

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Журнал основан в 1957 году

3

1979

**Библиотека
Архангельского
Лесотехнического
института
им. В. В. Куйбышева**

АРХАНГЕЛЬСК.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

Ответственный секретарь редакции А. И. Кольцова.

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

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1979.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 3

Сдан в набор 17/IV 1979 г. Подписан к печати 18/VI 1979 г.
Форм. бум. 70x108¹/₁₆. Условн. печ. л. 12,6. Уч.-изд. л. 12,797.
Сл. 00026. Тираж 2150 экз. Заказ 2210 Цена 1 руб.

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

ТОРЖЕСТВО ПЛАНОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Полвека назад, в апреле 1929 года XVI конференция ВКП(б) одобрила, а затем в мае того же года V Всесоюзный съезд Советов утвердил первый пятилетний план развития народного хозяйства СССР. Этим было положено начало широкой практической реализации требований одного из специфических законов молодой социалистической формации — закона планомерного пропорционального развития. Руководствуясь ленинскими идеями и учитывая опыт разработки первого в мировой практике плана — плана ГОЭЛРО, Коммунистическая партия разработала первый комплексный план, в котором научно обосновала темпы и пропорции экономического и социального развития.

В постановлении ЦК КПСС «О 50-й годовщине первого пятилетнего плана развития народного хозяйства СССР» отмечается, что первая пятилетка стала родоначальницей советских пятилеток, поднявших нашу страну от технико-экономической отсталости к вершинам экономического, научно-технического и социального прогресса.

«Планирование развития народного хозяйства, — говорится в Постановлении, — одно из важнейших научных и социальных завоеваний XX века и революционной практики преобразования общественной жизни».

В составленном по директивам XV съезда партии первом пятилетнем плане воплотился в жизнь ленинский принцип единства политического и хозяйственного руководства. Пятилетки стали документами огромной организующей и мобилизующей созидательной силы, не только законом для органов управления, но и кодексом трудовой чести для каждого советского человека.

За пятьдесят лет накоплен огромный неоценимый опыт планирования. Он служит основой для все более углубленной научно обоснованной разработки новых планов у нас в СССР; на нем учатся планированию братские социалистические и развивающиеся страны; к нему внимательно присматриваются в капиталистическом мире.

В плановом ведении хозяйства заключено одно из решающих преимуществ социализма перед капитализмом. Планирование вместе с титанической организаторской работой Коммунистической партии и героическим самоотверженным трудом всего советского народа обеспечили устойчивые высокие темпы развития экономики, успешное решение социальных задач. По сравнению с 1928 годом объем промышленного производства СССР увеличился в 128 раз, коренным образом преобразилось сельское хозяйство, подлинного расцвета достигли просвещение, наука, культура.

Впечатляющих успехов достигли также лесная промышленность и лесное хозяйство СССР. Из отраслей, где до Великого Октября царили тяжелый ручной труд и самые примитивные хищнические методы хозяйствования, лесная промышленность и лесное хозяйство СССР превратились в высокомеханизированные отрасли, все более успешно решающие задачи обеспечения многообразных потребностей страны в лесной продукции при одновременном сохранении и приумножении лесных богатств.

Наши пятилетки всегда решали не только экономические, но и социальные задачи. Благодаря последовательной и целеустремленной работе в этом направлении стало возможным достижение таких рубежей, как осуществление всеобщего среднего образования. Сейчас четверть научных работников мира работают в СССР.

Советская высшая лесная школа составляет органическое звено социалистического народного хозяйства. Она обеспечивает планомерное пополнение всех отраслей лесного комплекса высококвалифицированными инженерными и научными кадрами. В годы последних пятилеток вся деятельность вузов стала еще более планомерной и целенаправленной. Пятилетние планы имеют не только вузы, но и факультеты, кафедры, каждый преподаватель. Вместе с разворачиванием социалистического соревнования это обеспечивает неуклонное повышение эффективности высшего образования, научно-исследовательской и воспитательной работы вузов.

Пятидесятилетие начала I пятилетки советский народ отмечает, борясь за успешное выполнение заданий юбилейного X пятилетнего плана. Залог успеха здесь и в дальнейшей перспективе — постоянное развитие и совершенствование планирования. Большая и плодотворная работа ведется в области прогнозирования и долгосрочного планирования. Необходимо до конца решить задачу — сделать пятилетку основной формой планирования каждого предприятия, повысить уровень научной обоснованности планов и их оптимизации, энергичнее развивать автоматизированные системы планирования и управления, повышать их эффективность. Одна из насущных задач — внедрение программно-целевого планирования. Постоянного внимания требует совершенствование хозяйственного механизма и структуры управления в тесном единстве с совершенствованием планирования.

Многообразие и сложность этих задач требуют от высшей школы больших усилий по неустанному улучшению экономической подготовки инженеров. Для вузов лучший способ отметить славный юбилей социалистического планирования — это хорошо учить планированию, анализу, управлению; новыми научными разработками способствовать расширению горизонтов планирования и повышению его эффективности.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*.232 : 630*.2

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ*

Г. В. СТАДНИЦКИЙ, А. М. БОРТНИК

Архангельский лесотехнический институт, ЛенНИИЛХ

Обсуждаются вопросы современной лесозащиты с точки зрения экологии лесных биогеоценозов. Рассматриваются закономерности динамики популяций и хозяйственная значимость ксилофагов, хвое- и листогрызущих насекомых. Приводятся соображения о перспективах биологического метода борьбы с вредителями леса. Считается, что экономическое обоснование лесозащитных мероприятий должно быть немедленно разработано, и рассматриваются общие принципы подхода. Предлагается пересмотреть некоторые взгляды на роль энтомофагов, в частности муравьев.

Важнейшей вехой в развитии социалистического лесного хозяйства в соответствии с ленинскими принципами природопользования и документами XXV съезда КПСС явилось утверждение Верховным Советом СССР в год 60-летия Великого Октября «Основ лесного законодательства Союза ССР». Этот программный документ фактически рассматривает лесопользование и лесовосстановление как неразрывные процессы, касаясь всех сторон деятельности лесохозяйственных предприятий и иных лесопользователей.

Текущие интересы рационального использования лесных ресурсов диктуют своевременную передислокацию основных лесозаготовительных и лесоперерабатывающих комплексов в направлении размещения лесосырьевой базы, т. е. в районы восточнее Уральского хребта [16]. Интенсивное освоение тайги должно вестись с учетом прошлого опыта эксплуатации лесов европейской части СССР (в том числе и негативного), чрезвычайно организовано и продуманно. Главным принципом его является, с одной стороны, максимально комплексное использование лесосырьевой базы с обеспечением ее неисчерпаемости и непрерывности пользования, а с другой, сохранение природообразующих функций насаждений от космической до рекреационной.

* * *

Тайга представляет собой сложную иерархически организованную надэкосистему, характеризующуюся высокой степенью гомеостатичности, т. е. биоценотической стабильности, в пределах которой ведущую средообразующую роль выполняют популяции древесных растений. В энерготрофических цепях лесных ценозов определенное место занимают беспозвоночные животные, в частности растительноядные членистоногие, а также грибы и бактерии. Их видовой состав весьма обширен и определяется многообразием экологических ниш, имеющих место в пределах столь сложной системы. Ряд насекомых и возбудителей болезней в определенных условиях представляют угрозу жизнеспособности насаждений. Эта угроза, безусловно, связана с сильным антропогенным воздействием на лесные насаждения, которое зачастую ведет к разрушению трофических и энергетических цепей и, как результат, — к общему нарушению стабильности экологических систем. У древесных пород, как элементов этих систем, снижается устойчивость к повреждениям и заболеваниям, что вынуждает человека в ряде случаев брать на себя защиту насаждений, компенсировать утрату ими этой устойчивости. С экологических позиций динамику численности насекомых или возбудителей заболеваний следует рассматривать как результат сложных взаимоотношений между их популяциями и популяциями кормовых пород. Разнообразие условий

* Печатается в порядке дискуссии.

в пределах тайги, подразделение ее на субэкосистемы определили ее мозаичность, что отразилось и на беспозвоночных. Так, например, несомненно единая популяция сибирского шелкопряда дифференцирована на субпопуляции разных рангов и на ряд трофических племен [17].

Весьма важен факт, что за длительный период существования отдельные экосистемы в тайге выработали и закрепили специфичные типы сукцессий, обеспечивающие их устойчивость. Все слагающие их компоненты, в том числе насекомые-фитофаги и их кормовые породы, тесно и взаимно адаптированы. Первым присущ, в зависимости от занимаемой экологической ниши [22], специфичный циклический или аperiodический тип динамики численности во времени и пространстве, а вторым свойственны столь же специфичные реакции на эти изменения. Эти реакции обеспечивают устойчивость популяций кормовых пород и экосистем в целом даже к широким флуктуациям численности хвое- и листогрызущих насекомых, сопровождающимся практически полным уничтожением активно фотосинтезирующего ассимиляционного аппарата в период так называемых вспышек массового размножения. Последнее означает, что коль скоро популяции сибирского шелкопряда или других открыто живущих хвое- и листогрызущих видов в стадиях, характеризующихся пространственно-временной непрерывностью [22], изменяют свою численность по типу «вспышка — депрессия», то практически все соответствующие субэкосистемы тайги за свою историю пережили множество таких вспышек, которые, однако, не приводили ранее, по крайней мере до возникновения выраженного антропогенного пресса, к массовой гибели насаждений и распаду популяций. Действительно, если бы каждая вспышка массового размножения в популяции насекомых заканчивалась гибелью популяции кормовой породы, то ни те, ни другие виды не прошли бы «проверки» естественным отбором и к настоящему времени уже бы вымерли. Очевидно, что в процессе длительной сопряженной эволюции у деревьев выработалось свойство сохранять жизнеспособность после полной или близкой к ней утраты ассимиляционного аппарата. А. С. Рожков [17], в частности, исследовал вопрос о наличии защитных механизмов у лиственницы сибирской, направленных на компенсацию последствий обесхвоения сибирским шелкопрядом. Уместно, по-видимому, ставить вопрос о «симбиозе» насекомых-фитофагов и кормовых пород, а не о паразитизме первых или иных формах «антагонистических» отношений. В условиях засушливых вегетационных периодов, например, растения часто реагируют утратой части ассимиляционного аппарата и не исключено, что этому способствуют насекомые при увеличении их численности. Во всяком случае, связь нарастания численности многих насекомых с изменениями метеорологических факторов доказана достаточно убедительно.

Вопрос о наличии или отсутствии у тех или иных видов вспышек массового размножения несводим к чисто терминологической дискуссии. Вспышка отнюдь не адекватна простому увеличению объема (или поголовья) популяции. Необходимыми и достаточными условиями, при которых изменение численности может рассматриваться в качестве вспышки массового размножения, являются: существенное возрастание плотности популяции в фазе питания (поселения) от поколения к поколению до определенного пика, за которым следует резкое снижение; резкое изменение предыдущим поколением параметров экологической ниши (условий питания и обитания), в частности, режима метеорологических факторов, качества и доступности пищи, количества и активности популяций энтомофагов и возбудителей заболеваний, и т. д. для последующих поколений.

Оба эти условия проявляются в форме резкого, циклического и синхронного изменения степени пространственной и временной разобщенности как популяции, так и стадии ее обитания, и характерны, по-видимому, преимущественно для открыто живущих растительноядных видов.

Вспышки массового размножения представляют собой локальное по отношению ко всей популяции явление. Они возникают лишь в некоторой части ее ареала. Так называемые «вторичные» очаги следует рассматривать как реакцию популяции на некоторые помехи, препятствующие полному завершению необходимого цикла. Не случайно повторные вспышки многие авторы связывают с массивными истребительными обработками насаждений [13, 14].

Усыхание некоторых хвойных насаждений Сибири объясняют вспышками массового размножения сибирского шелкопряда, хотя в течение последних 100 лет вспышки не прекращались на огромной территории его ареала, леса погибли на площади 13 млн. га, т. е. около 3% [17]. Вместе с тем, массовые размножения этого вредителя про-

исходили (с тяжелыми последствиями) преимущественно в перестойных насаждениях, характерных для сибирской тайги. Не исключено, что эти насаждения находились на грани естественного распада, усугубляемого нарастающим антропогенным воздействием в течение именно последнего столетия. Есть основания считать, что леса оказались «созревшими» для обновления, и именно шелкопряд сыграл здесь свою роль. Сходные взгляды по данному вопросу уже высказывались (см., например [3, с. 60—61]). Видимо, надо обсудить вопрос о том, не является ли наше поколение свидетелем одного из таких обновлений и с этих позиций оценить длительное отсутствие естественного возобновления, например, кедров. Отсюда, по-видимому, можно прийти к обоснованному заключению, что требуется не столько массивная истребительная борьба с шелкопрядом в целях «спасения» старых ценозов в «новой» среде, сколько скорейшее вовлечение перестойных лесных массивов Сибири в разумную эксплуатацию.

* * *

Вопрос о роли насекомых-ксилофагов в процессе усыхания насаждений, как и вообще о биоценотической роли этих насекомых, крайне запутан и в экологическом аспекте решается в настоящее время неудовлетворительно. Короедов, усачей, златок считают опасными вредителями леса, затрачивая большие средства и силы на надзор за ними, их учет, прогнозирование численности, а в ряде случаев и на мероприятия по защите леса от них. (Естественно, мы не будем рассматривать здесь значение этой группы в качестве технических вредителей).

Даже если согласиться с положениями ряда авторов [5, 10] о дифференциации короедов по степени агрессивности, то бесспорным остается факт, что пожары, заболачивание и подобные явления приводят к возрастанию в популяции древесной породы доли особей, обладающих «привлекательностью» для них. Механизмы этой привлекательности, связанные с изменением физиологического состояния деревьев, смолопродуктивности, терпенового состава живицы обстоятельно исследованы [10] и в целом вряд ли могут быть оспорены.

Информация, поступающая к хеморецепторам жуков от физиологически измененных деревьев, «сообщает» им, что данное дерево пригодно для откладки яиц и развития очередного поколения личинок. В противном случае, т. е. если такое дерево способно залить входные каналы или маточные ходы с жуками и яйцами смолой, оно представляет собой естественную ловушку. Если же этого не происходит, то, по-видимому, лишь потому, что данное дерево ослаблено и наоборот, утратило устойчивость и усохло бы независимо от того, поселились на нем короеды или нет. В литературе имеется много утверждений, что жизнеспособность деревьев подавляется массовостью попыток поселения короедов. Экспериментальных доказательств эти утверждения не имеют. В силу наличия сигнальной информации, сообщаемой посредством популяционных феромонов, плотность попыток поселения не может быть сколь угодно высокой [12], а суммарная площадь травмированной поверхности неизмеримо меньше, чем, например, выдерживаемая даже ослабленным деревом карровая нагрузка при подсочке. Теоретически можно допустить, что короеды способны «удушить» дерево, если ослабленных деревьев мало, а объем популяции велик. Тогда ценой гибели тысяч особей десятки в конечном итоге поселяются на ослабленном дереве.

Практически, однако, подобное явление трудно себе представить и тем более невозможно наблюдать. Если в насаждении уже имеется многочисленная популяция того или иного вида короеда или усача, то это свидетельствует лишь о том, что она возникла не сама по себе, а в процессе распада популяции кормовой породы. Тогда в силу этого обстоятельства дубоеды или усачи оказываются способными существенно и необратимо ослабить древесной в процессе дополнительного питания в им а г и н а л ь н о й ф а з е. Таким образом, роль подкорового энтомокомплекса в лесу должна быть объяснена иным образом.

Подкоровые насекомые существовали «всегда», и объемы их популяций сохранялись в гомеостатичных ценозах на определенном уровне. В противном случае любое ослабление в процессе массового размножения грызущих видов, засухи и т. п. вело бы насаждение к гибели от короедов. Этого, однако, до сих пор не произошло, хотя практически любые насаждения пережили в свое время (и неоднократно) подобные воздействия, о чем свидетельствуют данные дендрохронологических исследований. Иначе не было бы ни лесов, ни короедов, ни других связанных с ними компонентов.

Любой древостой имеет некоторый текущий отпад (в среднем около 3% по запасу или по числу стволов). На этом отпаде и концентрируются популяции ксилофагов. Объем популяции может возрасти в 33 раза [22] лишь в том случае, если резко возрастает объем экологической ниши, т. е. число ослабленных деревьев. Анализ последствий массового размножения сосновой пяденицы в Пермской (1961—1963 гг.) и Ленинградской (1970—1972 гг.) областях, рыжего соснового пилильщика в Ленинградской области (1958—1961 гг.), зимней пяденицы на дубе в Кировской (1975 г.) на березе в Ленинградской (1974 г.) областях показывает, что даже при уничтожении активно фотосинтезирующего аппарата деревьев на 80—90% не происходило их массового заселения короедом. В хвойных насаждениях Прибалтики, пострадавших от ураганов в 1967—1968 гг., массового размножения короедов также не произошло, а плотность их поселения на сломанных и поваленных стволах была значительно ниже, чем на текущем отпаде до урагана. Согласно имеющимся данным [10], плотность поселения продолговатого короеда, например, в период кульминации «вспышки» значительно ниже, чем в ее начале. Все это естественно и легко объяснимо. Массовое одновременное появление необратимо ослабленных деревьев в насаждениях не может привести к существенному нарастанию численности ксилофагов по той простой причине, что для этого нужно минимум два года, т. е. две—четыре генерации. За этот период основная масса травмированных деревьев перестанет быть пригодной для поселения насекомых из-за высыхания луба раньше, чем они смогут здесь поселиться.

Вместе с тем, приходится наблюдать неудачные попытки поселения короедов на деревьях, заканчивающиеся заливанием ходов смолой. Группы деревьев сосны обследованы нами в Емцовском учебно-опытном лесхозе АЛТИ в 1977—1978 гг. На 1 дм² коровой поверхности приходилась в среднем одна попытка поселения большого соснового лубоеда, причем в ряде случаев самки успевали проделать ход длиной 1—2 см. Подобные попытки, очевидно, не могут привести к ослаблению дерева, так как суммарная площадь травмированного луба не превышает 0,3—1,0 дм². Процесс ослабления перестойных деревьев идет здесь независимо от деятельности короедов, и в конечном итоге выделяющаяся живица полностью утрачивает токсические и механические защитные свойства. После этого короеды заселяют и без того обреченные деревья.

Попытки же поселения короедов на сохраняющих устойчивость деревьев могут быть объяснены с популяционной точки зрения тем, что часть популяции сосны находится «на грани» необратимого ослабления и привлекает особей популяции лубоеда, характеризующихся крайними отклонениями от норм реакции по данному признаку. Такие особи здесь погибают и исключаются из популяции, не оставив потомства. Здесь действуют механизмы естественного отбора.

Доказательства наличия вспышек у короедов связаны с неправильной оценкой их обильного появления в необратимо ослабленных древостоях. При этом, казалось бы, численность действительно возрастает в сотни раз [7]. Однако горельник, заболоченный или подвергшийся ветровалу участок леса представляют собой лишь некоторую часть популяции данной древесной породы, и массовое привлечение короедов сюда возможно лишь при наличии уже многочисленной популяции того или иного вида ксилофага. При этом происходит простое перераспределение насекомых, т. е. их миграция из одного участка леса в другой. Таким образом, объем популяции короеда в целом возрастает незначительно, да он и не может сильно увеличиться, если учесть, что отпад за генерацию достигает, как показывают таблицы выживаемости, 90—95% [7]. Это подтверждается исследованиями разных авторов в нашей стране и за рубежом. Накопление популяций древесных пород, расстроженных пожарами, промышленными выбросами, рубками, ведет не к циклической динамике численности представителей подкорового комплекса, а к непрерывному нарастанию общих объемов их популяций. На эту особенность изменения численности ксилофагов мы обращаем внимание как на важнейшее и принципиальное отличие их от хвое- и листогрызущих насекомых. Далее это может проявляться в стрижке побегов лубоедами, повреждении ассимиляционного аппарата жуками усачей и т. д. Отметим, что Г. А. Викторов [3, с. 59] определенно писал о короедах как о сапрофагах. Об отсутствии вспышек размножения короедов, вслед за нами, пишут сейчас А. С. Исаев и Р. М. Хлебопрос [11].

Отсюда возможен лишь один вывод о бесперспективности и хозяйственной нецелесообразности «борьбы» с подкоровым энтомокомплексом, который, в сущности, открывает цели биоредукторов в экологических системах. Борьба с ними — значит, бороться со следствием, а не с причиной. Единственный путь защиты леса видится здесь

в повышении устойчивости лесных биоценозов, рациональном использовании лесных ресурсов, полной утилизации всей вырубаемой древесины, совершенствовании охраны леса от пожаров, т. е. в неукоснительном соблюдении «Основ лесного законодательства Союза ССР».

Уместно напомнить, что высказанные здесь положения о роли ксилофагов и ранее были ясны лесным специалистам, о чем свидетельствует, например, небольшой по объему, но весьма содержательный обзор, написанный П. А. Положенцевым [15] почти 30 лет назад.

* * *

До настоящего времени лесозащита и лесопатологическая служба пользуются преимущественно в той или иной мере модифицированными методами, средствами и приемами сельскохозяйственной практики. Такое положение было естественным и целесообразным до определенного времени. С развитием теории, по мере изучения результатов лесозащитных мероприятий, становится необходимым пересмотр общей концепции. Если объекты «борьбы» в лесном и сельском хозяйстве сходны (членистоногие-фитофаги, паразитические микроорганизмы и т. п.), то объекты защиты в подавляющем большинстве принципиально отличны друг от друга. Агроценозы сравнительно просты в структурном отношении, более монотонны и локальны как во времени, так и в пространстве, а лесные биогеоценозы структурно сложны, парцеллярны, протяженны во времени и в пространстве, высоко стабильны. Принципиально различны и цели защиты сельскохозяйственных и лесных объектов. В первом случае это — сохранение конкретной продукции данного урожая, а во втором, как правило, — защита продукции незавершенного производства, поддержание стабильности в условиях, когда на биоценоз воздействуют помехи, мощность которых превышает его собственные гомеостатические возможности [4]. Главным же отличительным признаком лесных экосистем является их двойственный природно-ресурсный характер: они выполняют не только лесосырьевую, но и средообразующую функцию. Такое принципиальное несходство объектов предполагает, естественно, и различие методов защиты и критериев экологической, хозяйственной, экономической целесообразности и эффективности.

Массированное применение химических средств (в том числе и биологического происхождения) не имеет перспективы прежде всего потому, что оно связано с интенсивным загрязнением среды и опасностью для здоровья человека. Подобные методы могут иметь хозяйственный смысл в локальных узкоспециализированных объектах, преимущественно созданных самим человеком и в этом смысле сходных с сельскохозяйственными.

* * *

Современные принципы лесовосстановления преследуют цель ускоренного выращивания хозяйственно ценных хвойных насаждений, т. е. предусматривают обеспечение принципа непрерывности лесопользования путем преодоления смены пород.

Этого обычно пытаются достигнуть созданием чистых культур одной породы с искоренением примеси лиственных пород в процессе ухода за составом (преимущественно химического). Накопленный опыт показывает, что фактически ускоренное выращивание хвойных насаждений такими методами достигается в сравнительно небольшом числе случаев. В то же время факты массовой гибели чистых культур (особенно сосны) от комплекса насекомых и болезней общеизвестны. Многие вырубki и гари Тюменской области, Коми АССР, Карелии восстанавливаются искусственным путем несколько раз, но каждый раз по истечении нескольких лет огромные затраты труда и средств идут насмарку из-за уничтожения культур вредителями и болезнями. Созданные в 1961 г. в Ленинградской области при участии одного из авторов культуры сосны на Карельском перешейке на свежей гари площадью более 200 га были полностью уничтожены майским хрущом спустя 15 лет. Сохранились лишь небольшие островки этих культур со случайной примесью семенной березы и осины. За эти годы плотность залегания личинок возросла с 0 (1961 г.) до 2—4 шт./м² в 1967 г. и до 13—20 шт./м² в 1975 г. В Сиверском лесхозе Ленинградской области посадки сосны на свежей вырубке саженцами-трехлетками в первый же год были сильно повреждены большим сосновым долгоносиком и сохранились лишь в тех участках вырубki, где имелся достаточно густой травостой. В Вятско-Полянском лесхозе Кировской области культуры кедра наиболее сильно повреждаются сибирским хермесом там, где отсутствует примесь березы.

А. И. Воронцовым [6, с. 97—101] сделан обстоятельный анализ неудовлетворительных результатов создания чистых культур. Хорошо известен печальный прецедент полной гибели 50-летних посадок в конце прошлого века под воздействием насекомых. По данному поводу Н. К. Старк [20, с. 11] писал: «Насекомые съели степное лесоразведение, съели многие тысячи гектар дорогих посадок, а между тем насекомые эти не пришли к нам откуда-то извне, они хорошие наши знакомые, постоянные обитатели наших лесов, ... нигде не повлекшие за собой таких грандиозных последствий; непарный шелкопряд, древесница въедливая, лубоеды, златогузка, пяденицы — все наши лесные враги». Сказанные в отношении степного лесоразведения, эти слова вполне справедливы для таежной зоны. И здесь попытка немедленного создания чистого хвойного насаждения слишком часто кончается неудачами вследствие жизнедеятельности хруща, соснового вертуна, шютте и многих иных насекомых и болезней. Желаемое сокращение срока лесовыращивания за счет преодоления смены пород не достигается даже в том случае, если культуры выживают: травмирование приводит к многовершинности, фаутам, увеличению срока смыкания. Принципиально лесопатологический пресс на искусственные насаждения не отличается от такового на естественные молодняки, однако вторые, в отличие от первых, представляют собой сложные экологические системы с присущими им механизмами обратных связей, регулирующими дискретность популяций, а следовательно, и определяющими устойчивость насаждений в целом [21]. Чистые (монотонные) культуры такой устойчивостью не обладают, а поскольку созданы они руками человека с применением больших затрат, народное хозяйство несет ощутимые убытки. Попытки защитить культуры часто оказываются безуспешными.

Очевидно, что выращивание чистых культур до возраста зрелости невозможно без сложных и дорогостоящих защитных мер, удобрений, стимуляторов роста, т. е. без системы и непрерывного патронажа, что означает превращение таких культур в «иждивенцев» хозяйства.

Известно, что в рубку поступает спелый древостой. При этом древесина, являющаяся собственно предметом добычи, представляет собой биомассу, накопленную экологической системой, или, по выражению Б. Н. Вержуцкого [2], негэнтропированную в органических веществах энергию. Рубка, связанная с отчуждением этой энергии, питающей все трофические и энергетические уровни в экосистеме, имеет следствием ее распад, разрушение, изменение режима абиотических факторов (микроклимата). Меняется и пространственная структура экосистемы: из трехмерного пространства, каким является насаждение, она превращается, в сущности, в двухмерное поле. Происходит и резкое изменение почвообразовательных процессов из-за прекращения поступления органического вещества на уровень биоредукторов. Особенно заметны эти процессы в условиях сравнительно бедных песчаных и супесчаных почв. В результате создаваемые здесь же культуры оказываются в условиях чрезвычайно ограниченного пищевого довольствия. В то же время условия на вырубке благоприятны для ряда насекомых, которые, с одной стороны, имеют здесь оптимальный гигротермический режим, а с другой, получают достаточно обильный пищевой ресурс — созданные культуры. Так, непрерывный рост площадей, оптимальных для развития личинок майского хруща, создает условия для нарастания его численности.

Таким образом, в условиях лесных культур человек вынужден брать на себя все функции, которые являются неперенным условием поддержания культур в агроценозах. Далеко не всегда эти мероприятия дают положительные результаты, и тем более — экономически себя оправдывают.

С учетом приведенных фактов возникает вопрос, не правильнее ли листовенные древесно-кустарниковые породы и травы считать полезными компонентами. Именно они, благодаря особенностям своей экологической ниши, создают запас органического вещества в почве, т. е. подготавливают вырубку или гарь к образованию на ней будущей экосистемы, в которой далее займут свое место хвойные породы. Кроме того, важно, что присутствие этих пород образует пространственно дискретную экологическую нишу многих растительноядных насекомых. При этом хозяйство освобождается от необходимости восстанавливать своими силами почвенное плодородие и вести дорогостоящую защиту хвойных.

Полный отказ от «севооборота» в лесном хозяйстве вряд ли оправдан и экологически не обоснован. Разумеется, процессами лесовосстановления необходимо управлять и не следует во всех случаях ориентироваться на смену пород или создание смешанных насаждений. Более того, в условиях реально растущей потребности в хвойной древеси-

не нужно во всех возможных случаях создавать быстрее хвойные молодняки. Реальной альтернативой является своевременная реконструкция лиственных молодняков [23], создание устойчивых насаждений путем оптимального смешения или загушения посадок [1].

С позиций рационального природопользования, неудовлетворительное возобновление леса при безуспешных попытках создавать всегда и сразу хвойное насаждение, нежелательно еще и потому, что исключает на длительный срок почвенные ресурсы из участия в круговороте вещества. Вложение больших сил и средств в создание чистых культур без надлежащей гарантии действительно ускоренного образования полноценных насаждений представляет собой, по нашему мнению, недопустимое расточительство.

* * *

Защита таежных лесов в настоящее время направлена преимущественно на подавление вредителей и болезней в пределах тех или иных локальных участков, т. е. в сущности является борьбой. В экологическом аспекте такая борьба может рассматриваться в качестве системы помех в обмене информацией между популяцией вредящего вида и всеми другими связанными с ней компонентами биогеоценоза. Эти помехи могут заключаться в уничтожении части популяции химическими средствами, либо в дезориентации насекомых естественными и синтезированными феромонами и т. п. Однако химические меры представляют собой токсический удар не только по всему данному биогеоценозу, но и по совокупности таких ценозов на достаточно обширных площадях. Неверно рассматривать их только с точки зрения частного результата — подавления одного из нежелательных компонентов. Что касается использования микробиологических препаратов и энтомофагов, то и в данном вопросе, на наш взгляд, накопилось немало недоразумений. Например, остается неясным, почему применение растительных алкалоидов рассматривается как химический метод, а антибиотиков и токсинов грибного и бактериального происхождения — как биологический. Широко освещенный в литературе опыт применения биопрепаратов показывает, что составляющие их живые агенты недостаточно эффективны в начале массовых размножений насекомых, т. е. именно тогда, когда желательно купировать «вспышку». В большинстве случаев эти агенты при внесении их в естественную гомеостатичную систему будут ею отторгаться. Простейшее проявление отторжения — устойчивость насекомых к заболеваниям в начале массового размножения. Механизмы этого процесса недостаточно изучены, но имеющиеся факты нельзя оставлять без внимания.

К сожалению, фактически не обоснованы и распространенные представления о регулирующей роли так называемых полезных насекомых-энтомофагов. Не повторяя ранее высказанных положений [22], отметим, что не известен ни один достоверный факт, когда бы энтомофаги (или птицы) предотвратили вспышку массового размножения того или иного фитофага в естественных насаждениях. Наоборот, общеизвестно, что кривая нарастания численности энтомофагов запаздывает по отношению к таковой у фитофагов. Некоторые излишне оптимистические оценки результатов интродукции паразитов и хищников вслед за случайно проникшими фитофагами, причем, преимущественно в искусственные экосистемы (например, из Европы в Америку), не противоречат этому утверждению, ибо речь идет не об аборигенных популяциях вредителей, а об интродуцентах. Полное подавление естественных популяций лесных насекомых происходило далеко не всегда именно вследствие акклиматизации энтомофага. Имело место лишь установление некоторого равновесия, которое отнюдь не исключает, но, наоборот, предполагает цикличность динамики популяции фитофага по типу «вспышка—депрессия». В частности, не удалось решить подобным образом проблему непарника в США [5], остался в качестве вредителя в Канаде рыжий сосновый пилильщик. Их паразиты были в массе интродуцированы в свое время из Европы. Критика многолетних опытов применения энтомофагов против аборигенных видов у нас в стране общеизвестна (см., например, [5, с. 235—236]). Очевидно, что вопреки распространенному заблуждению, энтомофаги как представители последующего трофического уровня — не регулирующий, а регулируемый фактор. Мы не склонны обольщаться в отношении перспективности этого приема. Большой осторожности требует и оценка хозяйственной эффективности и значения дорогостоящего расселения муравьев в лесозащитных целях. Эта операция основана на предположении, что муравьи препятствуют возникновению вспышек, уничтожая в массе особой той популяции, которая опасна в лесопатологическом отношении. Однако, как известно, муравьи — лютлифаги, и Г. М. Длусский [8, с. 184] прямо пишет, что «основу их пищи в данный

момент составляет наиболее массовый (разрядка наша — С., Б.) из «сведобных видов». Ясно, что поскольку за сутки муравьи приносят до 20—100 тыс. насекомых (там же, с. 167), то для преобладания в их пище конкретный вид фитофага уже должен размножиться в массе, т. е. дать вспышку. В упомянутой работе автор ссылается на ряд исследований, говорящих о том, что при одном количестве муравейников вспышки имели место, а при количестве в 2—5 раз большем — наблюдались. Однако, прежде чем делать отсюда вывод о полезной роли муравьев, надо ответить на вопрос, почему в одном месте много муравейников, а в другом мало. Такого ответа в литературе нам найти не удалось.

Исходя из элементарных экологических представлений, а также из опубликованных материалов по биологии муравьев, данный вопрос должен, вероятно, иметь такое объяснение: численность муравьев преобладает в насаждениях с обилием перекрещивающихся трофических цепей, т. е. в дискретных станциях с относительно латентной динамикой всех компонентов (отметим, что дискретность станции не обязательно является признаком только смешанных насаждений). Можно, однако, пойти и дальше в наших рассуждениях, опираясь на общеизвестные факты [9].

Появление какого-то фитофага в массе означает, что вслед за ним идут и его паразиты, т. е. виды, традиционно считающиеся полезными. Муравьи же поедают насекомых-фитофагов без разбора: и паразитированных, и больных, и других энтомофагов. Поэтому их роль в биоценозах, по крайней мере, весьма двойственная. Вместе с тем, охрана муравьев, как и других насекомых, при проведении лесозащитных и лесохозяйственных мероприятий необходима, так как они занимают определенные места в трофических и энергетических цепях, наряду со всеми другими элементами биоты, обеспечивают сложную структуру ценозов, являющуюся основой их стабильности.

* * *

В тщательной разработке нуждаются вопросы экономики лесозащиты.

В настоящее время применение конкретных защитных мероприятий в лесу основывается преимущественно на априорных утверждениях об угрозе большого ущерба от насекомых и болезней. Однако нет никаких экономических расчетных оценок ущерба лесу, например, от подкорковых насекомых. Не оценивается и целесообразность или эффективность борьбы с хвое- и листогрызущими насекомыми. Не рассматривая подробно этот сложный вопрос в данной статье, отметим только, что методология подхода должна заключаться в оценке (в денежном выражении) всех потерь от вредителей и болезней (включая рекреационные и природообразующие функции) и в сопоставлении их с проектируемыми затратами на защиту. Здесь имеется немало сложностей, проистекающих из специфики леса как объекта незавершенного производства, двойственности леса как природного ресурса, особенностей попенной платы. По-видимому, к экономической оценке лесозащитных мероприятий необходимо подходить поэтапно, исходя из себестоимости отдельных этапов лесовыращивания. При этом организация экономически обоснованной лесозащиты немислима без прогнозирования потерь продукции, т. е. без прогнозирования убытков от насекомых и болезней.

* * *

Подводя итог сказанному, можно с достаточной долей уверенности заключить, что, видимо, настало время полностью отрешиться от «силовых» методов в лесозащите, от подмены лесозащиты «борьбой с вредителями». Такие меры представляют собой расходование сил и энергии в направлении, противоположном естественным энергетическим процессам в биосфере. Лесная наука нуждается в глубокой разработке теоретических принципов лесозащиты на основе современного экологического подхода, и приступить к этой работе следует безотлагательно. По нашему мнению, этот подход должен включать в себя следующие главные принципы:

1) управление популяциями последующих трофических уровней в экосистеме через управление популяциями предыдущих уровней. Это означает, что всегда нужно иметь в виду, что любое изменение состояния популяции насекомых-фитофагов является следствием соответствующих изменений в популяциях кормовых пород и происходит на его фоне. Доказательства этого принципа имеются: достаточно назвать известную трофическую теорию динамики популяций [18]. Следовательно, только создание здоровых устойчивых насаждений и поддержание их естественной гомеостатичности может принести успех;

2) преимущественное использование не методов подавления популяций растительноядных видов, но их регулирование в целях доведения возможного ущерба до неощутимого для хозяйства уровня. Здесь мы возлагаем известные надежды на такой метод будущего, который называем условно «методом помех», заключающимся в использовании репеллентов, аттрактантов, маскирующих веществ и связанных с ними вариантов;

3) прогнозирование эколого-экономических последствий динамики популяций фитофагов в целях обоснованного назначения защитных мероприятий или отказа от них. При этом в первую очередь следует оценивать не состояние популяции вредителя или заболевания, а состояние популяции интересующего нас растения; прогноз должен быть положен в основу экономической оценки возможных потерь хозяйства как при применении защитных мер, так и при отказе от них в соответствии с некоторыми общими принципами, сформулированными ранее, например, Ф. Н. Семеvским [19].

В практике лесозащиты такие принципы соответствуют интегрированной и комплексной системе, в которой, однако, «силовые методы» вряд ли приемлемы.

Несомненно, что система лесозащитных мероприятий должна опираться на хорошо разработанный мониторинг, который заменит теперешний, неизбежно фрагментарный и обоснованно критикуемый в научной печати учет, надзор и прогноз.

Интенсивное освоение промышленностью и хозяйством территорий восточнее Урала, в том числе и лесозащита, не должно наносить ущерба тайге как глобальной экологической системе и источнику потенциально неисчерпаемых природных ресурсов. Вместе с тем, процессы, происходящие ныне в тайге, могут квалифицироваться как ее антропогенная эрозия. Сохранение жизнеспособности и богатств тайги для будущих поколений советских людей — задача выполнимая, и время для ее решения еще не упущено.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Валента В. Т., Гавялис Б. М. Опыт борьбы с майскими хрущами в Литовской ССР. Каунас, ЛитНИИЛХ, 1968. [2]. Вержущий Б. Н. Беспозвоночные в топогеосистемах. — В сб.: Природные режимы и топогеосистемы приангарской тайги. Новосибирск, «Наука», 1975. [3]. Викторов Г. А. Проблемы динамики численности насекомых на примере вредной черепашки. М., «Наука», 1967. [4]. Владимирский Б. М. Кибернетическое моделирование экологических систем. — В кн.: Человек и биосфера. Ростов, Ростовский ГУ, 1977. [5]. Воронцов А. И. Лесная энтомология. М., «Высшая школа», 1962. [6]. Воронцов А. И. Патология леса. М., «Лесная промышленность», 1978. [7]. Галасьева Т. В. Локализация очагов стволовых вредителей на гарях 1972 г. в Московской области. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Л., ЛТА, 1977. [8]. Длусский Г. М. Муравьи рода формика. М., «Наука», 1967. [9]. Дмитриенко В. К., Петренко Е. С. Муравьи таежных биоценозов Сибири. Новосибирск, «Наука», 1976. [10]. Исаев А. С., Гирс Г. И. Взаимодействие дерева и насекомых-ксилофагов. Новосибирск, «Наука», 1975. [11]. Исаев А. С., Хлебопрос Р. Г. Инерционные и безынерционные механизмы регуляции численности лесных насекомых. — В кн.: Проблемы лесоведения Сибири. М., «Наука», 1977. [12]. Киселев В. В. Анализ динамики численности большого листовичного короэда. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. биол. наук. Красноярск, 1978. [13]. Ликвентов А. В. Восстановление очагов зеленой дубовой листовётки после химических обработок. — В сб.: Вопросы лесозащиты. Материалы к II межвузовской конференции. Т. 1. М., МЛТИ, 1963. [14]. Малышева М. С. Влияние авиационного опыливания на численность сосновой пяденицы и ее паразитов. — «Труды ВИЗР». Л., 1960, вып. 15. [15]. Положенцев П. А. Об условиях заселения деревьев вторичными вредителями. — «Труды ВЛТИ». Воронеж, 1950, вып. 2. [16]. Природные ресурсы Русской равнины в прошлом, настоящем и будущем. М., «Наука», 1976. [17]. Рожков А. С. Массовое размножение сибирского шелкопряда и меры борьбы с ним. М., «Наука», 1965. [18]. Руднев Д. Ф. Влияние физиологического состояния растений на массовое размножение вредителей леса. — «Зоологический журнал», 1962, т. 41, вып. 3. [19]. Семеvский Ф. Н. Прогноз в защите леса. М., «Лесная промышленность», 1971. [20]. Старк Н. Враги леса. Изд. 2-е. М., Сельколхозгиз, 1931. [21]. Стадницкий Г. В. Биоценотические принципы защиты леса. — Тезисы докладов Всесоюзного совещания по защите хвойных насаждений. Каунас, 1978. [22]. Стадницкий Г. В., Бортник А. М. Стациальная теория динамики популяций. — В сб.: XXIX чтения памяти Н. А. Холодковского. Л., «Наука», 1977. [23]. Чмыр А. Ф. Биологические основы восстановления еловых лесов южной тайги. Л., ЛГУ, 1977.

Поступила 15 декабря 1978 г.

УДК 630*.232 : 630*.2

ИСКУССТВЕННОЕ ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ В СВЕТЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ТИПОЛОГИИ ЛЕСА

А. Р. РОДИН

Московский лесотехнический институт

Излагаются теоретические положения искусственного возобновления в свете динамической типологии леса И. С. Мелехова, позволяющие лучше познать закономерности зарождения, развития и формирования лесного биогеоценоза, а также обеспечить для лесных культур создание оптимальных экологических условий.

Один из путей решения проблемы повышения продуктивности лесов, получения большего количества товарной продукции с каждого гектара лесной площади — искусственное лесовозобновление. Однако лесокультурные работы эффективны только в том случае, если для всех этапов искусственного лесовозобновления создаются оптимальные экологические условия. В свою очередь, такие условия могут быть созданы только при проведении научно обоснованных лесохозяйственных мероприятий, разработанных с учетом закономерностей развития типа леса в динамике, начиная от последних лет жизни вырубаемого древостоя и формирования типа вырубки и кончая спелым насаждением. Закономерности развития типа леса наиболее полно отображает динамическая типология, разработанная И. С. Мелеховым. Опираясь на указанную типологию, можно познать лес в развитии, глубоко понимать его прошлое и настоящее, предвидеть будущее, а следовательно, решать практические задачи лесоводства [2].

Динамическая типология леса позволяет более полно изучить процессы естественного и искусственного зарождения, формирования и становления типа леса. Это очень важно при выращивании лесных культур. Знание динамики естественного развития лесного биогеоценоза (экосистемы) позволяет разработать научно обоснованные лесохозяйственные мероприятия, обеспечивающие при выращивании лесных культур более быстрое формирование и развитие биогеоценоза в нужном направлении, изменить скорость и направленность указанных процессов. Проведение этих мероприятий обеспечит ускоренное выращивание хозяйственно ценных искусственных древостоев в оптимальных экологических условиях, а при необходимости ускорит или замедлит протекание отдельных этапов развития типа леса. Все это даст возможность сформировать в более короткие сроки древостой, наиболее полно отвечающие их целевому назначению, а также облегчит организацию непрерывного и неистощительного пользования лесом (по Н. П. Анучину [1]). Последнее очень важно для районов, где естественное возобновление хозяйственно ценных пород отсутствует или слабое, а также если восстановление хозяйственно ценных насаждений идет через смену пород.

При искусственном лесовозобновлении зарождение, формирование и развитие нового типа леса на месте старого может идти разными путями. Как и при естественном ходе развития лесного биогеоценоза, зарождение типа леса связано с получением семян, ростом и развитием всходов. Однако при искусственном лесовозобновлении этот начальный этап коренным образом отличается от естественного. Он во многом за-

висит от качества используемого посевного и посадочного материала. Посевной материал может быть получен в типах леса, отличающихся от характера лесокультурной площади. Условия произрастания семян и выращивание посадочного материала в питомнике отличаются от условий появления всходов, роста естественного молодняка. В то же время лесокультурные мероприятия, например обработка почвы, также изменяют ход зарождения, формирования и развития типа леса. Наиболее распространенным способом создания лесных культур является посадка, поэтому при искусственном лесовозобновлении начальный этап формирования типа леса не только отличается от естественного, но и несколько сокращается. Это особенно заметно при использовании саженцев. В связи с этим, так же как и при естественном возобновлении, изучение искусственно созданных лесных насаждений в свете динамической типологии И. С. Мелехова, а также разработку и проведение лесохозяйственных мероприятий, обеспечивающих создание оптимальных экологических условий для роста лесных культур, необходимо начинать с семян и посадочного материала. Это даст возможность проследить и вскрыть в динамике закономерности зарождения, формирования и развития искусственно созданного лесного биогеоценоза. Хотя начальный этап развития леса зарождается вне лесокультурной площади, где в последующем образуется соответствующий тип леса, его необходимо учитывать, а также постоянно обеспечивать оптимальные экологические условия для семян и посадочного материала. Следовательно, при искусственном лесовосстановлении в свете динамической типологии можно выделить пять основных и обособленных между собой этапов, которым свойственны определенные лесохозяйственные мероприятия:

- 1) получение высококачественных семян и посадочного материала;
- 2) формирование типа вырубок;
- 3) приживание и индивидуальный рост культур;
- 4) интенсивный рост и формирование искусственных молодняков;
- 5) формирование приспевающих и спелых искусственных насаждений (формирование сложившегося типа леса, по И. С. Мелехову).

Этап получения семян и посадочного материала протекает при активной деятельности лесоводов. Они формируют качество и количество посевного материала, извлекают семена из лесосеменного сырья и хранят их, выращивают посадочный материал. При искусственном лесовозобновлении меняется ход естественной подготовки семян к проращению, поэтому лесовод проводит их предпосевную подготовку, имитируя естественные условия. Таким образом, роль лесовода проявляется на протяжении всего этого этапа, от прохождения которого во многом зависит успех выращивания лесных культур. Однако отдельные лесохозяйственные операции, выполняемые на этом этапе, не обеспечивают оптимальных экологических условий. В лесохозяйственной практике часто, например, не создаются оптимальные экологические условия при извлечении семян из шишек в шишкосушилках и выращивании посадочного материала. Это приводит к получению ослабленного посадочного материала и, как следствие, к замедлению формирования хозяйственно ценных насаждений.

Этап формирования типа вырубок диктует технологию их закультивирования и выращивания искусственных насаждений. Длительность этого этапа в значительной степени определяется составом вырубаемого древостоя, почвенно-грунтовыми условиями, а также лесокультурными мероприятиями и эффективностью их проведения. Так, например, в условиях свежей и влажной сурамени центральных областей зоны смешанных лесов после рубки древостоев с преобладанием в со-

стае хвойных пород с полнотой 0,5—0,6, уже на 2—3-летней вырубке господствующее положение занимает вейник наземный. Вырубки трансформируются чаще всего в вейниковый или луговиковый типы (по И. С. Мелехову). Однако травянистый покров на вырубках не достигает, как правило, биологического расцвета, так как уже на 3—4-й год вырубка обильно покрывается отпрысками осины и порослью березы, сомкнутость которых достигает 0,8—1,0. Таким образом, происходит как бы скоротечное формирование типа вырубки, которое прерывается, прежде всего, появлением обильных отпрысков осины. К 5-летнему возрасту вырубке осина, как правило, вытесняет луговик извилистый и вейник наземный. Несмотря на скоротечность формирования типа вырубки, этот этап имеет существенное значение в агротехнике создания и выращивания лесных культур.

Облесившуюся вырубку с сомкнутым молодняком нет необходимости рассматривать как тип вырубки, а следует видеть в ней начало «лесного этапа» — начало формирования типа леса [2]. Следовательно, проведение лесокультурных работ на свежих вырубках уменьшает длительность этапа формирования типа вырубки, что с лесоводственной точки зрения весьма целесообразно. Лесовод должен стремиться к сокращению указанного этапа, что можно достичь путем применения соответствующей агротехники создания и выращивания лесных культур, применения высококачественных саженцев и т. п. В то же время облесение вырубки, которое обычно производится по частично подготовленной почве, сразу вызывает изменения в формировании напочвенного покрова на обработанной части. Степень развития травяного напочвенного покрова и его влияние на лесные культуры могут быть различны. По данным Н. М. Набатова [3], в сосняке бруснично-черничном северной части Горьковской области вырубке трансформировалась в вейниковый тип (по И. С. Мелехову). В то же время при подготовке почвы плугом ПЛП-135 на 2—3-й год после нарезки борозд масса травянистой растительности на пластах превысила массу травы на целине. Интенсивное зарастание пластов вейником наземным и кукушкиным льном продолжалось и на 4—5-й год. При плужной подготовке почвы в условиях различных типов леса идет интенсивное зарастание пластов [3]. По данным многих авторов, частичная обработка почвы на 2—3 года подавляет или значительно ослабляет развитие травяного покрова на обработанной части площади. Плужные борозды меньше зарастают травянистой растительностью, чем пласты.

Этап приживания и индивидуального роста культур, созданных на свежих вырубках, совмещается с этапом формирования типа вырубки и в большинстве случаев для условий свежей и влажной сурамени центральных областей зоны смешанных лесов — с начальной стадией этапа смены пород (естественного возобновления и роста лиственных пород). В этом случае одновременно протекают процессы формирования типа вырубки, естественного и искусственного лесовозобновления. Все лесовосстановительные мероприятия в этом случае должны проводиться с учетом наличия указанных естественно протекающих этапов. При создании лесных культур на свежих вырубках, а также в случае их интенсивного зарастания нежелательными лиственными породами этапы формирования типа вырубки и смены пород не должны получать полного расцвета. Формирование типа вырубки не получает своего биологического расцвета в результате ее зарастания нежелательными лиственными породами и проведения лесокультурных мероприятий. Например, проведение в этот период агротехнических и первых лесоводственных уходов за лесными культурами ведет к уничто-

жению нежелательных лиственных пород, что ограничивает развитие этапа смены пород.

Этап интенсивного роста и формирования искусственных молодняков (экосистемы) протекает одновременно с этапом смены пород. Хозяйственная деятельность человека в этот период должна быть направлена на ускорение вступления культур в период быстрого роста и формирование устойчивого лесного биогеоценоза при одновременном постепенном ослаблении и последующей ликвидации отрицательного влияния нежелательных лиственных пород на высаженные растения. На этапе формирования искусственно создаваемых молодняков смена пород должна в значительной степени ослабеть, а оставшиеся лиственные породы должны играть положительную роль. Если этого не обеспечить, лесные культуры будут заглушены нежелательными лиственными породами естественного происхождения, вследствие чего замедлится рост культур, усилится отпад, а затем может наступить и полная их гибель.

Длительность этапа интенсивного роста и формирования молодняков зависит от агротехники создания и выращивания лесных культур, подбора пород посадочного материала и т. п. Создание оптимальных экологических условий высаженным на лесокультурную площадь растениям обеспечивает более быстрое формирование леса. Культуры, созданные саженцами, вступают в период быстрого роста и образуют насаждение раньше, чем при посадке семян. Этап формирования искусственных молодняков заканчивается господством главной породы лесных культур, а также окончанием завершеного лесокультурного производства, под которым применительно к вырубкам, зарастающим лиственными породами, мы понимаем такое состояние культур, когда произошло выравнивание по высоте высаженных растений и естественно появившегося молодняка нежелательных лиственных пород.

Этап формирования приспевающих искусственных насаждений, т. е. сложившегося типа леса, во многом сходен с формированием естественных насаждений. Но имеются и различия. В искусственных насаждениях наблюдается равномерное размещение древесных пород по площади, состав насаждения в большей степени обеспечивает стоящие перед лесным хозяйством задачи, получается более крупная и ценная древесина.

В культурах хвойных пород старших возрастов формируется почвенный покров, свойственный естественным насаждениям. Однако он характеризуется несколько меньшим видовым и количественным составом. Это следует объяснить разновозрастностью, большой сомкнутостью культур и равномерным распределением деревьев по площади.

Итак, при искусственном лесовосстановлении необходимо опираться на динамическую типологию леса И. С. Мелехова, позволяющую не только лучше познать закономерности зарождения и развития лесного биогеоценоза, но и обеспечивать создание оптимальных экологических условий для лесных культур. В результате древостои, наиболее полно отвечающие их целевому назначению, будут формироваться в более короткие сроки, что облегчит организацию непрерывного и неистощительного пользования лесом (по Н. П. Анучину [1]).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Анучин Н. П. Лесная таксация. Изд. 4-е, перераб. и дополн. М., «Лесная промышленность», 1977. [2]. Мелехов И. С. Лесная типология. МЛТИ, 1976.

[3]. Набаатов Н. М. Динамика живого напочвенного покрова и его влияние на рост культур сосны. — «Ботанический журнал». М.—Л., «Наука», 1964, № 5.

Поступила 15 февраля 1979 г.

УДК 634.056

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДИАМЕТРОВ КРОН В ПОЛОГЕ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

В. И. КАЛИНИН

Архангельский лесотехнический институт

По материалам изучения строения полога сосновых насаждений на 67 пробных площадях вычислены коэффициенты варьирования диаметров кроны (C_{D_k}) и установлена связь C_{D_k} с классом бонитета, возрастом, полнотой и средним диаметром кроны насаждений (D_k). Выявленные закономерности дают возможность дифференцированно подойти к установлению коэффициента варьирования D_k в практике дешифрирования лесных аэрофотоснимков и облегчают натурное изучение строения полога сосновых насаждений.

Изучение изменчивости диаметров кроны в пологе древостоев в настоящее время приобретает важное практическое значение в связи с исследованиями строения полога, использованием показателей полога при инструментально-измерительном и объективном дешифрировании лесных аэрофотоснимков в практике лесоустройства. В частности, показатель изменчивости — коэффициент варьирования диаметров кроны (C_{D_k}) в пологе насаждений — используется для определения необходимого количества измерений при установлении среднего диаметра кроны (D_k).

Во многих работах, связанных с изучением строения полога насаждений, приводятся коэффициенты варьирования диаметров кроны (Г. Г. Самойлович, Н. И. Баранов, А. М. Березин, И. А. Трунов, А. М. Мажугин, В. И. Сухих, О. А. Неволин, Ю. А. Прокудин, А. А. Смоленков, Т. Б. Товянская, Н. Г. Смертин, Б. А. Семенов и др.). Все они присущи определенным категориям насаждений и колеблются в больших пределах. Так, только для сосновых насаждений, по данным разных авторов, C_{D_k} изменяется от 13 до 52%.

П. М. Верхунов [1] обобщил показатели C_{D_k} разных авторов для сосновых насаждений и указывает, что коэффициент изменчивости D_k в культурах составляет 28—37%, а в естественных спелых 20—50%, в среднем 30—35%.

Коэффициент варьирования в пределах одной породы изменяется в зависимости от возраста, класса бонитета и полноты насаждений. Так, В. М. Жирин и Г. Г. Самойлович [2], исследуя изменчивость D_k тугайных тополей, приходят к выводу, что с понижением класса бонитета C_{D_k} увеличивается, а по данным Л. П. Каргина [3] для пихты сибирской — падает. Н. Г. Смертин [4], изучая изменчивость D_k в сосняках Кировской области, указывает, что по мере повышения влажности среды C_{D_k} имеет тенденцию к увеличению. По данным А. А. Смоленкова [5], в сосняках Горьковской области с увеличением возраста насаждений и понижением класса бонитета C_{D_k} уменьшается. Отсюда следует вывод, что пользование средним значением C_{D_k} не во

всех случаях оправдано, необходим дифференцированный подход к его выбору.

Мы изучали строение полога сосновых одновозрастных насаждений III, IV и V классов бонитета, с полнотой от 0,3 до 0,9, в возрасте 30—220 лет в Архангельской, Вологодской областях и Коми АССР. Всего было заложено 67 пробных площадей, в том числе 32 координатные, на которых определены координаты местоположения каждого дерева с нанесением на план.

На пробных площадях замерены диаметры горизонтальных проекций крон (D_k) у всех деревьев в двух взаимно перпендикулярных направлениях: С—Ю и З—В. Кроны вешками проектировали на землю, и измеряли их поперечники. Составлены ряды распределения количества деревьев в зависимости от D_k и вычислены коэффициенты варьирования (C_{D_k}). По нашим данным оказалось, что C_{D_k} изменяется от 22 до 54%, а в среднем равен 33,3%.

Для выяснения факторов, обуславливающих изменение C_{D_k} в разных категориях насаждений, мы распределили вычисленные значения C_{D_k} в зависимости от класса бонитета, полноты, возраста и среднего диаметра крон насаждений.

Из-за малочисленности пробных площадей, заложенных в насаждениях V класса бонитета, не удалось подметить резкого различия C_{D_k} в зависимости от класса бонитета, но и по этим данным можно видеть, что с понижением класса бонитета C_{D_k} сосновых насаждений уменьшается (табл. 1).

Таблица 1

Класс бонитета	III	IV	V
Количество проб	36	26	5
Средний C_{D_k}	35,3	32,3	32,2

Изменение средних значений C_{D_k} в зависимости от полноты насаждений (P) представлено следующим рядом:

P	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
C_{D_k}	42,6	37,9	35,1	33,2	31,9	30,9	30,1

Нетрудно убедиться, что с увеличением полноты коэффициент варьирования D_k уменьшается. Эта связь выражается уравнением

$$C_{D_k} = 23,9 + \frac{5,9}{P}.$$

Коэффициент варьирования D_k находится во взаимной связи с возрастом насаждений (A). По нашим данным, эта связь выражается уравнением прямой

$$C_{D_k} = 44,35 - 0,081A.$$

Вычисленные средние значения C_{D_k} в зависимости от возраста насаждений представлены следующим рядом:

A , лет	60	80	100	120	140	160	180	200
C_{D_k}	39,5	37,9	36,3	34,6	33,0	31,4	29,8	28,2

Следовательно, в более молодых насаждениях варьирование диаметров крон в пологе сосновых древостоев выше, чем в старых. С увеличением возраста насаждений C_{D_k} уменьшается.

Известно, что с повышением возраста древостоя увеличиваются и диаметры крон деревьев. Следовательно, можно предположить, что C_{D_k} находится в определенной закономерной связи со средним диамет-

ром древостоя. По нашим данным, между средним значением C_{D_k} и средним D_k наблюдается обратная прямолинейная связь, с увеличением среднего диаметра кроны коэффициент варьирования уменьшается:

D_k	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
C_{D_k}	40,1	38,5	37,0	35,4	33,9	32,3	30,8	29,2	27,7	26,1	24,6

Теснота связи умеренная, коэффициент корреляции $r = 0,485 \pm \pm 0,094$. Связь выражается уравнением регрессии

$$C_{D_k} = 43,15 - 3,1D_k.$$

Приведенные материалы подтверждают сделанный ранее вывод, что при выборе коэффициента варьирования кроны в пологе насаждений необходим дифференцированный подход с учетом возраста, полноты древостоев и среднего диаметра кроны. Поскольку C_{D_k} зависит от трех переменных, может быть выведено уравнение множественной регрессии.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Верхунов П. М. Изменчивость и взаимосвязи таксационных показателей в разновозрастных сосняках. Новосибирск, «Наука», 1975. 205 с. [2]. Жирин В. М., Самойлович Г. Г. Изменчивость некоторых таксационных показателей тугайных тополей и изучение взаимосвязей между ними. — Межвуз. науч. тр. по лесному хозяйству. Разд. III. Лесная таксация и лесоустройство. Красноярск, 1972, с. 3—16. [3]. Каргин Л. П. Взаимосвязи между диаметрами кроны и диаметрами стволов на высоте груди у лихты сибирской в предгорном Алтае. — Межвуз. науч. тр. по лесному хозяйству. Разд. III. Лесная таксация и лесоустройство. Красноярск, 1972, с. 168—176. [4]. Смертин Н. Г. Особенности морфологического строения сосновых древостоев средней тайги Приуралья. — В кн.: Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1972, с. 23—31. [5]. Смоленков А. А. Связь между таксационными и дешифровочными показателями сосняков. — Сб. науч. тр. ЛенНИИЛХ. Вып. 22. Лесоустройство, таксация и аэрометоды. Л., 1975, с. 219—223.

Поступила 13 ноября 1978 г.

УДК 581.132.1.

К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ИНТЕНСИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА ПОДРОСТА

В. Д. БОНДАРЕНКО

Львовский лесотехнический институт

Установлено, что при сравнительном изучении фотосинтеза подраста, растущего под пологом древостоев различной сомкнутости (например на лесосеках разных способов рубок главного пользования), а также газообмена световых и теневых листьев интенсивность фотосинтеза необходимо рассчитывать на единицу площади листа.

«Программа и методика биогеоценологических исследований» [5] и другие методические источники указывают, что интенсивность фотосинтеза древесного растения можно рассчитывать на единицу массы или площади ассимилирующих органов. Между тем известно, что у большинства древесных пород анатомическое строение листьев, их размеры, плотность и другие показатели существенно изменяются по мере затенения. В частности, у подраста дуба такие изменения проявляются в уменьшении толщины листа.

Различия в анатомическом строении листьев обуславливаются регуляторным действием света [6]. Поэтому в опытах по сравнению фотосинтетической деятельности листового аппарата растений в различных световых условиях способ расчета интенсивности фотосинтеза может приобрести существенное значение.

На Страдчанском стационаре кафедры лесоводства ЛЛТИ в условиях свежей грабовой судубравы мы изучали фотосинтез подроста дуба обыкновенного в связи с различными способами рубок главного пользования. Для опытов были подобраны разновозрастные группы подроста на шестилетней вырубке, на лесосеке пятиприемной группово-выборочной рубки после проведения здесь третьего приема (сомкнутость полога оставшегося древостоя 0,4) и под пологом материнского насаждения сомкнутостью 0,9.

Интенсивность фотосинтеза определяли кондуктометрически [1]. Наблюдения проводили в июле — августе при устойчивой ясной погоде. В листовую камеру кондуктометрического прибора помещали листья верхней части кроны. Интенсивность фотосинтеза в каждом опыте рассчитывали дважды: на 1 дм² площади листа и на 1 г массы листа (табл. 1).

Таблица 1

Номер опыта	Интенсивность фотосинтеза	Номер опыта	Интенсивность фотосинтеза	Номер опыта	Интенсивность фотосинтеза
Вырубка		Лесосека		Древостой	
19	$\frac{2,26}{2,52}$	301	$\frac{1,25}{2,07}$	151	$\frac{1,17}{3,00}$
	$\frac{2,48}{2,78}$		$\frac{1,13}{1,87}$		$\frac{1,70}{4,26}$
20	$\frac{6,00}{6,69}$	302	$\frac{7,69}{12,66}$	152	$\frac{1,65}{4,21}$
	$\frac{5,47}{6,13}$		$\frac{3,58}{5,94}$		$\frac{1,15}{2,93}$
21	$\frac{2,63}{2,93}$	303	$\frac{4,09}{6,75}$	153	$\frac{2,47}{7,17}$
	$\frac{1,89}{2,11}$		$\frac{3,64}{6,01}$		$\frac{3,34}{9,73}$
22	$\frac{4,40}{5,17}$	304	$\frac{2,70}{4,38}$	154	$\frac{2,51}{7,81}$
	$\frac{2,48}{2,78}$		$\frac{2,19}{3,62}$		$\frac{3,86}{11,24}$
23	$\frac{7,70}{9,01}$	305	$\frac{3,35}{3,01}$	155	$\frac{3,74}{10,91}$
	$\frac{7,33}{8,61}$		$\frac{2,90}{4,36}$		$\frac{2,84}{8,26}$
24		306		156	
25		307		157	
26		308		158	
27		309		159	
28		310		160	

Примечание. В числителе интенсивность фотосинтеза в мг CO₂ на 1 дм²/ч; в знаменателе — мг CO₂ на 1 г/ч.

Как видно из табл. 1, при разных способах расчета в абсолютном выражении наиболее близки результаты для подроста, растущего на открытом месте — на вырубке. На лесосеке группово-выборочной рубки, сомкнутость материнского древостоя на которой равна 0,4, разница возрастает и для подроста, растущего под пологом древостоя сомкнутостью 0,9, превышает 250%. Аналогичные выводы следуют из данных табл. 2.

На рис. 1 представлена динамика фотосинтеза подроста в первой половине одного из дней наблюдений. На двух объектах измерения

Таблица 2

Дата	Время дня, ч.	Интенсивность фотосинтеза		
		световых листьев	теневых листьев	подроста под пологом сомкнутостью 0,9
23.VII. 75 г.	13.00—14.00	7,63	6,70	—
		<u>9,57</u>	<u>12,41</u>	—
		11,04	6,11	—
	16.00—17.00	<u>12,65</u>	<u>13,34</u>	—
		5,26	3,95	4,10
		<u>9,24</u>	<u>7,31</u>	<u>14,63</u>
24.VII. 75 г.	9.00—10.00	4,15	1,40	0,73
		<u>5,20</u>	<u>3,06</u>	<u>2,80</u>
		4,80	2,92	—
	16.00—17.00	<u>8,39</u>	<u>5,40</u>	—
		4,21	2,61	—
		<u>5,26</u>	<u>5,82</u>	—
	11,46	3,22	1,17	
	<u>14,41</u>	<u>5,97</u>	<u>4,19</u>	
	3,20	1,90	1,36	
		<u>4,12</u>	<u>4,18</u>	<u>5,26</u>

Примечание. В числителе интенсивность фотосинтеза в мг CO₂ на 1 дм²/ч; в знаменателе — мг CO₂ на 1 г/ч.

вели параллельно. Значения интенсивности фотосинтеза на единицу массы листа на вырубке и под пологом оказались близкими. Это противоречит доказанному положению об уменьшении светового насыщения и максимальной интенсивности фотосинтеза древесных растений при понижении освещенности местообитания ([2, 3, 8] и др.).

В нашем случае световое насыщение фотосинтеза подроста дуба на вырубке наблюдалось при освещенности 33—37 тыс. лк, на лесосеке группово-выборочной рубки — 17—20 тыс. лк. Максимальная интенсивность фотосинтеза при световом насыщении на вырубке была равна 9,0—11,5, на лесосеке — 6,5—7,0 мг на 1 г/ч, т. е. характер фотосинтеза в данных условиях соответствует общим закономерностям этого процесса.

Различия в структуре и функционировании ассимиляционного аппарата подроста на вырубке и под пологом леса в определенной степени тождественны различиям, характерным для световых и теневых листьев.

Световые и теневые листья различаются по оптическим свойствам [7], по содержанию хлорофилла (табл. 3), по интенсивности фотосинтеза (табл. 2).

Если сравнивать интенсивность фотосинтеза листьев разной световой структуры в расчете на единицу массы листа, то, как видно из табл. 2, выводы также могут оказаться неопределенными и даже противоречащими существующим представлениям.

Объяснить изложенное можно, по-видимому, только тем, что изменения в площади и массе листьев, происходящие по мере их затенения, непропорциональны.

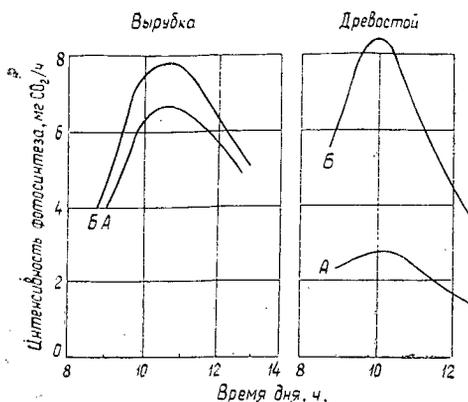


Рис. 1. Динамика фотосинтеза подроста дуба.

А — расчет интенсивности на 1 дм²; Б — на 1 г массы листа.

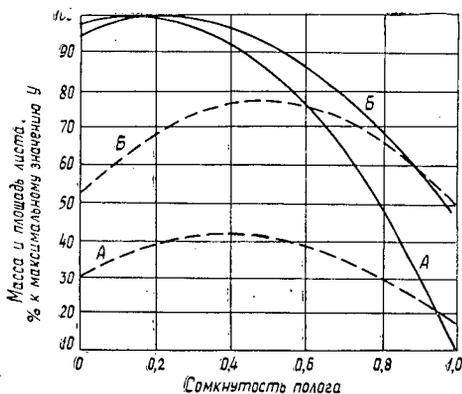


Рис. 2. Характер изменения массы (А) и площади (Б) листьев подроста дуба при изменении сомкнутости полога. Сплошная линия — световые листья; пунктирная — теневые.

Таблица 3

Объект	Лист	Содержание хлорофилла, мг/г
Вырубка пятилетняя	Световой	1,60
	Теневой	3,45
Вырубка свежая	Световой	2,74
	Теневой	3,06
Древостой сомкнутостью 0,4	Световой	2,87
	Теневой	3,86

Для анализа этих изменений в верхней части кроны модельных деревьев подроста были отобраны образцы листьев. На ЭВМ «Проминь» по программам ЛенНИИЛХ [4] проведена их математическая обработка. Оказалось, что математическая модель изменения площади и массы листа при изменении его световой структуры выражается уравнением параболы второго порядка:

для массы световых листьев

$$y = 0,2554 + 0,0982x - 0,3231x^2;$$

для площади

$$y = 0,3521 + 0,1131x - 0,2898x^2;$$

для массы теневых листьев

$$y = 0,0834 + 0,1381x - 0,1746x^2;$$

для площади

$$y = 0,1946 + 0,3560x - 0,3711x^2,$$

где y — масса, г, или площадь, дм²;

x — сомкнутость полога древостоя ($x = 0,1 \div 1,0$).

Коэффициент соответствия теоретической кривой экспериментальным данным $R_m = 0,9999$. Высокое значение R_m свидетельствует о правильности подбора теоретической кривой.

Графическое изображение рассчитанных по формулам площади и массы листа при изменении сомкнутости полога материнского древостоя показано на рис. 2 (в относительных единицах). Площадь и масса теневых листьев в зависимости от сомкнутости полога изменяются почти пропорционально. Но изменение соотношения между площадью и массой светового листа идет не пропорционально. Начиная с сомкнутости полога 0,4, различия неуклонно возрастают, при сомкнутости полога 0,9—1,0 они превышают 30%. Более широка амплитуда изменений массы листа по сравнению с изменениями его площади.

Таким образом, при сравнительном изучении фотосинтеза подроста, растущего под пологом древостоев различной сомкнутости, а также при сравнении газообмена световых и теневых листьев расчет интенсивности фотосинтеза необходимо вести на единицу площади листа, а не на единицу его массы, особенно в том случае, если в опыт включены объекты с высокой сомкнутостью материнского полога.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вознесенский В. Л. Кондуктометрический прибор для измерения фотосинтеза и дыхания растений в полевых условиях. Л., «Наука», 1971. [2]. Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г.-И. Физиология древесных растений. Пер. с англ. М., «Лесная промышленность», 1974. [3]. Малкина И. С., Цельникер Ю. Л., Якшина А. М. Фотосинтез и дыхание подроста. М., «Наука», 1970. [4]. Пособие по обработке пробных площадей и статистической обработке на ЭВМ «Проминь». Ч. 1. Л., 1968. [5]. Программа и методика биогеоценологических исследований, М., «Наука», 1974. [6]. Цельникер Ю. Л. Влияние интенсивности света на формирование фотосинтетического аппарата и продуктивности саженцев древесных пород. — В сб.: Проблемы физиологии и биохимии древесных растений. Вып. 2. Красноярск, 1974. [7]. Цельникер Ю. Л., Хазанов В. С. Оптические свойства световых и теневых листьев и их компонент. — «Лесоведение», 1971, № 2. [8]. Читашвили С. Ш. Лесоводственное и физиологическое обоснование рубок ухода в горных лесах Грузии. Тбилиси, «Мецниереба», 1969.

Поступила 28 ноября 1978 г.

УДК 630*.232.32 : 631.816

ВЫРАЩИВАНИЕ СЕЯНЦЕВ ВЯЗА И ПУЗЫРЕПЛОДНИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

О. Ф. БУТОВА

Сибирский технологический институт

Приведены результаты изучения влияния основных минеральных удобрений и подкормок на качество однолетних сеянцев вяза перистоветвистого и пузыреплодника калинолистного. Показаны динамика и ритмы линейного роста и накопления сеянцами органического вещества.

В данной работе изложены результаты по изучению влияния минеральных удобрений на качество сеянцев вяза перистоветвистого (*Ulmus pinnato-ramosa* Dieck.) и пузыреплодника калинолистного (*Physocarpus opulifolia* Maxim.) в условиях Красноярской лесостепной зоны.

Опыты проводили в питомнике Караульного лесничества учебно-опытного лесхоза СибТИ. Почвы питомника серые лесные, среднесуглинистые. Пахотный горизонт опытного участка характеризуется следующими агрохимическими показателями: рН соле-

вая — 6,8; содержание гумуса — 2,1—2,8%; гидролизуюемого азота — 3,9—4,5%; подвижного фосфора — более 35 мг на 100 г почвы; подвижного калия — 11,5—12,5 мг на 100 г почвы (по данным Красноярской агрохимлаборатории).

Изучали влияние основных минеральных удобрений и подкормок на рост и развитие однолетних сеянцев вяза и пузыреплодника. Основное минеральное удобрение вносили в дозах: $N_{20}P_{40}K_{10}$; $N_{40}P_{60}K_{20}$; $N_{60}P_{80}K_{30}$; $N_{40}P_{60}K_{80}$; $N_{60}P_{60}K_{80}$; $N_{80}P_{80}K_{80}$ в виде аммиачной селитры, гранулированного суперфосфата и хлористого калия. Свежесобранные семена пузыреплодника высевали 19 мая, вяза — 18 июня.

Корневые подкормки (в жидком виде) проводили три раза за вегетационный период: первая — азотное удобрение из расчета 30 кг д. в. на 1 га; вторая — полное удобрение в дозе $N_{20}P_{40}K_{10}$, третья — $P_{40}K_{20}$. Некорневые подкормки 0,5—2%-ными растворами минеральных удобрений начали проводить через месяц после появления всходов. Все опыты были поставлены в 3—5-кратной повторности.

В течение вегетационного периода проводили уходы и наблюдения за сеянцами. Для более полного сравнения действия различных способов применения удобрений изучали динамику линейного роста сеянцев и динамику накопления сухого вещества. Сеянцы на анализ отбирали с интервалом в 15 дн., по 50 от каждого варианта. У выкопанных сеянцев измеряли высоту надземной части и абс. сухую массу стеблей, корней и листьев. Все данные были обработаны статистически, ошибка опыта не превышала 5%.

Данные осеннего учета показали, что при внесении основных минеральных удобрений в дозах $N_{40}P_{60}K_{20}$ и $N_{60}P_{80}K_{30}$ были получены хорошие результаты. Высота сеянцев увеличилась на 30—60%; диаметр корневой шейки — на 28,5—42,8%, абс. сухая масса стеблей — на 72—75%, корней — на 32—59%; листьев — на 37—52%. Общая масса сеянцев превышала контрольный вариант в 1,5 раза.

При изучении ритмов роста и процесса накопления сухого вещества сеянцами пузыреплодника (рис. 1) отмечают следующие осо-

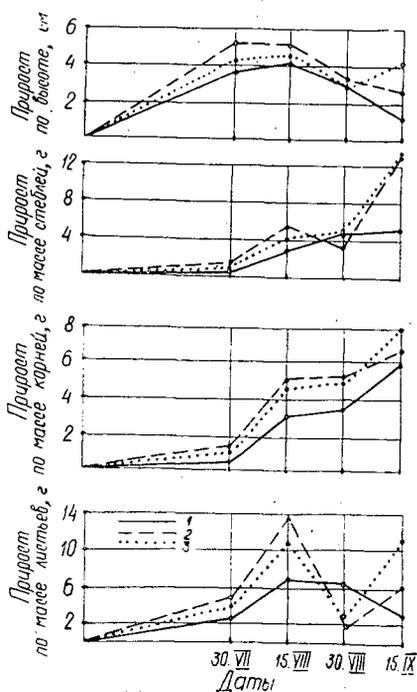


Рис. 1. Ритмы роста сеянцев пузыреплодника калинолистного.

1 — контроль; 2 — $N_{40}P_{60}K_{20}$; 3 — $N_{60}P_{80}K_{30}$.

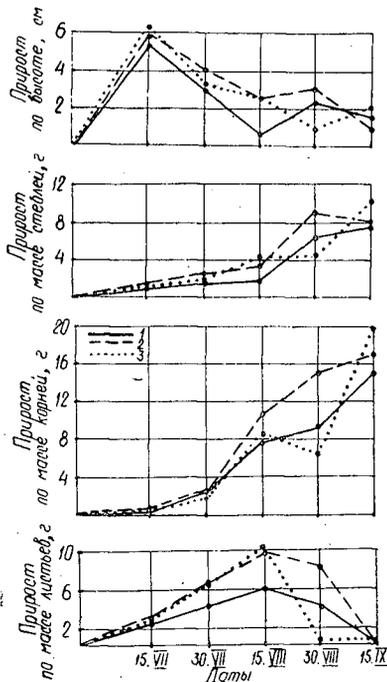


Рис. 2. Ритмы роста сеянцев вяза перистоветвистого.

1 — контроль; 2 — $N_{40}P_{60}K_{20}$; 3 — корневая подкормка.

бенности. В течение первых 1,5 месяцев с момента появления всходов развитие сеянцев идет очень медленно. Так, например, прирост по массе стеблей составил 4,8—6,0%, корней — 4,9—7,7%, листьев — 13,6—17,5%.

В этот период листья занимают доминирующее положение как по темпу накопления сухого вещества, так и по доле в общей массе сеянца (в среднем 66,3%). В период с 30 июля по 15 августа наблюдался максимальный прирост по высоте (29,5—35,6%), к этому времени уже заметна дифференциация сеянцев по вариантам: высота контрольных — 7,7 см, с применением удобрений — 10,2 см, темпы накопления сухого вещества заметно увеличиваются. Ассимиляционный аппарат также занимает доминирующее положение, особенно в вариантах с внесением удобрений.

С 30 августа сеянцы вступают в заключительную фазу развития, где наблюдается процесс интенсивного отложения продуктов синтеза в стволике (55,9—56,5%) и в корневой системе (37,2—50,6%). В листьях также продолжается накопление органического вещества, но менее интенсивно (17,3—38,8%). Доля листьев в общей массе сеянцев снижается до 39,8%.

Результаты полевых исследований роста и развития сеянцев вяза (рис. 2) свидетельствуют, что применение основных минеральных удобрений в дозах $N_{40}P_{60}K_{20}$ и $N_{60}P_{60}K_{80}$ способствует увеличению размеров и массы сеянцев: по высоте — на 21,5—31,4%; по диаметру корневой шейки — на 15,8—21,0%; по массе стеблей — на 31,9—35,2%; по массе корней и листьев — в 1,5 раза. Соответственно, и выход стандартных сеянцев увеличился на 23,2—47,2%. Внесение удобрений в небольших дозах ($N_{20}P_{40}K_{10}$) не оказало существенного влияния на улучшение качества сеянцев вяза.

Варианты с корневой подкормкой сеянцев оказались менее эффективными, чем варианты с предпосевным внесением удобрений.

В опытах с некорневой подкормкой сеянцев вяза хорошие результаты были получены при обработке растений растворами полного и фосфорно-калийного удобрений. Причем подкормка полным удобрением повлияла, в основном, на высоту сеянцев, а подкормка фосфорно-калийным удобрением — на диаметр стволиков и массу корневой системы.

Анализируя ритмы роста однолетних сеянцев вяза в течение вегетационного периода (рис. 2), можно заметить, что рост сеянцев и накопление сухого вещества не совпадают во времени и темпах. Максимальный прирост по высоте наблюдался в течение первых 20 дней: с момента появления всходов до 15 июля (43,2%). К этому времени уже сказывается действие первой корневой подкормки азотным удобрением: высота растений на 7% выше, чем в контроле.

Наибольший темп накопления сухого вещества листьями приходится на 15 августа, затем резко снижается и с 15 сентября начинается опадение листьев. В варианте с внесением удобрений в дозе $N_{40}P_{60}K_{20}$ прирост ассимиляционного аппарата продолжается до 30 августа.

Подводя итог сказанному, можно отметить, что внесение основных минеральных удобрений — эффективный прием улучшения качества сеянцев вяза перистоветвистого и пузыреплодника калинолистного в условиях Красноярской лесостепи.

Подкормки сеянцев растворами минеральных удобрений, также способствуют увеличению размеров и массы сеянцев, что особенно важно в условиях с коротким вегетационным периодом.

Ритмы линейного роста и развития сеянцев в вариантах с удобрениями располагаются во всех случаях, в основном, параллельно ритмам в контрольном варианте, но отличаются по абсолютным уровням в отдельные сроки. Выяснение физиологических закономерностей развития сеянцев позволит разработать наиболее рациональный режим питания и агротехнику их выращивания.

Поступила 9 ноября 1978 г.

УДК 634.0.561.2 : 634.0.228.3

О РАЗМЕРАХ ТЕКУЩЕГО ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРИРОСТА В СМЕШАННЫХ ДРЕВОСТОЯХ

В. К. ТИУНЧИК

Львовский лесотехнический институт

Приводятся экспериментальные данные текущего периодического прироста смешанных сосново-дубовых насаждений. Установлено, что в свежем сугрудке текущий периодический прирост по площади сечения довольно высок (4,43—4,48 м² на 1 га).

Мы изучали текущий периодический прирост сосново-дубовых древостоев разного возраста, различной полноты и состава, произрастающих в типе условий местопроизрастания С₂.

Была отобрана 31 пробная площадь в древостоях возрастом 40, 60, 70, 80, 90, 100 лет. Отобранные участки были сгруппированы в ряды по составу: 10С; 8С2Д; 6С4Д и по полноте: 0,9—0,8 и 0,7—0,6.

Пробные площади закладывали по общепринятой в лесной таксации методике. Количество деревьев основной лесообразующей породы на пробе не менее 200.

Определяли радиальный прирост за последний 10-летний период и переводили его в прирост по площади сечения. Радиальный прирост представляет сложное, в теоретическом отношении, явление. М. Л. Дворецкий [3] считает радиальный прирост одним из таксационных признаков, степень изменчивости которых не зависит от возраста древостоя. Исследования В. В. Антанайтиса [1] показали, что на изменчивость радиального прироста влияет одновременно ряд факторов: порода, возраст, полнота, условия местопроизрастания, характер распределения деревьев по ступеням толщины. Эти же положения подтвердили в своей работе В. В. Гончарук [2] и др.

Высокая степень изменчивости радиального прироста, а следовательно, и прироста площади сечения и зависимость его от комплекса экологических и биологических факторов требует большого количества измерений для получения необходимой точности исследований. В связи с этим мы на каждой пробной площади измеряли радиальный прирост у 50 пробных деревьев преобладающей по составу породы и 25 деревьев сопутствующей породы на каждой пробной площади. При равной доле участия главной и сопутствующей пород исследовали по 50 пробных деревьев каждой породы. Пробные деревья отбирали по методу ступенчато-пропорционального представительства. Радиальный прирост измеряли на высоте 1,3 м с помощью бурава Пресслера. Измеряли также толщину коры. Для перевода радиального прироста в прирост по площади сечения использовали расчет Е. Ассманна [4].

Полученные данные приведены в табл. 1. В исследуемых условиях наибольший текущий прирост по площади сечения имеют 40-летние

Таблица 1

Номер пробной площади	Состав	Средние		Возраст, лет	Класс бонитета	Полнога	Запас на 1 га, м ³	Средние	
		диаметр, см	высота, м					радиальный прирост, мм	прирост площади сечения на 1 га, м ²
14	9С1Д	24,6	17,6	40	Ia	0,61	178	17,7	4,48
6	8С1Д1Гр	27,0	19,5	40	Ia	0,94	314	14,7	4,43
12	9С1Бк	25,3	21,4	40	Ia	0,94	256	13,8	4,14
13	8С1Д1Кл	25,0	19,8	40	Ia	0,98	235	16,1	4,14
9	7С3Д			60		0,89	424		
	С	32,0	28,1		Ia	0,51	311	10,3	2,90
	Д	25,9	21,6		I	0,34	113	11,9	1,86
11	8С2Д			70		0,84	400		
	С	35,1	28,6		Ia	0,49	318	9,9	2,57
	Д	22,8	23,4		I	0,23	82	12,4	1,50
1	9С1Д			90		0,67	384		
	С	42,3	28,4		I	0,61	360	12,6	3,17
	Д	31,5	25,0		II	0,06	24	19,1	0,52
3	6С3Д1Е			90		0,94	502		
	С	35,7	30,5		Ia	0,50	322	11,0	3,09
	Д	31,9	28,7		I	0,39	144	18,0	3,15
5	9С1Е	40,8	29,5	90	I	0,75	476	13,5	4,48
10	6С4Д			90		0,85	427		
	С	39,8	29,7		Ia	0,36	242	10,1	1,62
	Д	27,6	24,6		II	0,49	185	9,5	2,83
4	9С1Д + Е	45,0	29,8	100	I	0,72	428	12,7	3,01
8	10С + Д	40,5	31,7	100	Ia	0,74	482	9,5	2,77
7	8С1Д1Е	52,9	31,5	100	I	0,83	493	14,4	2,82

древостой. В их составе 8—9 единиц сосны и 1—2 — дуба. Интересно, что древостой, значительно отличающиеся по полноте, могут иметь одинаковый прирост (пробные площади 14 и 6).

С увеличением возраста наблюдается тенденция сохранения текущего прироста по площади сечения примерно на одном уровне. В 60-летнем древостое он составил для сосны 2,90 м², в 70-летнем 2,57 м², суммарный же прирост сосны и дуба в этих возрастах равен соответственно 4,76 и 4,07 м² на 1 га. В 90-летних древостоях наблюдается значительная дифференциация прироста сосны (1,62—4,48 м²). Наибольший прирост наблюдается на пробных площадях 5 (4,48 м²) и 3, где при доле участия 64% сосна дает текущий периодический прирост по площади сечения 3,09 м². Сравнивая эти две пробные площади, следует отметить, что в 90-летнем древостое с увеличением доли дуба в составе абсолютный прирост сосны на 1 га уменьшается; однако если перевести его на единицу доли участия сосны, то он оказывается одинаковым и составляет примерно 0,05 м² на каждый процент участия.

При увеличении доли участия дуба возрастает его прирост с 0,52 м² на пробной площади 1 до 3,15 м² на пробной площади 3. Таким образом, суммарный прирост по площади сечения на 1 га на пробной площади 3 составляет 6,24 м² против 3,69 м² на пробной площади 1. Это подтверждает положение, что в данных условиях местопроизрастания из 90-летних наиболее продуктивны сосново-дубовые древостой со значительным участием дуба.

Сравнение пробных площадей 1 и 10, древостой которых менее производительны, также подтверждает это положение. На пробной

площади 10 древостой состава 6С4Д имеет суммарный текущий периодический прирост 4,45 м², а на пробной площади 1 (состав 9С1Д) только 3,69 м². В 60—70-летних древостоях на пробной площади 9 с большим участием дуба прирост выше, чем на пробной площади 11 с меньшим участием дуба.

Прирост площади сечения дуба в анализируемых условиях (пробная площадь 10) может быть больше, чем прирост площади сечения сосны, несмотря на то, что участие ее в составе по массе, таксационные показатели и радиальный прирост выше по сравнению с дубом. Это объясняется тем, что несколько меньший прирост отдельных деревьев компенсируется значительно большим количеством стволов дуба в древостое (сосна — 145 шт. на 1 га, дуб — 272 шт. на 1 га).

Заметно меньше текущий прирост в 100-летних древостоях, где он составляет для сосны 2,77—3,01 м² на 1 га (пробные площади 4, 7, 8), что на 33% меньше прироста в аналогичных по составу 40-летних древостоях. В 100-летнем древостое влияние состава на прирост слабее. Так, увеличение участия дуба и ели в пределах 20% практически не вызвало повышения прироста (пробные площади 7 и 8).

Приведенные данные показывают, что в свежем сугрудке текущий периодический прирост площади сечения довольно высок (4,43—4,48 м² на 1 га) и варьирует в зависимости от возраста и состава древостоя. В смешанных сосново-дубовых древостоях текущий периодический прирост сосны по площади сечения с увеличением возраста может уменьшаться при повышении степени участия дуба в древостое. Однако суммарный прирост сосны и дуба до 90-летнего возраста сохраняется на уровне 40—50-летних древостоев. Уменьшение суммарного прироста наблюдается только в 100-летних древостоях, но и в этом возрасте он значителен (3,01 м² на 1 га).

При увеличении участия дуба в составе древостоев до 40% повышается суммарный прирост площади сечения. Это явление эффективно проявляется до 90-летнего возраста древостоя. Различия в участии дуба до 20% не повлияли на текущий периодический прирост.

Оптимальным следует считать участие сосны в 40—50-летнем древостое в пределах 70—80%, в 70—90-летнем — до 60%. В возрасте 100 и более лет для обеспечения достаточно высокого суммарного текущего прироста допустимо значительное увеличение участия сосны, которое может достигать 100% при хозяйственной необходимости. Указанные положения дают возможность рекомендовать эти параметры в качестве ориентировочных при проведении лесохозяйственных мероприятий в аналогичных типах условий местопроизрастания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Антанайтис В. В. Таблицы таксации текущего прироста насаждений. М., «Лесная промышленность», 1966. [2]. Гончарук В. В. Радиальный прирост; его изменчивость и взаимосвязь с другими таксационными показателями. — В кн.: Изучение природы лесов Сибири. Красноярск, 1972, с. 7—10. [3]. Дворецкий М. Л. Текущий прирост древесины ствола и древостоя. М., «Лесная промышленность», 1964, с. 125. [4]. Assmann E. Waldertragskunde. München — Bonn — Wein, BLV Verlagsgesellschaft, 1961.

УДК 634.0.181.65 : 631.62

ПРИРОСТ ДРЕВЕСИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ ОСУШЕНИЯ В ЕЛЬНИКЕ ХВОЩОВО-СФАГНОВОМ КОМИ АССР

В. Н. ЕВДОКИМОВ

Архангельский лесотехнический институт

Прирост древесины в результате лесосоушения увеличивается на расстоянии до 35—40 м от осушительного канала. На больших расстояниях увеличение прироста незначительно.

В настоящее время работы по осушению лесных площадей продвигаются все дальше на север европейской части СССР, в то время как исследования эффективности лесосоушения проводятся в основном в более южных и западных районах. В Коми АССР лесосоушительные работы начаты в 1969 г., однако эффективность этих работ до сих пор не исследована.

Эффективность лесосоушения зависит от многих факторов, в том числе и от географического положения участка осушения [7]. В связи с этим перед лесной мелиорацией на севере встает ряд задач, одна из которых — выбор оптимальной интенсивности осушения. По исследованиям ряда авторов ([3, 6] и др.), влияние лесосоушения на рост деревьев прослеживается на больших расстояниях от канала, но размер дополнительного прироста в таких случаях ничтожен [3].

Стандартная методика по определению дополнительного прироста, применяемая институтом Союзгипролесхоз, оперирует текущим приростом по десятилетиям. Этот показатель слишком обобщен и не дает возможности проанализировать факторы, влияющие на продуктивность. В настоящее время для этих целей рекомендуется использовать годичный прирост [1].

Работы проводили в Ухтинском районе Коми АССР, на границе северной и среднетаежной подзон. Исследуемый объект, ельник хвощово-сфагновый, осушен в 1932—1933 гг. в результате попутной мелиорации. Глубина канала — 1,0 м. В данное время в 25 м от него сформировался ельник разнотравный. Средний возраст древостоя — 100 лет, средний диаметр — 16¼ см, высота — 12,5 м, класс бонитета V. До осушения класс бонитета данного древостоя был Va, после осушения текущий бонитет повысился до IV. Контрольный участок расположен вне зоны действия осушительного канала, в ельнике хвощово-сфагновом. Для определения прироста древесины на различных расстояниях от осушительного канала у учетных деревьев на высоте груди брали высечки древесины с помощью бурава Пресслера. Учетные деревья (по 7—10 шт.) находились на расстояниях 25, 35, . . . , 65 м от осушительного канала через каждые 10 м. Годичный прирост по диаметру измеряли под микроскопом МБС-1 с точностью 0,05 мм. Так как наиболее тесная связь отмечена между приростом по объему и приростом по площади поперечного сечения древесного ствола [2, 5], данные о линейном приросте пересчитывали в единицы площади сечения годичного слоя.

Результаты измерения представлены на рис. 1, на котором показаны изменения площадей поперечного сечения годичных слоев с удалением от осушительного канала. Из приведенных данных видно, что до осушения прирост на всех участках находился на одном уровне. После проведения лесосоушительных работ деревья, находящиеся на разном удалении от осушительного канала, по-разному реагируют на осушение. На расстоянии 25 и 35 м, по сравнению с контрольной пробной площадью, наблюдается значительное повышение прироста древесины

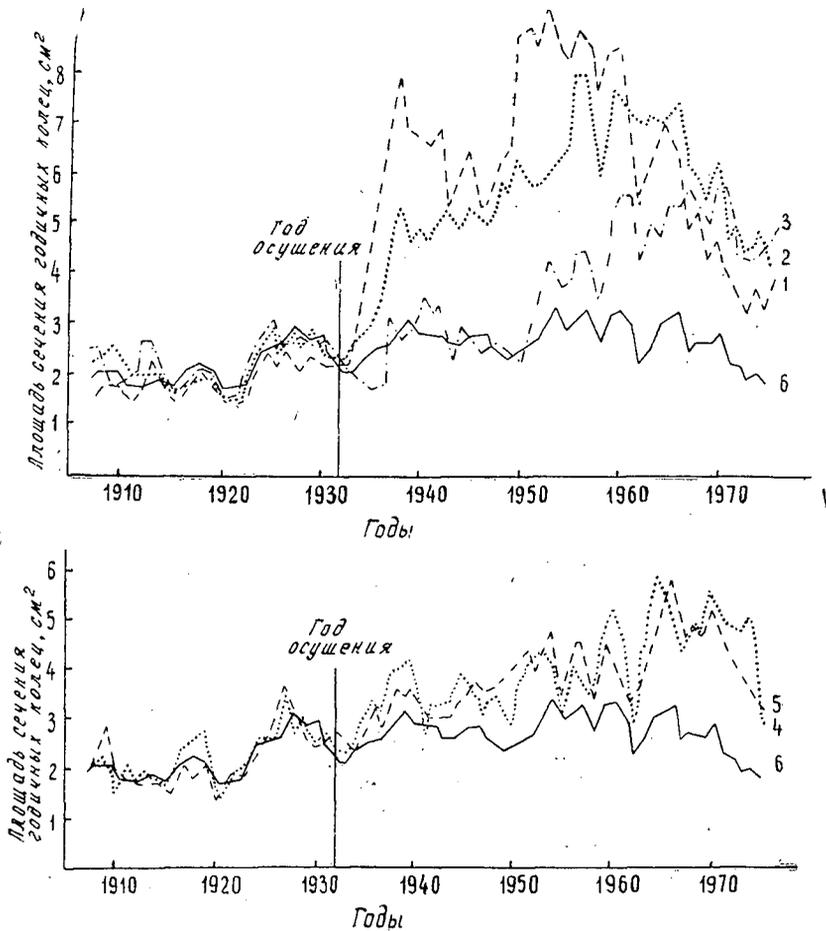


Рис. 1. Прирост на различных расстояниях от осушительного канала.

1 — 25 м; 2 — 35 м; 3 — 45 м; 4 — 55 м; 5 — 65 м; 6 — контроль.

начиная с первого десятилетия. Наибольший прирост на этих участках отмечен во втором — третьем десятилетиях. На расстоянии 45 м и далее незначительное повышение прироста начинается только во втором — третьем десятилетии после осушения. Это, по-видимому, связано с изменениями, происходящими в почве под влиянием осушения [4]. В табл. 1 показаны изменения в химических свойствах почвы под влиянием лесосушения. Как видно из табличных данных, в почве увеличивается количество поглощенных оснований, особенно в торфяном слое, калия и фосфора, уменьшается обменная кислотность. В количестве гидролизуемого азота на осушенном участке и на контроле существенных различий не возникло.

В четвертом десятилетии на всех участках происходит уменьшение прироста древесины.

В этот период на участках, равноудаленных от осушителя, прирост находится на одном уровне.

Таблица 1

Расстояние от канала, м	Горизонт	Глубина взятия образца, см	рН солевой суспензии	Азот гидролизуемый	Поглощенные катионы		Калий по Пейве	P ₂ O ₅ по Кирсанову
					Са ⁺⁺	Mg ⁺⁺		
мг на 100 г почвы								
25	T ₁	4-19	5,55	31,2	206,8	85,3	178,4	13,4
	B _h	19-31	5,10	9,1	31,5	6,8	11,3	43,5
	B ₁	31-48	5,35	5,0	24,4	6,7	61,4	13,2
Контроль	T ₁	4-18	4,80	34,6	137,5	22,7	69,9	3,7
	B _h	18-33	4,60	9,9	22,4	7,4	3,3	5,6
	B ₁	33-54	5,30	1,9	18,0	3,7	8,6	37,9

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории физики и химии почв Института биологии Коми филиала АН СССР.

Полученные результаты показывают, что в исследуемом типе леса северной подзоны тайги Коми АССР на расстоянии до 45 м от осушительного канала в первое десятилетие происходит значительное увеличение (до 200% и более) прироста древесины. На большем расстоянии повышение прироста начинается только во втором — третьем десятилетии, что может сильно увеличить срок окупаемости лесосушительных работ. Следовательно, в данном типе леса осушительные каналы следует располагать на расстоянии не более 70—80 м друг от друга.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анализ роста осушенных и разреженных древостоев. Л., ЛенНИИЛХ, 1975. 53 с. [2]. Антанайтис В. В., Загреб В. В. Прирост леса. М., «Лесная промышленность», 1969. 240 с. [3]. Буш К. К. Взаимосвязь между продуктивностью древостоев и интенсивностью осушения. — В сб.: Вопросы гидролесомелиорации. Рига, «Зинатне», 1968, с. 5—50. [4]. Вомперский С. Э., Сабо Е. Д., Формин А. С. Лесоосушительная мелиорация. М., «Лесная промышленность», 1975. 296 с. [5]. Дворецкий М. Л. Текущий прирост древесины ствола и древостоя. М., «Лесная промышленность», 1964, 125 с. [6]. Чертовской В. Г., Истомин Г. И. Лесохозяйственная эффективность осушения заболоченных лесов Севера. — В сб.: Гидролесомелиоративные исследования. Рига, «Зинатне», 1970, с. 65—76. [7]. Heikurainen L. Metsäojitus ja sen perusteet. Helsinki, 1960, 378.

Поступила 2 июня 1978 г.

УДК 634.0.231.4 : 674.031.623.234.2

СВЯЗЬ СТРОЕНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ С КОРНЕОТПРЫСКОВЫМ ВОЗОБНОВЛЕНИЕМ ОСИНЫ

А. М. ИЛЬИН

Воронежский лесотехнический институт

Показано, что скелетная часть корневых систем мужских особей осины, по сравнению с женскими, имеет больше поверхностных корней, способных давать и большее число корневых отпрысков.

Работами последних лет [1—4, 6—11] установлено, что женские особи осины более устойчивы к сердцевинной гнили, что дает основание к глубокому биологическому и лесоводственному исследованию осины в пределах пола.

В данной работе рассматривается вопрос о связи строения корневых систем с корнеотпрысковым возобновлением мужских и женских особей осины.

Объектом исследований послужили чистые серокорые осинники корнеотпрыскового происхождения, 49-летнего возраста, с редким подлеском из лещины. Они растут на лесных темно-серых супесчаных почвах сравнительно высокой производительности, в типе условий произрастания С₂ и С₃ квартала 2 Правобережного лесничества учебно-опытного лесхоза ВЛТИ. В каждом типе условий произрастания имелось по два обособленных, но рядом расположенных опытных участка мужской и женской осины. Половая их принадлежность определена во время цветения осины.

Методика предусматривала изучение скелетной части корневых систем мужских и женских особей осины и определение количества корней горизонтального направления, отпрысков, появляющихся после штыкования почвы, а также приживаемости корневых черенков в условиях питомника и теплицы. Изучение корневых систем и учет скелетных поверхностных корней проводили на опытных участках в типах условий произрастания С₂ и С₃, а остальные вопросы рассматривали в С₂.

Скелетную часть корневых систем исследовали после раскопки и извлечения из почвы. Раскапывали корневые системы срубленных модельных деревьев диаметром 28 см, по два экземпляра из каждого опытного участка. Глубина раскопки — 1 м, диаметр — 2 м; в центре круга находился пень. Откопанную и подрубленную корневую систему извлекали вместе с пнем и очищали от почвы. Замеряли диаметры около подруба всех скелетных корней от 2 см и выше, определяли сумму их поперечных сечений и исчисляли процент поперечных сечений горизонтальных корней.

Одновременно определяли количество горизонтальных скелетных корней у всех деревьев на всех четырех опытных участках. Для этого оголяли горизонтальные корни в радиусе 0,5 м от дерева; в сомнительных случаях использовали металлический шуп.

Для изучения корнеотпрысковой способности мужских и женских особей осины были ограничены учетные площадки размером 0,01 га (10 × 10 м) в центральной части каждого из двух опытных участков в типе условий произрастания С₂. После удаления всего подлеска на учетных площадках 23 июня 1970 г. произведено тщательное штыкование почвы лопатой на глубину 20 см. Пораниением корней предусматривалось вызвать появление отпрысков осины под материнским пологом.

Для изучения приживаемости корневых черенков в питомнике 5 мая 1969 г. производили их заготовку от мужских и женских особей осины на опытных участках, расположенных в типе условий произрастания С₂. Длина черенков 50 см, толщина 0,7—1,0 см. Всего было заготовлено по 100 черенков от мужских и женских особей. В этот же день черенки были высажены горизонтально на заранее подготовленные гряды на глубину 5—7 см и обильно политы водой. До момента окончательного учета гряды пропальвали и регулярно увлажняли. В тех же целях, но для условий теплицы корневые черенки заготавливали 28 апреля 1970 г. Длина черенка 10 см, толщина 0,5—0,7 см. Посадку черенков производили горизонтально, немедленно после заготовки, в ящики на песчаную подушку; сверху присыпали 2-сантиметровым слоем песка. Высажено по 100 черенков от мужских и женских особей. Черенки регулярно поливали водой. При первом поливе использовали для дезинфекции слабый раствор марганцевокислого калия.

Данные замеров площадей сечений скелетной части корневых систем показаны в табл. 1.

Таблица 1

Тип условий произрастания	Пол осины	Количество горизонтальных корней	Сумма площадей сечений		
			всех корней, см ²	горизонтальных корней	
				см ²	%
С ₂	Мужской	3	255,4	105,3	41
		4	276,3	105,0	38
	Женский	1	246,7	38,5	16
		3	295,0	79,6	27
С ₃	Мужской	4	303,2	94,0	31
		3	263,1	94,7	36
	Женский	2	270,4	64,9	24
		2	286,7	63,1	22

Анализ данных табл. 1 показывает отсутствие существенных различий по суммам площадей сечений всех скелетных корней как между типами условий произрастания, так и между половой принадлежностью особей. Однако из табл. 1 видно, что количество скелетных горизонтальных корней у мужских и женских особей, а отсюда и суммы площадей сечений различны. Больше число горизонтальных корней имеют особи мужского пола. Наглядное представление об этом дает рис. 1. У женских особей более развита вертикальная часть корневой системы.

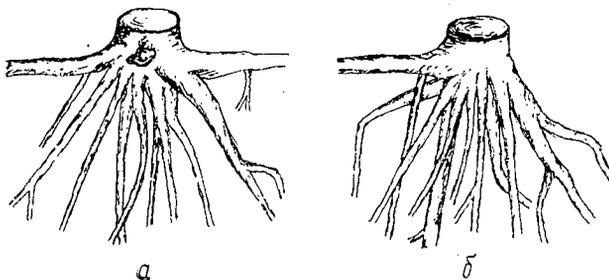


Рис. 1. Скелетная часть корневых систем мужских (а) и женских (б) особей осины.

Материалы массового обследования количества горизонтальных корней по всем четырем опытными участкам показаны в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Число горизонтальных корней одного дерева

Тип условий произрастания	Пол осины	Количество обследованных деревьев	$M \pm m$	σ	C%	P%
C ₂	Мужской	68	$3,8 \pm 0,08$	0,7	18	2,1
	Женский	72	$2,6 \pm 0,08$	0,6	23	3,1
C ₃	Мужской	67	$4,0 \pm 0,07$	0,6	15	1,7
	Женский	66	$2,7 \pm 0,09$	0,7	26	3,3

Данные табл. 2 показывают, что полученный материал вполне достоверен и полностью совпадает с приведенными выше результатами исследования корневых систем. Мужские особи также имеют большее количество горизонтальных корней.

Материал табл. 3 дает высокие коэффициенты достоверного различия по количеству горизонтальных корней в вариантах с противоположным полом; достоверное различие отсутствует в вариантах с одноименным полом. Из табл. 3 также видно, что рассмотренные типы условий произрастания не оказывают влияния на количество горизонтальных корней.

Таким образом, у женских особей осины примерно в 1,5 раза меньше горизонтальных скелетных корней, чем у мужских.

Горизонтальные скелетные корни в своем большинстве переходят

Таблица 3

Коэффициенты достоверного различия по количеству горизонтальных корней

Сопоставляемые варианты	
Женский C ₂ и женский C ₃	0,8
Мужской C ₂ и мужской C ₃	1,7
Женский C ₂ и мужской C ₂	10,9
Женский C ₃ и мужской C ₃	11,8
Женский C ₂ и мужской C ₃	12,9
Женский C ₃ и мужской C ₂	9,2

в разветвленную поверхностную корневую систему, обладающую большой корнеотпрысковой способностью. Поэтому чем больше горизонтальных корней, тем больше предпосылок к обильному корнеотпрысковому возобновлению осины.

Сказанное было подтверждено результатами учетов корнеотпрыскового возобновления на учетных площадках в типе С₂ (табл. 4).

Как показывают данные таблицы, спустя 20 дней после штыковки корнеотпрысковое возобновление оказалось более обильным под пологом мужских особей (186% от количества женских отпрысков). При последнем учете (5 августа) вновь зафиксировано в 1,4 раза больше мужских отпрысков.

Ранее проведенные исследования в Ленинградской области [5] показали, что мужские клоны состоят из большего числа деревьев, чем женские. Различия в величине клонов (мужских и женских) «...говорят о том, что женская осина менее активно размножается корневыми отпрысками, чем мужская» [5]. Однако автор не раскрыл возможной причины меньшей корнеотпрысковой активности женских особей. Оказывается, одна из причин более обильного появления отпрысков у мужских особей связана, как показывают приведенные выше данные, с лучшим развитием поверхностной части корневой системы.

Результаты опытов по получению отпрысков осины из корневых черенков показали, что на питомнике (на 6 июля 1969 г.) 14% мужских корневых черенков дали отпрыски и 25% — женских. В теплице (на 9 июня 1970 г.) имели отпрыски 42% мужских корневых черенков и 40% — женских. Из этих данных можно сделать заключение, что способность корневых черенков осины давать отпрыски вряд ли зависит от принадлежности к тому или другому полу. А это еще раз подтверждает, что мужские особи осины обладают большей способностью к корнеотпрысковому размножению в исследованных нами суборевых условиях, по причине лучшей приспособленности к этому корневой системы.

Результаты наших исследований могут в какой-то мере пополнить знания по биологии осины и найти применение в практической работе лесоводов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Альбенский А. В. Селекция древесных пород и семеноводство. М.—Л., Гослесбумиздат, 1959. [2]. Вихров В. Е., Федоров Н. И., Кочановский С. В. Об устойчивости осины к сердцевинной гнили. — В сб.: Пути повышения продуктивности лесов. Минск, 1966. [3]. Волкович В. Б. Сравнительная поражаемость мужских и женских деревьев осины ложным трутовиком. — В сб.: Материалы научно-технической информации 1966 г. Вып. 2. Л., ЛТА, 1966. [4]. Волкович В. Б. Соотношение мужских и женских клонов и деревьев осины и их некоторые биологические особенности в лесах Ленинградской области. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. биол. наук. Л., 1966. [5]. Волкович В. Б. О соотношении мужских и женских клонов и деревьев осины в лесах Ленинградской области. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1966, № 2. [6]. Кочановский С. В. Некоторые физиологические особенности деревьев осины мужского и женского пола. — «Лесоведение», 1968, № 2. [7]. Макаров С. Н. Половые различия у растений по вегетативным и биологическим признакам. — «Бюлл. Гл. бот. сада АН СССР», 1954, вып. 17. [8]. Мельников Е. Г. Развитие сердцевинной гнили осины в связи с возрастом древостоев БССР. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Минск, 1968. [9]. Царев А. П. О поражаемости осины ложным трутовиком. — «Научные труды ВЛТИ», 1968, т. 30. [10]. Царев А. П. Изучение и селекционный отбор экотипов и форм осины в Центральной лесостепи. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Воронеж, 1968. [11]. Царев А. П. Половой диморфизм осины. — «Лесоведение». 1969, № 2.

Поступила 29 января 1973 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 631.431.36

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ
ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА МАЗ-509

А. В. ДУРОВ

Архангельский лесотехнический институт

На основании результатов аналитического расчета, которые сопоставляются с экспериментальными данными, приводится анализ эксплуатационной топливной экономичности автопоезда МАЗ-509 при эксплуатации по магистральной гравийной дороге с различными полезными нагрузками и скоростями движения.

Нами предложен аналитический метод расчета эксплуатационного расхода топлива лесовозными автопоездами с дизельным двигателем [3]. В отличие от существующих, он учитывает переменный характер сопротивления трансмиссии и дополнительные затраты мощности на привод тех вспомогательных агрегатов дизеля и автомобиля, которые не предусматривает ГОСТ 14846—69. Для определения эксплуатационного расхода топлива по заданной нагрузке и скорости движения использована зависимость удельного циклового расхода $q_{ц}$ от среднего эффективного давления P_e , на которую практически не влияет скоростной режим дизеля [2].

Чтобы проверить методику расчета и оценить эксплуатационную топливную экономичность автопоезда МАЗ-509+ТМЗ-803 (дизель ЯМЗ-236, $N_e = 180$ л. с. при 2100 об/мин), мы вычислили расходы топлива на 100 км пробега и на 100 тс·км транспортной работы (перевозку древесины) для полезных нагрузок $Q = 0, 5, 11$ и 16 тс и эксплуатационных скоростей движения.

Предварительно аналитически были определены абсолютные $N_{в.а}$ и относительные $\beta = \frac{N_{в.а}}{N_e}$ затраты мощности на привод вспомогательных агрегатов (вентилятора системы охлаждения, двухцилиндрового поршневого компрессора, шестеренного насоса гидроусилителя рулевого управления) и на преодоление сопротивления глушителя. Затем был построен график функции $\beta(n)$. Расчеты показали, что при $n = 1000 \div 2100$ об/мин коэффициент $\beta = 4,6 \div 9,9\%$ от N_e . Он аппроксимируется (с погрешностью $\pm 1,5\%$) уравнением

$$\beta = 0,0685 - 0,055 \frac{n}{1000} + 0,0331 \left(\frac{n}{1000} \right)^2.$$

Анализируя мощный баланс для установившегося движения лесовозного автопоезда по прямой дороге с углом наклона $\alpha \leq 10^\circ$, при отсутствии буксования и ограничении силы тяги по сцеплению, мы получили уравнение [3]

$$P_e = \frac{1,256 r_k}{V_n (1 - \beta) i_k i_{p,k} i_o \eta_n} \left[(G_a + G_p + Q) f + \frac{\alpha_w k F v_a^2}{13} + \alpha_{x,x} (2 + 0,025 v_a) (G_a + Q_a) \cdot 10^{-3} \eta_n \right] \text{ кгс/см}^2,$$

- где r_k — динамический радиус колеса, м;
 $i_k, i_{p.k}, i_0$ — передаточные числа коробки передач, раздаточной коробки и главной передачи;
 V_l — литраж дизеля, л;
 $\eta_{тн}$ — коэффициент нагруженности, характеризующий механические потери в трансмиссии;
 G_a, G_p — вес порожнего автомобиля и роспуска, кгс;
 $Q = Q_a + Q_p$ — полезная нагрузка на автопоезд, кгс;
 Q_a, Q_p — вес части пакета, размещенного на автомобиле и на роспуске, кгс;
 f — коэффициент сопротивления качению автомобиля и роспуска;
 α_w — коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления воздуха в связи с наличием роспуска;
 k — коэффициент обтекаемости, кгс·с²/м⁴;
 F — лобовая площадь автопоезда, м²;
 $\alpha_{x.x}$ — коэффициент, учитывающий увеличение силы гидравлического сопротивления трансмиссии на холостом ходу по отношению к базовому автомобилю 4 × 2.

Удельный цикловой расход топлива дизелем ЯМЗ-236 ($n = 900 \div \div 2100$ об/мин) [3]

$$q_{ц} = 9,53 + 3,85P_e + 0,199P_e^2 \text{ мг/(цикл}\cdot\text{л)}.$$

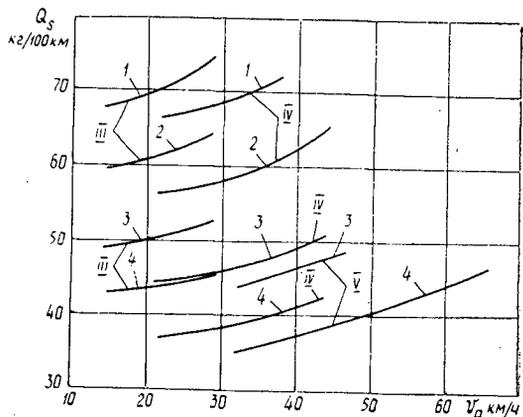
Расход топлива на 100 км пробега для МАЗ-509 [3]

$$Q_s = 1,346i_k i_{p.k} (9,53 + 3,85P_e + 0,199P_e^2) \text{ кг/100 км}.$$

Вычисления выполнены при движении поезда по ровной магистральной гравийной дороге для III, IV и V передач (включена ускоряющая передача в раздаточной коробке) при следующих исходных данных: $f = 0,025$; $r_k = 0,546$ м (шины 11,00-20), $i_{k.III} = 1,52$; $i_{k.IV} = 1$; $i_{k.V} = 0,664$; $i_{p.k.I} = 1,18$; $i_0 = 8,28$; $V_l = 11,15$ л; $\eta_{тн} = 0,843$; $G_a = 8900$ кгс; $F = 7$ м² ($Q = 16$ тс); $F = 5,5$ м² ($Q = 0$); $k = 0,07$ кгс·с²/м⁴; $\alpha_w = 1,25$; $\alpha_{x.x} = 1,75$. В расчетах принято: $Q_a = 0,35Q$ и $Q_p = 0,65Q$, что при $Q = 16$ тс соответствует допускаемому распределению максимальной нагрузки на коник автомобиля и роспуск. При движении порожнего автопоезда роспуск размещен на шасси автомобиля.

Рис. 1. Зависимость расхода топлива на 100 км пробега автопоездом МАЗ-509 + ТМЗ-803 от средней скорости и полезной нагрузки при движении на III, IV и V передачах (включена повышающая передача в раздаточной коробке). Дорога гравийная, $f = 0,025$.

1 — $Q = 16$ тс; 2 — $Q = 11$ тс;
 3 — $Q = 5$ тс; 4 — $Q = 0$ (роспуск размещен на шасси автомобиля).



Результаты расчета представлены на рис. 1 графиком $Q_s(v_a, Q)$. Как видно, для $Q, v_a = \text{const}$ значение Q_s снижается при включении более высокой передачи. При одинаковых v_a и Q использование ускоряющей передачи вместо IV (прямой) позволяет дизелю работать с меньшей частотой вращения n . Это повышает степень его загруженности и снижает расход топлива. Так, при движении порожнего поезда со скоростью $v_a = 35$ км/ч на V передаче $Q_s = 36$ кг/100 км, а на IV — 40. В этом случае теоретическая экономия топлива составляет 10%. При использовании IV передачи, нагрузке $Q = 16$ тс и различных v_a значение Q_s примерно в 1,8 раза больше расхода топлива порожним автопоездом (если не учитывать разности скоростей в порожнем $v_{a.п}$ и грузовом $v_{a.г}$ направлениях).

Результаты расчета мы сравнили с опытными данными, полученными ЦНИИМЭ при междуведомственных испытаниях автопоезда МАЗ-509 + ТМЗ-803 на гравийной дороге Бисертского ЛПХ (Свердлеспром). При средних значениях $Q = 16$ тс и скорости (в обоих направлениях) $v_{a.ср} = 27$ км/ч получено $Q_{s.ср} = 67$ л/100 км, или 55 кг/100 км (плотность топлива $\rho = 0,82$ кг/л).

Для возможности сопоставления наших данных с данными ЦНИИМЭ необходимо определить скорости $v_{a.п}$ и $v_{a.г}$. В работе [1] отмечается, что для данного вида дорожного покрытия с увеличением нагрузки Q скорость $v_{a.г}$ снижается примерно по прямолинейной зависимости, а $v_{a.г} < v_{a.п}$. Тогда для гравийной дороги при $Q = 16$ тс можно принять $v_{a.п} \approx 1,35 v_{a.г}$. Так как

$$v_{a.ср} = \frac{v_{a.г} v_{a.п}}{v_{a.г} + k_{и.п} (v_{a.п} - v_{a.г})},$$

то при коэффициенте использования пробега $k_{и.п} = 0,5$ и $v_{a.ср} = 27$ км/ч получаем $v_{a.г} = 23,5$ и $v_{a.п} = 32$ км/ч. При реализации этих скоростей необходимо учесть использование ступеней в коробке передач и в раздаточной коробке, которое можно оценить величиной средневзвешенного передаточного числа i'_k . Опыт, проведенный на гравийной магистрали в условиях слабохолмистой местности, показал, что основную часть пути автопоезд КрАЗ-255Л проходит на прямой (44%) и ускоряющей (48%) передачах и лишь 8% — на третьей. Понижающая передача раздаточной коробки в этом случае не применялась [1]. Если использовать эти данные для МАЗ-509, то

$$i'_k = 1,52 \cdot 0,08 + 1 \cdot 0,44 + 0,664 \cdot 0,48 = 0,88.$$

Тогда при движении поезда в обоих направлениях на прямой передаче $Q_{ср} = 58$ кг/100 км (рис. 1). Если при движении в порожнем направлении используется ускоряющая передача (в грузовом — прямая), то $Q_{s.ср} = 51$ кг/100 км. Как видно, эти данные близки к опытными (55 кг/100 км).

Результаты расчета мы также сравнили с временными нормами расхода топлива, разработанными СевНИИПом. Так как даже в пределах одного предприятия дорожные условия существенно различаются, то при расчетах нормативного расхода топлива лесовозными поездами обычно пользуются маршрутными нормами, учитывающими вид и состояние дорожного покрытия отдельных участков (магистраль, ветка, ус), их протяженность и пр. При одностороннем грузопотоке для данного дорожного покрытия общий нормированный расход топлива (без учета различных поправочных коэффициентов)

$$H_n = 0,01 (H_n S + bW) \text{ л,}$$

где S — общий пробег автопоезда, км;

b — дополнительная норма (л/(100 тс·км)) на полезную транспортную работу W (тс·км).

Для МАЗ-509 + ТМЗ-803 основная (базовая) норма H_n отнесена к движению по гравийной дороге, находящейся в исправном состоянии. При перевозке роспуска на шасси автомобиля $H_n = Q_{s.n} = 48 \text{ л/100 км}$ (39,5 кг/100 км) [4].

Линейные нормы не учитывают средней скорости движения. Если принять $v_{a.n} = 32 \text{ км/ч}$, то при $Q = 0$ (рис. 1) $Q_{s.n} = 39 \text{ кг/100 км}$ (IV передача) и 35 (V передача). Как видно, эти данные также близки к нормативным (39,5 кг/100 км).

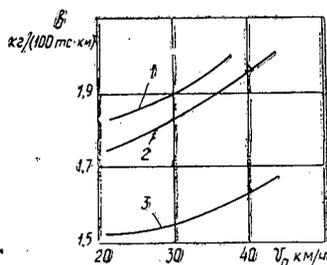
Зная для различных v_a и Q средние расходы топлива $Q_{s.r}$ и $Q_{s.n}$, можно приближенно определить величину b :

$$b = \frac{Q_{s.r} - Q_{s.n}}{Q}.$$

Из графика (рис. 2), построенного для IV передачи, видно, что $b = 1,5 \div 2,1 \text{ кг/(100 тс·км)}$ (при $v_{a.n} = v_{a.r}$). Расчеты показали, что для гравийной дороги при $Q = 16 \text{ тс}$ ($v_{a.n} = 32 \text{ км/ч}$ и $v_{a.r} = 23,5 \text{ км/ч}$)

Рис. 2. Зависимость дополнительного расхода топлива на 100 тс·км полезной транспортной работы от средней скорости и полезной нагрузки при движении автопоезда МАЗ-509+ТМЗ-803 по гравийной дороге на IV передаче (включена повышающая передача в раздаточной коробке).

1 — $Q = 16 \text{ тс}$; 2 — $Q = 11 \text{ тс}$; 3 — $Q = 5 \text{ тс}$.



и использовании в обоих направлениях IV передачи $b = 2,1$, а при движении поезда без груза на V передаче $b = 2,4 \text{ л/(100 тс·км)}$. Так как в условиях эксплуатации нагрузка, скорость и включенная передача изменяются, то в качестве нормативного значения можно принять $b = 2 \text{ л/(100 тс·км)}$. Эта величина несколько превышает $b = 1,3 \text{ л/(100 тс·км)}$, которую для всех видов дорог рекомендует СевНИИП [3].

Итак, предлагаемая методика и аналитические зависимости позволяют обоснованно подойти к выбору оптимальных режимов лесовозных автопоездов (в целях максимальной экономии топлива), а также приближенно рассчитать расход топлива и уточнить нормы его расхода.

Результаты расчета по предлагаемой методике близки к экспериментальным данным.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Горбачевский В. А. и др. Влияние дорожных условий на скоростной режим автопоезда КраЗ-255Л и на расход топлива. — «Труды ЦНИИМЭ». Химки, 1974, № 136. [2]. Дуров А. В. О цикловой подаче топлива дизелями некоторых лесотранспортных машин. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 1. [3]. Дуров А. В. Аналитический метод расчета эксплуатационного расхода топлива лесовозными автопоездами на установившихся режимах. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1978, № 2. [4]. Минлеспром СССР, СевНИИП. Временные нормы расхода топлива лесовозными

автопоездами МАЗ-509 и методы применения их с примерами. Архангельск, 1976. [5]. ЦНИИМЭ. Автомобильный транспорт леса. Справочник. М., «Лесная промышленность», 1973.

Поступила 9 января 1978 г.

УДК 634.0.383.2.874 : 625.72

К РАСЧЕТУ ШАРНИРНО СОЕДИНЕННЫХ ПОКРЫТИЙ*

Л. В. ПЕТРОВСКИЙ, В. В. ГАРМАТЮК, В. И. ГАЛАХИН

Ленинградская лесотехническая академия

Предложен вариант расчета шарнирно соединенных элементов, лежащих на упругом основании.

Применяемые в настоящее время сборно-разборные колеиные покрытия лесовозных автомобильных дорог выполняются, как правило, из элементов, имеющих одинаковые размеры, соединяемых между собой различными способами. Наибольшее распространение имеют соединенные шарнирного типа.

Стремление лесозаготовителей сделать покрытие менее капиталоемким приводит к тому, что ширина колесопроводов обычно не превышает 1,0 м. В то же время эти покрытия эксплуатируются с применением автопоездов типа МАЗ и КрАЗ, ширина спаренных колес которых составляет более 0,6 м. Следовательно, при расчете таких покрытий появляется возможность использовать известные решения для балок, лежащих на упругом основании. При этом, в зависимости от принимаемой модели грунтового основания, расчет производят используя модели упругого полупространства, коэффициента постели (Винклера), либо комбинированные модели [4].

Наиболее простые решения получаются при использовании модели Винклера, основным недостатком которой является зависимость коэффициента постели k от формы и размеров опорной поверхности расчетного элемента. Этот недостаток может быть исключен определением k по формуле Н. М. Герсеванова [2]:

$$k = 0,28 \sqrt[3]{\frac{bE_0^{\frac{2}{3}}}{(1-\mu_0^2)^{\frac{2}{3}}EI}}, \quad (1)$$

где b — ширина элемента покрытия;
 E_0 — модуль деформации основания;
 μ_0 — коэффициент Пуассона материала основания;
 EI — продольная жесткость элемента покрытия.

Показатель жесткости системы покрытие — основание α определяется по известной формуле

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{bk}{4EI}}. \quad (2)$$

Расчетную схему колеиного покрытия представим в виде бесконечной балочной цепи, состоящей из элементов одинаковой длины и жесткости, шарнирно соединенных между собой и нагруженных подвижной нагрузкой.

* Работа выполнена под руководством докт. техн. наук, проф. Р. М. Раппопорт.

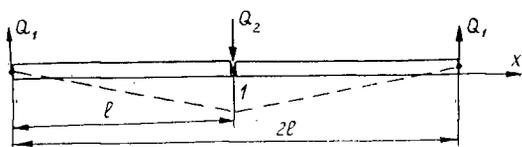


Рис. 1. Расчетная схема для определения реакций в узлах при единичном перемещении нагруженного шарнира.

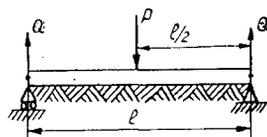


Рис. 2. Схема для приведения нагрузки, расположенной вне узла, к расчетному узлу.

Рассмотрим два смежных элемента покрытия, нагруженных в узле силой Q_2 , вызывающей единичное перемещение этого узла (рис. 1). Нагрузка, приложенная вне узла, легко приводится к узлу по схеме, представленной на рис. 2.

Интегрируя известное уравнение изогнутой оси балки

$$EIW^{IV} + kbW = q, \tag{3}$$

где W — прогиб элемента в расчетном сечении;

q — интенсивность распределения нагрузки,

и приняв, что концы элементов покрытия перемещаются совместно с грунтовым основанием, определим реакции в узлах Q_1 и Q_2 :

$$Q_1 = 4\alpha^3 EI \left(\frac{\text{sh } \alpha l \cos \alpha l - \text{ch } \alpha l \sin \alpha l}{\text{ch } 2\alpha l - \cos 2\alpha l} \right); \tag{4}$$

$$Q_2 = 2\alpha^3 EI \left(\frac{\text{sh } 2\alpha l - \sin 2\alpha l}{\text{ch } 2\alpha l - \cos 2\alpha l} \right). \tag{5}$$

Рассматривая далее два смежных элемента покрытия с нагрузкой P , приложенной в i -том узле, на основании теоремы о взаимности работ легко получить выражение

$$P = 2Q_2 W_i - Q_1 (W_{i-1} + W_{i+1}), \tag{6}$$

где W_i, W_{i-1}, W_{i+1} — перемещение соответственно нагруженного узла и свободных концов элемента.

Уравнение (6) является разностным с постоянными коэффициентами. Оно представляет собой непрерывную функцию, которая в узлах совпадает с неизвестными прогибами, и может быть записано в следующем виде [3]:

$$Q_1 D^2 W(x) - 2Q_2 DW(x) + Q_1 W(x) = 0, \tag{7}$$

где $W(x) = W_{i-1}$; $DW(x) = W_i$; $D^2W(x) = W_{i+1}$.

Уравнение (7) — однородное и решается подстановкой Эйлера:

$$W = Ce^{-mx}, \tag{8}$$

где C — произвольная постоянная;

m — корень системы характеристических уравнений

$$\begin{cases} u^2 - 2 \frac{Q_2}{Q_1} u + 1 = 0; \\ u = e^{-ml}. \end{cases} \tag{9}$$

При $x > 0$ прогибы удовлетворяют однородному уравнению и решение сохраняет вид уравнения (8).

При $x = 0$, согласно рис. 1,

$$Q_2 W_0 - Q_1 W_1 = \frac{P}{2}. \quad (10)$$

В случае воздействия на узел силы P , постоянная C определится из выражения

$$C = \frac{P}{2(Q_2 - Q_1 e^{-ml})}. \quad (11)$$

Подставив (11) в (8), получим уравнение упругой линии шарнирно соединенных покрытий:

$$W = \frac{P e^{-mx}}{2(Q_2 - Q_1 e^{-ml})}. \quad (12)$$

При выводе уравнения (12) было использовано условие равенства перемещений грунтового основания и шарнирных соединений элементов покрытия, т. е. отсутствие отрыва элементов покрытия от основания в узлах. В качестве расчетного принято винклеровское основание, имеющее наиболее простой математический аппарат. Учет реальных свойств грунта может быть выполнен по методике, предложенной Д. П. Михалевым [2]. Формула (13) в этом случае при воздействии на покрытие N сил может быть записана следующим образом:

$$W = \frac{P_{\text{пр}} e^{-mx}}{2(Q_2 - Q_1 e^{-ml})}, \quad (13)$$

где $P_{\text{пр}}$ — приведенная нагрузка от системы сил P_j , определяемая по формуле

$$P_{\text{пр}} = \sum_{j=1}^N P_j (\eta_{\alpha x_j} + \mu_0 A_j), \quad (14)$$

где j — порядковый номер силы, воздействующей на расчетное сечение;

x_j — координата j -той силы относительно расчетного сечения;

α — показатель жесткости системы покрытие — основание, определяемый по формуле (2).

Остальные величины, входящие в выражение (14), могут быть определены по формулам, заимствованным у Д. П. Михалева [2]:

$$\eta_{\alpha x_j} = e^{-\alpha x_j} (\cos \alpha x_j + \sin \alpha x_j); \quad (15)$$

$$A_j = \eta_{\alpha x_j} - \eta_{n\alpha x_j}, \quad (16)$$

где

$$n = 1,22 - 0,1442\alpha x_j; \quad (17)$$

$$\eta_{n\alpha x_j} = e^{-n\alpha x_j} (\cos n\alpha x_j + \sin n\alpha x_j). \quad (18)$$

При определении приведенной нагрузки необходимо иметь в виду, что силы, отстоящие от расчетного сечения на расстоянии $x \geq \frac{4}{\alpha}$, не оказывают заметного влияния на результаты расчета, поэтому вводить их в расчет нет необходимости.

Расчеты показывают, что применение полученных зависимостей дает хорошую сходимость с данными экспериментальных исследований

инвентарного колеяного покрытия ИДП-6К, оснащенного шарнирными стыковыми соединениями, проведенных весной 1977 г.

Исследуемый участок покрытия был выполнен из щитов размером $6,00 \times 1,00 \times 0,16$ м, имевших поперечную жесткость $EI = 1058,4$ кН·м², уложенных на грунтовое основание из пылеватого суглинка ($E_0 = 4000$ кН/м², $\mu_0 = 0,40$). Нагружение элементов покрытия осуществлялось автопоездом МАЗ-509+ТМЗ-803 со скоростями от 0,6 до 6,0 м/с.

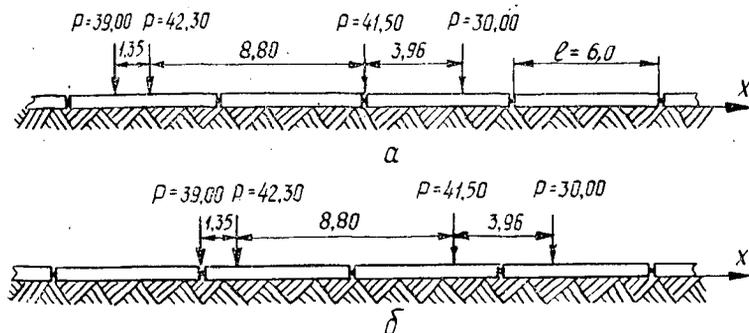


Рис. 3. Схемы нагружения шарнирно соединенного покрытия ИДП-6К автопоездом МАЗ-509+ТМЗ-803.

a — нагружение расчетного сечения задним колесом автомобиля; *b* — нагружение расчетного сечения задним колесом роспуска.

Так, при нагружении исследуемого покрытия согласно схеме рис. 3, *a*, прогиб узла, нагруженного задним колесом автомобиля, полученный расчетом, составил 0,0091 м, а замеренный пластинчатым прогибмером конструкции ЦНИИМЭ — 0,0098 м. При нахождении над расчетным шарниром заднего колеса роспуска (рис. 3, *b*) прогиб его составил соответственно 0,0112 и 0,0121 м.

Расхождение полученных величин объясняется конструктивными особенностями щитов покрытия, отсутствием учета динамических факторов, а также тем, что использованные формулы Д. П. Михалева по уточнению свойств грунтового основания получены из рассмотрения плоской задачи теории упругости. Реальные же свойства грунта значительно сложнее.

Из сказанного следует, что для определения перемещения шарнирных узлов под действием подвижной или статической нагрузки с учетом предлагаемого способа решения необходимо найти показатель жесткости системы балка — основание α , привести нагрузку от сил, расположенных в пролете на расстоянии $x < \frac{4}{\alpha}$, к узлу, и решить систему двух уравнений (9). Затем можно определить перемещение шарнира, подставив полученные значения в формулу (12). Могут быть поставлены также задачи оптимизации конструкции покрытия на ЭВМ для конкретных условий с использованием приведенных зависимостей.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Герсеванов Н. М., Мачерет Я. А. Расчет балки на упругом основании без гипотезы Циммермана — Винклера. — Сборник трудов НИС ВЮС ОНТИ. № 8. М.—Л., 1937. 192 с. [2]. Михалев Д. П. Новый метод статического расчета рельсовых путей и оснований в железнодорожном и трамвайном транспорте. — В сб.: Трамвайный путь. Л., 1950, с. 83—140. [3]. Раппопорт Р. М. К вопросу о решении линейных разностных уравнений с постоянными коэффициентами. — Техн. информ. по результатам научно-исследовательских работ НИС ЛТА. № 34. Л., 1956, с. 37—40. [4]. Черкасов И. И. Механические свойства грунтов в дорожном строительстве. М., «Транспорт», 1976. 247 с.

УДК 634.0.378.35

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГИБА ПЛОТА ПРИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПОСТАНОВКЕ ЕГО НА ВОЛНУ

С. В. ГУЛИДОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрено определение прогиба плота в миделевом сечении, расположенного на подошве волны нормально к ее движению. При решении использовано уравнение малых колебаний системы с одной степенью свободы около узловой неподвижной точки.

При динамической постановке плота сигарообразной формы нормально к волне продольная ось его под действием сил тяжести, поддержания и инерции периодически прогибается (колеблется) в соответствии с профилем волны, т. е. попеременно испытывают сжатие и растяжение то верхние, то нижние части плота. Всякие изменения формы плота в процессе колебаний, особенно вследствие их знакопеременного характера, могут оказаться опасными для целостности конструкции. Важнейшим фактором, заметно влияющим на целостность конструкции, является прогиб в миделевом сечении, определение которого позволит достаточно полно охарактеризовать положение плота на волне в любой точке и в любой момент времени. Это, в свою очередь, даст возможность более правильно провести прочностные расчеты креплений плота, а также выявить дополнительные факторы, влияющие на его сопротивление при транспортировке.

При изучении колебаний плота на волне были приняты следующие положения.

Профиль волны синусоидальный. Распределение давления по глубине волны изменяется по гидростатическому закону (ввиду малой осадки). Положение поверхности воды в каждый момент времени t в системе координат x_0Or определяется зависимостью (рис. 1).

$$r_b = r_0 \cos 2\pi \left(\frac{x_0}{\lambda} - \frac{t}{\tau} \right), \quad (1)$$

где r_b — координата свободной поверхности волны;

λ — ее длина;

r_0 — ее полувысота;

τ — ее период, т. е. время, в течение которого распространяющиеся волны перемещаются на расстояние, равное их длине;

x_0 — абсцисса произвольной точки волны.

Плот геометрически симметричен относительно диаметральной и миделевой плоскостей. При положении плота на спокойной (без волны) воде силы тяжести и поддержания по его длине взаимно уравновешены; продольная ось инерции плота, совпадающая с осью симметрии, расположена горизонтально и параллельно плоскости ватерлинии. Обводы плота вертикальные. На каждую точку погруженной поверхности плота действует то давление воды, которое было в этой точке в его отсутствие.

Плот миделевым сечением расположен на подошве волны, и в горизонтальной плоскости неподвижен. Это необходимое условие для

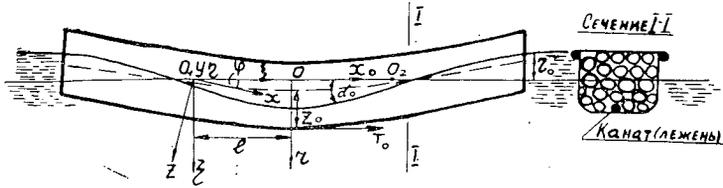


Рис. 1.

замера прогиба плота в процессе его колебаний в вертикальной плоскости.

В процессе колебаний, на расстоянии примерно $1/4$ длины плота от его оконечностей имеются две узловые точки O_1 и O_2 , которые не перемещаются. Около этих точек происходит поворот плота (рис. 1). Таким образом, колебания плота рассматриваем как угловые колебания его около неподвижных точек O_1 и O_2 . Полагаем, что эти точки расположены в центре тяжести площади ватерлинии каждой половины плота на расстоянии l от миделевого сечения.

Плот как гибкое плавающее тело обладает бесконечным числом степеней свободы. Приближенное решение задачи в этом случае производится заменой системы со многими степенями свободы эквивалентной системой с одной степенью свободы [2].

В данном случае за главные координаты приняты углы φ_1 и φ_2 поворота половины плота около точек O_1 и O_2 , т. е. рассматриваем систему с двумя степенями свободы. Ввиду симметрии системы $\varphi_1 = \varphi_2$, поэтому определяется угол поворота около одной узловой точки O_1 , а общий угол поворота плота

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 2\varphi_1. \quad (2)$$

При решении задачи об угловых колебаниях плота на регулярном волнении используется дифференциальное уравнение малых колебаний системы с одной степенью свободы около ее положения равновесия [1]. Для составления уравнения приняты две системы прямоугольных координат, одна из которых неизменно связана с движущимся плотом, а другая — неподвижна. Начало обеих координатных систем расположено в узловой точке O_1 . Подвижная система координат O_1xyz , неподвижная $O_1\xi\eta\zeta$. Обе системы координат совпадают, когда плот находится в состоянии покоя. Ось x расположена в диаметральной плоскости и направлена вправо, ось y — поперек плота к правому борту, ось z — вертикально вниз. В неподвижной системе координат $O_1\xi\eta\zeta$ оси $O_1\xi$ и $O_1\eta$ лежат на невозмущенной поверхности воды, а ось $O_1\zeta$ направлена вниз (рис. 1). Искомой функцией времени является угол φ_1 между подвижной и неподвижной осями абсцисс.

При составлении уравнения угловых колебаний плота считаем, что все сечения каждой половины его поворачиваются на один и тот же угол φ_1 . Сопротивление движению испытывает лишь входящая или выходящая из воды его часть. Из внутренних сил учитываем только силу сопротивления от натяжения лежня при прогибе плота. Из внешних сил, в данном варианте, не учитываем восстанавливающий метацентрический момент.

Упрощенное уравнение угловых колебаний

$$(I_y - \Delta I_y) \frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2N \frac{d\varphi_1}{dt} + T_0 Z_0 \varphi_1 = D_0 \delta \alpha_0 \sin \frac{2\pi t}{\tau}. \quad (3)$$

Здесь член $(I_y - \Delta I_y) \frac{d^2\varphi}{dt^2}$ выражает момент сил инерции половины плота, а $(I_y - \Delta I_y)$ — момент инерции массы половины плота относительно оси y с учетом присоединенного момента инерции массы воды ΔI_y . В данном случае присоединенный момент инерции массы воды ΔI_y имеет знак минус. Это вызвано тем, что вертикальная скорость движения волны больше вертикальной скорости перемещения плота. Поэтому окружающая плот вода способствует увеличению его прогиба, т. е. сила инерции присоединенной массы воды направлена в сторону, противоположную силам инерции массы плота.

Член $2N \frac{d\varphi_1}{dt}$ выражает момент сил сопротивления воды угловым колебаниям $1/4$ плота, где N — коэффициент сопротивления движению.

Член $T_0 Z_0 \varphi_1$ выражает момент от внутренних сил плота и, в частности, учитывает величину сопротивления усилия T_0 , возникающего в нижнем продольном лежне при повороте плота на угол φ_1 , а Z_0 — расстояние от нижнего лежня (расположенного по днищу плота) до нейтральной оси плота (рис. 1).

Член $D_0 \delta \alpha_0 \sin \frac{2\pi t}{\tau}$ выражает момент сил поддержания, тяжести плота и воды, находящейся внутри него; D_0 — водоизмещение половины плота с учетом массы воды, находящейся между бревнами; δ — расстояние между центром тяжести и центром величины плота; α_0 — наибольший угол волнового склона; τ — действительный период волны.

При составлении упрощенного уравнения предполагаем, что уровень свободной поверхности и уровни поверхности равного давления внутри жидкости, оставаясь плоскими, совершают угловые гармонические колебания в соответствии с выражением

$$\alpha = \alpha_0 \sin \frac{2\pi t}{\tau}.$$

Разделив уравнение (3) на $(I_y - \Delta I_y)$ и обозначив

$$n = \frac{N}{I_y - \Delta I_y} \text{ — коэффициент затухания;}$$

$$K^2 = \frac{T_0 Z_0}{I_y - \Delta I_y} \text{ — частоту собственных колебаний;}$$

$$m = \frac{D_0 \delta \alpha_0}{I_y - \Delta I_y} \text{ — амплитуду возмущающей силы,}$$

получим

$$\varphi_1'' + 2n\varphi_1' + K^2 \varphi_1 = m \sin 2\pi \frac{t}{\tau}. \quad (4)$$

Выражение (4) является однородным линейным дифференциальным уравнением второго порядка. Общее решение этого уравнения, как известно [1], имеет вид

$$\varphi_1 = e^{-nt} (A \cos Ct + B \sin Ct) + \frac{m \sin \left(2\pi \frac{t}{\tau} - \gamma \right)}{\sqrt{\left[K^2 - \left(\frac{2\pi}{\tau} \right)^2 \right]^2 + 4n \left(\frac{2\pi}{\tau} \right)^2}}. \quad (5)$$

Полученное уравнение показывает, что угловые колебания плота складываются из свободных затухающих колебаний с периодом $\tau_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{k^2 - n^2}}$ и вынужденных колебаний с периодом τ действующей силы. Первые колебания исчезают через некоторое время после начала движения, и потому значения произвольных постоянных A и B интереса не представляют. Остаются одни установившиеся вынужденные колебания.

$$\varphi_1 = \frac{m \sin\left(2\pi \frac{t}{\tau} - \gamma\right)}{\sqrt{\left[K^2 - \left(\frac{2\pi}{\tau}\right)^2\right]^2 + 4n\left(\frac{2\pi}{\tau}\right)^2}} \quad (6)$$

Зная угол φ_1 , находим прогиб плота в миделевом сечении по формуле

$$Z_n = 2\varphi_1 l, \quad (7)$$

где l — расстояние от миделя до центра тяжести площади ватерлинии половины плота.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Смирнов В. И. Курс высшей математики. Т. 2. 1967. [2]. Шиманский Ю. А. Динамический расчет судовых конструкций. Судпромгиз, 1963.

Поступила 16 мая 1978 г.

УДК 62-493 : 532.5.074

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЛОТКОВ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ

М. М. ОВЧИННИКОВ, А. А. КУЗИН

Ленинградская лесотехническая академия

На основе экспериментальных исследований условий движения технологической щепы в гидравлическом лотке с переменным уклоном дна даны рекомендации по определению пропускной способности лотка в зависимости от расхода воды, уклона дна лотка и способа загрузки щепы в лоток.

Лотковый безнапорный гидротранспорт технологической щепы и другой измельченной древесины как самостоятельный способ перемещения древесного сырья или в сочетании с трубопроводным гидротранспортом, а также механическими транспортирующими средствами может найти широкое применение на лесопромышленных предприятиях.

В 1976 г. в ЛТА на кафедре водного транспорта леса и гидравлики под руководством доц. М. М. Овчинникова были проведены эксперименты по изучению влияния различных факторов на пропускную способность гидравлического лотка. В статье изложены основные результаты этих опытов.

Опыты были поставлены в гидравлическом лотке прямоугольного поперечного сечения с переменным уклоном дна. Ширина лотка 0,41 м; высота бортов 0,70 м; рабочая длина 11,30 м. Всего было проведено 128 опытов для диапазона изменения расходов воды $Q = 0,050 \div 0,125$ м³/с; средних скоростей течения $v = 0,39 \div 0,91$ м/с;

глубин потока $h = 0,21 \div 0,53$ м; уклонов дна $i = 0,001 \div 0,005$; чисел Рейнольдса $Re = \frac{vh}{\nu} = 97500 \div 258000$ и чисел Фруда $Fr = \frac{v^2}{gh} = 0,049 \div 0,252$.

Исследования были поставлены для двух значений объемов технологической щепы, одновременно загружаемых в лоток: $W = 0,108$ пл. м³ и $W = 0,192$ пл. м³.

В опытах использовали сосновую технологическую щепу Ленинградского деревообрабатывающего завода «Нева», фракционный состав которой приведен в табл. 1.

Таблица 1

Размер фракций, мм	> 30	19 — 30	13 — 19	6 — 13	< 6
Процентное содержание	1,57	24,12	41,90	30,58	1,83

В процессе проведения экспериментов плотность технологической щепы $\gamma = 0,45 \div 1,08$ т/м³, объемная концентрация гидросмеси $C = 10,6 \div 30,3\%$ и пропускная способность гидрлотка $\Pi = 30 \div 160$ пл. м³/ч. Влияние плотности технологической щепы γ на пропускную способность Π гидрлотка рассмотрено в работе [1].

В настоящей работе приводятся результаты исследования влияния расхода воды Q , уклона дна лотка i и способа загрузки щепы на пропускную способность лотка Π . Опытные данные были представлены в виде графиков $\Pi = f(Q; i; \gamma)$, которые показаны на рис. 1 и 2.

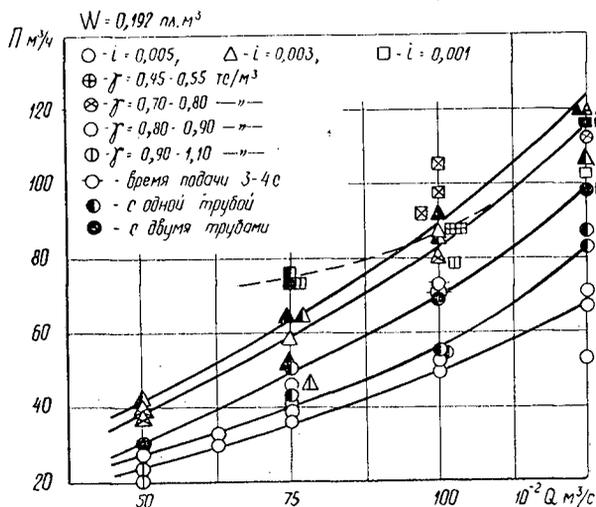


Рис. 1.

Графики, приведенные на рис. 1, соответствуют условию, когда объем щепы, одновременно загружаемый в лоток, равнялся $W = 0,192$ пл. м³. В дальнейшем этот способ подачи щепы в лоток будем условно называть «неравномерной загрузкой». В процессе проведения эксперимента время подачи щепы в лоток менялось от 1 до 3—4 с. Некоторые опыты были поставлены при наличии асбоцементных труб на дне лотка в месте загрузки щепы; количество труб менялось от одной до трех. В опытах использовали трубы с внутренним диаметром $d = 100$ мм и длиной $l = 1500$ мм.

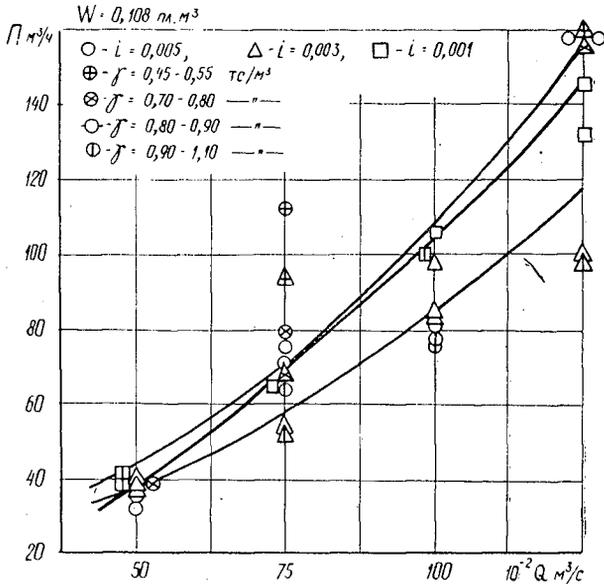


Рис. 2.

Графики, показанные на рис. 2, представляют собой те же зависимости, что и на рис. 1, но они соответствуют случаю, когда объем щепы, одновременно загружаемый в лоток, равнялся $W = 0,108$ пл. м³. В дальнейшем этот способ подачи щепы в лоток будем условно называть «равномерной загрузкой». Эти опыты проводили при практически мгновенном опорожнении бункера со щепой.

Анализ экспериментальных данных, приведенных на рис. 1, позволяет сделать следующие выводы.

1. Для всех исследованных условий проведения опытов с увеличением расхода воды Q пропускная способность лотка P возрастает. Это объясняется тем, что с увеличением расхода при прочих равных условиях возрастает скорость потока v , а следовательно, и его кинетическая энергия, увеличивается нормальная глубина воды в лотке h_v , а это, в свою очередь, приводит к уменьшению сил сцепления между щепой и стенками лотка.

Все кривые $P = f(Q; i; \gamma)$ носят идентичный характер, но интенсивность нарастания пропускной способности P в зависимости от уклона дна i неодинакова. Например, для $\gamma = 0,8 \div 0,9$ т/м³ с увеличением расхода воды от 0,050 до 0,125 м³/с пропускная способность возрастает: для $i = 0,005$ — в 2,91 раза; для $i = 0,003$ — в 3,03 раза; для $i = 0,001$ при изменении Q от 0,075 до 0,125 м³/с — в 1,53 раза.

Следовательно, для уклонов $i = 0,003$ и $i = 0,005$ нарастание P с увеличением Q практически одинаково и значительно больше, чем при $i = 0,001$. Это объясняется тем, что при уклонах дна лотка $i = 0,003 \div 0,005$ с ростом расхода воды Q более резко возрастают скорости течения, а следовательно, и кинетическая энергия потока по сравнению со случаем, когда $i = 0,001$.

2. На пропускную способность лотка существенно влияет наличие в месте загрузки щепы труб, уложенных по дну лотка. Например, при $Q = 0,100$ м³/с, $i = 0,005$ и при наличии одной трубы пропускная способность возрастает с 50 до 56 м³/ч, или в 1,12 раза, а при наличии трех труб — с 50 до 68 м³/ч, т. е. в 1,35 раза.

Таким образом, с увеличением числа труб, уложенных на днелотка в месте выгрузки щепы, пропускная способность лотка возрастает.

Увеличение пропускной способности гидравлического лотка в этом случае объясняется следующим. Асбоцементные трубы располагались в лотке так, что загружаемая в лоток щепа не перекрывала входных отверстий труб, выходные же отверстия частично перекрывались технологической щепой, т. е. они располагались в области низового откоса призмы щепы. При таком расположении труб поток воды, выходящий из них, размывал низовой откос призмы щепы, что способствовало быстрому разрушению этой призмы и уносу ее транзитным потоком от места загрузки вниз по течению.

3. На пропускную способность влияет время подачи щепы в лоток. Например, для $Q = 0,100 \text{ м}^3/\text{с}$, $\gamma = 0,8 \div 0,9 \text{ т}/\text{м}^3$ и $i = 0,005$ увеличение времени подачи щепы в лоток до 3—4 с, т. е. времени выгрузки щепы из контейнера, приводит к увеличению пропускной способности с 50 до 70 $\text{м}^3/\text{ч}$, или в 1,4 раза. С увеличением времени подачи щепы из контейнера в лоток возрастает равномерность подачи, в этом случае затрапы энергии потока для перемещения по лотку одного и того же количества щепы за одинаковый промежуток времени снижаются.

Анализ экспериментальных графиков $\Pi = f(Q; i; \gamma)$, которые представлены на рис. 2, дает возможность сделать следующие основные выводы.

1. Изменение пропускной способности лотка Π при увеличении расхода воды Q от 0,050 до 0,125 $\text{м}^3/\text{с}$ для различных уклонов дна лотка происходит следующим образом: при $i = 0,001$ значение Π повышается с 38 до 118 $\text{м}^3/\text{ч}$, т. е. в 3,1 раза, а при $i = 0,005$ — с 38 до 155 $\text{м}^3/\text{ч}$, т. е. в 4,09 раза.

Для всех уклонов i наблюдается примерно одинаковое увеличение пропускной способности Π с возрастанием расхода от 0,050 до 0,125 $\text{м}^3/\text{с}$ (в 3—4 раза).

2. Качественно зависимости $\Pi = f(Q; i; \gamma)$ носят один и тот же характер, что и на предыдущем графике, но количественно значения Π для одних и тех же Q при $W = 0,108$ пл. м^3 больше. Например, для $Q = 0,100 \text{ м}^3/\text{с}$ и $i = 0,005$ значения Π соответственно составляют: 107 и 50 пл. $\text{м}^3/\text{ч}$, т. е. производительность лотка возрастает в 2,22 раза. Увеличение пропускной способности гидрлотка при $W = 0,108$ пл. м^3 объясняется более равномерной подачей щепы в лоток.

3. Из сравнения графиков $\Pi = f(Q; i; \gamma)$ для $W = 0,108$ пл. м^3 и $W = 0,192$ пл. м^3 также следует, что для всех изученных уклонов дна в области малых из исследованных расходов ($Q \leq 0,075 \text{ м}^3/\text{с}$) разница в значениях пропускной способности лотка Π обычно не превышает 50%, а при больших расходах ($Q \geq 0,075 \text{ м}^3/\text{с}$) расхождение достигает 200 + 250%, при этом большие проценты расхождения соответствуют большим из исследованных расходов воды.

4. При «равномерной загрузке» лотка технологической щепой, т. е. при $W = 0,108$ пл. м^3 , для больших из изученных расходов воды Q ($Q \geq 0,075 \text{ м}^3/\text{с}$) вся щепа практически мгновенно уносится транзитным потоком от места ее загрузки в лоток без образования призмы из щепы на дне лотка, что приводит к резкому повышению производительности гидрлотка. При «неравномерной загрузке» лотка щепой, т. е. при $W = 0,192$ пл. м^3 , всегда образуется призма из щепы, которая полностью перегораживает транзитный поток, причем время размыва этой призмы тем меньше, чем больше глубина и расход воды в гидравлическом лотке.

При уклоне дна лотка $i = 0,001$ иногда нарушался процесс непрерывной транспортировки технологической щепы по лотку (щепы располагалась на свободной поверхности потока в виде сплошного неподвижного слоя), поэтому впредь до уяснения рассматриваемого вопроса при проектировании гидравлических лотков для транспортировки технологической щепы следует назначать уклоны дна лотков $i = 0,003 \div 0,005$.

Выполненные исследования также показали, что для обеспечения беспрепятственного продвижения технологической щепы по лотку необходимо, чтобы средняя скорость течения воды в лотке была не менее $0,4 \div 0,5$ м/с, а объемная концентрация гидросмеси — не более 20%.

Анализ представленных экспериментальных данных позволяет рекомендовать осредненные значения пропускной способности гидравлических лотков прямоугольного поперечного сечения шириною $b = 0,4 \div 0,5$ м для плотности технологической щепы $\gamma = 0,8 \div 0,9$ тс/м³ (табл. 2).

Таблица 2

Q м ³ /с	П м ³ /ч при загрузке			
	„равномерной“		„неравномерной“	
	$i = 0,003$	$i = 0,005$	$i = 0,003$	$i = 0,005$
0,050	38	45	38	23
0,062	48	58	48	29
0,075	59	72	58	36
0,087	71	87	70	42
0,100	84	104	83	50
0,112	100	122	97	57
0,125	118	144	115	67

Для оценки пропускной способности гидравлических лотков при плотности технологической щепы отличной от $\gamma = 0,8 \div 0,9$ тс/м³ следует воспользоваться рекомендациями, изложенными в работе [1].

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Овчинников М. М., Кузин А. А. О влиянии плотности технологической щепы на пропускную способность гидравлического лотка. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 6.

Поступила 12 февраля 1979 г.

УДК 631.62.001.11

РАСЧЕТ ВЛАЖНОСТИ В НЕНАСЫЩЕННОЙ ЗОНЕ ПРИ ОСУШЕНИИ ТОРФЯНИКОВ

Н. П. КОВАЛЕНКО, Е. П. КОПТЕЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

Рассматривается расчет влажности при осушении торфяников. При этом учитывается неоднородность торфяной залежи по глубине.

Расчет изменения влажности в ненасыщенной зоне при осушении торфяников имеет большое значение для лесовосстановления и сельского хозяйства, а также при массовом строительстве на болотах.

При расчетах влажности в ненасыщенной зоне используют дифференциальные уравнения [1]

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ K_h \left[\frac{\partial h}{\partial z} - i_0 \right] \right\}; \quad \left| \frac{\partial h}{\partial z} \right| > i_0; \quad (1)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ D_w \left[\frac{\partial w}{\partial z} - i_0^* \right] \right\}; \quad \left| \frac{\partial w}{\partial z} \right| > i_0^*. \quad (2)$$

Здесь обозначено:

- w — влажность;
- K_h — гидравлическая проводимость (коэффициент влагопроводности, зависящий от капиллярного напора h);
- D_w — коэффициент капиллярной диффузии;
- i_0, i_0^* — начальные градиенты соответственно напора и влажности.

K_h и D_w — отражают зависимость коэффициентов влагопроводности и капиллярной диффузии от капиллярного напора h и влажности w , устанавливаемых опытным путем.

Для ньютоновских жидкостей, когда $i_0 = 0, i_0^* = 0$, уравнения (1) и (2) принимают вид

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K_h \frac{\partial h}{\partial z} \right]; \quad (3)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_w \frac{\partial h}{\partial z} \right]. \quad (4)$$

Уравнения (1) — (4) могут быть применены для описания процессов переноса влаги торфяных отложений. Однако природа процесса

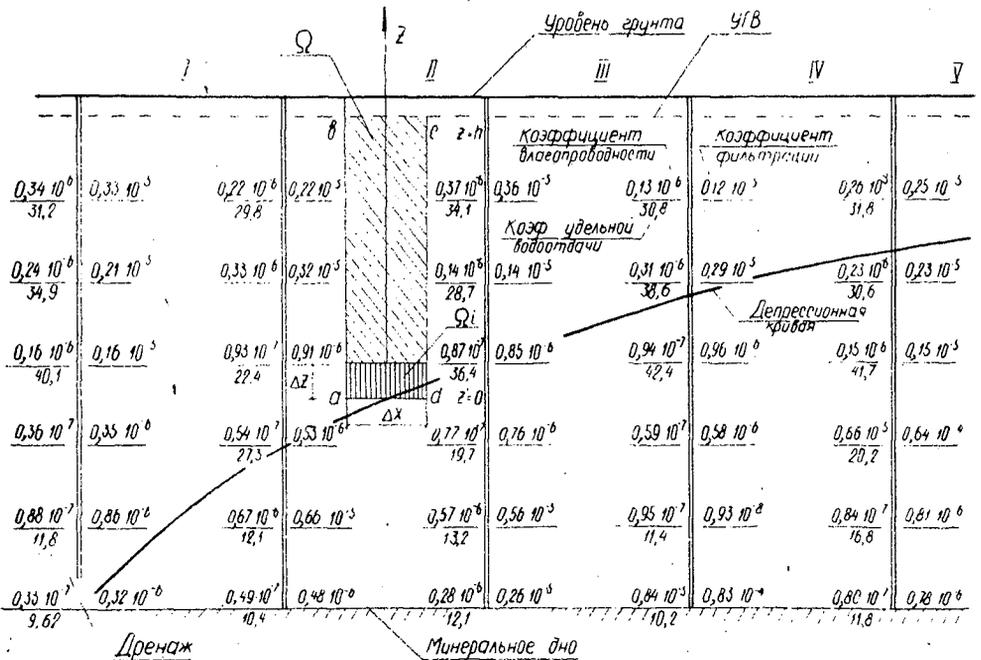


Рис. 1. Схема расчета влажности в ненасыщенной зоне при осушении торфяников.

торфонакопления приводит к формированию неоднородных по водно-физическому признаку торфяных отложений. Такие показатели, как коэффициент влагопроводности K , капиллярной диффузии D , водоотдачи q и, как следствие, удельной влагоемкости C зависят от координат. Все эти показатели могут рассматриваться как случайные функции координат [3] (рис. 1). В работе [5] рассматриваются задачи двухмерной фильтрации в среде с неоднородностями с использованием выражений (3), (4) для некоторой подобласти Ω' , где K_h может быть принята независимо от координат. Изменение водно-физических показателей учитывается на границах выделяемых подобластей Ω' . Такая задача решается численным методом на ЭВМ.

Поскольку удельная влагоемкость определяет водно-физические свойства торфа и определяется влажностью и энергией связи влаги с твердой фазой, в работе предлагается использовать потенциал влаги Π [4] и его изменение по z для расчета влажности торфяников выше депрессионной кривой (ненасыщенная зона).

Удельная влагоемкость в пределах элементарного объема определяется как

$$C = \frac{d\omega}{d\Pi}. \quad (5)$$

При изменении потенциала на величину $d\Pi$ изменение влажности составит

$$d\omega = \int_{\Pi_{n-1}}^{\Pi_n} C d\Pi. \quad (6)$$

Согласно предлагаемой методике необходим расчет изменения потенциала Π по глубине z для каждого момента времени (t). При этом промежуток времени определяется от 0 до некоторого значения t^* , когда $\frac{\partial q}{\partial t} \rightarrow 0$ (q — количество удаленной влаги).

На некотором расстоянии от дренажа, например, по створу II выделяем область Ω размером $z \cdot \Delta x$ (рис. 1). Эту область можно представить как $\Omega = \sum_1^n \Omega_i$ ($\Omega_i = \Delta z \cdot \Delta x$). Количество удаляемой влаги из подобласти Ω_i при изменении потенциала на $\Delta\Pi$ за время Δt , используя конечно-разностные отношения, можно определить из выражения

$$-(\Delta q_x - \Delta q_z) = C \frac{\Delta\Pi}{\Delta t}, \quad (7)$$

где

$$\Delta q_x = \Delta z \cdot \Delta v_x; \quad \Delta q_z = \Delta x \cdot \Delta v_z.$$

Для одномерной задачи, т. е. при расчете изменения влажности по створам I—IV ($\Delta x \rightarrow 0$) на различных расстояниях от дренажа (рис. 1), уравнение (7) запишем в виде

$$C \frac{\Delta\Pi}{\Delta t} \approx -\Delta q_x. \quad (8)$$

Условия (8) позволяют рассматривать задачу изменения потенциала по глубине как одномерную

$$\frac{\partial\Pi}{\partial t} = a \frac{\partial^2\Pi}{\partial z^2}, \quad (9)$$

где $\alpha = \frac{K}{C \gamma_0}$ — коэффициент потенцилопроводности;
 γ_0 — объемная масса скелета торфа.

Решению уравнения (9) должен предшествовать расчет депрессионной кривой, что может быть выполнено по методике [1, 2].

При решении (9) для каждого створа начало координат совмещается с депрессионной кривой (рис. 1). Введем переменную $Z = \frac{z}{h}$. При этом граничные условия запишем следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} Z = 0; \quad \frac{\partial P}{\partial z} = 0; \\ Z = h = 1; \quad P = 0; \\ t = 0; \quad P = P_0 = 1. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Решение уравнения (9) при условии (10) имеет вид:

$$P_{z,t} = \frac{4P_0}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{2n-1} \exp \left[- \left(\frac{2n-1}{2} \pi \right)^2 at \right] \cos \frac{2n-1}{2} \pi Z. \quad (11)$$

Ограничиваясь первым членом ряда (11), имеем

$$P_{z,t} \approx P_0 \exp \left[- \left(\frac{\pi}{2} \right)^2 at \right]. \quad (12)$$

Для створа II (рис. 1) при средних значениях: $K = 0,12 \cdot 10^{-5}$ см/с; $C = 25,78$ МПа $^{-1}$; $\gamma_0 = 0,015$ г/см 3 ; коэффициент потенцилопроводности α равен $0,26 \cdot 10^{-6}$ МПа \cdot с. Для этих данных в табл. 1 представлены относительные $P_{от}$ и абсолютные P значения потенциала влаги по всей глубине для различных моментов времени.

Таблица 1

Глубина залежи Z , м	Значения $P_{от}$ (числитель) и P МПа (знаменатель) при t сут				
	0,0	0,42	8,4	20,8	208,3
0	$\frac{1,00}{0,0180}$	$\frac{0,993}{0,0178}$	$\frac{0,879}{0,0161}$	$\frac{0,726}{0,013}$	$\frac{0,420}{0,007}$
0,35	$\frac{0,951}{0,0163}$	$\frac{0,940}{0,0161}$	$\frac{0,835}{0,0152}$	$\frac{0,689}{0,0112}$	$\frac{0,381}{0,006}$
0,7	$\frac{0,812}{0,0145}$	$\frac{0,803}{0,014}$	$\frac{0,711}{0,0127}$	$\frac{0,587}{0,0105}$	$\frac{0,324}{0,0055}$
1,05	$\frac{0,560}{0,0108}$	$\frac{0,552}{0,010}$	$\frac{0,515}{0,0092}$	$\frac{0,426}{0,0076}$	$\frac{0,233}{0,0041}$
1,4	$\frac{0,314}{0,006}$	$\frac{0,305}{0,0054}$	$\frac{0,270}{0,0048}$	$\frac{0,223}{0,0040}$	$\frac{0,112}{0,0020}$
1,75	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$

На рис. 2 показана эпюра распределения потенциала $P(z)$ для $t = 0; 20,8$ и 208 сут (кривые 1, 2 и 3 соответственно). Разбиваем рассматриваемую толщину на участки Δz_i (в данном случае $i = 5$). Для каждого слоя, отличающегося удельной влагоемкостью C , определяем

изменение влажности по величине изменения потенциала $\Delta P = (P_0 - P_t)$.

Например, для $Z = 0,35$ м, $w_0 = 92\%$, $C = 29,8$ МПа⁻¹ из выражения (6) найдем объемную влажность:

при $t = 20,8$ сут

$$w_{z,t} = w_0 - C(P_{0,t} - P_{z,t}) \cdot 100 = 92 - 29,8(0,016 - 0,011) \cdot 100 = 77\%;$$

при $t \approx 210$ сут

$$w_{z,t} = 92 - 29,8(0,016 - 0,006) \cdot 100 = 62,2\%.$$

Таким способом можно построить график распределения влажности по глубине для различных моментов времени. На рис. 2 показаны

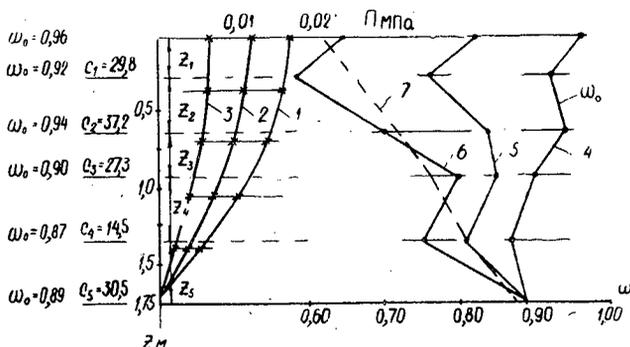


Рис. 2. Графики распределения потенциала влажности и влажности по глубине торфяной залежи.

1 — начальный потенциал влажности; 2 — потенциал влажности при $t = 20,8$ сут; 3 — то же при $t = 208$ сут; 4 — начальная влажность; 5 — влажность торфяной залежи при $t = 20,8$ сут; 6 — то же при $t = 208$ сут; 7 — среднее значение влажности при $t = 20,8$ сут; 8 — то же при $t = 208$ сут.

распределения влажности до и после осушения при $t = 20,8$ сут и при $t \approx 210$ сут (кривые 4, 5, 6 соответственно). В данном случае удалось учесть неоднородность торфяных отложений по глубине. Наибольший диапазон изменения влажности при прочих равных условиях наблюдается у слоев с максимальными значениями K и C . Если сравнить расчетные эпюры изменения влажности по глубине, полученные при решении уравнений (2) и (4), с предлагаемым методом решения (кривые 7 и 8 на рис. 2), то следует отметить, что пренебрежение неоднородностью торфяного пласта по водно-физическим свойствам приводит к значительным ошибкам при прогнозе влажности в ненасыщенной зоне для отдельного горизонта.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бондаренко Н. Ф. Физика движения подземных вод. Л., Гидрометеоздат, 1973. [2]. Ионат В. А. Расчет систематического дренажа в двухслойных грунтах. — В кн.: Осушение болот и заболоченных почв. Минск, 1960. [3]. Коваленко Н. П. Определение уплотняющих сил при осушении торфяной залежи. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 4. [4]. Корчунов С. С. и др. Изучение водного режима осушенных торфяных залежей. — «Труды ВНИИТП», М—Л., Госэнергоиздат, 1960, вып. 17, ч. 1. [5]. Нерпин С. В., Рапопорт Ю. О. Моделирование на ЭВМ динамики влажности в междренном пространстве. — «Труды АФИ». Л., 1977, вып. 43.

Поступила 13 февраля 1979 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.922.2 : 674.815

АБРАЗИВНЫЕ ЦИЛИНДРЫ НА ЭПОКСИДНОЙ СВЯЗКЕ
ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ-КАЛИБРОВАНИЯ
ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ И ДРУГИХ ПЛИТ

А. И. ЯЦЮК, С. И. ГРИЦИШИН

Львовский лесотехнический институт

Получена зависимость твердости абразивных цилиндров от исследуемых факторов: объема абразивного зерна, объема связки, зернистости. Указано оборудование, на котором используются абразивные цилиндры.

В мебельном производстве широко применяют древесностружечные (ДСП) и костроплиты, а также плиты из стеблей хлопчатника.

Все плиты, независимо от предприятия-изготовителя и от материала, из которого они изготовлены, имеют разброс размера по толщине, который иногда достигает ± 3 мм. Большое влияние на изменение размера плит по толщине оказывают также климатические условия при их хранении и транспортировке. Наличие разнотолщинности плит требует их калибрования с заданным допуском по толщине.

Как показано в работе [3], во Львовском лесотехническом институте разработан и изготовлен абразивный инструмент (цилиндр), позволяющий успешно решать проблему шлифования-калибрования мебельных заготовок из ДСП на реконструированных рейсмусовых станках СР6-7, СР6-8 и СР8.

В данной статье описана технология производства абразивных цилиндров с нормированной структурой на эпоксидной связке для шлифования-калибрования заготовок из ДСП, костроплит и плит из стеблей хлопчатника.

Составные части абразивных цилиндров — карбид кремния черный (КЧ4, КЧ6, КЧ8) зернистостью 63, 80, 100, 125, 160 (абразивный материал), обладающий высокой твердостью и достаточной хрупкостью [4], и эпоксидная смола марки ЭД-20 с полиэтиленполиаминовым отвердителем (связующее). Вязкость эпоксидной смолы при 25°C 13 000—28 000 мПа·с.

Общее количество связи (эпоксидная смола + отвердитель) рассчитывали в зависимости от необходимой твердости инструмента: 6,5—21,5% от объема абразивного слоя цилиндра. Количество отвердителя составляло 10% от массы связки в абразивном слое цилиндра. Абразивную массу приготавливали путем смешивания абразивного зерна с связкой в винтовой мешалке, скорость вращения которой 80—100 об/мин.

Инструмент формовали в разъемной прессформе. При этом абразивная масса наращивается на металлическую гильзу с помощью специального прессовального устройства.

Термообработку цилиндра производили вместе с прессформой в электропечи при температуре 100°C в течение 5 ч. Оптимальные свойства абразивных цилиндров достигаются через 5—7 сут после термообработки (выгрузки из печи). Экспериментально установлено, что

повышение температуры до 180°C не сокращает время термообработки и не оказывает существенного влияния на механические свойства инструмента. Цилиндр на эпоксидной связке по сравнению с цилиндром на бакелитовой связке имеет ряд преимуществ: более высокую стойкость в работе, повышенную влагостойкость, более длительный срок годности.

Для шлифования-калибрования плит можно применять цилиндры различных структур. Под структурой абразивного инструмента понимают его внутреннее строение, т. е. процентное соотношение и взаимное расположение зерен, связки и пор в единице объема круга. Для металлообрабатывающих абразивных инструментов это соотношение принято выражать в процентах от объема инструмента. Основа такой системы структур — объемное содержание абразивного зерна в инструменте, которое определяет номер структуры.

В основу разработки абразивных цилиндров на эпоксидной связке с нормированной структурой положена система структур такая же, как и для металлообрабатывающих абразивных инструментов [2].

Следовательно, объем абразивного слоя цилиндра определяют три составные части: зерно, связка и поры. Для каждой структуры инструмента составные части имеют определенные соотношения; сумма их составляет 100% от объема абразивного слоя цилиндра.

Объем абразивного слоя цилиндра

$$V_a = V_z + V_c + V_n = 100\%,$$

где V_z — объем зерна;
 V_c — объем связки;
 V_n — объем пор.

Каждой структуре, независимо от зернистости и твердости абразивного слоя, соответствует строго определенное объемное содержание зерна. При переходе от одного номера структуры к другому, ближайшему, объем зерна изменяется на 2%.

Для получения математического описания характеристик абразивных цилиндров с нормированной структурой поставлены эксперименты с применением современной теории планирования [1].

При планировании эксперимента в качестве переменных выбрано три фактора: V_z %; V_c %; K_z (коэффициент, учитывающий зернистость абразива). Значения коэффициента K_z приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициент K_z	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Зернистость z	63	80	100	125	160

Для установления зависимости коэффициентов уравнения от исследуемых факторов реализован полный факторный эксперимент типа 2³.

Чтобы определить дисперсию опыта, его трижды повторяли на основном уровне. Граничные значения и интервалы варьирования исследуемых факторов представлены в табл. 2.

С целью исключения систематических ошибок, вызванных внешними условиями, опыты, заданные матрицей планирования, проводились рандомизированно во времени. Порядок проведения опытов выбирали по таблице случайных чисел.

Таблица 2

Фактор	Уровень варьирования			Интервал варьирования
	нижний (-1)	Центр эксперимента (0)	верхний (+1)	
$V_3\%$	50	54	58	4
$V_c\%$	6,5	14	21,5	7,5
K_z	0,1	0,3	0,5	0,2

Для каждого опыта изготавливали образцы-восьмерки толщиной 20 мм по 6 шт., которые затем подвергали термообработке. При этом объем абразивной массы подбирали экспериментально таким образом, чтобы получить запрессованное изделие заданных размеров.

Зернистость абразива (в пределах указанных выше номеров) подбирали в зависимости от заданной толщины слоя, которую необходимо снимать при калибровании, и шероховатости обработанной поверхности. Образцы-восьмерки испытывали на разрыв при статических нагрузках на машине РА-5. На этой же машине определяли твердость образцов-восьмерок в четырех точках путем вдавливания пуансона со сферическим наконечником (ГОСТ 11498—65 на определение твердости древесины), затем выводили среднее значение этого параметра.

В результате статистической обработки получена зависимость твердости абразивных цилиндров от исследуемых факторов

$$H = -1043,5 + 14,58V_3 - 380,26V_c + 1640,75K_z + 10,37V_3V_c - 43,75V_3K_z + 39,5V_cK_z. \quad (1)$$

Значимость коэффициентов регрессии проверяли сравнением их абсолютных величин с доверительным интервалом ($\Delta b_i = \pm 29,44$), который рассчитывали по критерию Стьюдента в зависимости от уровня значимости [1].

Все коэффициенты оказались статистически значимыми с 95%-ной доверительной вероятностью. Гипотезу об адекватности уравнения регрессии проверяли по F-критерию Фишера ($F_{\text{расч}} = 2,77 < F_{\text{табл}} = 18,51$) [1].

При содержании в формовочной массе абразивного зерна от 50 до 58% можно получить готовое изделие структуры 6—2 с содержанием пор от 43,5 до 22,5% и твердостью 400—4500 кгс/см².

Анализ уравнения (1) показывает, что все факторы оказывают существенное влияние на твердость абразивных инструментов. Для получения инструмента с требуемыми характеристиками необходимо задать его структурой, зернистостью и твердостью.

Так, например, чтобы получить абразивный цилиндр структуры 6, длиной 645 мм, диаметром 205 мм, толщиной абразивного слоя 32,5 мм, зернистостью № 100 и твердостью 1900 кгс/см², объем связки должен составлять 13,66% от объема абразивного слоя инструмента. В этом случае масса зерна в абразивном слое

$$m_3 = \frac{V_a V_3}{100} \gamma_3, \quad (2)$$

где γ_3 — плотность зерна, равная 3,3 г/см³.

$$V_a = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) h, \quad (3)$$

здесь D_1 — наружный диаметр абразивного слоя, см;
 D_2 — внутренний диаметр абразивного слоя, см;
 h — высота цилиндра, см.

Масса связки в абразивном слое

$$m_c = \frac{V_a V_c}{100} \gamma_c, \quad (4)$$

где γ_c — плотность связки, равная 1,13 г/см³.

Подставляя значения $D_1 = 20,5$ см, $D_2 = 14$ см, $h = 64,5$ см в формулы (2) — (4), получим $V_a = 11\,354,34$ см³; $m_3 = 18\,735$ г; $m_c = 1752,63$ г.

Масса отвердителя составляет 10% от массы связки, следовательно,

$$m_o = \frac{1752,63 \cdot 10}{100} = 175,263 \text{ г};$$

таким образом, масса эпоксидной смолы

$$m_э = m_c - m_o = 1577,367 \text{ г}.$$

Экспериментальными исследованиями установлено, что для шлифования-калибрования древесностружечных плит оптимальные значения твердости абразивного слоя находятся в пределах 1900—3100 кгс/см²; для костроплит 1200—1600 кгс/см²; для плит из стеблей хлопчатника 2200—3100 кгс/см². Приведенные значения твердости соответствуют структурам 4—6 и № 63, 80, 100, 125, 160 зернистости абразивных инструментов.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Новак Ф. С. Математические методы планирования экспериментов в металлостроении. М., Институт стали и сплавов, 1972, с. 28—35, 64—67. [2]. Яцюк А. И. Новый способ механической обработки древесины. Львов, «Вища школа», 1975, с. 29—35. [3]. Яцюк А. И., Крыженков Ю. А., Чурзин В. Н. Новый абразивный инструмент для калибрования щитовых заготовок из древесностружечных плит. Пути улучшения качества и расширение ассортимента древесностружечных плит. Тезисы докладов Всесоюзного совещания. Майкоп, 1976, с. 48—49. [4]. Ящерицин П. И., Еременко М. Л., Жигалко Н. И. Основы резания материалов и режущий инструмент. Минск, «Высшая школа», 1975, с. 486.

Поступила 9 января 1979 г.

УДК 674.093.6-413.82

ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ ПОДГОТОВКИ РАМНЫХ ПИЛ И МЕЖПИЛЬНЫХ ПРОКЛАДOK НА КАЧЕСТВО И ОБЪЕМНЫЙ ВЫХОД ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

С. П. КОНОПЛЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Исследована зависимость точности линейных размеров пиломатериалов и шероховатости их поверхности от точности развода рамных пил и точности размеров межпильных прокладок. Приведен анализ потерь древесины.

В 1977—1978 гг. на лесопильных предприятиях Архангельска, вырабатывающих экспортные пиломатериалы, нами исследовано соответствие подготовки межпильных прокладок ОСту 13-6—70 «Прокладки межпильные для вертикальных лесопильных рам» и рамных пил технологическим режимам РИ 01-00 «Подготовка рамных пил».

В результате установлено следующее.

1. Толщина межпильных прокладок превышает требуемую в среднем на 0,55 мм (рис. 1, а). В диапазоне практического рассеяния толщины прокладок ($\pm 3 \sigma$) их толщина может превышать требуемую на 1,10 мм или быть меньше требуемой на 0,02 мм. Клиновидность прокладок может достигать 0,25 мм, а точность подбора парных прокла-

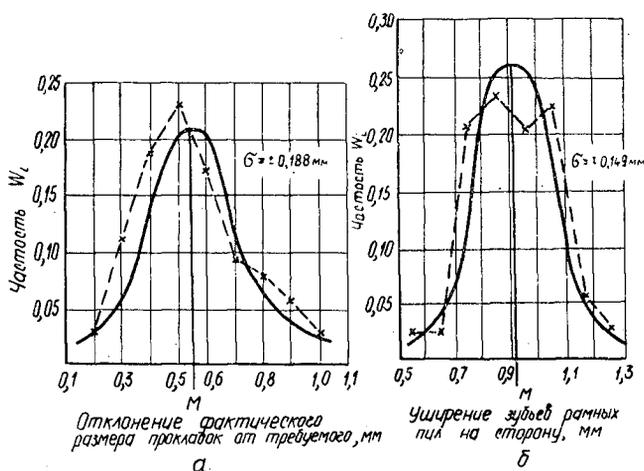


Рис. 1.

док — 0,4 мм. По ОСТу отклонения по толщине прокладок не должны превышать $\pm 0,15$ мм.

2. Среднее значение уширения зубьев рамных пил на сторону 0,91 мм (рис. 1, б). Диапазон вероятного рассеяния уширения ($\pm 3\sigma$) — $0,46 \div 1,36$ мм. По РИ среднее уширение зубьев рамных пил на сторону равно $0,80 \pm 0,05$ мм.

Полученные результаты подтверждают данные ранее проведенных исследований [2]. Этот факт говорит о том, что в течение ряда лет (1974—1978 гг.) точность подготовки режущего инструмента на предприятиях Архангельска оставалась на одном уровне. Среднее расстояние между зубьями пил находим по формуле

$$t_{\text{пм}} = t_{\text{пр}} - 2t_3,$$

где $t_{\text{пм}}$ — отклонение размера пиломатериала от требуемого, мм;

$t_{\text{пр}}$ — отклонение толщины прокладки от требуемой, мм;

t_3 — отклонение уширения зубьев пил на сторону от требуемого, мм.

Используя найденные нами значения $t_{\text{пр}}$ и t_3 , получим

$$t_{\text{пм}} = 0,55 - 2 \cdot 0,11 = 0,33 \text{ мм.}$$

Так как расстояние между зубьями пил больше требуемого размера на 0,33 мм, то это приводит к неявным потерям древесины. Потери $\Pi_{\text{пм}}$, % от объема пиломатериалов, в зависимости от толщины доски $T_{\text{пм}}$, мм, определены по формуле

$$\Pi_{\text{пм}} = \frac{t_{\text{пм}}}{T_{\text{пм}}} \cdot 100\%$$

и показаны на рис. 2.

Из диаграммы видно, что большие потери наблюдаются на тонких пиломатериалах.

При распиловке по поставу потери, % от сырья,

$$\Pi = \sum (\Pi_{\text{пм}i} O_i),$$

здесь $\Pi_{\text{пм}i}$ — потери по доскам одной толщины, %;

O_i — коэффициент объемного выхода пиломатериалов данной толщины из данного постава.

Например, при распиловке с брусковой бревен $d = 24$ см по составу 1×175 , 2×22 , 4×22 потери составляют 0,59% от объема сырья или 1,01% от объема пиломатериалов.

Если фактическая толщина пиломатериалов больше требуемой на 0,33 мм, то при реализации 1000 м³ экспортных пиломатериалов сечением 25×150 мм мы продаем «лишних» 14 м³ и недополучаем с покупателя 1400 р. при цене 100 р. за 1 м³. Приведение к норме размеров межпилльных прокладок и уширения зубьев пил на сторону позволит переработать лишнюю древесину на технологическую щепу. При цене 20 р. за 1 м³ технологической щепы [1] экономия составляет $14 \times 20 + 1400 = 1680$ р. на 1000 м³ пиломатериалов.

Для установления взаимосвязи точности подготовки межпилльных прокладок и рамных пил с точностью линейных размеров и шероховатости поверхности пиломатериалов нами проведены опытные распиловки. Как и следовало ожидать, фактические размеры толщины пиломатериалов группируются в плюсовой зоне поля допуска; средний размер во всех случаях больше ожидаемого ($T_{ож} = T_{пр} - 2S_3$).

Если взять принятую в деревообработке точность 5% ($\pm 1,96\sigma$), то разброс размеров пиломатериалов составляет 22—70% от ширины поля допуска. Диапазон $\pm 3\sigma$ равен 35—110% от ширины поля допуска. В тех случаях, когда диапазон рассеяния размеров превышает ширину поля допуска, причина больших отклонений — наличие зазора в направляющих пильной рамки и неvertикальная установка пил. Даже когда диапазон рассеяния размеров меньше ширины поля допуска, размеры некоторых (до 5%) пиломатериалов выходили за пределы поля допуска. Это еще раз подтверждает факт несимметричности фактической совокупности размеров пиломатериалов относительно поля допуска и концентрации их в плюсовой зоне поля. Причина этого — несоблюдение стандартов на подготовку рамных пил и межпилльных прокладок.

Исследование шероховатости поверхности пиломатериалов с помощью индикаторного глубиномера показало, что около 45% досок имеют глубину неровностей более 750 мкм, что превышает ограничения по ТУ 13-316—76. Низкий класс шероховатости поверхности пиломатериалов можно объяснить наличием зазоров в направляющих пильной рамки, неvertикальной и не по угольнику установкой пил, неравномерным уширением зубьев одной пилы на сторону. Одна из причин неvertикальной установки пил — разность размеров парных прокладок, достигающая на практике 0,4 мм, а вероятная разность — 1,1 мм.

Отклонение от вертикальности 0,4 мм на свободную длину пилы вызывает увеличение глубины неровностей на 200—250 мкм, а отклонение 1,1 мм — 300—350 мкм.

Приведение размеров прокладок и точности подготовки рамных пил в соответствие с требованиями ОСТА и РИ позволит: 1) повысить качество пиломатериалов и улучшить их товарный вид; 2) избежать отпуски потребителю неоплачиваемой древесины; 3) увеличить выход технологической щепы на 0,5—0,8% и снизить потери в опилки на 0,1—0,2% от объема сырья; 4) снизить потери при строгании на 2—4%.

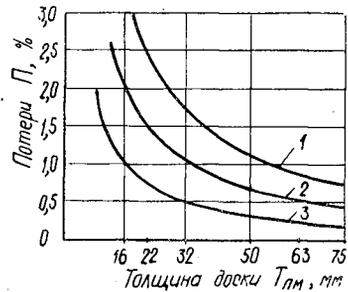


Рис. 2. Диаграмма потерь древесины.

1 — $t_{пм} = 0,55$ мм; 2 — 0,33 мм; 3 — 0,16 мм.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Дополнение № 16 к преysкyранту № 07—03 «Оптовые цены на лесопродуkцию (включая дрова)», 1973. [2]. Кур и цы н А. К. и др. Исследование точности размерной настройки лесопильных рам. — «Научные труды МЛТИ». М., 1975, вып. 80, с. 80—94.

Поступила 18 октября 1978 г.

УДК 674.049.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДРЕВЕСНОГО ВОЛОКНА С ОГНЕЗАЩИТНЫМ СОСТАВОМ НА ОСНОВЕ АЛЮМОХРОМФОСФАТНОГО СВЯЗУЮЩЕГО

Н. Е. НИКОЛАЕВ, В. Ю. МИРЕЦКИЙ, В. В. ФЕФИЛОВ,
В. А. СУТЯГИН

Московский лесотехнический институт, ВНИИдрев

Получены данные по влиянию огнезащитной обработки на пластичность и дисперсность древесного волокна, распределению антипирена в древесной массе и характеру их взаимодействия. Установлено наличие прочной связи между огнезащитным составом и древесным волокном, подтвержденное данными ИК-спектроскопии.

Возросшие требования по снижению пожарной опасности в гражданском и промышленном строительстве обусловили необходимость широко применять огнезащитные древесноволокнистые плиты (ОДВП) в качестве основы облицовочных материалов.

Огнезащиту древесноволокнистых плит (ДВП) сухого способа производства осуществляют путем обработки древесного волокна антипиренами в специальных механических смесителях или в пневматических сушилках-смесителях [3, 4]. При такой обработке существенное влияние на эффективность огнезащиты и качество ДВП оказывают распределение огнезащитного состава в древесной массе и характер их взаимодействия. Данные изучения этого взаимодействия приведены в настоящей работе.

В качестве антипирена для огнезащитной обработки волокна был использован водный раствор смеси алюмохромфосфатного связующего (АХФС) и мочевины в соотношении 1:1 по сухому остатку в пересчете на фосфор и азот. Нами для исследований был выбран АХФС с мольным отношением $\frac{P_2O_5}{Al_2O_3 + Cr_2O_3} = 4,8$, содержащий 50% воды от общего веса компонентов, и с $pH = 0,17$. Содержание компонентов в связующем определяли по обычной методике: окислов алюминия — трилонометрически; P_2O_5 — весовым методом путем кипячения связующего с молибдатом натрия, осаждения раствором хинолина в концентрированной соляной кислоте с последующей сушкой выпавшего осадка до постоянного веса при температуре $180^\circ C$; Cr_2O_3 — йодометрически.

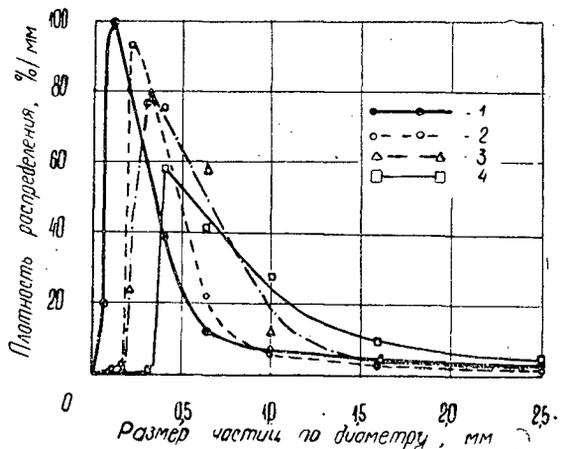
Рабочий раствор огнезащитного состава приготавливали в эмалированном реакторе путем растворения мочевины и алюмохромфосфатного связующего в воде при температуре $30—40^\circ C$. Концентрация рабочего раствора по сухому веществу 46%.

Использовали дефибраторное волокно осины. В процессе размола в волокно вводили расплавленный парафин в количестве 1% от веса абс. сухого волокна. Огнезащитным составом волокно обрабатывали в барабанном смесителе путем распыления пневматической форсункой. Затем волокно высушивали до влажности 6% в пневматической сушилке при $90^\circ C$.

Дисперсионный анализ образцов прессмассы и необработанного древесного волокна проводили на приборе М-029 путем рассеивания по методике, описанной в работе [2]. Прессмассу прессовали на лабораторном прессе ПР9024 по обычной методике технологии сухого способа производства ДВП. Температура прессования $190^\circ C$.

Рис. 1. Плотность распределения массы исходного древесного волокна и волокна, обработанного огнезащитным составом, по диаметру частиц.

1 — волокно необработанное; 2 — с содержанием огнезащитного состава 35%; 3 — 50%; 4 — 70%.



Первоначально мы предполагали, что древесноволокнистая масса, полученная после обработки древесного волокна огнезащитным составом и последующей сушки, представляет собой механическую смесь, состоящую из равномерно распределенных между собой частиц древесного волокна и порошкообразных кристаллических частиц алюмохром-фосфатного связующего и мочевины, образующихся в процессе сушки.

Для проверки такого предположения образцы прессмассы с различным содержанием огнезащитного состава (ОЗС) и необработанного древесного волокна были подвергнуты дисперсионному анализу. Результаты приведены на рис. 1, из которого видно, что максимум кривых плотности распределения массы обработанных образцов древесного волокна уменьшается пропорционально увеличению массовой доли антипирена в древесной массе, число фракций (количество точек) соответственно также уменьшается. Все кривые имеют характер типичных кривых плотности распределения однокомпонентного состава. Уменьшение максимума кривых распределения связано с увеличением размеров частиц древесного волокна по диаметру в процессе обработки, причем тем в большей степени, чем больше содержание антипирена в прессмассе, что, очевидно, вызвано набуханием и агрегацией мелких частиц [6].

Доля фракции с размерами до 100 мк, соответствующая размерам незакрепленного огнезащитного состава, независимо от содержания антипирена в прессмассе, полностью отсутствует, а для контрольного необработанного волокна такая доля составляет 17,2%, причем механических потерь мелких фракций при обработке нет, так как экспериментальная кривая содержания огнезащитного состава в прессмассе полностью совпадает с расчетной кривой. Это позволяет утверждать, что в процессе приложении механических нагрузок, возникающих при вибрации прибора М-029, огнезащитный состав не отделяется от древесного волокна; очевидно, усилия, возникающие при этом, недостаточны для разрушения прессмассы по границе раздела фаз из-за образования прочных связей между компонентами древесного волокна и огнезащитного состава.

Пластические свойства прессмассы оценивали по изменению минимального удельного давления прессования в процессе получения твердых огнезащитных ДВП толщиной 6 мм в зависимости от со-

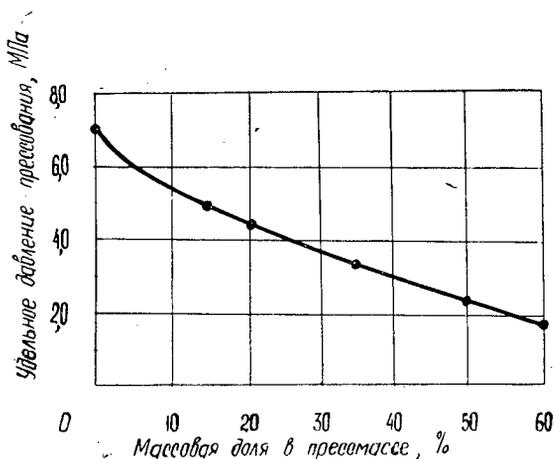


Рис. 2. Влияние содержания огнезащитного состава в прессмассе на ее пластичность.

держания антипирена (рис. 2). Как видно из рис. 2, минимальное удельное давление прессования уменьшается с увеличением массовой доли антипирена в прессмассе, что можно объяснить повышением ее пластичности [3, 6].

Следовательно, в процессе обработки огнезащитным составом на основе АХФС древесное волокно набухает и увеличивается его пластичность. Механизм происходящих при этом процессов можно представить следующим образом. В начальный период обработки происходит простое заполнение капиллярнопористой структуры древесины огнезащитным составом, что подтверждается отсутствием набухания при содержании антипирена до 20%. По мере насыщения пористой структуры антипирен проникает в древесину и вызывает ее разрыхление с увеличением размеров частиц волокна и разрывом межволоконных связей. При последующей сушке огнезащитный состав прочно фиксируется в волокне в результате сильно развитых адгезионных сил сцепления. Хорошая адгезия обеспечивается способностью АХФС образовывать прочную аморфную структуру [5], а также возникновением водородных связей между компонентами древесины и огнезащитного состава, что может быть связано с набуханием древесного волокна при обработке [7]. Данные ИК-спектроскопии образцов прессмассы не исключают возможности образования таких связей. В ИК-спектрах поглощения образцов прессмассы наблюдаются дополнительные полосы поглощения в областях 1445, 3200, 3260, 3355 и 3460 см^{-1} , которые отсутствуют в спектрах исходного древесного волокна и раствора огнезащитного состава.

В соответствии с работой [1] вновь обнаруженные полосы поглощения в областях 1445, 3200, 3355 см^{-1} могут свидетельствовать о водородных связях между атомами кислорода свободных гидроксильных групп у второго и шестого углеродных атомов (или амиленоксидного кислорода) глюкозного остатка молекулы целлюлозы и водорода металлофосфатов. Не исключена также возможность образования водородных связей между функциональными группами структурных элементов лигнина и мочевины.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Богомолов Б. Д. Химия древесины и основы химии высокомолекулярных соединений. М., «Лесная промышленность», 1973. [2]. Коузов П. А. Основы анализа древесного состава промышленных пылей и измельченных материалов. Л., «Химия»,

1974. [3]. Леонович А. А. Теория и практика изготовления огнезащищенных древесных плит. Л., Изд-во Ленинградского университета, 1978. [4]. Мирецкий В. Ю., Николаев Н. Е. Исследование условий огнезащитной обработки древесного волокна. «Деревообрабатывающая промышленность», 1978, № 11. [5]. Силина А. Н., Дьяченко Л. А., Драновский И. Г. Неорганические связующие вещества со стабильными свойствами. — В сб.: Новые клеи и технология склеивания. М., 1973. [6]. Солечник Н. Я. Производство древесноволокнистых плит. М., «Лесная промышленность», 1963. [7]. Stamm A. S., Tarkow H. Penetration of cellulose fibers. — «J. Phys. and Colloid Chem.», 1950, vol. 54, N 6.

Поступила 22 января 1979 г.

УДК 674.093

ВЫХОД ЗАГОТОВОК С УЧЕТОМ СБЕГА КРИВЫХ НЕОБРЕЗНЫХ ДОСОК

С. И. ИОНАИТИС

Каунасский политехнический институт

С помощью ЭВМ, с применением выведенных нами формул, составлены номограммы для подсчета коэффициентов выхода любого количества заготовок, на которые раскраиваются кривые необрезные доски по длине. Теоретические данные проверены экспериментально.

По П. П. Аксенову [1], коэффициент выхода заготовок, учитывающий отходы в сбеговую рейку, можно выразить отношением между площадью пласти отдельных заготовок и площадью пласти прямой доски трапецидального вида. В. Г. Турушев [4] установил оптимальные условия обрезки кривых досок.

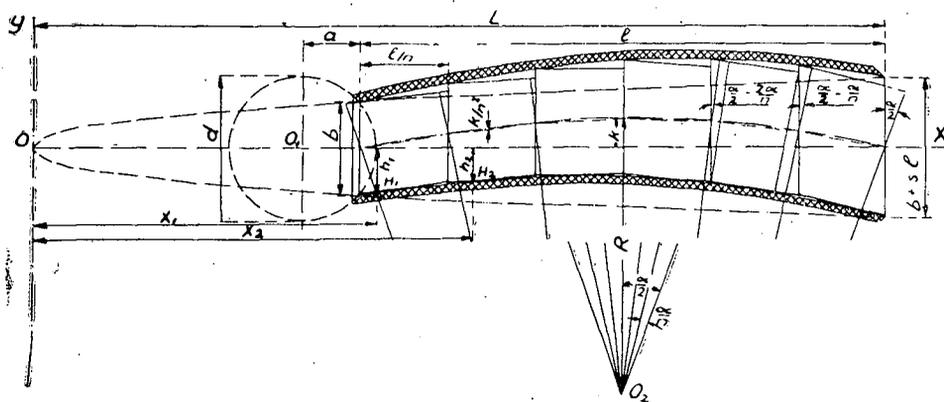


Рис. 1. Схема разделения пластей кривой доски на заготовки.

Нами определен коэффициент k_c [2] выхода любого количества заготовок, на которые раскраиваются кривые трапецидальной формы доски без обзола по длине, согласно схеме, показанной на рис. 1,

$$k_c = \frac{\sqrt{d^2 - 4a^2} + \frac{n-1}{2n} sl + \frac{2}{n} (h_1 + h_2 + \dots + h_n)}{2\sqrt{d^2 - 4a^2} + sl}$$

здесь d — вершинный диаметр бревна, из которого выпилена доска;
 a — расстояние внешней пласти доски до центра бревна;
 n — количество заготовок по длине доски;
 s — сбег кривой доски трапециевидальной формы;
 l — длина доски;
 h — расстояние точки H касательной отдельных заготовок до оси симметрии доски.

Расстояние h_1 точки H касательной линии первой заготовки при вершинном торце доски до оси симметрии подсчитывали по формуле [3]

$$h_1 = \frac{8\beta^2 \left(\frac{l}{n}\right)^2 / (10000n^2) - \left(\frac{l}{n}\right)^2}{8\beta \frac{l}{n} / (100n)} +$$

$$+ \sqrt{\frac{\left(\frac{l}{n}\right)^4}{64\beta^2 \left(\frac{l}{n}\right)^2 / (10000n^2)} - \left\{ x_1 - \frac{\frac{l}{n} \left[\left(d + s \frac{l}{n}\right)^2 + d^2 \right]}{2 \left[\left(d + s \frac{l}{n}\right)^2 - d^2 \right]} \right\}^2 - \frac{\sqrt{\left(d + s \frac{l}{n}\right)^2 - d^2}}{2 \sqrt{\frac{l}{n}}} \sqrt{x_1}},$$

где β — кривизна досок, %.

Расстояние x_1 точки H до вершины параболы для первой заготовки при вершинном торце бревна находили из уравнения [3]

$$x_1^3 + \frac{\left[\left(d + s \frac{l}{n}\right)^2 - d^2 \right]^2 - 16 \left(\frac{l}{n}\right)^2 \left[\left(d + s \frac{l}{n}\right)^2 + d^2 \right]}{16 \frac{l}{n} \left[\left(d + s \frac{l}{n}\right)^2 - d^2 \right]} x_1^2 +$$

$$+ \frac{\left[\left(d + s \frac{l}{n}\right)^2 + d^2 \right] \left\{ 4 \left(\frac{l}{n}\right)^2 \left[\left(d + s \frac{l}{n}\right)^2 + d^2 \right] - \left[\left(d + s \frac{l}{n}\right)^2 - d^2 \right]^2 \right\}}{16 \left[\left(d + s \frac{l}{n}\right)^2 - d^2 \right]^2} x_1 +$$

$$+ \frac{\left[\left(d + s \frac{l}{n}\right)^2 + d^2 \right] \frac{l}{n}}{64 \left[\left(d + s \frac{l}{n}\right)^2 - d^2 \right]} - \frac{\left[\left(d + s \frac{l}{n}\right)^2 - d^2 \right] \frac{l}{n} n^2}{0,1024\beta^2} = 0.$$

Аналогично подсчитывали h и x для других заготовок, расположенных по длине доски.

С помощью ЭВМ определены коэффициенты k_c при разных диаметрах, длинах, кривизне бревен, расстоянии внешней пласти досок до центра бревна, а также при разном количестве заготовок, на которые они раскраиваются по длине. На рис. 2 показана номограмма для подсчета коэффициентов выхода заготовок, учитывающих сбег кривых необрезных досок, внешняя пластъ которых отделена от центра бревна $a = 0,1d$.

Например, если доска выпилена из бревна диаметром $d = 30$ см, кривизной $\beta = 1\%$, длиной $l = 6$ м, с расстоянием внешней пласти доски до центра бревна.

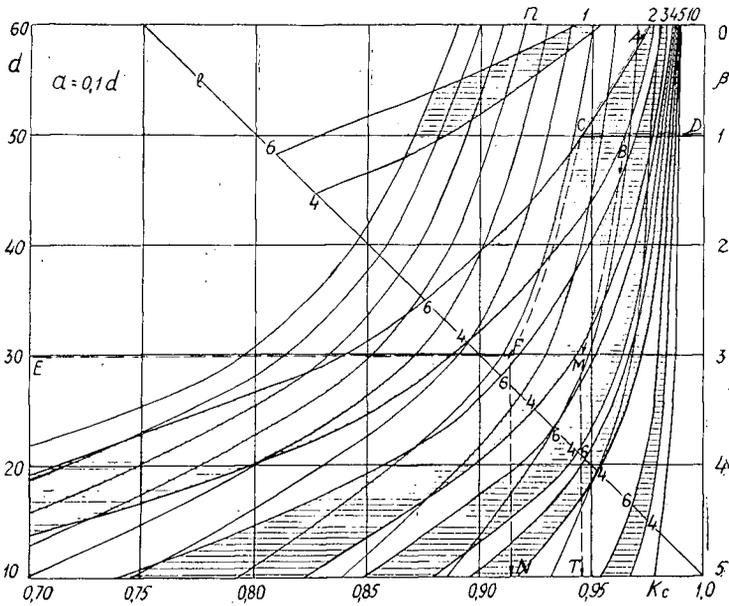


Рис. 2.

$a = 0,1d$, то при разделке по длине на две заготовки коэффициент $k_c = 0,92$ (как видно из номограммы на рис. 2). Для этих же самых условий при разделке доски длиной $l = 4$ м на две заготовки коэффициент $k_c = 0,94$.

При обрезке концов заготовок в случае приведения их в прямоугольную форму получают дополнительные потери древесины, причем большие — для концевых по отношению доски заготовок, а меньшие — для срединных. При приведении заготовок в прямоугольную форму, если доску по длине разделяют на шесть заготовок (рис. 1), средние потери древесины подсчитывают по формуле

$$\Pi = \frac{0,5n \left[\left(\sqrt{d^2 - 4a^2} + sl \frac{n-1}{n} \right)^2 \sin \left(\frac{n-2}{n} \arcsin \frac{\beta}{12,5} \right) + \left(\sqrt{d^2 - 4a^2} + l \frac{n-2}{n} \right)^2 \sin \left(\frac{n-4}{n} \arcsin \frac{\beta}{12,5} \right) \right]}{\left(2 \sqrt{d^2 - 4a^2} + sl \frac{2n-3}{n} \right) l}$$

По аналогичной формуле можно вычислить средние потери древесины при разделке досок на любое количество заготовок. Потери древесины получаются меньшими при приведении более длинных заготовок в прямоугольную форму.

Например, при разделке на четыре заготовки доски длиной 6 м, выпиленной из бревна диаметром 20 см, кривизной 3%, при расстоянии внешней пласти доски до центра бревна $a = 0,1d$, отходы составляют 1%, а при разделке на восемь заготовок — 2%. Значительно большие потери древесины получают при обрезке концов широких заготовок. Так, при разделке на шесть заготовок доски, выпиленной из бревна диаметром 60 см, кривизной 3%, $a = 0,1d$, потери древесины равны 4,1%; для тех же самых условий при разделке на заготовки доски, выпиленной из бревна диаметром 20 см, эти отходы составляют 1,3%.

Теоретические данные проверены экспериментально следующим образом. Партию кривых необрезных досок обмеряли, внешние пласти досок разделяли нитями и иглами на одну, две, четыре, восемь загото-

вок по длине и подсчитывали фактический коэффициент выхода заготовок $k_{с. факт}$, учитывающий сбеги кривых необрезных досок, и соотношение фактического и теоретического коэффициентов, а также диаметры бревен, из которых выпилены доски, и расстояние внешней пласти доски до центра бревен.

Таблица 1

Коэффициент	Количество заготовок по длине досок	Статистические показатели					
		n	M	$\pm \sigma$	$\pm m$	$V \%$	$P \%$
$k_{с. факт}$	1	91	0,526	0,163	0,0171	31,08	3,250
$k_{с. факт}/k_{с. теор}$		25	0,938	0,174	0,0348	18,60	3,720
$k_{с. факт}$	2	94	0,712	0,135	0,0140	18,96	1,966
$k_{с. факт}/k_{с. теор}$		101	0,830	0,128	0,0127	15,42	1,530
$k_{с. факт}$	4	93	0,784	0,125	0,0129	15,94	1,645
$k_{с. факт}/k_{с. теор}$		93	0,827	0,126	0,0130	15,24	1,570
$k_{с. факт}$	8	92	0,849	0,124	0,0129	14,55	1,519
$k_{с. факт}/k_{с. теор}$		94	0,870	0,130	0,0134	14,94	1,540
Средн. $k_{с. факт}/k_{с. теор}$	1—8	313	0,850	0,134	0,0076	15,80	0,895

Результаты приведены в табл. 1, из данных которой видно, что при разделке по длине на одну заготовку $k_c = 0,526$, а при разделке по длине на восемь заготовок $k_c = 0,849$. Во всех случаях отношение $\frac{k_{с. факт}}{k_{с. теор}} < 1$. Пласти необрезных досок ограничиваются не параболами, как принято при расчетах, а кривыми зигзагообразной формы, поэтому $k_{с. факт} < k_{с. теор}$. Как видно из последней строчки табл. 1, из-за неправильной формы пласти необрезных досок и потерь при приведении заготовок в прямоугольную форму выход уменьшается приблизительно на 15%.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Аксенов П. П. и др. Технология пиломатериалов. М., «Лесная промышленность», 1976. [2]. Ионайтис С. И. Выход заготовок при раскрое кривых досок. — Технология деревообработки. Материалы конференции «Развитие технических наук в республике и использование их результатов». Вильнюс, 1978. [3]. Ионайтис С. И. Размеры бруса максимального объема, выпиленного из кривого бревна. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1978, № 1. [4]. Турушев В. Г. Технологические основы автоматизированного производства пиломатериалов. М., «Лесная промышленность», 1975.

Поступила 15 января 1979 г.

УДК 634.0.812 : 674.031.772 : 224.3

О СВЯЗИ ФОРМЫ КОРЫ И ПЛОТНОСТИ
ДРЕВЕСИНЫ ЯВОРА
(*Acer pseudoplatanus* L.)

И. С. ВИНТОНИВ

Львовский лесотехнический институт

Исследованиями установлено, что явор, произрастающий в Украинских Карпатах, образует формы по коре. Явор с корой мелкопластинчатой формы отличается полнодревесными стволами с прямослойной древесиной. Существенных различий в плотности древесины выделяемых форм не обнаружено.

В ряде работ [1, 3—5, 7] указано, что внешнее морфологическое строение деревьев связано со свойствами древесины и особенностями ее текстуры.

Изучая явор в Украинских Карпатах, С. П. Зуихина и О. Н. Изрун [2] отмечают, что отдельные признаки коры явора тесно связаны с хозяйственно ценными признаками древесины явора формы «Птичий глаз». Однако эти авторы считают, что выделить группы деревьев явора, различающихся по коре, не представляется возможным, хотя в литературе [6] имеются данные о том, что явор образует ряд морфологических форм, в том числе и по коре [8].

При исследовании яворовых насаждений Украинских Карпат на высотах от 540 до 1350 м над ур. м. замечено, что пластины корки на отдельных стволах различаются размерами и формой. Особенно четко отличительные признаки коры выражены у явора на высотах от 800 до 1350 м над ур. м.

Изменчивость явора по коре изучена в Усть-Чернянском, Воловецком, Дубриничском, Жорновском лесокOMBинатах и Турковском лосхозаге, расположенных на территории Украинских Карпат. Коровые пластины явора замеряли на участках стволов высотой 1 м, отступив от корневой шейки 0,5 м. Для установления связи между выделяемыми формами явора и качеством древесины анализировали условную плотность, согласно методике О. И. Полубояринова [6], по радиусу и высоте ствола.

Выделили следующие формы явора (рис. 1): мелкопластинчатую; мелкопластинчатую воротничковую; крупнопластинчатую. Мелкопластинчатая корка напоминает чешую. По размерам, особенно по высоте пластин, такая корка значительно уступает крупнопластинчатой. Древесина стволов с мелкопластинчатой воротничковой коркой имеет прямослойное макростроение. Заготовку резонансовых сортиментов желательно производить, предпочитая именно эту форму.

У явора с крупнопластинчатой коркой пластины покороблены наружу. В отдельных местах нижней части стволов пластины отслаиваются и отпадают. Некоторые стволы отличаются особо крупными пластинами, напоминающими корку платана. В яворовых насаждениях стволы с крупнопластинчатой коркой выделяются наличием белых пятен. У этой формы деревьев встречаются стволы с древесиной волнистого строения. Волнистое строение наблюдается и на радиальном, и на тангентальном разрезах древесины.

Данные, характеризующие размеры пластин корки выделяемых форм явора на высотах 800—1350 м над ур. м., приведены в табл. 1.



Рис. 1. Формы явора спелого возраста.

1 — мелкопластинчатая; 2 — мелкопластинчатая воротничковая; 3 — крупнопластинчатая.

Таблица 1

Замеры	<i>n</i>	<i>M</i>	σ	$\pm m$	<i>V</i> %	<i>P</i> %
Высота, см	$\frac{275}{277}$	$\frac{3,98}{13,90}$	$\frac{1,55}{3,43}$	$\frac{0,009}{0,20}$	$\frac{39,79}{24,60}$	$\frac{2,39}{1,48}$
	$\frac{287}{278}$	$\frac{2,50}{4,96}$	$\frac{0,60}{1,63}$	$\frac{0,004}{0,09}$	$\frac{25,41}{32,85}$	$\frac{1,51}{1,97}$

Примечание. В числителе данные для мелкопластинчатой корки; в знаменателе — для крупнопластинчатой.

Вариабельность размеров пластинок мелкопластинчатой формы несколько больше (25,4—39,8%), чем крупнопластинчатой (24,6—32,8%). Ширина и высота пластин мелкопластинчатой формы находятся в соотношении 1 : 3, а крупнопластинчатой 1 : 2.

Дисперсный анализ подтверждает достоверность различий в размерах пластин явора мелко- и крупнопластинчатой форм. С северной стороны стволов мелко- и крупнопластинчатой формы явора расчетная статистика $t = 30,34$, а с южной $t = 28,41$ (табличная 2,28).

Для определения связи между выделенными формами деревьев по коре и плотностью древесины произведен анализ условной плотности

четырёх модельных деревьев, характеристика которых приведена в табл. 2.

Таблица 2

Высота над ур. м., м	Форма явора	Возраст, лет	Диаметр, см	Высота, м	Объем, м ³	$\rho_{\text{усл}}$ $M \pm m$
800—850	Мелкопластинчатая	118	36,0	30,9	1,1858	$502 \pm 3,8$
800—850	Крупнопластинчатая	125	37,4	32,9	1,5594	$537 \pm 3,6$
1050—1100	Мелкопластинчатая	160	35,5	22,40	0,7050	$541 \pm 3,5$
1050—1100	Крупнопластинчатая	185	35,6	24,5	0,8758	$532 \pm 2,2$

Средняя условная плотность древесины явора оказалась практически одинаковой ($502-541 \text{ кг/м}^3$). Незначительное возрастание условной плотности связано с увеличением возраста.

Существенного различия в распределении плотности по радиусу и высоте ствола не обнаружено (рис. 2). Условная плотность древеси-

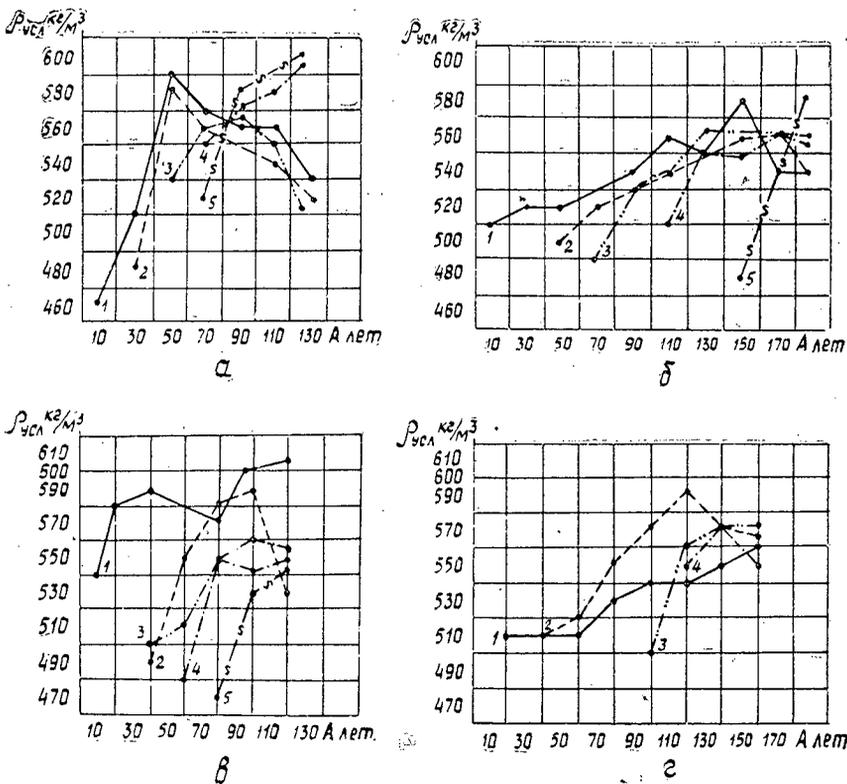


Рис. 2. Изменение условной плотности древесины явора в пределах ствола в связи с возрастом деревьев.

а, б — крупнопластинчатая форма, высота над ур. м. соответственно 800—850 м и 1050—1100 м; в, г — мелкопластинчатая форма, высота над ур. м. соответственно 800—850 м и 1050—1100 м; 1 — на высоте пня; 2 — на высоте 3 м; 3 — 7 м; 4 — 9 м; 5 — 11 м.

ны явора увеличивается от сердцевины к камбию. Наиболее равномерно плотность распределяется по радиусу в средней части ствола. В пределах кроны условная плотность резко возрастает от сердцевины к камбию. В возрасте около 140 лет плотность падает в нижней части ствола.

На высоте 1050—1100 м над ур. м. формируется древесина более равномерной плотности и несколько легче, чем на высоте до 800 м над ур. м.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гроздов Н. Б. Древесина различных форм березы бородавчатой и пушистой. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1965, № 2. [2]. Зуихина С. П., Изрун О. Н. Селекция клена белого на декоративность древесины. — Научные труды Московского лесотехнического института, 1972, вып. 43. [3]. Коровин В. В., Рожко Е. Н. Внутрипопуляционная изменчивость березы бородавчатой по строению перидермы и корки. — Научные труды Московского лесотехнического института, 1972, вып. 43. [4]. Любавская А. Я. Селекция и разведение Карельской березы. М., «Лесная промышленность», 1966. [5]. Полубояринов О. И. Плотность древесины. Л., ЛТА, 1973. [6]. Смаглюк К. К. Аборигенні листяні лісоутворювачі. Ужгород, Видавництво «Карпати», 1974. [7]. Технеряднова А. В., Рожко Е. Н. Анализ изменчивости свойств древесины в популяции березы бородавчатой на Алтае. — «Вестник с.-х. наук», 1969, № 3. [8]. Pagan Jozef. Premenlivost borky javora horského (*Acer pseudoplatanus* L.) — «Zb. Ved. pr. Lesn. fak. Vys. Sk. lesn. a drovárck.» Zvolene, 1974, N 1.

Поступила 20 ноября 1978 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.861.14 : 543.242.6

ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ
СУЛЬФАТНЫХ ЧЕРНЫХ ЩЕЛОКОВ И СТОЧНЫХ ВОД
ВАРОЧНО-ПРОМЫВНОГО ЦЕХА

*В. Г. КРУНЧАК, Е. П. ФЕСЕНКО, К. Г. БОГОЛИЦЫН,
И. М. БОХОВКИН, В. В. ПАЛЬЧЕВСКИЙ, К. Д. ШИРКО,
Т. И. ЛЬВОВА*

Архангельский лесотехнический институт

Исследована природа возникновения окислительного потенциала в черных сульфатных щелоках и содержание в них основных потенциалопределяющих систем.

Использование окредметрии для контроля технологических процессов окисления или биологической очистки сточных вод привлекает исследователей простотой измерительной аппаратуры и ее дешевизной [2, 3, 10]. Однако в сложных многокомпонентных растворах, содержащих несколько окислительно-восстановительных систем, появляется опасность ошибок в трактовке измеряемых потенциалов. Это связано с возможностью возникновения стационарных потенциалов, которые иногда мало зависят от изменения состава основных компонентов исходной системы, но обусловлены изменениями состава окислительно-восстановительной системы, обладающей наибольшим током обмена с электродами [9].

В данной работе поставлена задача исследовать природу возникновения окислительного потенциала в черных щелоках и определить содержащиеся в них основные потенциалопределяющие системы.

Для измерения окислительных потенциалов составляли гальванический элемент



ЭДС гальванического элемента измеряли компенсационным методом. В качестве нуль-инструмента использовали рН-метр ЛПУ-01 высокоомного потенциометра Р-307. Исследования проводили на сульфатных щелоках Архангельского и Котласского ЦБК и щелоках модельных варок древесины.

В черных сульфатных щелоках модельных варок древесины на всех исследованных электродах (платиновом тонкослойном и пластинчатом, иридиевом проволоочном ЭИ-02 и стеклянном полупроводниковом ЭО-01) устанавливался устойчивый и воспроизводимый потенциал -485 ± 1 мВ (рН=13,2).

На рис. 1 представлена зависимость окислительного потенциала сульфатного черного щелока (кривая 1) и раствора сульфида натрия с концентрацией 0,09 н. (кривая 2) от логарифма разведения (рН=13,2). Зависимость линейная с угловым коэффициентом 92 ± 2 мВ. По мере увеличения разбавления скорость достижения постоянного потенциала уменьшается и при разбавлении в 100 раз постоянный потенциал устанавливается за 50—60 мин. При этом воспроизводимость и сходимость потенциалов разных электродов ухудшаются (разброс в показаниях электродов достигает ± 20 мВ) и потенциалы во времени сдвигаются в сторону больших отрицательных значений.

Методом стационарных поляризационных кривых в неразбавленных сульфатных щелоках удалось показать, что при малых плотностях

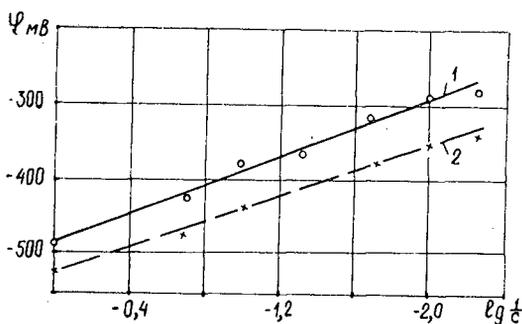


Рис. 1.

тока равновесный окислительный потенциал для всех электродов не изменяется, а гистерезиса после катодной и анодной поляризации гальванического элемента нет. Аналогичная картина наблюдалась до разведения 1 : 10.

Полученные экспериментальные данные, несмотря на отсутствие теоретического градиента зависимости потенциала от концентрации, позволяют считать измеряемый потенциал обратимым [4, 5]. При разбавлениях 1 : 100 обратимость пропадает, что свидетельствует о малых концентрациях в щелоче систем с большими токами обмена.

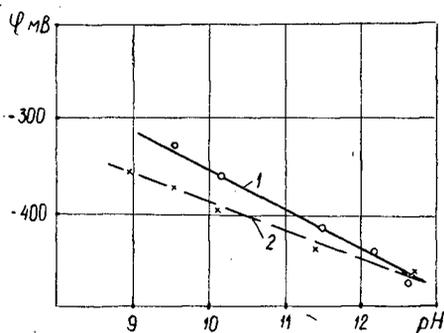


Рис. 2.

лочной и водорастворимый лигнины [4, 7]. В работе [6] показано, что из серосодержащей органики только в присутствии меркаптосоединений на редокс-электродах устанавливаются устойчивые потенциалы ($-300 \div -400$ мВ). Однако токи обмена в этих системах очень малы (10^{-8} А/см²), и в присутствии более сильных окислительно-восстановительных систем вклад их в ЭДС гальванического элемента ничтожен.

При анализе черного щелока обнаружено, что неорганическая фракция сернистых соединений может быть с достаточной точностью представлена солями Na_2S , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, Na_2SO_3 и Na_2SO_4 . Зависимость потенциала раствора (начальные концентрации каждой соли которого равны 0,0125 моль/л) от логарифма общей концентрации солей при $\text{pH} = 13,0$ линейная с градиентом 40 мВ/1 lg [С].

С целью изучения влияния ионного состава неорганической фракции сернистых соединений на окислительный потенциал были исследованы системы $\text{SO}_4^{2-}/\text{SO}_3^{2-}$, $\text{SO}_4^{2-}/\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ и $\text{SO}_4^{2-}/\text{S}^{2-}$, получаемые путем

На рис. 2 представлена зависимость окислительного потенциала сульфатного черного щелока (кривая 1) и сульфида натрия (кривая 2) от pH щелока, разбавленного в 10 раз. Зависимость линейная с угловым коэффициентом 42 мВ, что указывает на протолитические свойства потенциалопределяющих систем.

В сульфатных черных щелоках можно выделить три основные группы веществ, способных вступать в окислительно-восстановительные взаимодействия: сернистые (органические и неорганические) соединения, щелочные

титрования сульфата бария в атмосфере аргона растворами сульфида, сульфита и тиосульфата натрия при $\text{pH}=9,2$ (боратный буфер).

В окислительно-восстановительных системах $\text{SO}_4^{-2}/\text{SO}_3^{-2}$ и $\text{SO}_4^{-2}/\text{S}_2\text{O}_3^{-2}$ потенциалы для исследованных типов электродов несколько различались, а все образцы тонкослойных платиновых электродов показывали одинаковые устойчивые значения. При этом при одной и той же молярной концентрации SO_3^{-2} и $\text{S}_2\text{O}_3^{-2}$ потенциал первой системы на 20 мВ ниже. В системе $\text{SO}_4^{-2}/\text{S}^{-2}$ платиновые, иридиевые и стеклянные электроды проявляли одинаковую чувствительность и реализуемые на них потенциалы оказались близкими друг к другу. Но они существенно отличались от потенциалов рассмотренных выше систем и максимально приближались к потенциалам в реальных неокисленных черных щелоках. Поскольку перенос электронов между ионами S^{-2} и SO_4^{-2} вряд ли существует, можно принять, что потенциал неорганической фракции черного щелока определяется концентрацией Na_2S .

Известно, что на кинетику электродных реакций электродов из металлов платиновой группы большое влияние оказывает присутствие каталитических ядов, к которым относятся ионы S^{-2} [2, 8, 9, 11]. По данным работы [11], даже кратковременный контакт электродов с сульфид-ионом снижает ток обмена на два порядка. Проведенные нами эксперименты в щелочной области не обнаружили такого сильного влияния сульфид-иона. Токи обмена металлических электродов в системе $\text{SO}_4^{-2}/\text{S}^{-2}$ заметно уменьшались лишь при длительном нахождении их в растворе данной системы. Стеклянные полупроводниковые электроды ЭО-01 не изменяли токов обмена даже в растворах 1 н. Na_2S . Лучшие устойчивость и воспроизводимость потенциала в черных щелоках наблюдались на стеклянных электродах.

Зависимости потенциала щелочных растворов сульфида натрия от логарифма его концентрации и от pH линейны с угловыми коэффициентами 85 мВ/лг $C_{\text{Na}_2\text{S}}$ и 32 мВ/1 ед. pH .

В табл. 1 представлены значения окислительных потенциалов сульфатного черного щелока и раствора сульфида натрия с одинаковой концентрацией Na_2S .

Таблица 1

Исследуемые растворы	$C_{\text{Na}_2\text{S}}$ г-экв/л	φ мВ
Na_2S ($\text{pH}=13,2$)	0,34	-513
Щелок ($\text{pH}=13,2$)	0,09	-456
Щелок + Na_2S	0,34	-508
Na_2S ($\text{pH}=13,2$)	0,09	-472

Близость градиентов зависимости потенциала от pH и логарифма разведения, а также абсолютных значений потенциалов растворов Na_2S и щелока с той же концентрацией сульфид-иона позволяет предположить, что сульфид натрия — потенциалопределяющая система в свежеприготовленном сульфатном черном щелоке. Увеличение разницы абсолютных потенциалов между щелоком и Na_2S по мере уменьшения концентрации последнего свидетельствует о наличии в щелоке по крайней мере еще одной окислительно-восстановительной системы, способной навязывать потенциал редокс-электродам.

Последнее предположение было проверено следующим экспериментом. Сульфид натрия с помощью ацетата натрия был удален из черного щелока. Окислительный потенциал при этом на всех электродах остался устойчивым и воспроизводимым, однако его значение сдвинулось в положительную сторону на 200 мВ. Токи обмена, измеренные в этом растворе, оказались на 1,5 порядка меньше, чем в исходном щелоке или в растворах Na_2S , но вполне достаточные для установления устойчивых значений потенциала ($10^{-7} \div 5 \cdot 10^{-8}$ А/см²). Кроме того, на металлических электродах перестало быть заметным отравление и увеличение во времени сроков выхода потенциала на стационарное значение.

После удаления Na_2S сульфатный черный щелок путем подкисления серной кислотой был разделен на две составляющие: щелочно-растворимый сульфатный лигнин и водорастворимый лигнин. Щелочно-растворимый лигнин составляет ~1/2 по весу от сухого веса всех органических веществ, присутствующих в щелоке. Его значительная концентрация по сравнению с концентрациями других органических компонентов в щелоке и наличие в структуре хинолидных, фенольных и прочих группировок позволяют предположить, что окислительный потенциал щелока без сульфида натрия определяется свойствами лигнина. Действительно, окислительный потенциал щелочных растворов лигнина легко измеряется с помощью гладких платиновых электродов, но зависимости его от разбавления (угловой коэффициент равен 120 мВ/1 lg[C]) и от pH (угловой коэффициент равен 60 мВ/1 ед. pH) отличны от подобных зависимостей в сульфатном щелоке. Это обстоятельство — еще одно подтверждение того, что в щелоке потенциалопределяющей является окислительно-восстановительная система, образованная сульфидом натрия. Окислительный потенциал водорастворимого лигнина плохо воспроизводится, что указывает на малую окислительно-восстановительную буферность компонентов, его составляющих.

Так как концентрация потенциалопределяющей системы в черном щелоке мала, то присутствие всех остальных компонентов оказывает

Таблица 2

Исследуемые растворы	φ мВ
Исходный щелок ($d=1,095$ г/см ³)	—460
	—260
Фильтрат после осаждения лигнина и удаления Na_2S	—360*
	—198**
Щелочной лигнин	—263
	—258
Серосодержащие натриевые соли, включая Na_2S	—502
	—418

Примечание. В числителе данные до окисления; в знаменателе — после окисления. Одной звездочкой отмечен неустойчивый потенциал, двумя — потенциал, становящийся устойчивым. pH исходного щелока и всех фракций равен 12,85. В табл. 1 и 2 приведены средние значения потенциалов из нескольких серий опытов. В каждой серии измерения проводили не менее чем на трех электродах.

значительное влияние на потенциал. Поэтому потенциал щелока не может быть равен потенциалу Na_2S , но стремится приблизиться к нему в той концентрации, в которой он содержится в щелоке.

В табл. 2 представлены значения окислительного потенциала щелока Архангельского ЦБК и трех рассматриваемых фракций его при окислении кислородом воздуха в щелочной среде в течение 15 ч. Щелок и фракции предварительно разбавляли в 30 раз. Можно было ожидать, что рассмотренные неорганические окислительно-восстановительные системы ввиду низких значений окислительного потенциала наиболее подвержены воздействию кислорода воздуха. Однако, как следует из данных табл. 1, фракция неорганических соединений оказалась самой устойчивой. Это можно

объяснить малыми скоростями переходов серы из одной формы в другую. Следовательно, неорганическую часть сульфатного черного щелока можно представить как смесь не взаимодействующих восстановителей, в растворе которых устанавливается стационарный потенциал с уровнем, определяемым значением потенциала компоненты, являющейся самым сильным восстановителем.

При окислении лигнина наблюдалось подкисление раствора на две единицы рН, что хорошо согласуется с известным фактом накопления в лигнине карбоксильных и фенольных групп при контакте с воздухом. Появление этих групп мало сказывается на окислительном потенциале растворов щелочного лигнина. Это позволяет предполагать большую буферность этой реакции. На это же указывает факт увеличения токов обмена на всех электродах в растворах окисленного щелочного лигнина.

Сульфид-ион — сильный восстановитель, поэтому он легко подвержен окислению различными соединениями, имеющими более положительные потенциалы. В технологическом потоке получения целлюлозы используют различные сильные окислители, например хлорные соединения, которые попадают в промышленные сточные воды и в общих коллекторах встречаются с содержащими сульфид-ионы стоками варочно-промывного цеха и цеха каустизации. Неорганические сульфиды при этом должны окисляться, а окислительные потенциалы сточных вод сульфат-целлюлозного завода должны иметь более положительные значения. Окислительные потенциалы сточных вод, входящих на биологическую очистку, находятся в пределах $-200 \div -350$ мВ, причем наиболее устойчивая работа очистных сооружений, например на Котласском ЦБК, наблюдалась при -250 ± 30 мВ. Как показывают наши исследования, окислительный потенциал в этом случае определяется содержащейся в воде фракцией щелочного лигнина, который в процессе биологической очистки почти не удаляется, и окислительный потенциал сточных вод, прошедших биологическую очистку, меняется лишь на 20—30 мВ.

Таким образом, потенциалопределяющими в черных сульфатных щелоках являются окислительно-восстановительные системы, образуемые сульфид-ионом. После окисления или удаления сульфида такой системой становится щелочнорастворимый лигнин. Учитывая, что наилучшая воспроизводимость во времени окислительных потенциалов в растворах черного сульфатного щелока достигается на стеклянных полупроводниковых электродах типа ЭО-01 и ЭО-021, а также тот факт, что эти электроды не подвержены отравлению сульфидами и растворенным кислородом [1], их можно рекомендовать в качестве датчиков для измерения окислительных потенциалов в данных средах. Окислительный потенциал варочных растворов и черного щелока можно использовать для контроля за изменением содержания Na_2S в процессах варки и каталитического окисления щелоков. В процессе очистки сточных вод при отсутствии сульфидов окислительный потенциал отвечает содержанию щелочнорастворимого лигнина в сточных водах сульфат-целлюлозного производства.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Давтян Э. В. и др. Исследование влияния газообразных кислорода и водорода на потенциал электродов из металлов платиновой группы, золота и стеклянного электрода с электронной проводимостью. — В сб.: Аналитическое приборостроение, методы и приборы для анализа жидких сред. Т. 3, ч. 2. Тбилиси, 1975, с. 165—175. [2]. Ионоселективные электроды. Под ред. Р. Дарста. Пер. с англ. под ред. М. М. Шульца. М., «Мир», 1972, с. 430. [3]. Крунчак В. Г. и др. Исследование окислительных потенциалов сточных вод целлюлозно-бумажного производства. Сообщение I.

Окислительные потенциалы сульфатного и сульфитного шелоков. — «Бумажная промышленность», 1971, № 10. [4]. Комшилов Н. Ф. Сульфатный шелок и его использование. М., 1969, с. 184. [5]. Оксредметрия. Под ред. Б. П. Никольского и В. В. Пальчевского. Л., «Химия», 1975, с. 128. [6]. Потенциометрическое определение микроколичеств сернистых соединений в сточных водах сульфатцеллюлозного производства. — Проблемы производства полуфабрикатов и очистки сточных вод предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. Сборник трудов ВНИИБа. 1975, № 67, с. 160—164. [7]. Семенов В. П., Крунчак М. М., Кожин В. В. Современные методы и сооружения очистки сточных вод предприятий ЦБП (физико-химические методы). М., Госстрой СССР, Центр. ин-т научной информации по строительству и архитектуре, 1977, с. 142. [8]. Феттер К. Электрохимическая кинетика. Пер. с нем. под ред. Я. М. Колотыркина. М., «Химия», 1967, с. 856. [9]. Фрумкин А. Н., Багоцкий В. С. Кинетика электродных процессов. М., Изд. МГУ, 1952, с. 234. [10]. Dickin-son D. Redox measurement of treatability by the activated sludge processes. — «Wat. Res.», v. 3, N 12, p. 955; Тугушева Г., Вейцер А. Оценка работы аэротенков по величине редок-потенциалов. — «Водоснабжение и санитарная техника», 1969, № 11, с. 15. [11]. Gerisher H. Messungen der Austauschstromdichte beim Gleichgewichtspotential an einer Platinelektrode in Fe^{+2}/Fe^{+3} — Lösungen. — «Z. Electrochem.», 1950, v. 54, N 5, p. 366—369.

Поступила 13 ноября 1978 г.

УДК 668.473 : 665.12.095.29

ПРЕВРАЩЕНИЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ТАЛЛОВОГО МАСЛА В ПРОЦЕССЕ ИХ ДИМЕРИЗАЦИИ

А. А. БАГАЕВ, Г. И. ЦАРЕВ, А. И. КИПРИАНОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Методами УФ-, ИК-, ЯМР-спектроскопии исследована структура димеров, образующихся при термической димеризации непрерывным способом олеиновой, линолевой кислот и жирных кислот таллового масла. Показано, что димеры имеют линейное, циклогексановое и ароматическое строение.

Известен ряд способов димеризации ненасыщенных высших жирных кислот: термический, термокаталитический и каталитический. Практически все эти способы — периодические процессы. Исследователями [7—13, 15, 16, 18] предложен механизм протекающих при димеризации реакций, а также изучена структура полученных димеров. В зависимости от способа их получения возможно линейное, моноциклическое (ароматическое и неароматическое), полициклическое строение.

В работах [14, 17] изучена термокаталитическая димеризация олеиновой кислоты и жирных кислот таллового масла (ЖКТМ) непрерывным методом. О термической димеризации ненасыщенных жирных кислот непрерывным способом мы не обнаружили сведений.

Поэтому представляло интерес исследовать физико-химические превращения ненасыщенных жирных кислот и ЖКТМ в процессе их димеризации непрерывным способом и полученные результаты сравнить с известными работами в этой области. Этот интерес обусловлен использованием получаемых димеров для синтеза алкидных смол с заданными свойствами.

Экспериментальная часть

Димеризации подвергали жирные кислоты таллового масла Котласского. ЦБК марки Б и их основные компоненты — олеиновую и линолеовую кислоты марки Ч.

Физико-химические показатели жирных кислот и продуктов их димеризации представлены в табл. 1. Термическую димеризацию указанных веществ проводили непрерывным способом в температурном диапазоне 523—623 К при остаточном давлении $(9,0-9,7) \cdot 10^4$ Па в атмосфере азота.

Таблица 1

Показатели	Численные значения показателей для		
	олеиновой кислоты	линолевой кислоты	ЖКТМ
Плотность, кг/м ³	900	903	912
	914	922	927
Вязкость $\cdot 10^6$, м ² /с	67,7	25,0	46,6
	94,9	55,2	90,3
Показатель преломления n_D^{20}	1,4652	1,4690	1,4761
	1,4705	1,4784	1,4812
Молекулярная масса	282	280	300
	550	680	630
Йодное число, г J ₂ /100 г	90	182	163
	58	110	126
Кислотное число, мг КОН/г	186	198	193
	180	188	182
Число омыления, мг КОН/г	198	201	222
	195	200	209

Примечание. В числителе данные для исходной кислоты; в знаменателе — для продуктов димеризации.

Физико-химические показатели димеризованных продуктов определяли по общепринятым методикам [4]. Димеризованные продукты разделяли на мономерную и димерную фракции с помощью ТСХ (тонкослойной хроматографии) на силикагеле с использованием в качестве подвижной фазы смеси изооктана с этилацетатом в соотношении 9 : 1. Метилирование исследуемых веществ осуществляли диазометаном [1].

ИК-спектры снимали на спектрофотометре UR-20 в четыреххлористом углероде, УФ-спектры — на спектрофотометре Spesord в этаноле. Газо-жидкостную хроматографию проводили на хроматографе Хром-4. Условия анализа: длина колонки 2 м, температура колонки 483 К, жидкая фаза — неопентилгликольсукцинат, твердый носитель — хромосорб 100—120 меш. ЯМР-спектры снимали на спектрометрах Varian HA-100 и Tesla 467 в 10%-ном растворе четыреххлористого углерода. Молекулярную рефракцию рассчитывали по Лоренц-Лоренцу [3, стр. 174, 329].

Результаты исследований

В процессе термической димеризации ненасыщенных жирных кислот и ЖКТМ в указанных условиях изменяются их физико-химические показатели. Как видно из данных табл. 1, у продуктов димеризации олеиновой, линолевой кислот и ЖКТМ увеличиваются плотность, вязкость и показатель преломления. Молекулярная масса возрастает в среднем вдвое. Все это говорит о протекании процесса димеризации при термообработке олеиновой, линолевой кислот и ЖКТМ. Снижение йодного числа у димеризованных продуктов свидетельствует об участии двойных связей в образовании межмолекулярных связей. Углерод-углеродный характер межмолекулярных связей был определен измерением молекулярной массы у димеров до и после обработки йодистоводородной кислотой. Так, например, молекулярная масса димеров олеиновой кислоты до обработки йодистоводородной кислотой равнялась 550, а после обработки — 586. Дополнительно об отсутствии эфир-

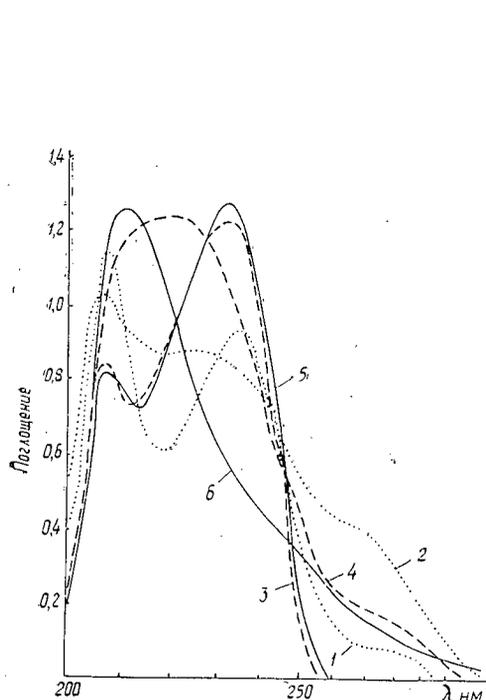


Рис. 1. Ультрафиолетовые спектры ненасыщенных жирных кислот.

1, 3, 5 — исходных олеиновой, линолевой кислот, ЖКТМ; 2, 4, 6 — димеров олеиновой, линолевой кислот, ЖКТМ.

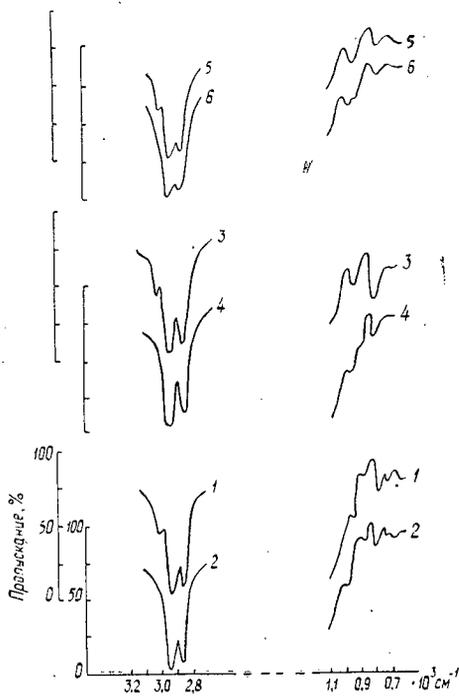


Рис. 2. Инфракрасные спектры ненасыщенных жирных кислот.

1, 3, 5 — исходных олеиновой, линолевой кислот, ЖКТМ; 2, 4, 6 — димеров олеиновой, линолевой кислот, ЖКТМ.

ных межмолекулярных связей свидетельствует отсутствие характерной полосы поглощения в ИК-спектре димеров в области 1235 см^{-1} . Незначительное снижение кислотного числа у димерных продуктов можно объяснить декарбоксилированием или же образованием γ -лактонов. Сравнивая УФ-спектры исходных олеиновой, линолевой кислот, ЖКТМ со спектрами соответствующих димеров, можем отметить уменьшение интенсивности поглощения при 233 нм (рис. 1). Как известно [6], в УФ-спектре моно- и полиненасыщенных жирных кислот с изолированными двойными связями хромофор, определяющий спектр, — изолированная этиленовая связь, поглощающая при 233 нм . Следовательно, снижение интенсивности поглощения в УФ-спектре димеров в указанной области свидетельствует об уменьшении общего количества двойных связей в системе.

Анализируя ИК-спектры исходных кислот и димеров (рис. 2), можем сказать следующее. В полосе поглощений $3010\text{--}3020 \text{ см}^{-1}$, принадлежащей валентным колебаниям СН-группы при олефиновом атоме углерода [5], поглощение снижается для димеров как олеиновой и линолевой кислот, так и ЖКТМ. Снижение поглощения свидетельствует об уменьшении ненасыщенности у димеров, а также о переходе cis-формы этиленовой связи в транс-форму. Переход cis—транс сопровождается также смещением характеристической полосы поглощения при 960 см^{-1} в область 980 см^{-1} , что и наблюдаем в ИК-спектре димеров.

Известно, что процессу димеризации полиненасыщенных жирных кислот предшествует переход изолированной системы двойных связей

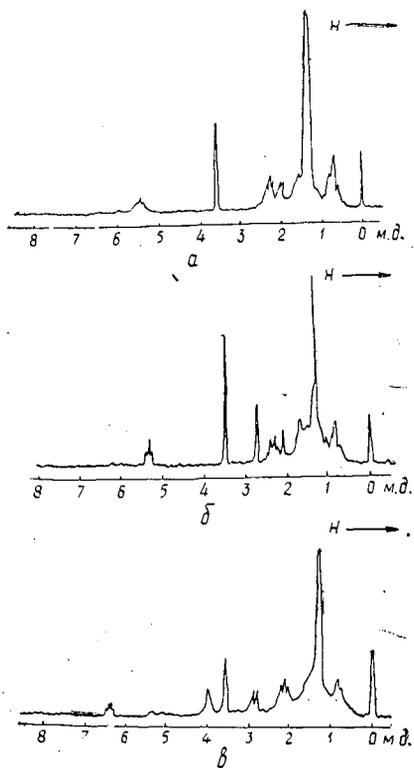


Рис. 3. ЯМР-спектры димеров ненасыщенных жирных кислот.
а — олеиновой кислоты; б — линолевой кислоты; в — ЖКТМ.

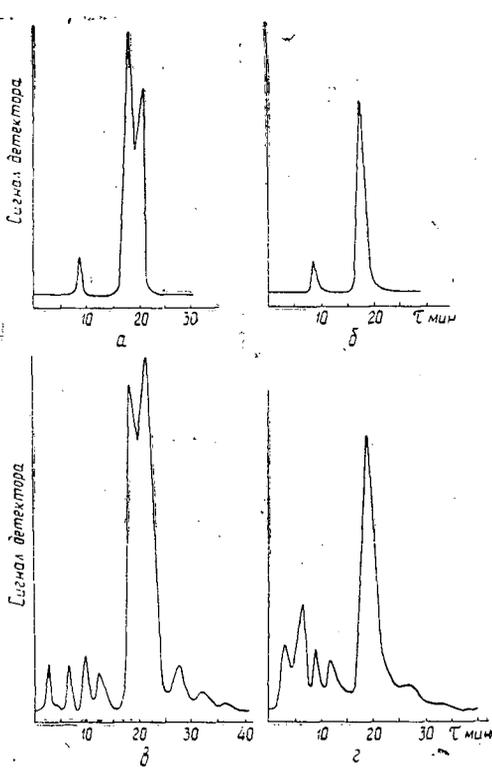


Рис. 4. Хроматограммы ненасыщенных жирных кислот.

а — исходной смеси олеиновой и линолевой кислот (3:2); б — то же после димеризации; в — исходных ЖКТМ; г — ЖКТМ после димеризации.

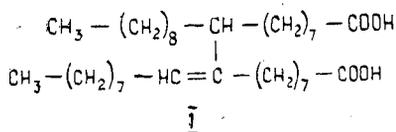
в сопряженное состояние с последующим взаимодействием сопряженных кислот. Следовательно, в структуре димера должны отсутствовать сопряженные двойные связи, поглощающие при $\lambda > 230$ нм. Сравнивая УФ-спектр исходных линолевой кислоты и ЖКТМ со спектрами выделенных димеров (рис. 1), можем отметить, что в структуре димеров отсутствует система сопряженных двойных связей; такой вид спектра характерен для высокомолекулярных ненасыщенных соединений.

Для выяснения структуры димеров, образующихся в результате термической димеризации олеиновой, линолевой кислот и ЖКТМ, были сняты спектры ЯМР (рис. 3), а также сравнены экспериментальные и расчетные значения молекулярной рефракции соответствующих димеров.

Расчетные значения $R_{\text{алл}}$ для линейной структуры димеров жирных кислот равны 167,866; для циклобутановой структуры — 167,808; для циклопентановой — 167,332; для циклогексановой — 164,004; для циклогексановой (Дильса — Альдера) — 163,074; для ароматической — 165,806. Экспериментальные значения R_D для димера олеиновой кислоты равны 167,918; линолевой кислоты — 163,308; ЖКТМ — 163,824.

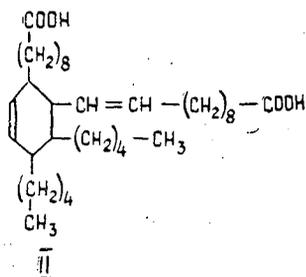
В спектре ЯМР димера олеиновой кислоты заметно уменьшается интенсивность сигнала при δ 5,27 м. д., принадлежащего протонам

этиленовой связи [2], а также отсутствуют сигналы в областях, характерных для ароматических и циклических соединений. При сравнении относительной интегральной интенсивности сигналов протонов метильной группы и протонов этиленовой связи в спектре димера мы получили соотношение, соответствующее линейной структуре. Лучше всего значения экспериментальной и расчетной молекулярной рефракции совпадают для линейной структуры димера. На основании вышеизложенного можно представить строение димера олеиновой кислоты в виде следующей структуры:



Присутствие мультиплета δ 5,27 м. д. в спектре ЯМР димера линолевой кислоты (рис. 3) свидетельствует о наличии двойных связей в структуре димера. Сигналы, принадлежащие ароматическим соединениям, отсутствуют. Можно отметить наличие сигналов, принадлежащих протонам циклогексанового кольца — δ (1,44—1,5) м. д. Из анализа данных по молекулярной рефракции следует, что для димеров линолевой кислоты возможно также существование как линейных, так и циклических структур.

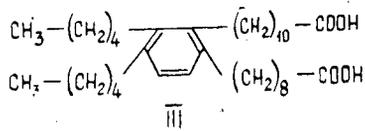
Сравнивая интегральную интенсивность сигналов протонов —COOCH₃ и —(CH₂)_n- групп, а также —CH₃ и —CH=CH- групп, можем сделать вывод, что, в основном, димеру линолевой кислоты соответствует структура, образуемая в результате реакции диенового синтеза Дильса — Альдера,



Рассматривая ЖКТМ как смесь олеиновой и линолевой кислот, можем предположить более сложный механизм образования димеров и как следствие — несколько типов структуры димеров. Вероятно, линолевая кислота как полиненасыщенная быстрее вступает в реакцию димеризации и полнее расходуется. Это видно из данных газо-жидкостной хроматографии как искусственной смеси олеиновой и линолевой кислот, так и ЖКТМ до и после димеризации (рис. 4). Используя метилмиристат в качестве внутреннего стандарта, мы установили, что в процессе димеризации содержание олеиновой кислоты в смеси и в ЖКТМ уменьшается на 42,5 и 36,1% соответственно. Содержание линолевой кислоты снижается до нуля и практически она уже не проявляет себя как индивидуальное вещество. Ненасыщенная часть ЖКТМ остается почти без изменений.

С помощью ТСХ удалось выделить два вещества, по молекулярной массе отвечающие димерам. В спектре ЯМР этих димеров (рис. 3) на-

личие неразрешенного мультиплета при δ 6,34 м. д. свидетельствует о присутствии ароматических единиц [3, стр. 95] в структуре одного из димеров. Этот димер может иметь следующее строение:



Наличие неразрешенного мультиплета δ 5,27 м. д., относящегося к олефиновым протонам, и соотношение интегральной интенсивности сигналов $-\text{COOCH}_3$ и $-(\text{CH}_2)_n$ -групп, позволяют сделать вывод о присутствии димера со структурой по Дильсу — Альдеру.

Таким образом, процесс димеризации олеиновой кислоты протекает, в основном, с образованием димеров линейного строения, а линолевой кислоты — с образованием димеров по реакции диенового синтеза Дильса — Альдера. Термическая димеризация жирных кислот таллового масла имеет сложный механизм и приводит к образованию, в основном, димеров моноциклического неароматического, ароматического и, возможно, линейного характера.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гаттерман Л., Виланд Г. Практические работы по органической химии. М.—Л., Госхимиздат, 1948, с. 311. [2]. Гордон А., Форд Р. Спутник химика. М., «Мир», 1976, с. 278. [3]. Иоффе Б. В., Костиков Р. Р., Разин В. В. Физические методы определения строения органических молекул. Л., Изд-во ЛГУ, 1976. 344 с. [4]. Киселев В. С. Руководство к практическим занятиям по технологии пленкообразующих веществ. М.—Л., Госхимиздат, 1946, 384 с. [5]. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М., «Мир», 1965, с. 28. [6]. Руководство по методам исследования, теххимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности. Под ред. В. П. Ржехина и А. Г. Сергеева. Л., 1967, т. 1, кн. 1, с. 433. [7]. Толчиев А. В., Вишнякова Т. П. Полимеризация олеиновой кислоты и ее метилового эфира в присутствии молекулярного соединения фтористого бора с ортофосфорной кислотой. ДАН СССР, 1950, т. 71, № 3, с. 493—496. [8]. Sen Gupta A. K. «Untersuchungen uber die Struktur dimerer Fettsauren». — Fette, Seifen, Anstrichmittel, 1967, Bd. 69, N 12, 907. [9]. Conroy N. H. «Polymerization of unsaturated fatty acids». — Pat. USA, 1969, 3 632 822. [10]. Ghodssi S. M. A., Petit J., Valot H. «Contribution a l'etude de la polymerisation cationique de l'acide oleique et de ses derives. Etude des dimeres». — Bul. Soc. Chim. France, 1970, N 4, 1461. [11]. Hase A. «Mäntyöljyn rasvahapojen katalyyttinen dimerointi.» — Kemia Kemi, 1974, N 4, 191. [12]. McMahon D. H., Crowell E. P. «Characterization of products from clay catalyzed polymerization of tall oil fatty acids». — The Journal of American Oil Chemist's Soc., 1974, vol. 51, N 12, 522. [13]. M. J. A. M. den Otter. «The Dimerization of oleic acid with montmorillonite catalyst. 11. GLC analysis of the monomer, the structure of the dimer, a reaction model». — Fette, Seifen, Anstrichmittel, 1970, Bd. 72, N 10, 875. [14]. M. J. A. M. den Otter. «The catalytic dimerization of oleic acid in a continuous flow reactor». — Fette, Seifen, Anstrichmittel, 1972, Bd. 74, N 12, 677. [15]. Paschke R. F., Wheeler D. H. «Thermal polymerization of methyl linoleate and α , β -eleostearate». — The Journal of American Oil Chemist's Soc., 1955, vol. 32, 469. [16]. Rushman D. F., Simpson E. M. G. «The thermal polymerization of methyl linoleate. Part 1. The uncatalyzed reaction». — Trans., Farad., Soc., 1955, vol. 55, N 2, 230. [17]. Suzuki O. «Studies on synthesis of fatty acid derivatives by flow method. 11. Dimerization of tall oil fatty acids and its by-products». — Journal of Japan Oil Chemist's Society, Yukagaku, 1978, vol. 27, N 4, 207. [18]. Wheeler D. H., White J. «Dimer acid structures. The thermal dimer of normal linoleate, methyl 9 cis, 12 cis octadecadienoate». — The Journal of American Oil Chemist's Soc., 1967, vol. 44, 298.

Поступила 2 марта 1979 г.

УДК 668.473.001.5

КИНЕТИКА И ТИП РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ ТАЛЛОВОГО МАСЛА КИСЛОРОДОМ ВОЗДУХА

Н. В. ТЕРЕГЕРЯ, В. В. ТЕРЕГЕРЯ, В. А. ВЫРОДОВ,
Ф. А. МЕДНИКОВ

Владимирский политехнический институт
Ленинградская лесотехническая академия

Проведены кинетические исследования по окислению таллового масла кислородом воздуха при температуре реакции 423—523 К.

Лабораторные исследования и промышленные испытания показали возможность применения талловых продуктов после их химической обработки в качестве смазочных материалов при холодной обработке цветных металлов [1—3].

Один из способов модификации таллового масла — его окисление. Изучение кинетики химического процесса окисления таллового масла кислородом воздуха необходимо для создания оптимальной технологии получения смазочных материалов.

Приведем результаты кинетических исследований высокотемпературного окисления таллового масла кислородом воздуха в условиях барботажа. Условия ведения процесса описаны в работе [3].

Реакция окисления таллового масла гомогенная, так как в химическую реакцию вступает растворенный в масле кислород. Стадия растворения кислорода в этом случае гетерогенная. Скорость растворения зависит от диффузии молекул кислорода, обусловленной столкновением их с молекулами карбоновых кислот таллового масла, а также от температуры. При принудительной подаче воздуха в условиях барботажа диффузия растворенного кислорода воздуха восполняет его расход и окислительный процесс протекает в кинетическом режиме.

Порядок реакции по отдельным компонентам таллового масла определен графическим методом. Установлено, что реакция окисления по карбоновым кислотам таллового масла — реакция первого порядка. Следовательно, скорость реакции описывается уравнением

$$-\frac{dC}{dt} = K[C]. \quad (1)$$

Интегрируя уравнение (1), находим эффективные константы скорости процесса окисления карбоновых кислот таллового масла

$$K = \frac{2,3}{t} \lg \frac{[C_0]}{[C]}, \quad (2)$$

где $[C_0]$ — начальная концентрация;

$[C]$ — текущая » ;

t — продолжительность процесса.

Результаты расчета эффективных констант скоростей приведены в табл. 1, из данных которой видно, что с повышением температуры увеличивается эффективная константа скорости процесса окисления как жирных, так и смоляных кислот таллового масла, причем для смоляных кислот эта константа ниже, чем для жирных.

Таблица 1

Температура, К	Продолжительность процесса · 10 ² , с	Концентрация жирных кислот, моль/л	Средняя константа скорости окисления жирных кислот · 10 ⁻⁴ , с ⁻¹	Концентрация смоляных кислот, моль/л	Средняя константа скорости окисления смоляных кислот × 10 ⁻⁴ , с ⁻¹
423	0	1,78	1,13	1,30	0,2
	18	1,17		1,26	
	36	1,15		1,22	
	54	1,11		1,20	
	72	1,04		1,15	
473	18	0,99	2,16	1,19	0,4
	36	0,79		1,18	
	54	0,56		1,09	
	72	0,39		0,96	
	90	0,29		0,82	
523	18	0,86	3,3	1,15	0,63
	36	0,56		1,08	
	54	0,28		0,97	
	72	0,19		0,77	
	90	0,12		0,66	

При исследовании влияния температуры на скорость окисления таллового масла нами вычислена эффективная энергия активации. С этой целью построен график зависимости логарифма константы скорости от обратной температуры (рис. 1). Энергию активации определяли как тангенс угла наклона прямых в координатах $\lg[K] - 1/T$.

Эффективная энергия активации процесса окисления таллового масла для жирных кислот составляет $19,2 \pm 1,0$ кДж/моль, для смоляных $24,9 \pm 1,3$ кДж/моль.

При температуре реакции 473 К эффективная константа скорости процесса окисления жирных кислот равна $2,16 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$, а смоляных $0,4 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$.

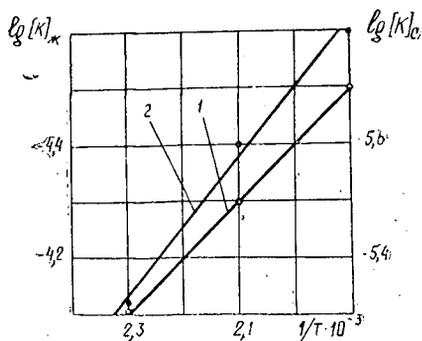


Рис. 1.

1 — жирные кислоты; 2 — смоляные кислоты.

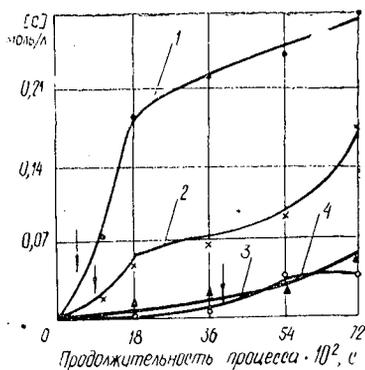


Рис. 2.

1 — окисленные соединения; 2 — карбонильные соединения; 3 — гидроперекиси; 4 — эпокси соединения.

Отсюда константа скорости для реакции окисления жирных кислот составляет $2,9 \cdot 10^{-2} \cdot e^{-\frac{1,9 \cdot 10^4}{RT}}$, для реакции окисления смоляных кислот $2,3 \cdot 10^{-2} \cdot e^{-\frac{2,5 \cdot 10^4}{RT}}$ (где $2,9 \cdot 10^{-2}$ и $2,3 \cdot 10^{-2}$ — предэкспоненциальные множители). Приведенные расчеты показывают, что предэкспоненциальные множители для жирных и смоляных кислот — одного порядка. А из энергий активации процесса окисления жирных и смоляных кислот можно приближенно определить эффективную энергию активации процесса окисления таллового масла: $2,6 \cdot 10^{-2} e^{-\frac{2,2 \cdot 10^4}{RT}}$

Энергия активации процесса окисления жирных кислот таллового масла меньше, чем смоляных, что приводит к выводу о большей реакционной способности жирных кислот по сравнению со смоляными.

Наряду с изучением кинетики процесса проведены исследования по установлению типа реакции окисления таллового масла кислородом воздуха. Известно, что окисление органических соединений чаще всего происходит по радикально-цепному механизму. Исследуя продукты окисления, мы определили содержание гидроперекисей, окси-, эпокси-, карбонильных соединений.

На рис. 2 приведены кинетические кривые образования вторичных продуктов окисления при температуре реакции 423 К. Начальный участок кривых обращен выпуклостью вниз, что характерно для автокаталитических реакций. Процесс идет также при переменной возрастающей концентрации катализатора. На реакцию образования вторичных продуктов окисления каталитическое действие оказывают промежуточные соединения — гидроперекиси, а на процесс полимеризации, димеризации, кроме перекисных соединений, влияют и окси-, эпокси-, карбонильные соединения [3].

Из рис. 2 видно, что количество образующихся гидроперекисей не соответствует глубине окислительных изменений. Это объясняется тем, что гидроперекиси, образующиеся из перекисных радикалов, неустойчивы, быстро вступают в различные реакции с образованием кислородсодержащих групп и группировок сложного состава.

Как показано в работе [4], перекисные соединения служат источником свободных радикалов. Поэтому можно предположить, что окис-

ление таллового масла кислородом воздуха протекает по цепному механизму.

Характерный признак цепной реакции — действие инициаторов, ускоряющих окислительные процессы (действие света, соединений металлов переменной валентности и др.), а также действие ингибиторов, тормозящих процессы.

Влияние этих факторов изучено в наших работах, которые вели при температуре окисления 423 К и концентрации добавок 0,1%. В качестве инициатора окислительной реакции применено пальмитиновое железное, в качестве ингибитора — гидрохинон.

Иницирование цепной реакции окисления объясняется тем, что

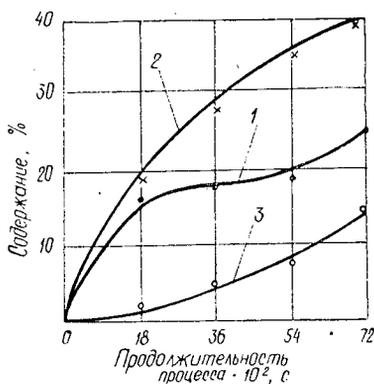


Рис. 3. Изменение состава таллового масла в процессе окисления при температуре реакции 423 К.

образующиеся перекиси вступают в реакцию с двухвалентным железом, превращая его в трехвалентное; при этом образуются свободные радикалы, которые и ускоряют процесс. Добавление в реакционную смесь малых количеств ингибитора способствует обрыву кинетической цепи, что приводит к резкому торможению цепной реакции окисления таллового масла [4].

Результаты анализов (рис. 3) показывают, что при введении инициатора скорость образования суммарного содержания окисленных веществ возрастает, а в присутствии ингибитора резко затормаживается. Следовательно, реакция окисления таллового масла кислородом воздуха протекает по цепному автокаталитическому механизму.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Терегеря Н. В., Пасечник М. С. — «Масложировая промышленность», 1966, № 7. [2]. Терегеря Н. В. и др. Исследование процесса сульфатирования и гидратации таллового масла. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 1. [3]. Терегеря Н. В. и др. Исследование процесса окисления таллового масла кислородом воздуха. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 6. [4]. Эмануэль Н. М., Денисов Е. Т., Майзус З. К. Цепные реакции окисления углеводов в жидкой фазе. М., «Наука», 1965.

Поступила 24 июля 1978 г.

УДК 547.992.3

СОЛЬВАТАЦИЯ МАКРОМОЛЕКУЛ СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА В МЕТИЛЦЕЛЛОЗОЛЬВЕ И ТЕТРАГИДРОФУРФУРИЛОВОМ СПИРТЕ

В. В. НЕКРАСОВ

Архангельский лесотехнический институт

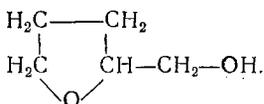
Установлено, что мольная сольватация лигнина в метилцеллозольве значительно выше, чем в тетрагидрофурфуриловом спирте, и мало зависит от температуры. В тетрагидрофурфуриловом спирте эта сольватация возрастает примерно на 1 ммоль/г СЛ при нагревании раствора от 20 до 70°C. Автор рассматривает возможный механизм этого явления.

Возрастающее применение сульфатного лигнина (СЛ) в промышленности требует всестороннего изучения взаимодействия его макромолекул с различными веществами, в том числе и с органическими растворителями. Одной из характеристик взаимодействия макромолекул лигнина с молекулами растворителя может служить степень сольватации.

В работе [4] представлены результаты исследования мольной сольватации СЛ в четырех органических растворителях: диметилформамиде (ДМФ), диметилсульфоксиде (ДМСО), диоксане (Д) и этиленгликоле (ЭГ). Под мольной сольватацией авторы подразумевали количество молей растворителя, сольватированных одним граммом СЛ, и обозначали h/M_1 (где h — число граммов растворителя, сольватированного одним граммом СЛ; M_1 — молекулярная масса растворителя).

Исследования показали, что сольватация СЛ в растворах заметно изменяется при переходе от одного растворителя к другому. Общим для всех растворителей является то, что их молекулы содержат один вид группировок (либо акцепторных, либо донорных). Естественно возникает вопрос: какова будет мольная сольватация СЛ в раствори-

телях, молекулы которых содержат акцепторные и донорные группировки? Чтобы решить его, мы выбрали два растворителя: метилцеллозольв (МЦ) $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_2-\text{OH}$ и тетрагидрофуруфуриловый спирт (ТГФС)



Эти растворители перед приготовлением растворов перегоняли под вакуумом.

На основе МЦ и ТГФС были приготовлены растворы СЛ (та же партия, что и для приготовления растворов СЛ с работами [4—6]) с концентрациями от 2 до 8 мас.%. Способы очистки и характеристики лигнина, приготовление растворов, методика исследования описаны в работах [1, 4—6]. В исследованных растворах с ростом концентрации от 2 до 8%, величина h/M_1 убывает примерно на 6%, как это наблюдалось в растворах, исследованных в работе [4]. Поэтому в дальнейшем речь пойдет о растворах с 2%-ной концентрацией СЛ.

Зависимости мольной сольватации СЛ от температуры в растворах МЦ и ТГФС с концентрацией 2 мас.% приведены на рис. 1. Для удобства анализа на этом рисунке нанесены также кривые для растворов ДМФ, ДМСО, Д и ЭГ.

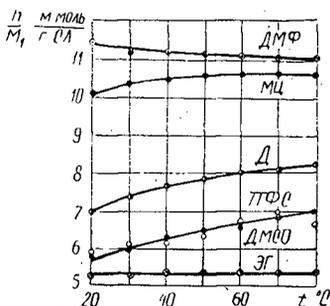


Рис. 1.

Из рис. 1 видно, что кривая зависимости h/M_1 от температуры растворов СЛ в МЦ проходит несколько ниже, чем для растворов СЛ в ДМФ. Если в растворах ДМФ с ростом температуры сольватация незначительно убывает (от 11,4 до 11,1 ммоль/г СЛ), то в МЦ она незначительно растет (от 10,3 до 10,7 ммоль/г СЛ).

Следовательно, сольватация СЛ в МЦ и ДМФ при $t > 60^\circ\text{C}$ примерно одинакова и близка к 11 ммоль/г СЛ. Кривая, отображающая зависимость мольной сольватации СЛ в растворах ТГФС от температуры, практически совпадает с аналогичной кривой в растворах ДМСО.

В исследованных растворителях МЦ и ТГФС наблюдается картина, аналогичная паре ДМФ и ДМСО. Взаимодействие молекул растворителя с макромолекулами СЛ зависит не только от характера группировок, образующих водородные связи, но и от специфики самих молекул растворителя. Наличие как донорных, так и акцепторных группировок в молекулах МЦ и ТГФС не обеспечивает одинаковой мольной сольватации СЛ в них: в МЦ она значительно выше, чем в ТГФС.

В первом растворителе сольватация СЛ мало зависит от температуры, во втором она увеличивается примерно на 1 ммоль/г СЛ при нагревании раствора от 20 до 70°C .

Различие в сольватации СЛ в МЦ и ТГФС можно объяснить, следуя Гликману [3], как было сделано для других растворов в работах [4, 6]. Сольватация СЛ в растворах ТГФС (как в ДМСО и Д) осуществляется со свободными функциональными группами полимера (в нашем случае лигнина). С повышением температуры достигается точка «плавления связей», эти связи под действием теплового движения ча-

стиц раствора разрушаются, что приводит к возникновению микропор, в которые проникают молекулы растворителя; в результате увеличивается сольватация СЛ.

Авторы работы [7] наблюдали возрастание реакционной способности лигнина в растворах МЦ вследствие раскрытия недоступных зон в макромолекулах. Для растворов СЛ в МЦ уже при комнатных температурах происходит раскрытие недоступных зон, в которые проникают молекулы растворителя, увеличивая тем самым сольватацию СЛ. В растворах ТГФС мольная сольватация при комнатной температуре достигает 5,7 ммоль/г СЛ, что несколько больше, чем сольватация в ЭГ (5,2 ммоль/г СЛ). Согласно принятой модели макромолекулы СЛ в растворе [6], молекулы ЭГ взаимодействуют лишь со свободными функциональными группами макромолекул лигнина. Отсюда можно полагать, что при комнатной температуре молекулы ТГФС частично проникают в недоступные зоны. С повышением температуры сольватация СЛ в ТГФС увеличивается. Природа этого явления, очевидно, та же, что и в растворах Д, ДМСО.

Подводя предварительные итоги результатов исследования мольной сольватации СЛ в исследованных растворителях, отметим ряд особенностей. С одной стороны, числовые значения и температурная зависимость сольватации согласуются с принятой моделью макромолекулы [4, 6]. Действительно, полагаем, что в сольватной оболочке каждая функциональная группа лигнина удерживает с помощью водородных связей по одной молекуле. Указанному условию удовлетворяют данные по сольватации СЛ в растворах МЦ, ТГФ и ЭГ. В других растворителях число молекул в сольватном слое лигнина больше общего числа соответствующих функциональных групп в макромолекуле. Так, в Д сольватация возрастает от 6,9 до 8,1 ммоль/г СЛ, а общее число гидроксильных групп всего 6,9 мг·экв/г СЛ. Аналогичная картина наблюдается в растворах ДМФ и ДМСО. Указанное расхождение числа функциональных групп лигнина с его мольной сольватацией можно объяснить рядом причин. При образовании сольватной оболочки каждая функциональная группа может удерживать более одной молекулы растворителя [2]. Однако не все данные удовлетворительно согласуются с принятой моделью макромолекулы лигнина. При анализе результатов необходимо учесть все три взаимодействия в растворах, как на это указывают исследования [6].

В заключение выражаю признательность доц. О. М. Соколову за ценные советы при подготовке данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Богомолов Б. Д. Изучение химии лигнина, делигнификации древесины и использование побочных продуктов сульфатно-целлюлозного производства. Автореф. дис. на соиск. учен. степени докт. техн. наук. Л., 1974, с. 72. [2]. Воюцкий С. С. Растворы высокомолекулярных соединений. М., Госхимиздат, 1960, с. 132. [3]. Глиман С. А. Введение в физическую химию высокополимеров. Саратов. Изд-во Саратовского университета, 1959, с. 379. [4]. Некрасов В. В., Соколов О. М., Боровкин И. М. О сольватации сульфатного лигнина в некоторых органических растворителях. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 2, с. 114—117. [5]. Некрасов В. В. и др. Влияние природы растворителя на удельные объемы сульфатного лигнина. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 3, с. 119—121. [6]. Некрасов В. В. Связь энергии активации вязкого течения растворителя с мольной сольватацией сульфатного лигнина в растворах — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 3, с. 97—100. [7]. Чупка Э. И., Оболенская А. В., Никитин В. М. Влияние внутренней структуры лигнина на некоторые его свойства. — В кн.: Химия древесины. Вып. 5. Рига, «Зинатне», 1969, с. 53—58.

Поступила 20 сентября 1978 г.

УДК 676.01 : 519.24

ФАКТОРНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЧНОСТИ БУМАЖНОГО ЛИСТА

Р. Э. ПЕН, Б. А. ПИЯДИНА

Сибирский технологический институт

С целью проверки высказанной ранее гипотезы о факторной модели прочности бумажного листа изготовлены и испытаны отливки, в которых прочность целлюлозных волокон и межволоконных связей изменялась в широком диапазоне. Установлено хорошее соответствие результатов наблюдений теоретическим представлениям.

Попытки создать математическую модель прочности бумажного листа предпринимались неоднократно, однако заметные успехи достигнуты пока только при описании сопротивления разрыву. Между тем, основные показатели прочности обычно коррелированы между собой. Это указывает на существование небольшого числа присущих целлюлозе первичных свойств, варьирование которых под влиянием тех или иных воздействий приводит к изменению всех непосредственно измеряемых показателей прочности отливок. Если первичные свойства выявлены, то механические показатели отливок могут быть представлены в виде функций от этих свойств.

Рассмотрим вначале один из наиболее изученных показателей прочности — сопротивление разрыву y . Пусть испытанию подвергнуты N отливок, полученных в одинаковых условиях из разных образцов целлюлозы. Поскольку разрушение образца при испытании сопровождается разрывом либо волокон, либо связей между волокнами, естественно рассмотреть в качестве первичных свойств среднюю прочность волокон P_v и среднюю прочность межволоконных связей P_c .

Естественно допустить, что сопротивление образца разрыву лимитируется меньшим из значений P_v и P_c , т. е. в предельном (идеализированном) случае при $P_v < P_c$ имеет место зависимость $y = k_1 P_v$, а при $P_v > P_c$ соответственно $y = k_2 P_c$. В действительности же в силу статистического характера свойств волокон и связей зависимость $y = f(P_v, P_c)$ при $P_v \approx P_c$ имеет более сложный характер и только при значительных различиях между P_v и P_c она может приближаться к указанному предельному случаю. Гипотетические линии равной прочности $y = A_i$ в координатах $P_v - P_c$ выглядят так, как показано на рис. 1. Локальные участки поверхности отклика, соответствующие такому виду функции, могут быть аппроксимированы выражением

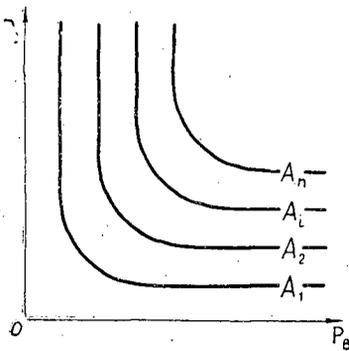


Рис. 1. Гипотетические линии равной прочности на разрыв. $y = A_i; i = 1, 2, \dots, n; A_1 < \dots < A_n$.

$$\ln \hat{y} - \overline{\ln y} = a_1 \varphi_1 + a_2 \varphi_2, \tag{1}$$

где
$$\overline{\ln y} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \ln y_n; \tag{2}$$

$$\varphi_1 = \ln P_v \exp \left\{ - \exp \left(b_1 + c_1 P_v / P_c \right) \right\}; \tag{3}$$

$$\varphi_2 = \ln P_c \exp \left\{ - \exp \left(b_2 + c_2 P_v / P_c \right) \right\}. \tag{4}$$

Параметры a , b и c определяют экспериментально. Чтобы избежать трудностей, связанных с различными единицами измерений свойств отливок, приведем $\ln y$ к стандартному виду $[\ln y]$ путем нормирования

$$[\ln y] = \frac{\ln y - \overline{\ln y}}{S_{\ln y}}; \quad S_{\ln y} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N (\ln y_n - \overline{\ln y})^2} \quad (5)$$

и перепишем выражение (1) в следующем виде:

$$[\ln y] = \frac{a_1}{S_{\ln y}} \varphi_1 + \frac{a_2}{S_{\ln y}} \varphi_2 + \varepsilon = l_1 \varphi_1 + l_2 \varphi_2 + \varepsilon, \quad (6)$$

где $\varepsilon = \ln y - \overline{\ln y}$ — случайная нормально распределенная величина с математическим ожиданием $M(\varepsilon) = 0$ и дисперсией $D(\varepsilon) = \sigma$.

Рассмотрим теперь другие показатели прочности отливок. Предположим, что для характеристики свойств отливок привлечено p показателей механической прочности y_j ; $j = 1, 2, \dots, p$ (включая и сопротивление разрыву). Исходная гипотеза заключается в том, что каждый из этих показателей можно представить аналогично выражению (6) через φ_1 и φ_2

$$[\ln y_j] = l_{j1} \varphi_1 + l_{j2} \varphi_2 + \varepsilon_j. \quad (7)$$

Если факторная модель (7) справедлива, то между $\ln y_j$ существуют линейные корреляции, образующие корреляционную матрицу C [1]

$$C = LRL^T + V, \quad (8)$$

где L — матрица, элементами которой являются факторные нагрузки l_{j1} и l_{j2} ;

R — квадратная матрица с единицами на главной диагонали и коэффициентом корреляции между φ_1 и φ_2 вне диагонали;

V — диагональная матрица с остаточными дисперсиями σ_j на диагонали.

Чтобы проверить гипотезу о факторной модели прочности бумажного листа, нами изготовлены и испытаны отливки, в которых прочность волокон и межволоконных связей изменялась в широких пределах. Для опытов использовали среднежесткую целлюлозу, полученную сульфатным способом из древесины лиственницы.

Прочность волокон варьировали при обработке целлюлозной суспензии растворами гипохлорита натрия разной концентрации и температуры. Таким путем получили 15 образцов целлюлозы с градацией вязкости медноаммиачного раствора в интервале 2,5—70 мПа·с. Отливки массой 75 г/м² из размолотой до 30° ШР целлюлозы готовили в стандартных условиях на аппарате ЛО-2.

С целью варьирования прочности межволоконных связей изменяли влажность отливок в интервале от 1,5 до 37% выдерживанием в климатической камере. В некоторых случаях (для достижения влажности выше 25%) отливки увлажняли водно-глицериновой смесью, чтобы предотвратить их быстрое высыхание в процессе испытаний. Каждый образец целлюлозы имел 10—11 градаций влажности. Общий объем выборки N в эксперименте составил 155 градаций по двум указанным свойствам. Отливки характеризовали следующими показателями прочности y_j (в скобках указаны интервалы их изменения): y_1 — разрывная длина, км (0,31—8,37); y_2 — сопротивление излому, число двойных перегибов (1—517); y_3 — сопротивление продавливанию, МПа (0,010—0,294); y_4 — сопротивление раздиранию, Н (0,17—2,29); y_5 — разрывная длина при испытаниях с нулевым расстоянием между зажимами динамометра, км (1,22—12,40); y_6 — сопротивление сдвигу слоев двухслойной отливки, МПа (0,10—1,60).

Таблица 1

Логарифмы показателей	$\ln y_1$	$\ln y_2$	$\ln y_3$	$\ln y_4$	$\ln y_5$	$\ln y_6$
$\ln y_1$	1	0,639	0,912	0,236	0,848	0,821
$\ln y_2$	0,639	1	0,853	0,817	0,805	0,262
$\ln y_3$	0,912	0,853	1	0,523	0,894	0,643
$\ln y_4$	0,236	0,817	0,523	1	0,585	-0,171
$\ln y_5$	0,848	0,805	0,894	0,585	1	0,573
$\ln y_6$	0,821	0,262	0,643	-0,171	0,573	1

Матрица корреляций между логарифмами показателей прочности приведена в табл. 1.

Матрицы нагрузок L и факторных корреляций R вычислены на ЭВМ итерационным центроидным методом [1]

$$L = \begin{vmatrix} 0,599 & 1,269 & 0,972 & 1,296 & 1,007 & 0,000 \\ 0,447 & -0,600 & 0,101 & -1,081 & 0,000 & 0,928 \end{vmatrix}; \quad R = \begin{vmatrix} 1,000 & 0,704 \\ 0,704 & 1,000 \end{vmatrix}.$$

Доля суммарной остаточной дисперсии $\Sigma D(\varepsilon_j)$ от полной дисперсии всех шести переменных составила 9,88%. Если учесть, что эта величина включает в себя не только ошибки, связанные с возможной неадекватностью факторной модели, но также и погрешности эксперимента, столь малое значение остаточной дисперсии убедительно свидетельствует в пользу гипотезы о двухфакторной модели прочности.

Следующий шаг — переход от факторов φ_1 и φ_2 к более физически содержательным понятиям P_B и P_C . Предварительно вычисляли индивидуальные значения φ_{1i} и φ_{2i} для всех 155 наблюдений. В последующих расчетах исходили из предположения, что показатель y_5 может быть принят в качестве характеристики средней прочности волокон P_B , а y_6 — средней прочности межволоконных связей P_C .

$$P_B = \exp([\ln y_5]); \quad P_C = \exp([\ln y_6]).$$

С учетом этого вычисляли параметры уравнений (3) и (4) по методу наименьших квадратов

$$b_1 = -2,88; \quad c_1 = 0,0016; \quad b_2 = -4,45; \quad c_2 = 0,0011.$$

Для принятого в эксперименте интервала варьирования $0,005 \leq P_B/P_C \leq 50$ выполняются неравенства

$$0,9454 \geq \exp\{-\exp(-2,88 + 0,0016 P_B/P_C)\} \geq 0,9410;$$

$$0,9890 \geq \exp\{-\exp(-4,45 + 0,0011 P_C/P_B)\} \geq 0,9856,$$

поэтому без ущерба для точности можно упростить выражения (3) и (4)

$$\varphi_1 = 0,94 \ln P_B; \quad \varphi_2 = 0,99 \ln P_C.$$

С учетом этого окончательно имеем

$$[\ln \hat{y}_j] = 0,94 I_{j1} \ln P_B + 0,99 I_{j2} \ln P_C, \quad (9)$$

где P_B и P_C — безразмерные величины, пропорциональные прочности волокон и межволоконных связей в листе.

Зависимость свойств отливок y_j ($j = 1, 2, 3, 4$) от P_B и P_C представлена графически в виде линий равной прочности $\hat{y}_j = A_{ji}$ (рис. 2) на основании уравнения (9). На рис. 2 нанесены также экспериментальные точки, для которых значения y_j попали в «коридор» $A_{ji} \pm 0,1A_{ji}$.

Характер зависимости разрывной длины от прочности волокон P_B и межволоконных связей P_C в области эксперимента хорошо соответствует гипотетическим кривым (рис. 1), полученным на основе априорных представлений.

Сопrotивление продавливанию, как известно, — функция сопротивления разрыву и удлинения образца до разрыва [2, с. 335]. При увеличении прочности межволоконных связей одновременно с сопротивлением разрыву растет упругость испытываемого образца. Вследствие этого изменение прочности межволоконных связей влияет на сопротивление продавливанию в меньшей степени, чем на разрывную длину.

Хорошо соответствует также известным положениям [2, с. 337—344] полученная зависимость сопротивления раздиранию от P_B и P_C . При

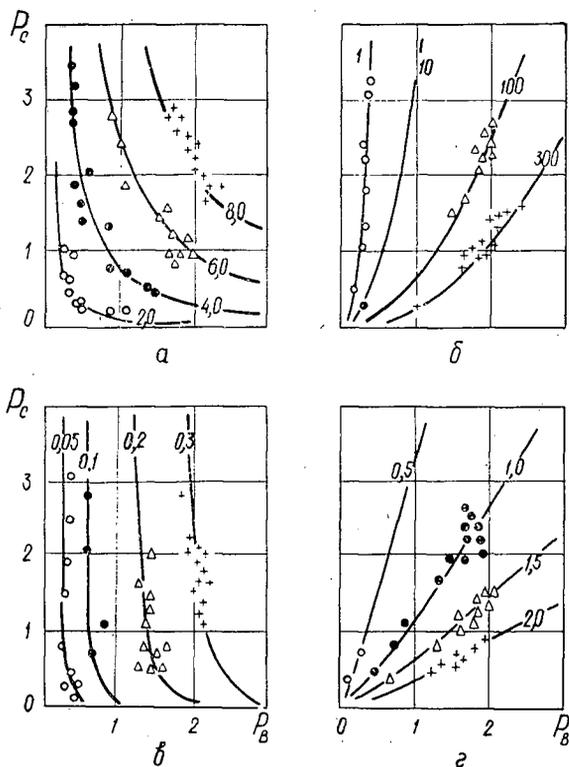


Рис. 2. Зависимость разрывной длины (а), сопротивления излому (б), продавливанию (в) и раздиранию (г) от прочности волокон P_B и межволоконных связей P_C .

испытании отливки на приборе Эльмендорфа (Р-1) прочность образца характеризуется не усилием раздирания, а значением совершаемой при этом работы; последняя же значительно больше при выдергивании волокон из листа (т. е. при разрушении межволоконных связей), чем при разрыве самих волокон. Вследствие этого повышение прочности волокон приводит к росту сопротивления раздиранию, а увеличение прочности межволоконных связей — к снижению этого показателя, что и нашло отражение в результатах описываемого эксперимента.

Зависимость сопротивления излому от P_B и P_C аналогична зависимости сопротивления раздиранию, однако механизм явления иной. Увеличение сопротивления излому с ростом прочности волокон естественно. При интерпретации же факта уменьшения сопротивления излому по мере роста прочности межволоконных связей следует иметь в виду, что на показатель излома сильно влияет пластичность волокон [2, с. 332]. Значение P_C в наших опытах варьировали путем изменения влажности отливок. При этом рост числа перегибов, обусловленный пластификацией волокон при увлажнении, значительно выше, чем одновременное уменьшение сопротивления излому из-за ослабления межволоконных связей по мере увлажнения. Этим, очевидно, и объясняется описываемое явление.

В целом двухфакторная модель прочности бумажного листа на разрыв, продавливание и раздирание удовлетворительно согласуется с результатами эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод. М., 1967. 144 с. [2]. Фляте Д. М. Свойства бумаги. Изд. 2-е, М., 1976. 648 с.

Поступила 15 января 1979 г.

УДК 634.0.866.4 : 502.55

ЭКСТРАКЦИЯ КОРЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД ВОДОЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЕЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДОЕМОВ ОТ НЕФТИ

Э. Д. ЛЕВИН, Т. М. ИВКИНА

Сибирский технологический институт

Изучена динамика извлечения экстрактивных веществ водой из коры лиственницы, сосны, пихты. Степень извлечения танинов резко уменьшается с увеличением количества поглощенной корой нефти. Поэтому большое содержание танинов в коре — не препятствие при использовании ее в качестве средства для очистки водоемов от нефти.

Современные масштабы добычи нефти рожают серьезную проблему нефтяного загрязнения окружающей среды. При добыче и транспортировке 5% нефти безвозвратно теряется. Это означает, что ежегодно в почву и воду попадает 150 млн. т нефти [2].

Для борьбы с нефтяными загрязнениями используют следующие сорбенты: ацетат целлюлозы, гидрофобный битуминизированный древесноволокнистый материал, рисовую шелуху, полученный из отработанных шин порошок, вспененный перлит, гидрофобизированный стеариновой кислотой портланд-цемент и множество других материалов.

Известно, что хорошо сорбирует нефть измельченная кора хвойных пород [4]. Преимущество коры перед другими сорбентами в том, что она недефицитна, не требует длительной и дорогостоящей подготовки. Эти качества особенно ценны при использовании коры в отдаленных районах нефтедобычи Сибири и Дальнего Востока. Кора — отход лесной промышленности, поэтому применение ее в качестве средства для очистки водоемов от нефти снижает засорение окружающей среды древесными отходами, повысит коэффициент использования древесного сырья.

Однако следует учитывать, что в коре содержится значительное количество экстрактивных веществ. Среди водорастворимых наибольший вред могут принести соединения фенольного характера — таниды и красящие вещества. Поэтому важно выяснить, в каких количествах эти вещества могут извлекаться холодной водой из коры основных лесообразующих хвойных пород древесины.

Мы исследовали кору лиственницы, сосны и пихты. Изучена динамика извлечения водорастворимых экстрактивных веществ и содержание в них танинов в зависимости от продолжительности пребывания коры в воде и от размеров частиц коры.

На Красноярском ЛПК была собрана усредненная партия коры каждой породы. Кору измельчали и отбирали две фракции с размером частиц 0—0,5 мм и 0,5—1,0 мм.

Опыты проводили следующим образом. В колбу, содержащую 200 мл воды при комнатной температуре, вносили 4 г коры, тщательно перемешивали и настаивали. Затем содержимое колбы отфильтровывали и в фильтрате определяли количество экстрактивных веществ весовым методом, а танидов — перманганатным [3]. Последний позволяет одновременно с танидами определять и красящие вещества.

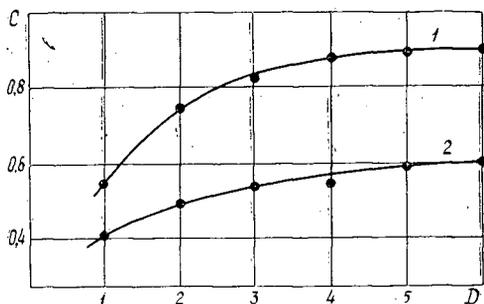
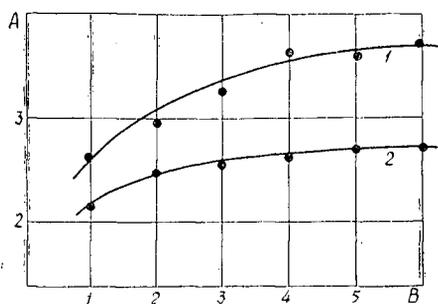


Рис. 1. Динамика извлечения экстрактивных веществ водой из коры лиственницы.

Рис. 2. Динамика извлечения танидов водой из коры лиственницы.

A — степень извлечения экстрактивных веществ, % к абс. сухой коре; B — продолжительность настаивания, ч; 1 — крупность коры 0—0,5 мм; 2 — крупность коры 0,5—1,0 мм.

C — степень извлечения танидов, % к абс. сухой коре; D — продолжительность настаивания, ч; 1 — крупность коры 0—0,5 мм; 2 — крупность коры 0,5—1,0 мм.

Результаты исследований экстрактов коры лиственницы (рис. 1 и 2) показали, что продолжительность исчерпывающего извлечения водорастворимых веществ составляет 5 ч. Однако большая часть танидов извлекается в течение первого часа. Так, из коры с размером частиц 0—0,5 мм за первый час извлекается 0,55% танидов в пересчете на абс. сухую кору, а из более крупной коры — 0,42%; за последующие 4 ч извлекается соответственно до 0,91 и 0,60% танидов. С увеличением размеров частиц коры степень извлечения танидов уменьшается.

Таблица 1

Кора	Продолжительность настаивания, ч	Содержание в фильтрате, % к абс. сухой коре,		Кора	Продолжительность настаивания, ч	Содержание в фильтрате, % к абс. сухой коре,	
		экстрактивных веществ	танидов			экстрактивных веществ	танидов
Сосны	1	2,42	0,13	Пихты	1	5,44	0,48
		1,50	0,08			4,06	0,43
	2	2,38	0,12		2	5,38	0,47
		1,42	0,08			4,02	0,44
	3	2,36	0,13		3	5,46	0,47
		1,40	0,09			4,00	0,43
4	2,40	0,13	4	5,46	0,48		
	1,44	0,08		4,04	0,44		
5	2,50	0,14	5	5,44	0,48		
	1,50	0,09		4,12	0,44		
6	2,46	0,13	6	5,46	0,48		
	1,46	0,08		4,10	0,44		

Примечание. В числителе данные для частиц размером 0—0,5 мм; в знаменателе — размером 0,5—1,0 мм.

Результаты опытов по экстракции коры сосны и пихты представлены в табл. 1, из данных которой видно, что в течение первого часа из коры этих пород извлекается основная масса экстрактивных веществ, в том числе и танидов. Увеличение продолжительности настаивания не вызывает заметного изменения содержания экстрактивных веществ в фильтрате. Более крупной по размерам частиц коре соответствует меньшая степень извлечения водорастворимых веществ. Холодная вода извлекает незначительную часть танидов, содержащуюся в коре (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная характеристика
содержания танидов в коре
и фильтрате

Кора	Содержание танидов,	
	% к абс. сухой коре*	извлекаемых холодной водой, % к абс. сухой коре
Сосны	2,2 — 4,3	0,08 — 0,13
Пихты	7 — 15	0,43 — 0,48
Лиственницы	10 — 15	0,60 — 0,91

* Данные взяты из работы [1].

Необходимо учитывать, что та эффективность экстракции, которая приведена выше, возможна только в чистой воде. В случае загрязнения водной поверхности нефтью частицы коры, сорбируя ее, покрываются гидрофобной пленкой углеводородов. Эта пленка закрывает срезы танидоносных клеток, препятствует проникновению молекул воды вглубь, затрудняя экстракцию. Следствие этого — уменьшение степени извлечения танидов. Проведенные исследования подтвердили это предположение.

Для изучения влияния количества нефти, находящейся на поверхности коры, на степень извлечения танидов была взята кора лиственницы с размером частиц 0—0,5 мм, из которой извлекается наибольшее количество экстрактивных веществ. Опыты проводили аналогично предыдущим с той лишь разницей, что кору высыпали на нефтяное пятно.

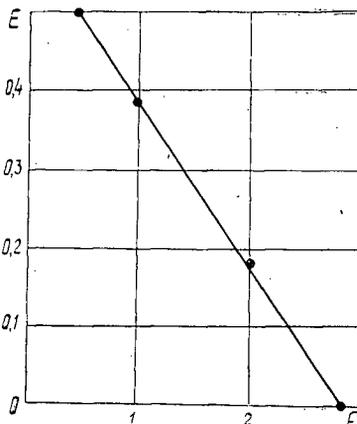


Рис. 3.

E — степень извлечения танидов, % к абс. сухой коре; F — количество г нефти, поглощенное 1 г коры.

Полученная зависимость степени извлечения таннидов от количества поглощенной корой нефти приведена на рис. 3. График построен с учетом продолжительности исчерпывающего извлечения таннидов, которая в данном случае не зависит от массы сорбированной нефти и составляет 4 ч. Из рис. 3 видно, что увеличение количества нефти на поверхности коры приводит к резкому сокращению степени извлечения таннидов. Так, если масса поглощенной нефти составляет половину массы коры, то степень извлечения уменьшается в два раза. Увеличение массы поглощенной нефти до двух массовых частей на одну массовую часть коры приводит к уменьшению количества извлекаемых таннидов в пять раз. Если масса сорбированной нефти втрое превышает массу коры, то даже после 6 ч настаивания танниды в фильтрате обнаружить не удается.

Эти факты доказывают возможность использования коры хвойных пород для очистки водоемов от нефтяных загрязнений без ущерба для окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Васечкин В. С. Технология экстрактивных веществ дерева. М.—Л., Гослесбумиздат, 1953, с. 379. [2]. Гаврилов В. П. Черное золото планеты. М., «Недра», 1978. [3]. Петров К. П. Практикум по биохимии пищевого растительного сырья. М., «Пищевая промышленность», 1965, с. 294. [4]. «Canadian pulp and paper industry». 1972, N 2, p. 6.

Поступила 13 ноября 1978 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 634.0.38

МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ МАНИПУЛЯТОРНЫХ МАШИН

А. Ф. ТИХОНОВ, А. В. ЖУКОВ, А. В. ГЕРМАЦКИЙ

Белорусский технологический институт

Разработаны динамическая и математическая модели лесных манипуляторных машин. Получены некоторые данные о влиянии режимов работы машин и их параметров на характер переходных процессов.

Применение специализированных лесных машин играет важную роль в повышении эффективности лесозаготовительного производства.

На кафедре тяговых машин Белорусского технологического института изготовлен опытный образец самопогружающегося лесовозного автопоезда с гидроманипулятором для погрузки древесины в хлыстах. При экспериментальных исследованиях этого автопоезда, проводимых в Негорельском учебно-опытном лесхозе, изучали переходные процессы при подъеме и опускании хлыста стрелой манипулятора. На ленте светолучевого осциллографа фиксировались следующие параметры: угловые и вертикальные перемещения подрессоренной массы тягача, вертикальные перемещения неподдресоренных масс тягача, угловые перемещения стрелы манипулятора и дерева. Кроме того, фиксировались вертикальные ускорения центра тяжести дерева, грейферного захвата и подрессоренной массы тягача.

Разработана динамическая модель, позволяющая вести расчетно-теоретические исследования машин такого класса. Основные элементы динамической системы: базовая машина, стреловой гидроманипулятор (СГМ) и предмет труда — дерево или хлыст.

Динамическая система, имитирующая реальную манипуляторную машину, учитывает наличие подрессоренных и неподдресоренных масс, упругую податливость подвески, шин, манипулятора и дерева. На рис. 1 показана расчетная схема колебаний, соответствующая двухосной машине, при операциях с полуподнятым деревом. Масса повторной колонки СГМ приводится к подрессоренной массе машины M_1 . Масса M_2 , сосредоточенная в точке O_2 , включает массу захвата m_3 , приведенную массу стрелы и дискретную массу дерева (модель дерева принята трехмассовой [3]). Дискретные массы M_3 и M_4 сосредоточены в точках O_3 и O_4 . Масса M_4 , включающая массу кроны, находится на грунте.

В отличие от известных моделей [1, 2] данная расчетная модель учитывает связь вертикальных и угловых колебаний системы.

Рассмотрим один из характерных участков траектории движения — подъем стрелой гидроманипулятора комлевой части дерева, лежащего на грунте; положение СГМ — поперек продольной оси машины. Воздействие при пуске или торможении (режимы, при которых система наиболее нагружена) передается от гидроцилиндра подъема стрелы.

Рассматривая плоскую модель, выделяем в качестве основных шесть степеней свободы, которые характеризуются следующими обобщенными координатами: $z_1, \theta_1,$
1. $\xi_2, \alpha_1, z_3.$

Из уравнений Лагранжа, с учетом выражений кинетической, потенциальной энергии и диссипативной функции Рейля, получили следующие дифференциальные уравнения движения, описывающие рассматриваемый динамический процесс:

$$F_{M_1} - (F_{сп_1} + F_{кп_1} + F_{тр_1}) - (F_{сп_2} + F_{кп_2} + F_{тр_2}) - \frac{1}{l} (F_{C_{\alpha_1}} + F_{K_{\alpha_1}}) = 0; \quad (1)$$

$$F_{\Theta_1} - l_1 (F_{сп_1} + F_{кп_1} + F_{тр_1}) + l_2 (F_{сп_2} + F_{кп_2} + F_{тр_2}) + (F_{C_{\alpha_1}} + F_{K_{\alpha_1}}) + \\ + r_1 F_{\sigma_1} + l_C F_{\sigma_2} + l F_{\sigma_3} - l_p F_{\sigma_4} + h_2 F_{\sigma_5} + z_3 F_{\sigma_6} = 0; \quad (2)$$

$$F_{\alpha_1} - (F_{C_{\alpha_1}} + F_{K_{\alpha_1}}) + l \sin(90 - \alpha_2) (F_{C_{23}} + F_{K_{23}}) + \\ + l_C F_{\sigma_2} + l F_{\sigma_3} + l_p F_{\sigma_4} + h_2 F_{\sigma_5} + z_3 F_{\sigma_6} = 0; \quad (3)$$

$$F_{M_3} - (F_{C_{23}} + F_{K_{23}}) - \frac{h_d}{h_2} (F_{C_{34}} + F_{K_{34}}) + F_{\sigma_6} = 0; \quad (4)$$

$$F_{m_1} - (F_{сш_1} + F_{кш_1}) + (F_{сп_1} + F_{кп_1} + F_{тр_1}) = 0; \quad (5)$$

$$F_{m_2} - (F_{сш_2} + F_{кш_2}) + (F_{сп_2} + F_{кп_2} + F_{тр_2}) = 0; \quad (6)$$

где

$$F_{M_1} = M_1 \ddot{z}_1; \quad F_{\Theta_1} = I_{01} \ddot{\Theta}_1; \quad F_{\alpha_1} = I_0 \ddot{\alpha}_1;$$

$$F_{M_3} = M_3 \ddot{z}_3; \quad F_{m_1} = m_1 \ddot{\xi}_1; \quad F_{m_2} = m_2 \ddot{\xi}_2.$$

Упругие силы, входящие в уравнения (1)–(6), находили из выражений

$$F_{сп_i} = C_i [\xi_i - (z_i \mp l_i \Theta_i)], \quad i = 1, 2;$$

$$F_{сш_i} = C_{ш_i} \xi_i;$$

$$F_{C_{\alpha_1}} = C_{\alpha_1} \left(\Delta \alpha_1 - \alpha_1 + \Theta_1 - \frac{1}{l} z_1 \right);$$

$$F_{C_{23}} = C_{23} [l \alpha_1 \sin(90 - \alpha_2) - z_3];$$

$$F_{C_{34}} = C_{34} \left(z_4 - \frac{h_d}{h_2} z_3 \right).$$

Силы сопротивления $F_{кп_j}$, $F_{кш_j}$, $F_{K_{\alpha_1}}$, $F_{K_{23}}$ и $F_{K_{34}}$ вычисляли аналогично. Силы F_{σ_j} ($j = 1, 2, \dots, 6$) определяются весом соответствующих элементов СГМ и груза дерева и выражаются с учетом угловых параметров системы.

Воздействие $S(t)$ от гидроцилиндра, выраженное через угловое перемещение стрелы $\Delta \alpha_1$, принято кусочно-линейным.

Точность разработанной расчетной модели оценивали путем сравнения экспериментальных и расчетных данных по тягачу МАЗ-509, оборудованному гидроманипулятором для самопогрузки хлыстов (рис. 2), при расположении гидроманипулятора перпендикулярно или вдоль оси машины. Моделирование процессов проводили на АВМ «ЭМУ-10». Блок-схема моделирования приведена на рис. 3.

Сравнение данных для манипуляторных машин на различных режимах работы показало, что математическая модель учитывает основные закономерности, качественные и количественные показатели динамических процессов.

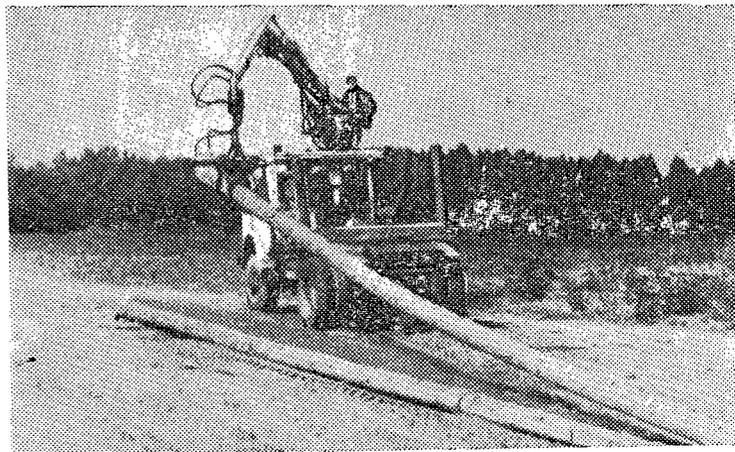
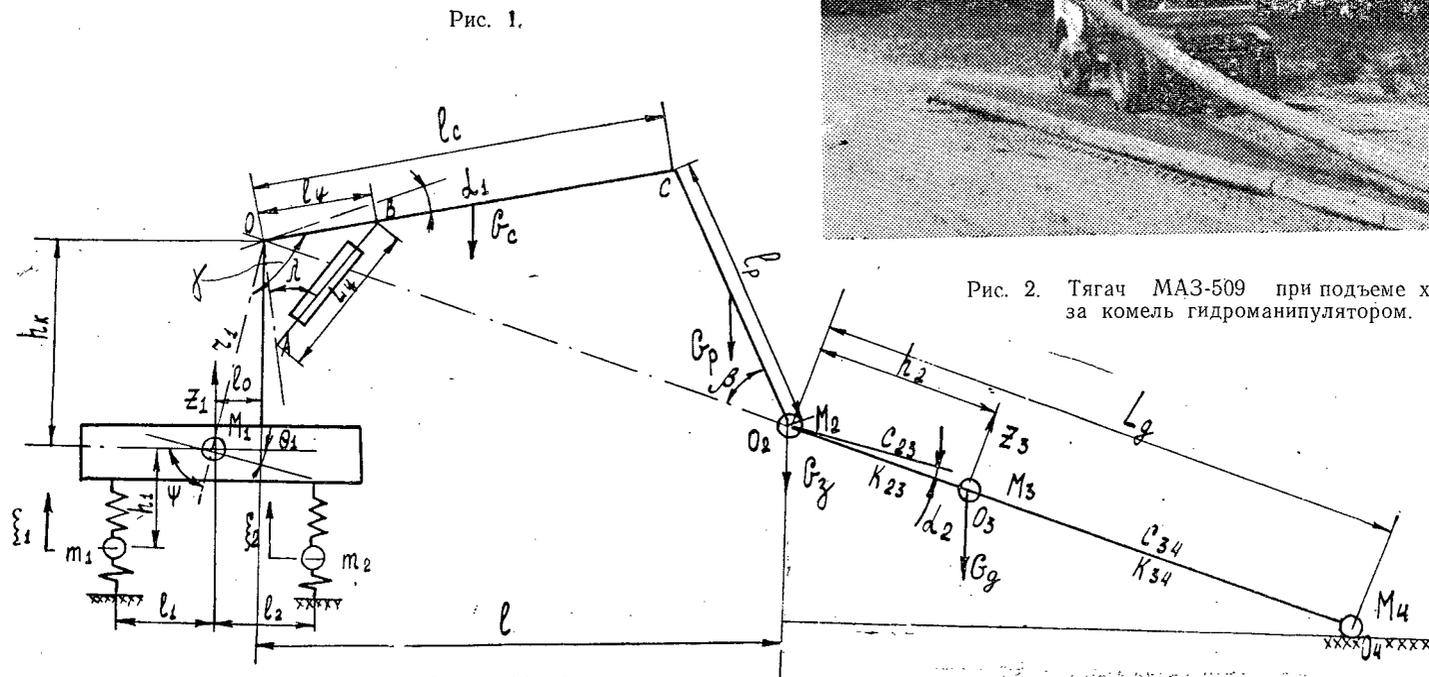


Рис. 2. Тягач МАЗ-509 при подъеме хлыста за комель гидроманипулятором.



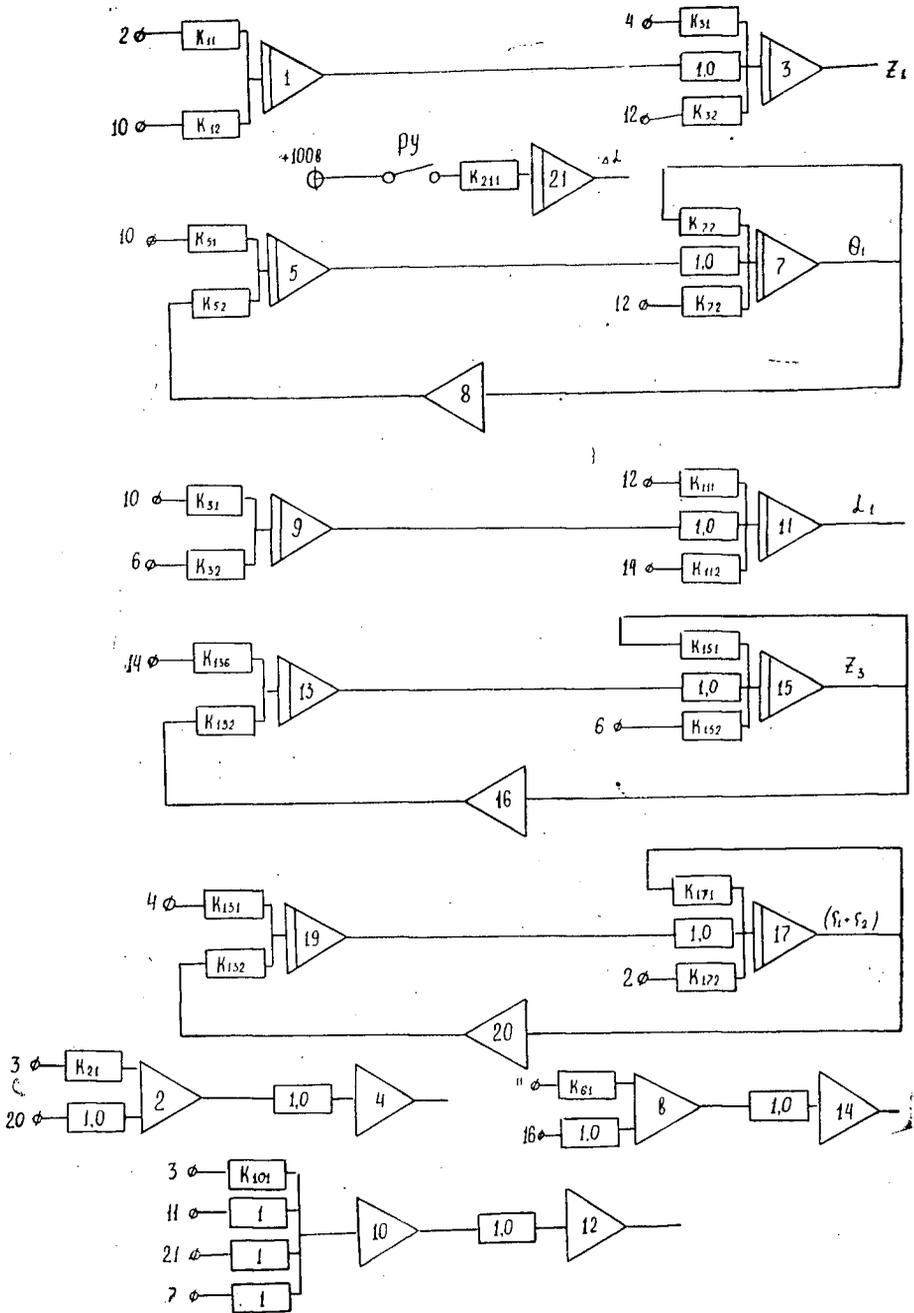


Рис. 3.

Экспериментальные и расчетные переходные процессы хорошо соответствуют друг другу. Из рис. 4, характеризующего кратковременное включение гидропривода ($t_{вкл} = 0,28$ с) манипуляторного тягача МАЗ-509 при опускании ($\alpha_1 = 3^\circ$) комля дерева, видно соответствие экспериментальной (1) и расчетной (2) кривых $z_1 + i_1 \theta_1 = f(t)$. Расхож-

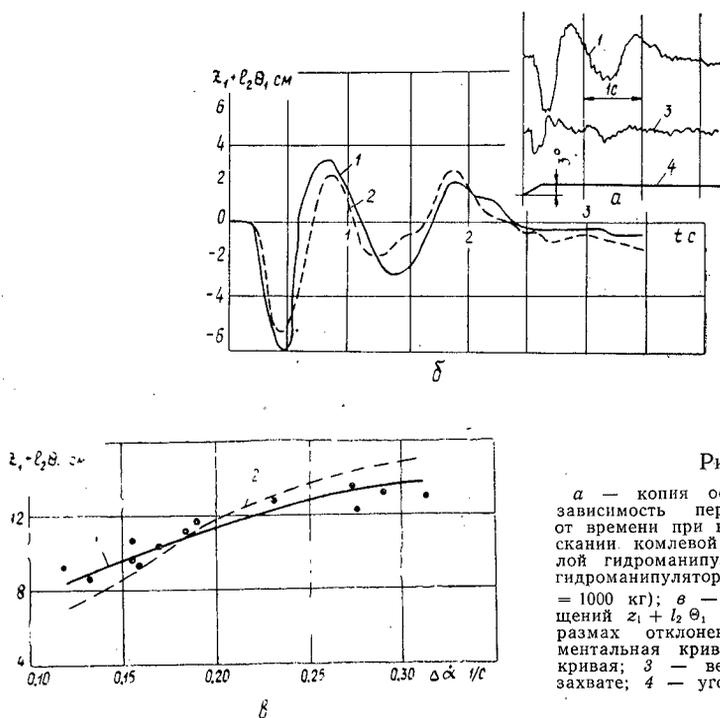


Рис. 4.

a — копия осциллограммы; *b* — зависимость перемещений $z_1 + l_2 \theta_1$ от времени при кратковременном опускании комлевой части дерева стрелой гидроманипулятора (МАЗ-509 с гидроманипулятором, $l = 4$ м, $\sigma_d = 1000$ кг); θ — зависимость перемещений $z_1 + l_2 \theta_1$ от скорости (полный размах отклонений). 1 — экспериментальная кривая; 2 — расчетная кривая; 3 — вертикальная сила на захвате; 4 — угол опускания стрелы.

дение двух первых экстремумов составляет соответственно 15,94 и 20,58%. Время проявления экстремумов различается несущественно — 15,94 и 20,58%. Сравнение экспериментальных и расчетных переходных процессов, соответствующих режимам подъема и опускания деревьев ($\Delta \alpha_1 = 0,05—0,21$), показывает, что расхождение первых максимальной и минимальной ординат составляет не более 20—22%, а расхождение времени их проявления — 4—8%. По размаху колебаний опытные и расчетные зависимости имеют меньшие различия. При $\Delta \alpha_1 = 0,121$ (рис. 4, *b*) наибольшее расхождение максимальных размахов колебаний составляет 16,67%.

Анализ показал, что для подвесочных машин, особенно для колесных, вертикальные колебания поддрессоренного корпуса оказывают влияние на характер переходных процессов и количественные показатели реакций системы. При определенных параметрах системы и скоростях подъема или опускания груза возможно усиление угловых колебаний машины, особенно при расположении СГМ поперек продольной оси базового тягача. Для колесных бесподвесочных машин или гусеничных с жесткой подвеской влияние вертикальных колебаний, несмотря на несимметричность системы, значительно меньше и расчетные значения параметров угловых колебаний, полученные с учетом и без учета их связи с вертикальными, практически одинаковы.

Значительно влияние жесткости подвески на колебания манипуляторных тягачей МАЗ-509 и Т-157. При подъеме дерева за комель (табл. 1) угол θ_{max} у МАЗа-509 имеет наибольшее значение при жесткости рессор $80 \cdot 10^3$ кгс/м, а у Т-157— $60 \cdot 10^3$ кгс/м. При увеличении C_1 от $30 \cdot 10^3$ до $80 \cdot 10^3$ и от $20 \cdot 10^3$ до $40 \cdot 10^3$ кгс/м для МАЗа-509 и Т-157 соответственно угол возрастает на 47,8 и 30,8%. При снижении

Таблица 1

**Максимальные перемещения элементов
манипуляторных машин при подъеме дерева
за комель ($\sigma_d = 1000$ кгс)**

Параметры	Численные значения параметров при вертикальной жесткости подвески $C_1 \cdot 10^3$, кг/см				
	30	60	80	100	110
α_1 рад	$\frac{0,160}{0,086}$	$\frac{0,100}{0,099}$	$\frac{0,094}{0,092}$	$\frac{0,100}{0,094}$	$\frac{0,098}{0,094}$
z_1 см	$\frac{3,1}{10,0}$	$\frac{3,0}{9,8}$	$\frac{2,7}{9,0}$	$\frac{3,0}{8,9}$	$\frac{2,6}{8,8}$
θ_1 рад	$\frac{0,023}{0,018}$	$\frac{0,022}{0,018}$	$\frac{0,046}{0,026}$	$\frac{0,022}{0,018}$	$\frac{0,044}{0,016}$
z_3 см	$\frac{40}{30}$	$\frac{40}{32}$	$\frac{34}{32}$	$\frac{40}{34}$	$\frac{35}{34}$
ξ_1 см	$\frac{3,0}{6,8}$	$\frac{4,0}{8,0}$	$\frac{4,0}{8,6}$	$\frac{4,5}{9,6}$	$\frac{4,2}{9,8}$

Примечание. В числителе данные для тягача МАЗ-509; в знаменателе — для тягача Т-157 (подресоренный вариант).

C_1 от $100 \cdot 10^3$ до $30 \cdot 10^3$ кгс/м для МАЗа-509 и от $60 \cdot 10^3$ до $20 \cdot 10^3$ кгс/м для Т-157 показатель ξ_{max} , характеризующий давление колес на грунт, уменьшается соответственно на 33 и 20,4%.

Зависимости максимальных перемещений z_1 , $\xi = \xi_1 + \xi_2$, α_1 от жесткости стрелы C_{α_1} показаны на рис. 5, из которого видно, что с увеличением жесткости манипулятора значения α_1 снижаются, а z_{1max} и ξ_{max} , наоборот, возрастают. Характер зависимостей для МАЗа-509 и Т-157 идентичен, однако перемещения z_1 и ξ у МАЗа-509 ниже.

Для обеих машин приведенная к концу рукояти жесткость СГМ равна $5 \cdot 10^5$ кгс/м. При $C_{\alpha_1} > 5 \cdot 10^5$ кгс/м исследуемые параметры практически не меняются.

Данные анализа показывают, что при использовании тягачей МАЗ-509 и Т-157 в качестве базовых для манипуляторных машин при жесткости СГМ менее $4 \cdot 10^5$ кгс/м можно существенно снизить перемещения z_1 и ξ . Так, для Т-157 при снижении C_{α_1} с $4 \cdot 10^5$ до $2 \cdot 10^5$ кгс/м значения z_{1max} и ξ_{max} уменьшаются примерно на 20%.

Качественные и количественные изменения переходных процессов происходят при изменении скорости подъема или опускания дерева манипулятором. Изменение скорости подъема в значительной степени влияет на вертикальные колебания тягача. Максимальные перемещения

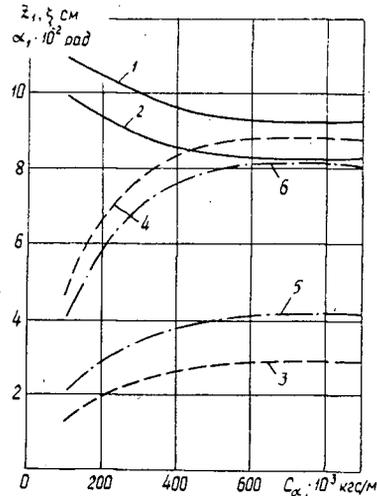


Рис. 5.

1, 3, 5 — для МАЗа-509; 2, 4, 6 — для Т-157; 1, 2 — α_1 ; 3, 4 — z_1 ; 5, 6 — ξ .

θ_1 и α_1 меняются не очень сильно, однако при увеличении Δz_1 на кривых $\theta_1(t)$ и $\alpha_1(t)$ появляются гармоники более высокой частоты. Для МАЗа-509 значения $z_{1,max}$ и ξ_{max} интенсивно возрастают до $\Delta \alpha_1 = 0,31/c$, для Т-157 — до $\Delta \alpha = 0,41$. На изменение скорости подъема стрелы в большей степени реагирует МАЗ-509.

Разработанная математическая модель манипуляторной машины подтверждена экспериментально и дает возможность расчетным путем выбирать рациональные параметры манипулятора и тягача.

В заключение следует отметить, что работающая в процессе подъема подвеска базовой машины уменьшает нагруженность рамы и шин. Динамическую нагруженность всей системы можно уменьшить примерно на 20% за счет изменения коэффициента приведенной жесткости СГМ. Результаты работы можно использовать при проектировании лесных манипуляторных машин.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Александров В. А. Аналитическое экспериментальное исследование процесса подъема груза-дерева стрелой гидроманипулятора. — «Машины и орудия для механизации лесозаготовок и лесного хозяйства. Труды ЛТА», 1972, № 147. [2]. Бурмак П. С. Исследование устойчивости валочно-пакетирующих машин против опрокидывания». Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1975. [3]. Гастев Б. Г., Мельников В. И. Основы динамики лесовозного подвижного состава. М., «Лесная промышленность», 1967.

Поступила 9 октября 1978 г.

УДК 62-52

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВОЖДЕНИЯ

В. С. ПЕТРОВСКИЙ, С. Г. ХМЕЛИК

Воронежский лесотехнический институт

Рассмотрен вопрос исследования взаимосвязи показателей качества работы системы автоматического вождения лесных тракторов с параметрами составляющих ее элементов на аналоговой ЭВМ.

Система автоматического вождения (САВ) на лесных питомниках предназначена для управления трактором в технологических процессах посева, обработки и выкопки семян. САВ представляет собой разновидность системы автоматического регулирования, качество которой определяется характеристиками переходного процесса при скачкообразном изменении входного воздействия и точностью в установившемся режиме. Указанные характеристики системы зависят от ее структурной схемы и параметров составляющих элементов. Функциональная схема САВ (рис. 1) состоит из тракторного агрегата и управляющего устройства.

Передаточная функция системы в разомкнутом состоянии

$$W_{(p)} = \frac{Y_{(p)}}{X_{(p)}} = \frac{K_3 K_4 K_5 K_6 [K_0 K_1 (T_3 p + 1) (T_4 p + 1) + K_2 p^2 (T_2^2 p^2 + T_1 p + 1)]}{p^3 (T_2^2 p^2 + T_1 p + 1) (T_5 p + 1)}$$

Как следует из вида передаточной функции, САВ — астатическая система третьего порядка, что обеспечивает теоретически нулевые ошибки в установившихся режимах при скачкообразном и линейно изменяющемся управляющем воздействии [1].

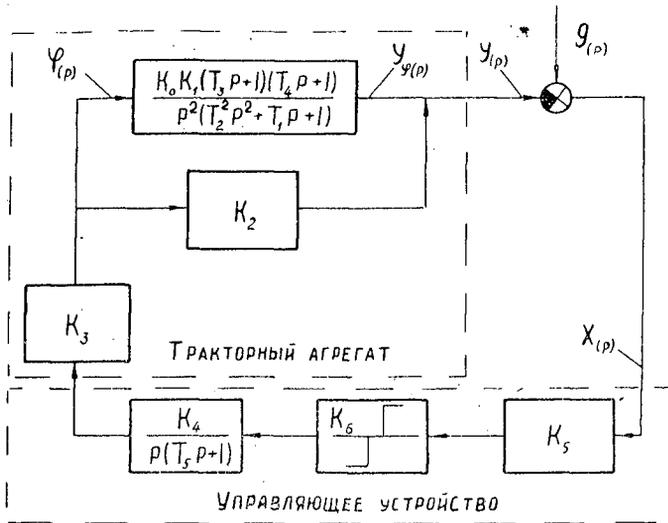


Рис. 1.

Постоянные времени $T_1—T_5$ перед операторами дифференцирования и статические коэффициенты усиления $K_0—K_6$ определяются техническими характеристиками составляющих систему элементов. Так, постоянные времени и коэффициенты усиления тракторного агрегата T_1, T_2^2, T_3, K_0 и K_1 определяются его техническими характеристиками и скоростью движения [2]:

$$T_1 = \frac{[M(a^2K_{\delta 1} + bK_{\delta 2}) + I(K_{\delta 1} + K_{\delta 2})] V}{K_{\delta 1} K_{\delta 2} L^2 - MV^2(aK_{\delta 1} - bK_{\delta 2})};$$

$$T_2^2 = \frac{IMV^2}{K_{\delta 1} K_{\delta 2} L^2 - MV^2(aK_{\delta 1} - bK_{\delta 2})};$$

$$T_3 = \frac{aMV}{K_{\delta 2} L};$$

$$K_0 = \frac{K_{\delta 1} K_{\delta 2} LV}{K_{\delta 1} K_{\delta 2} L^2 - MV^2(aK_{\delta 1} - bK_{\delta 2})};$$

$$K_1 = V.$$

Для трактора Т-16м масса $M = 1900$ кг; база трактора $L = 2,500$ м: расстояние от центра тяжести до передней оси $a = 2,100$ м; расстояние от центра тяжести до задней оси $b = 0,400$ м; момент инерции трактора относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести, $I = 1576$ кг.м²; скорость движения трактора $V = 0,2—6,0$ м/с; коэффициент сопротивления боковому уводу шин передней оси $K_{\delta 1} = 8 \cdot 10^4$ Н/рад; коэффициент сопротивления боковому уводу шин задней оси $K_{\delta 2} = 6 \cdot 10^4$ Н/рад; протяженность зоны боковой деформации шин передней оси $X_1 = 0,1$ м; протяженность зоны боковой деформации шин задней оси $X_2 = 0,3$ м.

Подставляя эти параметры в приведенные выше формулы, в результате решения найдем следующее выражение для передаточной функции трактора как объекта управления:

$$W_{\varphi(p)} = \frac{Y_{\varphi(p)}}{\varphi(p)} = \frac{43,86 V^2 (0,0266 Vp + 1) \left(\frac{2,7}{V} p + 1\right)}{p^2 (0,0299 V^2 p^2 + 3,323 Vp + 109,65 - V^2)}.$$

Из полученного уравнения следует, что трактор представляет собой объект управления с переменными параметрами, зависящими от скорости движения.

Задача оптимального определения характеристик управляющего устройства дополнительно усложняется наличием в его составе нелинейного звена — релейного элемента. Процессы в данной системе можно математически описать посредством системы нелинейных дифференциальных уравнений шестого порядка. Поэтому для определения оптимальных параметров управляющего устройства необходимо решить значительное число частных задач, исходя из характера нелинейности. Аналоговая вычислительная техника выдает решение непосредственно в виде характеристики переходного процесса.

Поскольку наш объект управления с переменными параметрами, то расчеты вели методом замороженных коэффициентов [1]. Для скорости задавали следующие дискретные значения: 0,2; 0,3; 0,5; 0,7; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0; 6,0 м/с. Коэффициент стабилизирующей обратной связи K_2 менялся так: 0,5; 0,7; 1,5; 3,0. Скорость поворота управляемых колес трактора принимали равной 0,23; 0,30; 0,49; 1,00 рад/с. Величина скачкообразного изменения траектории — управляющего воздействия — составляла 0,2; 0,3; 0,5 м. Всего получено 390 осциллограмм переходных процессов в САВ при сочетаниях указанных параметров системы. Исследования производили на аналоговой ЭВМ типа МН-7м, переходные процессы фотографировали фотоаппаратом «Зенит» с экрана осциллографа машины. Схема набора электронной модели САВ на аналоговой ЭВМ МН-7м приведена на рис. 2.

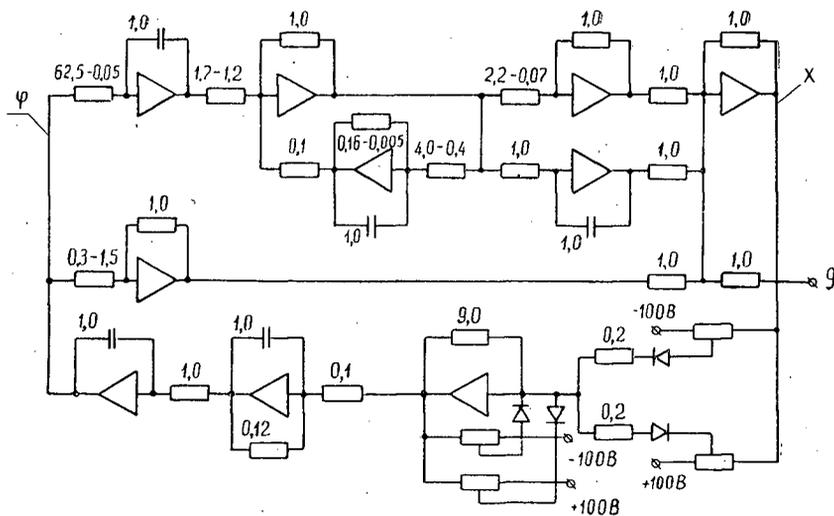


Рис. 2.

Полученные осциллограммы послужили исходной основой для построения зависимостей показателей качества переходных процессов САВ от параметров управляющего устройства в функции от скорости движения.

Для определения степени соответствия характеристик электронной модели характеристикам реальной САВ экспериментально находили параметры переходных процессов автоматического вождения на тракторе Т-16м.

Исследования проводили на специально оборудованной трассе, имевшей участки скачкообразного изменения траектории движения. Па-

параметры переходных процессов при прохождении этих участков трактором с автоматическим вождением регистрировали кинокамерой «Красногорск» посредством киносъемки траектории движения датчика аппаратуры относительно направляющего провода. Отклонения датчика регистрировали по индикаторной линейке, прикрепленной под датчиком параллельно плоскости земли. Покадровая расшифровка снятой киноленты дала исходный материал для построения осциллограмм переходных процессов САВ на тракторе Т-16м.

При полигонных испытаниях задавали одинаковые дискретные значения скорости, как и при моделировании системы на аналоговой ЭВМ. Величина скачкообразного воздействия устанавливалась такая же, как и при электронном моделировании. Коэффициент стабилизирующей обратной связи и быстродействие исполнительного рулевого привода соответствовали лишь одному из значений параметров на электронной модели, так как в реальной системе эти показатели определялись конкретным типом электромеханизма и геометрическими размерами элементов рулевого управления трактором.

На рис. 3 показаны наложенные друг на друга и приведенные к одинаковому масштабу осциллограммы переходных процессов в реальной САВ, полученные на аналоговой ЭВМ и по данным киносъемки траектории движения датчика системы автовождения на тракторе Т-16м с адекватными значениями параметров элементов системы и модели.

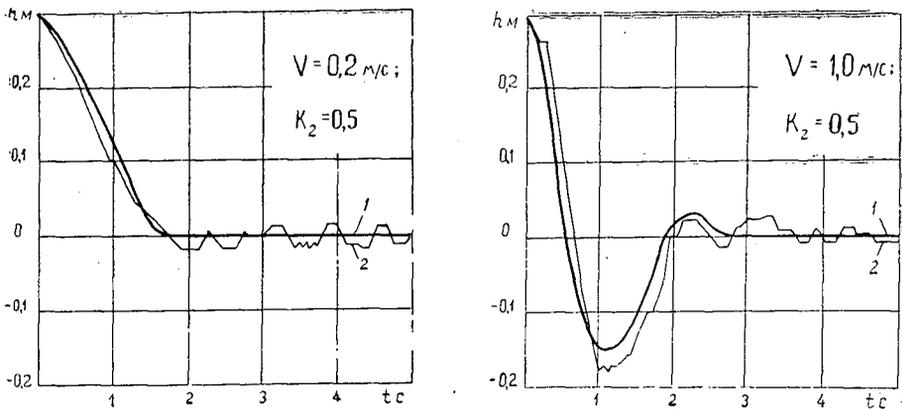


Рис. 3.

1 — электронная модель; 2 — САВ трактора Т-16м.

Достаточно хорошее совпадение характеристик переходных процессов реальной САВ и ее электронной модели, полученное в результате сопоставления результатов теоретических и экспериментальных исследований, позволило применить метод электронного моделирования для построения оптимизационных графиков взаимосвязи динамических характеристик САВ с параметрами ее элементов. В результате удалось более чем в 10 раз уменьшить объем необходимых полигонных испытаний. С использованием полученных графиков определены оптимальные параметры САВ лесных колесных тракторов.

По данным расчетов спроектированы и построены системы автоматического вождения тракторов, работающих на лесных питомниках. Эффективность автоматического вождения тракторных агрегатов на базе шасси Т-16м проверена в 1977 г. при посеве и обработке лесных

пород на Семилукском селекционном лесопитомнике и питомнике Ново-Усманского лесхоза Воронежской области. Производственные испытания и внедрение САВ трактора МТЗ-52 проведены на питомнике Парлинского лесничества Моршанского лесокомбината Тамбовской области [3].

Сравнительные испытания показали, что автоматическое вождение по сравнению с ручным обеспечивает в три раза лучшую точность управления. В результате за счет снижения повреждаемости семян при обработке выход посадочного материала увеличивается на 10—15% и объем последующих ручных операций по уходу за сеянцами уменьшается на 40—50%.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бесекерский В. А., Попов Е. И. Теория автоматического регулирования. М., «Наука», 1972, 768 с. [2]. Кринецкий И. И., Драновский А. И. Автоматическое вождение колесных и гусеничных машин по постоянным трассам. М., «Машиностроение», 1971, 168 с. [3]. Петровский В. С., Хмелик С. Г. Автоматическое вождение тракторных агрегатов на лесных питомниках. — «Лесное хозяйство», 1978, № 10.

Поступила 25 декабря 1978 г.

УДК 65.011.56.003.13

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИНИЙ ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Д. Л. ДУДЮК

Львовский лесотехнический институт

Проведен пооперационный анализ удельных приведенных затрат для различных технологических схем первичной обработки древесины. Определены параметры наиболее эффективного использования автоматизированных линий на базе систем машин 1НС, 2НС и комбинированных схем.

Основные технологические схемы нижних лесных складов рассчитаны на годовую производительность от 0,2 до 1,5 млн. м³ древесины [3]. Схемы для предприятий с годовым объемом производства 200—800 тыс. м³ предусматривают использование системы машин 1НС с продольной подачей деревьев (хлыстов) при их индивидуальной обработке.

Схемы для предприятий с производительностью 1,0—1,5 млн. м³ в год предусматривают использование системы 2НС с поперечной подачей деревьев (хлыстов) при их индивидуальной обработке и системы 3НС с пачковой обработкой, а также комбинирование машин различных систем.

В процессе совершенствования и разработки более производительного оборудования снижаются приведенные затраты (табл. 1) и повышается его эффективность [1]. Высокая интенсивность снижения удельных приведенных затрат (УПЗ) для раскряжевочных агрегатов свидетельствует о значительной прогрессивности высокопроизводительного оборудования. Между производительностью технологических агрегатов и приведенными затратами существует определенная корреляционная связь. Зависимость УПЗ от средней цикловой (расчетной при среднем объеме хлыста 0,5 м³ [4, 5]) производительности Π выражена степенными уравнениями регрессии (табл. 1).

Таблица 1

Распределение приведенных затрат по основному технологическому оборудованию

Оборудование	Цикловая производительность Π , м ³ /см	Удельные приведенные затраты УПЗ к./м ³	Уравнение регрессии УПЗ = $f(\Pi)$
Узел обрезки сучьев			
Линия ПСЛ-1	250	16,97	$2765\Pi^{-1,22} + 13,93$
" ПСЛ-2	300	16,43	
" ПСЛ-2А	300	16,10	
Агрегат МСГ-2	800	15,38	
Узел раскряжевки хлыстов			
Установка АЦ-1	70	19,95	$162,5\Pi^{-0,53} + 8,14$
" АЦ-2М	70	19,47	
Линия ПЛХ-1	160	21,46	
" ПЛХ-3	200	18,79	
" ПЛХ-3АС	250	17,64	
" ЛО-15С	300	17,40	
Многопильный агрегат АГР	500	13,71	
" " ЛО-65	800	12,50	
Сортировочный узел			
Сортировочный транспортер Б22У-1	215	11,29	$531,8\Pi^{-0,85} + 5,56$
" " ТС-7	360	8,93	
" " ТС-30	360	9,03	
" " ЛТ-86	400	9,00	

Распределение приведенных затрат между технологическими операциями, а также общая величина затрат зависят от используемого оборудования, способа его компоновки и соединений [2]. Основа технологических схем — раскряжевные агрегаты типа ПЛХ-3АС, ЛО-15С и линии для обрезки сучьев типа ПСЛ-2, ПСЛ-2А. Большая часть приведенных затрат приходится на основные технологические операции: очистка деревьев от сучьев — 28%, раскряжевка хлыстов — 21% (18%), сортировка — 14% (табл. 2). Уменьшить приведенные затраты можно путем перераспределения загрузки оборудования за счет изменения параметров механизмов, т. е. оптимизации отношения их цикловых производительностей [2].

Удельные приведенные затраты на обрезку сучьев установками типа ПСЛ-2 и на раскряжевку агрегатами ПЛХ-3АС и ЛО-15С примерно одинаковы, поэтому цикловые производительности оборудования на этих операциях должны быть тоже одинаковыми. УПЗ для следующей пары технологических операций — раскряжевки и сортировки — значительно отличаются друг от друга. Сортировочный агрегат имеет меньшие приведенные затраты, поэтому его цикловая производительность должна быть выше [2] по сравнению с производительностью раскряжевного агрегата. Минимальная сумма удельных приведенных затрат на операциях обрезки сучьев, раскряжевки и сортировки для данного типа оборудования обеспечивается при соотношении цикловых производительностей на этих операциях 1:1:1,25. Избыток производительности сортировочного транспортера обеспечивает более полную загрузку предыдущих агрегатов, повышение фактической производительности потока.

Таблица 2

Распределение приведенных затрат по операциям

Оборудование	Схемы 2-8; система 1НС				Схема 10; система 2НС				Схемы 12-14; система 2НС				Комбинированные схемы; 1НС-2НС			
	Загрузка		УПЗ		Загрузка		УПЗ		Загрузка		УПЗ		Загрузка		УПЗ	
	м³/см	K _з	к./м³	%	м³/см	K _з	к./м³	%	м³/см	K _з	к./м³	%	м³/см	K _з	к./м³	%
Разгрузка древесины																
КМ-30					333	0,42	21,4	18	400	0,50	17,8	15	333	0,42	21,4	17
ЛТ-62	400	0,50	20,0	16	333	0,42			400	0,50						
РРУ-10М	200	0,55	6,8	5												
Обрезка сучьев																
ПСЛ-2А	200	0,67	24,3	20	667	0,83	18,5	16	600	0,75	20,5	18	667	0,83	18,53	15
МСГ-2																
Раскряжевка хлыстов																
ПРХ-2АС	200	0,67	2,3	2	667	0,83	11,5	10	600	0,75	12,7	11	667	0,83	11,5	9
ЛТ-37	200	0,80	22,1	18												
ПЛХ-3АС	200	0,67	26,1	21												
ЛО-15С					667	0,83	15,1	13	600	0,75	16,1	14	167	0,56	31,1	25
ЛО-65																
Сортировка																
ЛТ-80					333	0,42	3,2	3	300	0,38	3,6	3	333	0,83	10,84	9
ЛТ-86	200	0,50	18,0	14	200	0,50	18,0	15	200	0,50	18,0	15				
ЛТ-44	200	0,50			200	0,50			200	0,50						
Штабелевка и погрузка																
ККС-10	300	0,60	17,8	14	285	0,57	18,7	16	300	0,60	17,8	15	667	0,42	19,7	16
Автопогрузчик	420	0,82	10,0	8	420	0,82	10,0	9	420	0,82	10,0	9	333	0,83	11,18	9
В с е г о			125,3	100			116,4	100			116,5	100			124,4	100

Таблица 3

Параметры оптимального использования оборудования

Оборудование	Цикловая производительность Π , м ³ /см	Отношение производительностей	Коэффициент загрузки K_3	Удельные приведенные затраты (УПЗ), к/м ³	Разность УПЗ, к./м ³
Схемы 2—8; система 1НС					
РРУ-10М	400	1,3	0,63	6,1	—0,7
ПСЛ-2А	300	1	0,83	19,6	—4,7
ПРХ-2С	400(16 хл)	1,3	0,63	1,5	—0,8
ЛО-15С	300	1	0,83	21,0	—5,1
ЛТ-86	375	1,25	0,67	13,5	—4,5
В с е г о				61,6	—15,8
Схема 10; система 2НС					
МСГ-2	800	1	0,83	18,5	—
ЛТ-37	800	1	0,83	11,5	—
ЛО-65	800	1	0,83	15,1	—
ЛТ-80	960 (15-й сорт)	1,2	0,69	1,0	—2,2
ЛТ-86	800	1	0,83	10,5	—7,5
В с е г о				56,6	—9,7
Схемы 12—14					
МГС-2	800	1	0,75	20,5	—
ЛТ-37	800	1	0,75	12,7	—
ЛО-65	800	1	0,75	16,7	—
ЛТ-80	960 (25-й сорт)	1,2	0,63	1,1	—2,5
ЛТ-86	800	1	0,75	12,0	—6,0
В с е г о				63,0	—8,5
Комбинированные схемы: поток на 625 тыс. м ³ в год					
2МСГ-2	1600	1,07	0,78	19,7	+1,2
5ЛО-15С	1500	1	0,83	21,0	—10,1
5ЛТ-86	1875	1,25	0,66	13,6	+2,8
В с е г о				54,3	—6,1
поток на 333 тыс. м ³ в год					
1МСГ-2	800	1	0,83	18,5	—
3ЛО-15С	900	1,1	0,74	23,5	—7,6
2ЛТ-86	800	1	0,83	10,8	—
В с е г о				52,8	—7,6

Оптимизация емкости буферного устройства типа ПРХ-2С, его производительности и производительности устройства типа РРУ-10М (оптимальные параметры этих механизмов приведены в табл. 3) позволяет повысить загрузку основного технологического оборудования и снизить удельные приведенные затраты по потоку на 15,8 к./м³ (табл. 3). Годовой экономический эффект составляет 19,7 тыс. р. на одном лишь потоке.

Полученные в результате пооперационного анализа всех технологических схем оптимальные параметры (табл. 3) позволяют наиболее эффективно использовать основное оборудование и компоновать из него потоки производительностью 125 тыс. м³ в год на базе системы машин 1НС и 333 тыс. м³ в год на базе системы 2НС, а также комбинированные потоки производительностью 333 и 625 тыс. м³ в год.

В связи с этим перспективный ряд годовых грузооборотов нижних лесных складов, с точки зрения оптимального использования технологического оборудования, — параметрический ряд, кратный 125 на базе оборудования с продольным перемещением предметов труда, кратный 333 — с поперечным перемещением, кратный 333 и 625 — на базе комбинированных технологических схем.

Таблица 4

Экономическая эффективность оптимизации автоматизированных линий на базе систем машин 1НС и 2НС

Основные показатели	Численные значения показателей			
	для систем машин		для комбинированных схем	Всего
	1НС	2НС		
Снижение удельных приведенных затрат в результате оптимизации параметров оборудования, к./м ³	15,8	9,1	6,1—7,6	9,5 (в среднем)
Годовая производительность одной линии, тыс. м ³	125	333	625—333	
Планируемое использование новых линий, шт.: на 1980 г. на 1990 г.	460	85		
	300	280		
Эффективность оптимизации однопоточной линии, тыс. р. в год	19,75	30,3	38,1—25,3	
Годовая эффективность оптимизации новых линий, тыс. р. в 1980 г. в 1990 г.	9085,0	2575,5		11660,5
	5925,0	8484,0		
Эффективность обработки всей древесины (225 млн. м ³) на линиях с оптимальными параметрами, млн. р. в год.				21,7

Использование рекомендуемых параметрических рядов производительности потоков и нижних складов позволяет снизить удельные приведенные затраты на обрезку сучьев, раскряжевку и сортировку примерно на 10—25%. По предварительным расчетам, общая экономическая эффективность первичной обработки всей заготавливаемой в стране древесины на таких технологических потоках (табл. 4) составляет около 22 млн. р. в год.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Воевода Д. К. и др. Нижние лесные склады. Справочник. М., «Лесная промышленность», 1972. [2]. Дудюк Д. Л. Оптимальные параметры линий первичной обработки древесины. [Обзор]. М., ВНИИПИЭИлеспром, 1977. [3]. Нормы технологического проектирования лесозаготовительных предприятий. Л., 1976 (Гипролестранс). [4]. Организационно-технические основы эксплуатации автоматических линий. Общие технические условия на проектирование, изготовление, испытание и эксплуатацию автоматических линий. М., 1974—1975 (НИИМАШ). [5]. Отраслевая инструкция определения экономической эффективности новой техники в лесозаготовительной промышленности. Химки, 1975, (ЦНИИМЭ).

Поступила 12 января 1979 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК [674.87+676]:634.0.228.7

К ВОПРОСУ О СЫРЬЕВОЙ БАЗЕ ПРОИЗВОДСТВА
ХВОЙНОЙ ВИТАМИННОЙ МУКИ И БУМАГИ
ПРИ ПЛАНТАЦИОННОМ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИИ

В. М. ИВАНЮТА

Московский лесотехнический институт

Обосновываются целесообразность и оборот рубки единой лесосырьевой базы для производства хвойной витаминной муки и бумаги при плантационном лесопользовании.

Площадь сырьевой базы комплексного лесопромышленного предприятия при плантационном лесопользовании F можно определить путем деления общей мощности этого предприятия W на сырьевой коэффициент мощности ω , представляющий собой произведение среднего прироста z на лесистость p [1].

Сырьевой коэффициент мощности изменяется в пределах, показанных в табл. 1.

Таблица 1

Лесистость p	Сырьевой коэффициент мощности ω при среднем приросте, м ³ /га в год									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
0,3	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0
0,4	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0
0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
0,6	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0
0,7	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0
0,8	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6	6,4	7,2	8,0
0,9	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4	6,3	7,2	8,1	9,0
1,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0

По данным В. С. Моисеева [3], запасы древесины и хвои в еловых древостоях в зависимости от их средней высоты характеризуются показателями, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Средняя высота древостоя, м	5	10	15	20	25	30
Запас древесины, м ³ на 1 га	50,8	133,0	230,0	349,0	486,0	634,0
Запас хвои, т на 1 га	17,3	28,3	30,3	27,4	22,5	17,5

Как известно, в 1 кг сосновой хвои содержится 3000—3200 международных единиц витамина С, еловой — 4000; хвоя обладает антицинготной активностью; хвойные водные настои сосны и ели способствуют росту животных и стимулируют их половую деятельность [2]. Авторы книги «Лес — сельскому хозяйству» указывают, что даже звери, которыми руководит безошибочный и верный инстинкт, весной, когда

отсутствует другая пища, содержащая добавочные факторы питания, едят хвою. Кормовая продукция, получаемая из хвои (водные настои, хвойный сок, мука и др.), широко используются в животноводстве для кормления не только свиней, телят и жеребят, но также и цыплят (особенно на бройлерных птицефабриках).

В названной книге М. О. Даугавиетис (Латвийский НИИ лесохозяйственных проблем) и Я. А. Пугулис (Институт химии древесины АН ЛатвССР) отмечают, что первый промышленный цех производства хвойно-витаминной муки, построенный в 1965 г. в Кулдигском лесхозе ЛатвССР, имел мощность всего 45 т муки в год, но простота технологического процесса и неограниченный сбыт продукции способствовали быстрому развитию этого производства.

По Гослесхозу СССР производство хвойно-витаминной муки в тоннах характеризуется следующими данными (табл. 3).

Таблица 3

Ведомство	1966 г.	1970 г.	1975 г.
Гослесхоз СССР	32304	41785	139098
В том числе:			
Минлесхоз РСФСР	12286	14600	55700
Минлесхоз УССР	7089	13456	46474
Минлесхоз БССР	8865	10523	29232
Гослесхоз КазССР	1866	3000	6423
Минлесхозлеспром ЛатвССР	1864	206	1269

Авторы книги «Лес — сельскому хозяйству» считают, что быстрому росту производства витаминной муки из древесной зелени препятствуют сравнительно низкий уровень механизации сбора сырья, неоднородность исходного сырья, сложность механизации процесса отделения древесной зелени и т. д. Вместе с тем они отмечают, что с повышением производительности цехов рентабельность увеличивается. Так, например, высокая производительность цехов в Белорусской ССР, где некоторые цехи вырабатывают более 1000 т муки в год, позволяет организовать рентабельное производство даже при низкой оптовой цене на муку. Приведенные данные свидетельствуют о том, что строительство более мощных цехов на базе современного оборудования представляется целесообразным.

На основании табл. 2 и шкалы бонитетов можно составить таблицу, характеризующую выход древесины и хвои ели в зависимости от возраста древостоя и класса бонитета (табл. 4).

В качестве грубой приержки примем, что целлюлозно-бумажный комбинат находится в центре некоторой лесной территории, имеющей следующие лесотаксационные показатели: состав насаждений 10Е, класс бонитета I, плантационный оборот рубки и посадки леса 40 лет, лесистость 0,5. По табл. 4 для указанных классов бонитета и возраста находим запас еловой древесины 252 м³ на 1 га, средний прирост округленно 6,3 м³ (252 : 40). При лесистости 0,5 (табл. 1) сырьевой коэффициент мощности равен 3,2. Следовательно, на каждые 100 тыс. м³ годовой мощности по сырью целлюлозно-бумажного комбината необходимо иметь (100 000 : 3,2) лесную территорию F, равную 31 250 га, или покрытую лесом площадь 15 625 га, на которой и надлежит организовать производство хвойной витаминной муки в объемах, определяемых следующим расчетом: при обороте в 40 лет ежегодно будет поступать в рубку 390 га елового леса, который, помимо 100 тыс. м³ древесины, даст (390 · 30) около 12 тыс. т хвои в год.

Таблица 4

Возраст древостоя, лет	Запас хвой, т на 1 га (числитель) и запас древесины, м ³ на 1 га (знаменатель) по классам бонитета				
	I	II	III	IV	V
10	$\frac{15,6}{44}$	$\frac{11,9}{31}$	$\frac{8,1}{19}$	$\frac{6,2}{13}$	—
20	$\frac{26,0}{107}$	$\frac{21,6}{74}$	$\frac{18,8}{58}$	$\frac{11,9}{31}$	$\frac{6,2}{13}$
30	$\frac{30,2}{178}$	$\frac{28,8}{141}$	$\frac{26,0}{107}$	$\frac{21,6}{74}$	$\frac{15,6}{44}$
40	$\frac{30,0}{252}$	$\frac{30,3}{198}$	$\frac{29,3}{150}$	$\frac{26,0}{107}$	$\frac{20,3}{66}$
50	$\frac{28,2}{324}$	$\frac{30,0}{252}$	$\frac{30,3}{188}$	$\frac{28,3}{133}$	$\frac{22,9}{81}$
60	$\frac{26,0}{387}$	$\frac{28,9}{299}$	$\frac{30,3}{230}$	$\frac{30,0}{168}$	$\frac{26,9}{116}$
70	$\frac{24,0}{443}$	$\frac{27,4}{349}$	$\frac{29,5}{275}$	$\frac{30,3}{188}$	$\frac{28,3}{133}$
80	$\frac{22,0}{591}$	$\frac{25,5}{400}$	$\frac{28,6}{312}$	$\frac{30,3}{230}$	$\frac{30,0}{168}$
90	$\frac{19,9}{560}$	$\frac{23,5}{457}$	$\frac{26,9}{362}$	$\frac{29,8}{264}$	$\frac{30,3}{188}$
100	$\frac{19,0}{600}$	$\frac{22,5}{486}$	$\frac{26,0}{387}$	$\frac{29,2}{287}$	$\frac{30,4}{208}$

Согласно таблицам хода роста нормальных древостоев, разработанным А. В. Тюриным, текущий прирост древесины в насаждениях I класса бонитета достигает максимума в возрасте от 40 до 50 лет. После этого держать древостой на корню не представляется целесообразным, если иметь в виду заготовку максимального количества мелко-товарной балансовой древесины.

С другой стороны, разделив числитель на знаменатель в табл. 4, мы увидим, что именно после 40 лет заметно уменьшается и количество хвой, приходящейся на 1 м³ древесины. Следовательно, и с точки зрения заготовки хвой также нет смысла держать древостой на корню более 40 лет.

На основании изложенного следует заключить, что при плантационном лесопользовании производство хвойной витаминной муки и бумаги будет иметь ряд преимуществ. Так, например, в связи с достаточно большой концентрацией сырья (хвой и балансовой древесины) и возможностью механизированной его заготовки и вывозки (вывозки маломерных деревьев с кронами на специальных машинах) по схеме: лесосека — цех представляется возможным в значительной степени увеличить годовой объем производства хвойной витаминной муки и бумаги в одном месте и тем самым резко увеличить рентабельность этих видов производства, не говоря уже об очевидной эффективности кооперированного с ним производства щепы, бумаги и бумажных мешков для затаривания муки.

Выше было показано, что производство хвойной витаминной муки уже при объеме в 1 тыс. т в год рентабельно и что на каждые

100 тыс. м³ древесины, получаемой при плантационном лесопользовании, приходится около 12 тыс. т хвой в год.

Приведенные соотношения объемов древесины и хвой свидетельствуют о том, что при плантационном лесопользовании наиболее целесообразно (табл. 4) кооперирование производства хвойной витаминной муки с производством щепы и бумаги при оборотах рубки не более 40—50 лет, что позволяет с одной и той же площади снимать вместо одного два урожая по сравнению с традиционными схемами расчетно-лесосечного пользования лесом.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Иванюта В. М. К проблеме плантационного лесопользования. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1978, № 3. [2]. Калниньш А. Я. и др. Лес — сельскому хозяйству. М., «Лесная промышленность», 1978. [3]. Моисеев В. С. и др. Ландшафтная таксация и формирование насаждений пригородных зон. М., Стройиздат, 1977.

Поступила 15 января 1979 г.

УДК [634.0.31+62-493]:65.012.65

ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ НА БАЗЕ КООПЕРИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А. П. ПЕТРОВ, Н. И. САБАДИНА

Ленинградская лесотехническая академия

Рассматривается возможность организации перерабатывающих производств в леспромхозах на базе межхозяйственного кооперирования.

Комплексное использование древесного сырья предполагает различные формы организации производства. Одна из них — комбинирование лесозаготовок с переработкой древесины в леспромхозах, получившее широкое распространение в лесной промышленности.

Указанная форма комбинирования за последние годы практически реализуется через организацию производства технологической щепы в леспромхозах; сейчас почти все прижелезнодорожные нижние склады имеют установки по производству щепы. В лесозаготовительных предприятиях по данным на 1.1.1978 г. работало 600 установок общей мощностью 6587 тыс. м³, в том числе 12 установок УПЩ-12, 176 — УПЩ-6А (УПЩ-6), 257 — УПЩ-3А (УПЩ-3), 27 импортных установок, 39 — МРН-25, 8 — МРН-100 (МРН-50) и 81 цех оборудован прочими установками.

Современная практика накопила значительный опыт, свидетельствующий об эффективности производства технологической щепы в лесозаготовительных предприятиях. Экономические показатели этого производства можно рассмотреть на примере объединения Кировлеспром.

В 1977 г. в объединении Кировлеспром 21 предприятие производило технологическую щепу, средняя рентабельность составляла 16,3%. Эффективность производства щепы в основном объясняется прибыльной работой цехов в Лузском ЛПК и Кировской лесоперевалочной базе, производящих более 50% всей щепы объединения Кировлеспром. Экономические показатели работы цехов в леспромхозах значительно ниже. Технологическую щепу производили 19 леспромхозов, в 10 из

них производство было убыточным. Объем щепы этих десяти леспромхозов составил 30% произведенной всеми леспромхозами объединения. Рассмотрим причины неэффективного производства щепы в леспромхозах.

Большое значение имеет качество сырья, поступающего в переработку. Рентабельность производства щепы в Лузском ЛПК объясняется не только высокой концентрацией производства, но и переработкой отходов деревообработки.

Так, например, в 1977 г. в Лузском ЛПК доля отходов от деревообработки в общем объеме переработанного на щепу сырья была 85%, затраты на 1 р. товарной продукции составили 77,2 к. В Юрьянском леспромхозе доля отходов деревообработки и лесопиления в общем объеме сырья была 43%, затраты на 1 р. товарной продукции — 64,4 к. В Христофоровском, Краснореченском, Чернореченском, Лунданском леспромхозах перерабатывали на щепу только отходы от лесозаготовок и дрова, затраты на 1 р. товарной продукции по щепе в этих предприятиях соответственно составили 176,6, 105,6, 133,1 и 114,2 к. Отходы от деревообработки и лесопиления — самое эффективное сырье, но не все леспромхозы имеют возможность использовать его в производстве щепы, так как не везде проводится предрамная окорка сырья.

Анализ работы цехов по производству щепы на нижних складах леспромхозов показывает, что причинами неэффективного производства щепы являются: недостаток сырья (а следовательно, и неполное использование производственных мощностей), низкое техническое состояние оборудования, неудовлетворительная организация труда, низкая технологическая дисциплина, недостаток рабочей силы, трудности с отгрузкой готовой продукции.

Одним из важнейших факторов, снижающих эффективность организации производства технологической щепы в леспромхозах, выступает ограничение по концентрации производства, накладываемое существующими грузооборотами нижних складов.

Альтернативой организации производства технологической щепы на нижнем складе каждого леспромхоза выступает организация производства щепы в специализированном цехе, который работает на сырье, поставляемом несколькими близлежащими леспромхозами. В этом случае преимущества организации производства щепы в пределах сырьевых баз лесозаготовительных предприятий могут быть дополнены преимуществами высококонцентрированного производства.

Внедрение такой формы организации производства, как кооперирование, может быть осуществлено на базе цеха с двумя линиями ЛТ-8 по производству щепы для ЦБП, типовой проект которого разработан Гипролестрансом (Технический рабочий проект утвержден и введен в действие Минлеспромом СССР с 1.I 1978 г.). Высокий уровень механизации и автоматизации производственных процессов на линиях ЛТ-8 по сравнению с установками типа УПЩ позволяет сократить обслуживающий персонал и увеличить производительность. Цех на базе двух линий ЛТ-8 предназначен для производства технологической щепы по ГОСТу 15815—70 из дровяной древесины и отходов лесозаготовок. Производительность цеха при работе в две смены — 50 тыс. м³ в год.

Технико-экономические показатели производства технологической щепы из дров и отходов получены нами расчетным путем по указанным вариантам. Объектом послужила группа предприятий объединения Кировлеспром.

Таблица 1

**Экономические показатели производства технологической щепы
по вариантам**

Показатели	Величина показателей по группам ресурсов сырья и вариантам					
	А		Б		В	
	І	ІІ	І	ІІ	І	ІІ
Объем сырья, тыс. м ³	76	76	76	76	76	76
Выпуск технологической щепы, тыс. м ³	48,7	48,7	49,1	49,1	52	52
Себестоимость 1 м ³ щепы, р.	13,69	9,70	11,70	8,72	12,41	9,03
В том числе стоимость сырья, р.	3,55	6,55	2,64	5,07	4,85	5,35
Цена реализации 1 м ³ , р.	10,3	10,3	11,9	11,9	11,9	11,9
Прибыль на 1 м ³ щепы, р.	-3,39	+0,60	+0,20	+3,18	-0,51	+2,87
Рентабельность продукции, %	-24,8	+6,2	+1,7	+36,5	-4	+31,7
Удельные капитальные вложения, р./м ³	28,97	13,4	25,5	13,4	19,2	13,4
Приведенные затраты, р./м ³	18,03	11,71	15,52	10,73	15,29	11,04

Расчеты (табл. 1) выполнены в зависимости от возможных ресурсов сырья, пригодных для производства технологической щепы для целлюлозно-бумажного производства:

А — сырьем для производства технологической щепы для целлюлозно-бумажного производства являются дрова. Кооперируются по поставке сырья Альмежский, Волманский, Паломницкий, Опаринский и Майский леспромхозы;

Б — сырье — дрова и отходы от раскряжевки. Кооперируются по поставке сырья Альмежский, Опаринский, Волманский и Паломницкий леспромхозы;

В — сырье — дрова, отходы от раскряжевки и лесосечные отходы. Кооперируются по поставке сырья Альмежский, Опаринский и Волманский леспромхозы.

І вариант — производство щепы на месте (т. е. в каждом леспромхозе);

ІІ вариант — производство щепы в одном пункте.

Специализированный цех (ІІ вариант) по производству щепы на базе двух линий ЛТ-8 предлагается построить на нижнем складе Опаринского леспромхоза, выгодно расположенном относительно кооперирующихся предприятий и имеющем значительные собственные ресурсы сырья для производства щепы.

Сравнивая экономические показатели по вариантам, можно сделать вывод, что более эффективно производство щепы на базе кооперирования между леспромхозами по линии поставки сырья.

Результаты расчетов позволяют считать, что при выборе оптимальных форм организации перерабатывающих производств необходимо учитывать возможность организации крупных специализированных цехов по переработке древесного сырья на базе межхозяйственного кооперирования между лесозаготовительными предприятиями в условиях производственных объединений.

С точки зрения финансового обеспечения строительства и функционирования специализированного цеха возможны следующие формы:

1) специализированный цех — хозрасчетное звено одного из леспромхозов;

2) специализированный цех — межхозяйственный хозрасчетный цех (предприятие), строится за счет паевых взносов кооперирующихся леспромхозов. Полученная межхозяйственным цехом (предприятием)

прибыль распределяется между кооперирующимися леспромхозами. Распределение прибыли может быть осуществлено с помощью заранее установленных расчетных цен на поставляемое сырье или по нормативам распределения прибыли;

3) специализированный цех — самостоятельное хозрасчетное предприятие.

Каждая из этих трех форм кооперирования должна обеспечить прямую хозрасчетную заинтересованность предприятий — участников кооперирования в эффективной совместной работе.

Поступила 26 декабря 1978 г.

УДК 634.0.79

ВНУТРИПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ХОЗРАСЧЕТ В ЛЕСПРОМХОЗЕ

Г. П. ВИНОКУРОВА

Ленинградский финансово-экономический институт

Предлагаются две системы оценочных показателей хозрасчетных подразделений лесозаготовительного предприятия. В качестве обобщающего стоимостного показателя предусматривается хозрасчетная себестоимость. Рассматриваются статьи затрат и получение хозрасчетной себестоимости по данным учета.

Для оценки работы подразделений лесозаготовительного предприятия нужна система показателей, которые стимулировали бы напряженность планов, экономию ресурсов, снижение себестоимости и повышение качества лесопродукции. Экономическая реформа выдвинула на первое место такие показатели эффективности производства, как прибыль и рентабельность. Сторонники этих показателей предлагают оценивать с помощью прибыли хозрасчетную деятельность лесопунктов не только с законченным технологическим циклом, но и оканчивающих свою деятельность вывозкой древесины или занимающихся только лесосечными работами.

Известно, что лесопункты не имеют законченной бухгалтерской отчетности, расчетного счета, на который поступает выручка от реализации. Каким образом здесь можно организовать планирование и учет прибыли? В объединении Комилеспром эту задачу решают следующими методами [5]:

1) на основе производственной цеховой себестоимости и условной оптовой цены;

2) на основе производственной цеховой себестоимости и расчетной цены;

3) на основе полной цеховой себестоимости цеха и действующей оптовой цены;

4) распределением общезаводской расчетной прибыли по цехам пропорционально плановому фонду заработной платы.

Исчисление прибыли любым из названных методов приводит к условности этого показателя: условные цены не применяются для реализации продукции, поэтому прибыль не соответствует фактической выручке от реализации; применяя полную себестоимость, цех должен нести ответственность за расходы, которые от него не зависят; распределение прибыли пропорционально плановому фонду заработной платы

приводит к тому, что механизированные участки производства, дающие больший объем продукции, получают меньшую прибыль, чем участки, где больше ручного труда.

Отсутствие отраслевого положения о внутрипроизводственном хозрасчете создает предпосылки для наличия различных систем оценочных показателей даже в леспромпхозах одного объединения. Так, например, в Киришском леспромпхозе объединения Ленлес основными оценочными показателями лесопунктов являются объем реализации и товарная продукция, а в Волосовском — прибыль и рентабельность. Объем реализации лесопункта определяется по счетам отгруженной продукции, в отличие от порядка учета объема реализации по леспромпхозу. По лесопунктам объем реализации по мере оплаты счетов учесть трудно, поэтому вряд ли целесообразен такой показатель в качестве оценочного.

Каждое подразделение вносит определенный вклад в самокупаемость предприятия. Этот вклад тем больше, чем выше результаты и меньше затраты по данному подразделению, которые выражаются расходами по себестоимости и вложениями в производственные фонды [4]. Поэтому вклад подразделений леспромпхоза в выполнении таких важных директивных показателей, как прибыль и рентабельность, проявляется через снижение себестоимости продукции цеха при соблюдении запланированного размера производственных фондов. Значение показателя себестоимости исключительно велико: ее снижение по Минлеспрому СССР лишь на 1% дает экономию около 85 млн. р. в год [3, с. 133]. Поэтому системе оценочных показателей внутрипроизводственного хозрасчета необходимо строить на основе себестоимости.

Выпуск продукции лесозаготовительного предприятия и его подразделений может быть выражен в натуральном измерении, причем объемы заготовки и вывозки по породам, а раскряжевки по сортиментам, наряду с количеством, характеризуют и качество продукции. Качество продукции характеризуется также показателем товарной продукции в оптовых ценах, который целесообразно планировать для лесопунктов, осуществляющих нижнескладские работы, и для нижних складов.

Снижению затрат на единицу выпускаемой продукции во многом способствует рост производительности труда. Задавая хозрасчетному подразделению темпы роста производительности труда и контролируя их, предприятие обеспечивает необходимые темпы повышения эффективности производства.

В настоящее время в производственно-хозяйственной деятельности лесозаготовительных предприятий снижена роль показателей использования основных производственных фондов. Показатель фондоотдачи, как правило, определяют для всего предприятия, не выделяя отдельных производств. В то же время замечается тенденция снижения фондоотдачи как в целом по Минлеспрому СССР, так и отдельным объединениям: за прошедшую пятилетку фондоотдача в целом по лесной промышленности снизилась на 13%, по объединению Ленлес — на 16,5% [1, с. 92].

Поскольку основные производственные фонды находятся в распоряжении хозрасчетных подразделений предприятия, а эффективность их использования существенно влияет на производительность труда и себестоимость, показатель фондоотдачи необходимо включить в систему оценочных.

В зависимости от комплекса лесозаготовительных работ система оценочных показателей может иметь следующий вид:

А. Для лесопунктов, выполняющих заготовку и вывозку:

- 1) объем работ, м³, в том числе по породам;
- 2) хозрасчетная себестоимость;
- 3) рост производительности труда;
- 4) фондоотдача, м³;

Б. Для лесопунктов полного цикла и нижних складов:

- 1) товарная продукция;
- 2) номенклатура важнейших сортиментов;
- 3) хозрасчетная себестоимость;
- 4) рост производительности труда;
- 5) фондоотдача, р.-к.

Для подразделений лесозаготовительного предприятия в качестве обобщающего стоимостного показателя предлагается хозрасчетная себестоимость, которая должна включать только те затраты, которые зависят от работы подразделения. В связи с этим необходимо разработать систему материальной ответственности всех хозрасчетных звеньев на основе комплекса хозрасчетных претензий. Разрабатывая комплекс хозрасчетных претензий, следует установить сферу их распространения, систему учета и отчетности, методику определения убытков по вине другого подразделения.

Взаимосвязь частных и общих показателей себестоимости обеспечит трехступенчатый принцип ее формирования: пофазная — цеховая — производственная. В связи с тем, что хозрасчетная себестоимость должна включать только те затраты, которые зависят от работы подразделения, она может быть определена на основе пофазной или цеховой себестоимости с учетом стоимостного выражения хозрасчетных претензий:

а) для бригад, мастерских участков

$$\text{пофазная себестоимость} \pm \text{стоимостное выражение хозрасчетных претензий} = \text{хозрасчетная себестоимость}$$

б) для цехов

$$\text{цеховая себестоимость} \pm \text{стоимостное выражение хозрасчетных претензий} = \text{хозрасчетная себестоимость}$$

Действующая номенклатура статей затрат не позволяет определять хозрасчетную себестоимость отдельных подразделений леспромхоза. Деление затрат на зависящие и не зависящие от деятельности хозрасчетного подразделения невозможно без дальнейшей их локализации.

Следует разукрупнить статью «Услуги лесовозного транспорта на вывозке и расходы по содержанию лесовозных дорог» и вести учет затрат отдельно по статьям: «Услуги лесовозного транспорта на вывозке» и «Расходы по содержанию лесовозных дорог». Погашение затрат на строительство временных веток, усов и лесовозных дорог, учитываемое в статье «Услуги», следует отражать по статье «Расходы на подготовку и освоение производства», что вернее отражает их сущность.

Так как часть социально-бытовых расходов можно непосредственно отнести к затратам отдельных цехов, их выделение из общехозяйственных расходов, на наш взгляд, более правильно при определении хозрасчетной себестоимости. Локализация социально-бытовых расхо-

дов возможна путем их разделения на цеховые и общие: цеховые следует включать в затраты хозрасчетных подразделений прямым путем, а общие — распределять между видами производств и продукции принятым в настоящее время способом.

Учет затрат следует производить по фазам лесозаготовительного процесса.

Исходя из предлагаемых статей затрат, формирование пофазной, цеховой и производственной себестоимости будет происходить следующим образом (табл. 1).

Таблица 1

Номер статьи	Лесосечные работы	Вывозка леса	Нижнескладские работы
1	Попенная плата	—	—
2	Основная зарплата производственных рабочих	Основная зарплата производственных рабочих	Основная зарплата производственных рабочих
3	Дополнительная зарплата производственных рабочих	Дополнительная зарплата производственных рабочих	Дополнительная зарплата производственных рабочих
4	Отчисления на социальное страхование	Отчисления на социальное страхование	Отчисления на социальное страхование
5	Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования	—	Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования
6	—	Услуги лесовозного транспорта на вывозке	—
7	—	Расходы по содержанию лесовозных дорог	—
8	Расходы на подготовку и освоение производства	Расходы на подготовку и освоение производства	Расходы на подготовку и освоение производства
Пофазная себестоимость			
9	Цеховые расходы, в том числе непроизводительные		
10	Социально-бытовые расходы (цеховые)		
Цеховая себестоимость			
11	Социально-бытовые расходы (общие)		
12	Общехозяйственные расходы, в том числе непроизводительные		
13	Прочие производственные расходы		
Производственная себестоимость			

Непроизводительные расходы предлагается отражать отдельной учетной позицией как в составе цеховых (статья 9), так и общехозяйственных (статья 12) расходов, исходя из их номенклатуры, указанной в отраслевой инструкции [2, с. 115, 122—124]. Это позволит усилить контроль за их величиной.

Организация учета затрат по предлагаемой номенклатуре статей обеспечит определение показателя хозрасчетной себестоимости из дан-

ных бухгалтерского учета, а также применение поперечно-нормативного метода учета затрат на производство.

Наличие достоверного стоимостного показателя будет способствовать совершенствованию внутрипроизводственного хозрасчета в лесозаготовительном производстве.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Барановский В. А., Брик М. И., Бурдин Н. А. Техническое развитие лесной промышленности. М., «Лесная промышленность», 1976. [2]. Инструкция по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции лесозаготовки. М., 1972. [3]. Медведев Н. А. Основные направления развития и размещения лесной и деревообрабатывающей промышленности в десятой пятилетке. М., «Лесная промышленность», 1976. [4]. Родигин А. А. Хозрасчет в леспромхозе. М., «Лесная промышленность», 1968. [5]. Экономическая реформа в Коми АССР. Сыктывкар, Коми кн. изд-во, 1973.

Поступила 27 февраля 1979 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 634.0.232 : 674.031.632.264.2

РЕЗУЛЬТАТЫ
ИЗУЧЕНИЯ ЛЕСОТИПОЛОГИЧЕСКИХ КУЛЬТУР ДУБА
В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

И. В. СУХОВ

Воронежский лесотехнический институт

Излагаются результаты исследования 28-летних лесотипологических культур. Установлены достоверные различия в показателях роста, продуктивности и качества между культурами рано- и поздне- и позднораспускающегося дуба. Различия между культурами из желудей, собранных в разных условиях местопрорастания, но относящихся к одинаковым фенологическим разновидностям, выражены слабо. Выявлено существенное отрицательное влияние поросли второстепенных пород на показатели роста культур, созданных по нераскорчеванной вырубке.

В работах последнего времени [3, 4, 7] особое внимание обращается на недостаточно высокую эффективность лесных культур дуба на вырубках в гослесфонде Воронежской области. При этом указывается, что успешность культуры зависит от комплекса факторов.

Известны рано- и позднораспускающиеся фенологические разновидности дуба черешчатого. В неоднородных почвенно-топографических условиях они дифференцированы на экотипы. Исследованиями ряда авторов ([1, 2, 5, 6, 9, 10, 12] и др.) в Центральной лесостепи установлено, что свойства экотипов и фенологических разновидностей дуба наследственны и оказывают существенное влияние на рост, продуктивность и качество культур. Однако в специальной литературе по вопросу об эдафотипах существуют разноречивые мнения [8].

Для основательного экспериментального изучения данного вопроса под руководством М. М. Вересина в Воронежской области в 1950 г. была заложена серия опытных лесотипологических культур дуба. Нами в 1977 г. были исследованы опытные культуры на двух участках в квартале 14 Правобережного лесничества учебно-опытного лесхоза ВЛТИ (участок 1) и в квартале 47 Красного лесничества Воронцовского лесхоза (участок 2).

Культуры заложены посевом желудей в виде рядов из пятилуночных площадок с расстоянием между лунками 0,5 м, между центрами площадок в ряду 2 м и между рядами 5 м. В лунку высевали 10 желудей. Желуди для культур были собраны осенью 1949 г. Характеристика маточных древостоев приведена в табл. 1.

На участке 1 культуры заложены на бывшей пашне. Почва — серый лесной суглинок на опесчаненной глине. Обработка почвы сплошная. Между посевными рядами дуба были высажены однолетние сеянцы ясеня пенсильванского (один ряд посередине) и акации желтой (по одному ряду между дубом и ясенем) с размещением в ряду 0,75 м. На участке проведено три лесоводственных ухода.

Участок 2 до закультуривания представлял вырубку 5-летнего возраста, заросшую лещиной и порослью второстепенных пород. Почва — темно-серый суглинок. На участке были прорублены коридоры шириной 2,0 м, где осенью 1949 г. проведена подготовка почвы штыковкой площадок 1 × 1 м. Весной перед посевом почву на площадках перештыковывали. Ввиду буйного развития поросли на участке проведено семь лесоводственных уходов.

При изучении этих культур в 1977 г. в каждом варианте опыта (средняя площадь 0,15 га) произведены перемер и обмер дубков с детальным описанием каждого дерева (диаметр и форма ствола, класс роста по Крафту, наличие повреждения и т. д.).

Рассмотрим особенности роста, продуктивности и качества 28-летних культур ранораспускающейся (р) и позднораспускающейся (п) разновидностей дуба на участке 1 (табл. 2). Сравнение данных показывает, что в культурах одинакового лесотипологического происхождения позднораспускающаяся разновидность дуба по среднему диаметру и высоте превышает ранораспускающуюся. Обработка данных подтверждает,

Таблица 1

Тип леса	Эдатоп	Возраст, лет	Класс бонитета
Усманский массив (Воронежский госзаповедник — ВГЗ)			
Дубрава на светло-серой и песчаной дерново-слабоподзолистой почве, на песке с прослойками суглинка	B ₂	40	III
Дубрава на темно-серой слабоподзолистой супеси	C ₂	55	II
Дубрава на темно-серой супесчаной почве, на суглинке	D ₂	85; 130	I
Воронежский массив (учебно-опытный лесхоз — ВЛТИ)			
Дубрава на светло-серой сильно оподзоленной супеси	B ₂	40—50	III—IV
Дубрава на темно-серой слабоподзолистой супеси	C ₂	40—50	II
Дубрава на темно-сером суглинке	D ₂	50	I—II
Шиповский массив (ШМ)			
Дубрава на темно-сером суглинке	D ₂	130	I—II
Дубрава по тальвегу-оврага на аллювиально-делювиальных почвах	D ₃	130	I—II

что влияние фенологической разновидности на изменчивость изучаемого признака (средний диаметр) доказано при втором пороге вероятности безошибочного суждения.

Однако показатель силы влияния фактора относительно низок (7%), а по экотипам не превышает 3%.

Наименьший процент деревьев господствующей части насаждения наблюдается в вариантах культур ранораспускающегося дуба.

Сравнение качественной характеристики культур показывает, что больший процент прямоствольных деревьев наблюдается в культурах позднораспускающегося дуба. Разница по экотипам составляет в D₂ — 13%, в C₂ — 26%, в B₂ — 23%. При вычислении критерия достоверности разности [11] оказалось, что разница по проценту прямоствольных стволов при сравнении фенологических разновидностей достоверна с вероятностью 0,99. Различия по качеству ствола между экотипами в пределах разновидностей недостоверны.

Наибольшее количество деревьев сохранилось в культурах из желудей, собранных в сложной субори. Причем в культурах поздней разновидности их на 26% больше, чем ранней.

Разница в сохранности дубков для экотипов D₂ и B₂ в пределах разновидностей менее выражена.

Важный показатель характеристики культур — их производительность. Анализ данных табл. 2 показывает, что в культурах поздней разновидности дуба запас древесины выше: в D₂ — на 19 м³/га, в C₂ — на 28 м³/га и в B₂ — на 3 м³/га. В условиях сложной субори запас древесины выше, чем в условиях простой субори и свежей дубравы.

На участке 1 опытные культуры создавались смешанными по составу, поэтому в общем запасе древесины необходимо учесть еще запас ясеня. К 28 годам в каждом варианте опыта накопилось 45—50 м³ древесины ясеня и сохранилось 680—750 деревьев в переводе на 1 га.

Изучение опытных лесотипологических культур дуба на участке 2, созданных на нераскорчеванной вырубке, показывает (табл. 2), что различия между экотипами и фенологическими разновидностями по среднему диаметру насаждений незначительны. Отсутствуют также различия по запасу и другим показателям характеристики культур. По проценту прямоствольных деревьев худшими оказались культуры, созданные из желудей влажной дубравы (D₃).

Таблица 2

Показатели	Происхождение желудей и фенологические разновидности							
	D ₃	D ₂		C ₂		B ₂		
	ШМ (п)	ШМ (п)	ВГЗ (п)	ВЛТИ (р)	ВГЗ (п)	ВЛТИ (р)	ВГЗ (п)	ВЛТИ (р)
Участок 1								
Средняя высота, м	$\frac{12,4}{13,0}$	$\frac{12,6}{13,1}$	$\frac{12,1}{12,6}$	$\frac{11,3}{11,7}$	$\frac{11,8}{12,6}$	$\frac{11,7}{12,3}$	$\frac{11,6}{12,4}$	$\frac{11,5}{12,2}$
Средний диаметр, см	$\frac{10,6 \pm 0,27}{11,9 \pm 0,31}$	$\frac{10,3 \pm 0,19}{11,4 \pm 0,25}$	$\frac{10,4 \pm 0,27}{11,2 \pm 0,30}$	$\frac{9,9 \pm 0,21}{10,6 \pm 0,26}$	$\frac{10,2 \pm 0,41}{12,1 \pm 0,45}$	$\frac{9,8 \pm 0,17}{11,0 \pm 0,20}$	$\frac{10,0 \pm 0,45}{11,3 \pm 0,47}$	$\frac{9,5 \pm 0,15}{10,8 \pm 0,19}$
Количество деревьев на 1 га, шт.	1310	1100	1256	1074	1798	1420	1292	1387
Деревья I—III классов роста, %	50	52	62	50	46	42	34	31
Прямоствольные деревья, %	29	38	40	27	44	18	44	21
Запас на 1 га, м ³	84,0	68,0	76,0	58,0	102,0	74,0	70,0	67,0
Участок 2								
Средняя высота, м	$\frac{10,3}{11,0}$	$\frac{10,3}{10,9}$	$\frac{10,1}{10,8}$	—	$\frac{9,8}{10,4}$	$\frac{9,6}{10,5}$	$\frac{10,3}{10,9}$	—
Средний диаметр, см	$\frac{8,1 \pm 0,22}{10,6 \pm 0,25}$	$\frac{8,2 \pm 0,19}{10,0 \pm 0,20}$	$\frac{8,1 \pm 0,17}{9,6 \pm 0,18}$	—	$\frac{7,8 \pm 0,16}{9,5 \pm 0,18}$	$\frac{8,4 \pm 0,18}{10,3 \pm 0,19}$	$\frac{7,9 \pm 0,18}{9,8 \pm 0,20}$	—
Количество деревьев на 1 га	2110	2130	2230	—	2350	2055	2465	—
Деревья I—III классов роста, %	39	44	41	—	43	43	46	—
Прямоствольные деревья, %	26	49	48	—	52	41	61	—
Запас на 1 га, м ³	74,0	75,0	73,0	—	70,0	71,0	79,0	—

Примечание. В числителе данные для всего насаждения; в знаменателе — для господствующего яруса.

Результаты изучения опытных культур в 1977 г., а за более ранние сроки по данным других авторов [1, 10], показывают, что лучшим ростом и качеством обладают культуры дуба, представляющие популяции Воронежского заповедника и Шиповского массива.

При сравнении опытных культур участков 1 и 2 видно, что культуры на бывшей пашне с посадкой в междурядья ясеня пенсильванского и акации желтой (участок 1) имеют бонитет на один класс выше, чем культуры дуба, созданные на нераскорчеванной вырубке, обильно возобновившейся порослью (участок 2). К возрасту 28 лет разница в средних диаметрах сравниваемых лесотипологических культур составляет 1,4—2,4 см. Культуры дуба на участке 2 растут медленнее, несмотря на то, что здесь чаще проводили уход за дубом, а почвенные условия несколько лучше, чем на участке 1. Такое различие в росте культур дуба объясняется конкурентным влиянием порослевой части древостоя. Так, число деревьев сопутствующих пород в междурядьях дуба на участке 2 значительно больше, чем на участке 1.

Следовательно, для улучшения роста культур на рубках необходимо постоянно совершенствовать технологические процессы создания лесных культур. При этом на рубках надо создавать условия, близкие к открытым площадям. Такого положения в значительной степени можно добиться путем полосной раскорчевки или расчистки вырубок (ширина полос не менее 2,5 м). На расчищенных полосах производится подготовка почвы, посев (посадка) культур и уход за ними. Проведение уходов должно осуществляться на всей полосе путем механического уничтожения (например, дискованием) сорных трав, а также поросли сопутствующих и подлесочных пород по обе стороны от рядков дуба.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вересин М. М. Лесокультурное значение лесотипологического происхождения семенных желудей дуба. — «Труды Воронежского гос. заповедника». Воронеж, 1957, вып. 7. [2]. Вересин М. М. Отбор желудей дуба по происхождению. ЦБНТИлесхоз, сер. Лесоводство. М., 1974, вып. 5. [3]. Горохов В. А. Состояние дубрав в Воронежской области и ведение хозяйства в них. — В кн.: Состояние и пути улучшения дубрав РСФСР. Воронеж, 1975. [4]. Дерюжкин Р. И., Енькова Е. И., Сухов И. В. Пути совершенствования технологии создания лесных культур на рубках в ЦЧО. — Тезисы докладов на областной научно-практической конференции. Воронеж, 1977. [5]. Енькова Е. И. Климатические экотипы дуба. — «Науч. зап. ВЛХИ». Воронеж, 1946, т. 9. [6]. Енькова Е. И. Теллермановский лес и его восстановление. Воронеж, Изд-во Воронеж. ун-та, 1976. [7]. Ильин А. М. Проблемы лесовосстановления осинового вырубков. — Тезисы докладов на областной научно-практической конференции. Воронеж, 1977. [8]. Картель Н. А., Манцевич Е. Д. Генетика в лесоводстве: Минск, «Наука и техника», 1970. [9]. Лукьянец В. Б. Почвенные экотипы и морфологические формы дуба и их значение для лесного семеноводства. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Воронеж, 1955. [10]. Мясоедов С. С. Результаты изучения культур дуба различного лесотипологического происхождения в Шиповом лесу. — «Труды Шиповской ЛОС». Воронеж, 1962, вып. 3. [11]. Плохинский Н. А. Биометрия. М., Изд-во МГУ, 1970. [12]. Шутяев А. М. Селекционная оценка климатипов дуба черешчатого в условиях Воронежской области. — Тезисы докладов на областной научно-практической конференции. Воронеж, 1977.

УДК 630*.221.04

О ВЛИЯНИИ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОСТЕПЕННЫХ РУБОК НА СРЕДНИЙ ОБЪЕМ ВЫРУБАЕМЫХ ДЕРЕВЬЕВ

Н. В. ЛИВШИЦ, Л. Э. ПИЙГЛИ, А. Г. ШАВНИН

Уральский лесотехнический институт

На основе данных опытно-промышленных рубок в лесах Свердловской области рассматривается зависимость объема вырубаемых деревьев от интенсивности изреживания древостоя и объема деревьев на участке до рубки.

В первый прием рубки обычно назначают спелые и перестойные деревья, достигшие определенного диаметра, а также сухостойные, гнилые и поврежденные. Руководствуясь таким принципом отбора, ряд исследователей [1, 2, 3] указывают на значительно более высокий средний объем деревьев, вырубаемых при постепенных рубках.

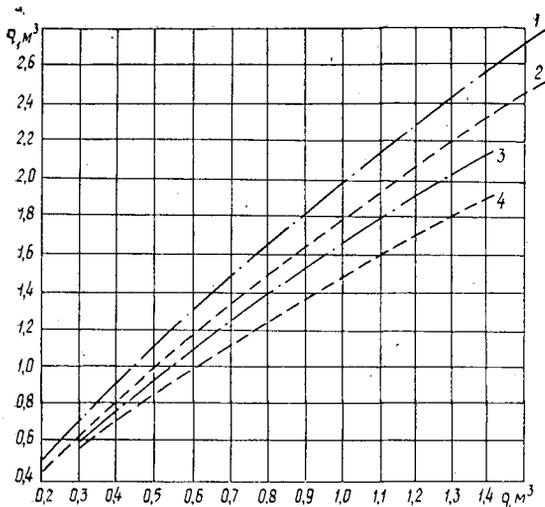


Рис. 1. Зависимость среднего объема деревьев, вырубаемых на боковых лентах пашек при постепенных рубках, от среднего объема деревьев по участку.

1-3 — интенсивность выборки 25-30%; 2-3 — 35-40%; 1, 2 — по данным Н. В. Третьякова; 3-4 — по данным опытных рубок.

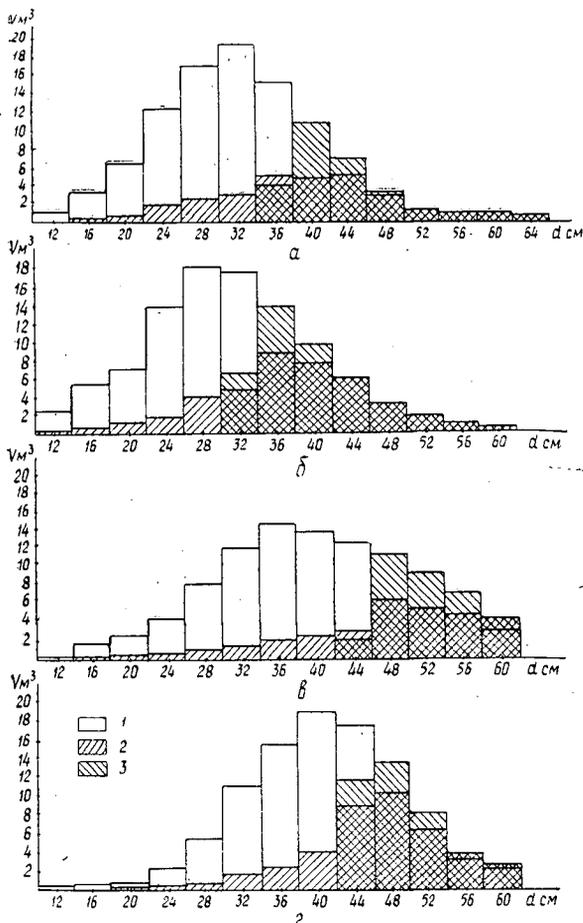


Рис. 2. Гистограмма распределения запасов по ступеням толщины.

а, б — Полевской ЛПХ; в, г — Вагранский ЛПХ; а, в — интенсивность выборки 25-30%; б, г — 40-45%; 1 — общий запас; 2 — фактически вырубаемый запас, 3 — запас, вырубаемый по условию выборки с отпуском диаметра.

по сравнению со средним объемом всех деревьев до рубки. В результате производительность труда при постепенных рубках выше, чем при сплошных.

Отраслевая лаборатория УЛТИ, исследуя особенности проведения первого приема постепенных рубок в лесах I группы Урала, проанализировала изменение среднего объема деревьев, вырубленных на боковых лентах пазов, по сравнению со средним объемом деревьев на опытном участке, при интенсивности выборки 25—30 и 40—45%.

Объектом исследования явились сосновые насаждения III класса бонитета, VI—VII классов возраста, полнотой 0,8, пройденные опытными рубками на площади 56 га в четырех лесхозах Свердловской области. Рубки проводились в одновозрастных насаждениях, строение которых близко к нормальному.

Для выявления общего характера изучаемой зависимости были использованы ряды распределения запаса по ступеням толщины Н. В. Третьякова [4], при этом предполагалось, что постепенные рубки ведутся с отпускного диаметра, величина которого устанавливалась последовательным набором 30 и 45% запаса, начиная с самой большой ступени толщины.

Анализ полученных данных указывает на существование корреляционной связи между изучаемыми показателями. С увеличением среднего объема деревьев на участке наблюдается замедленное возрастание среднего объема деревьев, вырубаемых в первый прием постепенной рубки. Так, если при среднем объеме деревьев на участке 0,275 м³ средний объем в вырубимой части увеличивается в 2,36 раза при выборке 30% запаса и в 2,04 раза при выборке 45% запаса, то при среднем объеме 1,394 м³ он возрастает только в 1,84 и 1,67 раза. Полученная зависимость удовлетворительно описывается уравнением логарифмической кривой (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость среднего объема вырубимых деревьев (q_1) от первоначального на участке (q)

Интенсивность выборки, %	По данным Н. В. Третьякова	По данным опытных участков
25—30	$q_1 = 0,62 + 1,31q + 0,57 \lg q$ (1)	$q_1 = 0,61 + q + 0,66 \lg q$ (3)
40—45	$q_1 = 0,50 + 1,22q + 0,49 \lg q$ (2)	$q_1 = 0,41 + 1,03q + 0,35 \lg q$ (4)

Характер зависимостей, выявленных по рядам строения Н. В. Третьякова, подтвердился данными опытных участков, однако параметры полученных при этом уравнений (3), (4) оказались другими. Во всех случаях средний объем деревьев, вырубимых на боковых лентах пазов при опытных рубках, оказался значительно ниже полученных по данным Н. В. Третьякова (1), (2) для рубок с отпускного диаметра (рис. 1).

Для анализа факторов, определивших эти различия, было рассмотрено строение насаждений по запасу до рубки и распределение запаса вырубимой части древостоя двух леспромхозов (рис. 2). Ряды строения древостоев по запасу до рубки с вероятностью 0,45—0,98 описываются законом нормального распределения для всех рассматриваемых участков. По закону нормального распределения с вероятностью 0,54—0,96 описываются также ряды строения запаса вырубимой части древостоя. Проверка последних по критерию согласия Пирсона (0,84) не опровергает гипотезу принадлежности их одной и той же генеральной совокупности. Такая адекватность рассматриваемых рядов обусловлена тем, что, помимо предназначенных для рубки деревьев, в первом приеме постепенных рубок вырубались также деревья, мешающие валке, сухостойные, гнилые и т. д., диаметр которых был ниже отпускного.

Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. При отводе для постепенных рубок с отпускного диаметра необходимо учитывать деревья более тонких ступеней толщины, уборка которых в процессе рубки неизбежна. Их объем при первом приеме постепенных рубок интенсивностью 40—45% составляет 17—20%, а при интенсивности 25—30% — 26—29% от вырубимого запаса на боковых лентах пазов.

2. Средний объем деревьев, вырубимых на боковых лентах пазов при постепенных рубках, при интенсивности выборки 25—30% увеличивается в 1,6—1,9 раза, при интенсивности 40—45% — в 1,4—1,7 раза по сравнению со средним на участке до рубки, при этом с увеличением среднего объема деревьев разница между ними сокращается.

Полученные зависимости могут быть использованы при расчете экономической эффективности постепенных рубок.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Моисеев Н. А. Сравнительная экономическая эффективность выборочных и сплошных рубок в лесах Севера. — В сб.: Вопросы экономики лесного хозяйства СССР. М., «Лесная промышленность», 1958. [2]. Петров Н. Ф. К методике определения экономической эффективности выборочной системы рубок главного пользования. — В сб.: Лесоводственные исследования в лесах Сибири. Вып. 2. Красноярск, 1970. [3]. Полякова Г. Н. Эксплуатационные затраты на лесосечные работы при выборочных рубках в районе Северо-Запада европейской части таежной зоны РСФСР. — «Лесное хозяйство», 1971, № 11. [4]. Третьяков Н. В., Горский В. В., Самойлович Р. Г. Справочник таксатора. Л., Гослесбумиздат, 1952.

УДК 625.144.4

К ВОПРОСУ О РАЗБИВКЕ СЕРПАНТИН НА ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОДОРОГАХ

П. Д. КЛЫЧКОВ

Хабаровский политехнический институт

Устанавливается связь клотоидной переходной кривой с закономерностью изменения кривизны траектории автомобиля. Предлагается методика разбивки серпантин, включающих клотоидные переходные кривые.

Радиус кривизны траектории движения автомобиля с учетом боковой деформации шин можно принимать равным

$$R = \frac{L}{\theta}, \quad (1)$$

где L — база автомобиля;

θ — средний угол поворота управляемых колес автомобиля.

Если водитель при движении по переходной кривой выдерживает отношение поступательной скорости V к угловой скорости поворота управляемых колес ω постоянным, то длина дуги траектории автомобиля

$$S = \frac{V}{\omega} \theta = k\theta. \quad (2)$$

Тогда

$$R = \frac{L}{\theta} = \frac{kL}{k\theta} = \frac{A^2}{S}, \quad (3)$$

где A — параметр клотоиды, характеризующий координаты ее полюса.

Следовательно, автомобиль будет описывать клотоиду, поэтому

$$\beta = \int_0^S \frac{dS}{R} = \frac{S^2}{2A^2} = \int_0^\theta \frac{k}{L} \theta d\theta = \frac{k\theta^2}{2L}. \quad (4)$$

В конце отрезка клотоиды (в конце переходной кривой)

$$r = \frac{A}{\sqrt{2\beta_k}}; \quad \beta_k = \frac{S_k}{2r}; \quad r = \frac{L}{\theta_k}. \quad (5)$$

При движении по закруглению, состоящему из двух симметричных клотоид (рис. 1), от точки H до точки B водитель должен (поддерживая $\frac{V}{\omega} = \text{const}$) вращать колеса влево от $\theta = 0$ до $\theta = \theta_k$, от точки B до точки B — право от $\theta = \theta_k$ до $\theta = 0$. Между точками B и B может быть круговая вставка и при движении по ней $\theta = \theta_k = \text{const}$.

После точки B может быть прямой участок или новая переходная кривая. Другие комбинации для движения автомобиля без остановок теоретически невозможны. Например, если после точки B начнется круговая вставка, то автомобиль нужно остановить, повернуть управляемые колеса на угол $\theta_k = \frac{L}{r}$ и только после этого продолжать движение.

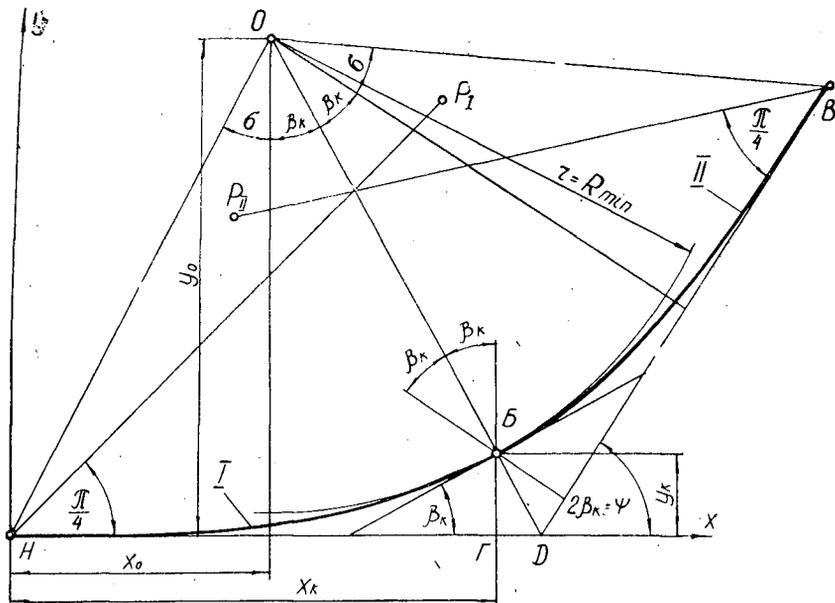


Рис. 1. Закругление из двух симметричных клотоид.

$$HP_I = BP_{II} = A \sqrt{\pi/2} = r \sqrt{\pi \beta_k}$$

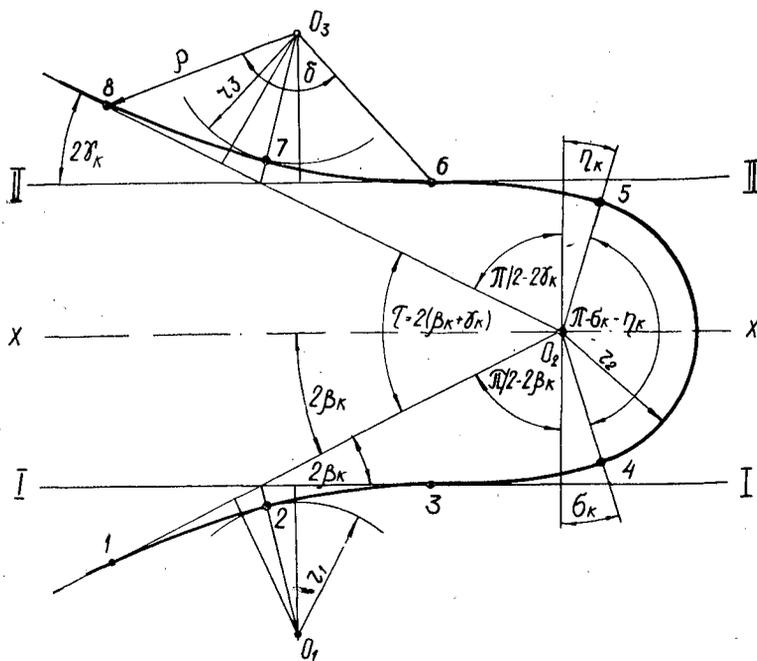


Рис. 2. Серпантина.

Однако в литературе по проектированию автомобильных дорог [1—5] считают возможным на серпантинах делать закругления, сопрягая окружности с прямыми и даже окружность с окружностью. В последнем случае в точке сопряжения автомобиль

надо остановить и повернуть его управляемые колеса на угол $\theta = \frac{L}{r_1} + \frac{L}{r_2}$ (где r_1 и r_2 — радиусы сопрягаемых окружностей). Практически остановок на таких закруглениях водители не делают только потому, что имеются большие уширения полотна дороги. Полная серпантина не может иметь менее шести переходных кривых. Сопряжения прямых с круговыми вставками и тем более дуг двух окружностей на закруглениях дорог теоретически совершенно недопустимы.

Удобство управления транспортным средством, при минимально необходимом для проезда автопоездов уширении дорожного полотна, будет обеспечено, если ось дороги на серпантине размечать так, как на рис. 2.

Первое закругление (участок 1—2—3) показано состоящим из двух симметричных клотоид. Но это совсем не обязательно, отрезки клотоид могут быть разными. Более того, закругление может включать и круговую вставку радиуса r_1 . Обязательно для этой комбинации одинаковое значение радиуса кривизны в концах клотоид, сопрягаемых друг с другом или с круговой вставкой.

Дуга клотоиды $S_k = 2r\beta_k$, следовательно, длина участка 1—2—3 составляет $4r\beta_k$; участок 3—4 — отрезок клотоиды длиной $S_k = 2r_2\sigma_k$; участок 4—5 — круговая вставка радиуса r_2 с центральным углом $\varphi = \pi - \sigma_k - \gamma_k$; участок 5—6 — отрезок клотоиды длиной $S_k = 2r_2\gamma_k$; длина участка 6—7—8 — $4r_3\gamma_k$.

Задавшись углом $\tau = 2(\beta_k + \gamma_k) = \beta'_k + \beta''_k + \gamma'_k + \gamma''_k$ (из условий местности и минимальной стоимости строительства) и радиусами кривизны r_1 , r_2 и r_3 (из условия расчетной скорости для данной категории дороги), можно нанести ось дороги на всей серпантине.

Если основания клотоид 2—3 и 3—4 (линия I—I), 5—6 и 6—7 (линия II—II) сделать непараллельными оси $x-x$, то $\tau = 2(\beta_k + \gamma_k) \pm \sigma_k \pm \eta$; $\varphi = \pi \pm \sigma_k \pm \eta_k$. Вершина угла τ совпадет с центром круговой кривой, если $2\gamma_k = \gamma'_k + \gamma''_k$, а следовательно, и

$$2\beta_k = \beta'_k + \beta''_k = \arctg \left(\frac{y_0}{x_0 + x_k + y_k \operatorname{tg} \beta''_k} \right),$$

где β'_k и β''_k — углы поворота оси дороги за счет ветвей клотоиды 1—2 и 2—3; x_k , y_k и x_0 , y_0 — координаты соответственно точки 2 и центра круговой кривой относительно точки 3.

Когда основания клотоид, сопрягаемых с круговой кривой, параллельны оси $x-x$, то все расчеты упрощаются до предела, если $r_1 = r_2 = r_3$; $\beta'_k = \beta''_k = \sigma_k$; $\gamma'_k = \gamma''_k = \eta_k$.

Полярный радиус ρ отрезка клотоиды (полюс в центре окружности радиуса r) определим из треугольника со сторонами

$$a = \left(r + \frac{y_k}{\cos \gamma_k} - \frac{y}{\cos \gamma} \right); \quad b = x_k - x + y_k \operatorname{tg} \gamma_k - y \operatorname{tg} \gamma$$

и углом между ними $\pi/2 - \gamma_k$.

$$\rho_{\max} = \sqrt{x_0^2 + y_0^2}; \quad \rho_{\min} = r.$$

Центральный угол симметричного клотоидного закругления

$$\delta = 2 \left(\gamma_k + \arctg \frac{x_0}{y_0} \right).$$

Действия водителя при проезде по серпантине (рис. 2) будут такими. Подъехав к точке 1, водитель начнет вращать рулевое колесо вправо и, двигаясь по участку 1—2, изменит угол поворота управляемых колес от $\theta = 0$ до $\theta = \theta_k = \frac{L}{r_1}$; на участке 2—3 (вращая рулевое колесо влево) — от $\theta = \frac{L}{r_1}$ до $\theta = 0$, на участке 3—4 (вращая рулевое колесо влево) — от $\theta = 0$ до $\theta = \frac{L}{r_2}$, на участке 5—6 (поворачивая рулевое колесо вправо) — от $\theta = \frac{L}{r_2}$ до $\theta = 0$, на участке 6—7 (поворачивая рулевое колесо вправо) — от $\theta = 0$ до $\theta = \theta_k = \frac{L}{r_3}$ и на участке 7—8 (вращая рулевое колесо влево) возвратит колеса в нейтральное положение (от $\theta_k = \frac{L}{r_3}$ до $\theta = 0$).

Двигаясь по дуге окружности (участок 4—5), водитель будет сохранять $\Theta_k = \frac{L}{r_2} = \text{const}$.

Эти действия водителя абсолютно необходимы вне зависимости от того, как размечена ось дороги; r_1 и r_2 он вынужден «находить» сам, используя уширения полотна дороги. При небольших уширениях управление автопоездом крайне затрудняется, если нет переходных кривых. В указанных библиографических источниках переходные кривые на серпантинах фактически не предусматриваются. При движении одиночного автомобиля по серпантинам, не имеющим переходных кривых, заметных отрицательных последствий может и не наблюдаться.

Рекомендуемая разбивка серпантин при меньших уширениях полотна дороги будет способствовать большему удобству управления лесовозными автопоездами и меньшему сдвигу траектории колес роспуска относительно автомобиля.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бабак В. Ф., Андреев О. В., Замахеев М. С. Проектирование автомобильных дорог. М., «Транспорт», 1970. [2]. Ильин Б. А. Теория проектирования лесовозных дорог. Учебное пособие. Ч. 2. Л., 1964. [3]. Ильин Б. А., Корунов М. М., Кувалдин Б. И. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог. М., «Лесная промышленность», 1971. [4]. Кувалдин Б. И., Морозов С. А. Проектирование лесовозных дорог. М., Гослесбумиздат, 1962. [5]. Корунов М. М., Тагильцев Н. Д. Примеры и задачи по сухопутному транспорту леса. М., «Лесная промышленность», 1976.

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

УДК 502.7(075.5)

**ОБ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНЫХ КУРСОВ
ПО ОХРАНЕ ПРИРОДЫ НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГИИ***А. И. КИПРИАНОВ, В. А. СОЛОВЬЕВ*

Ленинградская лесотехническая академия

Необходимость в вузах курса по охране природы в настоящее время не вызывает сомнений. Однако существует необходимость обсуждения целевого назначения, содержания и методики преподавания подобного курса, его связей с другими дисциплинами, особенно прикладного характера.

В связи с этим возникают вопросы: является ли охрана природы наукой, а если нет, то требуется ли создание специальной науки по охране природы? В последние годы определилось несколько точек зрения на объем и содержание курса охраны природы. Первая точка зрения, наиболее четко изложенная в известном учебнике И. П. Лаптева «Научные основы охраны природы», заключается в том, что охрана природы — наука, находящаяся на стадии возникновения. Другая точка зрения заключается в необходимости формирования специальной науки, изучающей взаимоотношения человека с природой. Для нее предлагаются названия: ноогеника, ноология, созология, созиоэкология, антропоэкология и т. п. Наконец, третья точка зрения, разделяемая авторами, заключается в том, что охрана природы — комплекс взаимосвязанных аспектов, изучаемых различными, уже сформировавшимися науками. На роль лидера этих наук в настоящее время реально претендует экология.

Как известно, в ходе научно-технической революции возникали и последовательно решались важнейшие проблемы, в соответствии с которыми на первый план выдвигались науки, претендовавшие на решение этих проблем. В 70-х годах в связи с актуальностью охраны природы особое значение стала приобретать экология, возникшая в прошлом столетии, но в последнее десятилетие существенно трансформированная именно под влиянием запросов охраны природы. В последние годы экологию называют наукой о структуре, функциях и развитии природных комплексов, биологией окружающей среды, теорией измененного мира, при этом особо выделяя экологию человека или считая человечество частью природы.

Охрана природы имеет разные аспекты: социальный, экономический, технологический, организационный, естественнонаучный. Основными задачами естественнонаучного аспекта являются улучшение (или создание) окружающей природной среды, рациональное и комплексное использование невозобновляемых природных ресурсов, сохранение и восстановление возобновляемых природных ресурсов, увеличение продуктивности экосистем, защита экосистем от загрязнений. Следует подчеркнуть чрезвычайную важность социального аспекта в охране природы, поскольку социальный строй оказывает решающее влияние на реализацию экологических рекомендаций.

Разные точки зрения на положение охраны природы неизбежно сказываются на построении вузовских программ. Ныне действующие программы по курсам охраны природы во многих вузах страны имеют существенные недостатки — они фактически не основаны на экологии в современном ее понимании и не предусматривают лабораторных работ.

Рассмотрим подробнее особенности некоторых программ. Программы для университетов, педагогических вузов, биологических, географических и лесохозяйственных факультетов довольно однотипны и основаны на учении о биосфере. В них не отражены в должной мере другие надорганизменные уровни организации природы, такие как популяции и биоценозы, имеющие особое значение, например, для организации рациональной эксплуатации возобновляемых ресурсов или сохранения генофонда. Практика преподавания по такой программе чаще всего сводится к изложению фактов, сгруппированных по компонентам биогеоценотического покрова Земли (атмосфера, вода, недра, почвы, растительный и животный мир). Возможно, такое положение исторически объясняется большим авторитетом географии — старейшей, теоретически развитой науки, в настоящее время наиболее фундаментально и комплексно решающей вопросы охраны природы на уровне биосферы. Тем не менее, нельзя согласиться с ограниченностью такого подхода к построению программ для факультетов негеографического профиля.

Программы технологических вузов и факультетов ориентированы на вопросы очистки и рекуперации промышленных выбросов. Эти вопросы, затрагивающие технологические аспекты охраны природы, совершенно необходимы, но недостаточны для современного образования технолога. Дело технолога — довести разработку до такого состояния, чтобы предотвратить или в максимальной степени снизить вредные последствия промышленной деятельности для окружающей среды. В связи с этим чисто технологические задачи, имеющие, как правило, значение лишь в рамках данной технологии, должны решаться на специальных профилирующих кафедрах.

В некоторых технологических вузах курсы по охране природы объединены с курсами по охране труда и технике безопасности, которые не нуждаются в сведениях о природе, поскольку имеют дело с неблагоприятными факторами, действующими непосредственно на человека. Однако смысл охраны природы как раз и заключается в том, чтобы предотвратить действие неблагоприятных факторов, возникающих или усиливающихся вследствие разрушения природной среды.

Таким образом, охрана природы имеет много аспектов, по основной естественнонаучный аспект является предметом экологии. Экология как теоретическая основа охраны природы должна занять место в учебных планах вузов, аналогичное общеобразовательным дисциплинам — физике, химии и математике.

Перейдем теперь к построению самой программы. Первый принцип — это построение курса в соответствии с уровнями организации живой материи, от простого к сложному, т. е. от изучения взаимодействия организма и окружающей его среды к популяциям, биогеоценозам и биосфере. При этом действие антропогенных факторов и практические рекомендации по предотвращению или уменьшению вредных последствий действия этих факторов можно рассмотреть на каждом уровне или выделить их в специальную часть. Кроме того, необходимо ввести разделы прикладной экологии, такие, например, как принципы экологизированной технологии, совместимой с существованием природных экосистем; основные понятия токсикологии, а также организацию системы охраны природы и правовые вопросы. Социальный аспект охраны природы рассматривается в цикле общественных наук и подчеркивается в курсе по охране природы для усиления его воспитательных функций.

Второй принцип — требование не знания фактов, а логики знаний или еще лучше — логики исследования. Экология является как раз той дисциплиной, на примерах из которой успешнее всего можно познакомить студентов с методологией современных научных исследований. Современная тенденция к синтезу знаний, математизации, физикализации и кибернетизации естествознания находит свое продолжение и развитие в «экологизации». Чтобы привить экологический стиль мышления, необходимо познакомить студентов с особенностями экосистем, которые делают их «сложными вероятностными» или «плохо организованными диффузными», и с основными подходами к изучению таких систем — комплексным, системным, кибернетическим, математическим и физическим. Кроме усвоения специальных приемов для решения некоторых экологических задач, все это, безусловно, будет способствовать воспитанию студенчества в духе диалектического материализма.

Третий принцип — это обязательность лабораторных занятий, которые должны иметь четко выраженную ориентацию на будущую работу специалиста. Помимо общих задач (разъяснить и закрепить лекционный материал, показать науку как исследование), главное здесь — познакомить студентов с экологическими методами, научить собирать экологическую информацию и обрабатывать ее. Решение этих задач, вероятно, — наиболее трудный этап создания курса, поскольку требуется большое разнообразие тем лабораторных занятий в соответствии со спецификой каждого факультета.

Для небиологических факультетов целесообразно предусмотреть занятия по таксономии. Студенты должны знать некоторые виды микроорганизмов, растений, грибов и животных. Среди них следует отдать предпочтение наиболее распространенным эдификаторам, экологическим индикаторам, видам, играющим значительную функциональную роль в экосистемах.

Токсикологические испытания позволяют разнообразить занятия в соответствии с будущей специальностью студентов за счет различных испытуемых веществ, используемых сред и тест-организмов. Студенты знакомятся с методами выращивания организмов, принципами токсикологических испытаний, пробит-анализом и делают выводы о чувствительности организмов разных таксономических групп.

Для факультетов, студенты которых изучают вычислительную технику, желательно решение задач по обработке экспериментальных данных методами многомерной статистики или моделированию пищевых цепей на аналоговых машинах. Крайне необходимы экологические или комплексные экскурсии в природу — весной и осенью.

В Ленинградской лесотехнической академии формируются учебные планы, одна из особенностей которых заключается в наличии курса «Экологические основы охраны природы» в размере от 60 до 102 ч. С учебного 1975/76 г. аналогичные курсы ведутся на всех факультетах лесотехнической академии в объеме 42—58 ч, в том числе 14 ч

лабораторных занятий. Эти курсы — дисциплины общеобразовательного цикла. В них излагаются сведения о структуре, функциях и развитии экосистем в порядке иерархической подчиненности объектов изучения экологии (организм и среда, популяция, биоценоз, биогеоценоз, биосфера) и влиянии на них антропогенных факторов; освещаются основные проблемы охраны природы и пути их решения. Одна из целевых установок — формирование «системных» взглядов на природу как сложное целостное явление.

Студенты должны изучить основные экологические понятия, принципы и законы, возможность совмещения технологических процессов (по своей специальности) с существованием естественных экосистем; уметь критически оценивать проекты и технологические решения с точки зрения охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов и предвидеть непосредственные и локальные изменения в окружающей среде вследствие реализации проектов и технологических решений в соответствующей отрасли промышленности; иметь представление об опосредствованных, далеких и глобальных изменениях в окружающей среде и об ответственности за нарушение законодательства в области охраны природы.

Рабочие программы по каждому факультету имеют особенности. В теоретической части особое внимание уделяется тем экологическим объектам, которые подвергаются наибольшему воздействию со стороны соответствующей отрасли народного хозяйства. Так, например, для инженерных факультетов большее внимание уделяется лесным биоценозам и экосистемам, а для химико-технологического — водным.

Большие различия в прикладной части программ. В курсе на инженерно-экономическом факультете рассматривается учет социально-экономических последствий загрязнений и социально-экономический эффект мероприятий по охране природы при народнохозяйственном планировании и управлении. На химико-технологическом факультете рассматриваются вопросы сохранения окружающей среды на основе экологизированной химической технологии: источники загрязнений, экологические, биологические и экономические последствия загрязнений, обоснование ПДК; методы определения, измерения и мониторинга загрязнений воздуха, воды, почвы, организмов; экологические требования к технологиям, принципы экологизированных технологий, экологические системы как модели безотходного производства; пути развития безотходных производств в условиях лесопромышленных комплексов, промышленного города и региона, принципиальная технологическая схема безотходных производств. В программе факультетов лесоинженерного, лесомеханического и механической технологии древесины предусматриваются разделы по лесному ресурсоведению, сохранению лесных ресурсов, интеграции лесного хозяйства, лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности и комплексному использованию древесного сырья. Студенты лесохозяйственного факультета знакомятся с принципами эксплуатации возобновляемых ресурсов: максимизацией продуктивности популяций и биоценозов, стратегией борьбы с лесными вредителями и болезнями, возможностями снижения вредного воздействия пестицидов на природу, методикой оценки природных комплексов для освоения и использования их в различных видах хозяйственной деятельности.

В перспективе возможна специализация инженера лесного хозяйства по охране природы. Имеется несколько причин, обуславливающих особую значимость выпускников лесохозяйственного факультета как потенциальных специалистов-экологов. Прежде всего, чрезвычайно велика роль лесов как источника возобновляемого сырья для промышленности и одного из наиболее мощных регуляторов и стабилизаторов природных процессов локального и глобального масштаба. В действующих программах для лесохозяйственных факультетов предусмотрены многие дисциплины или разделы, имеющие непосредственное прикладное значение для охраны природы (например защитное лесоразведение, гидротехнические мелиорации, озеленение населенных мест, защита растений). В отличие от университетского учебного плана биологических факультетов, где значительная доля дисциплин молекулярного и организменного уровня, в учебном плане лесохозяйственных факультетов центр внимания с давних пор смещен на биоценотический и биогеоценотический уровень. Неудивительно, что именно лесное образование дало науке учение о лесе как элементе географического ландшафта и биогеоценологии. Наконец, в учебных планах лесохозяйственных факультетов имеется ряд инженерных или в широком смысле технологических дисциплин. Все это создает предпосылки для успешной ориентации инженера лесного хозяйства на охрану природы.

УДК 502.7(075.5)

КУРС «ОХРАНА ПРИРОДЫ» В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

И. М. БОХОВКИН, Г. Б. ГОРТИНСКИЙ, Г. В. СТАДНИЦКИЙ

Архангельский лесотехнический институт

Сохранение качества окружающей среды в условиях научно-технической революции — насущная проблема современности. Материалы XXIV и XXV съездов КПСС, конституционные положения, ряд специальных партийных и правительственных документов убедительно свидетельствуют о той огромной работе, которая ведется в этом направлении в нашей стране.

Л. И. Брежнев указывал, что чем лучше мы будем использовать богатства природы, тем богаче, краше и культурнее будет жизнь советских людей. Следовательно, неперенным условием охраны окружающей среды в интересах текущего и будущих поколений является рациональное использование природных ресурсов, которое невозможно без организации определенных отношений между человеком и природой.

Человек не существует вне природы. Труд, по К. Марксу, есть процесс, осуществляющийся между человеком и природой. Поэтому решение указанной проблемы требует и соответствующей мировоззренческой подготовленности любого гражданина, в первую очередь, специалиста производства. Он должен знать не только как и какими средствами обеспечить охрану качества среды и неисчерпаемость природных ресурсов в своей и смежных отраслях, но и глубоко понимать необходимость своих действий. А этому надо учить. Ни одна техническая или биологическая дисциплина сама по себе научить этому не может. Поэтому введение более 15 лет назад в вузовские программы обязательных курсов охраны природы явилось крайне своевременным актом.

Вместе с тем, формирование охраны природы как отрасли научных знаний, преподаваемой студентам, не закончено, и окончательному становлению курса препятствует ряд субъективных и объективных трудностей. К первым следует отнести весьма ограниченный объем, отводимый охране природы учебными планами. Как правило, он не превышает 10—16 ч и фактически не предусматривает контроля за усвоением студентами материала в форме экзамена, зачета или хотя бы коллоквиума. Очень редко на охрану природы отводится 20—30 ч и более.

Объективные трудности отражаются, в первую очередь, отсутствием до настоящего времени единой вузовской программы и стабильного учебника, которые удовлетворяли бы если не всем, то хотя бы достаточно широкому кругу специальностей. Сейчас создано немало учебников и учебных пособий по охране природы для технических, сельскохозяйственных, педагогических и иных отраслевых учебных заведений. Естественно, что все они в той или иной степени адаптированы к будущему профилю выпускников. Характерно, что все учебные пособия написаны не специалистами по охране природы (в вузах таких просто нет). Сегодня этот курс читают химики, биологи, врачи, металлурги, каждый из которых соотносит объем и содержание материала с собственными склонностями и профессией, иногда преломляя его через призму основной специальности выпускников.

Поэтому в одних вузах преобладает чисто технический подход, основанный на ознакомлении студентов с самыми общими положениями об охране природы при более подробном изучении средств очистки и рекуперации выбросов (техническая экология), в других упор делается на охрану среды в широком смысле (университеты), в третьих — на экологию, заповедное дело и т. д. Соответствующим образом строятся и внутривузовские учебные пособия.

Отсюда видно, что при формировании курса охраны природы наиболее трудно решить вопрос о том, должен ли этот курс основываться на какой-либо одной базовой отрасли знаний, специфичной для конкретной специальности, или должен касаться преимущественно вопросов, связанных с решением общих проблем рационального природопользования в нашей стране. Любая точка зрения имеет своих сторонников и противников и может быть достаточно убедительно аргументирована.

Если допустить, что должен быть какой-то основной стержень данного курса, то возникает вопрос о его выборе. Экология, несомненно, должна входить в программу, но вряд ли целесообразно делать ее базовой дисциплиной, если иметь в виду, что это самостоятельная отрасль науки. Преподавать ее на должном уровне, если она официально не входит в учебные планы, невозможно просто из-за недостатка отводимого времени.

Наиболее распространенный путь, по которому идут сейчас многие вузы, заключается в изложении беглых данных о значении, использовании и охране отдельных видов природных ресурсов и особом внимании к последствиям загрязнения среды промышленными эмиссиями. Но рационально ли, например, тратить учебное время лесохозяйственных факультетов на изложение проблем защиты и охраны леса или включать в курсы охраны природы в вузах сельскохозяйственного профиля материалы об эрозии почв и борьбе с ней? Эти материалы входят в программы специальных курсов. В то же время инженер-дорожник или лесоинженер, несомненно, обязаны знать об эрозии почв как об одной из форм разрушения среды и утраты плодородных земель.

Практикуется и адаптация курса охраны природы к будущей профессии выпускника, однако есть соображения, ставящие этот путь под сомнение. Во-первых, это приводит к невероятному дроблению дисциплины (сколько специальностей, столько и программ и учебников), а во-вторых, остается неясным, как быть с гуманитарными и некоторыми другими специальностями, для которых курс охраны природы столь же необходим.

При организации курса охраны природы с учетом высказанных соображений в Архангельском лесотехническом институте мы исходим из следующего.

Ни одна из известных отраслей знаний не может быть основой курса охраны природы, поскольку сам этот курс является одним из базовых при подготовке специалиста любой профессии. Охрана природы — это своего рода ключ к пониманию и усвоению профессиональных вопросов. Отсюда самая важная текущая задача — установить содержание и структуру материала.

Очевидно, начинать следует с корректировки названия дисциплины охраны природы. Сформулированное около 15 лет назад под острым впечатлением от последствий загрязнения водного, воздушного бассейна, разрушения отдельных экологических систем, утраты памятников природы это название далеко не полностью удовлетворяет не только фактологическому насыщению материала, но и его общетеоретической, философской направленности. Если 10—15 лет назад преимущественно констатировали отрицательные последствия загрязнения среды и говорили о необходимости поиска путей его предотвращения, то сегодня уже разработан, технически и материально обоснован и внедрен ряд таких достижений, как безотходное (экологизированное) производство, оборотное водоснабжение, незагрязняющая энергетика. Научно обоснованы проблемы оптимизации биосферы и управления ею, общие принципы рационального природопользования, эксплуатации индустриально-технических комплексов, система экологического мониторинга качества среды, т. е. имеет место начало реализации идей В. И. Вернадского о переходе биосферы в ноосферу. Понятие «охрана природы», очевидно, устарело и оказалось в этих условиях достаточно узким. Более того, оно нередко дает основания склоняться к пониманию охраны природы как системы охраны ландшафтов от последствий научно-технического прогресса и волей-неволей мимо противопоставляет охрану природы техническому прогрессу.

Однако очевидно, что не может идти речи об охране природы в смысле ее консервации, ибо это нереально в условиях исторически закономерного промышленно-хозяйственного преобразования биосферы. Невозможно и искусственно ограничить темпы производства, как это серьезно постулируется в некоторых работах зарубежных авторов, например, в известной книге группы ученых Массачусетского института «Пределы роста» (1972). Речь может идти только о рациональном использовании природных ресурсов, включая и экологические, т. е. окружающую среду определенного качества. Но связь снижения качества среды и угрозы исчерпания отдельных ресурсов природы с научно-техническим прогрессом несомненна. Принципы рационального природопользования можно вывести из двух высказываний, одно из которых приведено в изданной у нас книге «Основы экологии» Ю. Одума, а второе принадлежит Д. И. Менделееву. Одум пишет, что «загрязнение среды это ресурсы, оказавшиеся не на своем месте», а Д. И. Менделеев считал, что в химии нет отходов, а есть неиспользованные ресурсы. Значит, проблема качества среды в настоящем и будущем, одновременно с обеспечением неисчерпаемости природных ресурсов, решается на основе экологизации ресурсного цикла, т. е. его безотходности, полной утилизации всех добываемых ресурсов. Поэтому не охрана природы является, как это указывается в большинстве ее определений, целью рационального использования природных ресурсов, а, наоборот, рациональное природопользование немислимо без охраны природы. Отсюда главным положением курса охраны природы, читаемого в АЛТИ, является утверждение, что научно-технический прогресс не только не противоречит охране природы, но является непременным условием ее обеспечения.

Следовательно, учить сегодня студентов, будущих руководителей и организаторов производства следует не охране природы или отдельных ее ресурсов, а краеугольным принципам рационального природопользования. Это утверждение отнюдь не ново. Еще в самом начале введения курса в вузовские программы Ю. Н. Куражковским предлагалось именно такое название, хотя и не во всех деталях сходное с нашей интерпретацией.

Основы рационального природопользования есть по преимуществу общественно-политическая, мировоззренческая дисциплина. Отсюда мы не исключаем (хотя и не настаиваем на этом тезисе), что данный курс есть прерогатива общественно-политических кафедр, и читаться он должен здесь специалистами, имеющими экологическую подготовку, в тесной увязке с другими общественно-политическими дисциплинами, но ни в коем случае не дублируя их.

Рассмотрим кратко, из чего должен, на наш взгляд, состоять курс основ рационального природопользования в высшей школе.

В основе советской природоохранительной политики лежат ленинские принципы природопользования, главным из которых является общенародная собственность на все природные ресурсы и средства их эксплуатации.

Известно, что проблемы исчерпаемости природных ресурсов в равной степени стоят перед социалистической и капиталистической системами. Однако несмотря на то, что в капиталистическом мире сознают остроту проблем, их разрешение встречается с непреодолимыми трудностями, вытекающими из самой специфики системы.

Подлинно рациональное природопользование возможно только при изменениях в сфере производственных отношений, и любой специалист, прослушавший в вузе данный курс, должен четко усвоить, что рациональное природопользование — это непременно природопользование социалистическое.

Необходимо также излагать студентам философские основы природопользования, его историко-географические аспекты, марксистско-ленинские положения о взаимодействии природы и общества. Закономерным элементом этого раздела являются современные политические и международные аспекты охраны окружающей среды, включая связь проблем охраны биосферы с политикой мирного сосуществования, а также формы международного сотрудничества в данной области. При этом, естественно, необходимо избегать изложения общеизвестных положений.

Проблема охраны окружающей среды в нашей стране, несмотря на несомненные достижения, не может считаться окончательно решенной. Экологизация ресурсного цикла, очистка и рекуперация выбросов, освоение новых не загрязняющих среду технологий — все это довольно дорогие мероприятия.

Каждый специалист не только должен понимать необходимость этих затрат, но и быть готовым в условиях вверенного ему производства выбрать оптимальные решения.

Таким образом, в курсе объективно требуется излагать общие теоретические вопросы экономики охраны природы и рационального природопользования, говорить о специфике окупаемости соответствующих мероприятий.

В программе курса входит в конечном итоге ознакомление студентов с некоторым общим комплексом знаний, включающим преимущественно теоретические положения современной научно-технической политики природопользования.

Фактологический и иной специальный материал должен привлекаться по необходимости для иллюстрации тех или иных положений. Такой подход позволит свести к минимуму дублирование материала в курсе рационального природопользования и соответствующих специальных дисциплинах.

Экологические основы рационального природопользования должны быть самостоятельным разделом курса, в пределах которого студентам излагаются положения о закономерностях строения и развития биосферы, факторах, определяющих стабильность экологических систем, процессы передачи энергии и обмена информацией. Именно здесь мы и рассматриваем загрязнение окружающей среды, толкая его в качестве системы обратимых и необратимых нестатических помех в этих процессах.

Поэтому понятие «загрязнение среды» включает в себя не только промышленные выбросы. Загрязнением (в широком смысле) может оказаться непродуманная интродукция и акклиматизация животных и растений, недостаточно обоснованная химическая борьба с вредителями и болезнями, неблагоприятные явления, связанные с урбанизацией, т. е. любые вмешательства, нарушающие исторически и эволюционно сложившиеся связи в экологических системах. Последовательная и полная борьба с загрязнением не сводится только к прекращению выбросов, но есть система природопользования, основанная на мониторинге и управлении оптимизированными природно-техническими комплексами. Выпускник любого института и факультета должен знать, какими способами можно в общем плане предотвратить загрязнение, что такое и для чего нужны ограничительные характеристики загрязнителей: ПДК, БПК, ПДВ или ДОК (согласно стандартам). Однако способы очистки сточных вод и газовых эмиссий, способы определения в природе названных ограничительных показателей — это уже область профессиональной подготовки конкретного специалиста. Аналогичным образом при изложении вопросов рационального использования, например, ископаемых ресурсов достаточно сформулировать такие принципы, как опережение темпов разработки темпами открытия новых источников или замыкание ресурсного цикла. Но информацию о конкретных способах и технических приемах осуществления этих принципов студент должен получить в процессе профессиональной подготовки, согласно учебным планам соответствующей специальности.

При изложении материалов о рациональном использовании лесных ресурсов мы ограничиваемся краткой характеристикой лесного фонда, объяснением космической и биосферной роли леса, сущности принципа непрерывного неистощительного пользования лесом, его расширенного воспроизводства и тех главных путей, которыми это достигается: современное лесовосстановление, пользование лесом строго в пределах расчетной лесосеки, охрана и защита леса, использование всех отходов и т. п.

Но комплекс отдельных технических приемов осуществления каждого из этих путей преподается только студентам соответствующих профессий в программах специальных дисциплин.

Отдельным разделом излагаются основы законодательства в области природопользования и охраны природы. При этом нет необходимости давать подробно содержание действующих законов и подзаконных актов применительно к каждому виду ресурсов. Гораздо важнее здесь широкий показ роли ленинских декретов, значения конституционных положений, текущей деятельности КПСС и Советского Правительства. Делается это на примере нескольких наиболее крупных и программных постановлений.

В такой интерпретации курс основ рационального природопользования оказывается приемлемым для самых различных специальностей. Разумеется, это не исключает известной адаптации материала в соответствии с профилем будущего специалиста в процессе лабораторных и семинарских занятий. Если же необходимо дать студентам близкие к профессиональным сведения из области, например, экологии, экономики или рекуперации выбросов, то подобные дисциплины должны включаться в учебный план и не дублироваться в курсе рационального природопользования (или охраны природы).

По нашему мнению, оптимальный объем данной дисциплины составляет 100—120 ч, из которых примерно половина приходится на общие, а остальное — на специальные вопросы, связанные непосредственно с профилем будущего специалиста.

Ныне практикуется включение охраны природы в учебные планы первых курсов. Это нельзя признать правильным, ибо даже самые общие положения современного природопользования основаны на ранее полученных конкретных знаниях будущей профессии, должно представление о которой студенты обычно имеют к середине или концу третьего года обучения.

В ряде вузов страны, в частности в АЛТИ, практикуется написание обязательного раздела по охране природы в дипломном проекте. К этому разделу предъявляются конкретные и четкие требования. Здесь студент на основе полученных ранее знаний дает анализ особенностей природопользования и дела охраны природы в том районе, где проходил преддипломную практику. Кроме того, он должен связать свой проект с общими проблемами использования того ресурса, в области эксплуатации которого он специализируется.

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

С. В. АЛЕКСЕЕВ**(к 100-летию со дня рождения).**

10 июля 1979 г. исполняется 100 лет со дня рождения выдающегося исследователя лесов и лесного хозяйства Европейского Севера нашей страны, доктора сельскохозяйственных наук Сергея Венедиктовича Алексеева.

Это был человек, исключительно целенаправленный в своей деятельности, требовательный к себе и другим и в то же время чрезвычайно доброжелательный, готовый всегда прийти на помощь тем, кто в ней нуждался.

В 1907 г. С. В. Алексеев окончил Петербургский лесной институт и вскоре стал помощником лесничего в Брянском опытном лесничестве, где получил хорошие навыки научных исследований.

Через 3 года (в 1910 г.) он был назначен лесничим во вновь образованное Северное опытное лесничество (около ст. Обозерской нынешней Северной ж. д.). Здесь молодой лесничий развивает кипучую деятельность. Он строит в лесу, на берегу р. Ваймуги, дома и сразу же начинает исследования: проводит метеорологические и фенологические наблюдения, изучает точность учета площадей и деревьев в лесах Севера, опытные и производственные рубки, семеношение хвойных пород, очистку лесосек, лесовозобновление, размножение короедов, создает питомник, опытные культуры сосны и лиственницы и т. д. До С. В. Алексеева эти работы не проводились.

При лесничестве была организована лесная школа (ставшая затем техникумом), в которой С. В. Алексеев многие годы читал курс лесоводства. Одно время он был доцентом Архангельского лесотехнического института, но с Обозерской не расстался.

Перу С. В. Алексева, частично с соавторами, принадлежит большое число печатных трудов, которые сохраняют свое значение и в наше время. Северный ученый воспитал ряд учеников, среди которых чл.-кор. АН СССР, доктор биологических наук А. А. Молчанов. Сам С. В. Алексеев за совокупность ценных научных трудов был удостоен степени доктора сельскохозяйственных наук без защиты диссертации.

Все, кто помнит С. В. Алексева и кому известны его труды, долго будут чтить его за большой вклад в лесоводственную науку.

П. И. Войчалъ

Архангельский лесотехнический институт

СОДЕРЖАНИЕ

- Е. С. Романов.* Торжество плановой экономики 3:

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Г. В. Стадницкий, А. М. Бортник.* Экологические проблемы защиты таежных лесов 5.
А. Р. Родин. Искусственное лесовозобновление в свете динамической типологии леса 14.
В. И. Калинин. Изменчивость диаметров крон в пологе сосновых древостоев 18.
В. Д. Бондаренко. К методике расчета интенсивности фотосинтеза подроста 20.
О. Ф. Бугорова. Выращивание сеянцев вяза и пузыреплодника с применением минеральных удобрений 24.
В. К. Тиунчик. О размерах текущего периодического прироста в смешанных древостоях 27.
В. Н. Евдокимов. Прирост древесины в зависимости от интенсивности осушения в ельнике хвощово-сфагновом Коми АССР 30.
А. М. Ильин. Связь строения корневых систем с корнеотпрысковым возобновлением осины 32.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- А. В. Дуров.* Эксплуатационная топливная экономичность лесовозного автопоезда МАЗ-509 36.
Л. В. Петровский, В. В. Гарматюк, В. И. Галахин. К расчету шарнирно соединенных покрытий 40.
С. В. Гулидов. Определение прогиба плота при динамической постановке его на волну 44.
М. М. Овчинников, А. А. Кузин. Исследование пропускной способности гидравлических лотков при транспортировке технологической щепы 47.
Н. П. Коваленко, Е. П. Коптелов. Расчет влажности в ненасыщенной зоне при осушении торфяников 51.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- А. И. Яцюк, С. И. Грицишин.* Абразивные цилиндры на эпоксидной связке для шлифования — калибрования древесностружечных и других плит 56.
С. П. Коноплев. Влияние точности подготовки рамных пил и межпилльных прокладок на качество и объемный выход пиломатериалов 59.
Н. Е. Николаев, В. Ю. Мирецкий, В. В. Фефилов, В. А. Сутягин. Исследование взаимодействия древесного волокна с огнезащитным составом на основе алюмохромфосфатного связующего 62.
С. И. Ионайтис. Выход заготовок с учетом сбегания кривых необрезных досок 65.
И. С. Винтонив. О связи формы коры и плотности древесины явора (*Acer pseudoplatanus* L.) 69.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- В. Г. Крунчак, Е. П. Фесенко, К. Г. Боголицын, И. М. Боховкин, В. В. Пальчевский, К. Д. Ширко, Т. И. Львова.* Окислительный потенциал сульфатных черных шлоков и сточных вод варочно-промывного цеха 73.
А. А. Багаев, Г. И. Царев, А. И. Киприанов. Превращения жирных кислот таллового масла в процессе их димеризации 78.
Н. В. Терегеря, В. В. Терегеря, В. А. Выродов, Ф. А. Медников. Кинетика и тип реакции окисления таллового масла кислородом воздуха 84.
В. В. Некрасов. Сольватация макромолекул сульфатного лигнина в метилцеллозольве и тетрагидрофуруриловом спирте 87.

- Р. З. Пен, Б. А. Плядина. Факторная модель прочности бумажного листа . . . 90
 Э. Д. Левин, Т. М. Ивкина. Экстракция коры хвойных пород водой при использовании ее для очистки водоемов от нефти 94

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

- А. Ф. Тихонов, А. В. Жуков, А. В. Гермацкий. Методика расчета и исследование динамики лесных манипуляторных машин 98
 В. С. Петровский, С. Г. Хмелик. Исследование динамических характеристик системы автоматического вождения 104
 Д. Л. Дудюк. Повышение эффективности линий для первичной обработки древесины 108

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- В. М. Иванюта. К вопросу о сырьевой базе производства хвойной витаминной муки и бумаги при плантационном лесопользовании 113
 А. П. Петров, Н. И. Сабадина. Вопросы организации комплексного использования сырья на базе кооперирования предприятий лесозаготовительной промышленности 116
 Г. П. Винокурова. Внутрипроизводственный хозрасчет в леспромхозе 119

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- И. В. Сухов. Результаты изучения лесотипологических культур дуба в Воронежской области 124
 Н. В. Лившиц, Л. Э. Пийгли, А. Г. Шавнин. О влиянии интенсивности постепенных рубок на средний объем вырубаемых деревьев 127
 П. Д. Клычков. К вопросу о разбивке серпантин на лесовозных автодорогах . . . 130

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

- А. И. Киприанов, В. А. Соловьев. Об организации учебных курсов по охране природы на основе экологии 134
 И. М. Боховкин, Г. Б. Горгинский, Г. В. Стадницкий. Курс «Охрана природы» в высшей школе 137

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

- П. И. Войчал. С. В. Алексеев (к 100-летию со дня рождения) 141

CONTENTS

E. S. Romanov. Triumph of planned economy	3
-----------------------------------------------------	---

FORESTRY

G. V. Stadnitsky, A. M. Bortnik. Ecological problems of protecting taiga forests	5
A. R. Rodin. Artificial reforestation in the light of dynamic forest typology . .	14
V. I. Kalinin. Changeability of crown diameters in the pine forest canopy . .	18
V. D. Bondarenko. On the methods of calculation of undergrowth photosynthesis intensity	20
O. F. Butorova. The growing of seedlings of <i>Ulmus pinnatoramosa</i> Dieck. and <i>Physocarpus opufolia</i> Maxim. with application of mineral fertilizers . .	24
V. K. Tiunchik. On dimensions of current periodical increment in mixed plantations	27
V. N. Evdokimov. Increment of wood in connection with intensity of draining in horsetail-sphagnous fir-groves of Komi ASSR	30
A. M. Ilyin. Connection between the structure of root systems and root offspring reproduction of aspen	32

FOREST EXPLOITATION

A. V. Durov. Fuel economy of MAZ-509 timber motor train in exploitation . .	36
L. V. Petrovsky, V. V. Garmatyuk, V. I. Galakhin. On the estimation of joint-connected coverings	40
S. V. Gulidov. Determination of raft sagging at dynamic setting it on the wave	44
M. M. Ovchinnikov, A. A. Kuzin. Investigation of capacity of hydraulic cutters when transporting technological chips	47
N. P. Kovalenko, E. P. Koptelov. The calculation of moisture content in the unsaturated zone when draining peat bogs	51

MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

A. I. Jatsuk, S. I. Grtstshin. Epoxide resin-bonded abrasive cylinders for grinding and calibrating partille and other boards	56
S. P. Konoplev. The quality of lumber and the accuracy of preparation of gang saws and inter-saw layings	59
N. E. Nikolaev, V. Ju. Miretsky, V. V. Fefilov, B. A. Sutyagin. Investigation of interaction of woodfibers with fire — retardant compound based on the alumochromephosphate binding agent	62
S. I. Ionaitis. The output of intermediate products taking into account the tapering of curved, unedged planks	65
I. S. Vintoniv. On connection between bark form and wood hardness of sycamore maple (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.)	69

CHEMICAL WOODWORKING

V. G. Krunchak, E. P. Fesenko, K. G. Bogolitsyn, I. M. Bokhovkin , V. V. Paltchevsky, K. D. Shirko, T. I. Lvova. Oxidizing potential of sulphate black liquors and sewage of cooking and washing shop	73
A. A. Bagaev, G. I. Tsarev, A. I. Kiprianov. Transformations of fat acids of tall oil in the process of their dimerization	78
N. V. Teregerya, V. V. Teregerya, V. A. Vyrodov, F. A. Mednikov. Kinetics and type of reaction of tall oil oxidation by the oxygen of the air	84
V. V. Nekrasov. Solvation of sulphate lignin macromolecules in methylcellosolve and tetrahydrofurfuryl alcohol	87
R. Z. Pen, B. A. Piyadina. Factor model of paper sheet strength	90
E. D. Levin, T. M. Ivkina. Water extraction of the bark of coniferous trees while utilizing it for the purification of water reservoirt from oil	94

Contents

*COMPLEX MECHANIZATION AND AUTOMATION
OF PRODUCTION PROCESSES*

- A. F. Tikhonov, A. V. Zhukov, A. V. Giermatsky.* The method of calculation and investigation of the dynamics of forest manipulating machines 98
- V. S. Petrovsky, S. G. Khmelik.* Investigation of dynamic characteristics automatic drive system 104
- D. L. Dudyuk.* Rise of the efficiency of the primary wood working lines 108

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF PRODUCTION

- V. M. Ivanyuta.* Utilization of plantations of conifers as the base of raw materials for the production of vitamin flour and paper 113
- A. P. Petrov, N. I. Sabadina.* The problems of complex utilisation of the raw material on the base of logging enterprises cooperation 116
- G. P. Vinokurova.* Interproductive non-financing by state in the lespromkhoz 119

SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

- I. V. Sukhov.* The results of studying forest typological oak cultures in the Voronezh region 124
- N. V. Livshits, L. E. Piygly, A. G. Shaunin.* The influence of selective cuttings on the average volume of trees to be cut. 127
- P. D. Klychkov.* On the problem of laying out serpentine on the timber transporting motor roads 130

FROM THE VUS'S LIFE

- A. I. Kiprianov, V. A. Soloviev.* Organization of educational courses on protection of nature on ecological base 134
- I. M. Bokhovkin*, *G. B. Gortinsky, G. V. Stadnitsky.* The „Protection of nature“ cours in the higher school 137

FROM HISTORY OF SCIENCE

- P. I. Voitchal, S. V. Alekseev* (on one hundredth anniversary) 141
-

ISSN 0536—1036

ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

3

1979

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений.

Статьи, представляемые в журнал, следует оформлять в соответствии с введенными новыми ГОСТами. Статьи не должны превышать 6—7 страниц машинописного текста, превышающие указанный объем, к рассмотрению не принимаются. Статьи библиографического характера должны быть не более 3 страниц. В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) на русском и английском языках и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 мм. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны, на машинке или разборчиво чернилами от руки.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные — двумя черточками сверху. Особенно это касается таких букв, как *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k*, *U* и *u*, *C* и *c*. Необходимо самое серьезное внимание обращать на аккуратное вписывание схожих по начертанию букв: *h* и *n*, *q* и *g*, *l* и *e*, *v* и *u*, *u* и *a*, *o* и *a*, *l* и *l*, ζ и ξ .

Для отличия от буквы *O* ноль (0) оставлять без подчеркивания. Греческие буквы должны быть обведены красным карандашом, латинские — синим.

Приводимый в статье графический материал не должен дублировать цифровых таблиц. Никакие сокращения слов, имен, названий, как правило, не допускаются. Возможно употребление лишь общепринятых сокращений — мер (только после цифр), химических, физических и математических величин. Названия учреждений, предприятий, марки механизмов и т. п.,

упоминаемые в тексте статьи в первый раз, нужно писать полностью (указав в скобках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылки на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы или номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТом и содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры: должны быть написаны дата отправки рукописи, полные имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации (не более трех) представляются в двух экземплярах. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью пером на ватмане, тени на рисунках — при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на отдельном листе, перепечатанными на машинке.

К статье должны быть приложены краткий реферат, аннотация и рекомендация кафедры.

Редакция может возвращать авторам небрежно написанные статьи с требованием об их лучшем изложении и более аккуратном оформлении.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей. Корректур статей авторам, как правило, не предоставляется.

Авторы получают бесплатно 10 оттисков своей статьи (за исключением публикаций в отделе библиографии и хроники).

Цена 1 руб.

**Подписывайтесь
на журнал на 1979 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР**

Раздел

„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“

Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, отдельные номера журнала высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск-7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».