

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Издается с февраля 1958 г.

Выходит 6 раз в год

1

1992

АРХАНГЕЛЬСК

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В. В. КУЙБИШЕВА

Главный редактор — акад. **И. С. Мелехов**.
Заместители главного редактора: проф. **О. М. Соколов**,
проф. **Е. С. Романов**, проф. **С. И. Морозов**.

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Канд. техн. наук **Н. Г. Багаев**, проф. **Ю. Г. Бутко**, проф. **А. В. Веретенников**, проф. **Е. Д. Гельфанд**, проф. **И. И. Гусев**, проф. **Р. Е. Калитеевский**, проф. **А. Н. Кириллов**, проф. **Н. П. Коваленко**, проф. **Э. Д. Левин**, проф. **Е. Г. Мозолевская**, доц. **О. А. Неволин**, проф. **А. Н. Обливин**, проф. **А. Р. Родин**, д-р биол. наук **Л. П. Рысин**, проф. **В. П. Рябчук**, проф. **Е. Д. Сабо**, проф. **В. И. Санев**, канд. с.-х. наук **С. Г. Синицын**, проф. **Н. И. Федоров**, проф. **В. Я. Харитонов**, канд. с.-х. наук **Г. А. Чибисов**, проф. **Г. М. Шутов**, проф. **В. В. Щелкунов**, проф. **А. А. Эльберт**.

Ответственный секретарь **Р. В. Белякова**.

«Лесной журнал» публикует научные статьи 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, рекламные материалы и объявления. Предназначается для научных работников, аспирантов, инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности, преподавателей вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических институтов.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 1

Редакторы **Н. П. Бойкова**, **Л. С. Ожолова**. Корректор **Л. Л. Аксенова**.

Сдан в набор 17.12.91. Подписан в печать 31.03.92.
Форм. бум. 70 × 108^{1/16}. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 12,775. Усл. кр.-отт. 12,775. Уч.-изд. л. 15,51. Тираж 1 150 экз. Заказ 5648. Цена 1 р. 40 к.
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт
им. В. В. Куйбышева

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, наб. В. И. Ленина, 17, тел. 4-13-37.

Типография издательства «Правда Севера», 163002, г. Архангельск, пр. Новгородский, 32

ИДЕИ Г. Ф. МОРОЗОВА И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В РАЗВИТИИ ЛЕСОВОДСТВА (к 125-летию со дня рождения Г. Ф. Морозова)

И. С. МЕЛЕХОВ

Московский лесотехнический институт



Основой классического лесоводства является постоянство пользования лесом и вытекающие из него непереносимость возобновления, повышение устойчивости и продуктивности. На этих требованиях основаны разработки важнейших научных положений выдающихся лесоводов, в том числе и Г. Ф. Морозова.

Прошло 125 лет со дня рождения Г. Ф. Морозова, и история отвела ему место в ряду классиков науки.

Г. Ф. Морозов развил классические постулаты лесной науки, обогатил и обосновал их через фундаментальное раскрытие сложной природы леса, ее законов, разработал цельное и стройное учение о лесе. Он по праву вошел в историю науки как выдающийся лесовод и естествоиспытатель. Его идеи оказали огромное влияние на последующее развитие науки.

Сегодня уместно попытаться проникнуть в феномен Морозова, понять его истоки.

Научные идеи рождаются не на пустом месте. Нет необходимости говорить, что выдающийся ученый — это прежде всего обладатель таланта. Однако важно, как сказано в Священном писании, чтобы этот талант не был зарыт в землю, т. е. не пропал. Г. Ф. Морозов сумел использовать свой талант во благо прогресса лесной науки, преодолев нелегкое препятствие со стороны отца, желавшего сыну военной карьеры.

У Г. Ф. Морозова были прекрасная *Alma mater* — С.-Петербургский лесной институт, в котором он получил блестящее образование, и незаурядный интерес к науке. Еще на студенческой скамье его увлекали достижения естествознания, происшедшие в XIX столетии, — в этом поистине золотом веке по сравнению с нашим, мягко говоря, тяжелым беспоконным XX веком.

Особенно большую роль в формировании лесоводственно-научного мировоззрения и идей Г. Ф. Морозова сыграла пройденная им многосторонняя научная и практическая школа. Раскрывая ее, можно выделить следующие моменты феномена Г. Ф. Морозова.

1. Влияние основоположника научного почвоведения В. В. Докучаева. Работая в составе его экспедиции, Г. Ф. Морозов горячо про-

никся учением Докучаева, идеей природной зональности, географичности. Он пришел к познанию леса как явления географического. Это одна из основополагающих идей, введенных Морозовым в науку.

2. Непосредственное практическое знакомство с природой и хозяйством средне- и южнорусских лесов и насаждений; общение с выдающимися русскими практиками — лесничими этих районов, особенно с Н. Д. Суходским, у которого Г. Ф. Морозов работал помощником лесничего.

3. Двухлетнее знакомство с опытом ведения лесного хозяйства и постановкой научного лесоводства в Германии и Швейцарии, где он совершенствовался под руководством профессоров К. Гайера и Г. Майра в Баварии, А. Шваппаха в Эберсвальде и Флюри в Швейцарии.

Наиболее сильное влияние оказали учения К. Гайера о формах естественного леса и отвечающих им лесоводственных приемах, например системы группово-выборочных рубок, и Г. Майра, разрабатывавшего естественноисторические основы лесоводства. Сам Г. Ф. Морозов многократно вспоминал их как своих учителей, особенно К. Гайера, которого называл лесоводственным Руссо.

4. Влияние пионеров-лесотипологов — русских лесоводов-практиков, главным образом северных лесоустроителей и лесничих, а также лесоводов-ученых, предшественников и современников Г. Ф. Морозова (В. Я. Добровлянский, Д. М. Кравчинский, Г. Н. Высоцкий).

5. Тесное сочетание научной и педагогической деятельности, начатой еще в Хреновской лесной школе и особенно плодотворно продолженной впоследствии в С.-Петербургском (Императорском, Петроградском) лесном институте, где в процессе работы над лекционным курсом сформировалось его учение о лесе.

6. Прекрасные ученики, искренне преданные своему учителю, люди, обладавшие высокой порядочностью, благородством, чувством долга. Ближайшими учениками прежде всего были преподаватели Лесного института В. В. Матренинский и В. В. Гуман. Они сохранили и привели в порядок литературное наследие Г. Ф. Морозова.

В. В. Матренинский способствовал бессмертию имени Морозова, чем увековечил и свое имя. По инициативе и под редакцией В. В. Матренинского вышло несколько изданий труда Г. Ф. Морозова «Учение о лесе», получившего мировую известность. Посмертное и последующие издания были наиболее полными. В них редактор включил все морозовские положения, имеющие отношение к теме, не допустив каких-либо вольностей, противоречащих духу и букве морозовского учения. Трудно сказать, было ли бы столь широко известно сегодня имя Г. Ф. Морозова, не будь у него такого ученика, как В. В. Матренинский.

Но эти моменты нельзя рассматривать как простые слагаемые. Г. Ф. Морозов творчески аккумулировал свои познания и разрабатывал оригинальные идеи и предложения с учетом конкретных условий.

Практическое знакомство с лесным хозяйством и лесами России и зарубежных стран, знание трудностей и нужд русского лесного хозяйства, понимание большого географического разнообразия русских лесов позволили Г. Ф. Морозову заявить о неприемлемости шаблонного подхода к лесному хозяйству России. Этот тезис своевременен и теперь.

* *
*

Ключ к пониманию сложной природы леса Г. Ф. Морозов дает в виде простой триады: «Природа леса слагается из природы пород, природы их сочетаний, природы условий местопрорастания» [1]. В соответствии с нею учение Г. Ф. Морозова о лесе состоит из следующих

частей: 1) биология лесных пород; 2) биология насаждений; 3) биология типов насаждений.

Этим частям предпосылается «Введение в биологию леса», в котором Г. Ф. Морозов излагает общий взгляд на природу леса, дает развернутое оригинальное его определение, отмечает, что лес — не простая совокупность древесных растений, а сообщество, в котором они проявляют взаимное влияние друг на друга, порождая ряд новых явлений.

Г. Ф. Морозов раскрывает лес как явление биосоциальное и географическое. Современные понятия о лесе не ограничиваются древесной компонентой, даются в более широкой биогеоценотической и экосистемной трактовках. Но их основополагающим началом явилось определение Г. Ф. Морозова, не утратившее значения и сегодня; оно составляет сердцевину любой современной трактовки леса как природного явления, тем более, что Морозов и сам уже начал подходить к лесу расширительно — как к биоценозу.

Он писал: «Лес, создавая свою внутреннюю структуру, создает вместе с тем особую биологическую обстановку для животного царства... Фауна в лесу есть один из факторов в жизни леса, в успешности его возобновления и долговечности его в частности» [1]. Здесь мы можем видеть истоки и зачатки лесной биогеоценологии. Заслугу Г. Ф. Морозова в этом плане неоднократно подчеркивал В. Н. Сукачев.

Очерчивая контуры учения о лесе, Г. Ф. Морозов ставил вопрос о лесоведении как теоретической основе лесоводства. В то же время он оценил роль лесоводства в развитии лесоведения, справедливо указывая, что учение о лесе обязано своим развитием почти исключительно лесоводству, выросло на лесоводственном материале.

Огромный вклад в лесоведение и лесоводство Г. Ф. Морозов внес своими учениями о смене пород и о типах насаждений.

В освещении процессов различных смен древесных пород он показал глубину анализа и широту научных обобщений. Он критиковал взгляды ботаников того времени, видевших причину смены в одном биологическом свойстве древесной породы — отношении к свету, требовал принимать во внимание и другие лесоводственные свойства — почву и лимит, прямое и косвенное вмешательство человека в жизнь леса, приводя примеры взаимосмен сосны и ели, дуба и мягколиственных пород др.

Учение Г. Ф. Морозова о смене пород получило дальнейшее развитие не только в лесоводстве, но и геоботанике, почвоведении и некоторых других науках. За истекший период некоторые положения подверглись пересмотру, изменениям и дополнениям. Получены новые факты, деланы выводы. Описан ряд смен в региональном разрезе. Появились новые данные о влиянии лесных пожаров на отдельные виды смены пород и т. д.

В современном лесоведении выведены общие закономерности смены пород (на уровне закона). Их можно сформулировать так: более теневыносливые породы в благоприятных для них почвенно-климатических условиях вытесняют менее теневыносливые со скоростью, обратной продолжительности жизни сменяемых пород.

Резкие нарушения в жизни леса, связанные с внешними воздействиями, вызывают смену теневыносливых пород более светолюбивыми, характеризующимися быстрым ростом, устойчивыми против неблагоприятных влияний внешней среды и имеющими повышенную репродуктивную способность.

Несмотря на длительный период, истекший со времени опубликования «Смены пород» (1913), и значительные научные достижения, этот раздел «Учения о лесе» Г. Ф. Морозова не утратил своего начального значения.

Учение о типах насаждений Г. Ф. Морозова получило широкую известность среди лесоводов еще при его жизни и осталось отправным началом в дальнейшем развитии лесной типологии. Большинство новых, современных ее направлений так или иначе сопоставляются, соизмеряются с этим стержнем.

Типологические взгляды Г. Ф. Морозова, сущность его учения о типах насаждений широко освещены в лесоводственной литературе и известны лесоводам.

Следовало бы только обратить внимание на встречающуюся противоречивость в понимании и восприятии лесоводами взглядов Морозова, что порождает порой недоразумения на конференциях и совещаниях по лесной типологии, а также искажения в печати. Имеют место взаимные обвинения, в которых один ученый заявляет, что только его типологическое направление опирается на учение Морозова; другой утверждает, что только представляемое им направление исходит из морозовского учения, а другое не имеет отношения к Морозову. При этом оба оппонента оперируют цитатами из работ Морозова.

Дело здесь в том, что взгляды Г. Ф. Морозова как ученого эволюционировали. Это процесс естественный. Вначале он опирался на ограниченное число факторов, главным образом на почву. В 1904 г. он дал следующее определение типа насаждений: «Тип насаждения есть совокупность насаждений, объединенных в одну обширную группу общностью условий местопроизрастания или почвенно-грунтовых условий» [1]. В этом определении нет состава древостоя, многих других элементов, составляющих лесное сообщество. Это — ранний Морозов.

В более поздний период своей деятельности Г. Ф. Морозов понимал тип насаждения значительно шире, указывая, что «классификация лесных сообществ в настоящее время, если она желает быть естественной, должна быть основана на совокупности всех лесообразователей». К ним он относит:

- «1) внутренние, экологические свойства древесных пород;
- 2) географическую среду: климат, грунт, рельеф, почву;
- 3) биосоциальные отношения: а) между растениями, образующими лесное сообщество; б) ими и средой; в) ими и фауной;
- 4) историко-геологические причины;
- 5) вмешательство человека».

Однако Г. Ф. Морозов вынужден был считаться с неодинаковой степенью изученности перечисленных лесообразователей. Он отмечал: «В этом отношении невольно более слабыми местами окажутся третий и четвертый факторы, т. е. биосоциальная природа взаимных отношений организмов, с одной стороны, и историко-геологические моменты — с другой, как менее изученные» (разрядка моя — И. М.) [1].

При дальнейшем изучении типов леса Г. Ф. Морозов предполагал учитывать все факторы лесообразования. Самому Георгию Федоровичу не довелось довести эту идею до практического завершения. Она была претворена впоследствии в биогеоценологии.

Идеи Г. Ф. Морозова о типах леса получили широкое развитие. Однако они были восприняты его последователями противоречиво. Одни опирались преимущественно на почвенно-грунтовые условия, т. е. исходили из положений Морозова раннего периода. Другие, развивая вначале ботанический подход, восприняли в дальнейшем морозовскую концепцию совокупности всех лесообразователей. Первое направление наиболее отчетливо выражено в работах А. А. Крюденера, Е. В. Алексева, П. С. Погребняка, Д. В. Воробьева, Б. Ф. Остапенко и др., второе — в работах В. Н. Сукачева и его многочисленных учеников.

* *
*

Г. Ф. Морозов постоянно интересовался и вопросами практического лесоводства — рубками, лесокультурной практикой (особенно возобновлением сосны), большое внимание уделял борьбе с засухой. Широко известен его тезис о том, что рубка и возобновление должны быть синонимами. Он требовал научного лесоводственного подхода к этим проблемам и энергично боролся с бездоказательными рекомендациями.

Г. Ф. Морозов подчеркивал, что лесоводство — «наука, трактующая о том, что должно быть, а не только о том, что есть, каков должен быть хозяйственный лес, дабы основное веление лесоводства, идея возобновления в процессе пользования лесом осуществлялась бы полностью. Лесоведение — безусловно необходимая ступень в нашем образовании, но ступень недостаточная [2, с. 460].

Учение о лесоводственных принципах, или лесоводственных устоях, по Морозову, есть учение о том, какими чертами должен отличаться хозяйственный лес, дабы он мог, не теряя своей жизненной устойчивости, удовлетворять основному запросу хозяйства — идее постоянства пользования, тесно связанной с идеей возобновления.

В качестве основного принципа Г. Ф. Морозов выдвигает требование устойчивости леса. Он пишет, что «наше лесоводство должно прежде всего заботиться при неизбежном вмешательстве в жизнь леса, при неизбежном нарушении подвижного равновесия о возможном меньшем ослаблении устойчивости лесных сообществ... С точки зрения этого коренного начала мы должны уже рассматривать все остальные задачи, как то: оценку различных методов возобновления, задачу увеличения производительности наших лесов, меры ухода, меры охраны и в особенности всю лесокультурную деятельность» [2, с. 462]. Не со всем здесь, может быть, можно согласиться, особенно в смысле иерархии отдельных задач, но принцип устойчивости леса действительно заслуживает самого серьезного внимания, особенно в наше время, в последнее десятилетие XX в. Он приобрел новую окраску, новые аспекты, предвидеть которые во времена Морозова было невозможно. Убедительный пример — Чернобыль.

* *
*

Мимо Г. Ф. Морозова не прошло развитие и других отраслей знания. Он оказал сильное влияние на развитие геоботаники и фитоценологии, хотя эти области научного знания развивались параллельно с морозовским учением и имели свой подход к изучению растительных группировок. Именно благодаря Морозову лес стал одним из наиболее важных объектов фитоценологии.

* *
*

Дальнейшее развитие лесоведения и лесоводства тесно связано с именем Г. Ф. Морозова. В нашей стране широко используются его идеи в области типологии леса, биологии леса в целом, возобновления, агролесомелиорации, географии.

Развитие науки о лесе за рубежом проходит также при заметном влиянии идей Г. Ф. Морозова. Его труд «Учение о лесе» переведен на немецкий и польский языки и широко цитируется в специальной литературе во многих странах мира (подробнее см. в [1]). В Германии книга вышла под редакцией известного ученого проф. К. Рубнера. В переводе и популяризации идей Г. Ф. Морозова в этой стране большая заслуга принадлежит немецкому лесоводу Э. Бухгольцу, в совершенстве владевшему русским языком. «Учение о лесе» в немецком переводе

(«Die Lehre Vom Walde») сохранило своеобразие, дух оригинала этого выдающегося произведения*.

В 30-е гг. труды Г. Ф. Морозова в нашей стране истолковывались как реакционные и подвергались жестоким нападкам. В дальнейшем нападки прекратились, и только лица, не обладавшие чувством объективности, продолжали время от времени порочить ученого. Но и это уже в прошлом.

Имя Г. Ф. Морозова не потускнело. Он является гордостью русского лесоводства, признанным классиком науки.

Наше лесное хозяйство переживает ныне трудные времена. При решении возникших острых проблем необходимо помнить о постулатах классического лесоводства, компетентно и умело использовать наследие прошлого, в том числе фундаментальные положения Г. Ф. Морозова и большой научный задел, полученный в послеморозовский период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Мелехов И. С. Г. Ф. Морозов и наука о лесе // Морозов Г. Ф. Избранные труды. Т. 1.—М.: Лесн. пром-сть, 1970.—С. 8—20. [2]. Морозов Г. Ф. Избранные труды. Т. 1.—М.: Лесн. пром-сть, 1970.—560 с.

* Э. Бухгольц на протяжении длительного времени освещал в немецкой печати состояние лесных дел в СССР, в том числе и достижения лесной науки. Им составлен прекрасный русско-немецкий и немецко-русский лесохозяйственный словарь.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*52

ТОВАРНЫЕ ТАБЛИЦЫ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКОВ

И. И. ГУСЕВ, С. В. КОПТЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Для определения товарности ельников, расположенных в северной, средней и южной подзонах тайги, применяют товарные таблицы [7], составленные в соответствии с ГОСТ 9463—72 на круглые лесоматериалы [1], ОСТ 13—76—79 на сырье для технологической переработки [8] и другими утратившими силу нормативами. В настоящее время разработаны новые ГОСТы на лесную продукцию ([2, 3, 10] и др.), требования которых должны быть реализованы в сортиментных и товарных таблицах. Так, в новом ГОСТ 9463—88 на круглые лесоматериалы [2], в отличие от предыдущего [1], изменились нормы представленности пороков, предусмотрено выделение лишь трех сортов деловой древесины, увеличены допустимые размеры гнили в древесине третьего сорта, сучьев у сортиментов первого, второго и третьего сортов, кривизны и т. д.

В связи с этим возникла необходимость в составлении новых товарных таблиц. Для изучения товарной структуры ельников северной подзоны тайги в Холмогорском районе Архангельской области, Ухтинском и Удорском районах Коми ССР были заложены 35 пробных площадей в средних по составу, полноте, но разных по продуктивности древостоях, пять из них со сплошной рубкой и раскряжевкой стволов на сортименты. Кроме того, привлечены материалы 27 пробных площадей, полученные Архангельской лесоустроительной экспедицией для северной подзоны тайги. Используются также массовые материалы глазомерной таксации, характеризующие представленность древостоев по разрядам высот (табл. 1). Методика сбора опытных материалов изложена нами ранее [6].

Важным показателем, влияющим на товарную структуру древостоев, является распределение деревьев по толщине, которое зависит от среднего диаметра древостоя [5, 9]. Оно определяется изменчивостью диаметров стволов C_d , связанной с усложнением возрастной структуры. Зависимость C_d , %, от среднего диаметра древостоя D , см, выражается уравнением

$$C_d = 18,3 + 1,55D - 0,029D^2;$$

$$m_c = \pm 0,07.$$

Таблица 1
Опытные материалы

Разряд высот	Число пробных площадей, шт.	Число таксационных участков, шт.
III	8	294
IV	26	696
V	23	1050
VI	5	114
Итого	62	2154

Для сравнения коэффициента изменчивости стволов по диаметру исследуемых условно разновозрастных и разновозрастных ельников [4]

опытные пробные площади группировали в зависимости от среднего диаметра древостоя. В одну группу объединяли древостои со средним диаметром до 20 см, а в другую — более 20,1 см. Для каждой из двух групп вычисляли среднее значение C_i с основной ошибкой и сопоставляли с аналогичными данными для условно разновозрастных и разновозрастных ельников (табл. 2).

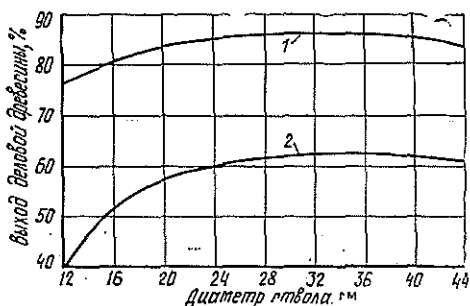
Таблица 2

Коэффициенты изменчивости диаметров еловых древостоев

Средний диаметр древостоя, см	Опытные материалы (ОП)	Условно разновозрастные (УР)	Разновозрастные (Р)	Критерий различия Стьюдента	
				ОП—УР	ОП—Р
10,0...20,0	35,1 ± 1,22	33,7 ± 0,79	40,9 ± 1,08	1,0	3,6
20,1...28,0	36,8 ± 1,20	30,5 ± 0,35	33,9 ± 1,66	2,8	1,4

Анализ табл. 2 показывает возможность использования рядов распределения числа деревьев по ступеням толщины условно разновозрастных ельников для составления товарных таблиц.

При изучении товарной структуры древостоя важно также установить количество дровяных деревьев и распределение их по ступеням толщины. Согласно существующим придержкам к дровяным относят деревья, длина деловой части которых не превышает 2 м. Кроме этого, в практике лесного хозяйства дровяными принято считать половину полуделовых стволов, если выход деловой древесины из них в два раза меньше, чем из деловых. На самом же деле выход деловой древесины из полуделовых (фаутных) стволов толщиной более 16 см в северотаежных ельниках несколько больше половины (см. рисунок). Расчеты показали, что из фаутных-полуделовых деревьев толщиной 16 см и более к дровяным следует относить 30...35% деревьев, а для тонкомерных ступеней — 50%. Однако эти уточнения не оказывают большого влияния на товарную структуру, так как количество полуделовых деревьев в ельниках невелико и составляет от $4,3 \pm 0,6$ (I класс товарности) до $13,1 \pm 0,8$ % (II класс товарности). Практическое значение предлагаемых уточнений будет возрастать по мере увеличения количества полуделовых деревьев в древостое.



Зависимость выхода деловой древесины ели от диаметра ствола на высоте груди: 1 — деловые; 2 — полуделовые стволы

На основании опытных материалов строили ряды распределения дровяных деревьев по ступеням толщины. Для древостоев со средним диаметром 12, 14 и 16 см ряды выравнивали по функции Пирсона I типа, 18...28 см — по функции Шарлье (кривая типа А).

Различие между опытными и теоретическими распределениями оказалось недостоверным. Фактическое значение критерия А. Н. Кол-

могорова — Н. В. Смирнова не достигает стандартного 1,36 при вероятности 0,95.

Влияние разряда высот на распределение дровяных деревьев по ступеням толщины не отмечено, поэтому в пределах одного среднего диаметра древостоя принимали один ряд (табл. 3).

Таблица 3

Количество дровяных деревьев по ступеням толщины
в северотаежных ельниках

Средний диаметр древостоя, см	Распределение дровяных деревьев, % по ступеням толщины, см									
	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
12	30,1	35,5	24,0	9,2	1,2	—	—	—	—	—
14	24,2	30,5	25,2	14,2	5,6	0,3	—	—	—	—
16	16,7	25,0	25,7	18,4	9,9	3,6	0,7	—	—	—
18	13,9	22,6	25,5	19,7	11,2	5,0	1,7	0,4	—	—
20	11,0	20,0	25,3	21,0	12,6	6,4	2,7	0,9	0,1	—
22	8,4	18,0	23,8	21,9	15,0	7,6	3,4	1,6	0,4	—
24	5,7	13,9	23,5	23,8	16,3	8,5	4,5	2,4	1,1	0,3
26	4,2	12,3	20,8	22,2	18,2	11,2	6,0	3,0	1,5	0,6
28	2,9	10,2	17,5	22,5	20,0	13,0	7,2	3,9	2,0	0,8

Наблюдается смещение моды рядов распределения дровяных деревьев относительно распределения общего числа деревьев в сторону тонкомерных ступеней примерно на одну 4-сантиметровую ступень толщины. Поскольку дровяные деревья являются потенциальным отпадом, то это смещение служит подтверждением вывода о преимущественном формировании отпада из более тонкомерной части древостоя.

Товарные таблицы составляли на основе сортиментных таблиц, разработанных авторами [6]. Границы классов товарности определялись числом деловых деревьев как первичным таксационным материалом. Предварительно исследовали зависимость запаса деловой древесины от числа деловых деревьев. Исследования показали, что при числе деловых деревьев 95, 80 и 60 % запас деловой древесины составляет в среднем 83,6; 69,8 и 51,7 % от общего запаса, что соответствует срединам I, II и III классов товарности.

Зависимость выхода деловой древесины от числа дровяных деревьев древостоя линейная и выражается уравнением

$$y = 0,903x - 2,42; \quad m_y = \pm 1,72,$$

Таблица 4

Вероятное распределение
таксационных участков
по проценту деловой древесины

Процент деловой древесины в общем запасе	Процент таксационных участков	Процент деловой древесины в общем запасе	Процент таксационных участков
56	0,6	77	17,1
59	1,1	80	19,4
62	2,3	83	17,1
65	3,4	86	10,9
68	4,6	89	4,6
71	6,9	92	0,6
74	11,4		

Таблица 5
Товарные таблицы северотаежных ельников (по наименованию сортиментов)

Средняя диаметр дровяного стога, см	Средняя высота, м	Деловые сортименты, %										Итого деловой	Тех. пологие сырье	Дрова топливные	Отходы					
		Пило-вочник	Строй-лес и под-ларник	Судострой-лес	Рудстой-ка	Столбы	Тарный и клещевый кряж	Балансы	Шпальник	Фанерный кряж	Итого деловой									
12	8	5	3	—	8	—	—	—	—	—	4	51	—	—	—	—	71	9	5	15
	10	6	3	—	8	—	—	—	—	—	4	51	—	—	—	—	72	9	5	14
	11	7	4	—	8	—	—	—	—	—	4	52	—	—	—	—	75	7	5	13
	13	8	4	—	8	—	—	—	—	—	3	53	—	—	—	—	76	7	5	12
14	9	12	5	—	8	—	—	—	—	—	5	44	—	—	—	—	75	6	5	14
	11	12	5	—	8	—	—	—	—	—	4	45	—	—	—	—	75	6	5	14
	12	12	5	—	9	—	—	—	—	—	3	46	—	—	—	—	76	6	5	13
	14	13	5	—	9	—	—	—	—	—	2	47	1	—	—	—	78	6	4	12
16	10	19	6	1	8	—	—	—	—	—	4	38	1	—	—	—	78	6	3	13
	12	20	6	1	8	—	—	—	—	—	4	38	1	—	—	—	79	6	3	12
	14	21	6	1	8	—	—	—	—	—	3	39	1	—	—	—	80	5	4	11
	15	22	6	1	8	—	—	—	—	—	2	40	1	—	—	—	81	5	4	10
18	12	25	6	2	6	—	—	—	—	—	4	36	1	—	—	—	81	3	4	12
	13	26	6	2	6	—	—	—	—	—	4	35	1	—	—	—	81	3	4	12
	15	27	6	2	6	—	—	—	—	—	4	34	1	—	—	—	81	4	4	11
	17	28	6	2	6	—	—	—	—	—	4	34	1	—	—	—	82	5	3	10
20	12	31	6	2	5	—	—	—	—	—	3	31	2	1	—	—	82	3	3	12
	14	32	6	2	5	—	—	—	—	—	3	30	2	1	—	—	82	3	3	12
	16	33	6	2	5	—	—	—	—	—	3	29	2	1	—	—	83	3	3	11
	18	34	6	2	5	—	—	—	—	—	3	28	2	1	—	—	83	4	3	10
22	14	34	6	3	4	—	—	—	—	—	3	28	3	1	—	—	83	2	3	12
	16	35	6	3	4	—	—	—	—	—	3	27	3	1	—	—	83	2	3	12
	18	36	6	3	4	—	—	—	—	—	2	26	3	3	—	—	83	2	4	11
	19	37	6	3	3	—	—	—	—	—	2	25	3	3	—	—	83	3	4	10
24	14	37	5	3	4	—	—	—	—	—	2	25	3	3	—	—	83	2	3	12
	17	38	6	3	3	—	—	—	—	—	2	24	3	4	—	—	84	2	3	11

Класс товарности I

где y — процент запаса деловой древесины;
 x — процент деловых деревьев.

При составлении товарных таблиц в работе использован условный древостой из 1000 деловых и дровяных деревьев, взятых в определенном соотношении в зависимости от класса товарности.

Математическое выравнивание выхода сортиментов в зависимости от среднего диаметра древостоя выполнено по разрядам высот отдельно для I, II и III классов товарности. При этом использован полином третьей степени, который дает наибольшую точность из ряда испытанных математических моделей. Товарные таблицы составлены в соответствии с «Требованиями к сортиментным и товарным таблицам для таксации древостоев» [9]. Проценты выхода сортиментов округлены до целых значений. Интервал по средним диаметрам составляет 2 см, по средним высотам — соответствует принятой шкале разрядов высот [6].

Оценка составленных товарных таблиц показала, что при правильном определении исходных данных, особенно класса товарности древо-

Продолжение табл. 5

Средний диаметр дряостой, см	Средняя высота, м	Деловые сортаменты, %										Технологические сырье	Дрова топливные	Отходы		
		Пилоочник	Строительный материал	Судостроитель	Рудостойка	Столбы	Тарный и клееный кряж	Балласти	Шпальник	Фанерный кряж	Итого деловой				% (сумма)	
															39	6
19	20	40	6	3	3	1	2	22	3	4	4	84	2	4	10	
26	15	40	6	3	3	1	2	22	3	4	4	84	3	4	9	
28	17	41	5	4	4	2	2	21	3	4	3	83	2	3	12	
	20	42	5	4	3	2	2	20	3	4	3	84	2	4	11	
	22	43	5	4	3	2	2	19	3	4	3	84	3	4	10	
	16	44	3	5	3	1	1	20	3	4	4	84	2	3	11	
	18	45	3	5	2	1	1	19	3	5	4	84	2	3	11	
	21	46	3	5	2	1	1	18	3	5	4	84	2	4	10	
	23	47	3	5	2	1	1	17	3	5	4	84	3	4	9	
Класс товарности II																
12	8	3	2	—	8	—	3	41	—	—	—	57	16	13	14	
	10	4	2	—	7	—	3	42	—	—	—	58	16	13	13	
	11	5	2	—	7	—	3	42	—	—	—	59	15	13	13	
	13	6	2	—	7	—	2	42	—	—	—	59	15	14	12	
14	9	8	4	—	7	—	4	38	—	—	—	61	14	12	13	
	11	9	4	—	7	—	4	38	—	—	—	62	13	12	13	
	12	10	4	—	7	—	3	39	—	—	—	64	13	11	12	
	14	11	4	—	7	—	2	40	—	—	—	65	13	11	11	
16	10	14	5	—	7	—	4	33	1	—	—	65	12	10	13	
	12	15	5	—	7	—	4	33	1	—	—	66	12	10	12	
	14	16	5	—	7	—	3	34	1	—	—	67	11	11	11	
	15	17	5	—	7	—	2	34	1	—	—	67	11	22	10	
18	12	20	5	—	6	—	4	32	1	—	—	69	9	9	13	
	13	21	6	—	6	—	3	32	1	—	—	70	9	9	12	
	15	22	6	—	6	—	2	31	1	—	—	70	8	11	11	
	17	23	6	—	5	—	2	30	1	—	—	70	8	12	10	

стоя, ошибка в определении выхода сортиментов находится в пределах требуемой точности [6, 9].

В связи с использованием материалов глазомерной таксации для материально-денежной оценки лесосечного фонда особое значение приобретают не только достоверность товарных таблиц, но и точность лесоустроительных материалов. Со стороны лесозаготовительных предприятий высказываются справедливые претензии к точности определения класса товарности, который существенно влияет на правильность оценки выхода деловой древесины. По нашим опытным материалам, средний процент деловой древесины северотаежных ельников составляет 78,1. Распределение таксационных участков по этому показателю закономерно и хорошо моделируется функцией Шарлье (табл. 4).

Данные таблицы показывают, что в северотаежных ельниках 52,6 % таксационных участков относятся к I классу товарности, 45,7 % — к II и 1,7 % — к III. Лесоустроителями класс товарности установлен правильно лишь на 17 % пробных площадей, в остальных слу-

Продолжение табл. 5

Сред- ний ди- метр древе- стоя, см	Сред- няя высо- та, м	Деловые сортаменты, %										Итого дело- вой	Тех- ноло- гиче- ское сырье	Дрова топ- лив- ные	От- ходы
		Пило- матери- алы	Стой- лес и подго- вар- ник	Судо- строи- лес	Руд.- строи- ка	Стол- бы	Тар- ный и кле- поч- ный кряж	Ба- лан- сы	Шпаль- ник	Фа- нер- ный кряж	%				
20	12	27	5	1	5	1	3	26	1	1	70	9	9	12	
	14	28	5	1	5	1	2	26	1	1	70	9	9	12	
	16	29	5	2	4	1	1	25	2	1	70	8	11	11	
	18	29	5	2	4	1	1	25	2	1	70	8	12	10	
22	14	30	4	2	5	1	2	23	2	1	70	9	9	12	
	16	31	4	2	4	1	2	23	2	1	70	8	10	12	
	18	32	4	2	4	1	1	22	2	2	70	8	11	11	
	19	33	5	2	3	1	1	21	2	2	70	8	12	10	
24	14	34	4	3	3	1	1	21	2	1	70	8	10	12	
	17	35	4	3	3	1	1	20	2	2	71	7	11	11	
	19	36	4	3	3	1	1	19	2	2	71	7	11	11	
	20	37	4	3	3	1	1	18	2	3	72	7	11	10	
26	15	37	4	3	3	1	1	19	2	1	71	7	11	11	
	17	38	4	3	3	1	1	18	2	2	72	6	11	11	
	20	39	4	1	2	1	1	17	2	3	72	6	11	11	
	22	40	4	4	2	1	1	16	2	4	73	6	11	10	
28	16	40	4	4	2	1	1	17	2	3	73	7	9	11	
	18	41	4	4	2	1	1	15	2	4	74	6	9	11	
	21	42	3	4	2	1	1	15	2	5	74	6	10	10	
	23	43	3	4	2	1	1	14	2	5	74	6	10	10	
12	8	2	1	—	7	—	2	31	—	—	43	24	21	12	
	10	2	1	—	6	—	2	32	—	—	43	24	22	11	
	11	3	1	—	6	—	2	33	—	—	45	23	22	10	
	13	4	1	—	5	—	2	34	—	—	46	23	21	10	
14	9	4	3	—	7	—	3	28	—	—	45	23	21	11	
	11	5	3	—	7	—	3	28	—	—	46	23	20	11	

■ Класс товарности III

чаях завышен, что характерно для разновозрастных ельников. Поэтому при использовании материалов лесоустройства для подготовки лесосечного фонда класс товарности следует уточнять на основе данных натуральных обследований.

Применение товарных таблиц (табл. 5), составленных нами с учетом требований новых ГОСТов на лесную продукцию и особенности строения северотаежных ельников, позволит повысить точность таксации их товарной структуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. ГОСТ 9463—72. Лесоматериалы круглые хвойных пород.—М.: Изд-во стандартов, 1974.—14 с. [2]. ГОСТ 9463—88. Лесоматериалы круглые хвойных пород.—М.: Изд-во стандартов, 1988.—13 с. [3]. ГОСТ 3243—88. Дрова для отопления, сухой перегонки и углежжения.—М.: Изд-во стандартов, 1988. [4]. Гусев И. И. Закономерности строения еловых древостоев Европейского Севера: Методич. рекомендации к дипломному проектированию по лесной таксации.—Архангельск, 1977.—40 с. [5]. Гусев И. И. Продуктивность ельников Севера.—Л.: ЛГУ, 1978.—232 с.

Сред- ний диам- метр древос- тоя, см	Сред- няя высо- та, м	Деловые сортаменты, %										Итого дело- вой	Тех- ноло- гиче- ское сырье	Дропа- топ- лив- ные	От- ходы		
		Пило- во- чок	Строй- лес и под- вар- ник	Судо- стой- лес	Руд- стой- ка	Стол- бы	Тар- ный и кле- поч- ный кряж	Ба- ла- сы	Шпаль- ник	Фа- нер- ный кряж	%						
12	12	6	3	—	7	—	—	—	2	29	—	—	—	—	23	20	10
14	14	7	3	—	6	—	—	—	2	30	—	—	—	—	23	20	9
10	10	9	3	—	6	—	—	—	3	26	—	—	—	—	22	20	11
12	12	10	3	—	6	—	—	—	3	26	—	—	—	—	22	20	10
14	14	11	3	—	6	—	—	—	2	26	—	—	—	—	22	20	10
15	15	12	4	—	6	—	—	—	2	25	—	—	—	—	22	20	9
12	12	13	4	—	3	—	—	—	2	26	—	—	—	—	20	19	11
13	13	14	4	—	3	—	—	—	2	25	—	—	—	—	20	20	10
15	15	15	4	—	3	—	—	—	2	24	—	—	—	—	20	20	10
17	17	16	4	—	3	—	—	—	1	24	—	—	—	—	20	21	9
12	12	21	4	1	3	—	—	—	2	19	—	—	—	—	14	20	13
14	14	22	4	1	3	—	—	—	2	19	—	—	—	—	14	20	12
16	16	22	4	1	2	—	—	—	2	18	—	—	—	—	14	20	12
18	18	24	4	1	2	—	—	—	1	18	—	—	—	—	14	21	11
22	22	25	3	1	3	—	—	—	2	18	—	—	—	—	14	22	9
14	14	25	3	1	3	—	—	—	2	18	—	—	—	—	14	19	12
16	16	26	3	1	3	—	—	—	2	17	—	—	—	—	13	20	11
18	18	27	3	1	2	—	—	—	1	17	—	—	—	—	13	20	11
19	19	28	3	1	2	—	—	—	1	16	—	—	—	—	13	21	10
24	24	28	3	1	3	—	—	—	1	18	—	—	—	—	13	17	12
17	17	29	3	1	2	—	—	—	1	17	—	—	—	—	12	18	11
19	19	30	3	1	2	—	—	—	1	15	—	—	—	—	12	18	11
20	20	31	3	1	2	—	—	—	1	15	—	—	—	—	11	19	10
26	26	31	3	1	3	—	—	—	—	15	—	—	—	—	12	18	12
15	15	31	3	1	2	—	—	—	—	15	—	—	—	—	12	18	11
17	17	32	3	1	2	—	—	—	—	15	—	—	—	—	12	18	11
20	20	32	3	1	2	—	—	—	—	13	—	—	—	—	11	19	11
22	22	33	3	1	2	—	—	—	—	12	—	—	—	—	11	19	10
28	28	33	2	1	3	—	—	—	—	14	—	—	—	—	12	18	11
16	16	33	3	1	2	—	—	—	—	13	—	—	—	—	11	18	11
18	18	34	3	1	2	—	—	—	—	12	—	—	—	—	11	18	11
21	21	35	3	1	2	—	—	—	—	12	—	—	—	—	11	18	10
23	23	36	3	1	2	—	—	—	—	11	—	—	—	—	10	18	10

[6]. Гусев И. И., Коптев С. В. Сортиментная структура северотаежных ельников // Лесн. журн.—1991.—№ 4.—С. 3—11.—(Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Лесотаксационный справочник для северо-востока европейской части СССР.—Архангельск, 1986.—358 с. [8]. ОСТ 13—76—79. Сырье древесное для технологической переработки.—М.: Изд-во стандартов, 1979. [9]. Таксация товарной структуры древо-стоя / А. Г. Мошкалев, А. А. Кнize, Н. И. Ксенофонов, Н. С. Уланов.—М.: Лесн. пром-сть, 1982.—157 с. [10]. ТУ 13—0273685—404—89. Дровяная древесина для технологических нужд / ВНПОлеспром, 1989.—4 с.

Поступила 22 октября 1991 г.

УДК 634.91 : 581.552.4(477.85)

**ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ СЕВЕРНОЙ БУКОВИНЫ
С УЧАСТИЕМ ДРЕВЕСНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ**

*Б. К. ТЕРМЕНА, М. А. БОДНАРЮК, В. А. АНТОНЮК,
Н. И. МАКСИМОВА*

Черновицкий государственный университет

В Северной Буковине за послевоенные годы производственным объединением Черновицлес созданы лесные культуры с участием интродуцированных древесных растений на площади более 20 тыс. га. Наибольшее распространение получили культуры дуба красного (*Quercus rubra* L.), ореха грецкого (*Juglans regia* L.), ореха маньчжурского (*Juglans mandshurica* Maxim.), сосны крымской (*Pinus pallasiana* D. Don.). Анализ интенсивности ростовых процессов на различных почвах и в разных типах леса позволяет выявить оптимальные условия произрастания культур с учетом типа смешения.

Орех грецкий в свежей грабовой дубраве на светло-серых лесных суглинках в 35 лет достигает высоты 11 м (средняя 10 м) и таксационного диаметра 20 см. Более интенсивно ростовые процессы проходят в смешанных насаждениях (см. таблицу). В условиях влажной грабовой дубравы интенсивность роста несколько снижается. В 38 лет при полноте древостоя 0,8 средняя высота составляет всего 9 м (масималь-

Таксационная характеристика лесных культур

Состав	Возраст А, лет	Высота Н, м			Средний диаметр D, см	Класс бонитета	Средний прирост		Полнота	Тип леса
		средняя	максимальная	минимальная			по Н, м	по D, см		
Орех грецкий										
10Ор. г	26	8,0	8,5	6,0	12	II	0,31	0,46	0,9	D ₂
7Ор. г2Г1Бк	25	8,5	10,0	5,5	16	II	0,34	0,64	0,9	D ₂
Орех маньчжурский										
9Ор. м1Яв	12	7	8	6	8	Ia	0,58	0,67	0,6	D ₂
10Ор. м + Ак. б	20	10	12	8	12	Ia	0,50	0,60	0,7	D ₂
8Ор. м1Я1Лп	26	12	13	11	20	Ia	0,46	0,77	0,9	D ₂
Дуб красный										
6Д. к1Д. ч1Бк1Е1Гр	16	7	8	5	10	Ia	0,44	0,63	0,8	D ₂
7Д. к2Г1Кл + Д. ч	21	11	12	10	16	Ia	0,52	0,76	0,8	D ₂
5Д. к3П2Бк + Лп	26	13	14	11	16	Ia	0,50	0,62	0,9	C ₃
7Д. к2Д. ч1Кл. о	28	13	14	12	16	I	0,46	0,57	0,7	D ₁
10Д. к	30	16	18	15	16	Ia	0,53	0,53	0,7	D ₂
7Д. к2Бк1Ор. г	33	15	16	14	16	I	0,45	0,48	0,7	C ₂
4Д. ч2Д. к4Кл.-я	42	18	19	16	20	Ia	0,43	0,48	0,8	D ₃
Сосна крымская										
10С. к	30	15	16	14	16	I	0,50	0,53	0,8	D ₂
8С. к1Е1Кл.о	27	12	13	11	14	I	0,44	0,52	0,7	D ₂
6С. к3С. о1Д. ч + Ак. б	30	12	13	10	16	I	0,40	0,53	0,8	D ₁
9С. к1Ак. б + Бк	28	11	12	10	14	I	0,39	0,50	0,6	C ₂

ная 10 м), средний диаметр 14 см. Прирост по высоте равен 0,21 м, по диаметру 0,37 см.

Орех маньчжурский также предпочитает свежие дубравы и растет интенсивнее ореха грецкого (см. таблицу).

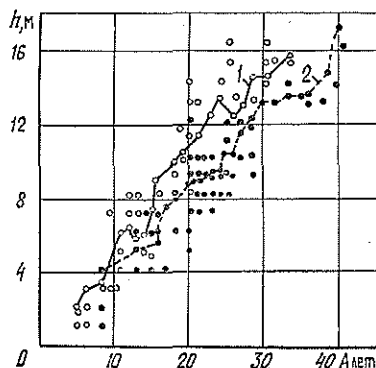
Орех серый (*Juglans cinerea* L.) на тяжелых серых лесных суглинках в свежей грабовой дубраве в 20 лет достигает высоты 9 м (средняя 8 м) и диаметра 12 см. Прирост по высоте составляет 0,4, по диаметру — 0,6 см.

Таким образом, среди испытанных видов ореха наибольшей интенсивностью ростовых процессов в условиях Северной Буковины отличается орех маньчжурский.

Наибольшие площади занимают культуры дуба красного, первые посадки которого произведены еще в 1948 г. Он успешно произрастает в смеси с дубом черешчатым, буком лесным, кленом остролистным, липой сердцелистной, грабом обыкновенным, пихтой белой, а также в чистых насаждениях. Интенсивный рост наблюдается в условиях сухой, свежей, влажной дубравы и даже в судубраве (см. таблицу).

Сравнение интенсивности ростовых процессов дуба красного и черешчатого в лесных культурах различного состава показывает некоторое превосходство интродуцента над местным видом (см. рисунок).

Графики высот дуба красного (1)
и черешчатого (2)



Бархат амурский (*Phellodendron amurense* Rupr.) в возрасте 35 лет в условиях влажной судубравы в смеси с явором и елью достигает высоты 14 м и диаметра 12 см.

Значительный интерес представляют культуры эвкоммии вязолистной (*Eucommia ulmoides* Oliv.), ценного технического и лекарственного растения родом из Центрального и Западного Китая. Это довольно теплолюбивое растение успешно акклиматизировалось в Северной Буковине. В свежей дубраве 21-летние деревья имеют высоту 7 м (средняя 6 м) и диаметр 16 см.

При создании лесных культур внимание уделено также и другим орехоплодным растениям. Каштан съедобный (*Castanea sativa* Mill.) в свежей буковой дубраве в смеси с буком на светло-серых поверхностно слабо оглеенных лесных суглинках в 12 лет имеет высоту 5 м (максимальная 6 м) и диаметр 8 см. Ломбардский орех (*Corylus maxima* Mill.) на оподзоленных светло-серых суглинках в свежей буковой дубраве в 15 лет достигает высоты 3 м, плодоносит. Обильные урожаи орехов наблюдаются периодически через 1-2 года.

Из хвойных в лесных культурах наиболее широко представлена сосна крымская. Оптимальные для нее условия создаются в чистых культурах в свежей грабовой дубраве на каменистых маломощных карбонатных черноземах (см. таблицу).

Однако первым интродуцентом, введенным в лесные культуры Северной Буковины, была сосна веймутова (*Pinus strobus* L.). В чистых

80-летних культурах на дерново-среднеподзоленных глееватых легких суглинках на элювиальных песчаных отложениях во влажной буковой судубраве ее высота достигает 31 м (средняя 29 м), диаметр 36 см. Средний прирост по высоте составляет 0,36 м, по диаметру 0,45 см. При полноте 0,7 запас равен 530 м³ на 1 га.

Рекогносцировочными лесопатологическими обследованиями установлено повреждение лесных культур дуба листогрызущими вредителями. У деревьев дуба черешчатого насекомые объедают до 1/3 кроны, у дуба красного — лишь единичные деревья. Сухая гниль желудей (антракноз), возбудителем которой является *Gloeosporium quercinum* West., также характерна в основном для дуба черешчатого. У дуба красного повреждаются единичные желуди.

У ореха грецкого повсеместно встречается бурая пятнистость листьев и плодов (марсоиноз), вызванная возбудителем *Marssonina juglandis* (Lib.) P. Magn. В предгорной зоне у некоторых экземпляров подмерзает молодой побег, а в суровые зимы повреждаются более старые части растений или крона до снегового покрова.

У сосны крымской единичные деревья поражаются грибом *Lophodermium pinastri* Chev., который вызывает усыхание и преждевременное опадение хвои.

Значительный вред эвкоммии вязолистной наносит сумчатый гриб *Nectria cinnabarina* Fr. с конидиальной стадией *Tuberularia vulgaris* Tode, вызывающий усыхание ветвей (нектриоз). Повреждается до 30 % насаждения.

Многолетний опыт создания лесных культур в Северной Буковине позволяет выявить адаптационные возможности и продуктивность испытанных растений в различных почвенных и фитоценологических условиях и может быть использован для расширения площадей культур этих видов.

Поступила 8 октября 1991 г.

УДК 582.28

О МИКРОМИЦЕТАХ ДУБА В АЗЕРБАЙДЖАНЕ (сумчатые)

Э. С. ГУСЕЙНОВ

Институт ботаники АН Азербайджана

В настоящей статье продолжается публикация сведений о микромицетах дуба в Азербайджане, помещенных в «Лесном журнале» № 5 за 1991 г.

LOCULOASCOMYCETES

Пор. *Dothideales*

Сем. *Botryosphaeriaceae*

1. *Guignardia cookeana* (Auersw.) Jacz., Опр. гр., 1917, 2, 611.— На сухих ветвях *Quercus pedunculiflora* С. Koch, Дивичинский район (р-н), участок Агалык, измененность, 23.XI 1983 г.

2. *G. diffusa* (Crie) Sacc. et Trott., Ann. Sci. Nat. Bot., 1878, 7, 38.— На листьях и прошлогодних желудях *Qu. iberica* Stev., Белоканский р-н, высота 500 м над уровнем моря (н. у. м.), 10.X 1971 г.

3. *G. punctoidea* (Cooke) Schroet., Migula in Kr.-Fl. Schles., 1913, III, 3, 1, 263.— На прошлогодних листьях *Qu. iberica* Stev., Кубинский р-н, с. Амсар, высота 750 м н. у. м., 18.V 1954 г.

Сем. *Didymosphaeriaceae*

4. *Didymosphaeria spilogena* Sacc., Syll. fung., 1926—1928, 24, 928.— На тонких сухих ветвях *Qu. macranthera* Fisch. et Mey.: Hohen, Лерикский р-н, высота 1000 м н. у. м., 29.V 1971 г.

Сем. *Dothideaceae*

5. *Mycosphaerella maculiformis* (Fr.) Schroet., in Cohn, Kr.—Fl. Schles., 1894, 3, 333.— На опавших листьях *Qu. pedunculiflora* C. Koch, Дивичинский р-н, участок Агалык, низменность, 23.IX 1983 г.

6. *M. punctiformis* (Fr.) Schroet., in Cohn, Kr.—Fl. Schles., 1894, 3, 333.— На опавших перезимовавших листьях *Qu. macranthera* Fisch. et Mey.: Hohen, Кельбаджарский р-н, пос. Исти-Су, лесокультура, высота 1750 м н. у. м., 10.VIII 1984 г.

7. *Sphaerulina myriadea* (DC.) Sacc., Syll. fung., 1883, 2, 186.— На листьях *Qu. iberica* Stev., Ханларский р-н, с. Аджикенд, высота 1000 м н. у. м., 25.VII 1964 г.

Сем. *Hysteriaceae*

8. *Gloniopsis levantica* Rehm, Hedwigia, 1886, 25, 142.— На сухих ветвях *Qu. pedunculiflora* C. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, 25.VIII 1976 г.

9. *Hysterium angustatum* Alb. et Schw., Consp. Fung., 1805, 55.— На коре сухих деревьев *Qu. pedunculiflora* C. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, 7.IV, 10.VII 1976 г.

10. *H. vix-visibile* W. K. Gerard, Bull. Torr. Bot. Club. Jun., 1874, 251.— На коре тонких сухих ветвей *Qu. pedunculiflora* C. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, 26.IV 1972 г.

11. *Hysterographium ambigua* (Sacc.) E. Hussein. comb. nov., Syn. *Gloniopsis ambigua* Sacc., Ann. Mycol., 1912, 10, 317.— На раковых опухлях на *Qu. macranthera* Fisch. et Mey.: Hohen, Ханларский р-н, с. Аджикенд, высота 1200 м н. у. м., 17.VIII 1972 г.; на оголенной сухой древесине *Qu. pedunculiflora* C. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, 31.V 1980 г.

12. *H. bifforme* Rehm, Discom., 1896, 98.— На древесине *Qu. macranthera* Fisch. et Mey.: Hohen, Ханларский р-н, с. Аджикенд, высота 1300 м н. у. м., 17.VIII 1972 г.

Сем. *Massarinaceae*

13. *Massarina coccifera* Rose, Phytopatholog. Z., 1961, 41, 164.— На сухих ветвях *Qu. castaneifolia* C. A. Mey., Лерикский р-н, высота 900 м н. у. м., 29.V 1971 г.

Сем. *Phaeosphaeriaceae*

14. *Leptosphaeria dryophila* (Cke et Harkn.) Sacc., Syll. fung., 1883, 2, 51.— На живых листьях *Qu. castaneifolia* C. A. Mey., Ленкоранский р-н, высота 600 м н. у. м., 20.VIII 1971 г.

15. *L. vagabunda* Sacc., Fabre, Sphaer. Vaucl, 1882, 2, 89.— На живых листьях *Qu. macranthera* Fisch. et Mey.: Hohen, Кусарский р-н, высота 1400 м н. у. м., 23.VIII 1977 г.

16. *Metasphaeria coryli* Celotti f. *quercina* Feltg., Vorstud. Pilz Luxemb. Nachtr., 1903, 3, 233.— На сухих ветвях *Qu. macranthera* Fisch. et Mey.: Hohen, НКАО, Шушинский р-н, пос. Турш-Су, высота 1800 м н. у. м., 23.VIII 1983 г.

17. *M. nigrotecta* Rehm, Ann. Mycol., 1913, 11, 399.— На живых листьях *Qu. pedunculiflora* C. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, 25.IX 1983 г.

Сем. *Tubeufiaceae*

18. *Rebentischia quercina* E. Hussein. sp. nov.— На сухих ветвях *Qu. pedunculiflora* С. Koch, Исмаиллинский р-н, высота 490 м н. у. м., 6.VI 1971 г.

Пор. *Pleosporales*Сем. *Lophiostomaceae*

19. *Lophiostoma insidiosum* (Desm.) Ces. et de Not., Comm., Soc. Critt. Ital., 1863, 1, 46.— На древесине сухих ветвей *Qu. pedunculiflora* С. Koch, Дивичинский р-н, участок Агалык, низменность, 23.XI 1983 г.

20. *L. macrostomoides* (de Not.) Ces. et de Not., Comm., Soc. Critt. Ital., 1863, 1, 45.— На древесине сухих ветвей *Qu. pedunculiflora* С. Koch, Дивичинский р-н, участок Агалык, низменность 23.XI 1983 г.

21. *L. vagans* Fabre, Essai sur les Spher. deg. Vaucl., 1880, 48—49, 103.— На древесине *Qu. pedunculiflora* С. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, лесопитомник, 6.IV 1976 г.

Сем. *Pleosporaceae*

22. *Homostegia durissima* (Berk.) Sacc., Syll. fung., 1883, 2, 651.— На ветвях *Qu. castaneifolia* С. А. Меу., Лерикский р-н, высота 500 м н. у. м., 1.VI 1971 г.

23. *Kalmusia munda* Pass., Diagn. Fungi nuovi, 1890, 4, 5.— На древесине ветвей *Qu. castaneifolia* С. А. Меу., Лерикский р-н., высота 500 м н. у. м., 1.VI 1971 г.

24. *Pteridiospora quercina* E. Hussein. sp. nov.— На сухих ветвях *Qu. pedunculiflora* С. Koch, Дивичинский р-н, участок Агалык, низменность, 23.XI 1983 г.

Пор. *Rhytismatales*Сем. *Hypodermataceae*

25. *Clithris quercina* (Pers.) Rehm, Discom., 1896, 102.— На сухих тонких ветвях *Qu. iberica* Stev., НКАО, Степанакертский р-н, с. Падара, высота 1000 м н. у. м., 17.IX 1971 г. На ветвях *Qu. pedunculiflora* С. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, 8.VIII 1972 г.; Зака- тальский р-н, с. Хеке-дере, высота 900 м н. у. м., 20.VIII 1985 г.

26. *Coccomyces согonatus* (Schum.) de Not., Erb. Critt. Ital., 1836, ser. 1, p. 236.— На опавших прошлогодних листьях *Qu. castaneifolia* С. А. Меу., Ленкоранский р-н, высота 800 м н. у. м., 28.V 1971 г.

Поступила 13 февраля 1991 г.

УДК 630*28 : 630*5

РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ СОСНЯКА ЛИШАЙНИКОВОГО И МЕТОДЫ ЕГО УЧЕТА

Н. А. БАБИЧ, А. В. ВАСИЛЬЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Актуальность использования недревесных ресурсов таежных лесов возрастает с каждым годом. В связи с этим возникает необходимость в разработке надежных методов учета запасов надземной фитомассы лесных сообществ, в частности культурфитоценозов. Научная работа в этом направлении ведется постоянно ([1—4, 6—9] и др.).

Нами проведены исследования этой проблемы в Емецком КЛПХ Архангельской области. Леса леспромпхоза относятся к южной части северной подзоны тайги. Опытным объектом послужили чистые по составу 50-летние культуры сосны Va класса бонитета, созданные посевом. Первоначальная густота культур 5500 посевных мест на 1 га, размещение площадок $2,0 \times 0,9$ м. Их сохранность на год исследования 81,1 %. В одном посевном месте в среднем произрастает 2,6 особи, что в переводе на 1 га составляет 11 900 шт. Средние: диаметр сосны $4,00 \pm 0,09$ см, высота 6,4 м, относительная полнота 1,11. Лесоводственно-таксационная характеристика фитоценоза получена по результатам повторного перечета на пробной площади, заложенной согласно ОСТ 56-69—83. Тип леса — сосняк лишайниковый, тип условий местопрорастания — А₁.

Изучена фитомасса 190 деревьев, взятых при сплошной вырубке двух рядов посевов с последующим пересчетом на 1 га (фактическая масса — контроль). По каждой модели на платформенных весах с точностью 25 г определяли массу сухих сучьев, живых веток и древесной зелени, коры и древесины ствола.

Фактические значения фитомассы сравнивали с результатами, полученными следующими методами:

1) пропорционально-ступенчатого представительства, известного в литературе [1], со взятием 100 модельных деревьев, распределение которых по ступеням толщины приведено в табл. 1;

2) графического выравнивания исходных данных;

3) среднего дерева со взятием 5, 10, 15 и 19 моделей, средних в целом для фитоценоза по диаметру, высоте и размерам крон;

4) комплексным в двух вариантах: а — случайный отбор моделей в пределах ступени толщины и взятие пяти средних в целом для фитоценоза; б — отбор средних для ступеней толщины моделей, в том числе пяти средних для древостоя.

Результаты определения фитомассы в 50-летнем древостое приведены в табл. 2. Данные таблицы показывают, что общий запас свежесрубленной фитомассы составляет 109 т на 1 га, в том числе на древесину ствола приходится 67,5 %, древесную зелень — 13,5 %, кору — 11,2 %, сухие сучья — 3,1 %.

Как видим, при использовании метода среднего дерева общий запас фитомассы древостоя занижается на 33,0...37,9 %. По данным Л. К. Позднякова и др. [5], различия достигают даже 52...110 %. Наименьшие отклонения от фактической массы наблюдаются по фракции сухих сучьев (— 12,1...— 33,8 %). Различия между запасом веток, полученным этим методом и сплошной рубкой, достигают 50,2...71,1 %. Увеличение числа моделей до 15...19 не способствует повышению точности определения ресурсов фитомассы. А. И. Уткин, Н. Ф. Каплина, Н. А. Ильина [10] не рекомендуют при изучении биопродуктивности древостоев применять метод среднего дерева.

Метод пропорционально-ступенчатого представительства показал удовлетворительные результаты, превышение массы фракций составило от 5,9 до 14,4 %, в целом по всей фитомассе — 8,0 %.

Общая фитомасса, полученная при графическом выравнивании исходных данных, превышает фактическую на 2,9 %, а различия по отдельным фракциям составляют от — 26,7 до 22,9 %. Близкие к этим результаты получены при обработке исходных данных по первому варианту комплексного метода.

Наиболее высокая точность отмечена при определении запасов фитомассы по второму варианту комплексного метода. Различия в целом для фитоценоза не превышают 1,0 %, достигая по отдельным фракциям 10,7 %.

Таблица 1

Степень толщи- ны, см	Чис- ло на- блю- дений при пере- чете	Число обра- ботан- ных мо- делей	Распределение фитомассы по фракциям					Итого
			Сухие сучья	Живые ветки	Дре- весная зелень	Кора	Дре- весина ствола	
1	66	11	<u>67</u> 1,7	—	<u>71</u> 0,5	<u>126</u> 1,0	<u>293</u> 0,4	<u>557</u> 0,5
2	130	22	<u>324</u> 8,3	<u>73</u> 1,3	<u>459</u> 2,9	<u>683</u> 5,3	<u>2 104</u> 2,6	<u>3 643</u> 3,1
3	117	20	<u>471</u> 12,1	<u>345</u> 6,1	<u>1 015</u> 6,5	<u>1 224</u> 9,4	<u>5 031</u> 6,3	<u>8 086</u> 6,8
4	82	14	<u>399</u> 10,3	<u>348</u> 6,1	<u>1 176</u> 7,5	<u>1 239</u> 9,5	<u>6 789</u> 8,5	<u>9 951</u> 8,4
5	66	11	<u>625</u> 16,1	<u>867</u> 15,3	<u>2 241</u> 14,3	<u>1 902</u> 14,7	<u>10 761</u> 13,5	<u>16 396</u> 13,9
6	48	8	<u>384</u> 9,9	<u>864</u> 15,3	<u>1 779</u> 11,4	<u>1 557</u> 12,0	<u>10 119</u> 12,7	<u>14 703</u> 12,5
7	28	5	<u>312</u> 8,0	<u>411</u> 7,3	<u>2 442</u> 15,6	<u>1 404</u> 10,8	<u>10 011</u> 12,6	<u>14 580</u> 12,4
8	26	4	<u>330</u> 8,5	<u>995</u> 17,6	<u>1 941</u> 12,4	<u>1 983</u> 15,3	<u>11 202</u> 14,1	<u>16 451</u> 14,0
9	13	2	<u>270</u> 7,0	<u>546</u> 9,6	<u>1 056</u> 6,8	<u>792</u> 6,1	<u>5 847</u> 7,3	<u>8 511</u> 7,2
10	8	1	<u>162</u> 4,2	<u>276</u> 4,9	<u>810</u> 5,2	<u>558</u> 4,3	<u>4 290</u> 5,4	<u>6 096</u> 5,2
11	5	1	<u>168</u> 4,3	<u>330</u> 5,8	<u>1 105</u> 7,1	<u>618</u> 4,8	<u>5 094</u> 6,4	<u>7 315</u> 6,2
12	2	—	—	—	—	—	—	—
13	3	1	<u>375</u> 9,6	<u>603</u> 10,7	<u>1 533</u> 9,8	<u>882</u> 6,8	<u>8 133</u> 10,2	<u>11 526</u> 9,8
16	1	—	—	—	—	—	—	—
Итого	595	100	<u>3 887</u> 100	<u>5 658</u> 100	<u>15 628</u> 100	<u>12 968</u> 100	<u>79 674</u> 100	<u>117 815</u> 100

Примечание. В числителе — кг на 1 га; в знаменателе — %.

При использовании этого метода отбирают 15 моделей. Пять из них являются средними в целом для фитоценоза по основным таксационным показателям. Это число определяется требованиями лесной таксации (изучение хода роста по высоте, запаса древесины и др.). Непременное условие — взятие двух моделей высших рангов, анализ которых позволяет получить дополнительную информацию об отнесении конкретного древостоя к тому или иному ряду естественного развития. Остальные 8 моделей подбирают средними по диаметру, высоте, размерам кроны для конкретных ступеней. Исходные данные всех моделей подвергают регрессионному анализу. При необходимости показатели самых низких ступеней толщины выравнивают графически. Для каждой фракции фитомассы находят оптимальное уравнение, по которому рассчитывают массу одного дерева каждой ступени толщины и умножают на соответствующее число деревьев в ступени.

Таблица 2

Фракция фитомассы	Фактическая масса, кг	Фитомасса, полученная методами									
		пропорционально-статистическому предельному	графическим	среднего дерева, при взятии числа моделей				комплексным			
				5	10	15	19	Вариант 1	Вариант 2		
Сухие сучья	3 396	3 887 + 14,4	3 696 + 8,8	2 986 - 12,1	2 249 - 33,8	2 788 - 18,0	2 733 - 19,6	3 120 - 8,2	3 359 - 1,1		
Живые ветки	5 130	5 658 + 10,2	3 761 - 26,7	2 558 - 50,2	1 487 - 71,1	2 360 - 54,0	2 098 - 59,2	3 323 - 35,3	5 278 + 2,8		
Древесная зелень	14 747	15 628 + 5,9	18 134 + 22,9	10 055 - 31,9	9 817 - 33,5	9 698 - 34,3	9 018 - 38,9	16 859 + 14,3	16 332 + 10,7		
Кора	12 227	12 968 + 6,0	12 170 - 0,5	9 163 - 25,1	8 954 - 26,8	9 222 - 24,6	8 846 - 27,7	13 106 + 7,1	11 363 - 7,1		
Древесина ствола	73 554	79 674 + 8,3	74 561 + 1,3	48 314 - 34,4	47 719 - 35,2	47 024 - 36,1	45 110 - 38,7	75 942 + 3,2	73 583 - 0,0		
Итого	109 055	117 815 + 8,0	112 322 + 2,9	73 076 - 33,0	70 226 - 35,7	71 092 - 34,9	67 805 - 37,9	112 350 + 3,0	109 915 + 0,8		

Примечание. В числителе — кг на 1 га; в знаменателе — % от фактической массы.

Предлагаемый метод отбора моделей и определения запасов фитомассы целесообразно проверить в культурах сосны и молодняках естественного происхождения отдельных регионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Аткин А. С. О точности учета различных фракций фитомассы в сосновых молодняках // Леса и древесные породы Северного Казахстана.—Л.: Наука, 1974.—С. 57—63. [2]. Бабич Н. А. О точности учета надземной фитомассы культур сосны // Лесн. журн.—1989.—№ 1.—С. 112—115.—(Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Бахтин А. А. Анализ некоторых способов отбора деревьев для определения надземной фитомассы ели // Лесная таксация и лесоустройство.—Красноярск, 1988.—С. 100—104. [4]. Горбатенко В. М., Протопопов В. В. О точности учета фитомассы крон и хвои сосновых древостоев // Лесн. хоз.-во.—1971.—№ 4.—С. 39—41. [5]. Поздняков Л. К., Протопопов В. В., Горбатенко В. М. Биологическая продуктивность лесов Средней Сибири и Якутии.—Красноярск: Краснояр.

ки, изд-во, 1969.— 156 с. [6]. Прохоров Ю. А. О точности учета фитомассы хвой и востей у молодых деревьев сосны // Лесовосстановление в Казахстане.— Алма-Ата: Кайнар, 1986.— С. 103—110. [7]. Семечкина М. Г., Семечкин И. В. Оценка методов определения надземной фитомассы сосновых древостоев // Исследование биологических ресурсов средней тайги Сибири.— Красноярск, 1973.— С. 105—115. [8]. Токмурзин Т. Х. Выбор методов учета фитомассы лесонасаждений // Актуальные вопросы лесного хозяйства в Казахстане.— Алма-Ата, 1977.— С. 71—76. [9]. Усольцев В. А. О точности регрессионной оценки фитомассы древостоев // Вестн. с.-х. науки Казахстана.— 1984.— № 9.— С. 77—83. [10]. Уткин А. И., Каплина Н. Ф., Ильина Н. А. Уточнения техники применения регрессионного метода в изучении биологической продуктивности древостоев // Лесоведение.— 1987.— № 1.— С. 40—53.

Поступила 19 августа 1991 г.

УДК 630*232.216 : 630*182.4

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА РОСТ И НАКОПЛЕНИЕ ФИТОМАССЫ В СОСНОВО-ДУБОВЫХ КУЛЬТУРАХ ЮВЕНИЛЬНОГО ВОЗРАСТА

В. К. ТИУНЧИК

Львовский лесотехнический институт

Вопросы предварительной обработки почвы под лесные культуры в условиях западной лесостепи Украины изучены недостаточно.

Нами в условиях учебно-опытного лесокombината ЛЛТИ исследованы смешанные дубово-сосновые культуры с участием клена-явора и лиственницы европейской, заложенные на свежей вырубке. Тип лесорастительных условий — свежий сугруд С₂, тип леса — свежая грабовая судубрава, тип почвы — среднедерново-слабоподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях.

Рассмотрены два способа обработки почвы: механизированный и ручной. Механизированная обработка заключалась в проведении плужных борозд двухотвальным плугом ПКЛ-70 на глубину до 15 см. Вручную почву обрабатывали полосами шириной 0,5 м при помощи мотыги, сдирая верхний мертвый напочвенный покров до минерального слоя.

Сохранность лесных культур определяли согласно «Инструкции по проведению ежегодной инвентаризации лесных культур...» (М.: Гослесхоз СССР, 1979.— 77 с.). Для этого на пробных площадях, заложенных из расчета 5 % от общего числа посадочных мест, учитывали не менее 150 растений в 10-кратной повторности. На этих пробах сплошным перечетом измеряли высоты и диаметры. Полученные ряды распределения анализировали с использованием ЭВМ, находили основные статистические показатели.

Для определения абс. сухой фитомассы брали модельные деревья. Методика их отбора заключалась в следующем. Все деревья древостоев объединяли в три группы роста: лучшие, средние и отстающие (максимальные, средние и минимальные). По средним диаметрам и высотам отбирали модельные деревья (по одному в группе). Их выкапывали, расчленили на части и высушивали до воздушно-сухого состояния.

Результаты исследований свидетельствуют, что в плужных бороздах сохранность культур ниже не только в начальной фазе приживания, но и в фазе, предшествующей смыканию (табл. 1). При ручной обра-

ботке почвы наибольшая сохранность отмечена у сосны во всех исследованных возрастах; при бороздной — у дуба, что объясняется благоприятным режимом увлажнения в бороздах.

Таблица 1

Способ обработки почвы	Возраст культур, лет	Сохранность культур, лет			
		Сосна	Дуб	Клен-явор	Лиственница
Ручной	3	97,6	96,1	71,3	97,0
	6	96,4	95,3	70,8	96,0
Механизированный	3	86,2	91,6	64,3	83,0
	6	85,7	89,9	63,2	81,4

Культуры, посаженные по дну плужных борозд, растут хуже, чем в варианте с ручной обработкой почвы (табл. 2). Так, у 3-летних растений сосны различие по диаметру составляет 91,3; дуба — 14,7; лиственницы — 15,6; клена-явора — всего 1,7 %. Аналогичны закономерности роста по высоте культур сосны, дуба и лиственницы (соответственно 75,1; 21,8 и 3,9 %). Лишь у клена-явора высота в бороздах больше на 2,4 %. Прирост выше у культур в полосах.

С возрастом, очевидно, происходит некоторое выравнивание ряда физиологических процессов и показатели роста растений несколько сближаются. Особенно это характерно для культур сосны и лиственницы, у которых уже к 6-летнему возрасту разница по диаметру снижается до 36,8 и 6,7 % (табл. 2). У сосны наблюдается аналогичная закономерность и по высоте.

Обращает на себя внимание тот факт, что у лиственных пород к 6-летнему возрасту разница по некоторым показателям роста остается достаточно большой. Так, при механизированной обработке почвы высота дуба и клена-явора соответственно на 53,9 и 22,3 % больше, чем при ручной. В 3-летних культурах эта разница была не столь существенна у дуба, а высота клена-явора в бороздах даже выше, чем в полосах. В 6-летнем возрасте в бороздах у клена-явора отмечен наибольший прирост по диаметру, у лиственницы — по высоте.

Описанные закономерности роста культур с участием клена-явора и лиственницы подтверждаются проверкой однородности средних таксационных показателей (диаметр у корневой шейки, высота), проведенной нами по критерию Стьюдента. При 5 %-м уровне значимости фактическое значение критерия Стьюдента (t_f) по всем показателям оказалось выше теоретического (t_T) (табл. 3). При 1 %-м уровне значимости t_f также выше t_T . Исключение составляют показатели среднего диаметра 3-летних культур дуба, для которых фактическое значение критерия Стьюдента несколько меньше теоретического ($2,13 < 2,62$). Таким образом, разность средних показателей существенна, что доказывает влияние способа обработки почвы на рост исследованных культур.

Изучение закономерностей накопления фитомассы по частям дерева дает возможность оценить хозяйственную значимость той или иной древесной породы и решить задачу о более эффективном использовании органической массы при рубках ухода за лесом.

Нашими исследованиями установлено, что в варианте механизированной подготовки почвы бороздами органическая масса сосны и дуба в 6-летних культурах достигает 1,4 т на 1 га, из них биопродукция сосны составляет 75 %.

Таблица 2

Порода	Способ обработки почвы	Возраст культур, лет	Средние		
			диаметр у шейки корня, мм	высота, см	прирост по высоте, см
Сосна	Ручной	3	22,0 ± 0,6	60,6 ± 1,6	17,4 ± 0,8
		6	40,5 ± 2,7	12,4 ± 7,7	—
	Механизированный	3	11,5 ± 0,4	34,6 ± 1,1	8,2 ± 0,4
		6	29,6 ± 1,3	102,7 ± 4,2	—
Дуб	Ручной	3	15,6 ± 0,5	59,7 ± 2,2	18,3 ± 0,8
		6	21,5 ± 0,9	95,9 ± 4,2	—
	Механизированный	3	13,6 ± 0,7	49,0 ± 1,8	9,3 ± 0,5
		6	18,1 ± 0,9	62,3 ± 3,6	—
Клен-явор	Ручной	3	12,2 ± 0,9	54,9 ± 8,0	23,3 ± 3,6
		6	14,1 ± 1,0	80,0 ± 7,9	—
	Механизированный	3	12,0 ± 0,9	56,2 ± 7,3	23,4 ± 3,7
		6	16,1 ± 0,5	65,4 ± 8,0	—
Лиственница	Ручной	3	43,6 ± 1,2	216,9 ± 14,3	52,0 ± 8,1
		6	80,1 ± 4,3	286,0 ± 15,4	—
	Механизированный	3	23,4 ± 3,7	208,8 ± 13,8	40,0 ± 7,1
		6	75,1 ± 3,7	294,0 ± 15,5	—

Таблица 3

Возраст культур, лет	Порода	Показатели	Значение критерия Стьюдента		
			фактическое t_f	теоретическое t_T при уровне значимости, %	
				5	1
3	Сосна	Диаметр	8,95	1,96	2,59
		Высота	10,36	1,96	2,59
	Дуб	Диаметр	2,13	1,98	2,62
		Высота	3,22	1,98	2,62
6	Сосна	Диаметр	4,78	1,98	2,62
		Высота	2,92	1,98	2,62
	Дуб	Диаметр	3,84	1,98	2,62
		Высота	4,32	1,98	2,62

Наибольший процент фитомассы сосны приходится на надземную часть (84,2). Крона занимает более половины (57,2 %), а стволовая древесина только четвертую часть всей биомассы дерева. Очевидно, в ювенильном возрасте главную роль в накоплении общей биомассы сосны играет ассимиляционный аппарат и ветви, которые составляют соответственно 29,0 и 28,2 %. Корни занимают 15,8 %.

У дуба надземная и подземная части примерно одинаковы (52 и 48 %). В накоплении надземной части главенствующая роль принадлежит стволовой древесине (34,3 %), крона составляет всего 17,7 %. Относительное содержание корней в общей биомассе значительно, что подтверждается исследованиями, проведенными нами в 13-летних сосново-дубовых культурах [3].

Общая масса биопродукции сосны и дуба в культурах, посаженных в полосы, достигает 3,2 т на 1 га, что в 2,3 раза больше, чем в бороздах. В структуре фитомассы не наблюдается каких-либо существенных различий по вариантам. Можно лишь констатировать некоторое увеличение надземной части и стволовой древесины сосны (87,0 и 31,4 % соответственно). Фитомасса надземной части дуба также несколько

возросла (55,0 %). Абсолютная масса его кроны и ствола стабилизировалась и составляет по 0,31 т на 1 га.

Таким образом, в условиях западной части УССР, на свежих нераскорчеванных вырубках в свежей грабовой судубраве, обработка почвы под лесные культуры может стать решающим фактором успешного лесовосстановления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Калинин М. И. Моделирование лесных насаждений.— Львов. Вища шк., 1978.— 206 с. [2]. Молчанов А. А., Смирнов В. В. Методика изучения прироста древесных растений.— М.: Лесн. пром-сть, 1967.— 100 с. [3]. Тиунчик В. К. Научные основы оптимального состава дубово-сосновых насаждений в условиях суборей и сугрудков равнинной части Запада Украины: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.— Львов, 1981.— 17 с.

Поступила 21 октября 1991 г.

УДК 630*5.001.57

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЫРУБАЕМЫХ ДЕРЕВЬЕВ

В. Ф. КОВЯЗИН

Лесотехническая академия (г. Санкт-Петербург)

Для проектирования специальных отечественных средоохраняющих агрегатных машин для выборочных и других видов сплошных рубок необходимо знать критерии вырубаемых деревьев — характеристику предмета труда. Литературы по этому вопросу очень мало [1, 2, 5, 6, 8], а имеющиеся сведения противоречивы. Нашей целью было изучение этой проблемы.

При исследовании использованы методы статистического анализа и моделирования. На ЭВМ «Искра-1256», «Искра-226» по специальной программе [3] рассчитаны коэффициент детерминации D , критерии Фишера F , Пирсона χ^2 , Стьюдента t , остаточная дисперсия S , средняя арифметическая M и ее ошибка m , среднее квадратичное отклонение σ , коэффициент вариации V и точность оценки среднего значения в выборке P . Статистические показатели оценивали при 5 %-ном уровне значимости.

Полевые работы выполняли в трех областях южнотаежной зоны: Ленинградской (Лисинское, Рошинское и Парголово-лесопредприятие), Костромской (Вохомский мехлесхоз) и Кировской (Мурашинский мехлесхоз). В 45—118-летних хвойно-лиственных древостоях зеленомошной и сфагновой групп типов леса выполняли таксацию и закладывали круговые площадки размером 100 и 150 м². Радиус площадки составлял соответственно 5,65 и 6,91 м. Его устанавливали в зависимости от густоты и среднего диаметра древостоя. Число площадок в каждом типе леса (участке) определяли по формуле, приведенной в работе [3]; оно колебалось от 8 до 12. На всех 53 площадках высотомером измеряли высоту деревьев, мерной вилкой — диаметры на высоте груди d и месте среза $d_{0,1}$. По систематическому принципу отбирали модельные деревья, у которых определяли протяженность бессучковой части $h_{0,0}$ и общую длину ствола H , число живых сучьев на 1 м длины кроны N , максимальные диаметры сучьев D_c . Из нижней, средней и верхней частей дерева выпиливали шайбы толщиной 2 см для определения влажности древесины. Образцы взвешивали до и после сушки в течение 8...10 ч. Влажность W определяли по формуле

$$W = 100(m - m_0)/m_0, \quad (1)$$

где m , m_0 — масса образца соответственно свежесрубленной и абс. сухой древесины, кг.

Общую массу дерева находили суммированием масс его частей.

Эффективность работы агрегатных машин на несплошных рубках зависит от таксационных показателей элементов леса. Технолог и конструктор, кроме общеизвестных показателей древостоя, должны знать минимальный, средний и максимальный диаметры на месте среза, массу дерева, протяженность бессучковой части ствола, число сучьев на 1 м и их максимальные диаметры.

Зависимость между диаметрами на высоте среза и высоте груди установлена по обмеру 2339 деревьев и выражается уравнением прямой линии (табл. 1).

Таблица 1

Порода	Число замеров	Уравнение связи	D	r^2	S
Сосна	684	$d_{0,1} = 1,26d + 0,57$	0,98	1,13	1,79
Ель	642	$d_{0,1} = 1,27d + 0,11$	0,98	1,24	2,00
Береза	573	$d_{0,1} = 1,17d + 2,14$	0,94	1,41	4,76
Осина	440	$d_{0,1} = 1,17d + 0,89$	0,95	1,50	1,67

Теснота связи между диаметрами характеризуется высоким коэффициентом детерминации ($D = 0,94 \dots 0,98$). Остаточная дисперсия S находится в пределах точности измерения диаметра дерева. Дисперсионное отношение (статистика F) во всех случаях выше табличного значения ($F_{\text{табл}} = 254,3$). Следовательно, рассматриваемые диаметры существенно влияют друг на друга, а полученная математическая модель адекватна ($\chi^2_{\text{расч}} < \chi^2_{\text{табл}}$). Доверительный интервал диаметра находится в пределах 4...32 см. Значит, средний диаметр на месте среза в лесохозяйственной практике можно определять через коэффициент формы ствола в комлевой части q_0 . Последний зависит от эдафических условий и в среднем (без учета корневых лап) равен: для сосны $1,27 \pm 0,01$; ели $1,28 \pm 0,01$; березы $1,31 \pm 0,02$; осины $1,25 \pm 0,02$. В дальнейшем диаметр рекомендуем рассчитывать по формуле

$$d_{0,1} = dq_0. \quad (2)$$

Конструкция пильного аппарата должна учитывать размеры сечения ствола в месте пропила. Важно знать не только средний, но также минимальный $d_{0,1}^{\min}$ и максимальный $d_{0,1}^{\max}$ диаметры на высоте среза. Закономерность их изменения от среднего $d_{0,1}$ изучали для всех учетных деревьев. Эти зависимости имеют вид

$$\begin{aligned} d_{0,1}^{\min} &= 0,25d_{0,1}; \\ d_{0,1}^{\max} &= 2,5d_{0,1}. \end{aligned} \quad (3)$$

Масса дерева определяет вертикальную нагрузку на конструкцию пропила. Она непостоянна, зависит от влажности древесины, которая распределяется по диаметру ствола, высоте дерева в течение года неравномерно. Максимум влаги содержится в заболони, в верхней части ствола и в зимний период. Но средняя влажность древесины — величина случайная [7], поэтому ее можно моделировать. Полученное по

49 образцам математическое ожидание влажности древесины основных пород северо-запада РСФСР приведено в табл. 2.

Таблица 2

Порода	Средняя влажность древесины W , %	Плотность древесины, кг/м ³ , при влажности	
		12 % ρ_{12}^*	средней ρ_W
Сосна	84	510	772
Ель	85	473	720
Береза	70	641	884
Осина	82	486	728

* Данные взяты из работы О. И. Полубояринова [7].

Определение массы деревьев — очень трудоемкая работа. Проще находить ее по предложенным нами математическим моделям. Зная влажность, плотность древесины, объем хлыста в коре, а также массу кроны, можно рассчитать массу дерева G по формулам:

для сосны, ели и осины

$$G = 0,823\rho_{12}(1 + 0,01W)v + K; \quad (4a)$$

для березы

$$G = 0,811\rho_{12}(1 + 0,01W)v + K, \quad (4б)$$

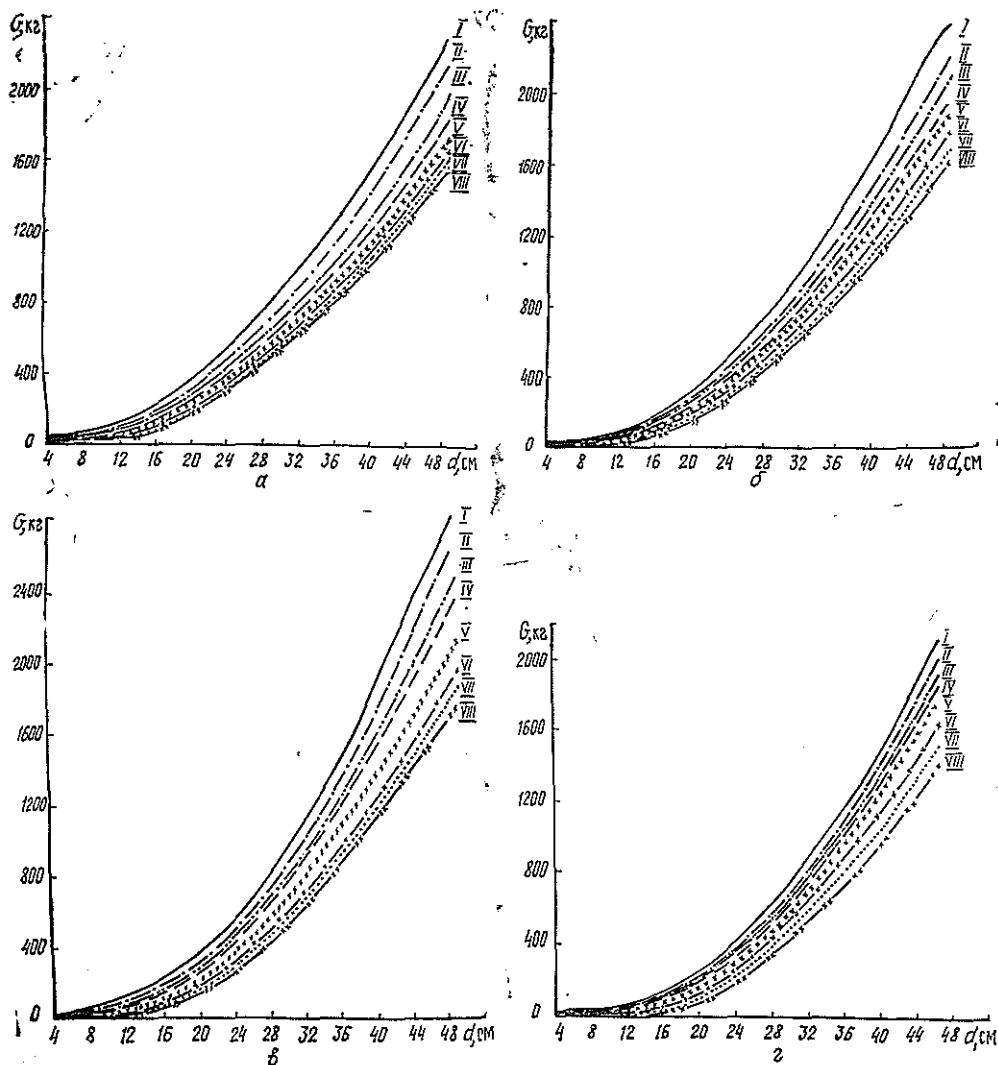
где v — объем ствола в коре, м³;
 K — масса кроны, кг.

Средние значения объема хлыста и массы кроны по ступеням толщины и разрядам высот заимствованы из работы [9]. Адекватность моделей проверена по 148 взвешиваниям тонких деревьев ($2 \leq d \leq 12$ см). Во всех случаях $\chi^2_{\text{расч}} < \chi^2_{\text{табл}}$. Массу дерева определяли в летнее время. Полученные значения выравнивали по уравнению параболы, дающему наименьшее стандартное отклонение.

Графическая зависимость массы дерева от его диаметра на высоте груди приведена на рисунке. Как видим, ее колебания по разрядам высот незначительны, и в практических целях ими можно пренебречь. Изменяется масса и по породам, которые по степени ее уменьшения располагаются в следующем порядке: береза, ель, сосна и осина.

При проектировании сучкорезных агрегатов важно знать высоту начала кроны, число живых и средние диаметры наибольших сучьев. Ученые считают [2, 4, 6, 8], что протяженность бессучковой части ствола зависит от возраста, состава, полноты, густоты древостоя, среднего диаметра на высоте груди и высоты дерева. Последний показатель варьирует в зависимости от почвенно-грунтовых (эдафических) условий. Поэтому протяженность бессучковой части ствола целесообразнее выражать в более стабильных относительных единицах, т. е. в процентах от общей высоты дерева.

Для оценки влияния каждого таксационного показателя древостоя на относительную протяженность бессучковой части ствола выполнен дисперсионный анализ, результаты которого приведены в табл. 3. Из таблицы видно, что протяженность бессучковой части ствола A , %, во всех вариантах является весомым таксационным показателем B ($F(A)_{\text{расч}} > F(A)_{\text{табл}}$). Полнота, возраст и состав насаждения не оказывают существенного влияния на относительную протяженность



Зависимость $G(d)$ для сосны (а), ели (б), березы (в) и осины (г) по разрядам высот I—VIII

бессучковой части ствола, так как $F(B)_{\text{расч}} < F(B)_{\text{табл}}$. Эти показатели зависят от среднего диаметра древостоя, который оказывает существенное влияние на высоту начала кроны ($F_{\text{расч}} > F_{\text{табл}}$). Следовательно, при моделировании относительной протяженности бессучковой части ствола независимой величиной является диаметр на высоте груди (табл. 4).

Данные свидетельствуют, что модель достаточно точно описывает лесоводственную закономерность в интервале диаметров 8...36 см.

На 1 м высоты ствола сосны и ели насчитывается от 5 до 15 сучьев, что объясняется мутовчатым и межмутовчатым ветвлением. Лиственные же породы имеют по 2...6 сучьев на 1 м.

Условия внешней среды влияют на рост деревьев и, как следствие, на число сучьев. В каждом географическом районе страны формируются древостои определенного класса бонитета B с числом сучьев N . Следовательно, число сучьев на 1 м меняется по регионам и может быть спрогнозировано по уравнениям, приведенным в табл. 5.

Таблица 3

Таксационный показатель	Фактор	Значения F-критерия при вероятности 95 % по породам			
		Сосна	Ель	Береза	Осина
Средний диаметр древостоя, см	A	2489,85	155,86	8167,50	483,58
	B	84,69	31,17	257,00	22,17
Возраст древостоя, лет	A	16,14	49,53	59,58	25,92
	B	2,11	2,30	2,69	3,16
Относительная полнота	A	109,30	117,17	1084,66	4224,51
	B	2,28	1,04	1,29	1,62
Состав древостоя, ед.	A	1417,97	216,08	569,16	644,74
	B	0,15	0,05	1,00	0,14

Примечание. $F_{табл} = 19,00$.

Таблица 4

Порода	Вид уравнения	D	S	$\chi^2_{0,95}$	$F_{0,95}$
Сосна	$h_{ок} = 1,24d - 47,85$	0,98	0,64	6,84	1631,99
Ель	$h_{ок} = 1,18d - 4,99$	0,94	3,69	9,19	433,63
Береза	$h_{ок} = 1,08d - 37,66$	0,99	0,76	5,96	481,88
Осина	$h_{ок} = 1,40d - 47,10$	0,95	2,14	8,72	92,56

Таблица 5

Порода	Уравнение	D	S	$\chi^2_{0,95}$	$F_{0,95}$
Сосна	$N = 1,31B + 5,19$	0,68	3,22	8,19	32,60
Ель	$N = 0,07B + 7,90$	0,78	2,74	7,53	15,40
Береза	$N = 0,75B + 2,25$	0,66	1,02	6,82	10,83
Осина	$N = 0,62B + 2,58$	0,83	1,86	6,37	90,50

Статистические показатели, характеризующие уравнения, свидетельствуют об адекватности математической модели ($\chi^2_{расч} < \chi^2_{табл} = 9,49 \dots 12,59$). Данные о числе сучьев на 1 м в условиях южной тайги, рассчитанные по этим уравнениям, представлены в табл. 6.

Отклонение расчетных данных от фактических не превышает 15 %. Число сучьев на 1 м у хвойных пород (сосна и ель) в 1,5—2,0 раза больше, чем у лиственных (береза и осина). Такое соотношение выдерживается природой во всех эдафических условиях (классах бонитета).

Конструкторам сучкорезных агрегатов необходимо знать взаимосвязь максимальных диаметров сучьев с диаметром и высотой дерева. Эти данные представлены в табл. 7. Они свидетельствуют о высокой

Таблица 6

Порода	Число сучьев на 1 м по классам бонитета				
	I	II	III	IV	V
Сосна	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7
Ель	8,0	8,0	8,1	8,2	8,3
Береза	3,0	3,7	4,5	5,3	6,0
Осина	3,2	3,8	4,4	5,1	5,7

Таблица 7

Порода	Уравнение	D	s	$\chi^2_{0,95}$	$F_{0,95}$
Сосна	$D_c = 0,08d + 0,07H - 0,20$	0,88	0,15	7,29	522,65
Ель	$D_c = 0,06d + 0,03H - 0,02$	0,86	0,14	6,81	538,09
Береза	$D_c = 0,16d + 0,03H - 0,14$	0,96	0,12	6,54	1273,31
Осина	$D_c = 0,12d + 0,15H - 2,08$	0,95	0,35	7,64	370,83

тесноте связи включенных в уравнения факторов ($D = 0,86 \dots 0,96$). Во всех случаях расчетные значения критериев Пирсона меньше, а Фишера — больше стандартных. Следовательно, модель адекватна. Уравнения справедливы в интервалах диаметров и высот: $8 \leq d \leq 36$ см; $8 \leq H \leq 25$ м.

У толстых деревьев диаметр сучьев в 3—4 раза больше, чем у тонкомера. Другие таксационные факторы (полнота, класс бонитета, состав и др.) также оказывают влияние на диаметры сучьев, но из-за меньшей весомости нами не рассматриваются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Брейтер В. С. Статистическое моделирование эксплуатационных параметров деревьев в различных районах страны // Перспективная технология и организация лесозаготовительного производства.—Химки: ЦНИИМЭ, 1977.—С. 38—49.
 [2]. Иевинь И. К., Дикельсон Э. О. Масса крон осины, березы и ели в кедровниках Латвии // Лесн. хоз-во.—1962.—№ 4.—С. 20—23. [3]. Ковязин В. Ф., Яновский Л. Н., Сеннов С. Н. Лесоводство: Методич. указания по применению ЭВМ «Искра-1256» для самостоятельной работы студентов III—V курсов всех отделений ЛХФ (спец. 3112).—Л.: ЛТА, 1989.—59 с. [4]. Лесотаксационный справочник по Северо-Западу СССР / А. Г. Мошкалев, Г. М. Давидов и др.—Л.: ЛТА, 1984.—320 с. [5]. Орлов С. Ф. Теория и применение агрегатных машин на лесозаготовках.—М.: Гослесбумиздат, 1963.—271 с. [6]. Полищук А. П. Эксплуатационные показатели деревьев и древостоев лесного фонда СССР.—Химки: ЦНИИМЭ, 1968.—59 с. [7]. Полубояринов О. И. Плотность древесины.—М.: Лесн. пром-сть, 1976.—160 с. [8]. Федяев Л. Г. Основные факторы, влияющие на валку деревьев // Лесн. журн.—1960.—№ 3.—С. 78—84.—(Изв. высш. учеб. заведений). [9]. Яновский Л. Н., Монсеев В. С., Ларионова Г. Г. Лесная таксация: Методич. указания по учету древесной зелени для студентов специальности 1512.—Л.: ЛТА, 1985.—39 с.

Поступила 14 сентября 1989 г.

УДК 630*181.36 : 630*231.33

ВЫДЕЛЕНИЕ ПАСОКИ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ РОСТА КОРНЕЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В КУЛЬТУРАХ МАРИЙСКОЙ ССР

В. А. ЗАКАМСКИЙ

Марийский политехнический институт

Исследования активной части корневой системы древесных пород в основном направлены на изучение морфологического строения, суточного или сезонного ритмов роста и взаимодействия корней [12]. В литературе описывается ряд способов исследования корневых систем растений ([3, 8, 13—15] и др.); для изучения роста активной их части используется метод монолита или стационара («стекло»).

Зачастую перечисленные методы трудно применить в естественных условиях из-за сложности фиксации корней и обработки полученных

данных. Однако определение активности корневой системы сосны быстрым и нетрудоемким способом непосредственно в полевых условиях и перед началом лесокультурных работ имеет большое практическое значение, например для обоснования сроков проведения агротехнических уходов, так как только по восстановлению корней можно оценивать результаты мероприятий [5—7, 9, 12, 16, 17].

Нами использован способ ускоренного определения характера роста корней по интенсивности выделения пасоки на срезе корня первого порядка. Этот метод был разработан для выявления жизнеспособности сеянцев сосны и ели [1], диагностики состояния деревьев сосны [11].

Объектами исследования служили участки культур сосны, созданные в Куярском мехлесхозе Марийской ССР. Почва слабоподзолистая песчаная свежая, характеризуется недостатком влаги из-за глубокого залегания грунтовых вод (более 2 м). Тип условий местопроизрастания А₂. На участках выполняли бороздную обработку почвы плугом ПКЛ-70-4. С помощью лесопосадочной машины СБН-1 высаживали 7800 сеянцев на 1 га (размещение 0,65 × 2,00 м). Высота саженцев в первый год выращивания составляла 11,30 ± 0,54 см, во второй 31,50 ± 0,44 см, в третий 50,20 ± 0,35 см; приросты по годам соответственно 6,40 ± 0,21; 20,40 ± 0,98; 18,70 ± 0,71 см.

Наращение длины корней определяли методом стационара («стекло»). За прототип взят способ В. А. Колесникова [8], но использованы технические (органические) стекла [2—4].

Активность корневой системы сосны устанавливали по выделению пасоки на поверхности среза корня первого порядка. В двух- (1985 г.) и трехлетних (1986 г.) культурах выбирали 10 здоровых растений, у которых раскапывали корневую шейку и не ниже 2 см от нее острым окулировочным ножом делали ровный срез стержневого корня перпендикулярно стволу. Через 10 мин визуально определяли обилие заполнения поверхности среза корня, оставшегося в почве.

Результаты наблюдений за сезонной динамикой роста корней представлены на рис. 1. У исследуемых растений периоды интенсивного роста корней чередуются с периодами затишья (рис. 2), которые наступают неодновременно. В данном случае, как и на участках, распо-

Рис. 1. Динамика прироста корневых окончаний в 2-летних (1) и 3-летних (2) культурах сосны, % к общей длине корней

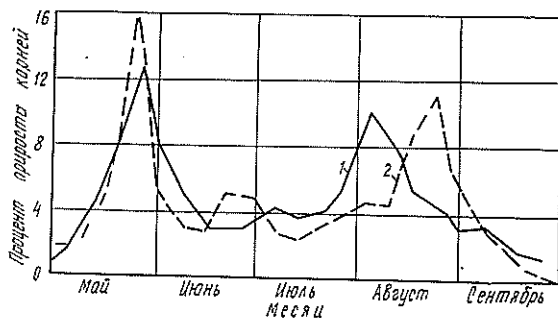
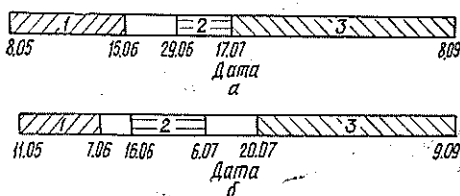


Рис. 2. Начало и окончание периодов активного прироста корней в 2-летних (а) и 3-летних (б) культурах: 1 — весенний, 2 — летний; 3 — позднелетний периоды



ложенных на различных по высоте уровнях [4], выделяются весенний, летний и позднелетний максимумы корневой активности, причем весенняя активность максимальна.

Взаимосвязь динамики выделения пасоки при различной активности роста корней представлена в таблице и на рис. 3.

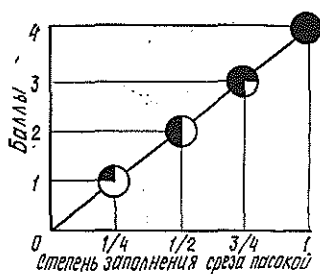


Рис. 3. Показатели роста корней при различном выделении пасоки

Динамика заполнения среза пасокой в течение вегетационного периода (рис. 4) согласуется с периодами активного роста корней.

Наибольшая интенсивность выделения пасоки, когда она за короткое время покрывает площадь среза и даже стекает по краям каплями, соответствует пикам роста корней весной, летом и осенью. Снижению активности роста корней летом соответствует уменьшение истечения пасоки. Так, в первой и начале второй декад июня и в первой декаде августа (при наличии летнего пика активного роста корней) пасока покрывает поверхность срезов, но не стекает, или покрывает на 3/4. Длина корней в это время уменьшается. Весной и в конце лета начало и окончанию максимального роста корней соответствует покрытие срезов пасокой до 3/4 поверхности и менее. В эти периоды корней образуется в 2—3 раза меньше, нарастание их длины значительно снижается.

Рост корневой системы сосны на каждую (определенную) дату называем истинной активностью. Вычисление ее по пикам максимумов и минимумов роста корневых окончаний методом «стекол» или монолита возможно только по окончании вегетационного периода. Предлагаемый нами способ позволяет определить нарастание длины корней на любую дату, в разных условиях местопроизрастания и у каждого растения.

Регенерация корней, пораненных при рыхлении почвы, максимальна в период их активного роста [10, 16, 17]. Поэтому мы предлагаем в культурах сосны первых лет выращивания рыхления почвы проводить

Шкала для определения интенсивности роста корней сосны обыкновенной по выделению пасоки

Выделение пасоки на срезе корня через 10 мин после нанесения ранения (под корневой шейкой)	Балл выделения пасоки	Рост корней
Поверхность среза остается сухой или с мелкими разрозненными точками пасоки	0	Отсутствует
Пасока выделяется мелкими каплями, которые соприкасаются, образуя круги. Покрытие пасокой до 1/4 поверхности среза	1	Замедленный
Мелкие капли пасоки, сливаясь, группируются в центре. Покрытие поверхности среза до 1/2 площади	2	Умеренный
Крупные капли пасоки сливаются в центре, края остаются свободными. Покрытие до 3/4 поверхности	3	Ускоренный
Пасока заполняет поверхность среза полностью или стекает по краям каплями	4	Интенсивный

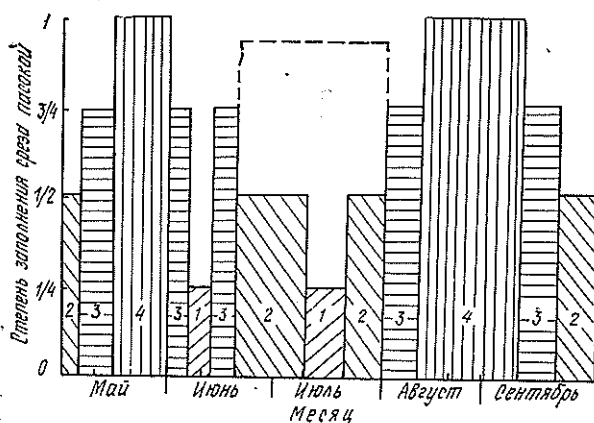


Рис. 4. Динамика истечения пасоки в течение периода вегетации растений. Цифрами обозначены баллы выделения пасоки, штриховой линией — период, в течение которого оно может быть обильным после выпадения осадков

дифференцированно, приспособлявая их к периодам минимального (замедленного) нарастания длины корневых окончаний, который проявляется в первой-второй декаде июня и в первой декаде августа. Наиболее благоприятные сроки рыхления соответствуют 0—1 баллам выделения пасоки по предлагаемой шкале.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Еремин Н. В. Определение степени жизнедеятельности посадочного материала ели и сосны перед посадкой по интенсивности смоловыделения // Сб. тез. докл. науч.-техн. конф. по итогам науч.-исслед. работ за 1989 год / Марийск. политехн. ин-т.—Йошкар-Ола: МПИ, 1970.—С. 25—26. [2]. Закамский В. А. Исследование сосущих корней сосны обыкновенной // Науч. конф. проф.-преп. состава, аспирантов и соискателей МарПИ по итогам науч.-исслед. работы за 1985/86 уч. год: Тез. докл.—Йошкар-Ола: Марийск. кн. изд-во, 1988.—С. 92. [3]. Закамский В. А. Методика исследования сосущих корней сосны обыкновенной // Вопросы интенсификации лесного хозяйства и охраны окружающей среды в Среднем Поволжье / МарПИ.—Йошкар-Ола, 1988.—С. 315—317.—Доп. в ЦВНТИлесхоз 08.08.88, № 722—лх88. [4]. Закамский В. А. Продолжительность активного роста сосущих корней сосны в культурах Марийской АССР // Лесн. журн.—1983.—№ 5.—С. 112—115.—(Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Калинин М. И. Формирование корневой системы деревьев.—М.: Лесн. пром-сть, 1983.—152 с. [6]. Калинин М. И., Лантух В. С. Регенерация корневых систем сосны и дуба в культурах // Лесн. хоз-во, лесн., бумаж. и деревообраб. пром-сть.—Киев, 1985.—№ 16.—С. 15—18. [7]. Калинин М. И., Тиунчик В. К., Лантух В. С. Влияние глубокого рыхления почвы на корневые системы древесных пород в культурах // Лесн. хоз-во, лесн., бумаж. и деревообраб. пром-сть.—Киев, 1982.—№ 13.—С. 23—27. [8]. Колесников В. А. Методы изучения корневой системы древесных растений.—М.: Лесн. пром-сть, 1972.—152 с. [9]. Коротаев А. А. Исследование сопряженности сезонного роста корневых систем и побегов у древесных растений и ее индикаторное значение для практики лесного хозяйства // Роль науки в создании лесов будущего: Тез. докл. Всесоюз. конф. Пушкино, 1980.—Л.: ВНИИЛМ, 1981.—87 с. [10]. Коротаев А. А. Исследование регенерации корневых систем лесокультурного посадочного материала // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение.—Л.: ЛТА, 1984.—С. 86—89. [11]. Положенцев П. А., Золотова Л. А. Диагностика состояния деревьев сосны способом иглоукалывания // Лесн. хоз-во.—1970.—№ 7.—С. 60—63. [12]. Рахтеенко И. Н. Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений.—Минск: АН БССР, 1963.—254 с. [13]. Скрипников Ю. Г. Ускоренный метод копирования корней растений // Ботан. журн.—1977.—№ 6.—С. 851—853. [14]. Тихомиров Ф. А., Шпажников А. А. Использование радиоактивной метки для изучения интенсивности корневой деятельности березы повислой и сосны обыкновенной // Лесоведение.—1979.—№ 2.—С. 84. [15]. Чмыр А. Ф. Лесные культуры: Метод. указания по исследованию корневых систем древесных пород

для студентов-дипломников специальности 1512.—Л.: ЛТА, 1984.—40 с. [16]. Ярославцев Г. Д. Сопряженность роста и регенерации корней с ростом побегов у некоторых средиземноморских пихт на южном берегу Крыма // Бюл. Никит. ботан. сада.—1982.—№ 49.—С. 35—40. [17]. Ярославцев Г. Д., Кузнецов С. И. Сезонная изменчивость активности роста корней кедров // Бюл. Никит. ботан. сада.—1982.—№ 48.—С. 39—42.

Поступила 16 апреля 1991 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.143.482

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР
УКЛАДКИ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ
НА ЛЕСОВОЗНЫХ УЖД

С. И. МОРОЗОВ, А. В. ЯРОСЬ

Архангельский лесотехнический институт

В статье рассмотрена задача по определению минимальных температур укладки рельсовых плетей на прямых участках лесовозных УЖД по условию устойчивости рельсошпальной решетки против выброса.

Как известно [1], применение длинных сварных рельсовых плетей и бесстыкового пути способствует улучшению состояния его верхнего строения, снижению расходов на текущее содержание, увеличению срока службы рельсов и шпал, повышению скорости движения поездов и уменьшению эксплуатационных расходов. Теоретические и экспериментальные исследования [2] подтверждают возможность, необходимость и целесообразность применения сварных рельсовых плетей на лесовозных УЖД.

Главной особенностью сварного (температурно-напряженного) железнодорожного пути (по сравнению с обычной конструкцией звеньевго пути) является действие в рельсах температурных сжимающих и растягивающих сил. Они могут достигать больших значений и в легнее время при определенных условиях приводить к выбросу рельсошпальной решетки в результате ее продольно-поперечного изгиба. Чтобы исключить возможность выброса и обеспечить достаточную прочность рельсов при действии на них поездной нагрузки и температурных сил, необходимо рассчитать значение минимальной температуры укладки $t_{y \min}$.

Согласно [4] минимальную температуру укладки определяют по формуле

$$t_{y \min} = t_{p \max} - P_{кр}/(E\alpha\omega), \quad (1)$$

где $t_{p \max}$ — максимально возможная температура рельса в летних условиях;

$P_{кр}$ — температурная сжимающая сила, приводящая к выбросу рельсошпальной решетки (критическая сила);

E, α, ω — соответственно модуль упругости для стали, ее температурный коэффициент и удвоенная площадь поперечного сечения рельса.

Максимальную температуру рельса обычно вычисляют по формуле

$$t_{p \max} = t_{в} + 20^{\circ}, \quad (2)$$

где $t_{в}$ — максимально возможная температура воздуха по данным многолетних наблюдений метеостанциями и метеопостами.

Для железных дорог широкой колеи значение $P_{кр}$ было найдено экспериментально на стенде ЦНИИ МПС, а для лесовозных УЖД —

аналитически. Методика такого расчета приведена в работе [3]. Она состоит в том, что для определения $P_{кр}$, H , на прямых участках пути необходимо решить систему уравнений

$$P_{кр} = 16,02 \sqrt{Q_0 N I_1 \Delta_1 / f_0}; \quad (3a)$$

$$C f^a / Q_0 = -\lambda_1 / \lambda_2; \quad (3б)$$

$$f = f_0 \Delta_3, \quad (3в)$$

где Q_0 , C , a — параметры эмпирической зависимости силы сопротивления балласта сдвигу шпал поперек пути от ее сдвига (размерность Q_0 , C — Н);

N — число шпал на 1 км пути;

I_1 — удвоенный момент инерции рельса при изгибе его в горизонтальной плоскости, см⁴;

f_0 — стрела прогиба начальной неровности оси пути, см;

\hat{f} — стрела прогиба рельсошпальной решетки в момент выброса, см;

Δ_1 , Δ_3 , λ_1 , λ_2 — вспомогательные величины.

Значения f_0 рассчитывают по формуле

$$f_0 = 10,63 \sqrt[3]{\frac{I_y}{(Q_0 + C f_0)^a N}}, \quad (4)$$

где I_y — момент инерции одного рельса при изгибе в горизонтальной плоскости.

Так как вспомогательные величины зависят от $P_{кр}$, то система уравнений (3) является нелинейной. Ее приходится решать по методу приближений с помощью ЭВМ. Имеющаяся программа решения неудобна для практического применения.

В целях поиска более простых зависимостей нами выполнены расчеты $P_{кр}$ по системе уравнений (3) для пути, уложенного рельсами Р24 на деревянных шпалах II типа и шести основных типов балласта при изменении числа шпал N от 1600 до 2100 на 1 км. По данным расчета установлено, что для всех типов балласта зависимость $P_{кр}$ от N имеет вид, показанный на рис. 1. Она хорошо (с точностью до ± 1 %) аппроксимируется полиномом второй степени

$$P_{кр} = a + bN + cN^2. \quad (5)$$

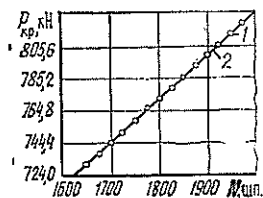


Рис. 1. Зависимость $P_{кр}$ от N для песчаного среднезернистого балласта: 1 — расчетные точки, полученные при решении системы уравнений (3); 2 — аппроксимирующая кривая

Значения коэффициентов полинома для отдельных типов балласта приведены в табл. 1.

Эти коэффициенты даны для двух состояний балласта: свежееуложенного и плотного. Первое состояние имеет место непосредственно после укладки сварных плетей, второе — после стабилизации балласта в процессе эксплуатации пути. За расчетное принимается первое состояние, так как на плотном балласте рельсошпальная решетка более устойчива. Следовательно, если не произойдет выброса на свежееу-

Таблица 1

Тип балласта	Коэффициенты полинома		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Песок: мелкозернистый	144 724,6	274,79	—0,02044
	159 766,3	310,07	—0,02276
среднезернистый	177 335,7	330,59	—0,02490
	195 734,6	369,67	—0,02732
крупнозернистый	213 563,7	368,87	—0,02831
	341 481,7	593,89	—0,04596
Гравий: I сорта	264 862,8	470,68	—0,03589
	334 620,0	581,91	—0,04519
II »	228 721,2	415,06	—0,03128
	291 681,0	512,45	—0,03903
Щебень	197 118,7	362,39	—0,02724
	224 688,3	403,06	—0,03075

Примечание. В числителе — данные для свежеуложенного, в знаменателе — для плотного балласта.

женном балласте, то тем более его не будет при дальнейшей эксплуатации пути.

Уравнение (5) позволяет легко вычислить критическую силу для различных условий. Очевидно, что оно более удобно, чем система уравнений (3), и выражает сравнительно простую связь между $P_{кр}$ и N . Аналогичный вид имеет зависимость $P_{кр}(N)$ и для других конструкций верхнего строения пути, отличаясь, естественно, только значениями коэффициентов a , b и c .

В табл. 2 приведены результаты вычислений $P_{кр}$ по формуле (5).

Таблица 2

Тип балласта	Значения $P_{кр}$, кН, при числе шпал на 1 км			
	1625	1750	1875	2000
Песок: мелкозернистый среднезернистый крупнозернистый	537,3	563,0	588,1	612,5
	648,8	679,6	709,7	738,9
	738,2	772,4	805,6	838,0
Гравий: I сорта II »	883,7	927,3	969,9	1011,4
	820,6	859,3	897,0	933,7
Щебень	714,1	747,9	780,8	812,9

Эти данные позволяют сделать следующие выводы:

с повышением качества балласта устойчивость пути против выброса в общем случае возрастает;

при использовании щебеночного балласта на пути с деревянными шпалами критическая сила несколько меньше, чем при песчаном крупнозернистом, и существенно меньше, чем при гравийном балласте I и II сорта;

почти для всех типов балласта кроме песчаного мелкозернистого критическая сила достаточно велика и обеспечивает нормальную эксплуатацию температурно-напряженного железнодорожного пути на лесовозных УЖД.

Дальнейшее решение задачи по вычислению минимальной температуры укладки трудностей не вызывает.

По данным работы [3] можно установить, что для основных лесозаготовительных районов в зоне действия лесовозных УЖД максимальная температура рельсов изменяется в диапазоне от 50 до 60 °С. На рис. 2 приведена гистограмма температур в указанном диапазоне. Их распределение близко к нормальному. Среднее значение $\bar{t}_{p, \max}$ составляет 55,8 °С, средняя квадратичная погрешность $\sigma_t = 3,42$ °С.

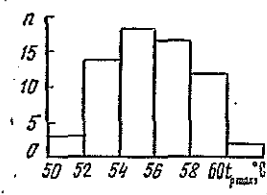


Рис. 2. Гистограмма распределения максимальных температур рельса: n — число случаев

Таблица 3

Тип балласта	Значения $t_{y \min}$, °С, при числе шпал на 1 км			
	1625	1750	1875	2000
Песок:				
мелкозернистый	21,0	18,3	17,7	16,1
среднезернистый	13,8	11,8	10,8	7,9
крупнозернистый	8,0	6,8	3,6	2,5
Гравий:				
I сорта	1,4	-3,2	-7,0	-9,7
II >	2,6	0,1	-2,6	-4,7
Щебень	9,5	7,3	6,6	3,1

В табл. 3 даны значения $t_{y \min}$ для $\bar{t}_{p, \max} = 55,8$ °С.

Можно отметить, что в большинстве случаев (за исключением песчаного мелкозернистого балласта) значения $t_{y \min}$ достаточно малы и не влияют на работу температурно-напряженного пути лесовозных УЖД. На пути с песчаным мелкозернистым балластом укладка сварных рельсов возможна только при довольно высоких температурах, что ограничивает сроки производства работ в летних условиях.

Как видно из табл. 3, с увеличением числа шпал на 1 км минимальная температура укладки уменьшается. Однако повышение устойчивости рельсошпальной решетки за счет увеличения расхода древесины нельзя признать эффективным способом. Нами установлено [3], что более рационально уширение плеча балластной призмы до 25...35 см, что также повышает стабильность рельсошпальной решетки.

В каждом конкретном случае минимальную температуру укладки вычисляют отдельно с помощью уравнений (1) и (5).

Таким образом, приведенные формулы позволяют рассчитать минимальную температуру укладки сварных рельсовых плетей. Максимально возможная температура укладки определяется из условия прочности верхнего строения пути и в данной статье не рассматривается. В первом приближении ее можно принять на 10 °С большей, чем $t_{y \min}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бесстыковой путь / В. Г. Альбрехт, Е. М. Бромберг, Н. Б. Зверев и др.— М.: Транспорт, 1982.— 206 с. [2]. Морозов С. И., Попов М. В. Узкоколейным дорогам — бесстыковой путь // Промышленный транспорт.— 1988.— № 10.— С. 16—

17. [3]. Морозов С. И., Попов М. В. Расчет температурных режимов укладки сварных рельсовых плетей на лесовозных железных дорогах узкой колеи (750 мм): Методич. указания к курсовому и дипломному проектированию.— Архангельск: АЛТИ, 1990.— 28 с. [4]. Технические указания по укладке и содержанию бесстыкового пути. М.: Транспорт, 1982.— 128 с.

Поступила 4 ноября 1991 г.

УДК 519:630*527

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ДИАМЕТРОВ И УЧЕТЕ ОБЪЕМОВ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

В. В. ХАРИТОНОВ, Б. Г. СТАРОДУБЕЦ

Московский лесотехнический институт

Необходимым условием обеспечения достаточной точности автоматизированного учета объемов круглых лесоматериалов является применение таких средств измерения диаметров, которые удовлетворяют нормированное значение предела допускаемой систематической погрешности. Оценка ее влияния на погрешность учета объемов основывается на вероятностном распределении диаметров в учитываемой совокупности и на интервальных оценках вероятности возникновения погрешности измерения на границах соседних градаций диаметров в диапазоне измерения [2].

Наряду с существующим анализом процесса измерения диаметров и точности учета объемов в условиях влияния систематической погрешности измерительного устройства, целесообразно дать комплексное описание вероятностных процессов, характеризующихся переходными вероятностями взаимосвязи между градациями диаметров.

На рис. 1 приведен граф вероятностных состояний при измерении диаметров для оценки точности учета объемов. На нем показаны направления переходных вероятностей взаимных связей между вероятностями состояний, соответствующими плотности распределения диаметров по градациям: для погрешностей измерения с положительным знаком — $p_{12}, p_{23}, \dots, p_{(k-1)k}, p_{k(k+1)}, \dots, p_{(n-1)n}$ и с отрицательным — $p_{21}, p_{32}, \dots, p_{k(k-1)}, p_{(k+1)k}, \dots, p_{n(n-1)}$. В целях формализации для p_1 и p_n показаны также переходные вероятности p_{01}, p_{10} и p_{n0}, p_{0n} , имеющие нулевые значения.

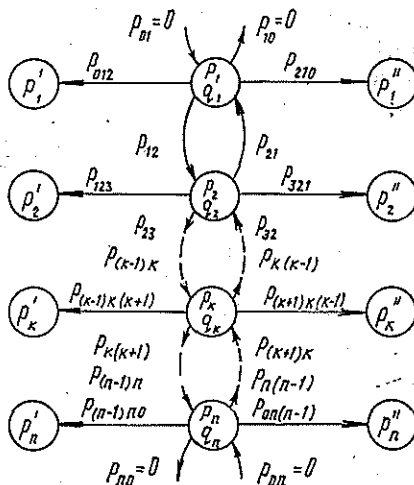


Рис. 1. Граф вероятностных состояний градаций измерения

Для положительных значений погрешности вероятности взаимных связей между градациями определяются по рекуррентным формулам

$$\begin{aligned}
 p_{12} &= p_1 q_1; \\
 p_{23} &= (p_2 + p_{12}) q_2; \\
 &\dots \\
 p_{(k-1)k} &= (p_{k-1} + p_{(k-2)(k-1)}) q_{k-1}; \\
 p_{k(k+1)} &= (p_k + p_{(k-1)k}) q_k; \\
 &\dots \\
 p_{(n-1)n} &= (p_{n-1} + p_{(n-2)(n-1)}) q_{n-1},
 \end{aligned} \tag{1}$$

где $p_1, p_2, \dots, p_k, \dots, p_n$ — вероятности состояний, соответствующие плотности распределения диаметров круглых лесоматериалов по n градациям диапазона измерения;

$q_1, q_2, \dots, q_k, \dots, q_n$ — интервальные оценки вероятности возникновения погрешности измерения на границах градаций диаметров.

При отрицательных значениях погрешности рекуррентные формулы (1) целесообразно записывать начиная с последней (n -й) градации, которой соответствует вероятность состояния p_n :

$$\begin{aligned}
 p_{n(n-1)} &= p_n q_n; \\
 p_{(n-1)(n-2)} &= (p_{n-1} + p_{n(n-1)}) q_{n-1}; \\
 &\dots \\
 p_{(k+1)k} &= (p_{k+1} + p_{(k+2)(k+1)}) q_{k+1}; \\
 p_{k(k-1)} &= (p_k + p_{(k+1)k}) q_k; \\
 &\dots \\
 p_{32} &= (p_3 + p_{43}) q_3; \\
 p_{21} &= (p_2 + p_{32}) q_2.
 \end{aligned} \tag{2}$$

Вероятности возникновения погрешности измерения на границах градаций диаметров определяются согласно [1] исходя из линейной аппроксимации плотности распределения диаметров в интервалах $t/2 \pm \Delta$:

$$q_i = \frac{[2p_{i-1}^t \pm (p_{i \pm 1} - p_i)(t \pm \Delta)/t] \Delta}{(p_i + p_{i \pm 1}) t}, \tag{3}$$

где i — номер градации, $i = 1, 2, \dots, k, \dots, n$;

t — величина градации;

Δ — предел допускаемой систематической погрешности измерения диаметров.

Величина p_{i-1}^t зависит от знака Δ :

при $\Delta > 0$

$$p_{i-1}^t = p_i;$$

при $\Delta < 0$

$$p_{i-1}^t = p_{i-1}.$$

Совместное влияние переходных вероятностей взаимных связей характеризуется кумулятивными вероятностями для каждой градации: при $\Delta > 0$

$$\begin{aligned}
 p_{012} &= p_{01} - p_{12}; \\
 p_{123} &= p_{12} - p_{23}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p_{(k-1)k(k+1)} &= p_{(k-1)k} - p_{k(k+1)}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p_{(n-1)n0} &= p_{(n-1)n} - p_{n0};
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

при $\Delta < 0$

$$\begin{aligned}
 p_{210} &= p_{21} - p_{10}; \\
 p_{321} &= p_{32} - p_{21}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p_{(k+1)k(k-1)} &= p_{(k+1)k} - p_{k(k-1)}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p_{0n(n-1)} &= p_{0n} - p_{n(n-1)}.
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Кумулятивные вероятности, в свою очередь, определяют скорректированные вероятности трансформированных состояний из-за влияния положительных и отрицательных погрешностей измерения.

Таким образом, трансформированные состояния градаций плотности распределения диаметров характеризуются новыми значениями вероятностей, пересчитанными с учетом формул (4) и (5):

при $\Delta > 0$

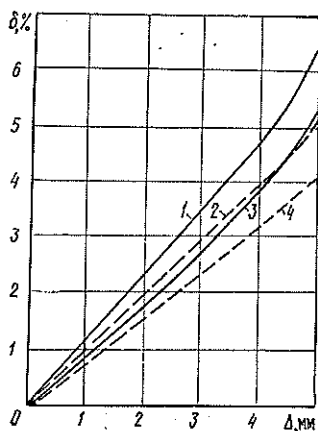
$$\begin{aligned}
 p'_1 &= p_1 + p_{012} = p_1 + p_{01} - p_{12} = p_1 - p_{12}; \\
 p'_2 &= p_2 + p_{123} = p_2 + p_{12} - p_{23}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p'_k &= p_k + p_{(k-1)k(k+1)} = p_k + p_{(k-1)k} - p_{k(k+1)}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p'_n &= p_n + p_{(n-1)n0} = p_n + p_{(n-1)n} - p_{n0} = p_n + p_{(n-1)n};
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

при $\Delta < 0$

$$\begin{aligned}
 p''_1 &= p_1 + p_{210} = p_1 + p_{21}; \\
 p''_2 &= p_2 + p_{321} = p_2 + p_{32} - p_{21}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p''_k &= p_k + p_{(k+1)k(k-1)} = p_k + p_{(k+1)k} - p_{k(k-1)}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p''_n &= p_n + p_{0n(n-1)} = p_n + p_{0n} - p_{n(n-1)} = p_n - p_{n(n-1)}.
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Подставляя в выражения (6) и (7) рекуррентные формулы (1) и (2), а также применяя схему Горнера, получаем:

Рис. 2. Зависимости погрешности учета объемов от погрешности измерения диаметров: 1, 2 — для вероятностей p_i' трансформированных состояний градаций, 3, 4 — для детерминированных и интервальных вероятностей p_i и q_i



погрешностей измерения диаметров, превышающих пределы допустимой погрешности систематической составляющей ± 2 мм по ГОСТ 21524—76. В связи с этим необходимо нормировать метрологические характеристики средств измерений диаметров, основанные на оценке точности учета в условиях вероятностных процессов формирования погрешности измерения.

Таким образом, проведенный анализ показал возможность комплексного подхода к описанию вероятностных состояний градаций диапазона измерения диаметров, характеризующихся как взаимными связями между состояниями, так и совместным их влиянием на детерминированные вероятности плотности распределения измеряемой величины. Результирующие (кумулятивные) вероятности, не изменяя вида закона распределения, уточняют вероятностные характеристики, что позволяет повысить достоверность точностных оценок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Стародубец Б. Г. Моделирование входных параметров автоматизированного процесса учета лесоматериалов // Комплексная механизация и автоматизация работ на нижних складах: Тр. / ЦНИИМЭ.— 1983.— С. 124—130. [2]. Стародубец Б. Г. Точностный анализ автоматизированного учета объемов круглых лесоматериалов // Метрология.— 1984.— № 5.— С. 7—14.

Поступила 27 ноября 1990 г.

УДК 625.87

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ ДЛЯ ВРЕМЕННЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ ТИПА «ОБОЛОЧКА»

Н. П. ВЫРКО, Л. Г. ГРОМЫКО

Белорусский технологический институт

В настоящее время при строительстве автомобильных лесовозных дорог большое распространение получили полимерные материалы, применение которых повышает несущую способность грунтов, подстилающих земляное полотно.

В Белорусском технологическом институте на кафедре транспорта леса разработана конструкция из полиэтиленовой пленки типа «оболочка» (рис. 1). Она представляет собой шланг диаметром 100...

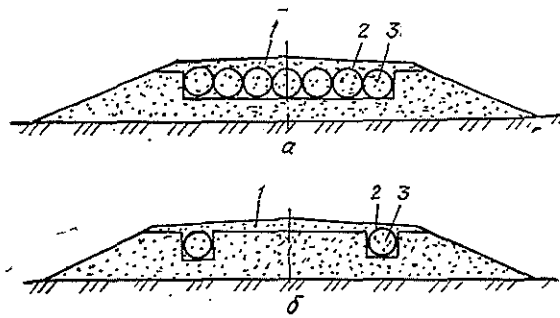


Рис. 1. Конструкции грунтового покрытия временных лесовозных дорог: а — сплошное; б — колейное; 1 — грунт земляного полотна; 2 — «оболочка» из полиэтиленовой пленки; 3 — грунт «оболочки»

250 мм, изготавливаемый специальной машиной [1] из полиэтиленовой пленки, внутри которого находится грунт (любой, но лучше песок, супесь).

При этом могут наблюдаться два случая: в первом прочностные и другие характеристики грунтов в оболочке и насыпи одинаковы; во втором различны.

В первом случае оболочка почти не испытывает напряжений и может разрушаться от продавливания отдельными крупными фракциями грунта.

Во втором случае влажность грунта, находящегося в оболочке, постоянна, а окружающего ее — различна в зависимости от климатических условий, следовательно, будут отличаться и их прочностные характеристики. Произведем расчет на прочность оболочки для этого случая.

В первом приближении соотношения между давлениями внутри $P_{в}$ и вне оболочки $P_{н}$, а также между модулями упругости грунта в оболочке $E_{в}$ и вне ее $E_{н}$ можно принять равными, тогда

$$P_{в}/E_{в} = P_{н}/E_{н}. \quad (1)$$

Наибольшие напряжения в оболочке возникают в боковых точках А и В (рис. 2).

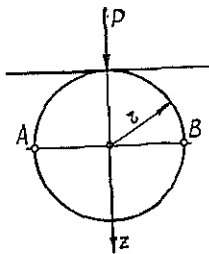


Рис. 2. Расчетная схема

Внутреннее давление грунта на оболочку в точках А и В можно определить из решения Буссинеска [2]. Оно равно радиальному напряжению σ_r , т. е.

$$\sigma_r = \frac{P}{2\pi} \left\{ (1 - 2\mu) \left[\frac{1}{r^2} - \frac{z}{r^2} (r^2 + z^2)^{-1/2} \right] - 3r^2 z (z^2 + r^2)^{-5/2} \right\}, \quad (2)$$

где P — давление от колеса автомобиля, Па;
 μ — коэффициент Пуассона грунта в оболочке;
 r — радиус оболочки;
 z — расстояние от поверхности дороги.

При $z = r$

$$\sigma_r = \frac{P}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{2} - 2\mu \right) \left[\frac{1}{r^2} - \frac{1}{r^2 \sqrt{2}} \right] - 3r^3 (2r^2)^{-5/2} \right\}$$

или

$$\sigma_r = \frac{P}{2\pi} \left\{ (1 - 2\mu) \left[\frac{1}{r^2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \right] - \frac{3}{4\sqrt{2}r^2} \right\}. \quad (3)$$

Тогда

$$P_{\text{в}} = \sigma_r = -\frac{P}{2\pi} \left(\frac{1 - 2\mu}{l(l+r)} - \frac{2r^3}{l^3} \right), \quad (4)$$

где l — длина оболочки.

Наружное давление определим из уравнения (1)

$$P_{\text{н}} = P_{\text{в}} E_{\text{н}} / E_{\text{в}}. \quad (5)$$

Давление, деформирующее оболочку, по модулю равно разности давлений внутри и вне ее:

$$\Delta P = |P_{\text{в}} - P_{\text{н}}|. \quad (6)$$

Дальнейший расчет можно производить по уравнению Лапласа

$$\sigma_m / \rho_m + \sigma_t / \rho_t = \Delta P / \delta, \quad (7)$$

где σ_m, σ_t — соответственно меридиональное и тангенциальное напряжения, Па;

ρ_m, ρ_t — радиусы кривизны оболочки в меридиональном и тангенциальном направлениях, м;

δ — толщина оболочки, м.

Для цилиндрической оболочки $\rho_t = r; \rho_m = \infty$, тогда

$$\sigma_t / \rho_t = \Delta P / \delta \text{ или } \sigma_t / r = \Delta P / \delta,$$

откуда

$$\sigma_t = \Delta P \rho_t / \delta. \quad (8)$$

Поскольку оболочка имеет большую длину, то ее деформацию в меридиональном направлении ε_m можно считать равной нулю. Согласно обобщенному закону Гука

$$\varepsilon_m = (\sigma_m - \mu_0 \sigma_t) / E = 0, \quad (9)$$

где E — модуль упругости полиэтиленовой пленки,

откуда

$$\sigma_m = \mu_0 \sigma_t, \quad (10)$$

где μ_0 — коэффициент Пуассона материала оболочки.

Таким образом, определены главные напряжения в оболочке:

$$\sigma_1 = \sigma_t; \sigma_2 = \sigma_m; \sigma_3 = 0.$$

Согласно четвертой теории прочности

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2} \leq [\sigma], \quad (11)$$

где $[\sigma]$ — допустимое напряжение для материала оболочки, Па.

Пример расчета на прочность конструкции дорожной одежды с применением полиэтиленовой пленки типа «оболочка». Исходные данные: диаметр шланга (оболочки) $d = 2\rho_t = 0,2$ м; $\delta = 1,2$ мм; $E_{\text{н}} = 35$ МПа; $E_{\text{в}} = 45$ МПа; $P_{\text{в}} = 0,6$ МПа; $\mu_0 = 0,3$; $[\sigma] = 12 \dots 40$ МПа.

1. По формуле (5) определим наружное давление грунта на оболочку: $P_{\text{н}} = 0,6 \cdot 35/45 = 0,468$ МПа.

2. По формуле (6) найдем давление, деформирующее оболочку: $\Delta P = 0,6 - 0,468 = 0,132$ МПа.

3. По формулам (8) и (10) определим соответственно тангенциальное и меридиональное напряжения: $\sigma_t = 0,132 \cdot 0,1/0,0012 = 11$ МПа; $\sigma_m = 0,3 \cdot 11 = 3,3$ МПа.

4. Выполним проверку по четвертой теории прочности. Так как $\sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_m^2} - \sigma_t \sigma_m = 9,8$ МПа, т. е. меньше $[\sigma]$, то можно сделать вывод, что выбранная конструкция отвечает условиям прочности дорожной одежды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. А. с. 1044720 СССР, МКИ³ Е 01 С 21/00. Дорожная машина. Н. П. Вырко, И. И. Леонович, Ю. Г. Бабаскин.— № 3448864/29-33; Заявлено 03.06.82; Опубл. 30.09.83 // Открытия. Изобретения.— 1983.— № 36.— С. 96. [2]. Конструирование и расчет жестких дорожных одежд / Под. ред. Н. Н. Иванова.— М.: Транспорт, 1973.— 328 с.

Поступила 27 мая 1991 г.

УДК 630*377.4 : 534.001.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ СИСТЕМЫ ТРАНСМИССИЯ — ТРАНСПОРТНЫЕ ЗВЕНЬЯ — ПАКЕТ ХЛЫСТОВ

Н. И. БИБЛЮК

Львовский лесотехнический институт

Колебательные процессы, обусловленные воздействием дорожных неровностей, сопровождаются возникновением динамических нагрузок, определяющих долговечность и усталостную прочность деталей трансмиссии и ходовой части машины. При расчете нагруженности элементов машины от воздействия микропрофиля опорной поверхности методами статистической динамики [1, 5, 6] целесообразно рассматривать крутильные колебания в трансмиссии совместно с линейными и угловыми колебаниями машины в вертикальной продольной плоскости. Для моделирования нелинейных характеристик упругих и демпфирующих элементов машины может быть использована статистическая линеаризация [3].

Лесотранспортное средство представляет собой сложную динамическую систему, состоящую из нескольких взаимодействующих масс, соединенных жесткими и упругими связями. Отличительной особенностью системы, определяющей специфику ее структуры и функционирования, является наличие пакета длинномерных лесоматериалов с неравномерно распределенной массой и переменной жесткостью. При рассмотрении колебаний лесотранспортного средства его целесообразно представлять в виде дискретной модели, параметры которой могут быть установлены по методике [2].

На рис. 1 изображена формализованная расчетная схема (схемная модель) для изучения колебаний лесотранспортной системы: трансмиссия — транспортные звенья — пакет хлыстов от воздействия дорожных неровностей. Эта система состоит из подрессоренных масс тягача $M_{п.т.}$ и роспуска $M_{п.р.}$ с моментами инерции $I_{п.т.}$ и $I_{п.р.}$ относительно поперечных осей, проходящих через их центры тяжести, неподдресоренных масс i -х осей $M_{и1}$, масс осей балансиров $M_{б1}$ и дискретных масс пакета хлыстов, две из которых — $M_{с1}$ и $M_{с2}$ размещены над конниками соответственно тягача и роспуска, а N масс M_j — в пролетной и консольной частях пакета. К массам M_j приведены упругие и демпфирующие элементы, моделирующие жесткость и сопротивление пакета хлыстов — c_{jy} и k_{jy} . Подрессоренные массы транспортных звеньев опира-

Колебания в трансмиссии связаны с продольно-угловыми колебаниями тягача посредством двух последовательно включенных упругих элементов — шин с тангенциальной жесткостью $c_{ш}$ и рессор с жесткостью $c_{ра}$ на скручивание в продольной плоскости, создающих, с учетом рассеивания энергии в шине, продольные силы $F_{шik}$.

Колебания системы вызываются изменением вертикальных $Z_{шik}$ и продольных F_{ik} составляющих реакций между дорогой и колесами k -й оси ($k = а$ — передней, $k = б$ — задней) i -й тележки лесотранспортного средства. Угловые колебания тягача и роспуска совершаются вокруг поперечных осей, проходящих через точки их связи с пакетом хлыстов. Эти связи можно принять шарнирными. Колебания тягача вдоль продольной оси осуществляются вокруг положения равновесия при поступательном равномерном движении лесотранспортного средства.

Совокупность взаимосвязанных видов движения — крутильных колебаний в трансмиссии, продольных и вертикальных колебаний лесотранспортной системы — можно представить в виде структурной схемы, составленной по блочному принципу (рис. 2). На вход системы поступают скорость движения v , ординаты микропрофиля q , коэффициенты сопротивления качению f и сцепления φ . Параметры опорной поверхности совместно с параметрами системы (нагрузками на i -е оси gM_i и коэффициентами жесткости c и сопротивления k упругих и демпфирующих элементов) формируют в блоках внешних возмущений продольные F_i и вертикальные $Z_{шi}$ силы, действующие от дороги на i -е колеса, а

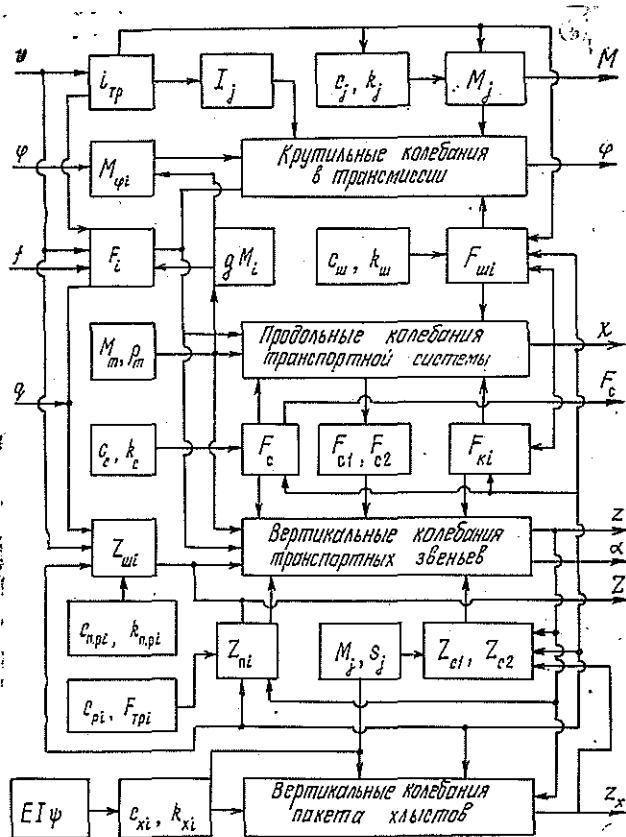


Рис. 2. Структурная схема математической модели лесотранспортной системы

также моменты сцепления M_{φ} , колес с опорной поверхностью. В блоках функций внутренних связей образуются упругие моменты в трансмиссии M_j , реакции в шинах $F_{\text{ш}i}$, сцепном устройстве F_c , подвесках $Z_{\text{п}}$ и опорах пакета хлыстов F_c и Z_c . Реакции внутренних связей вводятся в соответствующие управления движения системы, в результате решения которых определяются выходные кинематические переменные — угловые перемещения в трансмиссии φ , а также линейные x , z и угловые α перемещения подрессоренных масс в вертикальной продольной плоскости.

При составлении уравнений движения системы приняты следующие допущения: колебания подрессоренных масс малы, а мгновенные центры их перемещений совпадают с центрами тяжести; моменты на левой и правой полуосях одинаковы, колеса катятся без отрывов от опорной поверхности; параметры трансмиссии приводятся к валу муфты сцепления.

Уравнения движения лесотранспортной системы имеют вид: для трансмиссии

$$I_j \ddot{\varphi}_j - M_{j-1} + M_j = 0;$$

$$I_{ni} \ddot{\varphi}_{ni} - M_{n-1,i} + M_{ni} = 0;$$

$$I_{ki} \ddot{\varphi}_{ki} - M_{ni} + F_{\text{ш}i} r_{\text{ш}i} / l_{\text{тр}i} = 0;$$

при заблокированном разветвлении ($i = 1, 2a, 2б$)

$$I_{j+1}^p \ddot{\varphi}_{j+1}^p - M_j + \sum_{i=1}^m M_{j+1,i} = 0;$$

при дифференциальном разветвлении

$$\frac{1}{m} I_{j+1}^p \ddot{\varphi}_{j+1,i}^p - \frac{1}{m} M_j + \sum_{i=1}^m M_{j+1,i} = 0;$$

для лесотранспортной системы (колебания вдоль продольной оси)

$$M_{\text{п.т}} \ddot{x}_{\text{т}} + F_{c1} - F_c + \sum_{i=1}^2 F_{ki} + \sum_{i=1}^2 \sum_k F_{ik} + \sum_{i=1}^2 \sum_k F_{\text{ш}ik} = 0;$$

$$M_{\text{п.р}} \ddot{x}_{\text{р}} + F_{c2} + F_c + F_{k3} + \sum_k F_{3k} = 0;$$

$$M_x \ddot{x}_x - F_{c1} - F_{c2} = 0; \quad k = a, б;$$

для подрессоренной массы тягача (вертикальные колебания)

$$M_{\text{п.т}} \ddot{z}_{\text{т}} - \sum_{i=1}^2 Z_{ni} + Z_{c1} = 0;$$

$$I_{\text{п.т}} \ddot{\alpha}_{\text{т}} + \sum_{i=1}^2 (a_{\text{т}} - a_i) Z_{ni} - c Z_{c1} + (b_{\text{т}} + l_1) Z_c -$$

$$- h_{\text{т}} F_{c1} - (h_{\text{к.т}} - h_{\text{т}}) F_c + h_1 \sum_{i=1}^2 F_{ki} -$$

$$- h_{0\text{т}} \sum_{i=1}^2 \sum_k F_{ik} + h_{0\text{т}} \sum_{i=1}^2 \sum_k F_{\text{ш}ik} = 0;$$

для подрессоренной массы роспуска (вертикальные колебания)

$$M_{\text{п.р}} \ddot{z}_{\text{р}} - Z_{\text{п}3} + Z_{c2} - Z_c = 0;$$

$$I_{п.р} \ddot{\alpha}_p + (l_2 + a_p) Z_c - h_p F_{c2} + (h_{кр} - h_p) F_c + \\ + h_1 F_{к3} + h_{op} \sum_k F_{3k} = 0;$$

для неподрессоренной массы i -й тележки ($k' = 6, a$)

$$(M_{ki} + M_{6i}/3) \ddot{\zeta}_{ik} + M_{6i} \ddot{\zeta}_{ik}'/3 + Z_{ni}/2 + Z_{wik} = 0;$$

то же j -й массы пакета хлыстов ($\lambda_j = s_j/l_0$)

$$M_j \ddot{z}_{xj} + M_j (1 - \lambda_j) (\ddot{z}_\tau - c \ddot{\alpha}_\tau) + M_j \lambda_j \ddot{z}_p + \sum_{v=1}^N c_{jv} z_{xv} + \\ + \sum_{v=1}^N k_{jv} z_{xv} = 0, \quad v = 1, 2, \dots, N.$$

Входящие в приведенные уравнения силы инерции поступательного движения неподрессоренных масс i -й тележки равны

$$F_{ki} = (2M_{ki} + M_{6i})(\ddot{x}_\tau + h_i \ddot{\alpha}_m);$$

продольные силы, действующие от дороги на колеса k -й оси i -й тележки,

$$F_{ik} = f Z_{wik} + (g M_i + Z_{wik}) \dot{q} (l_{к})_{ik}/v;$$

вертикальные силы в подвеске i -й тележки

$$Z_{ni} = c_{pi} \delta_{zi} + F_{\text{тр}} \text{sign} \delta_{zi}; \quad \delta_{z1,2} = \zeta_{1,2} - z_\tau (a_\tau - a_i) \alpha_\tau;$$

вертикальные силы в шкворневых соединениях пакета хлыстов с тягачом и роспуском

$$Z_{c1} = \left[M_{c1} + \sum_{j=1}^N M_j (1 - \lambda_j)^2 \right] (\ddot{z}_\tau - c \ddot{\alpha}_\tau) + \\ + \sum_{j=1}^N M_j (1 - \lambda_j) \lambda_j \ddot{z}_p + \sum_{j=1}^N M_j (1 - \lambda_j) \ddot{z}_{xj}; \\ Z_{c2} = \left(M_{c2} + \sum_{j=1}^N M_j \lambda_j^2 \right) \ddot{z}_p + \sum_{j=1}^N M_j (1 - \lambda_j) \lambda_j (\ddot{z}_\tau - c \ddot{\alpha}_\tau) + \\ + \sum_{j=1}^N M_j \lambda_j \ddot{z}_{xj}.$$

Продольная сила в тягово-сцепном устройстве может быть представлена в виде кусочно-линейной функции перемещения $\delta_c = h_{к.т} \alpha_\tau - h_{к.р} \alpha_p$.

Продольные силы F_{c1} и F_{c2} в шарнирных соединениях пакета хлыстов с тягачом и роспуском и вертикальная сила Z_c в сцепном устройстве определяются в результате решения приведенной системы уравнений в предположении, что $x_\tau = x_c$; $x_p = \alpha_p h_p$ и $z_p = z_\tau (b_\tau + l_1) \alpha_\tau + l_2 \alpha_p$.

Алгоритм расчета колебаний системы трансмиссия — транспортные звенья — пакет хлыстов с применением теории стационарных случайных процессов показан на рис. 3. В качестве статистической характеристики воздействия принята спектральная плотность сглаженного микропрофиля, параметры σ_n , A_i , α_i и β_i которой для обобщенных характеристик микропрофилей лесных дорог приведены в работе [4].

В результате решения уравнений движения определяются амплитудно-частотные характеристики $W(\omega)$, спектральные плотности $S(\omega)$,

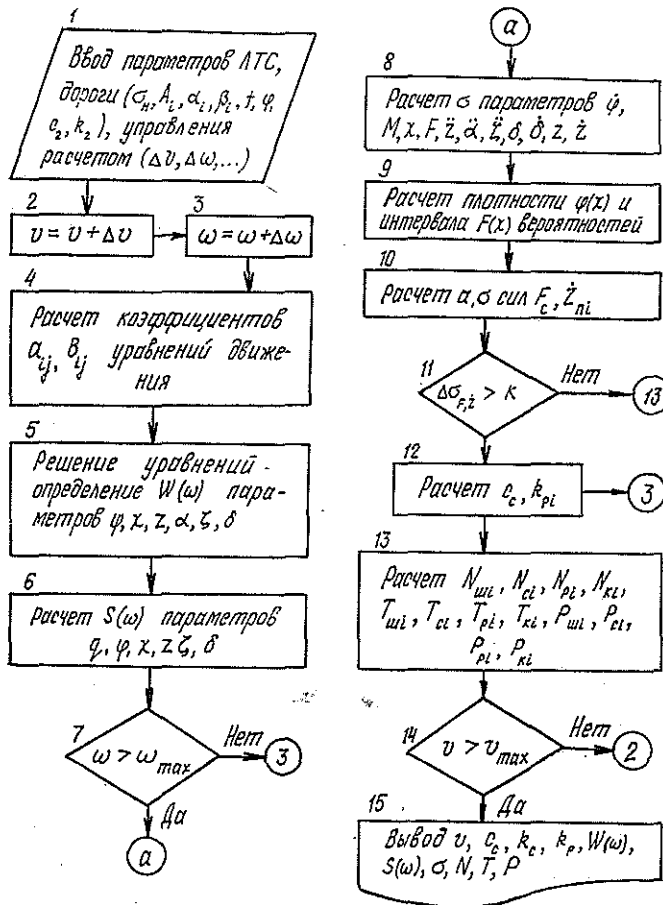


Рис. 3. Блок-схема для расчета колебаний лесотранспортной системы (ЛТС)

среднее квадратичное значение σ параметров колебаний, а также число N , продолжительность T и вероятность P превышений допустимого уровня.

По спектральным плотностям упругих моментов могут быть легко определены спектральные плотности и число циклов переменных напряжений различного уровня в единицу времени или на 1 км пробега, а по ним рассчитаны детали трансмиссии и ходовой части лесотранспортного средства на динамическую и усталостную прочность и долговечность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Анисимов Г. М. Условия эксплуатации и нагруженности трансмиссии трелевочного трактора.—М.: Лесн. пром-сть, 1975.—166 с. [2]. Библиюк Н. И. Метод расчета величины и размещения дискретных масс пакета хлыстов. // Лесн. журн.—1984.—№ 3.—С. 35—39.—(Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Динамика системы дорога—шина—автомобиль—водитель / А. А. Хачатуров, В. Л. Афанасьев, В. С. Васильев и др.—М.: Машиностроение, 1976.—536 с. [4]. Обобщенные статистические характеристики микропрофилей лесных дорог / Н. И. Библиюк, О. А. Стыранивский, Б. Т. Перегатко, А. А. Бойко // Лесн. журн.—1986.—№ 4.—С. 44—48.—(Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Силуков Ю. Д. Исследование особенностей динамических процессов в основных агрегатах лесотранспортных машин: Автореф. дис. ... докт. техн. наук.—М., 1973.—32 с. [6]. Шупляков В. С. Колебания и нагруженность трансмиссии автомобиля.—М.: Транспорт, 1974.—328 с.

УДК 630*378.7

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАПАШНЫХ ЯКОРЕЙ

А. А. МИТРОФАНОВ

Архангельский лесотехнический институт

На лесосплавных реках для крепления наплавных сооружений в качестве русловых опор широко применяют запашные якоря разных конструкций: однорогие, двурогие, четырехрогие, Матросова [3]. В последнее время к ним добавились якоря конструкции ЦНИИлесосплава и Архангельского лесотехнического института [1, 4, 5], из которых для целей лесосплава больше подходит якорь ЦЛС-19 [5]. Все они различаются по конструкции, коэффициенту цепкости, держащей силе, способам установки и подъема, но практически одинаковы по характеру работы.

Цель данной работы — проанализировать особенности эксплуатации якорей в отрасли и попытаться дать некоторые рекомендации по более эффективному их применению в конкретных условиях.

Очевидно, что оптимально такое положение якоря, при котором угол α подхода шейки к веретену (рис. 1) равен нулю. В этом случае вертикальная составляющая силы отрыва якоря от грунта отсутствует и держащая сила максимальна. Однако длина шейки будет очень большой. В работе [2] рекомендуется принимать угол α равным $0,106$ рад. Хотя при этом (по сравнению с $\alpha = 0$) держащая сила несколько уменьшается, потребная длина шейки снижается до $6 \dots 10$ глубин реки в месте установки. Однако в ряде случаев такой способ крепления каната к якорю, наряду с большим расходом дефицитных стальных канатов, имеет и ряд существенных недостатков. Так, при креплении сооружений по схеме, приведенной на рис. 1, шейма часто мешает перемещению лесосплавных единиц и судов. Это имеет место в формировочных системах, у причалов и т. д. При креплении сооружений, требующих регулировки положения в заданном створе, например речных переправ, плиток формировочных систем и др., а также большой длине шейм, затрудняется сам процесс регулировки и его точность. Существенно и то, что общепринятая конструкция крепления ненадежна при динамических нагрузках. В судовой практике для сглаживания динамических нагрузок

на якорь в качестве якорного каната применяют цепи, однако их использование на лесосплавных предприятиях практически исключено из-за большого дефицита.



Рис. 1. Схема крепления при существующей технологии

Многие лесосплавные предприятия, например Архангельского и Онежского промышленных узлов, работают в условиях приливо-отливных течений, поэтому крепить сооружения приходится с двух сторон.

Недостатки общепринятого крепления шейки к якорю в большинстве случаев могут быть устранены за счет установки дополнительных

грузов по схеме, изображенной на рис. 2. В результате уменьшается угол α и увеличивается β (рис. 3). При этом возрастает держащая сила якоря, значительно снижается необходимая длина шейки, увеличивается угол ее подхода φ (см. рис. 2) к наплавному сооружению и улучшается работа системы при динамических нагрузках. В ряде случаев, в условиях приливо-отливных течений, когда скорости прилива небольшие, груз может выполнять и функцию гравитационной опоры. В этом случае дополнительное крепление не требуется.

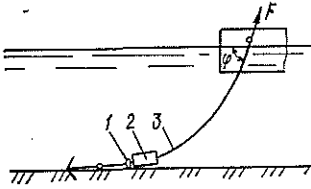


Рис. 2. Схема крепления с применением грузов: 1 — фиксатор; 2 — груз; 3 — шейма

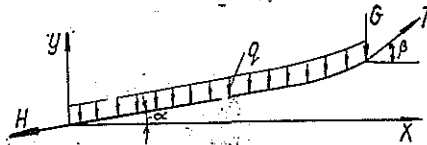


Рис. 3. Расчетная схема нагрузок в шейме

Для получения расчетных зависимостей рассмотрим схему начального участка шейки (рис. 3), где обозначено: G — вес груза во взвешенном состоянии; H — нагрузка на якорь; T — натяжение в шейме; q — вес 1 м длины каната во взвешенном состоянии. Так как система находится в равновесии, то суммы проекций сил на координатные оси равны нулю. Следовательно,

$$T \cos \beta - H \cos \alpha = 0; \quad (1)$$

$$T \sin \beta - G - W - H \sin \alpha = 0, \quad (2)$$

где W — вес каната длиной x .

Считая (с некоторым допущением) шейму на расстоянии L_n от точки закрепления за якорь до груза прямолинейной, получаем выражение для силы W :

$$W = qx / \cos \alpha. \quad (3)$$

Из уравнений (1) и (2) находим

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{T \sin \beta - G - W}{T \cos \beta}. \quad (4)$$

Так как

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx}, \quad (5)$$

то выражение (4) представим в виде дифференциального уравнения

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg} \beta - \frac{G}{T \cos \beta} - \frac{qx}{T \cos \beta \cos \alpha}. \quad (6)$$

Решение его имеет вид

$$y = x \operatorname{tg} \beta - \frac{Gx}{T \cos \beta} - \frac{qx^2}{2T \cos \beta \cos \alpha} + C, \quad (7)$$

где C — постоянная интегрирования (при $x = y = 0$ $C = 0$).

Принимая

$$y = x \operatorname{tg} \alpha; \quad x = L_n \cos \alpha, \quad (8)$$

получаем из (7) выражение для определения веса груза G во взвешенном состоянии:

$$G = \frac{2T \sin(\beta - \alpha) - qL_n \cos \alpha}{2 \cos \alpha}. \quad (9)$$

Так как из уравнения (1) имеем

$$T = H \cos \alpha / \cos \beta, \quad (10)$$

то величину G можно определить и по нагрузке H на якорь:

$$G = \frac{2H \sin(\beta - \alpha) - qL_n \cos \beta}{2 \cos \beta}. \quad (11)$$

В зависимостях (9) и (11) длину L_n можно подсчитать через расстояние от дна до точки крепления шейки к грузу d :

$$L_n = d / (2 \sin \alpha). \quad (12)$$

В качестве грузов в конкретных условиях могут быть использованы набор чугунных дисков, лесосплавные лоты, бетонные блоки и другие подручные изделия. Усилие F в шейке в точке закрепления груза на наплавной опоре с учетом веса каната находим по формуле

$$F = T + qy, \quad (13)$$

где y — расстояние от дна до точки закрепления шейки на наплавной опоре.

По величине F можно определить угол φ подхода шейки к наплавной опоре (рис. 2):

$$\varphi = \arccos \frac{H \cos \alpha}{F}. \quad (14)$$

Для примера подсчитаем необходимый вес груза G , угол φ и длину шейки

$$L = L_n + L_k, \quad (15)$$

где L_k — длина шейки от груза до наплавной опоры, при разных углах β для якоря с держащей силой $H = 35,6$ кН. При расчетах принимаем $\alpha = 0,106$ рад и глубину потока 5 м. Величину L_k определяем по уравнениям цепной линии [6]. Результаты расчетов параметров узла крепления наплавного сооружения приведены в таблице.

β , рад	L_n , м	L , м	G , кН	φ , рад
0,000	0	143,0	0,00	0,085
0,069	0	59,0	0,00	0,115
0,106	0	43,0	0,00	0,140
0,174	2	27,7	2,53	0,190
0,261	2	19,0	5,69	0,274
0,348	2	14,5	8,81	0,350
0,522	2	10,9	14,80	0,527

Из таблицы видно, что при использовании грузов потребная длина шейки, даже в сравнении с вариантом крепления при $\alpha = 0,106$ рад, уменьшается в 1,6—4,0 раза.

Применение грузов в комплекте с якорями позволяет улучшить работу сооружений при динамических нагрузках в условиях стесненных акваторий и сэкономить расход канатов на шейки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А. с. 1404406 СССР, МКИ⁴ В 63 В 21/44. Якорь / А. А. Митрофанов, В. А. Барабанов, Н. Л. Григорьев.— № 4176407/27-11; Заявлено 06.01.87; Оpubл. 23.06.88 // Открытия. Изобретения.— 1988.— № 23.— С. 88. [2]. Инструкция по проектированию лесосплавных предприятий. ВСН 4—78/ Гос. ин-т проектирования лесного транспорта: Утв. Минлеспромом СССР 06.04.78.— Л., 1979.— 294 с. [3]. Инструкция по эксплуатации такелажа на лесосплаве / Волжско-Камский науч.-исслед. и конструкторско-технологич. ин-т: Утв. Минлеспромом СССР 06.12.78.— М.: ЦНИПИЭИлеспром, 1980.— 135 с. [4]. Митрофанов А. А. Якорь запашной.— Архангельск, 1985.— 4 с.— (Информ. листок о науч.-техн. достижении / ЦНТИ; № 85). [5]. Митрофанов А. А., Белозеров Ж. П. Якорь для крепления наплавных сооружений // Лесн. пром-сть.— 1989.— № 7.— С. 12. [6]. Юхин Е. И. Якорное швартовое и буксирное устройства.— Л.: Судпромиздат, 1955.— 144 с.

Поступила 16 мая 1990 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.816.2

РАЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ
ЦЕМЕНТНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

А. Н. ОБЛИВИН, А. К. ВОСКРЕСЕНСКИЙ, Б. Л. КАЦ

Московский лесотехнический институт

Одним из современных строительных материалов, сочетающих преимущества древесины и цемента, являются цементно-стружечные плиты (ЦСП). Атмосферо-, огне-, биостойкость, долговечность и нетоксичность в совокупности с достаточно высокой механической прочностью обуславливают широкие возможности их применения в индустриальном малоэтажном домостроении.

Однако технология изготовления ЦСП на сегодняшний день отработана недостаточно. К наиболее сложным, длительным и энергоемким операциям [7], формирующим структуру материала и, в конечном счете, определяющим качественные показатели ЦСП, можно отнести тепловую обработку спрессованных пакетов древесно-цементной смеси в камере твердения. Поэтому разработка рациональных режимов тепловой обработки ЦСП является актуальной научной задачей.

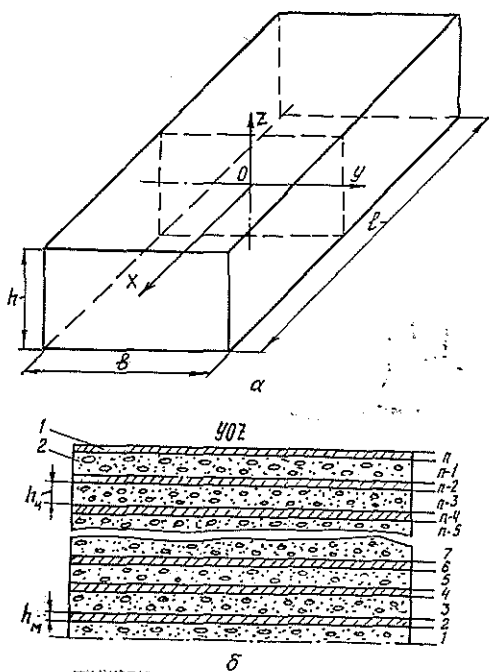


Рис. 1. Условное изображение силовой кассеты с твердеющими цементно-стружечными плитами (а) и ее поперечное сечение (б): 1 — металлический поддон; 2 — древесно-цементная смесь

Для расчета температурных полей и степени гидратации цемента при тепловой обработке ЦСП в силовых кассетах (рис. 1) была разработана физико-математическая модель, включающая ряд уравнений.

Уравнение теплопроводности в ЦСП с учетом внутреннего источника теплоты (теплоты гидратации цемента в плите):

$$\text{ср} \frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial \tau} = \nabla (\lambda_{\text{ц}} \nabla T(x, y, z, \tau)) + \text{Ц} \frac{\partial Q}{\partial \tau}. \quad (1)$$

Уравнение теплопроводности в металлическом поддоне:

$$\frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial \tau} = a_m \nabla^2 T(x, y, z, \tau). \quad (2)$$

Условие непрерывности температуры на границе ЦСП — металлический поддон:

$$T_n(x, y, z, \tau) = T_{n+1}(x, y, z, \tau). \quad (3)$$

Равенство тепловых потоков на границе ЦСП — металлический поддон (граничные условия 4-го рода):

$$\lambda_n \frac{\partial T_n(x, y, z, \tau)}{\partial z} = \lambda_{n+1} \frac{\partial T_{n+1}(x, y, z, \tau)}{\partial z}. \quad (4)$$

Начальные условия:

$$T(x, y, z, 0) = \text{const}. \quad (5)$$

Условия симметрии:

$$\frac{\partial T_1(x, y, 0, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial T_1(x, 0, z, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial T_1(0, y, z, \tau)}{\partial \tau}. \quad (6)$$

Граничные условия на боковых поверхностях кассеты (граничные условия 3-го рода):

$$-\lambda \frac{\partial T(l_1, y, z, \tau)}{\partial x} + \alpha [T_c - T(l_1, y, z, \tau)] = 0; \quad (7)$$

$$-\lambda \frac{\partial T(x, b_1, z, \tau)}{\partial y} + \alpha [T_c - T(x, b_1, z, \tau)] = 0; \quad (8)$$

$$-\lambda_m \frac{\partial T(x, y, h_1, \tau)}{\partial z} + \alpha [T_c - T(x, y, h_1, \tau)] = 0. \quad (9)$$

В уравнениях (7) и (8) $\lambda = \lambda_{цп}$ для слоя ЦСП и $\lambda = \lambda_m$ для слоя металла.

В уравнениях (1) — (9) приняты следующие обозначения:

c — удельная теплоемкость, Дж/(кг · К);

ρ — плотность, кг/м³;

T — температура, К;

x, y, z — пространственные координаты, м;

τ — время, с;

λ — коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К);

Π — расход цемента на 1 м³ ЦСП, кг;

Q — удельное тепловыделение, Дж/кг;

a — коэффициент температуропроводности, м²/с;

α — коэффициент теплоотдачи, Вт/(м² · К);

l_1, b_1, h_1 — половина длины, ширины и высоты силовой кассеты, м;

n — номер слая от центра кассеты.

Модель записана в трехмерном виде. Однако проведенные в промышленных условиях измерения температурных полей в плоскостях симметрии кассеты при тепловой обработке плит показали, что в любой момент времени распределение температуры в этих плоскостях аппроксимируется уравнением квадратной параболы. С учетом этого, а также исходя из граничных условий (7) и (8), трехмерные уравнения теплопроводности (1) и (2) были приведены к одномерному виду:

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \tau} = & \frac{1}{c\rho} \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_{цп}(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right) + 2\alpha (T_c - T) \times \\ & \times \left(\frac{1}{\alpha l_1^2 + 2l_1 \lambda_{цп}(T)} + \frac{1}{\alpha b_1^2 + 2b_1 \lambda_{цп}(T)} \right) \times \\ & \times \frac{\lambda_{цп}(T)}{c\rho} + \frac{\Pi}{c\rho} \frac{\partial Q}{\partial \tau}; \end{aligned} \quad (10)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a_m \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + 2a_m \alpha (T_c - T) \times$$

$$\times \left(\frac{1}{a l_1^2 + 2l_1 \lambda_m} + \frac{1}{a b_1^2 + 2b_1 \lambda_m} \right). \quad (11)$$

Индексы «ц» и «м» относятся к свойствам, характеризующим ЦСП и металлический поддон; с — обозначает параметр окружающей среды, \perp и \parallel — свойства ЦСП перпендикулярно и параллельно плоскости прессования.

Приведенная выше система уравнений может быть решена только при известных теплофизических характеристиках ЦСП и наличии замыкающей зависимости, описывающей кинетику тепловыделения древесно-цементной смеси при различных технологических воздействиях на нее.

Для экспериментального определения коэффициентов теплопереноса в ЦСП нами были использованы методы монотонного нагрева и линейного источника теплоты постоянной мощности. Полученные зависимости указанных коэффициентов от различных технологических факторов [2, 5] имели следующий вид:

$$\lambda_{\perp} = 1,097 \cdot 10^{-4} \rho_0^{1,297} [0,206 + 5,248 \cdot 10^{-3} W +$$

$$+ 1,01 \cdot 10^{-4} (T - 273) + 2,111 \cdot 10^{-5} W (T - 273)]; \quad (12)$$

$$\lambda_{\parallel} = 1,22 \lambda_{\perp}; \quad (13)$$

$$c = 741 \rho_0 + 20,83 W + 6,644 W^{0,128} (T - 273), \quad (14)$$

где W — влажность, %.

Для исследования тепловыделения древесно-цементной смеси в целях установления количественных зависимостей, описывающих этот процесс, был выбран дифференциально-калориметрический метод [4].

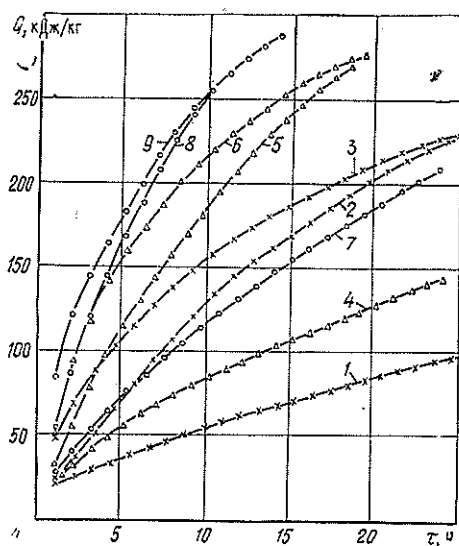
Эксперименты проводили с использованием цемента марок М500 (Воскресенский завод) и М400 (Староскольский завод) и стружки промышленного изготовления из древесины различных пород (ель, сосна, береза) с содержанием экстрактивных водорастворимых сахаров 0,12...0,69 % от массы древесины. В качестве добавки-минерализатора применяли гель из жидкого стекла и сернокислого алюминия в соотношении 2:1 по сухой массе в количестве 0...12 % по отношению к массе цемента. Соотношение цемента и древесины во всех проведенных экспериментах составляло 2,5:1, а воды и цемента — 1:2. Температуру твердения варьировали в диапазоне от 293 до 353 К.

Как показали результаты экспериментов, повышение температуры древесно-цементной смеси оказывает интенсифицирующее влияние на ее тепловыделение при твердении. Экстрактивные водорастворимые сахара древесины существенно тормозят гидратацию цемента на ранней его стадии, а введение в смесь минерализующих добавок нейтрализует действие сахаров (рис. 2). Для всего диапазона исследованных температур на определенных стадиях процесса наблюдается тенденция к сближению кривых тепловыделения смесей с разным содержанием сахаров в древесине и минерализующих добавок. Это свидетельствует о том, что экстрактивные водорастворимые сахара в совокупности с добавками-минерализаторами оказывают влияние только на кинетические характеристики процесса твердения древесно-цементной смеси.

Для расчета тепловыделения древесно-цементной смеси в зависимости от перечисленных выше технологических факторов получены следующие формулы:

$$Q = Q_0 \frac{f(T) \tau}{\tau'} \quad \text{при } f(T) \tau < \tau'; \quad (15)$$

Рис. 2. Влияние количества минерализующих добавок L и температуры T на тепловыделение древесно-цементной смеси на основе древесины осины: кривые 1, 2, 3 — при $T = 313$ К; кривые 4, 5, 6 — при $T = 333$ К; кривые 7, 8, 9 — при $T = 353$ К; 1, 4, 7 — при $L = 0,00$; 2, 5, 8 — при $0,06$; 3, 6, 9 — при $0,12$



$$Q = Q_0 + Q_{\max} \{1 - \exp[-k(f(T)\tau - \tau')^n]\} \text{ при } f(T)\tau \geq \tau', \quad (16)$$

где $f(T)$ — температурная функция,

$$f(T) = 1,5^{\frac{T-293}{\varepsilon}}; \quad (17)$$

$$\tau' = 3600 \text{ с.}$$

Для определения характерной температурной разности ε получены следующие линейные эмпирические уравнения:

для цемента М500

$$\varepsilon = 6,33 + 8,85 \cdot 10^{-2} (T - 293); \quad (18)$$

для цемента М400

$$\varepsilon = 5,903 + 0,1096 (T - 293). \quad (19)$$

Значения коэффициентов $\lg k$ и n в зависимости от количества минерализующих добавок в смеси L по отношению к массе цемента для всех исследованных пород древесины с определенным содержанием сахаров были аппроксимированы квадратными параблами:

$$\lg k = a'L^2 + b'L + c'; \quad (20)$$

$$n = a''L^2 + b''L + c''. \quad (21)$$

Соответствующие значения коэффициентов аппроксимации a' , b' , c' , a'' , b'' и c'' приведены в таблице.

Порода древесины	Содержание водорастворимых сахаров, %	a'	b'	c'	a''	b''	c''
Береза	0,69	635,5	-74,4	4,10	-137,7	17,61	0,569
Осина	0,39	403,5	-31,4	-5,55	-90,4	8,44	0,918
Ель	0,12	299,9	-21,0	-5,55	-67,7	5,22	0,961

Величину максимально возможного тепловыделения цементного раствора 28-суточного естественного твердения Q_{\max} рассчитывали согласно закону аддитивности по минералогическому составу цемента [3].

Степень гидратации цемента в ЦСП определяли по формуле

$$\theta = Q/Q_{\max}. \quad (22)$$

Сформулированную в одномерном варианте задачу с учетом экспериментально определенных теплофизических характеристик ЦСП, а также установленной замыкающей зависимости по кинетике тепловыделения древесно-цементной смеси, решали численно методом конечных разностей. Для получения конечно-разностных аппроксимаций дифференциальных уравнений использовали неявную шеститочечную абсолютно устойчивую разностную схему Кранка — Николсона [6, 8]. Систему линейных уравнений с трехдиагональной матрицей, полученную в результате конечно-разностных преобразований, решали методом прогонки. Для разработанной модели составляли алгоритм и программу ТОСР, реализованную на языке Паскаль для персональной ЭВМ ДВК-3.

По разработанной программе проведены численные эксперименты для определения влияния на процесс тепловой обработки ЦСП различных технологических факторов. В результате нами установлено, что наибольшее влияние на степень гидратации цемента центральной точки центральной плиты кассеты (наиболее слабого звена в ней) оказывают два параметра цементно-стружечной смеси: содержание экстрактивных водорастворимых сахаров в древесном наполнителе (при увеличении его происходит резкое торможение гидратации) и количество минерализующих добавок в смеси (их рост существенно интенсифицирует этот процесс).

При тепловой обработке ЦСП происходит гидратация, твердение и структурообразование в цементном вяжущем, что в конечном счете оказывает решающее влияние на формирование прочностных характеристик данного материала. В целях определения характера зависимости между распалубочной прочностью ЦСП при изгибе $\sigma_{н. отг}$ (прочностью при изгибе плиты после распалубки, отнесенной к изгибной прочности плиты 28-суточного естественного твердения) и степенью гидратации цемента в плите θ проведен ряд лабораторных и промышленных исследований. В результате чего установлена следующая зависимость:

$$\sigma_{н. отг} = 0,55 [1 - \exp(-4,588\theta)^2]. \quad (23)$$

Указанная зависимость имеет двухстадийный характер, причем переход от ускоренного роста прочности ЦСП к замедленному происходит при $\theta = 0,154$. Соответствующее значение относительной распалубочной прочности плиты составляет 0,216. Достижение этой величины прочности центральной точкой кассеты может служить достаточно надежным критерием окончания процесса тепловой обработки ЦСП.

Достигнув в процессе тепловой обработки необходимого уровня распалубочной прочности, материал должен как можно меньше потерять в конечной прочности. Поэтому, помимо определения распалубочной прочности, были проведены дополнительные эксперименты по кинетике набора прочности плит после их тепловой обработки в камере твердения при температуре 323...353 К с последующей естественной выдержкой. Как показали проведенные исследования, с ростом температуры воздуха в камере твердения средняя распалубочная прочность плит возрастает. Причем чем ближе плита расположена к поверхности кассеты, т. е. чем лучше она прогревается, тем выше ее распалубочная

прочность (рис. 3). Однако повышение температуры тепловой обработки ЦСП в указанном диапазоне отрицательно сказывается на конечной прочности материала. Поэтому процесс тепловой обработки ЦСП целесообразно проводить при более низких температурах, близких к 323 К, которые вместе с тем обеспечивают достижение необходимой распалубочной прочности.

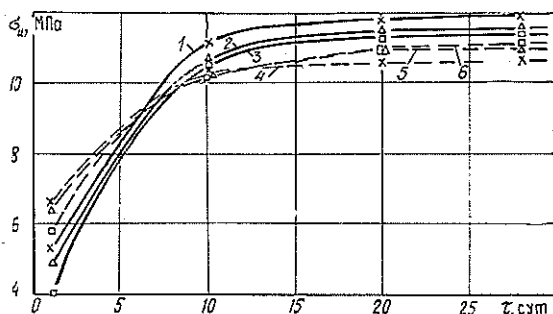


Рис. 3. Кинетика набора прочности цементно-стружечных плит после тепловой обработки при температуре 333 К (кривые 1, 2, 3) и 353 К (кривые 4, 5, 6) в процессе последующей естественной выдержки: 1, 4 — верхняя плита кассеты; 2, 5 — плита кассеты, расположенная между верхней и центральной плитами; 3, 6 — центральная плита кассеты

Вместе с тем даже при такой низкой температуре среды в материале все же наблюдается небольшой спад прочности ($\sim 5\%$) относительно плит естественного твердения, не прошедших термообработку. Указанный факт, очевидно, объясняется тем, что твердение при повышенных температурах материала, содержащего цемент, ведет к образованию более крупных закристаллизованных новообразований. Это уменьшает число контактов срастания в сростке и его прочность в целом [1]. При этом увеличение степени гидратации цемента под воздействием температуры на ранней стадии твердения не может компенсировать отрицательное влияние укрупнения структуры новообразований на конечную прочность материала.

Итак, при проведении тепловой обработки ЦСП потери конечной прочности материала неизбежны, но так как они минимальны при более низких ($\sim 50^\circ\text{C}$) температурах среды, то ее надо поддерживать на этом уровне. В камере твердения при термообработке ЦСП температура необходима не столько для прогрева спрессованных пакетов древесно-цементной смеси, сколько для предотвращения их охлаждения ниже температуры саморазогрева смеси за счет экзотермической реакции гидратации цемента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Волженский А. В., Буров Ю. С., Колокольников В. С. Минеральные вяжущие вещества: технология и свойства. / Под ред. А. В. Волженского. — М.: Стройиздат, 1979. — 476 с. [2]. Воскресенский А. К., Кац Б. Л. Исследование тепловых процессов в производстве цементно-стружечных плит // Основные направления ускорения науч.-техн. прогресса в деревообаб. пром-сти: Тез. докл. XVI науч.-техн. конф. УкрНПДО. — Киев: УкрНПДО, 1986. — С. 122—123. [3]. Запорожец И. Д., Окорочков С. Д., Парийский А. А. Тепловыделение бетона. — М.; Л.: Стройиздат, 1966. — 316 с. [4]. Исследование кинетики тепловыделения в процессе твердения древесно-цементной смеси / И. Б. Заседателев, С. А. Шифрин, А. К. Воскресенский, Б. Л. Кац // Науч. тр. / МЛТИ. — 1987. — Вып. 193. — С. 98—109. [5]. Кац Б. Л. Экспериментальное исследование коэффициента теплопроводности цементно-стружечных плит // Науч. тр. / МЛТИ. — 1988. — Вып. 203. — С. 30—35. [6]. О б л и

вин А. Н., Пожиток А. И. Решение задач тепломассопереноса численными методами: Текст лекций для аспирантов.—М.: МЛТИ, 1985.—63 с. [7]. Промышленное изготовление цементно-стружечных плит / В. Г. Разумовский, И. М. Гольдберг, Н. Б. Фельдман, М. С. Фортенко // Плиты и фанера: Обзор информ. / ВНИИЭИлеспром.—М., 1987.—Вып. 2.—44 с. [8]. Фарлоу С. Уравнения с частными производными для научных работников и инженеров / Пер. с англ.: Под ред. С. Н. Похожаева.—М.: Мир, 1985.—384 с.

Поступила 27 августа 1991 г.

УДК 624.011.1.002.237

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНИЗОТРОПИИ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ В СОПРЯЖЕНИЯХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОД БОЛЬШИМИ УГЛАМИ

Е. Н. СЕРОВ, Р. Б. ОРЛОВИЧ

Инженерно-строительный институт (г. Санкт-Петербург)
Брестский политехнический институт

В реализации принципа согласования полей действующих и расчетных напряжений при проектировании жестких узлов клееных деревянных рам целесообразна оптимизация геометрических параметров гнуто-клееных деталей [3]. В биссектрисном сечении сопряжения ригеля и стойки с максимальными моментами M и осевыми силами N , кроме вызванных ими нормальных тангенциальных σ_θ и радиальных σ_r напряжений, действуют самоуравновешенные касательные напряжения $\tau_{\theta r}$ (при поперечной силе $Q = 0$). Они связаны с градиентом σ_θ и не учитываются при определении напряженного состояния узла не только нормами [5], но и теорией расчета криволинейных анизотропных брусьев [1]. Тем не менее, по данным экспериментальных исследований [4], их влияние на прочность узлов имеется.

Существующие методы расчета карнизных узлов рам основаны на методе приближений, согласно которому для удовлетворения требований предельного состояния варьируется не только высота сечения, но и радиус кривизны r_{cp} . Заметим, что изменение последнего на каждом шаге приближения, строго говоря, требует повторного статического расчета рамы вследствие изменения геометрической формы ее оси.

В качестве примера решения поставленной задачи рассмотрим алгоритм проектирования карнизного узла клееной рамы, реализованный на ЭВМ. В предложенном алгоритме указанный итерационный процесс совмещен с подбором оптимального радиуса кривизны r_{cp} гнуто-клееной детали или стоечно-карнизного блока. За рабочую гипотезу принято, что исчерпание прочности узла наступает при следующем условии:

$$\omega_1 = \sigma_1 / R_a^+ > 1, \quad (1)$$

где ω_1 — относительная величина главного растягивающего напряжения σ_1 ;

$$\sigma_1 = 0,5 \left[\sigma_\theta + \sigma_r + \sqrt{(\sigma_\theta - \sigma_r)^2 + 4\tau_{\theta r}^2} \right], \quad (2)$$

(σ_θ , σ_r и $\tau_{\theta r}$ — целесообразно определять численными методами, например по программе *BREST*, разработанной в Брестском политехническом институте);

R_a^+ — расчетное сопротивление клееной древесины на растяжение под углом α ,

$$\alpha = 0,5 \operatorname{arctg} \frac{2\tau_{\theta r}}{\sigma_{\theta} - \sigma_r}. \quad (3)$$

Оптимальным считается такой радиус, при котором направление σ_1 в наименьшей степени отклоняется от направления волокон в наиболее опасной точке расчетного сечения. Причем на $r_{\text{ср}}$ накладываются следующие ограничения: минимальное его значение лимитируется предельным радиусом гнутья из конструктивно-технических условий, а максимальное $r_{\text{ср}}^{\text{max}}$ — из соображений обеспечения требуемого внутреннего габарита помещения, установленного функциональным назначением здания (рис. 1).

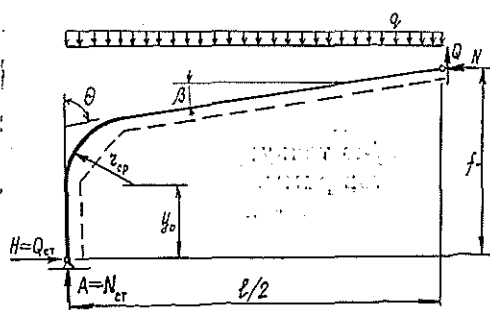


Рис. 1. Расчетная схема полурамы

В основу алгоритма на базе программы *BREST* положена расчетная схема, изображенная на рис. 2. Границы расчетной области находятся в пределах прямолинейных элементов рамы. В направлении ригеля они продлены на расстояние D , величина которого установлена

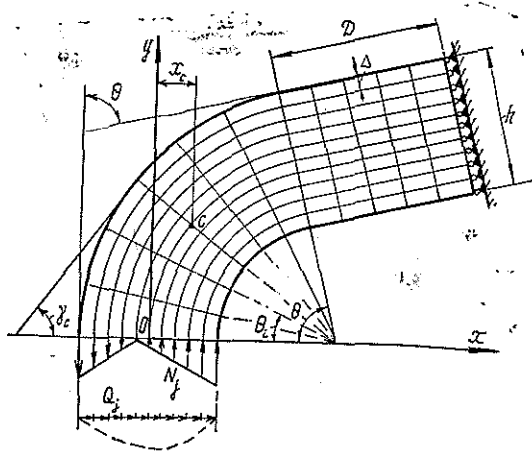


Рис. 2. Конечно-элементная расчетная схема узла сопряжения ригеля со стойкой

исходя из соблюдения принципа Сен-Венана для древесины [2]. В пределах угла θ дуга радиусом $r_{\text{ср}}$ разбивается на n равных частей, а высота сечения h — на m одинаковых полос толщиной Δ . Тогда координаты узлов для каждого i -го радиуса конечно-элементной расчетной схемы в принятой на рис. 2 системе координат определяются из выражений

$$\left. \begin{aligned} x_{ij} &= r_{cp} (1 - \cos \theta_i) \pm j\Delta \cos \theta_i; \\ y_{ij} &= (r_{cp} \pm j\Delta) \sin \theta_i, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где $i = 1, 2, \dots, n + 1$; $j = 1, 2, \dots, 0,5 m$; $\theta_i = (i - 1)$.

К свободному участку незакрепленного торца в каждом узле прикладывают нормальные силы N_j и сдвигающие усилия Q_j . Последние представляют собой узловые равнодействующие нормальных и касательных напряжений, вычисленных в сечении на основании статического расчета рамы. При действии равномерно распределенной по всему пролету постоянной и временной нагрузок интенсивностью q имеем:

$$N_j = \frac{ql\Delta}{2h} \pm \frac{4ql^2y_0\Delta^2}{3fh^3} j; \quad (5)$$

$$Q_j = \frac{4ql^2S_j\Delta}{3fbh^3}, \quad (6)$$

где S_j — статический момент части сечения за пределами полосы, проходящей через j -ю точку;
 b — ширина элементов рамы.

На основании сформированной расчетной схемы подбор \bar{r}_{cp} сводится к следующим процедурам.

1. Диапазон варьирования $r_{cp} = r_{max} \dots r_{min}$ разбиваем на t равных частей.

2. Для каждого r_{cp}^k ($k = 1, 2, \dots, t + 1$) по программе *BREST* определяем напряженное состояние узла сопряжения ригеля со стойкой. В радиальном сечении с координатой $x_c = l/2 (1 - \text{tg} \gamma_c / 4f)$, (при $M = M_{max}$, $Q = 0$) по формулам (2), (3) находим значения α_1 и их направления α_{jk} .

3. Из всей совокупности α_{jk} для максимальных в сечении, проходящем через точку C , главных растягивающих напряжений выбираем такой угол $\bar{\alpha}_{jk}$, при котором $|\alpha_{jk} - \gamma| = \min$. Иными словами, определяем конструктивное решение узла, где направления α_1 и волокон древесины максимально совпадают, т. е. наилучшим образом реализуется принцип согласования полей действующих и расчетных напряжений.

4. Для соответствующего найденному углу $\bar{\alpha}_{jk}$ радиуса \bar{r}_{cp}^k в расчетном сечении определяем параметр ω_{1max} по формуле (1). Если $\omega_{1max} \leq 1$, то сечение работает в безопасной области, если $\omega_{1max} > 1$ — в запредельной. Для удовлетворения с заданной точностью ϵ условия $\omega_{1max} = 1$ при фиксированном значении \bar{r}_{cp}^k осуществляем перекомпоновку поперечного сечения узла. В зависимости от ω_1 высоту сечения либо увеличиваем (при $\omega_{1max} > 1$), либо уменьшаем (при $\omega_{1max} < 1$) на толщину доски δ_n . Аналогичный поиск может быть осуществлен с помощью изменения толщины слоев в пакете, т. к. расчетное сопротивление клееной древесины на растяжение под углом к волокнам R_x^+ зависит от коэффициентов $m_{rn} = \Phi(\bar{r}_{cp}^k / \delta_n)$ и $m_{cl} = \Phi(n_{cl}, \delta_n)$ [5].

Изложенный алгоритм является устойчивым, поскольку сходимость решения вытекает из физической сущности рассмотренной задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Лехницкий С. Г. Теория упругости анизотропного тела.— М.: Наука, 1977.— 416 с. [2]. Орлович Р. Б., Найчук А. Я. О принципе Сен-Венана при загрузении элементов из древесных материалов // Строительство и архитектура.— 1981.— № 9.— С. 14—17.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Серов Е. Н. Рациональное использование анизотропии прочности материалов в клееных деревянных кон-

струкциях массового изготовления: Автореф. дис. ... докт. техн. наук.—Л., 1989.— 48 с. [4]. Серов Е. Н., Табунов С. Ю. Экспериментальные исследования плоского напряженного состояния клеодощатых рам // Методы расчета конструкций из древесины, фанеры и пластмасс: Межвуз. сб. тр.—Л.: ЛИСИ, 1985.—С. 108—116. [5]. СНиП II-25—80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования.—М.: Стройиздат, 1982.— 65 с.

Поступила 29 мая 1990 г.

УДК 624.011.1 : 624.072.2

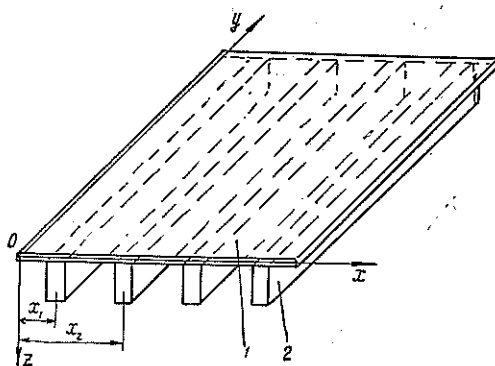
РАСЧЕТ ПЛИТНО-РЕБРИСТЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УПРУГОПОДАТЛИВЫМИ СВЯЗЯМИ

Б. В. ЛАБУДИН

Инженерно-строительный институт (г. Санкт-Петербург)

Неучет упругоподатливых соединений деревянных конструкций (нагели, вклеенные стержни и т. д.) приводит к существенным погрешностям в оценке их напряженно-деформированного состояния [4]. Это характерно для плоскостных деревянных клееных конструкций (ДКК) типа пролетных строений мостов, когда в работу основных несущих элементов включается покрытие, плиты, панели (рис. 1), а также для пространственных систем типа перекрестных балок, многогранных шатров, куполов и т. д. [2].

Рис. 1. Общий вид плитно-ребристой конструкции: 1 — плита; 2 — ребро



Нами предложена методика инженерного расчета, позволяющего учесть совместную работу ребристых ДКК и плит покрытий.

Теория расчета ребристых пластин [1], развиваемая на основании работы Е. С. Гребеня, предполагает абсолютно жесткое присоединение плиты по линии контакта с ребрами. В уравнение равновесия и совместности деформаций для ребер, параллельных оси OY (рис. 1), вводятся обобщенные силы и моменты:

$$\begin{aligned} T_y^* &= T_y + \sum_i T_{pi} \delta(x - x_i); \\ M_y^* &= M_y + \sum_i M_{pi} \delta(x - x_i), \end{aligned} \quad (1)$$

где T_y, M_y — усилие и момент в пластине;
 T_{pi}, M_{pi} — усилие и момент в пластине от i -го ребра;
 $\delta(x - x_i)$ — дельта и функция Дирака.

Усилие в ребре может быть представлено через относительную линейную деформацию его нейтральной оси:

$$T_{pi} = E_i F_i \varepsilon_{pi}, \quad (1a)$$

где E_i — модуль упругости;
 F_i — площадь поперечного сечения ребра;
 ε_{pi} — относительная линейная деформация нейтральной оси ребра.

Момент в i -м ребре определяем по формуле

$$M_{pi}^0 = E_i I_i^0 \kappa_{pi}, \quad (1б)$$

где I_i^0 — момент инерции i -го ребра относительно его нейтральной оси;
 $\kappa_{pi} = w''_{yi}$ — изменение кривизны ребра при изгибе вместе с пластиной.

Для того чтобы воспользоваться соотношением (1) и получить исходные разрешающие уравнения, необходимо установить связь между относительными деформациями волокон ребра и пластины. При жестком соединении ребра и пластины эта связь выявлена [1, 3].

Рассмотрим эту зависимость исходя из условий взаимности перемещений на линии контакта ребро — пластина. Из рис. 2, 3 следует, что разность деформаций между ребром и плитой, обусловленная податливостью упругих связей, может быть выражена через компоненты деформаций составных элементов конструкции:

$$\Delta_{пл} = \Delta_{ор} - \Delta_{изг} + \Delta_{под}, \quad (2)$$

где $\Delta_{пл} = \varepsilon_i dx$; $\Delta_{ор} = \varepsilon_{pi} dx$;

$$\Delta_{изг} = \kappa_{pi} (h_p/2) dx; \quad \Delta_{под} = \gamma_i dx;$$

h_p — высота ребра;

γ_i — коэффициент, учитывающий податливость связей соединений между плитой и ребрами.

Отсюда имеем следующие соотношения компонент деформаций:

$$\varepsilon_i dx = \varepsilon_{pi} dx - \kappa_{pi} \frac{h_p}{2} dx + \gamma_i dx$$

или

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{pi} - \kappa_{pi} \frac{h_p}{2} + \gamma_i.$$

Следовательно,

$$\varepsilon_{pi} = \varepsilon_i + \kappa_{pi} \frac{h_p}{2} - \gamma_i. \quad (3)$$

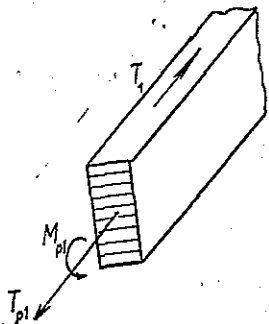


Рис. 2. Усилия, возникающие в ребре

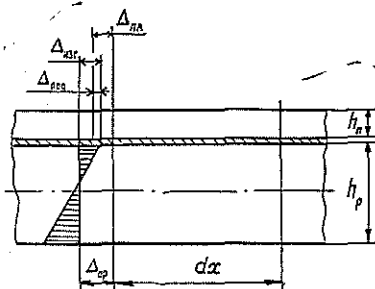


Рис. 3. Компоненты деформаций на линии контакта ребро — пластина

Подставляя это соотношение в (1а), получаем

$$T_{pi} = E_i F_i \left(\varepsilon_i + \alpha_{pi} \frac{h_p}{2} - \gamma_i \right) = E_i F_i \varepsilon_i + E_i S_i \alpha_{pi} - E_i F_i \gamma_i. \quad (4)$$

Здесь $S_i = F_i \frac{h_p}{2}$ — статический момент сечения ребра относительно нейтральной плоскости пластины.

Момент от ребра, приведенный к нейтральной плоскости, представ-
ляем как

$$M_{pi}^* = M_{pi}^0 + T_{pi} \frac{h_p}{2}. \quad (5)$$

С учетом (3)

$$\begin{aligned} M_{pi}^* &= E_i I_i^0 \alpha_{pi} + \frac{h_p}{2} \left(E_i F_i \varepsilon_i + E_i F_i \frac{h_p}{2} \alpha_{pi} - E_i F_i \gamma_i \right) = \\ &= E_i I_i \alpha_{pi} + E_i S_i \varepsilon_i - E_i S_i \gamma_i, \end{aligned} \quad (6)$$

где I_i — момент инерции i -го ребра относительно нейтральной плоско-
сти пластины, $I_i = I_i^0 + F_i \left(\frac{h_p}{2} \right)^2$.

Подстановка соотношения (1) в уравнения равновесия рассматри-
ваемой конструкции, нагруженной внешними силами P ,

$$\begin{aligned} \frac{\partial T_x}{\partial x} + \frac{\partial S}{\partial y} &= 0; \quad \frac{\partial S}{\partial x} + \frac{\partial T_y}{\partial y} = 0; \\ \frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} &= P \end{aligned} \quad (7)$$

дает следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{\partial T_x}{\partial x} + \frac{\partial S}{\partial y} &= 0; \\ \frac{\partial S}{\partial x} + \frac{\partial T_y}{\partial y} &= - \sum_i (E_i F_i \varepsilon'_{iy} + E_i S_i \omega''_{iy} - E_i F_i \gamma'_{iy}) \delta(x - x_i); \\ \frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} &= P - \sum_i (E_i I_i \omega''_{iy} + E_i S_i \varepsilon''_{iy} - E_i S_i \gamma''_{iy}). \end{aligned} \quad (8)$$

Если воспользуемся известными соотношениями упругости тонких
изгибаемых пластин [5]

$$\begin{aligned} \tilde{T}_x &= B (\varepsilon_x + \mu \varepsilon_y); \quad T_y = B (\varepsilon_y + \mu \varepsilon_x); \\ S &= B \frac{1-\mu}{2} \omega; \\ M_x &= D (\omega''_x + \mu \omega''_y); \quad M_y = D (\omega''_y + \mu \omega''_x); \\ M_{xy} &= D (1-\mu) \omega''_{xy} \end{aligned} \quad (9)$$

и геометрическими дифференциальными зависимостями Коши

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}; \quad \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}; \quad \omega = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}, \quad (10)$$

где u, v, ω — компоненты вектора перемещений точек нейтральной
плоскости в результате деформации совместно с реб-
рами;

B — жесткость ребра, $B = EI = E b h_p^3 / 12$;

ω — коэффициент Пуассона;

D — цилиндрическая жесткость плиты, $D = Eh_n^3/12 (1 - \mu^2)$, то после ряда преобразований [3] систему (8) представим в перемещениях:

$$\begin{aligned} \nabla^4 u &= -\frac{1}{B} \sum_i E_i (F_i v_{iy}^{III} + S_i w_{iy}^{IV} - F_i \gamma_{iy}'') \delta''(x - x_i) \frac{\mu + 1}{\mu - 1}; \\ \nabla^4 v &= -\frac{1}{B} \sum_i \frac{2}{1 - \mu} [E_i (F_i v_{iy}'' + S_i w_{iy}^{III} - F_i \gamma_{iy}') \times \\ &\quad \times \delta''(x - x_i) + E_i (F_i v_{iy}^{IV} - F_i \gamma_{iy}'' + S_i w_{iy}^V) \delta(x - x_i)]; \\ \nabla^4 w &= \frac{P}{D} - \frac{1}{D} \sum_i E_i (I_i w_{iy}^{IV} + S_i v_{iy}^{III} - S_i \gamma_{iy}'') \delta(x - x_i). \end{aligned} \quad (11)$$

Здесь ∇^4 — бигармонический оператор Лапласа,

$$\nabla^4 = \Delta^2 = \frac{\partial^4}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4}{\partial y^4}.$$

Для решения этой системы представим u , v , w в виде быстроходящихся рядов*:

$$\begin{aligned} w &= \sum w_k(x) \sin \beta_k y; \\ u &= \sum u_k(x) \sin \beta_k y; \\ v &= \sum v_k(x) \cos \beta_k y, \end{aligned} \quad (12)$$

где w_k , u_k , v_k — искомые коэффициенты, зависящие от переменных x и y ;

$$\beta_k = k\pi/b.$$

Тогда система (11), с учетом ортогональности функций $\sin \beta_k y$ и $\cos \beta_k y$, сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \left(\frac{d^2 u}{dx^2} - \beta_k^2 u\right)^2 &= -\frac{1}{B} \beta_k^3 \sum_i E_i (F_i v_k(x_i) + S_i \beta_k w_k(x_i) - \\ &\quad - F_i \gamma_k' \frac{1}{\beta_k}) \frac{\mu + 1}{\mu - 1} \delta'(x - x_i); \\ \left(\frac{d^2 v}{dx^2} - \beta_k^2 v\right)^2 &= \frac{1}{B} \frac{2\beta_k^2}{1 - \mu} \sum_i [E_i (F_i v_i(x_i) + S_i \beta_k^2 w_k(x_i) - \\ &\quad - F_i \gamma_k \frac{1}{\beta_k}) \delta''(x - x_i)] + E_i \beta_k^4 (E_i v_i(x_i) - F_i \gamma_i(x_i) + \\ &\quad + S_i w_i(x_i) \beta_k^2) \delta(x - x_i); \\ \left(\frac{d^2 w}{dx^2} - \beta_k^2 w\right)^2 &= \frac{P}{D} - \sum_i E_i \beta_k^2 (I_i \beta_k^2 w_i(x_i) + \\ &\quad + S_i \beta_k v_i(x_i) + S_i \gamma_k(x_i)) \delta(x - x_i). \end{aligned} \quad (13)$$

Решим эту систему согласно [3]:

$$u_k(x) = -\frac{1}{B} \frac{\mu + 1}{\mu - 1} \beta_k^3 \sum_i E_i (F_i v_k(x_i) + S_i \beta_k w_k(x_i) - F_i \gamma_k' \frac{1}{\beta_k}) \psi_{ki}'(x);$$

* Доказательство достаточно хорошей сходимости, позволяющей ограничиться удержанием всего 1—2 членов ряда, а также методов улучшения сходимости приведены в [3].

$$\begin{aligned}
 v_k(x) = \frac{1}{B} \left\{ \frac{2\beta_k^2}{1-\mu} \sum_i \left[E_i (F_i v_k(x_i) + S_i \beta_k^2 w_k(x_i) - \right. \right. \\
 \left. \left. - F_i \frac{1}{\beta_k} \gamma_k(x_i)) \right] \psi_{ki}'(x) + E_i \beta_k^4 (F_i v_i(x_i) - \right. \\
 \left. - F_i \gamma_i(x_i) + S_i w_k(x_i) \beta_k^2) \psi_{ki}(x) \right\}; \quad (14) \\
 w_k(x) = w_{ок} - \sum_i E_i \beta_k^2 (I_i \beta_k^2 w_k(x_i) + S_i \beta_k v_k(x_i) - \\
 - S_i \gamma_k(x_i)) \psi_{ki}(x).
 \end{aligned}$$

Неизвестные коэффициенты $w_k(x_i)$, $v_k(x_i)$ определяем из системы (14), принимая $x = x_i$. Функции $\psi_i(x)$, $\psi_i'(x)$, $\psi_i''(x)$ являются решениями уравнений

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{d^2}{dx^2} - \beta_k^2 \right)^2 \psi_i = \delta(x - x_i); \quad \left(\frac{d^2}{dx^2} - \beta_k^2 \right)^2 \psi_i' = \delta'(x - x_i); \\
 \left(\frac{d^2}{dx^2} - \beta_k^2 \right)^2 \psi_i'' = \delta''(x - x_i)
 \end{aligned}$$

и имеют вид [3]

$$\begin{aligned}
 \psi_i = \psi_i^0 + \frac{1}{2\beta_k^3} [\beta_k(x - x_i) \operatorname{ch} \beta_k(x - x_i) - \operatorname{sh} \beta_k(x - x_i)] H(x - x_i); \\
 \psi_i' = \psi_i^{0'} + \frac{1}{\beta_k^2} \beta_k(x - x_i) \operatorname{sh} \beta_k(x - x_i) H(x - x_i); \quad (15)
 \end{aligned}$$

$$\psi_i'' = \psi_i^{0''} + \frac{1}{2\beta_k} [\beta_k(x - x_i) \operatorname{ch} \beta_k(x - x_i) + \operatorname{sh} \beta_k(x - x_i)] H(x - x_i),$$

где ψ_i^0 — общее решение соответствующего однородного уравнения,

$$\psi_i^0 = C_1 \operatorname{ch} \beta_k x + C_2 \operatorname{sh} \beta_k x + C_3 \beta_k x \operatorname{sh} \beta_k x + C_4 \beta_k x \operatorname{ch} \beta_k x;$$

C_1, C_2, C_3, C_4 — постоянные интегрирования;
 H — функция Хевисайда.

После определения u_k , v_k , w_k , используя формулы (9), (10), (12), вычисляем все компоненты напряженно-деформированного состояния.

Предлагается следующая последовательность расчета рассматриваемых конструкций.

1. Из граничных условий на краях $x = 0$, $x = a$ находим постоянные интегрирования C_1, C_2, C_3, C_4 и строим функции $\psi_i, \psi_i', \psi_i''$. Если на краях имеем шарнирно-подвижные опоры, то из условия равенства нулю прогибов и моментов: при $x = 0$ $\psi_i(0) = \psi_i''(0) = 0$, при $x = a$ $\psi_i(a) = \psi_i'(a) = 0$.

2. Из системы (14) при $x = x_i$ определяем коэффициенты $u_k(x_i)$, $v_k(x_i)$, $w_k(x_i)$.

3. По формулам (9), (10), (12) вычисляем усилия и моменты в любой точке подкрепленной плиты.

Перед расчетом необходимо задать значение коэффициента γ_i , который характеризует податливость связей на границе присоединения i -го ребра к плите. Очевидно, что при $\gamma_i = 0$ имеем жесткое сопряжение ребра с плитой.

Универсальность предлагаемого метода заключается в том, что с его помощью можно рассчитывать ребра без учета работы плиты, а также плиту, не принимая во внимание работу ребер.

Представленное решение можно распространить на ортотропную плиту с ребрами, плиту с ребрами в двух направлениях и другие задачи строительной механики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Гребень Е. С. Метод расчета прямоугольных в плане пологих оболочек, подкрепленных ребрами // Расчет пространственных конструкций.—М., 1969.— Вып. 11.— С. 132—140. [2]. Лабудин Б. В. Конструирование и расчет современных пространственных ДКК. Перекрестные балки и купола.—Л.: ЛТА; 1984.— 64 с. [3]. Михайлов Б. К. Пластины и оболочки с разрывными параметрами.—Л.: ЛГУ, 1986.— 196 с. [4]. Ржаницын А. Р. Составные стержни и пластинки.—М.: Стройиздат, 1986.— 316 с. [5]. Тимошенко С. П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки.—М.: Наука, 1966.— 636 с.

Поступила 16 сентября 1991 г.

УДК 630*811 : 630*435

МИКРОСТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ СРЕДНЕГО ПРИАНГАРЬЯ, ПОДВЕРГШЕЙСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ОГНЯ

Е. Г. КРИВИЦКИХ, Е. В. ХАРУК

Сибирский технологический институт

В лесах Средней Сибири практически нет древостоев, не пройденных лесными пожарами, которые существенно влияют на строение и свойства древесины, что определяет, в конечном итоге, область ее применения.

Цель данной работы — изучить микростроение подвергавшейся воздействию огня древесины с учетом степени повреждения деревьев.

Исследования проводили в древостоях сосны Братского района Иркутской области на стационаре Института леса и древесины СО АН СССР.

Закладку пробных площадей и отбор модельных деревьев осуществляли по ГОСТ 16483.6—80 [2]. Степень повреждения дерева огнем учитывали по высоте нагара. Кряжи выпиливали из комлевой части ствола, имеющего следы как однократного, так и многократного повреждения огнем с наличием раневой древесины [5].

Для микроскопических определений брали по 30 срезов из каждой зоны ствола, включающих древесину, сформированную до и после пожара. Контрольные срезы готовили из древесины, не подвергавшейся воздействию огня. В каждой из зон измеряли толщину клеточных стенок, диаметр и длину трахеид [7].

Поскольку исследовали древесину, подвергавшуюся воздействию огня различной степени интенсивности, то возникла необходимость изучения структур клеточного строения на разных стадиях формирования древесины, которое проводилось на основе фундаментальных работ по пожарной травматологии академика И. С. Мелехова [3, 4, 5, 9].

Для сравнения в таблице приведены данные по толщине клеточной стенки, длине и диаметру трахеид древесины одного и того же дерева до и после пожара. При этом исходили из того, что образование структурных элементов клетки происходило при равных почвенно-климатических условиях. Это позволило внести определенные коррективы в показатели микростроения древесины, повторно поврежденной огнем.

Как видно из таблицы, при однократном повреждении дерева толщина клеточной стенки и длина трахеид в первые 2...4 года после

Показатель	Среднее арифметическое значение и его ошибка				Критерий Стьюдента	
	до пожара				до пожара	расчетный
	через 2... 4 года	через 5... 10 лет	более 10 лет			
Толщина клеточной стенки при повреждении, мкм:	2,58 ± 0,04	3,17 ± 0,11	3,14 ± 0,07	3,16 ± 0,05	9,04	2,10
	4,36 ± 0,25	5,40 ± 0,36	5,14 ± 0,30	5,37 ± 0,35	2,35	2,10
б) двукратном: после первого пожара	2,28 ± 0,32	3,33 ± 0,12	3,10 ± 0,06	3,16 ± 0,22	2,26	1,40
	3,54 ± 0,51	6,19 ± 0,41	4,69 ± 0,08	4,73 ± 0,13	2,25	1,40
после второго пожара	2,66 ± 0,22	3,26 ± 0,29	3,17 ± 0,16	3,34 ± 0,09	2,88	1,40
	3,82 ± 0,35	6,16 ± 0,30	6,34 ± 0,18	5,24 ± 0,42	4,42	1,40
Длина трахеид при однократном повреждении, мм	2,42 ± 0,13	2,83 ± 0,09	2,67 ± 0,08	2,89 ± 0,11	2,72	2,12
	2,76 ± 0,12	3,11 ± 0,12	2,99 ± 0,11	3,27 ± 0,14	2,73	2,12
Диаметр трахеид при повреждении, мкм:	35,11 ± 0,88	41,36 ± 1,70	40,96 ± 1,32	41,24 ± 1,26	3,99	2,10
	18,36 ± 0,92	21,94 ± 0,84	21,81 ± 0,39	21,90 ± 0,61	3,21	2,10
б) двукратном: после первого пожара	32,70 ± 5,14	41,12 ± 1,49	41,03 ± 1,46	39,85 ± 3,75	1,72	1,33
	15,33 ± 1,89	23,46 ± 0,92	22,43 ± 0,73	20,57 ± 0,37	2,72	2,10
после второго пожара	35,05 ± 1,86	39,83 ± 1,50	40,39 ± 1,50	40,60 ± 1,60	2,26	2,10
	16,53 ± 2,50	21,57 ± 1,99	22,27 ± 0,17	22,91 ± 0,66	2,47	2,10

Примечание. В числителе — данные для ранних зон, в знаменателе — для поздних.

пожара значительно меньше, чем до пожара. Это в равной степени относится к трахеидам ранней и поздней зон годовичного слоя. Достоверность полученных результатов подтверждена критерием Стьюдента. Аналогичные данные были получены по древесине сосны Крымской [8].

Значительное увеличение толщины клеточной стенки и длины трахеид происходит в последующие годы формирования древесины. Этот период колеблется от 5 до 10 лет. Стабилизируются размеры клеток по истечении 10 лет после пожара. Подобные изменения размеров кле-

ток по всем зонам формирования древесины прослеживается и при двукратном повреждении дерева огнем.

Диаметр трахеид изменяется адекватно толщине клеточных стенок и длине трахеид по соответствующим зонам после пожара. Тенденция сохраняется как при однократном, так и при двукратном повреждении.

Под влиянием пожара резко уменьшается число рядов трахеид в годичном слое, а, в конечном итоге, ширина годичного слоя и соотношение ранней и поздней древесины в нем. Так, если до пожара ширина годичного слоя равна 2,37 мм, а число рядов ранних трахеид 24 и поздних 11, то в первые годы после пожара имеем соответственно 1,31 мм, 14 и 7 рядов. Эта закономерность довольно четко проявляется и в других зонах формирования древесины после пожара.

На основании полученных нами результатов можно сделать вывод, что в древесине сосны, подвергшейся воздействию огня, меняется длина трахеид, толщина их стенок, число рядов клеток и соответственно ширина годичного слоя, содержание поздней древесины в нем, что приводит к изменению свойств древесины. Эта тенденция сохраняется как при однократном, так и при многократном повреждении во всех зонах формирования древесины.

Данные по варьированию ширины годичного слоя и числа рядов трахеид в нем при изменении условий произрастания хорошо согласуются с исследованиями [1, 6, 10]. Что же касается изменений микростроения древесины сосны из древостоев, многократно подвергавшихся воздействию лесных пожаров, то такие результаты получены впервые.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Вихров В. Е., Лобасенок А. К. Технические свойства древесины в связи с типами леса.—МВСО БССР, 1963.—168 с. [2]. ГОСТ 16483.6—80 (СТ СЭВ 1141—78). Древесина. Метод отбора модельных деревьев и кряжей для определения физико-механических свойств древесины насаждений.—М.: Изд-во стандартов, 1980.—6 с. [3]. Ломов В. Д., Чипашвили В. Б. Формирование годичных слоев березы в насаждениях, пройденных пожаром // Тр. МЛТИ.—М., 1976.—Вып. 88.—С. 30—34. [4]. Мелехов И. С. Об изменениях анатомического строения древесины сосны под влиянием лесных пожаров.—Архангельск: АЛТИ, 1940.—52 с. [5]. Мелехов И. С. Влияние пожаров на лес.—М.; Л.: Гослестехиздат, 1948.—126 с. [6]. Мелехова Т. А. Формирование годичного слоя сосны в связи с лесорастительными условиями // Тр. АЛТИ.—Архангельск, 1954.—Т. 14.—С. 123—138. [7]. Москалева В. Е. Строение древесины и его изменение при физических и механических воздействиях.—М.: Изд-во АН СССР, 1957.—165 с. [8]. Савченко А. Г. Послепожарные изменения в анатомическом строении древесины у деревьев сосны Крымской // Тр. МЛТИ.—М., 1980.—Вып. 123.—С. 14—17. [9]. Савченко А. Г. Влияние пожаров на прирост и строение древесины сосны Крымской // Лесн. журн.—1984.—№ 3.—С. 5—8.—(Изв. высш. учеб. заведений). [10]. Федоров Р. Б. Географические особенности структуры годичных слоев сосны обыкновенной в древостоях лесной зоны СССР // Современные проблемы древесиноведения.—Красноярск, 1987.—С. 20—22.

Поступила 6 мая 1991 г.

УДК 630*812 : 674.812

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ РАСПЛАВОМ СТЕАРИНОВОЙ КИСЛОТЫ

А. И. ДМИТРЕНКОВ, Л. И. БЕЛЬЧИНСКАЯ, С. С. НИКУЛИН

Воронежский лесотехнический институт

В настоящее время древесина остается одним из широко используемых в промышленности и строительстве материалов. Поэтому важной задачей является поиск новых эффективных модифицирующих ма-

териалов, способных придать изделиям из древесины комплекс необходимых свойств, особенно из менее стойких лиственных пород — березы, осины. Особенности пористой структуры древесины и возможность активно впитывать влагу обуславливают один из ее недостатков — изменение размеров изделий в процессе эксплуатации, а также их разрушение под воздействием адсорбируемой влаги. Этот недостаток устраняется пропиткой древесины различными модифицирующими веществами, а также нанесением защитных покрытий и поверхностным заполнением пор древесины.

Для пропитки используют как неорганические, так и органические вещества. Эффективным методом повышения химической стойкости древесины, придания ей других заданных свойств является ее модифицирование синтетическими полимерами [8, 9]. Среди неорганических веществ можно выделить использование аммиака [2, 4] и водных растворов некоторых солей минеральных кислот [3, 5].

Для модификации древесины лиственных пород широко применяют серу [1, 6]. Древесину, естественной влажности [1] или частично (полностью) высушенную [6], пропитывают в расплаве серы при температуре 155...160 °С с последующим извлечением из расплава и охлаждением. Такая обработка позволяет повышать твердость и снижать водопоглощение древесины лиственных пород. Однако для существенного улучшения указанных свойств требуется значительное (более 50 % от массы изделия) количество пропиточного состава, что увеличивает жесткость и опасность растрескивания материала, а также резко повышает себестоимость получаемых изделий. Кроме того, пропитку следует выполнять в достаточно узком температурном интервале при значительной продолжительности.

Оригинальной является технология модифицирования древесины раствором расплава стеарата поливалентного металла в нефтяных маслах. При этом карбоксилсодержащие компоненты древесины в результате ионообменной реакции связывают цинк, образуется стеариновая кислота, что позволяет увеличить торцовую твердость, снизить влагопоглощение и набухание древесины [7]. Однако предлагаемая технология довольно сложна и требует существенных затрат, а кроме того, снижает прочность изделий.

Целью данной работы является изучение технологии модифицирования древесины лиственных пород расплавом стеариновой кислоты, позволяющей уменьшить водопоглощение изделий из древесины, а также сократить продолжительность пропитки.

Для исследований использовали образцы древесины березы влажностью 8...11 % стандартных размеров (20 × 20 × 30 мм). Количество введенного модифицирующего вещества рассчитывали по разности масс пропитанных и непропитанных образцов после их сушки до постоянной массы. Водопоглощение древесины определяли согласно ГОСТ 16483.20—72.

Модификацию осуществляли следующим образом. Образцы предварительно прогревали до 80...95 °С. После этого образцы, имеющие естественную влажность помещали в расплав стеариновой кислоты с температурой 150...160 °С. Сушку их осуществляли в расплаве. В экспериментах использовали промышленно выпускаемую стеариновую кислоту с температурами плавления и разложения соответственно 69,4 и 370 °С. После завершения процесса влаговыделения, который контролировали по исчезновению пузырьков, образцы выдерживали в течение 20...30 мин в расплаве при той же температуре, а затем снижали ее до 70...75 °С. Извлекали из расплава образцы и охлаждали до температуры окружающей среды на воздухе или погружали в воду с температурой 15...20 °С на 20...40 мин.

Параллельно модифицировали образцы расплавом серы с той же температурой, что и для стеариновой кислоты (продолжительность пропитки 40 мин) [1].

В исследованиях варьировали влажность и температуру предварительного прогрева образцов древесины, температуру расплава, продолжительность пропитки и условия охлаждения после нее.

Таблица 1
Результаты испытаний образцов древесины березы

Древесина	Влажность, %	Увеличение массы после пропитки, %	Водопоглощение, %, определенное по истечении времени, сут			
			1	5	10	30
Модифицированная*: образец 1	11,2	69,1	5,0	11,8	18,6	23,2
		67,2	7,6	26,9	34,9	41,3
» 2	10,0	64,0	5,4	12,8	22,2	24,6
		59,3	8,4	27,1	36,0	41,6
» 3	9,4	55,2	5,1	14,9	23,4	25,5
		56,5	9,5	25,8	36,6	45,4
» 4	8,1	47,9	6,0	14,1	24,7	27,2
		45,7	10,7	30,3	42,7	51,0
Натуральная	—	—	45,4	81,5	94,5	118,1

* В числителе — данные для образцов, модифицированных расплавом стеариновой кислоты, в знаменателе — расплавом серы.

Как следует из представленных в табл. 1 данных, пропитка древесины лиственных пород расплавом стеариновой кислоты обеспечивает изделиям более высокие показатели водостойкости по сравнению с натуральной и модифицированной расплавом серы древесиной. При этом расход модификатора приблизительно одинаков.

Таблица 2
Водопоглощение образцов, модифицированных расплавом стеариновой кислоты

Образец	Водопоглощение*, %, определенное по истечении времени, сут		
	1	5	30
1	6,3/5,0	16,5/13,3	26,3/20,8
2	6,6/5,2	17,0/15,0	27,4/23,1

* В числителе — данные для образцов, охлаждаемых на воздухе при температуре 20 °С; в знаменателе — в воде при той же температуре.

В табл. 2 приведены показатели водопоглощения образцов древесины березы, пропитанных в течение 20 мин расплавом стеариновой кислоты с температурой 160 °С, в зависимости от способа их охлаждения после пропитки. Охлаждение образцов в воде с температурой 15... 20 °С используется для предотвращения вытекания расплавленной стеариновой кислоты из сосудов древесного материала и ее закрепления внутри и на поверхности древесины. Это способствует уменьшению водопоглощения модифицированной древесины, хотя и в меньшей степени, чем при пропитке расплавом серы.

Таблица 3

Зависимость водопоглощения
модифицированной древесины от температуры
расплава стеариновой кислоты
и продолжительности пропитки

Темпе- ратура рас- плава, °С	Продол- житель- ность про- питки, мин	Водопоглощение, %, определенное по истечении времени, сут			
		1	5	10	30
140	30	7,2	22,0	26,1	30,3
150	30	5,4	14,5	24,0	26,7
155	20	6,3	16,5	—	26,2
	30	5,2	14,7	—	25,3
160	40	5,4	14,4	—	27,0
	30	5,1	19,9	23,4	25,5

Результаты испытаний (табл. 3) показывают, что оптимальной является продолжительность пропитки 20...30 мин. Более длительное нахождение в расплаве не приводит к улучшению показателей древесины. При продолжительности пропитки меньше 20 мин модифицирующий состав не успевает проникнуть на достаточную глубину, особенно при больших размерах заготовок.

Отметим также, что данная технология позволяет сократить продолжительность пропитки в расплаве от 40...50 мин в случае использования серы [1] до 20...30 мин для стеариновой кислоты.

Интервал температуры в 150...160 °С расплава стеариновой кислоты выбран исходя из того, что при температуре ниже 150 °С уменьшается интенсивность пропитки и заметно ухудшаются показатели водостойкости модифицированной древесины. При температуре выше 160 °С возникает опасность обугливания древесного материала.

Полученные образцы имели улучшенный внешний вид по сравнению с изделиями, модифицированными серой, и не темнели после длительного воздействия влаги.

Таким образом, использование предлагаемой технологии в производстве позволит повысить водостойкость изделий, сократить продолжительность пропитки, расширить ее температурный интервал и уменьшить опасность растрескивания материала по сравнению с известным методом пропитки расплавом серы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А. с. 1222554 СССР, МКИ В 27 К 5/06, 3/34. Способ модификации древесины / Т. И. Татишвили, Р. Н. Мачавариани, З. Н. Цылоани, Р. А. Асатиани, Г. С. Джимшелешвили (СССР).— 3856505/29—15; Заявлено 21.02.85; Опубл. 07.04.86. Бюл. № 13 // Открытия. Изобретения.— 1986.— № 13.— С. 73. [2]. Берзиньш Г. В., Лапса П. Я., Зиемелис А. Э. Химико-механическое модифицирование древесины аммиаком.— Рига: Латв. НИИТИ, 1983.— 62 с. [3]. Берлин А. А. Исследования в области химии и технологии облагораживания древесины и древесных пластических масс.— М.: Химия, 1950.— 124 с. [4]. Некоторые пути интенсификации процессов модифицирования древесины / У. Я. Лиелпетерис, И. О. Зиединьш, Э. П. Мергин и др. // Проблемы модификации древесины, перспективы развития ее производства и применение в народном хозяйстве: Матер. Всесоюз. науч.-техн. конф.— Минск, 1979.— С. 205—207. [5]. Нысенко Н. Г., Генель С. В. Пластификация цельной древесины.— М.; Л., 1958.— 252 с. [6]. Пропитка древесины серой / Ю. И. Орловский, В. В. Панов, С. А. Манзий, В. П. Манзий // Строительство и архитектура.— 1984.— № 6.— С. 76—80.— (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Родненков В. Г. Модифицирование древесины раствором стеариновокислого цинка в минеральном масле // Химия древесины.— 1981.— № 2.— С. 90—95. [8]. Хрулев В. М., Рыков Р. И. Обработка древесины полимерами.— Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1984.— 142 с. [9]. Хрулев

В. М., Токтогожаев М. А. Химическая стойкость натуральной и модифицированной древесины // Лесн. журн. 1988. — № 2. — С. 56—59. — (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 12 мая 1991 г.

УДК 674.053 : 621.934

О ВЛИЯНИИ НАПРАВЛЯЮЩИХ НА КОЛЕБАНИЯ ДИСКА ПИЛЫ ПРИ ЖЕСТКОМ ЕЕ КРЕПЛЕНИИ НА ПИЛЬНОМ ВАЛУ

Ю. М. СТАХИЕВ, В. В. МАКАРОВ
ЦНИИМОД

Диск тонкой круглой пилы не способен эффективно сопротивляться действующим на него при пилении силам. Для уменьшения отклонений диска от плоскости вращения в непосредственной близости от зоны резания устанавливают ограничители отклонения (направляющие). Их диаметр колеблется от 10...20 до 60...90 мм и более.

Влияние направляющих на колебания тонкого диска изучено недостаточно. Нами было проведено три серии опытов. В основных опытах использовали диск диаметром 486 мм, толщиной 1,25 мм, полученный путем обрезки зубьев у пилы диаметром 510 мм фирмы Tenyu Saw (Япония). Диаметр зажимных фланцев 125 мм, параметр шероховатости торцовых поверхностей $R_z = 0,85 \dots 1,55$ мкм, торцовое биение диска при медленном вращении 0,23 мм.

В первой серии опытов изучено влияние направляющих на формы и частоты собственных колебаний невращающегося диска. Исследования проводили на экспериментальной установке, разработанной ЦНИИМОД [5, рис. 4.7], дополнительно оснащенной кронштейном для крепления против периферийной зоны пилы с двух сторон аэростатических направляющих диаметром 60 мм. Они спроектированы на основании расчетов по методике [2] с кольцевой микроканавкой диаметром 30 мм, глубиной 0,7 мм и равномерно расположенными четырьмя отверстиями поддува диаметром 1,1 мм. При одностороннем зазоре между направляющими и диском 0,04 мм, давлении поддува 0,5 МПа подъемная сила равна 523 Н, жесткость опоры 523 Н/мкм, а массовый расход воздуха 3 м³/ч.

Изучено несколько вариантов установки направляющих: без зазора (жесткое защемление диска); с односторонним зазором 0,04 мм без подвода воздуха; то же, но с подводом воздуха под давлением 0,2; 0,3 и 0,4 МПа. Рассмотрены формы собственных колебаний с числом узло-

Таблица 1

Односторонний зазор между пилой и направляющими, мм	Давление поддува, МПа	Частота собственных колебаний, Гц, при числе узловых радиусов											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Без направляющих 0 0,04	—	24	—	29	—	48	—	88	—	145	—	215	
	0	—	27	31	42	57	79	102	131	161	*	234	
	0,04	0	—	25	30	40*	52	*	92	*	149	*	217
	0,2	—	25	31	40	52	76	93	126	150	*	218	
	0,3	—	25	31	40	53	76	94	127	150	*	220	
	0,4	—	25	31	40	53	76	94	128	151	*	221	

* Возбудить колебания в диске не удалось.

вых диаметров $\lambda = 0 \dots 5$ ($0 \dots 10$ узловых радиусов). Результаты опытов приведены в табл. 1.

Опыты показали, что защемление периферийной зоны диска направляющими вызывает увеличение частот собственных колебаний для обычных форм и приводит к возникновению новых форм собственных колебаний (рис. 1) с нечетным числом узловых радиусов (числом узловых диаметров 0,5; 1,5; 2,5; 3,5...).

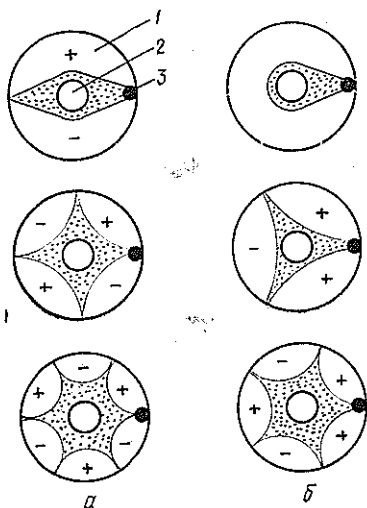


Рис. 1. Формы собственных колебаний диска с обычными (а) при $\lambda = 1; 2; 3$ и новыми (б) при $\lambda = 0,5; 1,5; 2,5$ направляющими: 1 — пила; 2 — фланцы; 3 — аэростатические направляющие

Максимальное увеличение частот происходило при жестком защемлении диска направляющими. Для обычных форм колебаний с числом узловых диаметров 1, 2, 3, 4 и 5 оно составило соответственно 7, 19, 16, 11 и 9 %. При использовании аэростатических направляющих

с односторонним зазором 0,04 мм увеличение частот собственных колебаний слабо зависело от давления поддува воздуха и составляло (при давлении 0,4 МПа) соответственно 7, 10, 7, 4 и 3 %.

При возбуждении как обычных, так и новых форм колебаний один из узловых диаметров (радиусов) обязательно проходил через направляющие. Возможность появления новых форм колебаний, впервые обнаруженная ЦНИИМОД в 1967 г. [3, 5], ранее в технической литературе не обсуждалась. При расшифровке осциллограмм с записью резонансных колебаний вращающегося диска необходимо учитывать возможность возникновения как обычных, так и новых форм колебаний.

Во второй серии опытов проводились разгонные испытания диска $486 \times 1,25$ мм и пилы $510 \times 1,65$ мм без направляющих на экспериментальной установке, разработанной ЦНИИМОД, [5, рис. 4.9]. Она обеспечивает бесступенчатое медленное ($3,5 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$) повышение частоты вращения n пильного вала от 0 до 6000 мин^{-1} и регистрацию на осциллографе Н-700 (скорость записи 0,5 мм/с) поперечных колебаний диска неподвижным емкостным датчиком, расположенным против периферийной зоны пилы с зазором 5 мм. Диаметр зажимных фланцев равен 125 мм.

Установлено (рис. 2, а), что при свободном вращении с постепенным увеличением частоты диск проходит несколько критических частот вращения $n_{кр \lambda}$, после чего возникают автоколебания. Для диска $486 \times 1,25$ мм, зажато фланцами диаметром 125 мм, критические частоты вращения были равны 2200 ($\lambda = 2$), 2300 ($\lambda = 3$), 2700 ($\lambda = 4$), 3115 мин^{-1} ($\lambda = 5$), а частота вращения, соответствующая началу возникновения автоколебаний, $n_{авт}^{\text{мин}} = 3510 \text{ мин}^{-1}$. При медленном ($3,5 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$) непрерывном снижении частоты вращения из зоны авто-

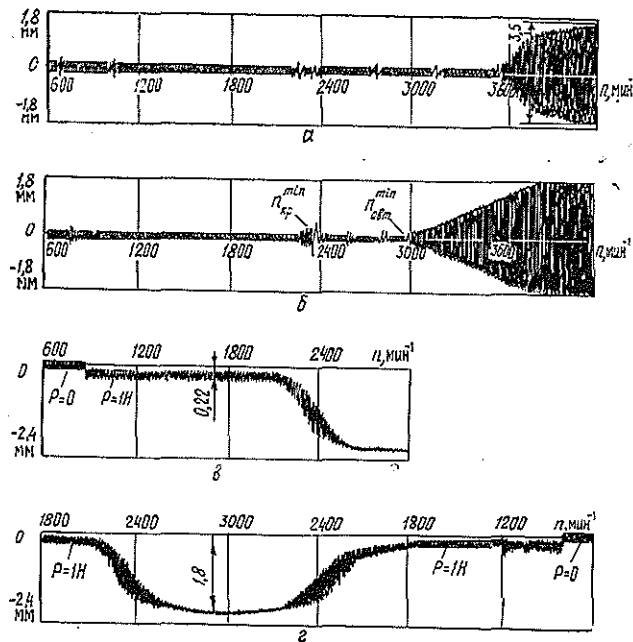


Рис. 2. Осциллограммы колебаний вращающегося диска: а, б — соответственно при увеличении и уменьшении частоты вращения; в — при действии поперечной силы $P = 1\text{H}$; г — то же, но сначала частота увеличивалась, а затем уменьшалась

колебаний $n_{\text{авт}}^{\text{min}} \approx 2925 \text{ мин}^{-1}$, что объясняется запаздыванием затухания колебаний (рис. 2, б).

Разгон диска при действии на его периферийную зону неподвижной в пространстве поперечной сосредоточенной силы $P = 1 \text{H}$ приводил к значительному увеличению прогиба в направлении действия силы при $n \geq n_{\text{кр}}^{\text{min}}$ (рис. 2, в). Ввиду нелинейности системы происходило затягивание колебаний формы $\lambda = 2$ на широкую область частот вращения, причем принимаемая диском форма «стоячих волн» ориентирована относительно точки приложения сосредоточенной силы P . Если при действии силы $P = 1 \text{H}$ производить сначала увеличение частоты вращения от 1800 до 3000 мин^{-1} , а затем снижение до 600 мин^{-1} , то характер отклонений диска при увеличении и снижении частот вращения в области $n_{\text{кр}}^{\text{min}} < n < n_{\text{кр}}^{\text{max}}$ одинаков (рис. 2, г).

Для более полной общей информации на рис. 3 приведены осциллограммы разгонных испытаний пилы $510 \times 1,65 \text{ мм}$ фирмы Tenyu Saw. Частоты собственных колебаний невращающейся пилы для форм $\lambda = 0 \dots 5$ были соответственно равны 30, 33, 56, 103, 169 и 249 Гц. Число зубьев 48, торцовое биение диска 0,11 мм, диаметр зажимных фланцев 125 мм. Для проведения опытов использовали специально сконструированную установку, которая размещалась в барокамере «Непа» для создания вакуума. Поперечную нагрузку $P = 2 \text{H}$ прикладывали с помощью электромагнита. Колебания регистрировали индуктивным датчиком. Критические частоты вращения пилы были равны 2580 ($\lambda = 2$), 2670 ($\lambda = 3$), 3080 ($\lambda = 4$), 3275 мин^{-1} ($\lambda = 5$). При вращении в воздушном пространстве автоколебания начинались

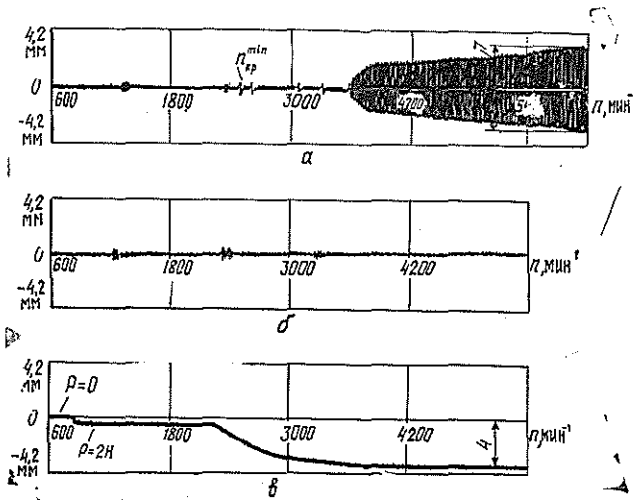


Рис. 3. Осциллограммы колебаний пилы, вращающейся при атмосферном давлении (а) и в вакууме без приложения поперечной силы P (б) и при $P = 2 \text{ Н}$ (в)

при $n_{\text{авт}}^{\text{мин}} = 3600 \text{ мин}^{-1}$, а при вращении в вакууме (разгон до 5400 мин^{-1}) они не обнаружены.

В третьей серии опытов исследовали влияние ограничителей отклонения (направляющих) на поведение диска $486 \times 1,25 \text{ мм}$ при разгонных испытаниях на установке, как и для второй серии опытов, но оснащенной кронштейном для крепления направляющих диаметром 10, 20, 40, 60 и 90 мм с двух сторон периферийной зоны диска с нормируемым односторонним зазором, который изменяли от 0,03 до 0,2 мм. Внешние контуры направляющих и исследуемого диска совмещали. Расстояние от центра направляющих до центра емкостного датчика, измеренное по дуге окружности, соответствовало центральному углу 135° . Такое расположение датчика и направляющих [4, рис. 2.2] связано с формой колебаний при $n_{\text{кр}}^{\text{мин}}$ и прохождением узлового диаметра через направляющие. Специально поставленные опыты показали, что при $n_{\text{кр}}^{\text{мин}}$ форма колебаний соответствует $\lambda = 2$.

Направляющие диаметром 10 и 20 мм изготовлены из сухой древесины (береза) и соответствовали обычно применяемым в однопильных круглопильных станках ограничителям отклонения диска пилы. Металлические направляющие диаметром 40...90 мм выполнены в виде круглых подпятников: диаметр 40 мм — без микроканавки с подводом воздуха через центральное отверстие диаметром 1 мм; диаметр 60 мм — с кольцевой микроканавкой (см. данные первого опыта); диаметр 90 мм — с кольцевой микроканавкой диаметром 35 мм, глубиной 0,5 мм (вариант 1) и 1,9 мм (вариант 2).

Для условий опытов, когда торцовое биение диска при медленном вращении составляло 0,23 мм, влияние ограничителей отклонения диаметром 10 и 20 мм не наблюдалось, если односторонний зазор между пилой и ними составлял не менее 0,15 мм. В этом случае при увеличении частоты вращения до $n_{\text{авт}}^{\text{мин}}$ осциллограммы соответствуют случаю свободного вращения диска без направляющих (рис. 4, а). При уменьшении одностороннего зазора до 0,1 мм и ниже в процессе разгонных испытаний емкостной датчик регистрирует сначала симметричные относительно плоскости вращения колебания, а при достижении $n_{\text{кр}}^{\text{мин}}$ и выше — одностороннее отклонение диска, характерное для образования

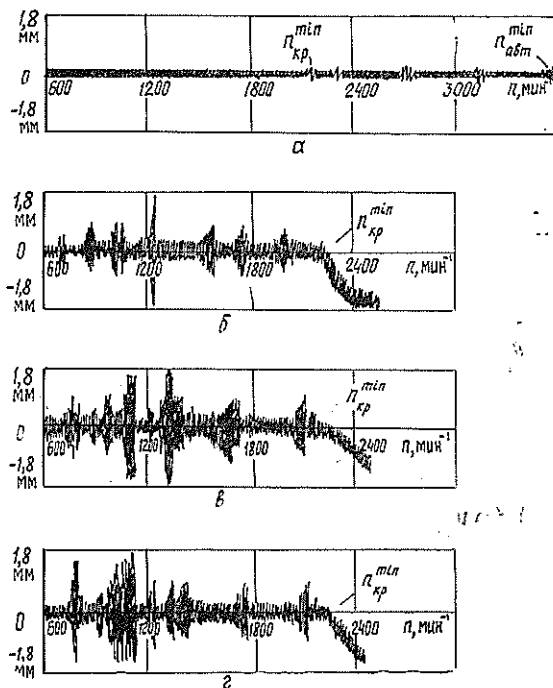


Рис. 4. Осциллограммы колебаний вращающегося диска с диаметром ограничителей отклонения 10 мм и односторонним зазором 0,15 (а) и 0,10 мм (б); с диаметром направляющих 60 мм, односторонним зазором 0,04 мм и давлением подводимого воздуха 0,2 (в) и 0,4 МПа (г)

так называемой «стоячей волны» (рис. 4, б). Отдельные теоретические аспекты проблемы неустойчивости диска при использовании направляющих рассмотрены в работе [6].

При медленном вращении пилы в аэростатических направляющих диаметром 60 мм с односторонним зазором 0,04 мм без подачи воздуха имеет место касание диска о направляющие. Подвод воздуха под давлением 0,2 МПа и более полностью исключает касание диска при медленном его вращении. В процессе разгонных испытаний с подводом воздуха под давлением 0,2...0,5 МПа наблюдали интенсивные колебания (рис. 4, в, г), которые при $n < n_{кр}^{min}$ иногда приводили к контакту диска с направляющими.

Причина повышенной вибрации при использовании аэростатических направляющих — упругий газовый слой, который согласно [1] подобен пружине со слабым демпфированием. При некоторых резонансных колебаниях с повышенной амплитудой могло происходить нарушение равномерности зазора между диском и направляющими. Это, как известно, значительно снижает подъемную силу аэростатической опоры и может быть причиной контакта диска с направляющими. При увеличении давления поддува воздуха, например от 0,2 до 0,4 МПа, и сохранении одностороннего зазора между пилой и направляющей 0,04 мм имело место некоторое уменьшение амплитуды колебаний диска (рис. 4, г). Аналогичную тенденцию наблюдали при увеличении одностороннего зазора, например от 0,04 до 0,1 мм, и сохранении давления поддува воздуха 0,4 МПа.

Для оценки резонансных n_p частот вращения, на которых при разгонных испытаниях происходило возбуждение колебаний, воспользуемся формулой [4]

$$n_p = v_{ст} / \sqrt{(K_1 \pm \lambda)^2 - B}$$

- где $v_{ст}$ — частоты собственных колебаний невращающегося диска;
 $K_1 = 1, 2, 3 \dots$ — коэффициент пропорциональности (кратность) возбуждающих сил частоте вращения;
 λ — число узловых диаметров, характеризующих форму колебаний;
 B — динамический коэффициент, зависящий от λ и C (C — отношение диаметра фланцев к диаметру диска).

Расчетные значения нижних $n_{p.н}$, верхних $n_{p.в}$ и критических $n_{кр}$ частот вращения (мин^{-1}) для диска $486 \times 1,25$ мм без направляющих и при диаметре аэростатических направляющих 60 мм приведены в табл. 2.

Таблица 2

λ	$v_{ст}, \Gamma\text{ц}$	B^*	$n_{p.н}$				$n_{кр}, K_1=0$	$n_{p.в}$			
			$K=4$	$K=3$	$K=2$	$K=1$		$K=1$	$K=2$	$K=3$	$K=4$
Без направляющих											
0	24	1,19	295	374	515	859	—	—	—	859	515
1	29	1,48	359	457	634	1096	—	—	—	1096	634
2	48	2,25	496	604	777	1108	2177	—	—	—	2177
3	88	3,80	785	931	1148	1512	2316	11 812	—	—	—
4	145	5,68	1139	1322	1579	1979	2708	4 775	—	—	—
С направляющими											
1	31	1,48	383	488	678	1172	—	—	—	1172	678
2	53	2,25	547	667	858	1224	2404	—	—	—	2404
3	94	3,80	839	994	1225	1615	2474	12 617	—	—	—
4	151	5,68	1186	1377	1645	2061	2820	4 972	—	—	—

* Значения приняты согласно [4].

Данные табл. 2 для случая без направляющих соответствуют использованию обычных ограничителей отклонения диаметром 10...20 мм (без подвода воздуха), поскольку они не изменяют частот собственных колебаний диска. Их сопоставление с рис. 4, а показывает, что при разгонных испытаниях от 600 до 2200 мин^{-1} (до $n_{кр}^{min}$) колебания с повышенными амплитудами регистрируют при нижних резонансных частотах вращения, соответствующих $\lambda = 2, K_1 = 2$ (777 мин^{-1}); $\lambda = 3, K_1 = 3$ (931 мин^{-1}); $\lambda = 1, K_1 = 1$ (1096 мин^{-1}); $\lambda = 2, K_1 = 1$ (1108 мин^{-1}); $\lambda = 3, K_1 = 2$ (1148 мин^{-1}); $\lambda = 3, K_1 = 1$ (1512 мин^{-1}); $\lambda = 4, K_1 = 1$ (1979 мин^{-1}). При использовании аэростатических направляющих (см. рис. 4, в) ввиду некоторого увеличения частот собственных колебаний диска (см. табл. 1) описанная выше осциллограмма колебаний при нижних резонансных частотах вращения сдвигается в область более высоких частот вращения (см. табл. 2). Все это указывает на то, что при расчетах нижних резонансных частот вращения необходимо обращать внимание в первую очередь на формы $\lambda = 2 \dots 4$ и кратности $K_1 = 1$ и 2. Колебания вращающегося диска по новым формам λ , равным 0,5; 1,5; 2,5, ..., требуют специального изучения.

Выводы

1. Защемление периферийной зоны невращающегося диска направляющими повышает частоты собственных колебаний обычных (с четным числом узловых радиусов) и приводит к возникновению новых (с нечетным числом узловых радиусов) форм колебаний. Аэростатические направляющие диаметром 60 мм увеличивают на 7...10 % частоты собственных колебаний пилы диаметром 510 мм, толщиной 1,25 мм при диаметре фланцев 125 мм (для форм $\lambda = 2$ и 3).

2. Ограничители отклонения и направляющие при частотах вращения диска $n \geq n_{кр}^{min}$ могут быть причиной возбуждения и развития колебаний типа «стоячая волна». При этом узловой диаметр, определяющий форму колебаний, проходит через направляющие. Это определяет предпочтительное расположение датчика для регистрации отклонений диска и управления точностью пиления.

3. Двусторонние аэростатические направляющие при $n < n_{кр}^{min}$ вызывают во вращающемся диске колебания при нижних резонансных частотах $n_{р.н}$. В первую очередь необходимо обращать внимание на формы колебаний $\lambda = 2 \dots 4$ и кратности $K_1 = 1$ и 2. Амплитуда колебаний в зонах $n_{р.н}$ (при прочих равных условиях) уменьшается с увеличением давления поддува воздуха (при сохранении зазоров) и одностороннего зазора «диск — направляющие» (при сохранении давления поддува).

4. Критических частот вращения с новыми формами колебаний не обнаружено. Условия возникновения колебаний новых форм при $n < n_{кр}^{min}$ требуют специального изучения. Также необходимо продолжить работы по поиску эффективных конструкций и режимов работы аэростатических направляющих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Опоры скольжения с газовой смазкой / С. А. Шейнберг, В. П. Жель, М. Д. Шишеев и др.—2-е изд., перераб. и доп. / Под общ. ред. Шейнберга С. А.—М.: Машиностроение, 1979.—336 с. [2]. Расчет аэростатических опор // Методические рекомендации.—М.: ЭНИМС, 1977.—30 с. [3]. Стахив Ю. М. О формах резонансных колебаний дисковых пил // Тр. ЦНИИМОД.—Архангельск, 1969.—Вып. 24, т. 2.—С. 100—102. [4]. Стахив Ю. М. Работоспособность плоских круглых пил.—М.: Лесн. пром-сть, 1989.—384 с. [5]. Стахив Ю. М. Устойчивость и колебания плоских круглых пил.—М.: Лесн. пром-сть, 1977.—296 с. [6]. Shen I. Y., Mote C. D. J.R. On the Mechanisms of Instability in the circular saws // The 9-th International Wood Machining Seminar (Richmond, California, USA, October 1988).—P. 14.—Fig. 13.

Поступила 28 апреля 1991 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.1.026 : 532

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА МАССОПОДАЧИ
НА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНУЮ МАШИНУ

О. А. ТЕРЕНТЬЕВ, В. С. КУРОВ, Э. А. СМИРНОВА

Технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности
(г. Санкт-Петербург)

Особенность бумажной массы при подаче на бумагоделательную машину (БДМ) — относительно низкая концентрация (до 15 г/л). По тракту массоподачи масса движется со скоростью до 5 м/с, т. е. практически в переходном режиме. Поскольку массоподводящая система представляет собой ряд последовательно расположенных аппаратов, которые соединены трубопроводными коммуникациями и имеют проточные каналы различных размеров и конфигураций, то при движении по ним бумажная масса претерпевает глубокие структурные изменения. Последним элементом массоподводящей системы является напорный ящик, где происходит организация напуска бумажной массы на сеточный стол БДМ в диспергированном режиме. Диспергирование достигается созданием высокой степени турбулентности, генерируемой специальными устройствами различных конструкций. Турбулентность — это пульсационное движение, сопровождающееся изменениями давления и скорости, причем низкочастотные пульсации давления вызывают колебания массы 1 м^2 бумаги, а высокочастотные способствуют диспергированию бумажной массы.

Таким образом, указанные технологические особенности процесса массоподачи могут быть успешно реализованы только с применением законов внутреннего структурообразования при движении потока, т. е. на основе реологических характеристик бумажной массы.

Волокнистые суспензии ЦБП, представляющие собой сложные полидисперсные системы и образующие в пространстве трехмерный волокнистый каркас, в процессе перехода от структурированного режима к диспергированному претерпевают изменения структурного состояния.

Закономерности структурообразования волокнистых суспензий отражаются в общем виде реологической моделью и предложенным уравнением [3]. Обзор последних разработок в этой области приведен в работе [5].

Однако до настоящего времени нет реологической модели, в полной мере отражающей все многообразие структурных и энергетических изменений волокнистых суспензий при ламинарном и турбулентном движениях, включая слоистое течение с наличием трения водяной прослойки о стенку канала и волокнистую структуру.

В отличие от предложенных ранее моделей [5] и реологических уравнений формула для определения касательных напряжений τ включает два положительных экспоненциальных члена ($A'_1 e^{-\alpha_1 \dot{\gamma}}$ и $A''_1 e^{-\alpha_1 \dot{\gamma}}$):

$$\tau = (A'_1 + A''_1) e^{-\alpha_1 \dot{\gamma}} + A_2 e^{-\alpha_2 \dot{\gamma}} + \mu \dot{\gamma}, \quad (1)$$

где A'_1 и A''_1 — напряжения трения водяной прослойки о стенку канала и волокнистую структуру;

A_2 — напряжения внутренней прочности структуры;

α_1, α_2 — факторы времени, характеризующие длительность существования структурированного состояния в потоке;

$\dot{\gamma}$ — градиент скорости сдвига в потоке волокнистой суспензии;

μ — динамическая вязкость диспергированного течения.

В данной модели существенное внимание обращено на образование пристенного слоя и наличие слоистого течения, которое характеризуется компонентами $A_1' e^{-\alpha_1 \dot{\gamma}}$ и $A_1'' e^{-\alpha_1 \dot{\gamma}}$. С увеличением скорости сдвига экспоненциальные члены, отражающие аномальную часть реологической характеристики, асимптотически приближаются к оси абсцисс и наступление диспергированного режима течения сопровождается выходом реологической кривой на прямую линию, которая при дальнейшем возрастании скорости заменяется параболическим участком, свидетельствующим о развитии турбулентного режима [4].

Реологическое уравнение с учетом турбулентного участка реологической кривой представляется следующим образом [4]:

$$\tau_{xy} = \sum_{k=1}^{n+1} A_k e^{-\alpha_k \dot{\gamma}} + (\mu + \mu_t) \dot{\gamma}, \quad (2)$$

где τ_{xy} — касательное напряжение;

A_k, α_k — коэффициенты реологического уравнения;

μ_t — динамическая турбулентная вязкость в диспергированном потоке.

Член уравнения $\sum_{k=1}^{n+1} A_k e^{-\alpha_k \dot{\gamma}}$ характеризует аномальный участок реологической кривой, отражающий значительные структурные изменения в суспензии.

На основании формулы (1), учитывающей трение водяной прослойки о стенку канала и волокнистую структуру, уравнение (2) запишем как

$$\tau = (A_1' + A_1'') e^{-\alpha_1 \dot{\gamma}} + A_2 e^{-\alpha_2 \dot{\gamma}} + (\mu + \mu_t) \dot{\gamma}. \quad (3)$$

В ранее разработанных моделях [3, 5] особое внимание обращалось на неоднородную прочность волокнистой структуры, состоящей из флокул и стержня и характеризующейся отрицательными экспоненциальными членами $A_2 e^{-\alpha_2 \dot{\gamma}}$ и $A_3 e^{-\alpha_3 \dot{\gamma}}$.

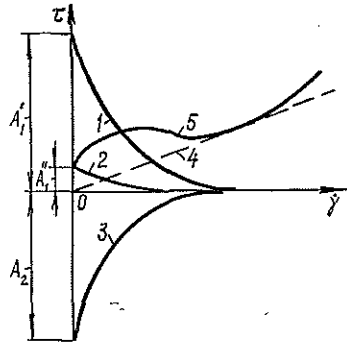
В предлагаемой реологической модели бумажной массы, соответствующей уравнению (3), трение волокнистой структуры о стенку канала разделяется на трение водяной прослойки о стенку канала и волокнистую структуру. Причем, так как в этих слоях содержатся различные по масштабам единицы течения, есть основание вместо одного времени релаксации α_1 ввести два: α_1' и α_3 . Тогда уравнение (3) принимает следующий вид:

$$\tau = (A_1' e^{-\alpha_1' \dot{\gamma}} - A_1'' e^{-\alpha_1 \dot{\gamma}}) + A_2 e^{-\alpha_2 \dot{\gamma}} + (\mu + \mu_t) \dot{\gamma}. \quad (4)$$

На рис. 1 данное теоретическое уравнение изображено графически.

Выбор реологической модели бумажной массы в значительной степени зависит от свойств волокнистой структуры. Например, коротковолокнистая масса, полученная в условиях режущего размола, является более однородной по сравнению с длиноволокнистой, легче обезвоживается. Поэтому можно не выделять отдельно внутреннюю прочность стержня и прочность флокул, которые характеризуются экспоненциальными членами $A_2 e^{-\alpha_2 \dot{\gamma}}$ и $A_3 e^{-\alpha_3 \dot{\gamma}}$ [5], а заменить их экспоненциаль-

Рис. 1. Графическое представление теоретического уравнения; 1 — $-A_1' e^{-\alpha_1' \dot{\gamma}}$; 2 — $A_1'' e^{-\alpha_2 \dot{\gamma}}$; 3 — $-A_2 e^{-\alpha_3 \dot{\gamma}}$; 4 — $\mu \dot{\gamma}$; 5 — $\mu_r \dot{\gamma}$



ным членом $A_2 e^{-\alpha_3 \dot{\gamma}}$, определяющим внутреннюю прочность волокнистой структуры в соответствии с уравнением (4).

Реологическая характеристика в таком случае представляет собой либо монотонно возрастающую кривую, либо линию с небольшим первым максимумом. (Значение первого максимума реологической кривой чаще соответствует длиноволокнистой структуре.)

Таким образом, уравнение (4) наиболее точно отражает изменения волокнистой структуры в ламинизированном и турбулентном режимах с учетом трения водяной прослойки о стенку канала и волокнистую структуру.

Уравнение (4) можно записать как

$$\tau = (A_1' e^{-\alpha_1' \dot{\gamma}} + A_1'' e^{-\alpha_2 \dot{\gamma}} + A_2 e^{-\alpha_3 \dot{\gamma}} + \mu \dot{\gamma}) + \mu_r \dot{\gamma}. \quad (5)$$

В этом уравнении коэффициент турбулентной вязкости определяется непосредственно из реологической кривой [4].

Часть уравнения (5) $(A_1' e^{-\alpha_1' \dot{\gamma}} + A_1'' e^{-\alpha_2 \dot{\gamma}} + A_2 e^{-\alpha_3 \dot{\gamma}} + \mu \dot{\gamma})$, характеризующая аномальные свойства бумажной массы и значительные изменения волокнистого каркаса, может быть решена также, как известное реологическое уравнение волокнистых суспензий повышенной концентрации, т. е. с помощью методики определения коэффициентов реологического уравнения [2].

В нашем случае использовано положительное значение коэффициента A_3 , полученное с применением указанной методики.

В качестве примера приведено аналитическое выражение для реологической характеристики суспензии небеленой сульфатной целлюлозы концентрацией 15 г/л при степени помола 72 °ШР (рис. 2, кривая 2).

Для выполнения расчета выбраны следующие параметры: динамическая вязкость диспергированного потока $\mu = 0,1493 \text{ Па} \cdot \text{с}$; координаты точки максимума $\tau_{\max} = 32,8 \text{ Па}$, $\dot{\gamma}_{\max} = 80 \text{ с}^{-1}$; координаты точки минимума $\tau_{\min} = 32,4 \text{ Па}$, $\dot{\gamma}_{\min} = 125 \text{ с}^{-1}$; первоначальное напряжение сдвига $\tau_0 = 9 \text{ Па}$. Выбраны коэффициенты $\alpha_1' = 0,0105 \text{ с}$; $\alpha_2 = 0,043 \text{ с}$; $\alpha_3 = 0,055 \text{ с}$.

В результате получено реологическое уравнение

$$\tau = 51,89 e^{-0,0105 \dot{\gamma}} + 8,71 e^{-0,055 \dot{\gamma}} - 51,60 e^{-0,043 \dot{\gamma}} + 0,1403 \dot{\gamma}. \quad (6)$$

Как следует из рис. 2, расчетная кривая 1 хорошо описывает экспериментальную реологическую характеристику. Корреляционное отношение $\Theta = 0,968$, т. е. близко к единице, что свидетельствует о достаточной точности расчета.

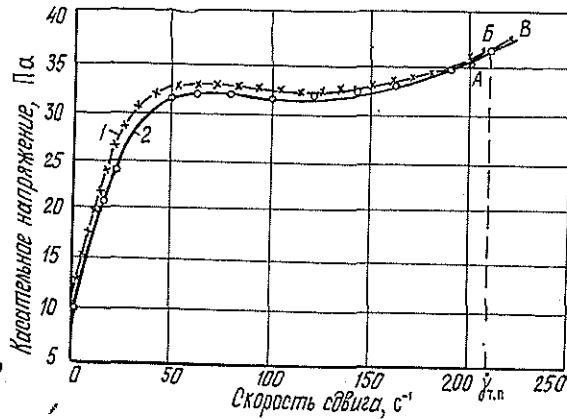


Рис. 2. Реологическая характеристика суспензии небеленой сульфатной целлюлозы: 1 — расчет; 2 — эксперимент

Анализ уравнения (6) показывает, что трение водяной прослойки о стенку канала (член $51,89 e^{-0,0105\dot{\gamma}}$) значительно больше, чем о волокнистую структуру ($8,71 e^{-0,055\dot{\gamma}}$). Действительно, экспериментальная реологическая характеристика (кривая 2) построена на основании результатов, полученных в вискозиметре с шероховатыми измерительными поверхностями [1], где имеет место значительное трение о стенки. Характеристика имеет участок развития турбулентного течения АВ ввиду достаточно высокой концентрации массы (15 г/л). Поэтому в конечной точке В динамическая турбулентная вязкость незначительна: $\mu_{т.кон} = 0,00454 \text{ Па} \cdot \text{с}$. Воспользуемся ранее разработанной методикой определения турбулентной вязкости с помощью коэффициента β [4]:

$$\beta = \frac{\mu_{т.кон} - \mu_{т.п}}{\dot{\gamma}_{т.кон} - \dot{\gamma}_{т.п}}, \quad (7)$$

где $\mu_{т.кон}$, $\dot{\gamma}_{т.кон}$ — координаты какой-либо конечной точки, $\dot{\gamma}_{т.кон} = 220 \text{ с}^{-1}$;

$\mu_{т.п}$, $\dot{\gamma}_{т.п}$ — турбулентная вязкость и скорость сдвига в точке перегиба Б; $\mu_{т.п} = 0,00243 \text{ Па} \cdot \text{с}$, $\dot{\gamma}_{т.п} = 210 \text{ с}^{-1}$.

Тогда $\beta = 0,000211$.

Рассчитаем реологическое уравнение для кривой 2 с учетом турбулентного участка [4]:

$$\tau = 51,89 e^{-0,0105\dot{\gamma}} + 8,71 e^{-0,055\dot{\gamma}} - 51,60 e^{-0,013\dot{\gamma}} + [0,1493 + 0,000211 (\dot{\gamma} - 210)] \dot{\gamma}. \quad (8)$$

Таким образом, предложена и подтверждена экспериментально модель, характеризующая глубокие структурные изменения в потоке бумажной массы при подаче на бумагоделательную машину. Предложенные теоретические зависимости позволяют учитывать деформационные процессы в суспензии бумажной массы при ее движении в проточных каналах гидравлического оборудования и соединяющих его трубопроводных коммуникациях массопроводящей системы в целях обеспечения технологически необходимой внутренней структуры потока непосредственно при массоподаче и напуске. Это дает возможность уменьшить колебания массы 1 м^2 бумаги и повысить равномерность распределения волокна в формируемом бумажном потоке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А. с. 1346976 СССР, МКИ⁴ G 01 N 11/14. Вискозиметр / О. А. Терентьев (СССР).— № 3953240/24—25; Заявлено 02.08.85; Опубл. 29.10.87, Бюл. № 39 // Открытия. Изобретения.— 1987.— № 39.— С. 190. [2]. Смирнова Э. А. Методика определения коэффициентов реологического уравнения волокнистых суспензий концентрацией до 2,5 % // Машины, конструирование, расчеты и оборудование целлюлозно-бумажных производств: Межвуз. сб. научн. тр.— Л.: ЛТА, 1979.— Вып. 7.— С. 7—9. [3]. Терентьев О. А. Гидродинамика волокнистых суспензий в целлюлозно-бумажном производстве.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 248 с. [4]. Терентьев О. А., Смирнова Э. А., Куров В. С. Влияние турбулентности на реологические параметры бумажной массы // Лесн. журн.— 1980.— № 2.— С. 97—101.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Терентьев О. А., Смирнова Э. А., Куров В. С. Особенности структурообразования в потоках волокнистых суспензий // Химия древесины.— 1990.— № 1.— С. 84—89.

Поступила 24 июля 1991 г.

УДК 676.11.082

**ИССЛЕДОВАНИЕ
СОСТАВА И РОСТАКТИВИРУЮЩИХ СВОЙСТВ
НЕЛЕТУЧИХ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ВЕЩЕСТВ
ЧЕРНОГО СУЛЬФАТНОГО ЩЕЛОКА**

*Т. И. ПРОХОРЧУК, А. В. ПРАНОВИЧ, Е. Н. КИБАСОВА,
А. И. КИПРИАНОВ*

Лесотехническая академия (г. Санкт-Петербург)

Данная работа продолжает исследования, ранее начатые в ЛТА, по изучению биологической активности отработанных щелоков сульфатно-целлюлозного производства [1, 2].

Для работы использовали среднюю пробу полуупаренного черного щелока Котласского ЦБК сульфатной варки древесины лиственных пород. Отбор проб производили 3 раза в сутки в течение 10 дней. Часть щелока окисляли на лабораторной установке в присутствии аммиака при объемном соотношении щелока, кислорода и аммиака 1:9:0,05, температуре 110 ± 2 °С, продолжительности окисления 1 ч, давлении 0,9 МПа. Исходный и окисленный щелока имели соответственно плотность 1175 и 1174 кг/м³, рН 12,2 и 11,2 содержание органических веществ 14,7 и 14,9 %, сухого остатка по 28,8 %, суммарного азота в окисленной части 0,4 %.

Выполнено групповое разделение органической части исходного и окисленного щелоков (табл. 1) по описанной ранее схеме [3]. При этом получено по 2 фракции нелетучих водорастворимых веществ (НВРВ), выделенные при рН4 (НВРВ-4) и рН1 (НВРВ-1). Хроматографическое разделение НВРВ осуществлено на колонке размером 600 × 10 мм, заполненной нейтральным оксидом алюминия, специально подготовленным для работы по методике Рейхштейна. Элюенты — этанол и ацетон (1:1), вода, 1 %-й раствор гидроксида калия; скорость элюирования 7 мл/ч; масса вводимой пробы 0,5...1,0 г. Произведено по два параллельных разделения каждой из 4 фракций НВРВ. Основную массу веществ элюировал раствор гидроксида калия (табл. 2), что служит косвенным подтверждением кислого характера выделенных соединений. В НВРВ-4 из окисленного щелока их содержалось 70 %, из исходного — 52 %, в НВРВ-1 из обоих щелоков — около 80 %.

Состав фракций НВРВ-4 и НВРВ-1 из окисленного щелока, а также продуктов, полученных при их хроматографическом разделении, исследовали методами гельпроникающей (ГПХ) и газожидкостной (ГЖХ) хроматографии.

Таблица 1

Групповой состав нелетучей части органических веществ
черного сульфатного щелока

Группа соединений	Исходный щелок	Окисленный щелок
Нелетучие эфирорастворимые вещества	21,5/3,2	20,8/3,1
Осаждаемый лигнин	41,8/6,1	34,4/5,2
Основная фракция	41,7/6,1	34,0/5,1
Мелкодисперсная фракция	0,1/0,0	0,4/0,1
Водорастворимая фракция осаждаемого лигнина	4,7/0,7	7,3/1,1
Нелетучие водорастворимые вещества	24,9/3,7	36,3/5,4
Выделенные при рН4	12,2/1,8	19,9/3,0
» при рН1	9,6/1,4	12,1/1,8
Оставшиеся с неорганическими солями	3,1/0,5	4,3/0,6

Примечание. В числителе — данные в процентах от массы органических веществ щелока; в знаменателе — в процентах от массы щелока.

Таблица 2

Характеристика фракций и продуктов, полученных
при хроматографическом разделении НВРВ

Фракции	Элюент	Исходный щелок		Окисленный щелок	
		Массовая доля, %	РРА*	Массовая доля, %	РРА*
НВРВ-4	—	100,0	++	100,0	—
1	Этанол — ацетон	2,3	---	6,7	---
2	Вода	18,5	0	7,7	0
3	>	24,5	+	7,8	++
4	КОН	13,4	+	14,6	+
5	>	19,0	++	22,8	+++
6	>	19,4	---	32,9	---
Потери	—	2,9	Не опр.	7,5	Не опр.
НВРВ-1	—	100,0	---	100,0	---
1	Этанол — ацетон	1,3	---	3,4	---
2	Вода	12,9	+	11,4	++
3	КОН	10,4	+	6,9	++
4	>	13,5	+	13,2	+
5	>	42,8	---	45,7	---
6	>	12,1	---	11,2	---
Потери	—	7,0	Не опр.	8,2	Не опр.

* +++ (---) — значительная положительная (отрицательная) РРА (при ВП > 50 %); ++ (--) — средняя РРА (при ВП = 20...50 %); + (-) — слабая РРА (при ВП = 15...20 %); 0 — нулевая РРА (при ВП < 15 %).

ГПХ-анализ проводили с использованием жидкостного хроматографа ХЖ-1305 на колонке размером 600 × 12 мм, заполненной гелем Sephadex LH-20 зернением 25...35 мкм, на элюенте — диметилсульфоксиде с добавкой для подавления полиэлектролитных эффектов по 0,03 моль/л LiBr и H₃PO₄. Применяемые детекторы: ультрафиолетовый при длине волны измерения 280 нм и проточный рефрактометр RIDK-102 (Чехословакия). Скорость элюирования составила 0,52 мл/мин при давлении в системе хроматографа 0,2 мПа; объем пробы — 20 мкл, концентрация ее — 5 %; температура термостатирования колонки — 40 °С.

Анализ фракции НВРВ-4 методом ГПХ с ультрафиолетовым детектором (ГПХ-УФ) показал присутствие в ней соединений, поглощающих в УФ-области в интервале значений молекулярной массы (ММ) 200...1000 с преобладанием олигомеров, имеющих ММ, измеренную на максимуме хроматографического пика $M_n = 630$. Для НВРВ-1 молекулярно-массовое распределение было также унимодальным, но характеризовалось наличием интенсивного пика уже в области «исключенных объемов», массовая доля относительно высокомолекулярных поглощающих в УФ-спектре компонентов с $M_n > 1000$ выше, чем для НВРВ-4. Сходство молекулярно-массовых характеристик НВРВ-4 и НВРВ-1 установлено при использовании в качестве детектора проточного рефрактометра (ГПХ-Р), позволившего фиксировать молекулярно-массовое распределение алифатических компонентов. Однако имело место и различие, заключавшееся в сдвиге максимума пика для НВРВ-4 до $M_n = 170$ при интервале значений ММ 140...250. Оно было установлено в результате калибровки колонки набором полиэтиленгликолей с известной средней ММ.

ГПХ-анализ молекулярно-массового состава фракций позволил установить, что НВРВ-4 содержала компоненты с более низкими значениями ММ, чем НВРВ-1, причем, наряду с алифатическими соединениями в них присутствовала примесь ароматических олигомеров.

Исследование фракций, выделенных из НВРВ-4 на оксиде алюминия, методом ГПХ-УФ показало следовое содержание в них компонентов, поглощающих в УФ-спектре и представляющих олигомеры в интервале значений ММ 400...1000. Те же фракции, проанализированные методом ГПХ-Р, характеризовались M_n от 160 (фракция 2) до 180 (фракция 5). В двух последних фракциях обнаружено присутствие компонентов широкого дисперсного состава. Кривые молекулярно-массовых характеристик этих фракций имели сглаженную вершину в интервале значений ММ 400...800.

При исследовании состава НВРВ методом ГЖХ предварительно переводили их компоненты в летучие производные — триметилселиловые эфиры (ТМС-эфиры) гидроксикислот. Анализ осуществляли на хроматографе ЛХМ-80 с пламенно-ионизационным детектором на колонке размером 3000×3 мм, заполненной 5 % SE-30 на Inerton-AW-DMCS зернением 0,16...0,20 мм. Температура колонок изменялась от 70 до 250 °С. Расход газа-носителя (He_2), водорода и воздуха составлял соответственно 20, 25 и 250 мл/мин, объем вводимой пробы — 1...6 мкл.

Анализ НВРВ-4 и НВРВ-1 методом ГЖХ показал, что качественный состав их элюируемой части близок, а относительная массовая доля элюируемых компонентов различна: если в НВРВ-4 они преобладают, то в НВРВ-1 присутствуют в остаточном количестве. Элюируемая часть обеих фракций содержит моно- и полиоксикарбоновые кислоты C_2-C_6 , ранее найденные разными исследователями в черных щелоках. Принятые условия анализа позволили обнаружить 22 компонента, из которых идентифицировано 10, в том числе гликолевая, молочная, β-оксипропионовая, щавелевая, глицериновая, ксилозосахариновая, глюкозосахариновая, глюкометасахариновая кислоты, многоатомный спирт (глицерин), моносахарид (глюкоза). Найдено, что в НВРВ-4 преобладали низшие гидроксикислоты, в НВРВ-1 — сахариновые. Как показал ГЖХ-анализ фракций, при разделении НВРВ-4 и НВРВ-1 на колонке с оксидом алюминия наблюдалась тенденция к концентрированию низших гидроксикислот в первых фракциях, элюируемых раствором щелочи, а сахариновых кислот — в последних. Во фракции, элюируемой водой из НВРВ-4, около 60 % суммы элюируемых компонентов составлял глицерин.

У НВРВ-4 и НВРВ-1 исходного и окисленного щелоков, а также выделенных из них на оксиде алюминия фракций была исследована росторегулирующая активность (РРА) с применением известного биотеста на проращивание семян пшеницы в течение 96 ч при 25 °С. Растворы исследуемых фракций с концентрациями $10^{-1} \dots 10^{-7}$ % готовили путем последовательного разведения. В них определяли следующие показатели: энергию прорастания на 3-й день; индекс и скорость прорастания; длину и биомассу корня и проростка. Все расчеты производили в процентах по отношению к контролю. Опыты повторяли 6 раз. Статистическую обработку полученных данных выполняли на ЭВМ «Искра-1256». Величина прироста (ВП) указанных показателей служила критерием оценки РРА исследованных фракций.

Установлено, что НВРВ обладают биологически активными свойствами и содержат компоненты как с положительной, так и с отрицательной РРА. Найдено, что путем их хроматографического разделения можно получать продукты с разными росторегулирующими свойствами (табл. 2).

Большинство исследованных фракций проявляло заметную РРА преимущественно при концентрациях 10^{-1} , 10^{-2} %. Аналогичные фракции из исходного и окисленного щелоков (за исключением НВРВ-4) обнаружили идентичные по знаку росторегулирующие свойства. Все четыре фракции, элюируемые этанолом — ацетоном и содержащие ароматические вещества, показали сильный ингибирующий эффект. Фракции 2, элюируемые водой из НВРВ-4, практически не обнаружили РРА, а фракции 3 проявили стимулирующую способность, причем более значительную и стабильную во всем интервале концентраций в случае окисленного щелока. Эту фракцию можно вполне определенно отнести к стимуляторам. Фракции, элюируемые водой из НВРВ-1, показали умеренную положительную РРА, так же как и элюируемые 1 % КОН, причем более значительную для окисленного щелока. Последние фракции, элюируемые 1 % КОН, оказывали ингибирующее действие.

В целом можно сказать, что в НВРВ-4 из исходного щелока преобладали компоненты, обуславливающие положительное РРА (57 % от их массы) при соотношении групп веществ с положительной и отрицательной РРА 72 и 28 % соответственно. В аналогичной фракции из окисленного щелока вещества, обладающие стимулирующей способностью, составляли 45 % при соотношении компонентов с положительной и отрицательной РРА 53 и 47 % соответственно. В НВРВ-1 из исходного и окисленного щелоков преобладали вещества с отрицательной РРА (56 и 60 % соответственно). Следует отметить, что окисление щелока способствовало усилению стимулирующей способности соответствующих фракций по сравнению с исходным щелоком.

В заключение можно сказать, что исследование хроматографическими методами состава нелетучих водорастворимых веществ органической части окисленного черного щелока, полученного при сульфатной варке древесины лиственных пород на Котласском ЦБК, показало, что они включают алифатические гидроксикислоты $C_2 - C_6$, алифатические и ароматические олигомеры и примесь нейтральных соединений (спирты, углеводы). Гидроксикислоты присутствуют преимущественно в НВРВ-4, олигомеры — в НВРВ-1. ГПХ-анализ НВРВ-4 позволил установить значение M_n для группы гидроксикислот, равное 170, и для группы алифатических олигомеров — 630. ГПХ-анализ НВРВ-1 показал преобладание ароматических и алифатических олигомеров, средняя ММ которых превышала 1000; наряду с ними в этой фракции выявлено присутствие небольшого количества алифатических гидроксикислот. Иссле-

дование ростактивирующих свойств группы нелетучих водорастворимых веществ органической части исходного и окисленного щелоков позволило установить, что они обладают биологически активными свойствами и из них можно выделить продукты, способные оказывать преимущественно стимулирующее или ингибирующее действие на рост растений. Окисление щелока способствовало усилению стимулирующей способности соответствующих фракций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. А. с. 676252 СССР, МКИ А 01 N 5/00. Способ стимулирования роста растений хвойных пород / А. И. Киприанов, Т. И. Прохорчук, Т. В. Соколова, Э. И. Слепян (СССР). № 2558709/30-15; Заявлено 14.12.77; Оpubл. 30.07.79. Бюл. № 28 // Открытия. Изобретения.— 1979.— № 28.— С. 16. [2]. А. с. 1128854 СССР, МКИ А 01 С 1/00, А 01 N 01/00. Способ стимулирования прорастания семян сельскохозяйственных культур / А. И. Киприанов, Т. И. Прохорчук, И. П. Дейнеко, Л. Г. Попова, Е. Н. Кибасова (СССР).— № 3587175/30-15; Заявлено 14.01.83, Оpubл. 15.12.84. Бюл. № 46 // Открытия. Изобретения.— 1984.— № 46.— С. 4. [3]. Групповой состав органических веществ черных сульфатных щелоков разного происхождения // Т. И. Прохорчук, Е. Н. Кибасова, В. И. Седых и др.— Лесн. журн.— 1989.— № 5.— С. 105—108.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 16 мая 1991 г.

УДК 676.024.48 : 676.054.1.42

СОРТИРОВАНИЕ ВОЛОКНИСТЫХ СУСПЕНЗИЙ СРЕДНЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ НА ДИНАМИЧЕСКОЙ СОРТИРУЮЩЕЙ ЩЕЛИ

А. А. ВДОВИН, С. И. ВОРОШИЛОВ, Б. Г. ШИРЯЕВ,
Н. Е. НОВИКОВ

НИИЦмаш

Технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности
(г. Санкт-Петербург)

В связи с обострением в последние годы экологических проблем одним из перспективных направлений развития целлюлозно-бумажной промышленности может стать переход к технологии производства волокнистых полуфабрикатов при постоянной средней массовой (80... 150 г/л) концентрации суспензии по всему потоку. Применение этой технологии позволит сократить потребление свежей воды и сброс стоков, снизить затраты тепловой и электрической энергии. Необходимым условием внедрения является решение проблем сортирования, очистки и напуска суспензий.

В настоящее время делаются попытки по созданию оборудования для сортирования суспензий [2, 4, 6]. Наряду с традиционными ситовыми сортировками в последние годы появилось оборудование [1, 5, 7], в котором в качестве сортирующего элемента используется динамическая сортирующая щель, образованная подвижной и неподвижной поверхностями (рис. 1).

По сравнению с традиционными ситами, динамическая сортирующая щель имеет ряд преимуществ, к числу которых можно отнести высокую пропускную способность и надежность в работе. Это обусловило применение ее в первую очередь в аппаратах грубого сортирования суспензий с повышенной (30... 50 г/л) концентрацией.

Цель исследований — получить зависимости между расходом суспензии через сортирующую щель и перепадом давления на ней при варьировании других переменных факторов на двух или нескольких уровнях.

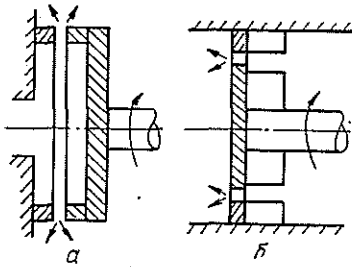


Рис. 1. Динамическая сортирующая щель: с истечением в радиальном (а) и осевом (б) направлениях

Поскольку теоретическое описание процесса сортирования на динамической щели получить сложно, НИИЦмашем (г. Кондопога) были проведены испытания на сортировке, принципиальное устройство которой показано на рис. 2. В качестве волокнистого полуфабриката использовали сульфатную небеленую целлюлозу Сегежского ЦБК. В ее конструкции применена схема (см. рис. 1, б) сортирующей щели, которая реализована в ряде отечественных технических решений [1].

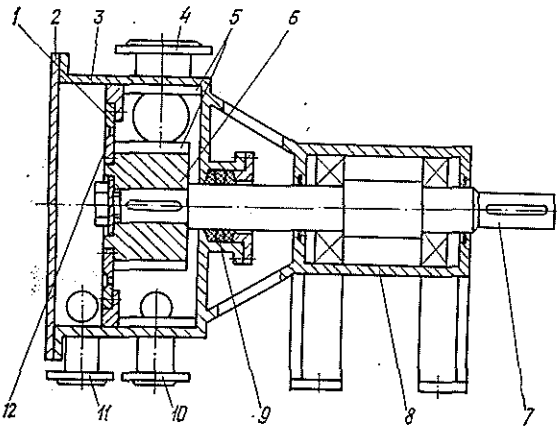


Рис. 2. Экспериментальная роторная сортировка: 1 — кольцевая перегородка; 2 — крышка; 3 — корпус; 4 — патрубок для подвода исходной суспензии; 5 — ребро; 6 — ротор; 7 — вал; 8 — опора ротора; 9 — уплотнение; 10, 11 — патрубки для отвода сортированной суспензии и отходов соответственно; 12 — кольцо ротора

На первом этапе изучали влияние на пропускную способность сортирующей щели следующих факторов: диаметра и частоты вращения ротора, ширины щели и перепада давления на ней, концентрации суспензии. Применяли суспензию с массовой концентрацией 80, 100 и 120 г/л. Ширина щели 2, 3, 4 и 5 мм. Экспериментальная сортировка имела два варианта исполнения по диаметру D ротора (125 и 250 мм). Частоту вращения ротора и перепад давления на сортирующей щели изменяли непрерывно в пределах $0 \dots 3000 \text{ мин}^{-1}$ и $0,0 \dots 0,6 \text{ МПа}$ соответственно.

Результаты обработаны по методике, изложенной в работе [3]. Полученное уравнение множественной линейной регрессии имеет следующий вид:

$$Q = -38,3 + 0,336D - 0,687C + 20,05S + 0,00486n + 248\Delta P, \quad (1)$$

где Q — расход суспензии, $\text{м}^3/\text{ч}$;
 D — диаметр ротора, мм;
 C — массовая концентрация суспензии, г/л;
 S — ширина сортирующей щели, мм;
 n — частота вращения ротора, мин^{-1} ;
 ΔP — перепад давления, МПа.

Как показали расчеты, все входящие в уравнение (1) переменные, как в отдельности (значимость коэффициентов регрессии, оцениваемая по величине t -критерия), так и вместе взятые (значимость коэффициента детерминации, оцениваемая по величине F -критерия) оказывают существенное влияние на изменение зависимой переменной Q .

Сравнение силы влияния каждой из переменных на изменение Q можно оценить по стандартизованным коэффициентам регрессии [3, с. 87], которые в нашем случае имели следующие значения:

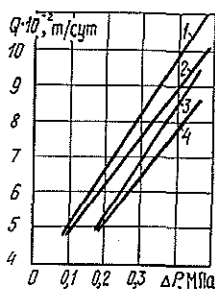
$$\begin{aligned} B_1 &= 0,547; B_2 = -0,274; B_3 = 0,555; \\ B_4 &= 0,096; B_5 = 0,806, \end{aligned} \quad (2)$$

где B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 — стандартизованные коэффициенты регрессии, соответствующие переменным $D, C, S, n, \Delta P$.

Непосредственно сравнивая стандартизованные коэффициенты регрессии (2), можно прийти к заключению, что в исследованном диапазоне на Q оказывает влияние перепад давления на сортирующей щели ($B_5 = 0,806$), диаметр ротора ($B_1 = 0,547$) и ширина щели ($B_3 = 0,555$), концентрация суспензии ($B_2 = -0,274$) и частота вращения ротора ($B_4 = 0,096$).

Полученное уравнение (1) было использовано для численного анализа и выбора параметров промышленных образцов сортировок. На рис. 3 приведены рассчитанные по уравнению (1) зависимости Q (по воздушно-сыхому веществу) от перепада давления для двухщелевой промышленной сортировки [1]. Следует отметить, что линейное приближение ориентировано на чисто практическое приложение и не отражает в полной мере всех особенностей процесса истечения суспензии из сортирующей щели, в частности нелинейный характер зависимости Q от перепада давления, влияния сорности суспензии и др. Эти вопросы будут предметом дальнейших исследований.

Рис. 3. Зависимость производительности сортировки от перепада давления на сортирующей щели ($D = 250$ мм, $n = 1500$ мин⁻¹) при различных значениях концентрации суспензии и ширины сортирующей щели: 1 — $C = 120$ г/л; $S = 4$ мм; 2 — 100 г/л, 4 мм; 3 — 120 г/л, 3 мм; 4 — 100 г/л, 3 мм



На втором этапе оценивали эффективность* отделения грубого сора в экспериментальной сортировке с динамической сортирующей щелью в сравнении с сучколовителем традиционной ситовой конструкции, а также влияние на эффективность сортирования ширины щели и частоты вращения ротора. В ходе испытаний установлено, что при ширине щели 3 мм эффективность сортирования составляет 60...65%. Это несколько ниже, чем для напорного ситового сучколовителя, имеющего перфорированное сито с отверстиями диаметром 8 мм, где эффективность отделения грубого сора достигает 90%. При ширине щели 2 мм эффективность сортирования существенно повышается и становится сопоставимой с указанной выше для ситового сучколовителя. Следует отметить, что повышенные эффективности сортирования связано, по-ви-

* Эффективность сортирования определяли по количеству сора на сите с отверстиями диаметром 3 мм.

димому, со сменой режимов течения суспензии при возрастании частоты вращения ротора сортировки. С переходом в турбулентный режим длинные тонкие включения (щепки, «спички» и т. п.), ориентирующиеся вдоль щели, дезориентируются, что улучшает эффективность их отделения.

На основании проведенных исследований установлено, что при сортировании суспензий средней концентрации на динамической щели обеспечивается удовлетворительная для практического применения эффективность сортирования. На производительность процесса в наибольшей степени влияет перепад давления на сортирующей щели, а также диаметр ротора и ширина щели.

В заключение необходимо отметить, что такие преимущества сортировок с динамической сортирующей щелью, как высокая производительность и надежность в сочетании с вполне удовлетворительной эффективностью отделения грубого сора обуславливают целесообразность их применения прежде всего в потоках непрерывной варки для работы под давлением варочного котла. В настоящее время подобное оборудование разрабатывает НИИЦмаш.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А. с. 1595979 СССР, МКИ⁴ Д 21 Д 5/181, 5/18. Сортировка волокнистой суспензии / С. И. Ворошилов, А. А. Вдовин (СССР).— № 3947537/23—12; Заявлено 29.08.85; Опубл. 30.09.90. Бюл. № 36 // Открытия. Изобретения.— 1990.— № 36.— С. 129—130. [2]. Преминин В. Ф., Ворошилов С. И. Некоторые особенности поведения волокнистой массы средней концентрации при ее сортировании // Новое высокопроизводительное оборудование для полимерной и бумагоделательной промышленности: Сб. научн. тр. / Тамбов, ВНИИРТмаш.— 1989.— С. 171—176. [3]. Ферстер Э., Рёнц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа.— М.: Финансы и статистика, 1983.— 302 с. [4]. Шапиро В. О., Пономарев О. И., Ляпина Ф. Д. Новые технологические процессы и оборудование, применяемое за рубежом: (Обзор).— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1986.— 48 с. [5]. Grundström, K.—J., Norman B., Pettersson B. A highconsistency pressure knitter // TAPPI J.— 1980.— Vol. 63, N 9.— P. 77—79. [6]. Medium consistency technology: the MG-screen / J. Dullichsen, B. Greenwood, E. Härkönen, O. Ferrätius, G. Tistad // TAPPI J.— 1985.— Vol. 68, N 11.— P. 54—58. [7]. Sunds Defibrator DKA Dick Knitter // Paper Trade Journal.— 1985.— Vol. 169, N 1.— P. 29.

Поступила 15 июля 1991 г.

УДК 66 : 047.4/5 + 66.047.82 : 547.992.3

ВЛИЯНИЕ МЕТОДА И УСЛОВИЙ СУШКИ НА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА

Б. Д. ЛЕВИН

Сибирский технологический институт

При сушке гидролизного лигнина различными способами [2, 3, 5] параллельно со снижением влажности имеет место уменьшение размера частиц материала. Ранее установлено [3], что при сорбционной сушке обезвоживание идет весьма интенсивно, продолжительность пребывания материала в зоне сушки невелика, а сам процесс протекает в условиях взрыво- и пожаробезопасности. Кроме того, сухой материал на выходе из сушилки смешан с гранулами сорбента, поэтому его дальнейшее использование связано с необходимостью разделения смеси. Нами проведена оценка влияния метода и режимных условий сушки на степень измельчения материала.

Во всех опытах использовали фракцию гидролизного лигнина, прошедшую сквозь сито с отверстиями диаметром 6 мм. Начальная относительная влажность лигнина 62...65 %, конечная — 7...10 %.

После сушки при всех исследованных режимах определяли гранулометрический состав и средний диаметр частиц в пробах материала, отбираемых методом квартования. Степень измельчения i гидролизного лигнина при сушке в заданных конкретных условиях вычисляли из отношения среднего диаметра частиц соответствующей пробы к среднему диаметру частиц лигнина в пробе, высушенной на воздухе в неподвижном слое при комнатной температуре.

Зависимость дисперсности частиц материала от температуры сушки t устанавливали путем выдерживания гидролизного лигнина в неподвижном слое в интервале температур от 25 до 225 °С.

Из представленных в табл. 1 результатов можно заключить, что температурные условия сушки оказывают некоторое воздействие на гранулометрический состав материала. При изменении t от 25 до 225 °С средний диаметр частиц уменьшается от 1,163 до 1,048 мм, или на 9,9 %. Степень измельчения материала при $t < 100$ °С практически не изменяется, а при $t > 100$ °С — возрастает, достигая максимума, равного 1,11, при $t = 225$ °С. По всей видимости, с возрастанием температуры сушки и расхода испаряемой влаги увеличивается давление внутри пор материала вследствие скопления водяных паров, вызывающее некоторое разрушение частиц.

Естественно предположить, что при обезвоживании гидролизного лигнина в сушилке он будет дробиться сильнее из-за перемешивания внутри вращающегося наклонного аппарата с подъемно-лопастной насадкой, трения частиц друг о друга и стенки аппарата, взаимных соударений. Для определения значимости такого воздействия из одной и той же партии лигнина были отобраны три пробы. Первую сушили в неподвижном слое на воздухе при комнатной температуре (воздушная сушка), вторую — в конвективной барабанной сушилке [2] при частоте вращения барабана 1 об/мин, скорости и температуре сушильного агента на входе в барабан соответственно 1 м/с и 220 °С, а третью — путем адсорбционного обезвоживания в барабане диаметром 0,1 м, вращающемся с частотой 8 об/мин при соотношении массовых расходов поглотителя и влажного материала 3 : 1. В качестве сорбента использовали гранулы силикагеля диаметром 4...6 мм.

Представленные в табл. 2 результаты подтвердили предположение о зависимости степени измельчения материала от условий сушки. При конвективной сушке $i = 1,25$, в то время как при удалении влаги путем выдерживания в неподвижном слое при температуре 220 °С i не превышает 1,1 (см. табл. 1). При этом наблюдается рост i на 13 %.

Наибольший размалывающий эффект имел место при адсорбционной сушке. Гранулы силикагеля, помимо своего основного назначения, играли еще роль размалывающей гарнитуры, а вращающийся барабан с зернами сорбента оказался, в известной мере, подобным шаровой мельнице. В результате средний диаметр частиц лигнина при сушке сорбирующими телами уменьшился на 37,3 %, а степень измельчения по сравнению с гидролизным лигнином воздушной сушки составила 1,59.

Для иллюстрации данных, представленных в табл. 2, на рисунке построены на основании [1] кривые распределения $\Delta R/\Delta\delta = f(\delta)$ (R — масса частиц, имеющих размер выше заданного, так называемый полный остаток, представлен как выраженное в процентах содержание данной фракции в смеси; δ — размер частиц; $\Delta R/\Delta\delta$ — отношение массы выбранной фракции материала к разности ее максимального и минимального размеров).

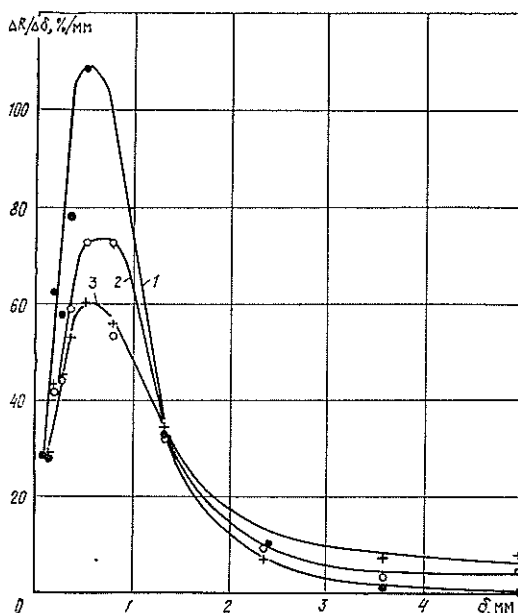
Таблица 1
Гранулометрический состав гидролизного лигнина после сушки в неподвижном слое при различных температурах

Температура сушки, °C	Массовое содержание, %, в смеси фракций с размерами частиц, мм												Средний диаметр частиц, мм	Степень измьсл-чения
	6,000... 4,000	4,000... 3,150	3,150... 1,600	1,600... 1,000	1,000... 0,630	0,630... 0,400	0,400... 0,315	0,315... 0,200	0,200... 0,160	0,160... 0,100	0,100... 0,071			
25	4,31	0,86	17,24	16,38	15,52	21,55	4,31	10,34	6,03	2,16	1,29	1,163	—	
100	5,05	1,35	13,80	16,50	18,18	19,19	5,05	12,79	4,71	2,02	1,35	1,154	1,008	
150	3,98	0,80	15,94	15,54	18,33	18,33	7,97	11,95	4,38	1,59	1,20	1,122	1,037	
200	4,97	2,21	11,05	13,81	16,57	18,23	7,73	14,92	4,97	3,31	2,21	1,080	1,077	
225	1,51	0,75	17,74	17,74	15,85	16,98	9,06	13,58	3,77	1,51	1,51	1,048	1,110	

Таблица 2
Гранулометрический состав гидролизного лигнина, подвергнутого сушке различными методами

Сушка	Массовое содержание, %, в смеси фракций с размерами частиц, мм												Средний диаметр частиц, мм	Степень измьсл-чения
	6,000... 4,000	4,000... 3,150	3,150... 1,600	1,600... 1,000	1,000... 0,630	0,630... 0,400	0,400... 0,315	0,315... 0,200	0,200... 0,160	0,160... 0,100	0,100... 0,071			
Воздушная	15,52	5,80	10,34	20,69	20,69	13,79	4,54	5,17	1,72	1,72	1,72	1,641	—	
Ковнективная	8,40	2,52	14,41	19,20	26,89	16,81	5,04	5,04	1,68	1,68	1,68	1,314	1,25	
Адсорбционная	0,83	0,83	15,00	20,00	20,00	25,00	6,67	6,67	2,50	1,67	0,83	1,029	1,59	

Дифференциальные кривые распределения частиц гидролизного лигнина, подвергнутого адсорбционной (кривая 1), конвективной (кривая 2) и воздушной (кривая 3) сушке



При рассмотрении графиков видно, что гранулометрический состав материала зависит от способа его сушки. Наибольшее содержание крупных фракций имеет место в лигнине, высушенном в неподвижном слое (воздушная сушка). Возникновение истирающего и ударного воздействия при обезвоживании во вращающемся барабане приводит к снижению доли частиц, относящихся к фракциям 6...4 мм и 4,00...3,15 мм, особенно при адсорбционной сушке. Также видно, что отмеченное измельчение наиболее крупных частиц сказывается на содержании фракции 0,63...0,40 мм. Если при воздушной сушке $\Delta R/\Delta \delta$ составляет 60 %/мм, а при конвективной возрастает до 73,1 %/мм, то при адсорбционной оно достигает 108,7 %/мм. Именно вследствие указанного изменения размеров и уменьшается средний диаметр частиц.

Эффект измельчения материала в процессе сорбционного удаления влаги особенно желателен, так как при этом упрощается отделение частиц от гранул поглотителя на выходе из барабана. Перспектива отыскания простого и эффективного решения данной задачи привела к исследованию роли условий сушки в процессе, связанном с дроблением частиц. При выборе факторов, значимость которых желательно было оценить, учитывали, что интенсивность механического воздействия на высушиваемый материал зависит от частоты вращения барабана. Однако, с учетом установленной ранее [3] связи этого параметра с рядом показателей сорбционной сушки, частоту принимали во всех опытах 8 об/мин. Соотношение массовых расходов силикагеля и лигнина равнялось 3 кг/кг для обеспечения конечной влажности последнего, не превышающей 10 %.

Исследование проводили по плану ПФЭ 2³ [6]. В качестве независимых переменных, по изложенным ниже соображениям, были выбраны средний диаметр гранул сорбента X_1 (диапазон изменения 3...5 мм), расход влажного материала X_2 (4...8 кг/ч), диаметр барабана X_3 (100...150 мм).

При постоянном массовом расходе поглотителя изменение размера его гранул сказывается как на их массе, так и на числе. Масса гранул определяет ударную силу при их падении с полок насадки, а число —

Гранулометрический состав лигнина,

Но- мер опы- та	Расход, кг/ч		Размер гранул сили- кагеля, мм	Диам- метр су- шитель- ного бара- бана, мм	Массовое содержание, %, в смеси				
	влаж- ного лигни- на	сили- каге- ля			6,000 ... 4,000	4,000 ... 3,150	3,150 ... 1,600	1,600 ... 1,000	1,000 ... 0,630
1	8	24	5	150	1,65	6,99	10,75	17,97	22,63
2			3		2,71	2,03	3,98	13,46	16,02
3	4	12	5		0,98	1,35	9,85	14,44	19,92
4			3		3,43	1,71	3,43	9,43	14,29
5	8	24	5	100	1,95	1,28	10,68	15,71	17,29
6			3		5,11	1,80	8,20	17,82	19,55
7	4	12	5		2,26	1,05	15,96	20,18	14,16
8			3		1,05	1,95	6,16	14,86	16,22
9	8	24	5	150	2,11	3,16	5,34	16,02	16,69
10			3		3,31	1,88	3,76	11,73	14,06
11	4	12	5		1,43	2,86	7,82	15,86	17,89
12			3		2,71	2,18	8,12	13,31	16,32
13	8	24	5	100	0,90	0,68	8,80	16,02	16,77
14			3		1,65	1,28	6,62	16,47	17,74
15	4	12	5		1,35	1,80	13,91	14,44	16,54
16			3		1,35	2,25	4,50	12,01	14,86
17	Воздушная сушка				6,20	0,78	11,63	16,30	18,60

количество контактов при перекачивании слоя во вращающемся барабане. Что касается X_2 и X_3 , то от расхода влажного материала и диаметра барабана зависят размеры слоя смеси поглотителя и высушиваемого материала в аппарате и условия трения.

Для нахождения степени измельчения в опытах по плану ПФЭ 2³ (табл. 3) одну из проб лигнина сушили в неподвижном слое при комнатной температуре с последующим уточнением гранулометрического состава (номер опыта 17), остальные подвергали сорбционной сушке (номера опытов с 1 по 16). Затем значения i в каждом конкретном случае определяли сравнением с найденным таким же путем средним диаметром частиц после воздушной сушки.

Вопреки ожиданиям, регрессионный анализ полученных результатов показал, что ни один из выбранных параметров не влияет на степень измельчения частиц лигнина в барабане. Все коэффициенты регрессии, за исключением b_0 , оказались незначимы. Уравнение регрессии принимает вид $i = 1,55$.

В связи с этим был опробован вариант более полного выделения лигнина из смеси путем повторного расцева после регенерации сорбента [4]. Из табл. 3 видно, что при использовании для этой цели сита с размером отверстий 3,15 мм наибольший остаток наблюдался в опыте № 1 и составил 8,64 % от общей массы высушенного материала, а в среднем по 16 проведенным опытам он равен 4,26 %. После просушивания сорбента при температуре 200 °С и последующего просева на том же сите, содержание гидролизного лигнина в смеси снижается от 6...8 до 1,0...1,5 %. Представляется, что полученный результат можно считать удовлетворительным, так как в ходе следующего сушильного цикла этот остаточный лигнин подвергается дальнейшему измельчению и отсеву.

Таким образом, проведенная работа позволила найти решение еще одной стадии комплексной проблемы адсорбционной сушки гидролизного лигнина.

Таблица 3

подвергнутого сорбционной и воздушной сушке

фракций с размерами частиц, мм						Средний диаметр частиц, мм	Степень измельчения
0,630... 0,400	0,400... 0,315	0,315... 0,200	0,200... 0,160	0,160... 0,100	0,100... 0,071		
15,49	4,21	8,50	6,92	3,46	1,43	1,140	1,22
31,05	9,85	8,80	6,92	3,68	1,50	0,846	1,65
24,06	13,83	8,27	4,89	2,41	—	0,887	1,58
29,43	20,00	6,29	4,57	4,00	3,43	0,814	1,72
17,07	6,69	13,23	7,67	6,17	2,26	0,913	1,53
14,44	12,48	13,61	5,11	1,88	—	1,341	1,04
14,16	7,68	13,40	8,89	1,51	0,75	1,061	1,32
17,57	7,81	14,11	10,81	8,11	1,35	0,779	1,80
14,74	10,00	17,97	7,52	4,66	1,80	0,870	1,61
32,78	8,95	7,74	7,44	6,09	2,26	0,833	1,68
21,58	15,71	12,86	3,61	1,50	1,88	0,911	1,54
33,83	15,41	3,83	2,18	1,20	0,90	0,959	1,46
20,23	16,47	12,18	4,21	2,48	1,28	0,829	1,69
23,61	10,53	12,41	5,56	3,31	0,83	0,852	1,64
15,94	12,93	11,28	8,87	2,93	—	0,962	1,46
18,77	8,11	21,77	9,16	6,16	1,05	0,739	1,89
20,16	7,75	11,63	3,88	2,33	0,78	1,400	—

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Гордон Г. М., Пейсахов И. Л. Контроль пылеулавливающих установок.—М.: Металлургия, 1961.—308 с. [2]. Левин Б. Д., Николаева Г. В., Воронин В. М. Сушка лигнина в барабанной сушилке // Лесн. журн.—1989.—№ 4.—С. 90—93.—(Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Левин Б. Д., Романченко П. Г. О сушке лигнина сорбирующими телами // Лесн. журн.—1990.—№ 2.—С. 86—88.—(Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Левин Б. Д., Романченко П. Г. Регенерация поглотителя при сорбционной сушке материалов // Научно-технический и социальный прогресс лесопромышленного комплекса Восточно-Сибирского региона: Сб. статей науч.-техн. конф.—Красноярск, 1990.—Т. 2.—С. 186—190. [5]. Левин Б. Д. Сушка лигнина в барабанной сушилке на различных насадках // Гидролизн. и лесохим. пром-сть.—1989.—№ 2.—С. 12—13. [6]. Пен Р. З., Менчер Э. М. Статистические методы в целлюлозно-бумажном производстве.—М.: Лесн. пром-сть, 1973.—120 с.

Поступила 20 февраля 1991 г.

УДК 676.1.022.1

СТАБИЛИЗАЦИЯ КАЧЕСТВА НЕБЕЛЕННОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПРИ ВАРКЕ В АППАРАТЕ «КАМИОР»

В. П. ПАХТУСОВА, С. В. ДЕДОВ, Т. Ф. ЛИЧУТИНА,
В. И. КОМАРОВ

ПО «Соломбальский ЦБК»
Архангельский лесотехнический институт

Выпуск небеленой сульфатной целлюлозы марки НС-2 ГОСТ 11208—82 в ПО «Соломбальский ЦБК» составляет 98...99 %, в том числе высшего сорта — 85 %. Поэтому в условиях этого комбината повышения качества продукции можно достичь только грамотным и четким ведением процесса варки.

Цель нашей работы — выявить показатели качества щепы, технологические параметры варки, оказывающие наибольшее влияние на прочность целлюлозы, определить стабильность параметров, а также норму остаточной эффективной щелочности черного щелока для стабильного провара целлюлозы.

Исследования выполнены в промышленных условиях в варочных аппаратах «Камюр» № 1, 2 на потоке непрерывной сульфатной варки. Отбор проб целлюлозы проводили в течение 6 ч, пробы усредняли. При проведении эксперимента проанализировано 17 усредненных проб. Контроль за технологическими параметрами осуществляли по показаниям приборов на пульте, качество щепы — по ГОСТ 15815—83, дополнительно определяя ее толщину, насыпную массу и удельный объем. Анализ щелоков и полученной массы проводили по действующим отраслевым методикам и ГОСТам.

Полученный экспериментальный материал обработан на ЭВМ ЕС-1022.

Анализ качества технологической щепы (табл. 1) показал, что в течение эксперимента стабилен один показатель — содержание нормальной фракции (коэффициент вариации $v = 1,21\%$), нестабильны —

Таблица 1

Показатель	Норма по ГОСТ 15815—83	Значение показателя			Коэффициент вариации, %
		Максимальное	Минимальное	Среднее	
Состав по фракциям, %:					
крупная	5,0	3,8	2,5	4,9	17,2
нормальная	84,0	88,8	86,8	90,8	1,2
мелкая	10,0	6,7	5,2	8,0	15,7
опилки	1,0	0,5	0,2	1,2	59,9
кора	15,0	2,2	1,5	3,0	23,2
гниль	3,0	0,3	0,1	1,0	92,3
Распределение, %:					
а) по длине, мм:					
0...10		12,8	1,0	80,8	194,1
10...15		7,5	1,0	22,6	95,5
15...20		15,9	6,2	26,6	48,8
20...25		22,4	2,8	36,8	52,5
25...30		18,4	4,1	32,0	46,6
> 30		20,1	3,5	40,4	67,7
б) по толщине, мм:					
0...1		6,2	1,3	20,3	85,2
1...2		11,9	5,4	28,6	52,3
2...3		19,1	3,2	37,3	54,9
3...4		17,4	2,8	30,4	62,3
4...5		11,2	1,1	19,7	51,3
> 5		18,7	5,2	31,0	45,6
в) по ширине, мм:					
0...10		26,2	2,7	41,3	42,6
10...15		15,1	3,1	25,8	49,8
15...20		19,5	5,5	31,0	45,2
20...25		13,6	5,5	23,9	39,5
25...30		9,5	0,9	22,7	68,9
> 30		7,4	0,0	21,8	82,0
Удельный объем, м ³ /т		1,3	1,2	1,3	3,4
Плотность, г/см ³		0,8	0,8	0,9	3,5
Влажность, %		49,5	45,9	52,2	3,7
Плотная масса, кг/м ³ :					
в абс. сухом состоянии		460,0	450,0	470,0	1,7
при влажности 30 %		401,0	388,7	409,7	1,7
Насыпная масса, кг/м ³		124,2	119,9	131,9	3,0

Примечание. Нормируемые размеры щепы: длина — 15...20 мм, толщина — 5 мм.

содержание крупной фракции ($v = 17,2 \%$), опилок ($v = 59,9 \%$) и коры ($v = 22,2 \%$). Самое большое значение коэффициента вариации отмечено для содержания щепы мелкой фракции длиной 0...10 мм ($v = 194 \%$) и толщиной 0...1 мм ($v = 85 \%$).

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что стандартные характеристики щепы отличаются большой неоднородностью. Содержание щепы длиной 15...25 мм составило 38,3 %, а толщиной более 5 мм — 18,7 %.

Нестабильность показателей технологической щепы вызвала колебание степени заполнения дозатора (табл. 2). Технологические параметры работы варочного котла № 1 приведены в табл. 3. Установлено, что нестабильны общий расход щелока ($v = 9,4 \%$), расход щелока в верхней ($v = 15,6 \%$), и нижней ($v = 8,2 \%$) варочных зонах (ВВЗ и НВЗ), остаточная эффективная щелочность черного щелока ($v = 35,5 \%$), степень делигнификации ($v = 12,2 \%$).

Таблица 2

Частота вращения дозатора, об/мин	Коэффициент заполнения	Масса щепы, подаваемая за один оборот дозатора, кг, при насыпной массе, кг/м ³			
		115	120	125	130
13,0	0,950	27,3	28,5	29,7	30,9
13,5	0,925	26,6	27,8	28,9	30,1
14,0	0,900	25,9	27,0	28,1	29,2
14,5	0,875	25,2	26,3	27,3	28,4
15,0	0,850	24,4	25,5	26,6	27,6
15,5	0,825	23,7	24,8	25,8	26,9
16,0	0,800	23,0	24,0	25,0	26,0
16,5	0,775	22,3	23,2	24,2	25,2
17,0	0,750	21,6	22,5	23,4	24,4
17,5	0,725	20,8	21,8	22,7	23,6
18,0	0,700	20,1	21,0	21,8	22,8
18,5	0,675	19,4	20,3	21,0	21,9
19,0	0,650	18,7	19,5	20,3	21,1

Таблица 3

Технологический параметр	Значение параметра			Коэффициент вариации, %
	Максимальное	Минимальное	Среднее	
Частота вращения дозатора, об/мин	16,7	12,9	15,3	5,4
Расход щелочи, % от абс. сухой древесины	18,8	10,0	16,1	9,4
Температура в варочных зонах, °С:				
а) верхняя:				
до подогревателя	158	142	149,9	2,7
после подогревателя	169	101	159,8	5,6
б) нижняя:				
до подогревателя	172	162	168,7	1,5
после подогревателя	179	102	172,7	5,2
Расход щелочи в варочных зонах, м ³ /ч:				
верхней	240	150	169,8	15,6
нижней	400	290	355,7	8,2
Давление в котле, кгс/см ²	13,6	13,0	13,4	1,5
Температура выдуваемой массы, °С	83,0	72,0	75,8	5,8
Содержание активной щелочи в белом щелоке, г/л ед. Na ₂ O	103,9	98,7	101,8	1,5
Сульфидность, %	33,2	28,6	30,5	4,2
Остаточная эффективная щелочность, г/л ед. Na ₂ O	8,14	1,89	3,8	35,3
Степень делигнификации, ед. Каппа	39,9	19,2	32,2	12,2

В целях определения влияния показателей качества щепы и технологических параметров на степень делигнификации предложены уравнения регрессии. Для варочного котла «Камюр» № 1 зависимость качества массы от технологических параметров выражена следующими уравнениями:

$$Y = 79,40 + 0,15X_1 + 0,46X_2 + 0,08X_3 + 0,02X_4 - 0,40X_5 + \\ + 0,03X_6 - 0,03X_7 - 0,0014X_8 - 1,50X_9;$$

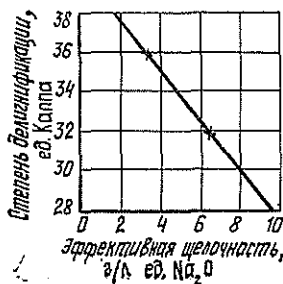
$$Y = 27,77 + 0,46X_2; \quad Y = 23,20 + 0,08X_3; \quad Y = 32,07 + 0,02X_4;$$

$$Y = 102,65 - 0,40X_5; \quad Y = 29,90 + 0,03X_6; \quad Y = 35,68 - 0,03X_7;$$

$$Y = 35,67 - 0,0014X_8; \quad Y = 40,87 - 1,50X_9.$$

где Y — степень делигнификации, ед. Каппа;
 X_1 — частота вращения дозатора, об/мин;
 X_2 — расход активной щелочи от абс. сухой древесины, %;
 X_3 — температура щелока до подогревателя в ВВЗ, °С;
 X_4 — температура после подогревателя в ВВЗ, °С;
 X_5 — температура до подогревателя в НВЗ, °С;
 X_6 — температура после подогревателя в НВЗ, °С;
 X_7 — расход щелока в ВВЗ, м³/ч;
 X_8 — расход щелока в НВЗ, м³/ч;
 X_9 — остаточная эффективная щелочность черного щелока, г/л (в ед. Na₂O).

Анализ показал, что наибольшее влияние на степень делигнификации при данном режиме оказывали расход щелочи на варку, остаточная эффективная щелочность и температура по варочным зонам.



Зависимость степени делигнификации от концентрации эффективной щелочи в черном щелоке

Для варочного котла № 1 зависимость степени делигнификации от эффективной щелочности описывается уравнением прямой типа $Y = 40,87 - 1,50X_9$ и представлена на графике (см. рисунок), что дает возможность рекомендовать норму для технологического регламента по остаточной эффективной щелочности черного щелока 4...6 г/л ед. Na₂O при степени делигнификации 32...36.

В период эксперимента на варочном аппарате «Камюр» № 1 выпуск целлюлозы марки НС-2 высшего сорта составил 90 %, стабильными оказались такие показатели механической прочности, как разрывная длина ($v = 5,2$ %) и сопротивление продавливанию ($v = 4,2$ %), некоторой нестабильностью отличался показатель сопротивления раздиранию ($v = 6,6$ %). На разрывную длину положительное влияние оказывало содержание щепы длиной 15...20 мм ($v = 0,65$ %), на сопротивление продавливанию — содержание щепы толщиной 2...4 мм (положительное влияние) и содержание коры и щепы длиной 0...10 мм (отрицательное).

На основании экспериментальных данных аналогично была проанализирована зависимость показателей прочности целлюлозы от фракционного состава щепы и получены следующие уравнения:

$$L = 88 - 0,420x_1 - 0,787x_2 - 0,492x_3 - 1,607x_4 - 1,758x_5 + 0,490x_6;$$

$$R = 9888,70 - 66,00x_1 - 86,02x_2 - 69,90x_3 - 280,70x_4 - 141,80x_5 - 90,32x_6;$$

$$П = 2424,4 - 14,70x_1 - 18,34x_2 - 34,13x_3 - 50,50x_4 - 5,28x_5 - 7,51x_6,$$

где L — разрывная длина, км;
 R — сопротивление раздиранию, мН;
 $П$ — сопротивление продавливанию, кПа;
 x_1, x_2, x_3 — содержание соответственно крупной, нормальной и мелкой фракций, %;
 x_4, x_5, x_6 — содержание соответственно опилок, коры и гнили, %.

Анализ уравнений показал, что с увеличением содержания коры на 1,5 % разрывная длина уменьшается от 8,8 до 7,3 км, сопротивление раздиранию — от 1100 мН до 850 мН, а сопротивление продавливанию — от 530 до 520 кПа.

При возрастании содержания крупной фракции щепы от 2,5 до 5 % разрывная длина снижается от 8,9 до 7,8 км, сопротивление раздиранию — от 1090 до 930 мН, сопротивление продавливанию — на 35 кПа.

Увеличение содержания мелкой фракции на 3 % вызывает уменьшение разрывной длины от 9,1 до 7,8 км, сопротивления раздиранию — на 175 мН, сопротивления продавливанию — на 85 кПа.

В табл. 4 даны статистические характеристики показателей физико-механических свойств целлюлозы, сваренной в аппарате № 1.

Анализ данных таблицы показал, что суммарная сорность для степени делигнификации 27,5...35,0 составила в среднем 4711 сор./м² при колебаниях 2017...6190 сор./м² ($v = 30,1$ %). Высокий коэффи-

Таблица 4

Показатель физико-механических свойств	Значение показателя			Коэффициент вариации, %
	Максимальное	Минимальное	Среднее	
Содержание сора, сор./м ² :				
а) крупного, площадью, мм ² :				
> 5	0,001	209	73	109,6
> 2	0,001	221	124	66,2
> 1	95,0	1575	674	78,2
< 1	1922	5702	3831	35,1
а) общего	2017	6190	4711	30,1
Непровар, %	0,5	2,45	1,6	47,6
Средняя длина волокна, мм	1,99	2,80	2,40	13,0
Содержание волокон, %, длиной, мм:				
0...0,6	1,0	44,0	7,6	187,7
0,6...1,2	8,0	73,0	29,2	63,7
1,2...1,8	19,0	44,0	30,4	29,3
1,8...2,4	21,0	48,0	32,4	25,8
2,4...3,0	18,0	37,0	25,9	25,1
> 3,0	35,0	61,0	46,1	20,1
Разрывная длина, км	7,979	9,250	8,642	5,2
Сопротивление, кПа:				
продавливанию	488,0	554,0	522,6	4,2
раздиранию	944,0	1096,0	1009,0	6,6

циент вариации имело содержание сора площадью более 5 мм² (109,6 %). При этом нестабильными оказались такие показатели, как непровар и длина волокна. Невозможность получения целлюлозы с указанными выше показателями вызвана неустойчивым обеспечением варочных котлов технологической щепой, соответствующей марке Ц-3 и нестабильными параметрами режима варки.

На основании выполненных исследований для стабилизации качества целлюлозы по показателю «степень делигнификации» рекомендовано следующее:

управление режимом варки вести по температуре в зонах варки;
контроль варки проводить по остаточной эффективной щелочности черного щелока и поддерживать его на уровне 4...6 г/л ед. Na₂O;

повысить требования к качеству технологической щепы по содержанию в ней крупной и мелкой фракций, коры.

Исследования по стабилизации процесса варки по показателю «степень делигнификации» будут продолжены в связи с внедрением АСУТП непрерывной варки.

Поступила 29 ноября 1991 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 338.51 : 663.534

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХОЗРАСЧЕТНЫХ ЦЕН
НА ПОЛУФАБРИКАТЫ И ОТХОДЫ
ГИДРОЛИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В. И. МОСЯГИН, К. Л. МИХАЙЛОВ

Лесотехническая академия (г. Санкт-Петербург)

Распространение хозрасчетных отношений на все структурные подразделения гидролизных предприятий делает необходимой стоимостную оценку полуфабрикатов и отходов производства. При этом должны быть соблюдены общие принципы ценообразования и учтены специфические особенности оцениваемых продуктов.

На гидролизных (биохимических) предприятиях основными видами полуфабрикатов являются гидролизат и послеспиртовая барда, а многоотоннажным отходом — гидролизный лигнин.

Гидролизат служит сырьем для производства спирта, кормовых дрожжей, и затраты на него выступают основой формирования себестоимости этих продуктов. В цене гидролизата предприятие возмещает своему хозрасчетному подразделению (гидролизный цех) издержки производства, обеспечивая и свои хозрасчетные интересы. Поэтому цену на гидролизат, на наш взгляд, необходимо устанавливать на основе производственной себестоимости и норматива прибыли, причем себестоимость должна отражать плановые затраты гидролизного цеха, в котором производится гидролизат. Прибыль целесообразно исчислять по нормативу рентабельности к себестоимости, так как гидролизное производство является одновременно фондо-, материало- и трудоемким и выделить какую-либо одну составляющую затрат производства в качестве доминирующей не представляется возможным. К тому же практика ценообразования в гидролизной промышленности использует именно такой подход*. На основании изложенного цену на гидролизат C_r можно определить по формуле

$$C_r = C_r + C_r H_n / 100,$$

где C_r — нормативные затраты цеха на производство 1 т гидролизата, р.;

H_n — норматив прибыли по предприятию в целом, %.

Послеспиртовая барда является традиционным сырьем для производства кормовых дрожжей. Так же как гидролизат, она содержит редуцирующие вещества (РВ), хотя и в меньшей концентрации, которые служат главной качественной составляющей в оценке стоимости сырья. Поэтому, с нашей точки зрения, экономически обоснованной можно считать такую цену барды, в основу формирования которой положена себестоимость гидролизата с учетом концентрации РВ в обоих видах полуфабрикатов.

* Для расчета нормы прибыли могут быть использованы разные концепции (усредненной стоимости, стоимостная, цены производства и др.) в зависимости от особенностей производства.

С передачей барды потребителю в гидролизный цех связаны дополнительные затраты: амортизация трубопроводов и сборников барды; электроэнергия для работы насосов по передаче барды в трубопроводах; техническое обслуживание оборудования по передаче барды и др. Отсюда цена барды $Ц_6$ может быть определена по формуле

$$Ц_6 = Ц_r G_6 / G_r - З_6,$$

где $Ц_r$ — цена РВ 1 т гидролизата, р.;
 G_6, G_r — содержание РВ в 1 т барды и гидролизата, т;
 $З_6$ — дополнительные расходы при использовании барды в качестве сырья в расчете на 1 т, р.

Многотоннажным отходом гидролизного производства является лигнин, стоимость которого оценивается по-разному. Гидролизный лигнин может быть использован в качестве технологического сырья или энергоносителя, поэтому подходы к его ценообразованию различны. Доминирующим является направление использования лигнина в качестве энергоносителя, т. е. сжигание в утилизационных котлах. Положительный опыт эксплуатации таких установок свидетельствует об эффективности данного направления. Лигнин, используемый как вторичный энергетический ресурс, необходимо оценивать показателем теплоты сгорания топлива. В нашем случае единица потребительной стоимости сжигаемого лигнина включает в себе количество овеществленного труда, содержащееся в заменяемом топливе. Поэтому вполне правомерно оценивать топливный лигнин затратами на единицу количества теплоты.

При замене одного вида топлива другим изменяется кпд котлоагрегата, а также появляются дополнительные расходы (подача лигнина на утилизацию в ТЭС, предварительная его подсушка перед сжиганием и др.). Если традиционное топливо и лигнин утилизируются в различных котлоагрегатах или затраты на их сжигание неодинаковы, то это обстоятельство также должно учитываться при ценообразовании лигнина. Тогда верхний предел цены лигнина $Ц_{в.п}$:

$$Ц_{в.п} = Ц_{т.т} Q_{л} \eta_{л} / (Q_{т.т} \eta_{т.т}) - З_{д},$$

где $Ц_{т.т}$ — цена 1 т традиционного топлива, р.;
 $Q_{л}, Q_{т.т}$ — удельная теплота сгорания лигнина и традиционного топлива, кДж/кг;
 $\eta_{л}, \eta_{т.т}$ — кпд котлоагрегатов, работающих на лигнине и традиционном топливе;
 $З_{д}$ — дополнительные затраты на использование лигнина в качестве топлива, р.

Данная цена на лигнин является лимитной (предельной); ее уровень не дает энергоцеху (потребителю лигнина) никаких выгод при переходе на новый вид топлива. Нижним пределом цены $Ц_{н.п}$ выступают затраты на лигнин гидролизного цеха. Если лигнин до утилизации в качестве топлива не использовался, то нижний предел цены принимается равным нулю. Уровень хозрасчетной цены на лигнин $Ц_{л}$ должен находиться между предельными значениями, т. е.

$$Ц_{л} = Ц_{н.п} + (Ц_{в.п} - Ц_{н.п}) K,$$

где K — коэффициент распределения экономического эффекта.

$$\text{При } Ц_{н.п} = 0 \quad Ц_{л} = Ц_{в.п} K.$$

Коэффициент распределения может быть равен 0,5 или установлен по согласованию гидролизного и энергетического цехов предприятия.

УДК 630*68

МЕТОДЫ УЧЕТА ФАКТОРА СЕЗОННОСТИ В ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ ЛЕСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. Н. ПАНИЮТИН

Лесотехническая академия (г. Санкт-Петербург)

Перевод лесохозяйственного производства на хозрасчет [1—3] позволяет получить интегральную оценку деятельности комплексных лесных предприятий (КЛП) через соизмерение результатов от использования и воспроизводства лесных ресурсов по формуле

$$\Pi_0 = \Pi_1 + \Pi_2, \quad (1)$$

где Π_0 — суммарная прибыль;

Π_1, Π_2 — прибыль соответственно от промышленной и лесохозяйственной деятельности.

Соединение в рамках одного предприятия лесохозяйственной деятельности, лесозаготовок и деревопереработки требует рационального и полного использования всех видов ресурсов. Вместе с тем отдельные виды работ КЛП предпочтительнее выполнять в разные периоды года. Поэтому для обоснования режима производства такого предприятия необходимы экономические расчеты.

При выполнении данной задачи целесообразно применять методы экономико-математического моделирования. Для простоты изложения рассмотрим частный случай, когда комплексное предприятие вывозит древесину на один нижний склад.

Введем следующие обозначения индексов:

k — породно-размерно-качественной (ПРК) группы древесины, $k = 1, 2, \dots, \xi$;

k' — вторичного сырья, $k' = 1, 2, \dots, \xi'$;

l — готовой промышленной продукции: l_1 — сортименты, реализуемые в круглом виде за пределы КЛП, l_2 — продукция переработки древесины, $l = 1, 2, \dots, L$;

r — перерабатывающего производства, $r = 1, 2, \dots, R$;

d — лесохозяйственной продукции, $d = 1, 2, \dots, D$;

s — периода (сезона) года, $s = 1, 2, \dots, S$;

i — технологической операции, $i = 1, 2, \dots, m$;

j — технического средства, $j = 1, 2, \dots, n$.

Условные обозначения заданных показателей:

W, h — объем вывозки древесины с 1 га площади, пройденной рубками ухода и дополнительно отводимой под рубки главного пользования соответственно;

v — норма образования отходов;

η — норма выхода готовой продукции;

ϵ — коэффициент, учитывающий проведение лесохозяйственных работ на площадях, дополнительно отводимых под рубки главного пользования;

b — удельная трудоемкость производства;

a — удельный расход рабочего времени технических средств;

C — показатели критерия оптимальности (чистая прибыль, полученная от реализации единицы продукции);
 z — коэффициент кратности вновь вводимых типовых мощностей по переработке древесины, $z = 0, 1, 2, \dots, \pi$.

Искомые переменные:

$x_{kl_s}, x_{krl_{2s}}$ — характеризующие объемы заготовки и вывозки на нижние склады соответствующих сортиментов для реализации в круглом виде или переработки;
 $x_{k'rl_{2s}}$ — сбора вторичных ресурсов для переработки;
 x_{d_s} — производства лесохозяйственной продукции;
 μ — дополнительного отвода леса в рубку;
 ν — выполнения технологических операций по производству продукции наличными техническими средствами.

Целевая функция имеет вид

$$F(x) = \sum_{k, l_1, s}^{\xi, L, S} C_{kl_s} x_{kl_s} + \sum_{k, r, l_2, s}^{\xi, R, L, S} C_{krl_{2s}} x_{krl_{2s}} + \sum_{k', r, l_2, s}^{\xi', R, L, S} C_{k'rl_{2s}} x_{k'rl_{2s}} + \sum_{d, s}^{D, S} C_{d_s} x_{d_s} \rightarrow \max. \quad (2)$$

Кроме условия неотрицательности, на искомые переменные налагаются следующие ограничения.

Условие соответствия используемых лесосырьевых ресурсов ПРК характеристикам сырья и размеру отвода леса под рубки главного пользования (q_{ks}):

$$\sum_{l_1}^L x_{kl_s} + \sum_{r, l_2}^{R, L_2} x_{krl_{2s}} - \sum_d^D W_{kds} x_{d_s} - h_{ks} \mu_s \leq q_{ks}, \quad k = \overline{1, \xi}; \quad s = \overline{1, S}. \quad (3)$$

Условие соответствия дополнительного отвода леса в рубку главного пользования резервам лесопользования (Q):

$$\sum_s^S \mu_s \leq Q. \quad (4)$$

Условие выполнения обязательных поставок (госзаказа) сортиментов в круглом виде (P_{l_s}):

$$\sum_k^{\xi} x_{kl_s} \geq P_{l_s}, \quad l_1 = \overline{1, L}; \quad s = \overline{1, S}. \quad (5)$$

Условие образования отходов и направления их дальнейшего использования в качестве вторичных ресурсов:

$$\sum_{k, l_1}^{\xi, L} \nu_{k'rl_{2s}} x_{kl_s} + \sum_{k, r, l_2}^{\xi, R, L} \nu_{k'rl_{2s}} x_{krl_{2s}} - \sum_{r, l_2}^{R, L} x_{k'rl_{2s}} \geq 0, \quad k' = \overline{1, \xi'}; \quad s = \overline{1, S}. \quad (6)$$

Условие обеспечения сырьем действующих (M_{rs}) и вновь вводимых (M'_{rs}) перерабатывающих производств (мощности приведены по объему перерабатываемого сырья):

$$\sum_{k, l_2}^{\xi, L} x_{krl_{2s}} + \sum_{k', l_2}^{\xi', L} x_{k'rl_{2s}} - M'_{rs} z_{rs} = M_{rs}, \quad r = \overline{1, R}; \quad s = \overline{1, S}. \quad (7)$$

Условие выполнения обязательных поставок (госзаказа) готовой продукции перерабатывающими производствами (P_{l_2s}):

$$\sum_{k, r}^{\xi, R} \eta_{krl_{2s}} x_{krl_{2s}} + \sum_{k', r}^{\xi', R} \eta_{k'rl_{2s}} x_{k'rl_{2s}} \geq P_{l_2s}, \quad l_2 = \overline{1, L}; \quad s = \overline{1, S}. \quad (8)$$

Условие производства намечаемого объема лесохозяйственной продукции (E_d). Для некоторых мероприятий по лесному хозяйству, в зависимости от конкретных условий, возможно невыполнение — прореживание, проходные рубки и т. п.

$$\sum_s x_{ds} - \sum_s \varepsilon_{ds} u_s = 0, \quad d = \overline{1, D}. \quad (9)$$

Условие выполнения объемов производства промышленной продукции наличными техническими средствами:

$$\sum_k x_{kl_s} + \sum_{k,r} x_{krl_s} + \sum_{k',r} x_{k'r'l_s} - \sum_{i,j} v_{lsij} = 0, \quad l = \overline{1, L}; \quad s = \overline{1, S}. \quad (10)$$

Условие производства лесохозяйственной продукции наличными техническими средствами:

$$x_{ds} - \sum_{i,j} v_{dsij} = 0, \quad d = \overline{1, D}; \quad s = \overline{1, S}. \quad (11)$$

Условие соответствия объемов выполняемых работ трудовым ресурсам предприятия (B_s):

$$\sum_{l,i,j}^{L,m,n} b_{lsij} v_{lsij} + \sum_{d,i,j}^{D,m,n} b_{dsij} v_{dsij} \leq B_s, \quad s = \overline{1, S}. \quad (12)$$

Условие соответствия расхода рабочего времени технических средств лимиту рабочего времени (A_{sj}):

$$\sum_{l,i}^{L,m} a_{lsij} v_{lsij} + \sum_{d,i}^{D,m} a_{dsij} v_{dsij} \leq A_{sj}, \quad s = \overline{1, S}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (13)$$

В качестве критерия оптимальности наиболее целесообразно использовать прибыль, остающуюся у предприятия после уплаты налогов и других платежей в бюджет. Реализация данной задачи линейного программирования на ЭВМ симплекс-методом позволяет получить для сформированных исходных данных оптимальный вариант производственной программы с рассчитанными конкретными объемами и способами проведения лесохозяйственных и лесопромышленных работ и разбивкой их выполнения по периодам (сезонам) года. Оптимизационные расчеты могут проводиться по нескольким вариантам исходных данных. Затем по результатам качественного анализа принимается предпочтительный и компромиссный вариант производственной программы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ильин В. А. Основные положения хозрасчета в лесохозяйственном производстве: Обзор, информ.— М.: ЦБНТИлесхоз, 1989.— Вып. 4.— 32 с. [2]. Лобовиков Т. С. Концепция хозрасчетной организации лесохозяйственного производства // Лесн. хоз-во.— 1989.— № 5.— С. 8—12. [3]. Положение о переводе лесохозяйственных предприятий, объединений и организаций Госкомлеса СССР на хозяйственный расчет.— М.: Госкомлес СССР, 1989.— 7 с.

Поступила 10 июня 1991 г.

УДК 338.26 : 630*3

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ АВТОНОМНОГО ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕГИОНА

И. В. ТУРЛАЙ, И. А. ГЕРМАНЧУК

Белорусский технологический институт

Лесозаготовка в существующих условиях предполагает наличие хорошо организованного лесоскладского производства. На нем лежит ответственность за полное и качественное обеспечение перерабатывающих производств древесиной, и оно требует значительных затрат.

В развитом индустриальном регионе, каким является Республика Беларусь с ее ограниченными лесными ресурсами невысоких качественных кондиций (в основном леса II группы), значение первичной переработки древесины существенно возрастает.

Значительные объемы лесных грузов, при наличии необоснованных встречных перевозок объясняются малой площадью лесосек (в среднем 5 га), их большим разбросом по площади региона [3].

В республике заготавливают немногим более 10 млн м³ древесины, из них 4,6 млн м³ проходит первичную обработку на 46 нижних лесных складах. Диапазон их годовых грузооборотов составляет 20... 315 тыс. м³, в среднем 99 тыс. м³.

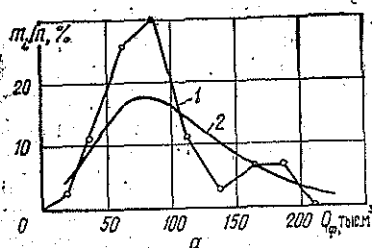
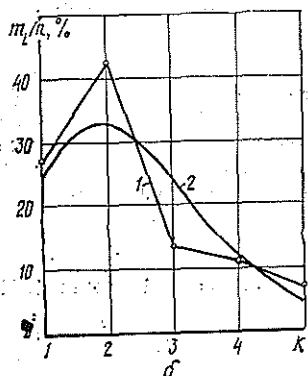


Рис. 1. Распределение лесных складов по грузооборотам $Q_{\text{ф}}$ (а) и числу основных потоков K (б): 1 — фактическое; 2 — теоретическое.



Распределение лесных складов концерна Беллеспром по грузооборотам с приемлемой ошибкой можно отнести к нормальному (рис. 1, а). Величины дисперсии, среднего квадратичного отклонения $\sigma_{\text{н}} = 58,1$ тыс. м³, коэффициента вариации $v = 58,53$ % и других статистических характеристик позволяют считать существенным рас-

сеивание значений грузооборотов от среднего. Наблюдается тенденция к их снижению. Явно выражена левосторонняя асимметрия. Установ-

лено довольно большое превышение фактической мощности складов над расчетной, что ведет, как правило, к снижению качества выпускаемой продукции, интенсивному износу оборудования, преобладанию ручного труда, нарушению технологии и техники безопасности [4].

Число основных потоков на лесном складе колеблется от 1 до 5, в среднем — 2, дисперсия — 1,55. Их распределение показано на рис. 1, б. С вероятностью 92 % это число не превышает 4. На 78 % из 110 основных потоков раскряжевку выполняют электропилами. Здесь преобладает ручная сортировка лесоматериалов, низок уровень механизации.

Автоматизированные линии типа ЛО-15С не находят широкого применения из-за высокой стоимости, сложностей с ремонтом и обслуживанием. Работают всего 25 линий.

Число вырабатываемых сортиментов от 7 до 20 свидетельствует об отсутствии специализации лесных складов. Их распределение по числу сорторазмеров лесоматериалов дано на рис. 2.

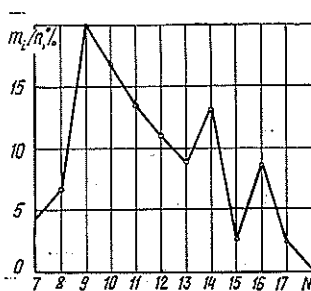


Рис. 2. Распределение лесных складов по числу вырабатываемых сортиментов N

Особенность проблемы заключается в автономности лесозаготовительного процесса в пределах лесозаготовительного региона. Повышение эффективности лесоскладского производства возможно при рациональной, сбалансированной территориальной организации структуры поставок сырья (сортименты, хлысты, деревья), оптимизации грузооборотов каждого склада, видов готовой продукции, комплексной механизации на базе современных систем машин. Главной целью является полное самообеспечение республики лесоматериалами, удовлетворение спроса на древесину.

Задача выбора наиболее эффективных технологий и систем машин для нижнескладских работ в сочетании с оптимизацией грузопотоков древесины от заготовки до потребителей может быть решена экономико-математическим моделированием и последующей реализацией мер технологического, технического и организационного характера [1].

Дискриптивную модель рассматриваемой территориально-транспортной структуры можно представить в виде схемы (рис. 3). В расчетах учитывают схему расположения нижних складов относительно районов лесозаготовок и месторасположение основных потребителей.

Математическая модель описывается следующим образом. Требуется минимизировать грузовую работу: на перевозке хлыстов (дереьев) из мест заготовки на нижние склады; на перевозке сортиментов от нижних складов потребителям [2]. Это может быть выражено функцией

$$\sum_{i,j} l'_{ij} X'_{ij} + \sum_{j,q} l''_{jq} X''_{jq} \rightarrow \min. \quad (1)$$

Система ограничений:

1) из каждого лесного массива может быть вывезено древесины на нижние склады не больше, чем отведено в рубку предприятиям, либо не более ликвидного запаса рубок главного пользования лесхоза:

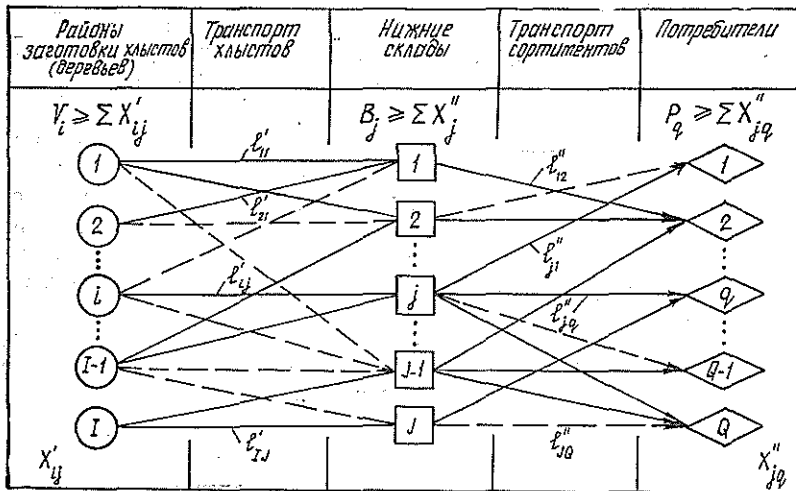


Рис. 3. Транспортно-технологическая схема лесозаготовительного производства: сплошные линии — существующие, штриховые — вновь вводимые связи при поставках лесных грузов

$$\sum_i X'_{ij} \leq V_i, \quad i \in I; \quad (2)$$

2) на каждый нижний склад может быть доставлено древесины не более, чем он в состоянии переработать:

$$\sum_i X'_{ij} \leq B_j, \quad i \in I; \quad j \in J; \quad (3)$$

3) с каждого нижнего склада не может быть вывезено сортиментов больше полученного объема:

$$\sum_j X''_{jq} \leq B_j, \quad j \in J; \quad (4)$$

4) потребители полностью удовлетворяют свои потребности в древесине за счет поставок с нижних складов:

$$\sum_j X''_{jq} \leq P_q, \quad j \in J; \quad q \in Q. \quad (5)$$

Дополнительным условием решения этой задачи является зависимость затрат на нижнескладские работы C_j от годового грузооборота склада:

$$C_j = f B_j. \quad (6)$$

В приведенной модели приняты следующие обозначения.

Индексы и множества:

i, j, q — индексы соответственно лесных массивов (лесхоза, лесосырьевой базы леспромхоза и т. д.), лесных складов и потребителей;

I, J, Q — множество лесных массивов, лесных складов и потребителей.

Ограничения:

V_i — объем древесины, заготавливаемый в лесосырьевой базе i -го лесхоза;

B_j — годовой грузооборот склада j ;

P_q — потребность в древесине потребителя q .

Коэффициенты целевой функции:

l'_{ij} — расстояние вывозки хлыстов (деревьев) из лесного массива i на лесной склад j ;

l''_{jq} — расстояние перевозки сортиментов с нижних складов j потребителям q .

Переменные:

X'_{ij} — объем перевозки хлыстов (деревьев) из лесного массива i на лесной склад j ;

X''_j — объем переработки хлыстов на лесном складе j (годовой грузооборот склада);

X''_{jq} — объем сортиментов, перевезенных с нижнего склада j потребителю q .

Задача по такой модели (1) — (6) решается на ЭВМ с использованием стандартной программы и алгоритма транспортной задачи, а также матрицы специфической структуры (рис. 4).

Элементы структуры	Нижние склады j	Потребители q
Районы заготовки i	l'_{ij} $i \in I$	
Нижние склады j		l''_{jq} $j \in J$ $q \in Q$

Рис. 4. Структура матрицы для оптимизации грузопотоков хлыстов и круглых лесоматериалов

Применение рассмотренной модели позволило получить оптимальную схему грузопотоков хлыстов при их поставках на нижние склады предприятий концерна Беллеспром. Изменение структуры производственных связей позволило полностью исключить встречные перевозки хлыстов, снизить расстояние вывозки от 55 до 51 км. Грузовая работа на вывозке уменьшится на 26 млн $m^3 \cdot km$, что вызовет существенное снижение приведенных затрат на вывозку древесины.

При решении этой задачи в качестве расчетного принят объем заготовки древесины 4,6 млн m^3 в год, равный суммарной мощности всех нижних складов концерна.

Существенное повышение эффективности лесоскладского производства возможно при закреплении за предприятиями всей расчетной лесосеки лесхозов по рубкам главного пользования. Тогда объем ресурсов древесины составит 6,26 млн m^3 . С учетом перспектив индивидуального развития лесных складов их годовой грузооборот можно довести до 5 млн m^3 . Оставшийся не распределенным в результате моделирования объем в 1260 тыс. m^3 предлагается осваивать используя технологии сортиментной заготовки древесины в лесу с прямой поставкой лесоматериалов потребителям. Внедрение этих мероприятий позволит уменьшить грузовую работу по вывозке хлыстов на 42,7 млн $m^3 \cdot km$ при увеличении годового грузооборота всех лесных складов на 400 тыс. m^3 .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Гейзлер П. С. Экономико-математическая модель внутрирайонного размещения лесозаготовительного производства // Лесн. журн.—1990.— № 3.— С. 117—120.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Гейзлер П. С., Федоренчик А. С. Оптимизация технологическо-транспортной структуры лесозаготовительного предприятия // Лесн. журн.—1991.— № 2.— С. 101—104.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Пашковский М. Н., Турлай И. В., Ходосовский М. В. Пути сокращения ручного труда на лесных складах Минлесбумпрома БССР: Обзор. информ. / БелНИИНТИ.— Мн., 1988.— 42 с. [4]. Турлай И. В., Гейзлер П. С., Германчук И. А. Оптимизация лесоскладского производства // Лесн. пром-сть, 1991.— № 6.— С. 19.

Поступила 8 октября 1991 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*231 : 630*44

**ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
НА РАЗВИТИЕ СОСНОВОГО ПОДРОСТА**

Б. П. ЧУРАКОВ

Ульяновский филиал Московского государственного университета

Патогенные грибы существенно влияют на ход всех физиологических процессов, происходящих в больном растении. В результате уменьшается биомасса пораженного растения [1, 6, 7], что чаще всего проявляется в снижении прироста деревьев по высоте и диаметру [3, 5]. Грибы, паразитирующие на листьях и хвое растений, вызывают существенное нарушение процессов синтеза и накопления органических веществ [2], что заметно сказывается на росте и развитии растений.

Изучено влияние серого шютте, вызываемого сумчатым грибом *Hypodermella sulcigena* Tub., на текущий прирост осевого побега по высоте у 15-летнего соснового молодняка естественного происхождения. Средняя зараженность прошлогодней хвои составила 87 %. Исследования проводили в Барнаульском ленточном бору в сосняках лишайниковом, брусничном, черничном и травяном. Полнота молодняков сосны 0,7, класс бонитета III, средняя высота деревьев 5,4 м, средний диаметр 5,1 см. В сентябре 1989 г. в каждом типе леса отдельно для здоровых и больных деревьев закладывали по 10 проб из 10 деревьев. У каждого контрольного и модельного дерева линейкой измеряли текущий прирост по высоте осевого побега с точностью 0,1 см. Результаты измерений обрабатывали статистическим методом [4], определяя среднее арифметическое значение \bar{X} , среднее квадратичное отклонение S , ошибку среднего арифметического $S_{\bar{X}}$ и достоверность различий P . Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

Тип леса	Текущий прирост, см			P	P _i
	\bar{X}	S	$S_{\bar{X}}$		
Здоровые деревья					
Сосняк:					
лишайниковый	18,3	2,71	0,85	—	—
брусничный	21,6	2,05	0,79	2,9	—
черничный	24,2	2,32	0,73	2,4	—
травяной	25,9	2,11	0,66	1,7	—
Больные деревья					
Сосняк:					
лишайниковый	13,3	2,28	0,72	—	4,5
брусничный	17,2	1,25	0,39	4,8	5,0
черничный	17,8	1,24	0,39	0,6	7,8
травяной	19,1	1,14	0,36	1,5	9,3

Примечание. P — достоверность различий в приросте между здоровыми и больными деревьями; P_i — между смежными типами леса.

Полученные данные показывают, что серое шютте оказывает значительное влияние на текущий прирост соснового молодняка. Во всех типах леса отмечено достоверное снижение прироста пораженных деревьев по сравнению со здоровыми. Наблюдается также тенденция к увеличению текущего прироста по высоте как у здоровых, так и у больных деревьев по мере улучшения лесорастительных условий от лишайникового к травяному типу леса, хотя эти различия не всегда достоверны.

Многолетние визуальные наблюдения в ленточных борах привели к заключению, что в местах прохождения высоковольтных линий электропередач морфометрические характеристики деревьев в сосновых молодняках несколько иные, чем у выросших вдаль от ЛЭП.

В целях проверки результатов визуальных наблюдений изучали зараженность и текущий прирост в высоту сосновых молодняков в зоне ЛЭП-250 в Барнаульском ленточном бору. Исследования проводили в сосняке травяном со следующими таксационными показателями: полнота 0,7, класс бонитета III, класс возраста I, средняя высота 5,7 м, средний диаметр 5,5 см. Изучали состояние молодняков на расстоянии 0, 10, 50 и 100 м от ЛЭП. В каждом варианте опыта закладывали 10 пробных площадок по 10 деревьев в каждой. Деревья подразделяли на здоровые и пораженные грибом.

В табл. 2 представлены данные о зараженности соснового молодняка серым шютте при различном удалении от ЛЭП. Анализ показывает сравнительно высокую зараженность деревьев. Она максимальна на расстоянии 10 м от ЛЭП, меньше непосредственно под линией. По мере удаления от ЛЭП зараженность молодняков сосны постепенно снижается.

Таблица 2

Вариант опыта	Расстояние от ЛЭП, м	Зараженность, %			P	P ₁
		\bar{X}	S	S \bar{X}		
1	0	92,4	2,91	0,92	—	—
2	10	94,5	3,01	0,95	1,2	1,2
3	50	86,4	4,80	1,52	4,5	3,4
4	100	84,8	3,41	1,08	0,9	5,3

Примечание. P — достоверность различий в зараженности деревьев между вариантами 1 и 2, 2 и 3, 3 и 4; P₁ — достоверность различий между вариантами 1 и 2, 1 и 3, 1 и 4.

На тех же пробных площадях определен текущий прирост по высоте осевого побега у здоровых и больных деревьев сосны при различном удалении их от ЛЭП. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Из таблицы видно, что у больных деревьев текущий прирост по высоте ниже, чем у здоровых, хотя различия между ними не во всех вариантах достоверны. У деревьев обеих категорий наибольший текущий прирост по высоте отмечен на расстоянии 10 м от ЛЭП, непосредственно под линией он меньше. При удалении от ЛЭП прирост постепенно снижается. По-видимому, здесь проявляется как прямое, так и косвенное влияние электромагнитного излучения от ЛЭП на ростовые процессы деревьев и, очевидно, на процессы развития возбудителя болезни. Прямое влияние может выражаться в непосредственном воздействии электромагнитного поля на процессы синтеза и накопления органических веществ в клетках питающего растения и возбудителя болезни; косвен-

Таблица 3

Вариант опыта	Расстояние от ЛЭП, м	Текущий прирост, см			P	P ₁
		\bar{x}	S	S \bar{x}		
Здоровые деревья						
1	0	26,7	3,18	1,00	—	—
2	10	32,4	2,38	0,75	—	4,6
3	50	30,4	2,50	0,80	—	2,9
4	100	28,1	2,04	0,65	—	1,1
Больные деревья						
1	0	23,1	1,94	0,61	3,1	—
2	10	29,0	2,09	0,66	3,4	7,3
3	50	28,2	2,60	0,82	1,9	5,0
4	100	25,6	3,00	0,95	2,2	2,3

Примечание. P — достоверность различий в приростах здоровых и больных деревьев; P₁ — достоверность различий между вариантами 1 и 2, 1 и 3, 1 и 4.

ное — в намагничивании грунтовых вод и атмосферных осадков, что положительно сказывается на росте и развитии растительных организмов.

Полученные результаты позволяют сделать следующие предварительные выводы. Возбудитель серого шютте и электромагнитное излучение ЛЭП оказывают заметное влияние на текущий прирост по высоте осевого побега соснового подроста. Серое шютте вызывает значительное снижение прироста по высоте во всех изученных типах леса. С удалением от ЛЭП наблюдается тенденция к снижению зараженности деревьев сосны серым шютте и уменьшению текущего прироста по высоте как здоровых, так и пораженных грибом деревьев. Исследования необходимо продолжить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ван дер Планк Я. Е. Болезни растений.— М.: Колос, 1966.— 359 с. [2]. Деверолл Б. Д. Защитные механизмы растений.— М.: Колос, 1980.— 128 с. [3]. Жуков А. М. Грибные болезни лесов Верхнего Приобья.— Новосибирск: Наука, 1978.— 247 с. [4]. Лакин Г. Ф. Биометрия.— М.: Высш. шк., 1973.— 343 с. [5]. Негруцкий С. Ф. Корневая губка.— М.: Агропромиздат, 1986.— 196 с. [6]. Синадский Ю. В. Сосна. Ее вредители и болезни.— М.: Наука, 1983.— 344 с. [7]. Федоров Н. И. Корневые гнили хвойных пород.— М., 1984.— 234 с.

УДК 631.67 : 628.312

ОПЫТ ОРОШЕНИЯ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ В ПОЛУПУСТЫНЕ

Ю. Б. ОВЧИННИКОВ

Астраханская ЛОС

В малолесных районах полупустыни остро ощущается дефицит древесного сырья. К таким регионам относится Астраханская область, лесистость которой составляет 1,6 %. За счет собственных запасов древесины нужды производства удовлетворяются лишь на 6...7 %. С пуском в эксплуатацию Астраханского целлюлозно-картонного комбината (АЦКК) потребности в древесине резко возросли. В связи с этим возникла необходимость в создании высокопродуктивных насаждений из быстрорастущих сортов и клонов тополя. К ним относится тополь Робуста *Populus X euroamericana* (Dode) Guinier cv. «robusta 236», являющийся гибридом тополей угловатого *P. angulata* и черного *P. nigra v. plantierensis* [9]. Он является одной из ценных быстрорастущих пород

и широко используется в различных отраслях хозяйства [12], в том числе в качестве местного сырья для АЦКК.

Поскольку в области мало площадей, пригодных для выращивания тополей, было рекомендовано использовать для этих целей светло-бурые пустынно-степные почвы бэровских бугров, распространенные на запад от дельты Волги [3, 13]. Но в этих условиях наблюдается дефицит воды. В то же время АЦКК и другие предприятия Астрахани испытывают трудности в утилизации промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. За последние 28 лет они аккумулировались на правом берегу р. Волги в 15 прудах-накопителях. Протяженность антропогенной акватории составила 50 км в сторону Калмыкии. Эти воды экологически опасны. В то же время их целесообразно использовать для полива насаждений тополя [10].

Исследования проводили на экспериментальном участке, расположенном между третьим и четвертым прудами-накопителями сточных вод в 10 км к западу от р. Волги. Площадь участка 5 га. Он разделен на три равных чека на южном склоне бэровского бугра [8].

Осенью 1987 г. почву в каждом чеке вспахивали плантажным плугом на глубину 40...50 см, двукратно дисковали тяжелой дисковой бороной и нарезали посадочные борозды глубиной 30...40 см через каждые 4 м. В южную стенку борозды на расстоянии 10...15 см от ее основания через 2 м производили посадку однолетних черенков районированного тополя Робуста 236. Этот сорт мужского пола имеет полупирамидальную или слегка раскидистую крону, развивает мощную корневую систему, отличается высокой экологической стабильностью при относительно быстром росте. В пойменных условиях полупустыни его средняя высота в 19-летнем возрасте достигает 21,5 м, средний диаметр — 28,6 см, объем ствола — 0,55 м³. Длина волокон древесины — 0,99 мм, содержание целлюлозы — 54,5 %, выход полуфабриката для целлюлозно-бумажной промышленности — 70 % [12].

Морфологическое описание почвы выполняли по шурфам глубиной до 120 см, расположенным по диагонали каждого чека. Образцы почвы отбирали по слоям на глубину 160 см ежегодно до и после орошения сточными водами. Анализ почвы и сточной воды проводили по общепринятой методике [1, 6]. Объемную массу почвы определяли методом режущих колец до глубины 1 м через 20 см [2]. Динамику грунтовых вод изучали ежемесячно в течение вегетационного периода по скважинам в каждом чеке. Повторность всех определений трехкратная.

Неочищенной сточной водой из пруда-накопителя № 4 заливали чеки слоем 15...20 см (1500...2000 м³/га). Число поливов — не менее 8. Биометрические измерения тополей производили в конце вегетационного периода по принятой в лесоводстве методике [11].

Исследования показали, что почвы участка светло-бурые, пустынно-степные, супесчано-суглинистые, карбонатные. Они имеют плотное сложение (в метровом слое плотность 1,46...1,77 г/см³) и обладают хорошей водоудерживающей способностью. По степени засоления относятся к слабозасоленным. Грунтовые воды залегают на переменной глубине: 85...98 см от поверхности почвы в северной части участка, 150...162 см в южной.

Сточные воды АЦКК имеют светло-коричневую окраску, неприятный запах сернистых соединений, низкую прозрачность и высокую цветность. Высокие показатели биохимического (БПК₅) и химического (ХПК) потребления кислорода сточной воды указывают на обилие в ней органических и минеральных веществ (табл. 1). По величине сухого остатка сточные воды слабоминерализованные. Из анионов в них преобладают HCO_3^- и Cl^- , из катионов Na^+ , что объясняется специ-

Таблица 1

Год проведения анализа воды	Массовая концентрация веществ, мг/л										рН	БПК ₅	ХПК	
	Сухой остаток	Сульфаты	Сульфиды	Сульфаты	Сульфиды	Триосульфаты	Хлориды	Щелочность	Фенолы	Нефтепродукты			мг	Одл
1988	1616	213	10,3	28,0	217,0	377,0	187	84,0	4,7	8,8	176	933		
1989	1464	210	11,7	29,6	143,0	248,0	173	88,0	4,9	8,3	300	1331		
Общий сток														
1988	1864	92	14,6	16,0	148,0	...	664	16,0	1,3	8,0	152	890		
1989	2442	222	9,6	63,4	26,6	...	547	20,0	1,6	8,1	210	966		
Пруд № 1														
Пруд № 4														
1988	1972	100	19,6	20,0	183,0	359,0	545	20,0	0,5	8,3	102	394		
1989	1769	243	11,6	32,0	57,8	454,4	547	31,4	0,7	7,9	168	953		

фикой сульфатно-целлюлозного производства и примесью хозяйственно-бытовых стоков. Как правило, их химический состав непостоянен и зависит от соблюдения технологии производства, аварийных выбросов, непредвиденных остановок. При удалении от места сброса сточных вод до пруда № 4, откуда сточная вода подается на орошение топей, наблюдается увеличение сухого остатка, сульфатов, хлоридов, щелочности. Уменьшается содержание органических веществ, фенолов, нефтепродуктов. Это говорит о том, что на пройденном пути (5...6 км) сточные

воды самоочищаются. Происходит минерализация органического вещества (лигнин, волокна целлюлозы). Поэтому на различных участках химический состав сточных вод также неоднороден и непостоянен. В то же время содержание некоторых ингредиентов не превышает предельно допустимой концентрации (ПДК) [7]. Так, при общей массовой концентрации веществ 1972,8 мг/л (ПДК 1500 мг/л) концентрация сульфатов составляет 211,3, хлоридов — 454,5, магния — 75,3, фенолов — 75,3 при ПДК соответственно 500, 300, 300 и 40 мг/л. Высокая степень минерализации сточных вод по сравнению с речной (в 7 раз) вызывает закономерную озабоченность возможностью отрицательного влияния на почву и растения. В аридных условиях при неглубоком залегании грунто-

Таблица 2

Глубина отбора проб, см	рН	Сухой остаток, %	Массовая доля водорастворимых солей, %					
			HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+
Чек 1								
0...20	7,4	0,295	0,024	0,077	0,085	0,024	0,005	0,080
	8,0	0,204	0,052	0,012	0,085	0,024	0,021	0,014
21...40	7,3	0,321	0,020	0,109	0,077	0,025	0,009	0,071
	8,4	0,205	0,069	0,032	0,045	0,009	0,009	0,039
41...80	7,2	0,315	0,022	0,064	0,125	0,025	0,010	0,062
	8,7	0,230	0,101	0,026	0,036	0,006	0,008	0,047
81...120	7,1	0,503	0,023	0,159	0,141	0,033	0,018	0,110
	8,2	0,241	0,066	0,028	0,065	0,008	0,009	0,044
121...160	7,2	0,523	0,022	0,185	0,131	0,031	0,025	0,112
	8,0	0,229	0,075	0,028	0,091	0,022	0,011	0,028
Чек 2								
0...20	7,5	0,300	0,028	0,098	0,069	0,017	0,006	0,076
	7,5	0,390	0,057	0,057	0,163	0,035	0,020	0,053
21...40	7,6	0,181	0,031	0,061	0,025	0,015	0,006	0,036
	7,4	0,371	0,056	0,027	0,173	0,072	0,025	0,024
41...80	7,1	0,303	0,020	0,111	0,088	0,028	0,012	0,067
	7,5	0,375	0,064	0,025	0,178	0,065	0,026	0,028
81...120	7,1	0,493	0,017	0,160	0,147	0,034	0,017	0,111
	7,4	0,353	0,064	0,026	0,250	0,048	0,022	0,032
121...160	7,3	0,548	0,020	0,151	0,191	0,048	0,017	0,110
	7,9	0,336	0,067	0,027	0,147	0,030	0,017	0,044
Чек 3								
0...20	7,6	0,250	0,036	0,072	0,055	0,012	0,007	0,060
	7,4	0,202	0,069	0,028	0,045	0,010	0,004	0,044
21...40	7,7	0,279	0,039	0,059	0,085	0,008	0,005	0,075
	7,8	0,200	0,083	0,025	0,032	0,009	0,009	0,040
41...80	7,9	0,228	0,035	0,085	0,024	0,007	0,005	0,064
	7,2	0,155	0,071	0,012	0,024	0,009	0,008	0,024
81...120	7,4	0,585	0,020	0,140	0,232	0,043	0,020	0,123
	7,2	0,194	0,071	0,012	0,084	0,016	0,008	0,024
121...160	7,3	0,689	0,022	0,150	0,293	0,080	0,024	0,110
	7,0	0,281	0,069	0,016	0,142	0,044	0,020	0,018

Примечание. В числителе — данные до орошения (1987 г.); в знаменателе — после двух лет орошения (1989 г.).

вых вод и интенсивном испарении с поверхности почвы полив сточными водами может привести к вторичному засолению [4, 5].

Химический анализ почвы под тополевыми культурами до и после 2-летнего орошения показал, что во всех чеках снижается содержание хлоридов и натрия, но увеличивается щелочность (табл. 2). В чеке 2 возрос процент сухого остатка за счет увеличения доли анионов и катионов. Особенно ярко это проявляется в северной части чеков, где уровень грунтовых вод в течение вегетационного периода залегает на глубине 85...98 см. В этой зоне создается водный режим, при котором грунтовые воды препятствуют вымыванию водорастворимых солей в более низкие горизонты. После полива и подсыхания почвы начинается поверхностное испарение, и водорастворимые соли словно по фитиллю поднимаются к поверхности почвы. В чеке 2, вследствие плохой его планировки, наблюдается местное перераспределение и перенос солей под микроповышение. При установленной норме полива северная часть чека не затопливается. Увеличение нормы приводит к избыточному обводнению в южной части и грозит прорыву дамбы чека. Существующее микроповышение является своеобразным фитилем-испарителем и местным аккумулятором солей (табл. 3). Из данных таблицы видно, что в чеках 1 и 3 под влиянием орошения сточными водами произошло снижение общего запаса солей. В чеке 2 в первый год полива их запас увеличился, во второй год практически стабилизировался. При глубоком уровне залегания грунтовых вод (150...162 см) и восьми поливах сточными водами (норма 1500...2000 м³/га) концентрация водорастворимых солей в почве уменьшается до предельно допустимой.

Таблица 3

Но- мер чека	Запас солей в 120-сантиметровом слое почвы на 1 га, т		
	до орошения, 1987 г.	после орошения	
		1988 г.	1989 г.
1	74,6	42,7	45,6
2	65,6	74,6	71,6
3	70,1	42,4	37,4

Анализируя результаты роста и развития тополя Робуста 236, следует отметить, что в первый год происходит адаптация саженцев к экстремальным условиям. Это проявляется в медленном росте и развитии. В середине вегетационного периода у некоторых растений наблюдается усыхание и опад листьев на верхней части центрального побега. В июле верхушка центрального побега начинает отмирать. Одновременно усиливается рост нижних боковых побегов, среди которых выделяется лидирующий. Во второй вегетационный период наступает интенсивный рост ослабленных тополей. Они приобретают форму куста и достигают максимальной высоты 360 см.

Показатели роста тополя Робуста 236 сравнивали с данными А. П. Царева [3] для этого же вида тополя, выращиваемого на бэровском бугре при орошении речной водой. В нашем опыте заложить контрольный вариант не удалось из-за отсутствия чистой воды в районе исследований. Высота однолетних саженцев составила $74,8 \pm 5,3$ см, двухлетних $246,9 \pm 9,1$ см (в контроле $127,0 \pm 8,9$ и $259,0 \pm 6,9$ см), диаметр ствола у корневой шейки соответственно $1,30 \pm 0,02$ и $2,80 \pm 0,03$ см, прирост главного побега $33,9 \pm 1,7$ и $163,7 \pm 3,6$ см, диаметр кроны $61,2 \pm 2,3$ и $153,7 \pm 3,2$ см.

Как видим, в однолетней культуре при орошении сточными водами высота тополя Робуста 236 в 1,7 раза меньше, чем в контрольном варианте. На второй год эта разница составляет всего 13 см, значительно увеличиваются и другие морфологические показатели. В местах низкого уровня залегания грунтовых вод (150...162 см), где обеспечивается промывной тип водного режима, тополь Робуста 236 развивается лучше. Напротив, при высоком уровне грунтовых вод (85...98 см) растение развивается хуже или погибает от избыточного содержания водорастворимых солей в почве. В таких условиях необходима дренажная сеть для сбора и отвода грунтовых вод за пределы тополевых насаждений.

Дальнейшие исследования на участках бэровских бугров с более низким уровнем грунтовых вод (5...6 м) и расширение ассортимента сортовых тополей позволяет более достоверно выявить перспективу их выращивания в полупустыне при орошении сточными водами сульфатно-целлюлозного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв.—М.: МГУ, 1970.—488 с. [2]. Доспехов Б. А., Пупонин А. И. Земледелие с основами почвоведения.—М.: Колос, 1978.—225 с. [3]. Иванников С. П., Царев А. П. Возможности выращивания тополей с орошением сточными водами // Лесн. хоз-во.—1971.—№ 1.—С. 39—45. [4]. Ковда В. А. Почвы Прикаспийской изменности.—М.; Л.: АН СССР, 1950.—254 с. [5]. Ковда В. А. Почвы дельты Волги и их место в почвообразовании // Тр. / Гос. океанограф. ин-т.—Л., 1951.—Вып. 18, № 30.—С. 277—302. [6]. Лурье Ю. Ю. Унифицированные методы анализа вод.—М.: Химия, 1973.—376 с. [7]. Орошение пастбищ и сенокосов сточными водами / В. М. Новиков, И. П. Канардов, Н. А. Ковалева и др.—М.: Россельхозиздат, 1977.—110 с. [8]. Федорович Б. А. Происхождение «Бэровских бугров» Прикаспия // Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз.—1941.—№ 1.—С. 21—35. [9]. Харитонович Ф. Н. Биология и экология древесных пород.—М.: Лесн. пром-сть, 1968.—304 с. [10]. Царев А. П. Изучение возможности использования сточных вод сульфатцеллюлозного производства при выращивании сортовых тополей // Материалы науч. конф. по вопросам лесного хозяйства.—Пушкино, 1970.—С. 77—80. [11]. Царев А. П. Методика сортоиспытания лесных пород.—Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1977.—40 с. [12]. Царев А. П. Сортоведение тополя.—Воронеж: ВГУ, 1985.—151 с. [13]. Царева Р. П., Царев А. П. Использование сточных вод сульфатцеллюлозного производства при выращивании сортовых тополей в условиях светло-бурых почв полупустыни // Тез. докл. VI съезда Всесоюз. об-ва почвоведов.—Тбилиси, 1981.—Кн. 5.—С. 72—73.

УДК 630*232.3 : 630*181.22

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ НА СОЗРЕВАНИЕ СЕМЯН АКАЦИИ БЕЛОЙ

А. А. КУЛЫГИН

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт

Тепловой фактор является одним из главных, определяющих скорость протекания многих физиологических процессов у растений. Потребность древесных пород в тепле, необходимом для формирования семян, изучена недостаточно. Нами исследовано влияние температурных условий на созревание семян гледичии обыкновенной, софоры японской, бундука двудомного [2, 3].

Многолетние фенологические наблюдения за акацией белой позволили определить количество теплоты (выраженное через сумму эффективных температур), необходимой для созревания ее семян (см. таблицу).

Год наблюдений	Дата созревания семян	Сумма эффективных температур, град	Год наблюдений	Дата созревания семян	Сумма эффективных температур, град
1970	15.08	1963,2	1982	25.08	1803,1
1971	20.08	1915,3	1983	11.08	1962,5
1972	05.08	1952,0	1984	20.08	1931,8
1973	25.08	1938,3	1985	18.08	1874,7
1974	26.08	1797,3	1986	12.08	1829,4
1975	01.08	1968,3	1987	04.09	1903,4
1976	30.08	1910,3	1988	22.08	1959,0
1977	19.08	1875,8	1989	18.08	1936,1
1978	30.08	1809,7	1990	16.08	1860,5
1979	06.08	1805,1	1991	13.08	1957,2
1980	25.08	1838,1			
1981	15.08	1867,5	Среднее	19.08	1893,6

Исследования проведены в Новочеркасске (Ростовская область) и его окрестностях (включая лесные полосы), относящихся к разнотравно-типчаково-ковыльной степи, почвы — североприазовские черноземы.

Созревание семян определяли по цвету бобов и плотности семенных покровов. Семена относили к созревшим, если при проведении твердым предметом на их поверхности не оставалось углублений.

Расчет сумм эффективных температур выполнен по данным метеостанции Всероссийского института виноградарства (Новочеркассск) по общепринятой методике [1].

Как следует из таблицы, средняя сумма эффективных температур, необходимая для созревания семян акации белой, равна $1893,6^{\circ}$ (от $1797,3$ до $1968,3^{\circ}$). Коэффициент вариации $C = \pm 3,08 \%$; точность наблюдений достаточно высокая, $P = \pm 0,66 \%$.

Зная сумму эффективных температур, можно определить, в каких географических пунктах семена акации белой будут созревать ежегодно, а в каких не будут вообще или не каждый год. Кроме того, по накоплению этой суммы можно прогнозировать сроки созревания семян. Дата накопления средней суммы эффективных температур $1893,6^{\circ}$ будет вероятной датой созревания семян акации белой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Венцкевич З. Г. Сельскохозяйственная метеорология. — Л.: Гидрометеоиздат, 1952.— 322 с. [2]. Кулыгин А. А. Влияние температурных условий на созревание семян гледичии обыкновенной и софоры японской // Лесоведение.— 1984.— № 1.— С. 73—76. [3]. Кулыгин А. А. Влияние метеорологических условий на созревание и плотность оболочек семян бундука двудомного // Лесн. журн.— 1989.— № 4.— С. 19—21.— (Изв. высш. учеб. заведений).

УДК 621.825 : 630* : 65.011.54

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ МУФТ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

В. Р. КАРАМЫШЕВ

Воронежский лесотехнический институт

В процессе эксплуатации лесохозяйственных машин неизбежны кратковременные нарушения нормального режима их работы, которые

могут привести к перегрузке рабочих органов. Во избежание перегрузок применяют предохранительные муфты. Однако в момент их срабатывания возникают значительные динамические нагрузки, зависящие от моментов инерции и жесткости системы, типа предохранителя и места его расположения в машине, а также от характера связи между рабочим органом и предметом, вызвавшим перегрузку.

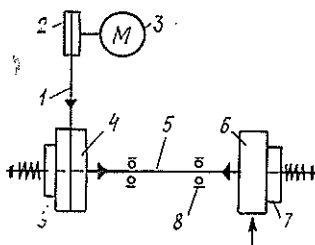
Динамические нагрузки можно определить расчетом или с помощью стендовых испытаний.

При расчетах реальную динамическую систему заменяют приведенной. Способы расчета некоторых приведенных систем с кулачковыми предохранительными муфтами при перегрузках с учетом характера связи (жесткая, упругая, нелинейная) даны в работе [2].

Динамическими расчетами трудно учесть действие ряда факторов, влияющих на работоспособность муфт, в частности на точность их срабатывания, чувствительность и другие характеристики. Поэтому работоспособность предохранительных муфт часто исследуют на специальных стендах, представляющих одномассовые [1] и двухмассовые [4] динамические системы или системы замкнутого контура [3]. Однако они не отражают всех основных расчетных случаев, не учитывают различий связи при перегрузке и влияния места расположения муфты на работу конструкции.

В Воронежском лесотехническом институте разработан и изготовлен стенд иной конструкции, в котором при достаточной простоте в основном устранены отмеченные недостатки.

Рис. 1. Кинематическая схема стенда



Принципиальная схема стенда показана на рис. 1. Он состоит из электродвигателя 3, на вал которого насажен вариаторный шкив 2, изменяющий частоту вращения. С этого шкива клиновым ремнем 1 движение передается на шкив 4 (с большим моментом инерции для сохранения постоянства вращения при срабатывании муфт), установленный на валу 5, смонтированном на подшипниках качения 8. На другой конец вала насажена масса 6, имитирующая рабочий орган. Как в шкиве 4, так и в массе 6 консольно (для лучшего обслуживания) установлены предохранительные муфты 9 и 7. Стопорение (перегрузка) массы 6 производится выдвиганием какого-либо предмета, определяющего характер связи (на рисунке показано стрелкой). Такая конструкция представляет двухмассовую динамическую систему с предохранительными муфтами в массе рабочего органа и вне его.

При исследовании муфты, установленной в массе рабочего органа, она регулируется на заданный момент, а муфта вне рабочего органа затягивается до конца и служит только маховой массой. При исследовании муфты вне рабочего органа поступают наоборот.

Для создания жесткой связи масса 6 стопорится абсолютно жестким недеформирующимся предметом. В этом случае при исследовании муфты 9, установленной вне рабочего органа, во время ее срабатывания ведомая часть системы превращается в одномассовую с заделкой

(рис. 2, а) при условии, что рабочий орган также абсолютно жесткий (C — жесткость вала стэнда; I_1'' — момент инерции ведомой части муфты), или в двухмассовую с заделкой (рис. 2, б), если элементы рабочего органа являются упругими, т. е. их деформации не превышают предела упругости (C_p — жесткость рабочего органа; I_2 — момент инерции рабочего органа и предохранительной муфты).

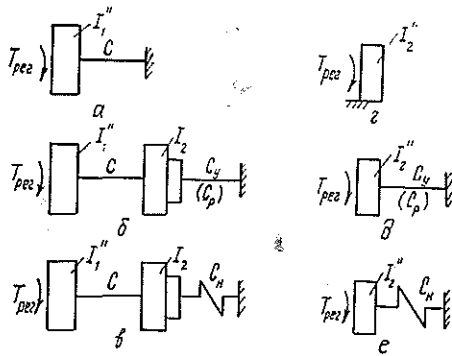


Рис. 2. Динамические системы стэнда

При исследовании предохранительной муфты 7, установленной в массе б рабочего органа, в случае жесткой связи (при жестком рабочем органе) муфта мгновенно срабатывает и ведомая часть системы превращается в одномассовую (рис. 2, г). Если рабочий орган обладает упругостью, то система превращается в двухмассовую с заделкой (рис. 2, б, I_2'' — момент инерции ведомой части муфты).

Для создания упругой связи масса б стопорится упругим предметом. При исследовании муфты 9, установленной вне рабочего органа, ведомая часть системы превращается в двухмассовую с заделкой (рис. 2, б, C_y — жесткость упругой связи), а при исследовании муфты 7, установленной в рабочем органе, — в одномассовую с заделкой (рис. 2, д).

Для создания нелинейной связи масса б стопорится упруго-пластическим предметом, например резиновым бруском. Если исследуется муфта 9, установленная вне массы рабочего органа, ведомая часть системы превращается в двухмассовую с заделкой (рис. 2, в, C_n — жесткость нелинейной связи), при испытании муфты 7, установленной в массе рабочего органа, — в одномассовую с заделкой (рис. 2, е).

Во всех случаях на ведомые системы стэнда действует регулировочный момент исследуемой предохранительной муфты.

Исследования по определению максимального момента при срабатывании муфты T_{\max} в зависимости от угловой скорости системы ω , проведенные на стэнде при жесткой связи и установке муфты вне рабочего органа, показали достаточную сходимость экспериментальных данных с результатами расчета по формуле [2]

$$T_{\max} = \omega \sqrt{I_1'' C} + T_{\text{рег}},$$

где $T_{\text{рег}}$ — регулировочный момент муфты.

Например, для кулачковой предохранительной муфты при частоте вращения 100 мин^{-1} расчетное значение T_{\max} составило $44,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$, экспериментальное — $46,0 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Стэнд позволяет создавать широкий диапазон скоростей нарастания нагрузки за счет изменения частоты вращения, жесткости системы, смены маховых масс. На нем известными методами [5] можно получить основные характеристики исследуемых предохранительных муфт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Карамышев В. Р. Исследование некоторых фрикционных материалов для предохранительных муфт сельхозмашин // Механизация сельскохозяйственных производственных процессов.— Воронеж, 1972.— Вып. 3.— С. 77—81. [2]. Нартов П. С., Карамышев В. Р. К расчету динамических нагрузок в элементах лесных машин, защищенных предохранительными муфтами // Лесн. журн.— 1978.— № 1.— С. 30—35.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Поляков В. С., Барбаш И. Д. Муфты.— М.; Л.: Машгиз, 1964.— 364 с. [4]. Попов Е. М. Стенд для исследования предохранительных муфт // Механизация и электрификация соц. с.-х., 1969.— № 5.— С. 21. [5]. Тепеникичев В. К. Предохранительные устройства от перегрузки станков.— М.: Машиностроение, 1968.— 112 с.

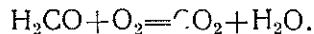
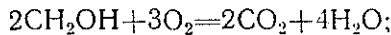
УДК 662.921 : 674.08

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ТОКСИЧНЫХ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ

А. М. ЛЕВШАКОВ

Благовещенский технологический институт

На предприятиях деревообрабатывающей промышленности в цехах по производству смол образуется значительное количество сточной воды, содержащей 15 % и более метанола и формальдегида. При огневом обезвреживании, основанном на испарении воды, перегреве и выжигании метанола и формальдегида, образуются нетоксичные соединения:



Огневое обезвреживание сточной воды проводят в автономных циклонных реакторах с газовым отоплением без утилизации теплоты продуктов сгорания [2, 5].

Кроме того, на деревообрабатывающих предприятиях имеется большое количество мелкофракционных древесных отходов — опилок, пыли и др., обладающих значительным энергетическим потенциалом. Так, ежегодно на одной линии по выпуску древесностружечных плит производительностью 250 тыс. м³/год получают при шлифовании до 8 тыс. м³ древесной пыли, энергетический потенциал которой эквивалентен приблизительно 1 тыс. т мазута [3, 4].

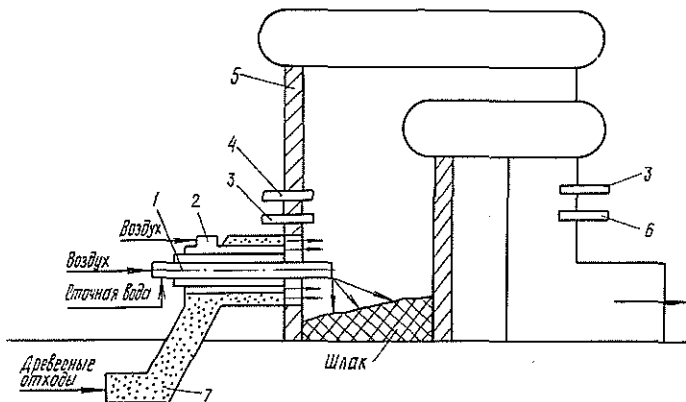


Рис. 1. Принципиальная схема опытно-промышленной установки: 1 — форсунка сточной воды; 2 — горелка; 3 — термопары; 4 — газовая горелка для подсветки; 5 — котел ДКВР 10-23; 6 — газозаборная трубка; 7 — трубопровод для подачи взвеси древесных отходов

С целью выяснить принципиальную возможность обезвреживания сточной воды за счет сжигания, преимущественно древесной пыли, определяли влияние впрыска сточной воды на горение древесных отходов, а также устанавливали, не возникают ли при этом отрицательные воздействия на элементы котла.

На базе котла ДКВР 10-13 нами была создана опытно-промышленная установка (рис. 1) для утилизации сточных вод, содержащих токсичные соединения. Котел снабжен типовой системой КИП и автоматики. С помощью термомпар замеряли температуру в топке котла и за ним. Отбор дымовых газов для выполнения анализов осуществляли с помощью водоохлаждаемой газозаборной трубки. Контролировали также давление сточной воды и воздуха, подаваемого на вход форсунки.

Испытания установки проводили в течение пяти месяцев в следующей последовательности.

При достижении стационарного режима работы котла снимали показания КИП и отбирали пробы дымовых газов. Затем подавали сточную воду и проводили аналогичные замеры. Одновременно вели визуальные наблюдения за горением в топке и прозрачностью газов на выходе из дымовой трубы.

Продолжительность опытов с подачей сточной воды составляла от 1 до 10 ч, средний расход сточной воды — 0,65 м³/ч, а древесных отходов — 700 кг/ч. При подаче сточной воды температура в топке снижалась не более чем на 50 °С, а на выходе из котла не изменялась.

При сжигании древесных отходов дымовые газы содержат 6,10 % CO₂; 13,63 % O₂; 0,78 % CO; при подаче сточной воды — 7,20 % CO₂; 12,54 % O₂; 0,67 % CO. Температура дымовых газов равняется 350 °С.

Снижение содержания O₂ и CO в дымовых газах свидетельствует о благоприятном воздействии на процесс горения подачи сточной воды в указанном выше количестве. Постоянство температуры газов на выходе из котла можно объяснить наличием в воде метанола, формальдегида и других горючих веществ, а также каталитическим воздействием древесной золы на их выжигание.

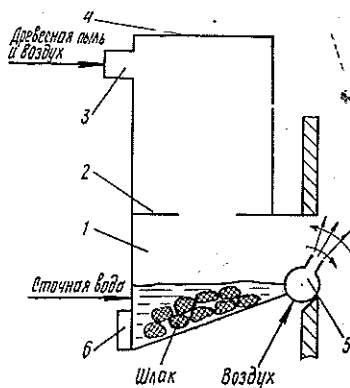
Опыты показали, что наличие в древесной пыли абразивного порошка, попадающего при шлифовании древесностружечных плит, приводит к сильному шлакованию топки и заносу золой конвективных поверхностей нагрева, в результате чего котел останавливали на чистку через 1...1,5 месяца.

Для повышения надежности и экономичности энергетической утилизации токсичных отходов нами предложен [3] принцип двухступенчатого обезвреживания: на первой ступени сжигали древесные отходы, а на второй использовали теплоту их сгорания для термической обработки сточной воды. В качестве первой ступени применяли циклонный предтопок [1], изображенный на рис. 2.

Характерной особенностью предтопка является следующее: газозабор выполнен в виде ванны, к которой подсоединен трубопровод подачи сточной воды, а в нижней части газозабор по всей его ширине установлено воздушное щелевое сопло, способное поворачиваться относительно горизонтальной оси.

Древесную пыль сжигали в циклонном предтопке при температуре 1200...1300 °С, что обеспечивало выжигание токсичных веществ, выделяющихся при термическом разложении вязких веществ в частицах пыли. Образующийся при этом жидкий шлак под воздействием центробежных сил сепарируется на внутренних стенках предтопка, а затем стекает через пережим в газозабор и попадает в сточную воду, которая нагревается и испаряется. Охлаждаясь, шлак гранулируется в твердые частицы, которые периодически удаляют через люк. Продукты сгорания древесной пыли, водяные пары, газообразные фенол и метанол

Рис. 2. Принципиальная схема циклонного предтопка; 1 — газоход; 2 — пережим; 3 — патрубок; 4 — камера сгорания; 5 — щелевое сопло; 6 — люк



на выходе из газохода перемешиваются с воздухом, поступающим из щелевого сопла. Выжигание токсичных веществ происходит в топке котла при температуре около 1200 °С. Поворачивая щелевое сопло, подбирают оптимальные условия для перемешивания воздуха и токсичных веществ в зависимости от их концентрации и количества добавляемой сточной воды.

На основании проведенных исследований установлено, что на деревообрабатывающем предприятии вся сточная вода из цеха смол может быть полностью утилизирована в топках котлов путем сжигания мелкофракционных древесных отходов по двухступенчатой схеме. Впрыск сточной воды из цеха карбамидоформальдегидных смол не вызывает отрицательных воздействий на работу котла. При этом решаются вопросы защиты окружающей среды и экономии энергетического топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А. с. 1513315 СССР, МКИ⁴ Е 23 G 7/04. Установка для обезвреживания сточной воды / А. М. Левшаков.— № 4381472/23—33; Заявлено 22.02.88. Опубл. 07.10.89, Бюл. № 37 // Открытия. Изобретения.— 1989.— № 37.— С. 183. [2]. Берладинер М. Н., Шурыгин А. П. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов.— М.: Химия, 1990.— 304 с. [3]. Левшаков А. М. Системы теплотехнической и теплотехнологической утилизации токсичных жидких и твердых отходов деревообработки // Научные основы создания энергосберегающей техники и технологии: Тез. докл. Всесоюз. конф. 27—29 ноября 1990 г.— М., 1990.— С. 178—179. [4]. Ощепков Л. С. Сжигание пылевидных отходов в топках котлов // Лесн. пром-сть.— 1981.— № 7.— С. 25—28. [5]. Шуркин К. Ф., Ридер Е. Н., Релин Р. Л. Термическое обезвреживание сточных вод в топках промышленных котлов // Пром. энергетика.— 1987.— № 1.— С. 32—34.

УДК 581.116

СОДЕРЖАНИЕ ФОРМАЛЬДЕГИДА В ЛИСТЬЯХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

И. Я. КИСЕЛЕВ

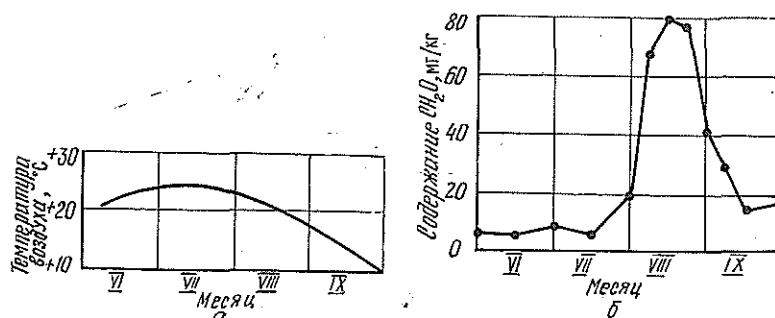
Лесотехническая академия (г. Санкт-Петербург)

Мономерный формальдегид CH_2O при обычных условиях представляет собой бесцветный газ с характерным резким запахом, хорошо растворимый в воде. В водных растворах при малых концентрациях он полностью гидратирован и образует устойчивый моногидрат, при значительных концентрациях — циклический тример $(\text{CH}_2\text{O})_3$ (триоксан). Триоксан имеет запах хлороформа, хорошо растворяется в горячей воде и уксусной кислоте с образованием мономерного формальдегида [5, 6].

Цель данной работы — изучить образование и накопление формальдегида в листьях древесных растений.

Экспериментальную часть работы проводили в течение двух сезонов 1989—1990 гг. Для выполнения опытов отбирали теневые и световые листья клена остролистного, березы пушистой и липы мелколистной различных возрастов, мест и условий произрастания. Формальдегид из листьев выделяли экстракцией водой. Навеску мелконарезанного, сырого (влажность 75...80%), листа массой 1 г помещали в колбу и заливали 50 мл воды. Содержимое колбы подвергали перегонке при нормальном давлении, а дистиллят анализировали по методикам, изложенным в работах [1, 6]. Концентрацию формальдегида в дистилляте определяли фотометрически с применением ацетилацетона [2, 4].

Для примера на рисунке представлены экспериментальные данные об изменении концентрации формальдегида в листьях березы пушистой в зависимости от времени года.



Сезонные изменения температуры воздуха (а) и содержания формальдегида в листьях березы пушистой (б)

Из приведенного рисунка видно, что высокая температура воздуха в июне — июле усиливает транспирацию [3], происходит интенсивное испарение воды из клеточных стенок в межклетники. Давление водяного пара в листьях становится достаточно высоким, что увеличивает скорость диффузии водяного пара через устьица в атмосферу [3]. Вместе с водяным паром выделяется из листьев и формальдегид, поэтому содержание его в летнее время составляет всего 5...10 мг/кг сырой массы.

В августе происходит понижение температуры воздуха, особенно в ночное время, и интенсивность транспирации уменьшается, что приводит к увеличению концентрации формальдегида в листьях до 80 мг/кг.

В конце августа, начале сентября наблюдается снижение концентрации формальдегида в листьях. Это связано с осенним оттоком формальдегида с питательными веществами из листьев в побеги и ветви.

В период осеннего листопада концентрация формальдегида в листьях снижается и составляет 15...20 мг/кг.

На основании полученных результатов установлено, что исследованные листья клена, березы и липы содержат формальдегид. Можно предположить, что образующийся CH_2O в живых клетках листа находится в виде устойчивого моногидрата.

Содержание формальдегида как в теневых, так и в световых листьях клена, липы и березы примерно одинаковое. Возраст, место и условия произрастания деревьев на содержание формальдегида в листьях влияют незначительно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Воскресенский П. И. Техника лабораторных работ.— 10-е изд. стер.— М.: Химия, 1973.— 717 с. [2]. Комарова Е. Е., Рошмаков Б. В., Васильев В. В. Плиты и фанера // Отеч. произв. опыт: Экспресс-информация.— 1987.— № 12.— С. 16—19. [3]. Крамер Пол Д., Козловский Теодор Т. Физиология древесных растений / Пер. с англ.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 464 с. [4]. Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод.— М.: Химия, 1984.— 446 с. [5]. Огородников С. К. Формальдегид.— Л.: Химия, 1984.— 271 с. [6]. Уоккер Дж. Ф. Формальдегид.— М.: Гостехиздат, 1952.— 608 с.

УДК 624.131 : 630*864

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА КАК ТЕХНОГЕННОГО ГРУНТА

А. Л. НЕВЗОРОВ, Д. Д. КОЗМИН, В. Н. ЗВЕЗДИН

Архангельский лесотехнический институт

Отвалы лигнина на гидролизных заводах достигают сотен тысяч кубических метров. Их толщина иногда превышает 10...20 м. Гидролизный лигнин используют как основание временных и постоянных дорог, зданий и других сооружений. Предложено применять его в качестве теплоизолирующих слоев в теле насыпей, обратной засыпке фундаментов и т. п. [3]. Для прогноза осадок и расчета устойчивости сооружений, возведенных на основаниях с залеганием гидролизного лигнина, необходимо знать физические и деформационно-прочностные свойства этого материала как одного из видов техногенных (искусственных) грунтов.

Объектом изучения служил лигнин Онежского гидролизного завода Архангельской области. Проведенные исследования являются составной частью проектно-изыскательских работ, которые проводятся в настоящее время на заводе различными организациями. Их цель — разработка рекомендаций по утилизации и использованию отходов производства, в том числе и лигнина. Физико-механические свойства лигнина определяли по ГОСТ при помощи стандартных приборов, применяемых в практике инженерно-геологических изысканий [4].

Физические свойства гидролизного лигнина при сухой отсыпке и отсыпке в воду представлены в табл. 1.

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что свойства, характеризующие плотность сложения материала (коэффициент пористости, плот-

Таблица 1

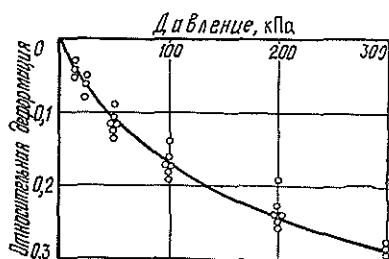
Показатель	Число определений	Значение показателя			Коэффициент вариации
		Минимальное	Максимальное	Среднее	
Плотность, г/см ³ :					
грунта	9/12	0,63/1,02	0,69/1,07	0,66/1,05	0,031/0,0014
твердых частиц	7/12	1,34/1,36	1,40/1,40	1,37/1,38	0,016/0,011
сухого грунта	7/12	0,22/0,23	0,23/0,24	0,23/0,23	—/—
Влажность, доли ед.	7/12	1,83/3,32	2,01/3,57	1,92/3,47	0,030/0,021
Коэффициент пористости	7/12	4,95/4,71	5,14/5,04	5,06/4,89	—/—
Степень влажности	7/12	0,49/0,95	0,55/1,01	0,52/0,98	—/—

Примечание. В числителе приведены данные для сухой отсыпки; в знаменателе — для отсыпки в воду.

ность сухого грунта), при сухой отсыпке и отсыпке в воду практически идентичны.

Гранулометрический состав гидролизного лигнина определяли просеиванием на стандартном наборе сит с промывкой водой. Установлено, что содержание лигнина с размерами частиц более 5, 5...3, 3...2, 2...1, 1...0,5, 0,5...0,25, менее 0,25 мм составлял соответственно 3,5; 3,9; 4,0; 11,9; 6,2; 6,5; 64,0 %. Угол естественного откоса при сухой отсыпке (влажность 1,8...2,0) равен 32°, в воде — 21°. Коэффициент фильтрации лигнина изменялся от 0,47...0,53 до 0,03...0,06 м/сут при росте нагрузки на образец от 10 до 100 кПа. Таким образом, в интервале давлений, наиболее характерных для оснований сооружений, материал не является водоупорным.

Для проведения компрессионных испытаний одну половину образцов отбирали после отсыпки лигнина в воду, другую — из «сухого» отвала и перед опытами насыщали водой. Так как существенных отличий в деформативности двух групп образцов не обнаружено, для них построена общая компрессионная зависимость (см. рисунок). Модуль деформации составлял 0,4...0,5 МПа. Это характеризует исследуемый материал как сильнодеформируемый, слабый грунт.



Компрессионная зависимость гидролизного лигнина

Уплотнение гидролизного лигнина трамбованием в стандартном приборе позволило достичь коэффициента пористости 2,78 при влажности 1,93. Динамическое уплотнение не дало значительного эффекта из-за упругих деформаций скелета (твёрдой фазы).

Предельное сопротивление сдвигу исследовали в приборе прямого плоскостного среза по двум методикам испытаний: неконсолидированно-недренированным и консолидированно-дренированным (табл. 2). Предварительное уплотнение образцов в течение 28 сут по второй методике привело к повышению прочностных показателей на 15...19 % по сравнению с «быстрым» срезом (первая методика).

Как видно из гранулометрического состава, исследованный гидролизный лигнин содержит 50...70 % частиц размером менее 0,25 мм, что соответствует торфу средней степени разложения. Его физико-ме-

Таблица 2

Показатель	Значение показателя		
	Нормативное	Расчетное при доверительной вероятности	
		0,85	0,95
*Удельное сцепление, кПа	13,9/16,0	9,5/13,9	6,8/12,6
Угол внутреннего трения, град	22,8/27,1	21,7/26,6	20,9/26,3

Примечание. В числителе — данные, полученные по методике неконсолидированно-недренированных испытаний, в знаменателе — консолидированно-дренированных.

ханические свойства близки к свойствам древних торфов, залегающих на глубине 3...13 м, или современных, пригруженных насыпями. Например, для таких торфов плотность составляет 1...1,2 г/см³, плотность частиц — 1,4...1,8 г/см³, влажность — 2,2...4,3, пористость — 2...6, относительные деформации под нагрузкой 200 кПа — 0,09...0,25, угол внутреннего трения — 10...22°, удельное сцепление — 20...30 кПа [1, 2, 5]. Практически все характеристики лигнина совпадают с приведенными выше.

Отличительной особенностью гидролизного лигнина является сравнительно высокая водопроницаемость. Коэффициент фильтрации его в 10—100 раз больше, чем уплотненного торфа. Поэтому время консолидации лигнина в несколько раз меньше, чем торфа.

Таким образом, по физико-механическим свойствам гидролизный лигнин близок к торфам, перекрытым естественно сформированными или искусственными отложениями минеральных грунтов. В случае использования данного техногенного грунта в основании зданий или сооружений на него должны распространяться нормы строительства на биогенных грунтах [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Амарян Л. С. Свойства слабых грунтов и методы их изучения.— М.: Недра, 1990.—220 с. [2]. Бондаренко Н. Ф., Коваленко Н. П. Водно-физические свойства торфяников.— Л.: Гидрометеиздат, 1979.—160 с. [3]. Вyrko Н. П., Лещенко А. П., Касперов Г. И. Экспериментальные исследования конструкции дорожной одежды с теплоизоляционным слоем // Лесн. журн.—1991.— № 3.— С. 126—128.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Ломтадзе В. Д. Физико-механические свойства горных пород. Методы лабораторных исследований.— Л.: Недра, 1990.—328 с. [5]. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01—83) / НИИОСП— М.: Стройиздат, 1986.—415 с.

ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 061.3 : 630*(091)

XII ЛЕСНОЙ СЪЕЗД И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ
ДЛЯ СЕВЕРНОГО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Чем дальше отодвигает от нас время то или иное знаменательное историческое событие, тем больший интерес оно вызывает у потомков — продолжателей славных дел и традиций, тем выше ценится опыт предшественников, тем зримее их былые труды, стремления и чаяния сделать свою Родину могущественнее, богаче и краше. Таким событием для северных лесоводов явился XII Всероссийский лесной съезд, созданный Петербургским лесным обществом в Архангельске 15—25 июля 1912 г. Выбор места проведения очередного лесного форума был обусловлен острейшим интересом лесной общественности к судьбам русских северных лесов — поистине неординарному национальному богатству России.

На съезде присутствовали 225 ученых, лесничих, лесоустроителей, лесопромышленников, землеустроителей, инженеров, журналистов, банковских служащих, представителей местной администрации и лесного департамента. Делегаты съезда приехали со всех концов России. Европейский Север представляли 120 участников, среди них: М. М. Орлов, Н. С. Нестеров, Н. А. Филиппов, И. И. Сурож, А. В. Тюрин, Г. М. Турский, С. В. Алексеев, С. Г. Нат, И. С. Войчал, Р. Х. Гибшман, А. А. Кириллов, А. С. Рожков, П. П. Серебренников, Н. А. Строгальщиков, С. М. Суворов.

Председателем съезда единодушно избрали профессора Петербургского лесного института М. М. Орлова. В секретариат вошли лесничий Северного опытного лесничества С. В. Алексеев и ревизор лесоустройства Н. А. Строгальщиков, позднее возглавивший Архангельское лесоустройство и руководивший им вплоть до 1930 г. На десяти публичных заседаниях был заслушан 21 доклад.

На съезде наиболее остро стояли вопросы организации и ведения хозяйства в лесах Севера и разумного, бережного использования лесных богатств. Вот темы некоторых докладов: «О положении лесного хозяйства в связи с колонизацией Севера» (А. А. Кириллов); «Охотничье хозяйство в России и задачи правительственной его организации» (А. А. Силантьев); «Эксплуатация лесов Севера» (В. Ф. Ключников); «Меры содействия к подъему лесной промышленности Севера» (В. В. Гувелякен); «Об организации заготовки семян хвойных пород в казенных лесничествах» (В. Ф. Овсянников); «Возможный размер отпуска леса на Севере» (Д. М. Зайцев); «О развитии лесной промышленности на Севере» (Н. А. Филиппов); «О хозяйстве в лесах Севера», «О типах насаждений и их значении в северном лесном хозяйстве» и «Задачи лесного опытного дела на Севере» (П. П. Серебренников); «К устройству северных лесов» (А. С. Рожков). Были зачитаны тезисы докладов Г. Ф. Морозова «Типы и бонитеты», А. Н. Кузнецова «Задвинские ельники», И. И. Козаченко «В защиту выборочных рубок» и Э. Ф. Дамберга «О некоторых задачах лесного опытного дела на Севере в связи с мерами воспитания естественному возобновлению».

Всеобщая глубокая, живая заинтересованность участников съезда в рассматриваемых проблемах, огромная забота о настоящем и будущем северного «сфинкса», каковым казалась в то время наши северные леса, патриотизм — всецело пронизывали атмосферу съезда.

Обсуждая вопросы о положении северного лесного хозяйства и лесоэксплуатации, делегаты съезда с большой тревогой говорили о необходимости строго научного подхода к проведению выборочных рубок и сложившейся системе промышленной заготовки пиловочника, считая ее недопустимой, вызывающей полную гибель насаждений. Наиболее ярко и сильно эти проблемы были выражены в докладе П. П. Серебренникова «Дополнительные соображения по вопросу о хозяйстве в лесах Севера».

Интересен по содержанию и второй доклад П. П. Серебренникова «О типах насаждений и их значении в северном лесном хозяйстве». В нем критически рассмотрено состояние вопроса в историческом плане, раскрыто практическое значение лесной типологии и дано описание 15 основных типов насаждений, выделенных при устройстве лесов Вельского удельного округа. Докладчик образно заявил, что «понятия о типах на Севере вошли в плоть и кровь лесоустройства и поэтому имеют полное право на существование».

Надо отметить работу Г. Ф. Морозова «Типы и бонитеты». В ней корифей русского лесоводства дал глубокий научный анализ этих двух понятий и раскрыл их практическое значение на примерах исследований в Шиповом лесу, Хреновском бору, Теллермановской роще, Брянском лесном массиве, Бузулукском бору и Тульских засеках.

В результате обсуждения докладов по предложению М. М. Орлова съезд принял постановление о неотложной организации всестороннего научного изучения лесов Севера для выработки рациональных приемов ведения лесного хозяйства. Важное значение придавалось созданию естественной классификации насаждений и составлению опытных таблиц хода роста лесонасаждений главнейших древесных пород для установления нормальной производительности лесов. Признано необходимым открыть несколько опытных лесничеств.

На основании докладов Э. Ф. Дамберга и П. П. Серебренникова разработана и принята обширная программа многоплановых исследований таежных лесов.

Обсудив вопросы лесоустройства по выступлениям А. С. Рожкова, Н. А. Кузнецова, И. И. Козаченко и П. П. Серебренникова, лесной съезд признал желательным немедленный переход от выборочного к сплошнолесосечному хозяйству. При этом обращалось особое внимание на обеспечение лесовозобновления главными породами при полной сохранности от поврежденных остающихся насаждений. Съезд предусматривал проведение специальных исследований прошлого и современного лесного хозяйства в целях его дальнейшего совершенствования.

На съезде подчеркивалось, что важнейшей задачей государственного лесовладения на Севере несомненно является сохранение постоянства и неистощительности пользования лесом. Съезд настаивал, чтобы размер отпуска леса соответствовал производительности насаждений.

Рассмотрев проблемы охотничьего хозяйства, съезд принял развернутое постановление и признал организацию правильного охотничьего хозяйства во всяких лесах задачей государственной важности.

Обстоятельное постановление разработано и по вопросам смолокурения.

С заботой о всестороннем и полном использовании древесины на съезде высказывалось пожелание о возможно широком развитии древесно-массной, целлюлозной и писчебумажной промышленности.

Исключительно важное значение участники форума придавали развитию транспортных путей, особо подчеркивая, что полное бездорожье при обширных пространствах сдерживает экономическое развитие края.

С большой заинтересованностью говорилось о положении работников лесного хозяйства, о неотложных мерах по улучшению условий их труда и жизни, о необходимости подготовки кадров и скорейшем открытии среднего лесного училища в Архангельске.

Предусматривалось значительное уменьшение площади лесничеств путем разукрупнения и увеличение численности лесной охраны.

Каково же значение XII лесного съезда для северного лесного хозяйства? Не будет преувеличением утверждать, что он послужил мощным импульсом для расширения научных исследований и становления на прочную основу лесного опытного дела на Севере.

Первым проводником научных идей съезда был Сергей Венедиктович Алексеев — один из секретарей съезда, лесничий Северного опытного лесничества, талантливый организатор лесного опытного дела, крупный ученый и тонкий экспериментатор, в течение полувека возглавлявший первое и единственное на Европейском Севере опытное лесничество (впоследствии Северная ЛЮС). С. В. Алексеев со своими сотрудниками развернул и осуществил капитальные исследования различных систем рубок и способов очистки лесосек, плодотворные насаждения, естественного и искусственного восстановления лесов и др. Объем каждого из сложнейших его экспериментов был всегда настолько велик, что носил опытно-промышленный характер. Результаты опытов всегда завершались достоверными выводами, а производство получало хорошо отработанные технологические режимы и процессы. Капитальные научные труды С. В. Алексеева и сегодня используются в практике северного лесного хозяйства и развитии лесной науки.

Вскоре после XII лесного съезда была сформирована специализированная таксационная партия под руководством П. А. Алексеева, помощника лесничего Северного опытного лесничества. В течение двух лет она провела обширные исследования последствий различных способов выборочной и сплошнолесосечной рубок в придевских ельниках. Однако, в связи с разразившейся первой мировой войной и гибелью П. А. Алексеева, работы были прерваны, а большой опытный материал лишь частично обработан А. И. Тарашкевичем и опубликован в «Трудах по лесному опытному делу» (вып. 1, 1925 г.).

Предначертанная съезда в области лесной типологии были осуществлены в 1927—1928 гг., когда под научным руководством В. Н. Сукачева, М. Е. Ткаченко и Н. В. Третьякова проводились обширные лесотипологические исследования двумя специальными партиями Архангельского лесоустройства. В состав лесотипологических партий вошли высокообразованные, в совершенстве знающие северные леса и лесное хозяйство исполнители. Одна, руководимая А. Ф. Борисовым, в составе таксаторов Я. И. Андриевского, В. И. Левина, В. Н. Тросс, Б. Н. Чулкова работала в лесах бассейна р. Пинеги и железнодорожном районе, другая, возглавляемая Н. Н. Пленным, в составе таксаторов М. В. Гудочкина, Н. Ф. Флоровского, А. П. Грачева, П. А. Данфельдта, Г. Ф. Лисенкова исследовала типы леса в бассейне р. Ваги. В результате

этого на основе учения В. Н. Сукачева была разработана типологическая схема для условий Европейского Севера и создан фотоальбом 16 главнейших типов северного леса (9 сосновых и 7 еловых). При этом составлены подробные геоботанические и таксационные описания, а естественно-исторические категории — типы леса, увязаны с искусственными категориями — классами бонитета. Простота и практичность лесотипологической классификации обеспечили ей долгую жизнь. Проверенная временем, она прочно вошла в практику северного лесостроительства и с незначительными дополнениями применяется и поныне. В этом огромная заслуга скромных тружеников Архангельского лесостроительства 20-х годов: не только тех, чьи славные имена по достоинству вписаны в историю исследований лесов Европейского Севера России, но и многих таксаторов, техников, рабочих, оставшихся неизвестными.

В 1927—1928 гг. был заложен прочный фундамент для составления опытных таблиц хода роста главнейших древесных пород. Благодаря последовательному, упорному труду одного из участников лесотипологических изысканий Василия Илларионовича Левина, собранные материалы были постепенно обработаны, составлены местные таблицы хода роста сосновых и еловых насаждений по классам бонитета и типам леса Архангельской области, а затем усовершенствована бонитировочная шкала и стандартные таблицы сосновых (В. И. Левин) и еловых (В. И. Левин, И. И. Гусев) древостоев.

Лесотипологические и лесотаксационные исследования позволили поднять качество учетных работ при лесостроительстве и лесостроительного проектирования.

Постановления съезда по лесостроительству обусловили сначала постепенный, а затем резкий (1929—1930 гг.) переход от выборочной формы хозяйства к сплошно-лесосечному. Этому, разумеется, способствовал и научно-технический прогресс в области создания лесозаготовительной техники и строительства лесовозных дорог.

XII лесной съезд выработал обширную программу научных исследований и хозяйственного освоения лесов Европейского Севера. Он явился тем отправным рубежом, тем начальным моментом, от которого на Европейском Севере начали развиваться на научной основе практически все отрасли лесного дела.

О. А. Неволин

Архангельский лесотехнический институт

ЛЕСНОЙ ФЕНОЛОГИЧЕСКИЙ КАЛЕНДАРЬ

ЛЕСНОЙ МЕСЯЦЕСЛОВ

МАРТ

- В марте семь погод на дворе: веет, туманеет, крутит, вертит, мутит, припекает, поливает.
- В марте день с ночью встречается (22 марта — день весеннего равноденствия).
- Вороны купаются ранней весной — к теплу.
- Гром на голое дерево — к холодному и дождливому лету.
- Грач зиму расклевал.
- Грачи летят прямо на гнездо — весна будет дружной.
- Грачи на горе — весна на дворе.
- Грач на прогалину, скворец — на проталину.
- Гуси летят высоко — воды будет много, низко — мало.
- День на Евдокию (14 марта) красный — урожаем на огурцы и грузди.
- Дрозды поют на вершинах деревьев — весна уже близко; на ветках — весна еще далеко.
- Если на Евдокию (14 марта) растает снег и станут лужи — меда будет так много, как воды.
- Жаворонки долго и много поют — сохранится ясная погода без осадков; птиц не слышно — жди ненастья.
- Жаворонок летит к теплу, зяблики — к холоду.
- Журавлиный клич в небе — вестник весны.
- Зайцы весной долго не линяют — жди продолжения холодной погоды.
- Земля от мартовских дождей расцветает.
- Какая Евдокия (14 марта) — такое и лето.
- Март всех месяцев варт.
- Март грача пригнал.
- Март сухой, апрель мокрый, май не холодный — год не голодный.
- Март февралю-бокогрею младший брат.
- На Алексея теплого (30 марта) вода с гор, а рыба с зимовки движется.
- На Алексея теплого шупак хвостом лед разбивает.
- На Василия (13 марта) дождь к доброму лету.
- На Иоанна Предтечу (9 марта) птицы возвращаются к своим гнездам; хлебобоб — к плугу.
- На сорок святых (22 марта) зима оканчивается, весна начинается.
- Ночью трещит, а днем плющит.
- Осина в сережках — урожаем на овес.
- Синичка в марте запела — весеннее тепло предвещает.
- Синичка начинает петь — весна приходит.
- Скворца увидел — весна возле порога.
- Снегири и большие синицы отлетели в лес рано и дружно — к ранней и дружной весне.
- Трясогузка возвратилась раньше обычного — к теплой весне.
- Трясогузку-ледоколку журавль на хвосте принес.
- Щука в марте хвостом лед разбивает.

АПРЕЛЬ

Апрель водой славится, ночками украшается.
Апрельский дождь — к урожаю грибов.
Барвинок только появился и сразу же обильно зацвел — летом будет много травы.
Благовещение (7 апреля) без ласточек — будет холодная зима.
Вишни и терн зацвели — сейте кукурузу.
Вода на Антипа (24 апреля) не вскрылась — будет поздняя весна и плохое лето.
Воробьи вьют гнезда — к ведру.
Воробьи и ласточки вьют гнезда с северной стороны — к жаркому лету.
Где цветы, там и мед.
Гроза в первых числах апреля — на теплое лето.
Добрый ясный день на Родиона (21 апреля) — на погожее лето.
Зацвела мать-и-мачеха — настанет постоянное тепло.
Кукушка в апреле закукует на голом дереве — к неурожаю.
Кукушка долго кукует — к теплой погоде.
Кукушка кукует на сухом дереве — к морозу.
Ласточка в апреле день начинает, а соловей оканчивает.
Листья на деревьях распустились полностью — можно садить картошку.
Лещина зацвела — пора сеять.
Мокрое Благовещение (7 апреля) — грибное лето.
На Благовещение мороз — к урожаю груздей.
На Благовещение разбирай омшаник, доставай улья.
На Василия Парийского (25 апреля) солнце землю парит.
На ольхе много сережек — к доброму овсу.
Овсянка запела веснянку: кидай сани, возьми воз.
Ольха зацвела — сей гречку.
Осины сбросили сережки — не пропусти сморчков.
После Иосифа (17 апреля) журавль впервые подает голос о себе.
Появились сморчки — через три недели жди подберезовиков.
Пришел Федул (18 апреля) — теплом подул; когда непогода — Федул губы надул.
Птицы гнездятся на солнечной стороне — к холодному лету.
Пчелы вылетели рано — к теплой весне.
Сначала происходит облиствение березы — жди сухого лета; клена — влажного.
Соку с березы течет много — к дождливому лету.
Тополь поздно распускается — лето будет холодное.
Утки прилетели откормленные — весна будет долгая и холодная.
Хрисанф (1 апреля) день погодный — год будет дородный.

Составитель — профессор Львовского лесотехнического института

В. П. Рябчук

СОДЕРЖАНИЕ

- И. С. Мелехов*. Иден Г. Ф. Морозова и их значение в развитии лесоводства (к 125-летию со дня рождения Г. Ф. Морозова) 3

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- И. И. Гусев, С. В. Коптев*. Товарные таблицы северотаежных ельников 9
- Б. К. Термена, М. А. Боднарюк, В. А. Антонюк, Н. И. Максимова*. Лесные культуры Северной Буковины с участием древесных интродуцентов 16
- Э. С. Гусейнов*. О микромицетах дуба в Азербайджане (сумчатые) 18
- Н. А. Бабич, А. В. Васильев*. Ресурсный потенциал надземной фитомассы сосняка лишайникового и методы его учета 20
- В. К. Тиунчик*. Влияние способа обработки почвы на рост и накопление фитомассы в сосново-дубовых культурах ювенильного возраста 24
- В. Ф. Ковязин*. Математическое моделирование таксационных показателей вырубаемых деревьев 27
- В. А. Закамский*. Выделение пасоки как показатель роста корней сосны обыкновенной в культурах Марийской ССР 32

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- С. И. Морозов, А. В. Ярость*. Определение минимальных температур укладки рельсовых плетей на лесовозных УЖД 37
- В. В. Харитонов, Б. Г. Стародубец*. Исследование вероятностных процессов при измерении диаметров и учете объемов круглых лесоматериалов 41
- Н. П. Вырко, Л. Г. Громыко*. Методика расчета на прочность полиэтиленовой пленки для временных лесовозных дорог типа «оболочка» 45
- Н. И. Библиук*. Моделирование колебаний системы трансмиссия — транспортные звенья — пакет хлыстов 48
- А. А. Митрофанов*. Способы повышения эффективности применения запашных якорей 54

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- А. Н. Обливин, А. К. Воскресенский, Б. Л. Кац*. Рациональные режимы тепловой обработки цементно-стружечных плит 58
- Е. Н. Серов, Р. Б. Орлович*. Рациональное использование анизотропии клееной древесины в сопряжениях элементов под большими углами 64
- Б. В. Лабудин*. Расчет плитно-ребристых конструкций с упруго-податливыми связями 67
- Е. Г. Кривицких, Е. В. Харук*. Микростроение древесины сосны среднего Приангарья, подвергшейся воздействию огня 72
- А. И. Дмитренко, Л. И. Бельчинская, С. С. Никулин*. Модифицирование древесины расплавом стеариновой кислоты 74
- Ю. М. Стахийев, В. В. Макаров*. О влиянии направляющих на колебания диска пилы при жестком ее креплении на пильном валу 78

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- О. А. Терентьев, В. С. Куров, Э. А. Смирнова*. Реологические основы процесса массоподачи на бумагоделательную машину 85
- Т. И. Прохорчук, А. В. Пранович, Е. Н. Кибасова, А. И. Киприанов*. Исследование состава и ростактивирующих свойств нелетучих водорастворимых веществ черного сульфатного шелока 89
- А. А. Вдовин, С. И. Ворошилов, Б. Г. Ширяев, Н. Е. Новиков*. Сортирование волокнистых суспензий средней концентрации на динамической сортирующей щели 93
- Б. Д. Левин*. Влияние метода и условий сушки на гранулометрический состав гидролизного лигнина 96
- В. П. Пахтусова, С. В. Дедов, Т. Ф. Личутина, В. И. Комаров*. Стабилизация качества небеленой сульфатной целлюлозы при варке в аппарате «Камюр» 101

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

В. И. Мосягин, К. Л. Михайлов. Определение хозрасчетных цен на полуфабрикаты и отходы гидролизного производства	107
А. Н. Панютин. Методы учета фактора сезонности в хозяйственной деятельности комплексных лесных предприятий	109
И. В. Турлай, И. А. Германчук. Оптимизация лесозаготовительного производства в условиях автономного лесозаготовительного региона	112

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

Б. П. Чураков. Влияние некоторых факторов окружающей среды на развитие соснового подростка	116
Ю. Б. Овчинников. Опыт орошения сточными водами в полупустыне	118
А. А. Кулыгин. Влияние температурных условий на созревание семян акации белой	123
В. Р. Карамышев. Стенд для исследования предохранительных муфт лесохозяйственных машин	124
А. М. Левшаков. Энергетическая утилизация токсичных отходов деревообработки	127
И. Я. Киселев. Содержание формальдегида в листьях древесных растений	129
А. Л. Невзоров, Д. Д. Козмин, В. Н. Звездин. Физико-механические свойства гидролизного лигнина как техногенного грунта	131

ИСТОРИЯ НАУКИ

О. А. Неводин. XII лесной съезд и его значение для северного лесного хозяйства	134
--	-----

ЛЕСНОЙ ФЕНОЛОГИЧЕСКИЙ КАЛЕНДАРЬ

В. П. Рябчук. Лесной месяцеслов	: : 137
---	---------

Рефераты	143
--------------------	-----

CONTENTS

- I. S. Melekhov, G. F. Morozov's Concepts and their Significance for the Development of Forestry Science (to the 125th Anniversary of Birthday)* 3

FORESTRY

- I. I. Gusev, S. V. Koptev. Goods Tables of Northern Taiga Spruce Forests* 9
- B. K. Termena, M. A. Bodnaryuk, V. A. Antonyuk, N. I. Maximova. Forest Cultures of Northern Bukovina with Wood Introducents* 16
- E. S. Guseinov. On Oak Ascomycetes in Azerbaijan* 18
- N. A. Babich, A. V. Vasil'ev. Resource Potential of Lichen Pine Forest Over-ground Phytomass and Methods of its Estimate* 20
- V. K. Tiunchik. Soil Cultivation Method Effect on Growth and Phytomass Accumulation in Juvenile Pine and Oak Plantation* 24
- V. F. Kovyazin. Simulation of Felling Values* 27
- V. A. Zakamsky. Xylem Exudation as Common Pine Roots Growth Value in Mari Plantation* 22

WOODEXPLOITATION

- S. I. Morozov, A. I. Yaros'. Minimum Temperature's Determination of Welded Rails Laying out on Logging Spurs* 37
- V. V. Kharitonov, B. G. Starodubets. Probable Processes Investigation at Diameter and Roundwood Measurement* 41
- N. P. Vyrko, L. G. Gromyko. Strength Calculation Method of Polyethylene Film for Logging Temporary Roads of „Obo'lochka“ Type* 45
- N. I. Biblyuk. Modelling of Oscillation System — Transmission — Track Shoes — Bunch of Logs* 48
- A. A. Mitrofanov. Ways of More Efficient Using of Ploughing Anchors* 54

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

- A. N. Oblivin, A. K. Voskresensky, B. L. Kats. Rational Conditions of Cement Particle Boards' Heat Treatment* 58
- E. N. Serov, R. B. Orlovich. Rational Use of Glued Wood Anisotropy in Conjugated Members at Large Ang'les* 64
- B. V. Labudin. Calculation of Spring-Give Ribbed Slabs* 67
- E. G. Krivitskikh, E. V. Kharuk. Microstructure of the Middle Angara Territory Pine Wood Affected by Fire* 72
- A. I. Dnitrenkov, L. I. Bel'chinskaya, S. S. Nikulin. Stearic Acid Hot Melt Modification of Wood* 74
- Yu. M. Stakhiev, V. V. Makarov. Effect of Guides on Saw Disc Oscillation* 78

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

- O. A. Terentyev, V. S. Kurov, E. A. Smirnova. Rheological Principles of Pulp Feeding to Paper Machine* 85
- T. I. Prokhorchuk, A. V. Pranovich, E. N. Kibasova, A. I. Kiprianov. Investigation of Composition and Growth-activating Properties of Sulfate Black Liquor Non-volatile Water Soluble Substances* 89
- A. A. Vdovin, S. I. Voroshilov, B. G. Shiryayev, N. E. Novikov. Dynamic Screen Slot Sorting of Fibrous Medium Density Suspensions* 93
- B. D. Levin. Effect of Method and Drying Conditions on Granulometric Composition of Hydrolysis Lignin* 96
- V. P. Pakhtusova, S. V. Dedov, T. F. Lichulina, V. I. Komarov. Quality Stabilization of Unbleached Sulfate Pulp (at Pulping in „Kamyur“)* 101

 ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>V. I. Mosyagin, K. L. Mikhailov.</i> Determination of accounting Prices for Wood Pulp and Hydrolysis Residues	107
<i>A. N. Panyutin.</i> Calculation Methods of Season Factor in Economic Activity of Intergrated Forestry Enterprises	109
<i>I. V. Turlai, I. A. Germanchuk.</i> Logging Optimization in the Conditions of Autonomous Forest Exploitation Region	112

SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>B. P. Churakov.</i> Influence of Some Environmental Factors on Pine Young Growing	116
<i>Yu. B. Ovchinnikov.</i> Experience of Waste Water Irrigation in Semi-desert	118
<i>A. A. Kulygin.</i> Effect of Temperature Conditions on Seed Ripening of White Acacia	123
<i>V. R. Karamyshev.</i> Test Bench for Forestry Machines' Slip Clutches	124
<i>A. M. Levshakov.</i> Energy Utilization of Woodworking Toxic Residues	127
<i>I. Ya. Kiselev.</i> Formaldehyde Content in Woody Plants Leaves	129
<i>A. L. Nevzorov.</i> Physico-Mechanical Properties of Hydrolysis Legnin as Technogenic Ground	131

HISTORY OF SCIENCE

<i>O. A. Nevolin.</i> XII Forestry Congress and its Significance for the Northern Forestry	134
--	-----

FOREST PHENOLOGY CALENDER

<i>V. P. Ryabchuk.</i> Forest Month Calender	137
--	-----

Précis	143
------------------	-----

РЕФЕРАТЫ

Иден Г. Ф. Морозова и их значение в развитии лесоводства (к 125-летию со дня рождения Г. Ф. Морозова). МЕЛЕХОВ И. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 3—8.

УДК 630*52

Товарные таблицы северотажных ельников. ГУСЕВ И. И., КОПТЕВ С. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 9—15.

Изучены закономерности выхода сортиментов в зависимости от среднего диаметра древостоя, на основании чего составлены товарные таблицы по наименованию сортиментов. Ил. 1. Табл. 5. Библиогр. список: 11 назв.

УДК 634.91:581.552.4(477.85)

Лесные культуры Северной Буовины с участием древесных интродуцентов. ТЕРМЕНА Б. К., БОДНАРЮК М. А., АНТОНЮК В. А., МАКСИМОВА Н. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 16—18.

Изучено состояние лесных культур с участием интродуцентов. Дан анализ ростовых процессов в различных типах леса, приведены результаты рекогносцировочных лесопатологических обследований. Ил. 1. Табл. 1.

УДК 582.28

О микромицетах дуба в Азербайджане (сумчатые). ГУСЕЙНОВ Э. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 18—20. Приведены сведения о 26 видах сумчатых локулоаскомицетов, развивающихся на разных видах дуба в Азербайджане. Многие из них отмечены впервые в нашей стране. Указаны питающие растения, места и сроки сбора.

630*28:630*5

Ресурсный потенциал надземной фитомассы сосняка лишайникового и методы его учета. БАБИЧ Н. А., ВАСИЛЬЕВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 20—24.

Приведены результаты исследования запасов надземной фитомассы 50-летних древостоев сосны, созданных посевом в лишайниковом типе леса северной подзоны тайги. Проанализированы известные методы взятия моделей и определены запасы фитомассы. Отдано предпочтение комплексному методу. Табл. 2. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 630*232.216:630*182.4

Влияние способа обработки почвы на рост и накопление фитомассы в сосново-дубовых культурах ювенильного возраста. ТИУНЧИК В. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 24—27.

Показано изменение некоторых таксационных показателей культур в зависимости от способа обработки почвы. Табл. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*5.001.57

Математическое моделирование таксационных показателей вырубемых деревьев. КОВЯЗИН В. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 27—32.

В целях использования при конструировании агрегатных машин для несплошных рубок разработаны математические модели связи между таксационными показателями вырубяемых деревьев, древостоя, эдафическими факторами. Ил. 1. Табл. 7. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630*181.36:630*231.33

Выделение пасоки как показатель роста корневой сосны обыкновенной в культурах Марийской ССР. ЗАКАМСКИЙ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 32—36.

Изложены результаты наблюдений за сезонной динамикой выделения пасоки и роста корневых окончаний сосны в 2—3-летних производственных культурах. Предложена шкала для определения баллов выделения пасоки, установлена взаимосвязь роста корневой с интенсивностью ее истечения. Указаны сроки проведения рыхлений почвы в периоды замедленной активности корневых окончаний. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 17 назв.

УДК 625.143.482

Определение минимальных температур укладки рельсовых плетей на лесовозных УЖД. МОРОЗОВ С. И., ЯРОСЬ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 37—41.

Рассмотрена задача по определению минимальных температур укладки рельсовых плетей на прямых участках лесовозных УЖД по условию устойчивости рельсошпальной решетки против выброса. Предложена простая зависимость для расчета критической силы в зависимости от числа шпал на 1 км. Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 519:630*527

Исследование вероятностных процессов при измерении диаметров и учете объемов круглых лесоматериалов. ХАРИТОНОВ В. В., СТАРОДУБЕЦ Б. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 41—45.

Предложена методика пересчета вероятностей состояний градаций измерения, основанная на вероятностных связях между последними и образовании новых трансформированных состояний. Результаты оценки погрешности учета позволяют уточнить требования к нормированию предела допускаемой погрешности измерения диаметров. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 625.87

Методика расчета на прочность полиэтиленовой пленки для временных лесовозных дорог типа «оболочка». ВЬРКО Н. П., ГРОМЫКО Л. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 45—48.

Предложена конструкция временного покрытия лесовозной дороги типа «оболочка» и рассмотрена методика расчета его на прочность. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*377.4:534.001.57

Моделирование колебаний системы трансмиссия — транспортные звенья — пакет хлыстов. БИБЛЮК Н. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 48—53.

Изложены структура и основные особенности математической модели и алгоритма расчета колебаний в трансмиссии совместно с продольными и вертикальными колебаниями лесотранспортного средства под воздействием случайного микропрофиля. Пакет хлыстов представлен в виде дискретной модели с сосредоточенными параметрами. Ил. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*378.7

Способы повышения эффективности применения запашных якорей. МИТРОФАНОВ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 54—57.

Дан анализ эксплуатации запашных якорей разных конструкций на лесосплавных пред-

приятных. Для повышения эффективности работ предложено применять грузы в комплекте с якорями. Приведены зависимости для расчета узлов крепления наглавных сооружений с применением грузов. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 674.816.2

Рациональные режимы тепловой обработки цементно-стружечных плит. ОБЛИВИН А. Н., ВОСКРЕСЕНСКИЙ А. К., КАЦ Б. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 58—64.

Разработана физико-математическая модель расчета температурных полей и степени гидратации цемента в цементно-стружечных плитах (ЦСП) в процессе их тепловой обработки и получена зависимость между относительной распылочной изгибной прочностью ЦСП и расчетной степенью гидратации. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 624.011.1.002.237

Рациональное использование анизотропии клееной древесины в сопряжениях элементов под большими углами. СЕРОВ Е. Н., ОРЛОВИЧ Р. Б. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 64—67.

Рассмотрен алгоритм подбора оптимального радиуса кривизны гнuto-клееных деталей или стоечно-карнизного блока клееных деревянных рам, в котором наилучшим образом реализуется принцип согласования действующих напряжений с полями сопротивления материала. Ил. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 624.011.1:624.072.2

Расчет плитно-ребристых конструкций с упругоподатливыми связями. ЛАБУДИН Б. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 67—72.

Предложена методика инженерного расчета плитно-ребристых конструкций с упругоподатливыми связями на основе использования дельта-функций Дирака и разрывными параметрами, отличающаяся высокой сходимостью тригонометрических рядов при решении обыкновенных дифференциальных уравнений с удержанием 1—2 членов. Ил. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*811:630*435

Микростроение древесины сосны Среднего Приангарья, подвергшейся воздействию огня. КРИВИЦКИХ Е. Г., ХАРУК Е. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 72—74.

Рассмотрено влияние лесных пожаров на формирование анатомических элементов древесины сосны как при однократном, так и многократном повреждении. Табл. 1. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 630*812:674.812

Модифицирование древесины расплавом стеариновой кислоты. ДМИТРЕНКОВ А. И., БЕЛЬЧИНСКАЯ Л. И., НИКУЛИН С. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 74—78.

Рассмотрена технология модифицирования листовых пород древесины расплавом стеариновой кислоты, позволяющая уменьшить водопоглощение изделий из древесины, сократить продолжительность пропитки, расширить ее температурный интервал, а также уменьшить опасность растрескивания получаемого материала в сравнении с известным методом пропитки древесины расплавом серы. Выбраны оптимальные параметры и условия пропитки. Табл. 3. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 674.053.621.934

О влиянии направляющих на колебания диска пилы при жестком ее креплении на пыльном валу. СТАХИЕВ Ю. М., МАКАРОВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 78—84.

Установлено, что защемление периферийной зоны невращающегося диска аэродинамически

ми направляющими приводит к повышению частот собственных колебаний обычных и возникновению новых форм колебаний. Ил. 4. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 676.1.026:532

Реологические основы процесса массоподачи на бумагоделательную машину. ТЕРЕНТЬЕВ О. А., КУРОВ В. С., СМИРНОВА Э. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 85—89.

Предложены модель и уравнение для расчета реологической характеристики волокнистых суспензий, учитывающих наличие пристенного слоя при сдвиге течение суспензии и турбулентного участка кривой, а также приведено численное решение этого уравнения и показано значение реологических исследований для анализа работы массоподводящей системы бумагоделательной машины. Ил. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 676.11.082

Исследование состава и ростактивирующих свойств нелетучих водорастворимых веществ черного сульфатного щелока. ПРОХОРЧУК Т. И., ПРАНОВИЧ А. В., КИВАСОВА Е. Н., КИПРИАНОВ А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 89—93.

Установлено, что из нелетучих водорастворимых веществ органической части окисленного черного щелока, полученного при сульфатной варке древесины листовых пород можно выделить продукты, способные оказывать стимулирующее или ингибирующее действие на рост растений. Табл. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 676:024.48:676:054.1.42

Сортирование волокнистых суспензий средней концентрации на динамической сортирующей щели. ВЛОВИН А. А., ВОРОШИЛОВ С. И., ШИРЯЕВ Б. Г., НОВИКОВ Н. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 93—96.

Получено уравнение множественной линейной регрессии для расчета расхода суспензии через динамическую сортирующую щель в зависимости от диаметра и частоты вращения ротора, ширины щели и перепада давления в ней, а также концентрации суспензии. Ил. 3. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 66.047.4/5 + 66.047.82:547.992.3

Влияние метода и условий сушки на гранулометрический состав гидролизного лигнина. ЛЕВИН Б. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 96—101.

Показано влияние метода и режимных условий сушки на степень измельчения гидролизного лигнина. Ил. 1. Табл. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 676.1.022.1

Стабилизация качества несбеленой сульфатной целлюлозы при варке в аппарате «Камюр». ПАХТУСОВА В. П., ЛИЧУТИНА Т. Ф., КОМАРОВ В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 101—106.

Выявлено влияние вариации технологических параметров на качество сульфатной целлюлозы и даны рекомендации по его стабилизации в связи с внедрением АСУТП непрерывной варки. Ил. 1. Табл. 4.

УДК 338.51:663.534

Определение хозрасчетных цен на полуфабрикаты и отходы гидролизного производства. МОСЯГИН В. И., МИХАЙЛОВ К. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 107—108.

Предложены методы стоимостной оценки гидролизата, послеспиртовой барды и гидролизного лигнина с учетом общих принципов ценообразования и особенностей получения и направлений использования оцениваемых продуктов.

УДК 630*68

Методы учета фактора сезонности в хозяйственной деятельности комплексных лесных предприятий. ПАНЮТИН А. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 109—111.

Предложена экономико-математическая модель оптимизации программы выпуска продукции комплексного лесного предприятия, учитывающая сезонный характер производств. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 338.26:630*3

Оптимизация лесозаготовительного производства в условиях автономного лесозаготовительного региона. ТУРЛАМ И. В., GERMAN-ЧУК И. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 112—115.

Рассмотрена проблема оптимизации лесоскладского производства автономного лесозаготовительного района с учетом заготовки, первичной обработки и поставки древесины потребителям. Приведена математическая модель. Ил. 4. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*231:630*44

Влияние некоторых факторов окружающей среды на развитие соснового подростка. ЧУРАКОВ Б. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 116—118.

Изучено влияние ЛЭП и серого шютте на развитие соснового подростка. Установлено снижение прироста по высоте и степени зараженности паразитом соснового подростка по мере удаления от ЛЭП. Табл. 3. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 631.67:628.312

Опыт орошения сточными водами в полупустыне. ОВЧИННИКОВ Ю. Б. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 118—123.

Приведены результаты опыта по выращиванию тополя Робуста 236 при орошении сточными водами сульфатно-целлюлозного производства. Описан способ закладки экспериментальных плантаций тополя, изучен солевой режим почв, дана мелиоративная оценка сточных вод, показана возможность их применения для орошения топей в полупустыне. Табл. 3. Библиогр. список: 13 назв.

УДК 630*232.3:630*181.22

Влияние температурных условий на созревание семян акации белой. КУЛЫГИН А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 123—124.

На основании 22-летних фенологических наблюдений установлено, при какой сумме эффективных температур наступает созревание семян акации белой. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 621.825:630*:65.011.54

Стенд для исследования предохранительных муфт лесохозяйственных машин. КАРАМЫШЕВ В. Р. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 124—127.

Приведены конструкция и принцип действия испытательного стенда, позволяющего проводить исследования предохранительных муфт лесохозяйственных машин с учетом места их расположения и характера связи, возникшей при перегрузке. Ил. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 662.921:674.08

Энергетическая утилизация токсичных отходов деревообработки. ЛЕВШАКОВ А. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 127—129.

Описана технология утилизации сточных вод цеха карбамидоформальдегидных смол за счет сжигания мелиофракционных древесных отходов по двухступенчатой схеме. Ил. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 581.116

Содержание формальдегида в листьях древесных растений. КИСЕЛЕВ И. Я. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 129—131.

Экспериментально доказано протекание процесса образования и накопления формальдегида в листьях древесных растений. Изучены сезонные изменения содержания формальдегида в листьях березы пушистой. Концентрация формальдегида в дистилляте определена фотометрическим методом с применением ацетилацетона. Ил. 1.

УДК 624.131:630*864

Физико-механические свойства гидролизного лигнина как техногенного грунта. НЕВЗОРОВ А. Л., КОЗМИН Д. Д., ЗВЕЗДИН В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 131—133.

Установлено, что при использовании гидролизного лигнина в основаниях зданий и сооружений следует руководствоваться нормами строительства на слабых водонасыщенных биогенных грунтах. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 061.3:630*(091)

XII лесной съезд и его значение для северного лесного хозяйства. НЕВОЛИН О. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 134—136.

Лесной месяцеслов. РЯБЧУК В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 1, с. 137—138.

УЧИТЕСЬ ШИТЬ ГОЛОВНЫЕ УБОРЫ!

Сделать первые шаги в овладении интересной специальностью поможет пособие профессионального мастера «Учитесь шить головные уборы» (меховые), 29 стр.

К пособию прилагаются выкройки мужской шапки-ушанки, детских капоров, женских воротников. Пособие очень доступно и рассчитано на широкий круг читателей.

Заявки направлять по адресу: 163069, г. Архангельск, 69 гос. а/я 16. Пособие высылается наложенным платежом, стоимость 50 руб. Цена действительна в течение двух месяцев.