и возможности увеличения лесного экспорта обусловили рост спроса на лесопroduкцию. Богатые лесные ресурсы Севера, близость их к морским портам, где сформировалось относительно развитое лесопиление, — все это обусловило целесообразность открытия лесного вуза именно в Архангельске.

13 июня 1929 г. СНК РСФСР принял постановление об открытии Архангельского лесотехнического института.

Первая лекция (по политической экономии) состоялась 19 октября, а торжественное открытие института — 6 ноября 1929 г. На первый курс было принято 80 человек — по 40 на лесозаготовительное и транспортно-заготовительное отделения. В январе 1930 г. было открыто лесозаготовительное отделение с лесозаготовительной и промышленной специализациями, а в мае того же года лесомеханическое отделение (специализации лесопиление и деревообработка) и лесохимическое отделение с целлюлозно-бумажной и лесохимической специализациями. Факультет лесного хозяйства был организован в 1934 г., однако основные его кафедры (лесоводства, почвоведения, таксации, ботаники и др.) были созданы еще в 1930 г. Таким образом, АЛТИ, сразу же сформировался как комплексное лесное высшее учебное заведение.

Первым директором АЛТИ был В. А. Горохов, коммунист с 1918 г., энергичный, талантливый организатор.

Располагая вначале лишь четырьмя комнатами бывшего епархиального училища, институт к пятилетнему юбилею практически своими силами создал прочную материальную базу.

С 1929 г. по 1940 г. при АЛТИ существовал рабфак, готовивший рабочих к поступлению в институт. Численность учащихся рабфака (с филиалами) достигала 1000 человек.

В 1931 г. при институте начала работать единственная в стране Всесоюзная промышленная академия Наркомлеса СССР для подготовки руководящих кадров из числа партийно-советского и хозяйственного актива. Ее окончили, в частности, зачинатели стахановского движения в лесной промышленности В. С. Мусинский, Ф. М. Кувшинников, В. М. Белов, С. А. Первышин и др. За 10 лет Промакадемия подготовила более двухсот инженеров-организаторов производства и инженеров-технологов. Возглавлял Промакадемию Н. В. Никитин.

При лесопильном заводе № 8 в Соломбале был организован завод-вуз.

* Статья написана ныне покойным ректором АЛТИ И. М. Боховкиным и лишь несколько дополнена.

Первый выпуск инженеров в АЛТИ состоялся в 1932 г. (156 человек). За первые десять лет существования института было выпущено 1460 инженеров.

27 сентября 1935 г. институту было присвоено имя В. В. Куйбышева, много сделавшего для первого северного вуза.

Преодолевая трудности становления, молодой вуз вел большую научно-исследовательскую работу.

На лесохозяйственном факультете наибольших успехов достигла кафедра лесоводства. Ее первым преподавателем и фактическим основателем был И. С. Мелехов, ныне академик ВАСХНИЛ. В 1931—1934 гг. в работе кафедры принимал участие выдающийся лесовод профессор ЛТА М. Е. Ткаченко. Учеными кафедры были выполнены глубокие исследования по качеству древесины северных пород, лесовозобновлению и особенно по проблемам пожаров и влияния их на лес. Монография И. С. Мелехова «Лесные пожары и борьба с ними» в 1933—1938 гг. была издана пять раз. Фундаментальный труд «О теоретических основах лесной пирологии» (1944 г.) явился докторской диссертацией И. С. Мелехова.

На кафедре лесной таксации большую научную работу вели К. Е. Никитин, П. В. Воропанов, В. И. Левин.

В 1933 г. заведующим кафедрой лесных культур И. М. Стратоновичем был заложен дендрарий.

Сотрудники лесоинженерного факультета много сделали в области технологии и организации лесосечных и складских работ. Н. В. Новосельцевым были выдвинуты прогрессивные для того времени идеи создания разделочных площадок на верхних складах и скользящего оборудования для трелевки леса. Велись активные исследования по сухопутному и водному транспорту леса (В. В. Щелкунов, К. И. Вороницын, Н. И. Кривоногов, Г. А. Манухин и др.). Методы оптимизации размеров лесосек и расстояния трелевки, предложенные С. К. Лебедевым, не потеряли значения до сих пор.

На факультете механической технологии древесины в довоенное время были выполнены разнообразные исследования по технике и технологии лесопиления, древесиноведению. Здесь работали Г. Д. Власов, А. Л. Бершадский, В. Е. Вихров, Н. И. Стрекаловский и др.

На химико-технологическом факультете большую научно-исследовательскую работу вел Ф. А. Чесноков. Им же был написан учебник «Технология терпентина».

С 1930 г. по 1946 г. в институте был инженерно-экономический факультет, где активно исследовались вопросы экономики и организации производства в лесозаготовительной (С. К. Лебедев), лесопильной (В. Д. Черменский, Н. В. Никитин), лесохимической (Г. Ф. Рыжков) отраслях.

В 1932 г. в АЛТИ была открыта аспирантура, а его Ученому совету предоставлено право принимать защиту диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук. Число аспирантов достигало 56.

Когда началась Великая Отечественная война, большой отряд студентов и преподавателей АЛТИ ушел на фронт. Многие из них геройски погибли в боях за Родину.

31 августа 1942 г. во время одного из налетов фашистской авиации на Архангельск в результате прямого попадания фугасной бомбы и последовавшего затем пожара был разрушен главный учебный корпус института. Несмотря на это, уже 1 октября 1942 г. занятия возобновились (в общежитиях), а с 1943 г. начались восстановительные работы. В годы войны на кафедрах и в лабораториях института были про-

ведены важные для фронта и тыла исследования по производству зажигательных смесей, древесно-угольных брикетов, витаминных экстрактов, заменителей нефтепродуктов, спичек, лыж и др. Некоторое время институт готовил авиаспециалистов.

Свое двадцатилетие (1949 г.) Архангельский лесотехнический институт встретил как крупнейший на Севере технический вуз, подготовивший для народного хозяйства почти 3000 инженеров. Активная научно-исследовательская работа увенчалась в 1949 г. присуждением Государственной премии СССР создателям облегченной электропилы Н. Ф. Харламову и К. И. Вороницыну. За достигнутые успехи Указом Президиума Верховного Совета СССР от 17 ноября 1949 г. институт был награжден орденом Трудового Красного Знамени. Орденами и медалями были награждены 23 сотрудника института, в том числе трое орденом Ленина: директор института Ф. И. Коперин, профессор И. С. Мелехов, конструктор Н. Ф. Харламов.

Высокие темпы послевоенного развития захватили и АЛТИ. В 1951 г. открывается трехгодичное отделение по подготовке инженеров для лесной промышленности (впоследствии — лесозаготовительный факультет). В 1954 г. основан лесомеханический, в 1957 г. — строительный и заочный, в 1960 г. — теплоэнергетический, в 1962 г. — общетехнический факультет при Котласском ЦБК, в 1963 г. — вечерний факультет, в 1970 г. — подготовительное отделение. В настоящее время в АЛТИ функционируют семь дневных, вечерний и заочный факультеты, готовящие инженеров 14 специальностей. В 1960 г. прием превысил 1000 человек, а в 1979 г. достиг 1675 человек. Сейчас, к полувековому юбилею институт пришел с контингентом студентов 8 тыс. человек. За 50 лет выпущено 21 659 инженеров. Если в 1945 г. в институте было всего 74 преподавателя, то сейчас на 42 кафедрах трудятся 500 преподавателей, из них 40% с учеными степенями и званиями.

Существенно расширилась материальная база института.

Институт имеет лаборатории, оснащенные современным оборудованием, в том числе уникальными приборами: установкой ЯМР, аналитическими ультрацентрифугами, электронными микроскопами, спектрометрами и хроматографами последних моделей, аэродинамическими трубами и т. д. Создан собственный вычислительный центр на базе ЭВМ «Минск-32», «Наири», «Проминь». Основана Проблемная лаборатория химической переработки древесины и использования отходов целлюлозно-бумажной и гидролизной промышленности. Имеются учебно-производственные мастерские, учебно-опытный лесхоз, санаторий-профилакторий, поликлиника. Дендрологический сад института поддерживает связи со всеми ботаническими садами страны и 30 садами зарубежных стран. Функционируют 5 классов для программированного контроля знаний, 23 аудитории оснащены кинопроекционной аппаратурой и диапроекторами.

Преподаватели института выполняют большую и разностороннюю учебно-методическую работу. В 1978 г. только редакционно-издательским отделом АЛТИ выпущено 147 наименований курсов лекций, учебных и методических пособий общим объемом 278 печатных листов.

С 1957 г. АЛТИ поручено издание «Лесного журнала» — серии «Известия высших учебных заведений» Минвуза СССР.

Неотъемлемая часть деятельности любого советского вуза — научно-исследовательская работа. Архангельский лесотехнический институт расположен в центре лесного края, в городе, который заслуженно зовется «всесоюзной лесопилкой» и где ускоренно развивается целлю-

лозно-бумажная промышленность. Рост и развитие лесной индустрии Севера — это во многом дело ума и рук выпускников АЛТИ, составляющих основную часть руководящего и инженерно-технического персонала объединений, комбинатов, предприятий, научного персонала исследовательских институтов и лабораторий. Значителен и непосредственный вклад ученых АЛТИ в развитие лесной науки и совершенствование производства. Объем хозяйственных научных исследований превышает 1 млн. руб. в год. В бюджетных работах участвуют практически все преподаватели. В 58 научных студенческих кружках и непосредственно в исследованиях кафедр и лабораторий занято около 80% студентов дневного обучения.

В настоящее время научные исследования в институте ведутся по четырем программам: комплексное использование и восстановление лесных ресурсов; проектирование, конструирование и технологическая подготовка производства в условиях Северо-Запада; закономерности развития социализма и строительства коммунизма в СССР; исследование форм и методов самостоятельной работы студентов. Эти направления логически продолжают и развивают исследовательскую деятельность довоенного периода, но, естественно, превосходят их по масштабам и глубине и выходят за пределы лесных отраслей.

На лесохозяйственном факультете широкую известность получили результаты исследований профессоров П. Н. Львова, Г. Б. Гортинского, Г. В. Стадницкого, доцентов Ю. В. Адо, В. И. Левина, Ф. Б. Орлова, П. И. Войчалы, И. И. Гусева, О. А. Неволлина, П. Ф. Совершаева и др. Ими глубоко исследованы особенности ведения лесного хозяйства на Севере, определены оптимальные сроки посевов и посадок лесных культур, предложены новые методы хранения саженцев и ухода за посадками, выработаны рекомендации по разведению кедра, предложен ряд таксационных таблиц и т. д.

Достижения лесоинженерного факультета связаны с именами профессоров А. Р. Гибшмана, В. В. Щелкунова, Г. А. Манухина, К. А. Чекалкина и их учеников. Совершенствование технологии и организации лесосечных и нижнескладских работ, взаимодействие подвижного состава и пути лесовозных рельсовых и колейных железобетонных дорог и улучшение их конструкции, совершенствование конструкции плотов и запаней, механизация формировочных работ, исследования методов остановки плотов — эти и многие другие работы явились серьезным вкладом в теорию и практику лесозаготовки.

Ученые лесомеханического факультета выполнили актуальные для промышленности исследования по эксплуатации и ремонту дизельной топливной аппаратуры, совершенствованию конструкции автолесовозов, нормированию расхода горюче-смазочных материалов и др.

Разнообразен и широк круг исследований кафедр факультета механической технологии древесины: новые конструкции лесопильного оборудования, система планово-предупредительного ремонта, оптимизация производства экспортных пиломатериалов, совершенствование дереворежущего инструмента и т. д. Учебник по автоматизации производственных процессов написал профессор Ю. М. Варакин.

Энтузиастом научно-исследовательской работы на факультете химической технологии древесины является профессор, заслуженный изобретатель РСФСР Б. Д. Богомолов. В возглавляемой им Проблемной лаборатории разработаны технология получения сульфатного лигнина и вопросы применения его как сырья для производства полимеров, плит, синтетических волокон и др. Здесь же разработана комплексная технология обезвреживания и использования газов и конденсата

сульфатно-целлюлозного производства. По рекомендации ученых АЛТИ промышленность приступила к производству удобрений из лигнина.

Активную научно-исследовательскую работу ведут кафедры строительного и энергетического факультетов.

Научные исследования в институте приобретают комплексный характер, в большинстве своем они нацелены на решение актуальных народнохозяйственных проблем. Только за IX пятилетку внедрено в производство 35 законченных научных разработок с экономическим эффектом 10,5 млн. руб. Сотрудниками АЛТИ получено 257 авторских свидетельств об изобретениях и открытиях. Защищено 7 докторских и 172 кандидатские диссертации.

Свой полувековой юбилей Архангельский лесотехнический институт встречает в обстановке творческого подъема. Весь коллектив профессоров, преподавателей, студентов, сотрудников един в своем стремлении внести достойный вклад в решение задач коммунистического строительства.

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 630*.284.2(061.3)

СОВЕЩАНИЕ О ПРИЖИЗНЕННОМ ПРОСМОЛЕНИИ
СОСНОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ

16—18 мая 1979 г. в Кирове проходило Всесоюзное совещание по вопросу прижизненной стимуляции накопления смолистых веществ в сосновых насаждениях как одного из основных направлений обеспечения сырьем производства канифоли.

Совещание было организовано Минлеспромом СССР, Всесоюзным промышленным лесохимическим объединением Союзхимлес, Кировским научно-исследовательским и проектным институтом лесной промышленности и Всесоюзным научно-исследовательским и проектным институтом экономики, организации управления производством и информации по лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности. В совещании принимали участие сотрудники КирНИИЛПа, Ленинградской лесотехнической академии, ЦНИЛХИ, Петрозаводского госуниверситета, Кировского политехнического института, Архангельского института леса и лесохимии, Тихвинского химлесхоза, Кировлеспрома и объединения Лесохимпродукция.

Заслушано 29 докладов и выступлений. В докладах отмечалось, что методом механического воздействия на растущее сосновое дерево за 1—3 года до рубки (ошкуривание в прикорневой части ствола на высоту 20—30 см от уровня грунта) можно повысить смолосодержание в заболони до требования ГОСТа 10077—62 на осмол пневый сосновый. Методом механического воздействия на приствольную часть дерева достигается значительное накопление смолистых веществ в свежих сосновых пнях, которые остаются после вырубки.

Еще более положительные результаты по накоплению смолистых веществ в заболони сосновых деревьев получаются при сочетании механического и химического воздействий. Из химических веществ наиболее эффективными оказались такие гербициды как карботион, реглон, а также аммиачная селитра, хлорфенолят натрия и другие азотсодержащие соединения просмоляющего действия. За прошедшие 5 лет многие научно-исследовательские и производственные организации получили положительные данные по накоплению смолистых веществ в условиях прижизненного просмоления высоко- и низкобонитетных древостоев по видам стимуляторов, их концентрациям и технологическим вариантам. В условиях Архангельской области в результате применения для просмоления аммиачной селитры содержание канифоли в стволовом осмоле после двух лет просмоления составило 12,8%.

Ведутся интенсивные исследования по влиянию прижизненного просмоления на физиологическое и санитарное состояние древостоев, окружающую среду, выход живицы при подсочке этих древостоев, на физико-химические свойства канифоли и скипидара, полученных из сосновой древесины после ее прижизненного просмоления, физико-механические свойства древесины, содержание влаги, сахаров, пигментов и т. д.

Большое внимание уделяется проблеме охраны окружающей среды. Прижизненное просмоление связано с некоторым ослаблением физиологических функций дерева, а ослабленные древостои — объект нападения вредных насекомых и грибных болезней. Надо найти оптимальные варианты прижизненного просмоления сосновых древостоев и исключить отрицательное воздействие на них вредных организмов. Это одна из важнейших задач, которые решают исследователи.

На совещании отмечалось, что физиологическое состояние высокобонитетных сосновых насаждений при прижизненном просмолении в течение 3 лет характеризуется изменением диагностических параметров (углеводный обмен, содержание пигментов в хвое и др.) в сторону приспособления сосновых деревьев к воздействиям извне. При

этом в процессе жизнедеятельности сосновые деревья вырабатывают ответные реакции на механическое и химическое воздействия, заключающиеся в стабилизации и, возможно, в активизации процессов, происходящих в ассимиляционном аппарате деревьев.

Степень ослабленности сосновых древостоев химико-механическим воздействием с целью прижизненного просмоления древесины заболони у сосновых деревьев главным образом зависит от размеров ранения, вида химического реагента и его концентрации. Гербициды локального действия (карбатион, нитрат и др.) не вызывают резкого ухудшения в состоянии сосновых древостоев при достаточно высоких концентрациях.

В рекомендациях, принятых на совещании, указывается, что прижизненное просмоление сосновых древостоев позволяет разработать принципиально новые технологические процессы заготовки лесохимического сырья для канифольно-экстракционного и сульфат-целлюлозного производства, укрепить и расширить сырьевую базу канифольного производства. Заготовка этого осмольного сырья вслед за лесозаготовками или одновременно с ними облегчает процесс подготовки почв под лесные культуры и улучшает санитарные условия для окружающих древостоев, так как с удалением пней устраняется грибная инфекция, вызывающая корневые гнили, и ликвидируются благоприятные условия для развития вредных насекомых. Выход просмоленной древесины с 1 га в 3—4 раза больше, чем спелого осмола. Целесообразно изучить влияние различных химических реагентов на накопление смолистых веществ в древесине других хвойных пород.

Опытные работы по прижизненному просмолению сосновых насаждений рекомендуется проводить в районах сырьевых баз крупных канифольно-экстракционных заводов Сибири, в Красноярском крае и Иркутской области.

Большое разнообразие способов прижизненного просмоления, применяемых в опытных работах, и широкий ассортимент химических веществ, используемых для этих целей, затрудняют сопоставление (оценку) полученных результатов и выявление наиболее эффективных приемов просмоления заболонной древесины сосновых деревьев. Поэтому необходимо разработать основные правила по искусственному просмолению древесины сосны с всесторонней оценкой применяемых стимуляторов и с учетом влияния их на экологическое равновесие в природе и загрязнение окружающей среды.

Учитывая важность и перспективность опытных работ по прижизненному просмолению сосновых древостоев, следует регулярно, один раз в 2 года проводить Всесоюзные научно-технические совещания по этой проблеме. Считать целесообразным организовать закладку опытно-промышленной партии осмола с прижизненным просмолением в сосновых древостоях с последующей заготовкой его и переработкой на одном из КЭЗ для получения технологических и технико-экономических показателей по использованию этого нового вида смолистой древесины в канифольно-экстракционном производстве.

Участники совещания осмотрели опытные участки сосновых насаждений Пищальского лесничества Оричевского лесхоза, находящиеся под искусственным просмолением гербицидами.

Ф. А. Медников

Ленинградская лесотехническая академия

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630*.44(049.3)

НА СОВРЕМЕННОМ УРОВНЕ

Вышел в свет новый учебник лесной фитопатологии*. Можно уверенно сказать, что и преподаватели курса в лесных вузах, и студенты получили хорошее стабильное пособие.

Предыдущий учебник лесной фитопатологии был выпущен десять лет назад, а при современных темпах развития науки это — большой срок давности. И автор, несомненно, это учел. Более трети всех использованных отечественных литературных источников относится к семидесятым годам.

Прежде всего, хотелось бы положительно оценить организацию материала в книге, особенно касающегося характеристики болезней и их возбудителей. Эти вопросы рассматриваются в одной части, состоящей из восьми глав, причем автор излагает материал без традиционного разделения, например, болезней стволов и ветвей на возрастные категории. Это исключает ненужные повторения и облегчает восприятие материала. Безусловно, разумно и деление грибов, разрушающих древесину, на три категории: развивающихся на складах, в холодных сооружениях и жилых постройках.

На современном уровне знаний излагаются сведения об иммунитете растений, который автор делит на врожденный и приобретенный, доходчиво и просто рассматривая существующие теории иммунитета. Столь же просто и с необходимой для инженера лесного хозяйства степенью прикладной информативности даны сведения о биологических методах борьбы с болезнями леса. Здесь нашлось место и для краткой характеристики биологических агентов, и для способов их применения, и для оценки роли аллелопатических отношений между растениями.

Известно, что паразитарное заболевание растения есть результат сложных эволюционно выработанных отношений между различными организмами (растениями и патогенами), которые существуют в форме популяций, причем каждому виду свойственна специфическая экологическая ниша. Понятно, что в «состав» ниши гриба, например, входит и его растение-хозяин, в то время как гриб есть элемент экологической ниши хозяина. Оба они существуют не изолированно, а в сложном биогеоценозе.

В учебнике это положение нашло отражение в прекрасно написанной главе об экологии и динамике возбудителей болезней, куда естественно включены необходимые сведения о развитии инфекционного процесса в растении и, пожалуй, впервые о развитии самих болезней в насаждениях. Оригинальны и полезны предложенные автором схемы экологических ареалов заболеваний. Они разработаны в двух формах: в виде границ ареала, наложенных на эдафическую сетку типов леса, а также в виде границ устойчивости древесных пород к возбудителям в пределах той же сетки. Думается, что если в будущем будет создан справочник для лесопатологов-производственников, то рассмотрение болезней в аспекте их экологических ареалов будет весьма полезным.

Просто и ясно изложены способы размножения грибов, включая половой процесс у разных классов.

Обстоятельно и на вполне современном уровне рассмотрены и методы борьбы с болезнями. Автор выделяет в отдельную главу селекционно-семеноводческие методы, как бы подчеркивая, что в основе защиты леса от болезней должна быть профилактика и повышение устойчивости.

Для всех глав данной части книги характерно очень конкретное изложение, показанное на ясных примерах, какими средствами и с какими болезнями следует бороться. В то же время при рассмотрении некоторых болезней автор отказался от традиционного приведения в каждом конкретном случае мер борьбы. В такой организации материала усматривается несомненное рациональное зерно: студент будет не «зазубривать» в каждом отдельном случае меры борьбы (нередко общие для разных возбудителей), а творчески выбирать для каждой болезни необходимый комплекс химических, биологических и иных мер защиты. Автор подчеркивает системный характер лесозащиты, написав на эту тему специальную главу. По-видимому, однако, этой главе место не в III части книги, где описываются болезни, а во II, специально касающейся борьбы с болезнями.

* Шевченко С. В. Лесная фитопатология. Пер. с укр. Учебник для лесохозяйственных факультетов. Львов, «Вища школа». Изд-во при Львов. ун-те, 1978. 320 с.

Столь же доступно и обстоятельно рассматриваются в книге фитопатологические обследования (неясно, однако, почему они названы «исследованиями»), методы диагностики, современная информация о прогнозировании болезней. Наконец, книга прекрасно иллюстрирована в большинстве оригинальными рисунками и фотоснимками, в том числе и цветными.

Книга не лишена некоторых недочетов. Поскольку автор работает в зоне смешанных лесов и писал книгу для данного региона, он менее обстоятельно рассматривает типичные заболевания северных лесов, такие, например, как шютте снежное, гнили, вызываемые некоторыми трутовиками, ржавчину шишек ели, вызываемую хризомиксой. Правда, он приводит характеристику ряда видов шютте, ранее почти не затрагивавшихся в учебниках, но встречающихся и в западных районах, и на севере.

Говоря об общей направленности книги, хотелось бы отметить, что лучше говорить не о борьбе с болезнями, а о защите леса от них. При описании шютте обыкновенного следовало бы подчеркнуть приоритетность его сапрофитизма.

Впервые в учебнике лесной фитопатологии приводится деление всех грибов на шесть классов с выделением в отдельные классы хитридиевых, оомицетов и зигомикетов и отказом от архимикетов. Ржавчинные грибы выделены в особый подкласс телиобазидномицетов. Правомерность такой классификации не вызывает сомнений, однако, учитывая, что ранее в учебниках давалась иная классификация, эту следовало бы как-то обосновать.

Есть в книге и досадные погрешности. Так, на с. 39 сказано, что сумки — основной половой орган спороношения сумчатых. Видимо, сумки правильнее считать результатом полового процесса. На с. 102 автор пишет: «Аэрозоль — это термомеханический способ (?) превращения ядохимиката в туманообразное состояние с величиной кусочков (?) твердых тел 1—5—50 мкм». Но аэрозоль — это не способ превращения химиката, а его коллоидное состояние, взвесь в воздухе, т. е. результат превращения. Кроме того, аэрозоль может получаться не только термомеханическим путем, и не только из твердых веществ. Термомеханическим путем образуются как раз жидкие аэрозоли, состоящие из мельчайших капель (туман). Туманы, кстати, могут быть образованы и просто механическим путем. А твердые аэрозоли (дымы) получают в основном термическим путем, т. е. возгонкой.

В целом, однако, эти недочеты не затеняют несомненных достоинств рецензируемого учебника, его высокого научного и профессионального уровня, а также и тщательной методической продуманности.

Думается, что новому учебнику суждена долгая жизнь, а вузовская программа лесной фитопатологии получила надежное обеспечение. Что же касается недочетов, то ведь это издание — не последнее.

Г. В. Стадницкий, Э. А. Иванова

Архангельский лесотехнический институт

УДК 674.032.13(47)(049.3)

О КНИГЕ В. Г. ЧЕРТОВСКОГО «ЕЛОВЫЕ ЛЕСА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР»

Ель — предмет особого внимания лесоводов: ее биологии и экологии посвящены сотни публикаций, и список работ в ней непрерывно пополняется.

В 1978 г. вышла в свет книга В. Г. Чертовского «Еловые леса европейской части СССР»*. Такое многообещающее заглавие обязывало автора обобщить накопившиеся сведения о ели для обширной территории, обогатив имеющиеся данные новым материалом. К сожалению, этого не получилось. Заглавие книги не соответствует ее содержанию. Естественно-исторические условия в ней приводятся только для таежной зоны. Рассмотрение видового состава ели (рис. 2, с. 14) ограничивается лишь Архангельской областью. В резюмирующей части (с. 163) фигурирует регион Европейский Север (Коми АССР, Архангельская и Вологодская области). Границы подзона тайги автором не обозначены. Для книги, претендующей на освещение экологии ельников, явно недостаточен предельно краткий обзор природных условий: геологическому строению уделено лишь семь строк, почвам — два десятка строк, а климату — две строки (с. 5—7).

В книге мы не обнаружили научной новизны. Многие сведения, преподносимые автором как новые, уже освещались в лесоводственной литературе. Приводимое В. Г. Чертовским морфологическое деление ели на два вида с наличием одной переходной

* Чертовской В. Г. Еловые леса европейской части СССР. М., «Лесная промышленность», 1978. 176 с.

формы (с. 11—14) устарело. Ссылаясь на частные и старые работы по этому вопросу (например, Ф. А. Теплоухова, 1892), автор игнорирует современные представления, изложенные в капитальном труде Л. Ф. Правдина (1975), о трех переходных формах и роли климата в их происхождении. По странному обстоятельству, фамилия автора указанной монографии оказалась в конце перечня публикаций, в которых, по свидетельству В. Г. Чертовского, имеются лишь «некоторые сведения», «некоторые данные» (с. 13).

Второй раздел книги называется «Экология еловых лесов». В нем помещено около трех десятков таблиц. К сожалению, они далеко неравноценны. Отдельные громоздки (табл. 9 и 17), другие плохо отредактированы (табл. 18, 19, 21, 27, 30), поэтому информативность их очень слаба. Табличные показатели обесцениваются отсутствием в них данных о возрасте и сомкнутости крон древостоев. К тому же большинство таблиц (табл. 4—6, 10—12, 14, 16, 19, 20, 23, 26—31) не привязано к конкретным пунктам наблюдений, поэтому их нельзя использовать для сравнения с другими данными. Те же замечания относятся и к иллюстрациям (рис. 6—10, 12, 13, 15, 16).

Судя по тексту, автор не сумел осмыслить цифровые показатели. Он лишь фиксирует изменение величин, не объясняя причин. В этом, как и в других разделах книги, В. Г. Чертовской не удается делать сравнений приводимых им цифр с данными других исследователей. Сказанное относится и к условиям среды леса (см., например, Н. Е. Декатов, 1936; А. А. Молчанов и И. Ф. Преображенский, 1957; В. В. Протопопов, 1961, 1962; Д. А. Усова, 1976 и др.). Поэтому выводы В. Г. Чертовского о возможности заморозков в северной и средней подзонах тайги в течение вегетационного периода, промерзании почвы, величине осадков, проникающих под древесный полог, в целом не новы, а лишь подтверждают ранее полученные данные. Выделение автором у ели трех категорий корневых систем справедливо, но также не ново. Эти формы давно известны и вошли в учебники (см. М. Е. Ткаченко, 1952, с. 107 и 161).

На рис. 17 того же раздела В. Г. Чертовской иллюстрирует «...ареалы распространения лесов (типов леса), нанесенные на ординатную сетку Сукачева» (с. 54). «Сетки» В. Н. Сукачев не создавал, у него ряды. Травяно-сфагновый тип леса на рис. 17 поставлен неверно, в ряду D, а его место — в ряду E.

Третий раздел книги называется «Типы еловых лесов». Изложен он очень неровно. Наряду с элементарными пояснениями известными положений, встречается наукообразное изложение. На с. 70, например, В. Г. Чертовской так пересказал классификацию динамики лесных биогеоценозов В. Н. Сукачева (1964, с. 482, 483), что она утратила свой смысл, а осталось лишь хаотическое нагромождение непонятных широкому читателю терминов.

Характеризуя «Типологический состав таежных еловых лесов» (с. 77), В. Г. Чертовской пишет: «Географичность проявляется, по нашему мнению, в первую очередь в комплексе типов леса, специфичном для каждой подзоны или другого региона». Это «новое» открытие делается после того, как географическая выраженность лесов была подробно обсуждена и показана еще Г. Ф. Морозовым (1930), В. Н. Сукачевым (1931, 1972), Д. В. Воробьевым (1954), Г. В. Крыловым (1958) и другими специалистами. Данный вопрос обстоятельно рассмотрен и в нашей книге (П. Н. Львов, Л. Ф. Ипатов, 1976). В. Г. Чертовской называет эту работу в тексте, но умалчивает о ее содержании.

Давая пояснения к табл. 34, в числе характерных типов лесов автор называет «кизильниковый», «рябиновый», «линеевый» (с. 77), которых в ней нет. С другой стороны, в той же таблице названы «черничник склоновый», «воронично-голубично-сфагновый», «воронично-лишайниковый», «пелельниковый», «топяной» и некоторые другие надуманные типы.

Рассматривая репродуктивную способность ели (четвертый раздел), автор на с. 122 делает вывод: «Выявлено (?), что основная масса шишек образуется на деревьях I—III классов». Все верно. Но это, и именно для ели и также по Крафту, но только в начале текущего столетия было уже выявлено и убедительно показано А. Н. Соболевым и А. В. Фомичевым (Морозов Г. Ф. Избранные труды. Т. I. М., «Лесная промышленность», 1970, с. 54). Так же хорошо известно, что «в плодоношении ели резко выражена периодичность» (с. 123), а «...практический вывод — для улучшения качества семян необходимо сортировать шишки» (с. 123) не нуждается в новом выведении.

В последующих, пятом и шестом разделах книги, где рассматриваются вопросы естественного возобновления, формирования и роста ельников, к сожалению, также не обнаруживается ни новых данных, ни новых идей.

В книге нередко взаимноисключающие высказывания. Вот лишь некоторые из них. На с. 27 В. Г. Чертовской пишет: «К числу важных биологических особенностей ели... относится: ...способность их (семян — П. Л.) прорасти в подстилке», а на с. 28 уже утверждает, что «...значительная часть семян не прорастает, попадает в подстилку». На с. 136 читаем: «Состояние подроста ели под материнским пологом удовлетворительное», а несколько дальше (с. 137) сказано: «...в ельниках кисличниках сухой

подрост составляет 45—75% общего количества, в крупнотравных — около 50%». Подобные примеры можно продолжить.

В работе имеются методические промахи и грубые лесоводственные ошибки. Например, бездоказательно утверждение о том, что «обнаружена» повышенная продуктивность ели гибридной по сравнению с елью сибирской на 15—20%, основанное только на табличных данных разных авторов, к тому же без указания типа леса, географической широты и возраста сравниваемых древостоев (с. 15). Неверно определение органики в почве не по объему ее, как это общепринято, а по площади (м²) на с. 57. На с. 134 к молодняку отнесены древостой в возрасте от 41 до 101 лет и старше. На с. 135 и 136 сомкнутость полога неправильно называется «полнота материнского полога», опад — отпадом (с. 149), ровнядь — ровнять (с. 68) и т. д. На с. 149 говорится, что рост ели «...в высоту сильно задерживается из-за охлестывания верхушечного побега ветвями осины». Со времени Г. Ф. Морозова классическим охлестывателем признается береза бородавчатая, а осина с ее ломкими ветвями, как хорошо известно, не может быть охлестывателем ели.

Нельзя обойти молчанием научную недобросовестность В. Г. Чертовского. Рассматривая вопрос о величине лесного опада, на с. 56 он не ссылается на данные И. С. Мелехова (1957), впервые полученные для условий северной подзоны тайги, и пропускает известную работу Н. Н. Степанова (1932) по этому вопросу. Говоря об изученности корневых систем, он заявляет, что «В той или иной степени они характеризуются в работах Н. А. Качинского (1925), И. С. Мелехова (1957, 1960), А. П. Шиманюка (1950), А. П. Тыртыкова (1954), А. Я. Орлова (1957, 1960) и др.» (с. 63). К числу «других», по В. Г. Чертовскому, относятся работы специально по корневым системам И. Н. Рахтеенко (1952, 1963) и особенно И. И. Шишкова (1953), как известно, много изучавшего корневые системы именно ели. Обсуждая вопрос о связи типов лесов с почвами, В. Г. Чертовской умалчивает о капитальном труде Г. А. Склярова и А. С. Шаровой «Почвы лесов Европейского Севера» (1970), кстати, подготовленной к печати в том же институте, где работает В. Г. Чертовской. Нигде не упоминаются фамилии исполнителей, собравших большой материал, отраженный в таблицах. В списке литературы на с. 175 в работе «Классификационные типологические схемы...» фигурирует только один автор В. Г. Чертовской, хотя в действительности это труд коллектива (включая А. И. Артемьева, Б. А. Семенова, А. Л. Паршевникова).

Вместо того чтобы, как это общепринято, начинать рассматривать любой вопрос с изложения ранее полученных результатов, В. Г. Чертовской поступает наоборот. Он сначала преподносит свои данные или пересказывает материал предшественников, а потом, как бы между прочим, на с. 47, 138, 139 сообщает: «аналогичные данные получены ранее А. А. Молчановым (1952)», «к аналогичным выводам пришел К. Б. Лоцицкий (1974)», «явление ранее отмечалось и В. В. Смирновым (1964)» и т. д.

Книга изобилует и редакционными погрешностями. Работы более полутора десятков авторов, названных в тексте, не фигурируют в списке литературы. В самом списке не соблюдена последовательность в хронологии изданий.

Малый объем, отводимый в журнале для рецензии, не позволил нам сделать более подробного разбора книги. Но и сказанного достаточно для заключения: с претензией на научную солидность вышла слабая работа с большим количеством ошибок.

П. Н. Львов

Архангельский лесотехнический институт

ЮБИЛЕИ

ТИМОФЕЙ СЕРГЕЕВИЧ ЛОБОВИКОВ

(к 70-летию со дня рождения)

31 июля 1979 г. исполнилось 70 лет Тимофею Сергеевичу Лобовикову — одному из ведущих советских ученых-лесозащитников.

Т. С. Лобовиков родился в г. Вятке (ныне г. Киров) в семье видного деятеля русской художественной фотографии, получившего европейское признание.

В 1930 г. Т. С. Лобовиков окончил Ленинградский институт народного хозяйства по лесозащитной специальности. Однако его практическая деятельность пошла по другому руслу: без малого четверть века проработал он в проектно-исследовательских организациях лесной промышленности, пройдя большой путь от инженера-экономиста до директора Гипролестранса. Т. С. Лобовиков участвовал в экспедициях на Европейском Севере, положивших начало комплексному инженерному и лесоводственному проектированию механизированных лесопромышленных предприятий (1930—1931 гг.), руководил проектированием первых лесомашинных станций (1933 г.), был одним из зачинателей типового проектирования в отрасли; руководил комплексной лесоводственно-геоботанической и инженерно-гидрологической экспедицией по обоснованию допустимых рубок в лесах Северного Кавказа (1938 г.) и т. д. Уже в этих работах проявились широкая эрудиция, системный подход к изучаемым проблемам, стремление к обобщениям и другие черты будущего большого ученого.



Т. С. Лобовиков — участник двух войн. С первого дня Великой Отечественной войны и до августа 1944 г. он находился на ответственных постах по обеспечению радиосвязи на Ленинградском фронте, все время оставаясь в кольце блокады. В 1943 г. был ранен.

В 1944—1948 гг. Т. С. Лобовиков — директор Гипролестранса. Под его руководством институт прочно занял ведущее место в ряду проектных организаций Минлеспрома.

С 1948 г. жизнь и деятельность Т. С. Лобовикова неразрывно связана с Ленинградской лесотехнической академией. В 1950 г. он защитил кандидатскую диссертацию, в 1970 г. — докторскую. В 1971 г. утверждён в учёном звании профессора. Более 25 лет Т. С. Лобовиков возглавлял кафедру экономики и организации лесной промышленности и лесного хозяйства. Им организована Проблемная лаборатория по комплексному использованию низкокачественной древесины и отходов, которой он руководил 11 лет.

Основное направление научной деятельности Т. С. Лобовикова — проблема типов лесных предприятий. Непосредственно им выполнены оригинальные и глубокие исследования классификации типов предприятий, концентрации производства, стадийности развития предприятий, разработаны методы определения экономически доступных ресурсов низкосортной древесины, основы хозрасчёта в лесном хозяйстве и ряд сопряжённых исследований. Перу Т. С. Лобовикова принадлежит более 130 печатных работ.

В том же направлении развивалась большая работа Тимофея Сергеевича по подготовке молодых научных кадров. Им подготовлено 39 кандидатов наук, в том числе для социалистического Вьетнама, Румынии, ГДР. Многие из воспитанников Т. С. Лобовикова успешно трудятся на научном поприще, развивая его идеи. У Тимофея Сергеевича много горячих поклонников его научного таланта и последователей во всех лесотехнических вузах и НИИ. Все это позволяет с полным правом говорить о

сложившейся научной школе и видеть в лице профессора Лобовикова одного из лидеров советских исследователей-теоретиков в области экономики лесной промышленности и лесного хозяйства. Работы Т. С. Лобовикова и его школы получили широкое признание и использование в плановой и проектной практике.

Более 40 лет Т. С. Лобовиков — в рядах КПСС. Многогранна его общественная деятельность в НТС Минлеспрома СССР и Гослесхоза СССР, проблемных советах Госкомитета по науке и технике и ВАСХНИЛ, методическом совете Минвуза СССР и др.

За боевые заслуги и достижения в труде Тимофей Сергеевич удостоен девяти правительственных наград.

Высокий интеллект и талант ученого, принципиальность, последовательность и ясная логика в постановке научных проблем и проведении исследований, глубина проникновения в суть изучаемых явлений и широта научного обобщения — все эти качества, которыми щедро наделен Тимофей Сергеевич, в сочетании с его отеческим отношением к младшим коллегам, большим личным обаянием принесли ему глубокое уважение всех, кто знает его, от нынешних студентов и аспирантов до сверстников. Все они горячо поздравляют Тимофея Сергеевича с большим юбилеем и желают ему доброго здоровья, новых творческих успехов, личного счастья!

ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРА!

26 мая исполнилось 50 лет со дня рождения и 28 лет производственной, научной, педагогической и общественной деятельности заведующего кафедрой лесной таксации и лесоустройства Марийского политехнического института, доктора сельскохозяйственных наук Павла Максимовича Верхунова.

П. М. Верхунов родился в 1929 г. в семье рабочего в д. Старые Урмары Чувашской АССР. В 1951 г. с отличием закончил Поволжский лесотехнический институт. Еще в студенческие годы П. М. Верхунов проявил способности к научной работе. С 1953 г. по 1956 г. он проходил аспирантуру на кафедре лесной таксации и лесоустройства. В 1959 г. защитил кандидатскую диссертацию, а в марте 1975 г. успешно защитил докторскую диссертацию. В декабре 1975 г. он избирается по конкурсу и работает профессором кафедры, а с июня 1977 г. — заведующим кафедрой лесной таксации и лесоустройства Марийского политехнического института.

За период научной деятельности П. М. Верхуновым опубликовано 110 печатных работ, в том числе 24 монографии и брошюры (лично и в соавторстве). П. М. Верхунов — крупный специалист в области изучения закономерностей продуцирования лесных насаждений, применения ЭВМ для целей лесохозяйственных исследований. Им создана теория прироста разновозрастных сосновых древостоев. В его научных трудах получили дальнейшее развитие вопросы строения, моделирования количественных и качественных показателей процесса развития насаждений.

П. М. Верхунов находится на переднем крае науки и подготовки научных и инженерных кадров, в расцвете творческих сил. Высокий научный авторитет и педагогическое мастерство, требовательность к себе и другим в сочетании с сердечным отношением, активная общественная деятельность позволили ему завоевать высокий авторитет.

Приветствуя Павла Максимовича Верхунова по случаю его юбилея, искренне желаем ему крепкого здоровья, большого счастья, новых успехов в научной, учебной и общественной деятельности!

**М. Л. Дворецкий, М. М. Михайлов, П. В. Алексеев,
А. В. Зорин, П. А. Соколов, В. М. Грачев, А. В. Попова,
И. В. Мамаев, Е. К. Кудрявцев, Т. Н. Надина,
Р. Ф. Абдурахманов, Е. Сенько**

Марийский политехнический институт

СОДЕРЖАНИЕ

- Г. А. Калинин, В. С. Щеглова. Эффективность идеологической работы 3

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- И. С. Мелехов. Значение структуры годичных слоев и ее динамики в лесоводстве и дендроклиматологии 6
- М. М. Михайлов. Оценка некоторых способов определения текущего прироста запаса наличного древостоя молодняка дуба 14
- М. И. Калинин, В. К. Тиунчик. Особенности строения смешанных древостоев по диаметру 17
- А. Г. Шакин. Опыт проведения дифференцированных рубок в ельниках Среднего Урала 20
- М. В. Давидов. О методических рекомендациях по таксации лесов Белоруссии 24
- Е. Н. Самошкин, А. Н. Ткаченко. Реакция ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst.) на воздействие водных растворов этиленмина 28

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- И. И. Слепко, Э. Н. Матвеев. Исследование усилий в грузоподъемном канате подвесной лесотранспортной установки 32
- В. Д. Мартынихин, М. А. Цвирко. К вопросу об определении давлений на проволоки каната в желобе блока 37
- С. Г. Костокрыз. Методика оценки сопротивления движению гусеничных лесных машин по слабым грунтам 42
- П. Ф. Марченко. Влияние конструкции автовоза и условий его эксплуатации на выбор эквивалентной модели и расчетных схем при исследованиях 46
- Г. Ф. Кислицына. Механизм разрушения и смыва древесной коры импульсными струями жидкости 50
- В. Я. Харитонов. Исследование движения бревен после их падения на воду 56

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- Б. П. Ерыхов, Н. В. Липцев, В. Е. Чибирев. Исследование вязко-упругих свойств древесины применительно к размолу щепы 61
- Ю. П. Эпштейн. Колебания конструкций лесосушильной камеры 66
- Н. Н. Черемных, М. П. Чижевский, А. Н. Петров. Расчет снижения уровня звуковой мощности, излучаемой циклонами пневмотранспорта 69
- Л. А. Никитюк. Исследование процесса нанесения высоковязких отделочных составов на древесностружечные плиты 72
- В. В. Андронов, В. Н. Карев. К динамике процесса сортировки спичечной соломки 76

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- В. Г. Крунчак, К. Г. Боголицын, И. М. Боховкин, М. М. Крунчак, Е. П. Фесенко, В. В. Пальчевский, В. П. Семенов, Т. И. Львова. Восстановительная емкость сульфатного черного щелока и ее связь с ХПК и БПК₅ 81
- В. В. Фефилов, В. К. Макаренко, А. Ф. Мазная, В. И. Кульчицкий. Отвержденные карбамидных смол хлоридами металлов в присутствии мочевины 89
- Е. А. Гаврилиди, А. А. Леонович, Г. З. Аксельрод, Е. И. Покровский. К вопросу о взаимодействии поливинилового спирта с древесным комплексом 92
- Т. А. Туманова, Л. Н. Пахомова, Л. А. Павлова. Свойства сульфатной целлюлозы, беленной растворами хлоритов 96
- В. П. Чернокрылов, Н. Н. Кокушин. Исследование режимов формования на сеточной части картоноделательной машины Инверформ 99

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

- О. П. Афанасьев, А. Г. Пилютюк. Моделирование динамических процессов в лесозаготовительных машинах 103.
- Е. Н. Рыков. К теоретическим исследованиям загрузочного устройства для круглых и конических деталей с прямолинейной осью 107.
- А. С. Торопов. Исследования производительности установок для групповой раскряжевки хлыстов при их продольном перемещении 113.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Т. С. Лобовиков, В. А. Береславская. О динамике соотношения лесопромышленной и лесохозяйственной деятельности в лесных предприятиях 117.
- А. А. Выокуров. О региональном лесопромышленном комплексе 120.
- Т. М. Остроумова. Об оптимальном размере лесозаготовительных предприятий 123.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- Г. Л. Кравченко. О соотношении линейного и объемного прироста древостоев 127.

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

- И. М. Боховкин. Архангельскому лесотехническому институту — 50 лет 129.

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- Ф. А. Медников. Совещание о прижизненном просмолении сосновой древесины . 134.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Г. В. Стадницкий, Э. А. Иванова. На современном уровне 136.
- П. Н. Львов. О книге В. Г. Чертовского «Еловые леса европейской части СССР» 137.

ЮБИЛЕИ

- Тимофей Сергеевич Лобовиков (к 70-летию со дня рождения) 140.
- М. Л. Дворецкий, М. М. Михайлов, П. В. Алексеев, А. В. Зорин, П. А. Соколов, В. М. Грачев, А. В. Попова, И. В. Мамаев, Е. К. Кудрявцев, Т. Н. Надина, Р. Ф. Абдурахманов, Е. Сенько. Поздравляем юбиляра! 141.

CONTENTS

- G. A. Kalinin, V. S. Shcheglova.* Effectiveness of ideological work 3

FORESTRY

- I. S. Melekhov.* The significance of the structure of annual rings and its dynamics in the forestry and dendroclimatology 6
- M. M. Mikhailov.* Estimating some methods of determining current increment of crop in available young oak stands 14
- M. I. Kalinin, V. K. Tiunchik.* The diameter peculiarities of the structure of mixed plantations 17
- A. G. Shavnin.* Experience of differential cuttings of fir stands in the Middle Urals region 20
- M. V. Davtdov.* On methodical recommendations for the forest estimation of Byelorussia's forests 24
- E. N. Samoshkin, A. N. Tkachenko.* The reaction of common spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) on the influence of aqueous solutions of ethylene imine 28

FOREST EXPLOITATION

- I. I. Slepko, E. N. Matveev.* The investigation of efforts in the hauling rope of a skidding cableway 32
- V. D. Martynikhin, M. A. Tsvirko.* On the problem of definition of pressure on the rope wires in the pulley chute 37
- S. G. Kostogryz.* The methods of estimating the resistance to the movement of caterpillar forest vehicles on running soil 42
- P. F. Marchenko.* The influence of the motor-truck design and the conditions of its exploitation on the choice of equivalent model and estimating schemes when conducting investigations 46
- G. F. Kislitsina.* Mechanism of destruction and washing off wood bark with impulsive streams of liquid 50
- V. Ya. Kharitonov.* Investigation of log's movement after their falling on water 56

MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

- B. P. Erykhov, N. V. Liptsev, V. E. Chibirev.* Investigation of viscoelastic properties of wood in connection with chip grinding 61
- Yu. P. Epshtein.* Oscillations of a dry-kiln structures 66
- N. N. Cheremnykh, M. P. Chizhevsky, A. N. Petrov.* The calculation of sound falling radiated by cyclones of pneumatic transport 69
- L. A. Nikityuk.* Research of the process of spreading high viscous finishing materials on particle boards 72
- V. V. Andronov, V. N. Karev.* Some considerations regarding to the dynamics of splint grading 76

CHEMICAL WOODWORKING

- V. G. Krunchak, K. G. Bogolitsyn, I. M. Bokhovkin, M. M. Krunchak, E. P. Fesenko, V. V. Palchevsky, V. P. Semenov, T. I. Lvova.* Reduction capacity of sulphate black liquor and its correlation with PK_1 and BPK_5 81
- V. V. Fefilov, V. K. Makarenko, A. E. Maznaya, V. I. Kulchitsky.* The hardening of carbamid resins by chlorides of metals in the presence of urea 89
- E. A. Gavrilidi, A. A. Leonovich, G. Z. Akselrod, E. I. Pokrovsky.* On the question of interaction of polyvinyl alcohol with wood complex 92
- T. A. Tumanova, L. N. Pakhomova, L. A. Pavlova.* Properties of sulphate pulp treated with chlorite solutions 96

Contents

- V. P. Chernokrylov, N. N. Kokushin. The research of forming regime on a wire part of cardboard making Inverform machine 99

COMPLEX MECHANIZATION AND AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES

- O. P. Aphanastev, A. G. Pilyutik. The modeling of dynamic processes in logging machines 103
E. N. Rykov. On the theoretical investigation of the loading mechanism for round and cone parts with straightline axis 107
A. S. Toropov. Investigation of the productivity of installations for group bucking of full-length trees at their longitudinal travel 113

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF PRODUCTION

- T. S. Lobovikov, V. A. Bereslavskaya. On dynamics of correlation the activities in logging and forestry at forest enterprises 117
A. A. Vinokurov. Regional timber processing complex 120
T. M. Ostroumova. Optimal size of timber cutting enterprises 123

SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

- G. L. Kravchenko. Division value of the stock or volume growth of the tree stands 127

FROM THE VUS'S LIFE

- I. M. Bokhovkin. Fiftieth anniversary on Arhcangel forest engineering institute 129

SCIENTIFIC CONFERENCES AND DELIBERATIONS

- F. A. Mednikov. Conference of tarring of live pine wood 134

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

- G. V. Stadnitsky, E. A. Ivanova. With the present time 136
P. N. Lvov. On the book of V. G. Chertovskoy "The fir forests of USSR European part" —

JUBILEE

- Prof T. S. Lobovikov jubilee 140
M. L. Dvoretzky, M. M. Mikhailov, P. V. Alekseev, A. V. Zorin, P. A. Sokolov, V. M. Grachev, A. Y. Popova, I. V. Mamaev, E. K. Kudryavtsev, T. N. Nadtva, R. F. Abdurakhmanov, E. Senko. Our best wishes to prof. P. M. Verkhunov 141

ISSN 0536—1036

ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

4

1979

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений.

Статьи, представляемые в журнал, следуют оформлять в соответствии с требованиями ГОСТа 19698—74. Статьи не должны превышать 6—7 страниц машинописного текста, превышающие указанный объем, к рассмотрению не принимаются. Статьи библиографического характера должны быть не более 3 страниц. В заглавии статьи указывается ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) на русском и английском языках и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 мм. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны, на машинке или разборчиво чернилами от руки.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные — двумя черточками сверху. Особенно это касается таких букв, как: *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k*, *U* и *u*, *C* и *c*. Необходимо самое серьезное внимание обращать на аккуратное вписывание схожих по начертанию букв: *h* и *n*, *q* и *g*, *l* и *e*, *v* и *u*, *u* и *a*, *o* и *a*, *l* и *l*, ζ и ξ .

Для отличия от буквы *O* ноль (0) оставлять без подчеркивания. Греческие буквы должны быть обведены красным карандашом, латинские — синим.

Приводимый в статье графический материал не должен дублировать цифровых таблиц. Никакие сокращения слов, имен, названий, как правило, не допускаются. Возможно употребление лишь общепринятых сокращений — мер (только после цифр), химических, физических и математических величин. Названия учреждений, предприятий, марки механизмов и т. п.,

упоминаемые в тексте статьи в первый раз нужно писать полностью (указав в скобках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылки на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы или номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТом 7.1—76 и содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь внизу руководителя кафедры: должны быть написаны дата отправки рукописи, полные имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации (не более трех) представляются в двух экземплярах. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью пером на ватмане, тени на рисунках — при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на отдельном листе, перепечатанными на машинке.

К статье должны быть приложены краткий реферат, аннотация и рекомендация кафедры.

Редакция может возвращать авторам небрежно написанные статьи с требованием об их лучшем изложении и более аккуратном оформлении.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей. Корректурa статей авторам, как правило, не предоставляется.

Авторы получают бесплатно 10 оттисков своей статьи (за исключением публикаций в отделе библиографии и хроники).