

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ ЧЕТВЕРТЫЙ

2

1961

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

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Проф. **Ф. И. Коперин** (отв. редактор), доц. **П. И. Войчалъ** (зам. отв. редактора), председатель Архангельского совнархоза **И. Е. Воронов**, проф. **А. Э. Грубе** (зам. отв. редактора), проф. **М. Д. Данилов**, проф. **В. К. Захаров**, проф. **О. Г. Каппер**, проф. **С. Я. Коротов**, проф. **Ф. М. Манжос**, акад. ВАСХНИЛ проф. **И. С. Мелехов**, проф. **И. М. Науменко**, доц. **Н. В. Никитин**, доц. **С. И. Рахманов**, доц. **Г. Я. Трайтельман**, доц. **В. В. Щелкунов**.

Ответственный секретарь редакции **А. И. Кольцова**.

---

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

Выходит 6 раз в год.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная имени Сталина, 17,  
Лесотехнический институт, тел. 4-13-37.

## ЗАДАЧИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

(По материалам Всесоюзного совещания работников целлюлозно-бумажной промышленности)

В настоящее время трудно найти такую отрасль промышленности, где бы не применялись целлюлоза и бумага. Бумага имеет огромное значение для развития культуры и знаний в народе, распространения передовой советской науки. Продукция целлюлозно-бумажной промышленности все в большей и большей степени используется для производства всевозможных товаров для населения. Успехи в развитии науки, особенно химии, еще более расширяют область применения бумаги и целлюлозы в промышленности и производстве товаров народного потребления.

За годы Советской власти выработка бумаги у нас возросла в 12 раз, а целлюлозы в 55 раз. В настоящее время выпуск бумаги в стране достиг 2419 тыс. т, целлюлозы — 2279 тыс. т и картона — 787 тыс. т в год.

Однако эти объемы производства являются крайне недостаточными для удовлетворения минимальных потребностей народного хозяйства. Несмотря на богатейшие сырьевые ресурсы, наша страна в мировом производстве бумаги и картона занимает лишь пятое место, а в производстве целлюлозы — четвертое. Из общего количества заготавливаемой древесины у нас перерабатывается на целлюлозно-бумажную продукцию немногим более 4%, а в США более 20%. Мы производим на каждую тысячу кубометров заготавливаемой древесины около 9 кг бумаги и картона, тогда как Соединенные Штаты Америки — свыше 90 кг и Канада — свыше 80 кг.

Ассортимент бумажной продукции в отдельных странах Западной Европы и в США значительно шире, чем в СССР. В ряде стран картон вытесняет деревянную тару, в то время как у нас тарный картон, мешочная бумага, бумага для упаковки и расфасовки продовольственных товаров вырабатывается в крайне ограниченном количестве. Для изготовления тары мы ежегодно расходует 25 млн. м<sup>3</sup> деловой древесины, большое количество дорогостоящих хлопчатобумажных и льняных мешочных тканей.

Недостаток в вискозной целлюлозе сдерживает развитие производства искусственного волокна. В целях ликвидации отставания целлюлозно-бумажной промышленности Партия и Правительство в апреле 1960 г. постановили довести к 1965 году выпуск бумаги до 4150 тыс. т, целлюлозы до 6180 тыс. т и картона до 3600 тыс. т.

В ближайшие пять лет средний ежегодный прирост бумаги у нас составит 326 тыс. т, целлюлозы 780 тыс. т и картона 562 тыс. т, (в США за 1951—1959 гг. среднее годовое увеличение производства бумаги было

394 тыс. т, целлюлозы 697 тыс. т и картона 191 тыс. т). Принятый у нас темп развития целлюлозно-бумажной промышленности позволит Советскому Союзу выйти по производству бумаги, целлюлозы и картона на второе место в мире, но все же по объему производства мы в значительной степени будем уступать США.

Всесоюзное совещание работников целлюлозно-бумажной промышленности, детально обсудив ход выполнения постановления Партии и Правительства о ликвидации отставания этой важной отрасли народного хозяйства, наметило ряд задач, решение которых будет способствовать ускорению темпов производства целлюлозы, бумаги и картона, а также выдвинуло интересные технические проблемы, которыми должны заниматься высшие учебные заведения, научные и проектные институты.

Правильная организация научных исследований и своевременное внедрение результатов их в промышленность даст возможность значительно увеличить выпуск продукции и уже в 1965 г. по общему объему ее производства вплотную приблизиться к Соединенным Штатам Америки.

Основное направление в ликвидации отставания целлюлозно-бумажной промышленности — это строительство новых и реконструкция существующих предприятий. За 1960—1965 гг. предстоит построить 32 новых крупных комбината и реконструировать 38 действующих предприятий.

Наиболее интенсивное развитие получит целлюлозно-бумажная промышленность в Архангельском экономическом районе, где после завершения Котласского и реконструкции Архангельского и Соломбальского комбинатов будет выпускаться 1,6 млн. т целлюлозы, 725 тыс. т картона, 250 тыс. т бумаги и много других сопутствующих этому производству продуктов. В результате Архангельский экономический район будет располагать мощностями, которые по своим масштабам превысят общесоюзный объем производства целлюлозы 1940 года примерно в три раза.

В Иркутском экономическом районе после ввода в действие Братского и Байкальского комбинатов образуется новый крупный центр производства целлюлозы и бумаги. Ускоренное развитие получит целлюлозно-бумажная промышленность Пермского, Карельского, Красноярского и других экономических районов.

Осуществление этой огромной программы капитального строительства потребует много усилий, энергии и упорного труда рабочих и инженеров. Главное заключается в том, чтобы наиболее правильно использовать выделяемые средства. От этого зависит — получит ли быстро наше народное хозяйство должный эффект или отдача от капиталовложений будет идти медленно.

Чтобы построить новые предприятия в сжатые сроки, необходимо при проектировании предусматривать экономически выгодные конструкции зданий, сборку их из железобетонных блоков и панелей, сокращение межцеховых коммуникаций, своевременную подготовку крупных баз строительной индустрии.

Совещание осудило неправильную практику строительства предприятий разной мощности, так как это приводит к индивидуальному проектированию, укомплектованию предприятий разнотипными машинами и оборудованием, удорожанию проектирования и строительства. Проектные организации недооценивают значения типизации предприятий, экономической эффективности крупных комбинатов.

Серьезным недостатком проектирования является размещение производства в многочисленных зданиях, несмотря на то, что современная строительная техника, применение люминесцентного освещения, кондиционирования воздуха и других достижений науки позволяет строить

очень крупные здания с большими пролетами. В одном или двух таких зданиях можно разместить оборудование, лаборатории, склады и пр. по любому варианту. При проектировании не всегда учитываются последние достижения науки и техники. Так, например, по Котласскому комбинату предусмотрена производительность труда на одного работающего в год 208 т бумаги и целлюлозы, в то время как лучшие предприятия Канады имеют производительность 252 т.

На совещании говорилось о низком техническом уровне оборудования целлюлозно-бумажных предприятий. В СССР работают 292 бумагоделательные машины, 51 картоноделательная и 42 машины для выработки целлюлозных папок. Из общего количества этих машин только 20 установлены в послевоенный период, а остальные имеют средний возраст 35—40 лет. Продолжительность варки сульфатной целлюлозы на наших предприятиях в 1,5—2 раза больше, чем на предприятиях Канады и США. На производство 1 т целлюлозы у нас затрачивается около 80 человеко-часов, а в США только 20.

Для ликвидации этого недостатка Государственный комитет по автоматизации и машиностроению определил направление работ по созданию высокопроизводительного оборудования для оснащения всего технологического потока целлюлозно-бумажной промышленности. Лесные биржи комбинатов получают высокопроизводительное оборудование. Варка целлюлозы будет осуществляться непрерывно. Для этой цели разрабатываются автоматизированные агрегаты, которые смогут давать до 450 т целлюлозы в сутки. Варочные котлы для периодической варки высоких сортов целлюлозы будут изготавливаться из биметалла и работать с принудительной циркуляцией и подогревом варочного щелока. Подлежат разработке и освоению крупные содорегенерационные установки; при этом следует принять во внимание способ катионообменной регенерации аммиака или натрия из отработавших щелоков (без сжигания сухого остатка), что позволит использовать органическую часть растворов для получения ценных продуктов.

На заводы бумагоделательного машиностроения и ЦНИИБуммаш возложена разработка и освоение 55 образцов нового высокопроизводительного оборудования, в том числе картоноделательных машин с рабочей скоростью 600 м/мин, производительностью 300—350 т в сутки и бумагоделательных машин для выработки газетной бумаги — с рабочей скоростью до 900 м/мин и производительностью 350—400 т в сутки.

Следует особо подчеркнуть, что проектирование и освоение высокоскоростных машин зависит не только от машиностроителей. Достижение устойчивых скоростей машин, вырабатывающих газетную бумагу, от 650 до 750 м/мин невозможно без применения в композиции газетной бумаги полубеленой крафт-целлюлозы или других компонентов, повышающих прочность волокна в мокром состоянии. Пока только две газетные машины в мире устойчиво работают на скорости 750 м/мин за счет добавления в бумажную массу 18—19% полубеленой сульфитной целлюлозы. Должны в краткий срок решить проблему повышения прочности волокна в мокром состоянии. Предусматривается комплексная автоматизация цехов и предприятий в целом. Однако наши исследовательские институты и промышленность пока разрабатывают и выпускают контрольно-измерительные и регулирующие аппараты, позволяющие автоматизировать только отдельные звенья технологического потока. Это отставание необходимо преодолеть. Вопросы комплексной автоматизации целлюлозно-бумажного производства должны быть в центре внимания вузов и исследовательских учреждений и находиться под общим контролем Госкомитета.

Чтобы оснастить целлюлозно-бумажную промышленность, требуется производить оборудования в пять раз больше, чем выпускается в настоящее время. Для решения этой задачи строятся новые и реконструируются существующие машиностроительные заводы, много оборудования покупается за границей; но мы не можем терять времени в ожидании, пока бумажное машиностроение в пять раз увеличит свою мощность. Поэтому необходимо уделять повседневное внимание модернизации действующего оборудования, позволяющего в более короткие сроки и с наименьшими затратами материальных и денежных средств наращивать мощности по производству бумаги и картона. Учитывая большой объем проектно-конструкторских работ по модернизации морально и физически устаревших машин, а также тот факт, что модернизация машин должна проводиться периодически через каждые 5—8 лет, необходимо к этой работе привлечь коллективы вузов. Созданные и вновь организуемые студенческие конструкторские бюро, работающие по заданию конструкторских бюро предприятий, могут оказать последним значительную помощь. Вопросы модернизации оборудования и совершенствования технологии должны также найти широкое отражение в дипломных проектах.

На Всесоюзном совещании сделано много важных и интересных предложений по улучшению технологических режимов.

В результате усовершенствования технологии (главным образом замены кальциевого основания растворимыми аммониевым и натриевым и полурстворимым магниевым основаниями) стало возможным сульфитным способом перерабатывать на целлюлозу и полуцеллюлозу любые виды древесного и прочего сырья при более коротком времени варки.

В мировой современной практике все большее распространение получают аммонийные и магниевые основания. При этом следует иметь в виду, что до сих пор не решен вопрос надежной защиты котлов от вредного воздействия аммонийных оснований. В настоящее время существует пока единственный способ повышения кислотонепроницаемости обмуровки котлов путем включения в нее непроницаемого слоя из фуриловой смолы. В связи с этим перед учеными стоит задача по разработке методов защиты котлов или изготовления специальных биметаллических котлов, не нуждающихся в обмуровке. Устранение 30—35 мм слоя обмуровки увеличивает полезный объем варочных котлов и увеличивает их производительность на 10—15%. При варке на аммонийных основаниях не разработаны также методы получения дрожжей и спирта из отработавших щелоков. У нас на работу с применением растворимого аммонийного основания переведен пока один из заводов Архангельского совнархоза. На этом заводе оборот варки сократился до 6 час против 10 час при варке на кальциевом основании. В результате увеличился выход целлюлозы и повысилось ее качество.

Применение растворимого основания имеет еще и то преимущество, что позволяет использовать в качестве сырья десятки миллионов кубометров дровяной древесины, и в первую очередь — лиственных пород.

Особо важное значение имеет развитие новой отрасли целлюлозно-бумажной промышленности — производство полуцеллюлозы\* и химической древесной массы\*\*. При этом получается большой выход волокнистой массы (до 85%, вместо 45—50% при производстве обычной

\* Полуцеллюлоза получается путем 15—20-минутной варки древесной щепы с раствором бисульфита натрия или с нейтрально-сульфитным раствором и последующего размола недоваренной массы на дисковом рафинере.

\*\* Химическая древесная масса получается в результате предварительной пропитки балансов щелоками и варки их при температуре 140—150°, а затем дефибрирования проваренных балансов в древесную массу.

целлюлозы), что имеет большое значение для народного хозяйства. Огромным преимуществом производства полуцеллюлозы является также и то, что она может вырабатываться не только из любой породы древесины, но также из камыша и соломы. Себестоимость полуцеллюлозы значительно ниже, чем целлюлозы, а химической древесной массы — почти равна себестоимости обычной древесной массы. Совершенствование и внедрение в промышленность этих прогрессивных методов получения новых древесно-волоконистых полуфабрикатов является важным делом научных учреждений.

Совещание поставило перед учеными задачи улучшения технологии получения вискозной целлюлозы с доведением содержания в ней альфа-целлюлозы до 96—97%, а также уменьшения засоренности целлюлозы и снижения потерь при ее облагораживании.

Совещание высказалось за более экономное расходование целлюлозы при производстве бумаги (в частности за снижение среднего веса одного квадратного метра бумаги), за повышение срока службы бумажных изделий путем введения в целлюлозу синтетических волокон и других добавок, улучшающих свойства бумаги.

В нашей стране только 18—19% потребляемой бумаги возвращается на бумажные предприятия в виде макулатуры для вторичной переработки, в то время как в Западной Европе и США возврат макулатуры достигает 30%.

Участники совещания просили ученых разработать способы устранения процессов образования слизи в бумажных машинах, связанные с деятельностью микроорганизмов, продолжать работу в направлении повышения химической активности лигнинов и расширения их применения в народном хозяйстве, а также найти рациональные способы использования коры.

Большие задачи стоят перед коллективами вузов в деле подготовки квалифицированных инженерных кадров для целлюлозно-бумажной промышленности, способных в кратчайшие сроки ликвидировать отставание этой важнейшей отрасли народного хозяйства.

Ф. И. Коперин.

Профессор

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

ТИПЫ БУКОВЫХ ЛЕСОВ  
ЧЕРНОВИЦКОЙ ОБЛАСТИ

Б. Ф. ОСТАПЕНКО

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Харьковский сельскохозяйственный институт)

Значительную часть территории Черновицкой области в прошлом покрывали буковые леса. Поэтому с 1392 г. эта местность называется Северной Буковиной. К настоящему времени в области сохранилось около 42 тыс. га буковых насаждений, что составляет 26% всей лесопокрытой площади. По распространению они занимают второе место после темнохвойных лесов. Леса Черновицкой области, наряду с Закарпатскими, являются сырьевой базой для мебельной промышленности УССР.

Типологическое изучение лесов Северной Буковины, в том числе буковых, нами было проведено впервые. Работа выполнена в 1954—1959 гг. под руководством проф. Д. В. Воробьева. В результате установлены закономерности формирования типов буковых лесов, дана их классификация и природно-хозяйственная характеристика.

Буковые леса области произрастают на Прутско-Днестровском междуречье (на высоте 350—500 м), в предгорье Карпат (на высоте 350—500 м) и в нижней части Карпатских гор, в поясе лихтово-буковых лесов (на высоте 500—650 м). Бук встречается в насаждениях до высоты 800 м, редко до 800—950 м. Верхняя граница встречаемости бука отмечена на высоте 1100 м, нижняя — 200 м в предгорье и 350 м на Прутско-Днестровском междуречье. Основной пояс буковых лесов располагается на высоте 350—650 м над уровнем моря. В горной зоне постоянным спутником бука является пихта белая, в виде примеси обычна ель европейская. В коренных насаждениях предгорья ель выпадает из состава древостоев, уступая место дубу обыкновенному. На Прутско-Днестровском междуречье из насаждений выпадает и пихта, господствуют здесь дубово-буковые леса с постоянной примесью граба.

Буковые леса характеризуемого района представлены семнадцатью типами леса (табл. 1), сгруппированными по местоположению, почвенно-грунтовым условиям, древесной и травянистой растительности. Хозяйственная значимость выделенных типов леса различна, однако некоторые типы букняков весьма сходны по проводимым в них лесохозяйственным мероприятиям. На этом основании все типы буковых лесов можно разделить на четыре хозяйственные группы.

1. Влажные елово-пихтовые субучины (типы леса 2 и 3). Распространены в предгорной части области, редки в горной. Коренные букняки II класса бонитета после сплошных рубок легко сме-

няются производными пихтарниками, при искусственном возобновлении лесосек главной породой является ель европейская.

II. Влажные пихтовые бучины составляют влажные пихтовая (12) и грабово-пихтовая (14) бучины, широко распространенные в среднем и нижнем поясе гор и в предгорье. Сюда же входят свежие елово-пихтовая (5) и пихтовая (7) бучины, представленные в природе влажноватыми подтипами, а также редко встречающиеся влажные еловая (10), елово-пихтовая (11) и тиссовая (15) бучины. К этой группе относится большинство буковых лесов горной зоны. Здесь целесообразны постепенные семяно-лесосечные рубки. К последнему приему рубки формируется сомкнутый ярус благонадежного подроста с преобладанием бука. Возобновление может проходить и за счет менее желательных пород (пихты, ели или граба), которые по урожайности и степени обсеменения площадей превосходят бук; в этих случаях необходимы меры содействия естественному восстановлению семенных букняков. Нежелательна и искусственная замена букняков производными ельниками.

III. Влажные дубово-грабовые бучины (типы леса 4, 13, 16, 17) распространены в предгорной зоне, редки в равнинной; представлены, в основном, молодняками и средневозрастными насаждениями. Характерным является успешное естественное восстановление коренных типов древостоя — букняков. Встречающийся во втором ярусе граб не способен формировать производные древостои. После завершения постепенных рубок на 1 га лесосеки приходится до 100 тыс. шт. благонадежного подроста. В таких случаях надо интенсивнее проводить рубки ухода, особенно там, где нет опасности заболачивания. Замена коренных типов древостоя производными нежелательна. На ровных, плохо дренированных местоположениях возможно заболачивание лесосек. В таких случаях проводятся ускоренные постепенные рубки с воспитанием густого подроста или сплошно-лесосечные с последующим густым закультивированием свежих лесосек.

IV. Свежие дубово-грабовые бучины представляют собой в основном буковые леса Прутско-Днестровского междуречья и распространены в припрутской части предгорья. Восстановление высокопродуктивных семенных букняков здесь легко достигается применением постепенных семяно-лесосечных рубок. В созревающих и спелых насаждениях всегда хорошо развит подрост бука, граба и других пород. Количество подроста в спелых древостоях с уменьшением сомкнутости полога от 0,7 до 0,5 увеличивается с 30—40 тыс. до 100—110 тыс. на 1 га. Граб выступает серьезным конкурентом бука при возобновлении лесосек, в отличие от третьей хозяйственной группы. Он почти всегда господствует в составе подроста, нередко образует нежелательные производные древостои. Поэтому весьма важно своевременно проводить лесоводственные ухода в молодняках. В ограниченных размерах можно вести хозяйство на дуб, предпочитая при этом дуб сидяцветный, обладающий лучшей возобновительной способностью и большей устойчивостью к снеговалам. Создание дубняков-высокоствольников возможно путем содействия естественному возобновлению дуба или же созданием лесных культур на свежих лесосеках. При искусственном возобновлении широкого внедрения в культуры заслуживают орехи грецкий и черный, берека. Лесосеки в свежих дубово-грабовых бучинах не заболачиваются.

## К БИОЛОГИИ КЛОПА-СОЛДАТИКА

П. А. ПОЛОЖЕНЦЕВ

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

Н. И. ПОЛОЖЕНЦЕВА-КОРОВИНА

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Воронежский лесотехнический институт)

В СССР семейство *Pyrrhocoridae* (красноклопов) представлено двумя родами: 1) *Scantius* (с одним видом *Scantius aegyptius* L., встречающимся в Крыму и на Кавказе) и 2) *Pyrrhocoris* (с двумя видами: *Pyrrhocoris apterus* L. и *Pyrrhocoris marginatus* Kol., распространенными в европейской части СССР, кроме Крайнего Севера).

Наибольшее хозяйственное значение имеет эвритопный вид *Pyrrhocoris apterus* L., по-русски именуемый клопом-солдатиком, красноклопом и др. В предыдущей нашей работе [13] было показано, что в случае массового размножения солдатик может вызывать сильное или даже полное повреждение плодов липы в кронах. Сосанием плодов и семян древесных растений под кронами, где клопы встречаются по несколько сот на 1 м<sup>2</sup>, он в значительной степени препятствует естественному возобновлению леса; во многих случаях поврежденные семена теряют всхожесть, а молодые проростки погибают. Перфорируя оболочки плодов и семян при сосании, солдатик способствует проникновению в них инфекционных начал, которые нередко вызывают грибные и бактериальные заболевания.

Ниже приводятся некоторые материалы о солдатике, собранные авторами по наблюдениям преимущественно в Воронежской области.

Солдатик относится к термо- и гелиофильным насекомым и встречается в самых разнообразных стациях: в редких древостоях, на полянах и опушках, в ползащитных полосах, питомниках, садах, парках, лугах, по обочинам дорог, в населенных пунктах и т. д. Обязательным условием его существования является хорошая прогреваемость мест обитания солнечными лучами, поэтому в лесу он в большей степени заселяет склоны южной экспозиции и древостои с полнотой 0,2—0,5; при полнотах 0,7—0,9, а также по поймам рек встречается редко. Большое значение для расселения его имеет состав древостоя. Многие авторы указывали на привязанность красноклопа к стволам и комлям старых лип, но причин этой привязанности и обилия не объясняли. Наши наблюдения показали, что жизнь солдатика в условиях леса действительно тесно связана с липой, плодами которой он охотно питается.

После зимовки солдатик пробуждается очень рано, обычно с появлением первых проталин в лесу. В 1951 г. бегущие по земле и копулирующие

шие особи появились 1 апреля (температура воздуха в 12 часов дня  $+16^{\circ}\text{C}$ , подстилки  $+6^{\circ}\text{C}$ ), в 1953 г. — 6 апреля (температура воздуха в 12 часов дня  $+9^{\circ}\text{C}$ , подстилки  $+5^{\circ}\text{C}$ ). При температуре подстилки  $+4^{\circ}\text{C}$  клопы лежат неподвижно, при прикосновении двигают усиками и ногами, а некоторые медленно ползают, стремясь скрыться в подстилку. В первые дни после пробуждения солдатика рассредоточены, а затем, по мере потепления, начинают собираться в группы на комлевых частях деревьев, пнях и т. п. Это время совпадает с началом массовой копуляции, отмечающейся во второй — третьей декадах апреля.

Период яйцекладки растянут, в июле — августе встречаются личинки всех возрастов и имаго нового поколения, свежееотложенные яйца, которые откладываются по 20—60 штук в землю на глубину 0,5—1 см, в щели между комочками земли, в трещины пней и пр. Место для кладки самка подыскивает, находясь еще в состоянии копуляции. Найдя подходящее место или вырыв передними ногами ямку, она освобождается от самца и тотчас приступает к откладке яиц, длящейся 50—60 мин.

Отложенные яйца самка зарывает передними ногами (если позволяет грунт) и удаляется, впоследствии не проявляя о них никакой материнской заботы.

В период массового спаривания копулирующие пары встречаются на стволах и в кронах деревьев на высоте до 7—10 м, где они, по-видимому, также откладывают яйца.

Только что отложенные яйца имеют белый цвет, блестящие, овальной формы, длина их 1 мм, диаметр 0,7 мм. Структура хориона гладкая. Микропиллярный аппарат представлен 4—5 короткими микропилами, расположенными на одном из полюсов яйца. После выхода личинок оболочка становится прозрачной (пергаментовидной).

### *Выход личинок и их поведение*

Как показали наблюдения, продолжительность развития эмбрионов зависит от времени откладки яиц и условий погоды (в холодную и дождливую пору до 25 дней, в жаркую и сухую 6—8 дней).

В садке при сильном увлажнении почвы личинки выводились обычно на 15—16 день. На скорость развития эмбриона в не меньшей степени влияют условия микрорельефа. В яйцах, отложенных на возвышенных, открытых, хорошо прогреваемых солнцем местах (опушки, вырубки и т. д.), эмбриональное развитие проходит скорее (в среднем на 3—4 дня), чем в яйцах, отложенных в затененных, плохо прогреваемых местах. Выход личинок из яиц при благоприятных условиях, как правило, высокий (более 90%).

Большое количество яиц и личинок погибает при сильных и продолжительных дождях, уплотняющих почву; иногда дожди вымывают яйца на поверхность, где последние растаскиваются муравьями или высасываются солдатиками (самцами). Дожди вызывают массовую гибель нежных личинок (особенно младших возрастов), прибивая их к почве или заливая водой.

При выдупливании личинки хорион яйца разрывается вдоль на две половинки. В дальнейшем развитии личинки претерпевают четыре линьки и имеют пять возрастов.

1-й возраст. Личинки только что вышли из яйца. Тело коротко-овальное, желтовато-оранжевой окраски; передне-средне- и заднегрудь бледно-серые. Глаза красные, усики и ноги бесцветные, прозрачные.

2-й возраст. Тело вытянутое, яйцевидное. Общий фон окраски красный. Глаза пунцовые, усики темно-коричневые. Ноги оливково-серые.

3-й возраст. По форме и окраске похожи на личинку второго возраста. Крылья едва намечаются.

4-й возраст. Общий фон окраски и форма сохраняются. Вершины первой пары крыльев доходят до заднего края заднегруди.

5-й возраст. В общем фоне окраски изменений нет. Голова приобретает черновато-коричневый цвет. Усики черные со светлыми перемычками при сочленениях. Ноги черновато-коричневые. Черные надкрылья с красной боковой каймой доходят до середины третьего членика брюшка.

Продолжительность личиночной фазы равна 35—50 дням. Неразвившиеся личинки при наступлении заморозков, как правило, погибают.

### *Питание личинок*

Личинки первого возраста сосут нежные травянистые растения, молодые листья липы, дуба и т. д. Во втором возрасте они питаются в основном той же пищей, что и взрослые, но предпочитают плоды или семена более мягкие или с поврежденной оболочкой, а с третьего возраста — как взрослые особи.

### *Питание взрослых особей*

О характере питания солдатика упоминания имеются почти у всех писавших о нем авторов. По данным И. Лейнисса [8], К. Э. Линдемана [9], А. Н. Кириченко [6], Е. Бутлера [17], М. Динглера [18], А. А. Парамонова [11] и других исследователей, он питается мертвыми насекомыми или органическими веществами животного и растительного происхождения; лишь «от нужды сосет иногда соки из молодых веточек липы» (К. Э. Линдеман). И. Лейнисс [8] и Ф. З. Горностаев [1] наблюдали его на плодах и листьях лип, Е. Бутлер [17] — на молодых побегах древесных пород, П. Иванов [4] — на семенах мальвы, А. М. Ильинский [5] — на бахчевых культурах, В. Г. Пучков [14] — на зрелых семенах люцерны, эспарцета, клевера; С. И. Медведев [10] привел данные о повреждении солдатиком прорастающих семян и проростков желтой акации, шелковицы, липы, а Л. З. Захаров и В. Г. Левкович [3] отметили сосание клобом молодых сосенок.

О питании солдатика и нанесении им серьезных повреждений плодам липы мы писали в 1952 [13] и 1957 [7] гг. Позднее мы наблюдали сосание солдатиками трупов мышевидных, змей, жуков, шмелей и даже своих собратьев, особенно в момент линьки. Целыми скопищами они встречаются на пасеках под ульями, привлекаемые трупами пчел. Иногда их можно было видеть погрузившими хоботки в свежие экскременты лошадей и коров.

Приведенный перечень пищевых материалов солдатика показывает на его полифагичность, причем оказалось, что для нормального развития личинок, а также достижения половой зрелости у взрослых солдатиков требуется как животная, так и растительная пища; питание личинок и взрослых особей однообразной пищей приводит их к гибели.

В весеннее и летнее время, кроме травянистых растений и трупов различных животных, солдатика употребляют в пищу семена трав, прошлогодние опавшие плоды липы и др. К концу лета и осенью (до ухода на зимовку) они переходят в кроны лип, где сосут плоды, расположенные на высоте до 18 м. В теплое и сухое время сосание плодов в кронах происходит во все часы суток, не исключая и ночных. Интенсивность питания при понижении температуры и в дождливые пасмурные дни замет-

но ослабевает. Охотно сосут солдатика и семена желтой акации. В 1955 г. нами наблюдался массовый переход взрослых клопов и личинок старших возрастов из-под неплодоносящих лип под кусты акации, где находились ее опавшие зрелые семена (личинки и имаго в кронах и бобах не встречались).

### Зимовка

Солдатик зимует во взрослой стадии. В лесу, как и другие клопы, он предпочитает рыхлую подстилку из свернувшихся листьев (преимущественно липы); в трубке такого листа можно насчитать около десятка особей. Сырость нижних слоев подстилки и значительная уплотненность ее не привлекают солдатика — он обнаруживается в средних и верхних слоях подстилки, реже на земле.

Время ухода на зимовку зависит от погодных условий. В теплые дни греющихся на солнце солдатиков можно встретить в ноябре, а иногда и в декабре.

### Враги

Враги солдатика немногочисленны и относятся к позвоночным, членистоногим, червям, простейшим, грибам и бактериям.

Из позвоночных его поедают барсук [12], мухоловка и пеструшка [15]. Мы пытались скормить взрослых и личинок клопов домашним птицам, но те их не поедали.

Из членистоногих паукообразных нами в июле найдены клещи \* у взрослого клопа под надкрыльями на тергитах брюшка. В конце июля клещи здесь откладывают яйца (на некоторых особях насчитывалось до 53 шт.); в августе появились личинки. Паразитируя на теле солдатика, клещи заметно влияли на его состояние: зараженные особи отличались истощенностью, меньшей подвижностью, вялостью, их брюшко было сильно вдавленным. По исследованиям в августе 1954 г. степень заражения солдатика составляла 19,2% (было осмотрено 500 взрослых особей).

За восьмилетние наблюдения у солдатика паразиты из насекомых не были найдены. К хищникам, истребляющим клопа во всех фазах его развития, относятся муравьи. Они растаскивают и истребляют вымытые дождем из почвы яйцекладки, схватывают и тащат в свои кучи личинок, особенно линяющих, и взрослых клопов, несмотря на их сопротивление.

В 1955 г. удалось проанализировать отбросы хищного муравья (*Cataglyphis cursor aenescens* Nyl.), живущего в тех же местах, что и солдатик. При анализе отбросов в 10 норах муравьев было найдено 1599 частей тела разных клопов, из которых на долю солдатика приходилось: 2 целых, 212 его голов, 148 надкрылий и 90 брюшков. Обладают ли способностью истреблять солдатика другие виды муравьев, установить не удалось.

В теле солдатика, по сообщению Р. Н. Цвалювенбурга [19], до сих пор был найден один вид червей *Hexameris albicans* Sieb.

Из простейших в кишечнике, полости тела и в слюнных железах зафиксирован один вид биченосца *Leptomonas pyrrocoris* L. et D. [16].

По сводке А. А. Евлаховой [2] у солдатика в качестве паразита был выявлен лишь один вид гриба *Empusa disdersi* Viegas. Наши наблюдения показали, что клоп погибает от грибных и бактериальных заболеваний, особенно во влажные годы, а также во время зимовки во влажных

\* По определению В. Б. Дубинина, клещи принадлежат к семейству *Laelaptidae*.

местах или в местах с толстой, плотной и сырой подстилкой. Наибольшая гибель солдатика от грибов и бактерий наблюдается в дубово-осиновом лесу, наименьшая — на питомнике. От грибных заболеваний гибель выше (16%), чем от бактериальных (11%).

### Борьба

Немногочисленные хищники и паразиты не в состоянии ограничить численность солдатика в лесу. Последнее вынудило нас к испытанию отравляющих веществ.

Применению ОВ благоприятствует скученный образ жизни солдатика и приуроченность его к определенным станциям в лесу. Из испытанных нами ОВ наилучшим оказался вофатокс, полная смертность от которого наступает через 24 часа. Хорошо действуют dustы ДДТ и ГХЦГ: клопы через 10—12 час теряют способность передвигаться, а через три дня наступает смерть. Таким образом, в семенных участках мы рекомендуем применение dustов ДДТ, ГХЦГ и вофатокса из расчета 15—18 кг на 1 га или 1—2 г на 1 м<sup>2</sup> поверхности, в местах концентрации солдатика.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ф. З. Горностаев. Враги хвойных и лиственных пород. М., 1908. [2]. А. А. Евлахова. Энтомофторовые грибы и вызываемые ими заболевания насекомых. Научные труды института энтомологии и фитопатологии, изд. АН УССР, № 2, 1950. [3]. Л. З. Захаров, В. Г. Левкович. Вредные насекомые природных лесов и лесопосадок по государственной лесной защитной полосе Саратов — Камышин. «Зоологический журнал», т. XXX, вып. 4, 1951. [4]. П. И. Иванов. Несколько заметок о клопах. Харьков, 1872. [5]. А. М. Ильинский. Список вредителей сельского хозяйства Астраханского края. Астрахань, 1923. [6]. А. Н. Кириченко. Настоящие полужесткокрылые европейской части СССР. М.-Л., 1951. [7]. Н. И. Коровина. Лесные клопы — вредители древесных семян. «Лесное хозяйство» № 8, 1957. [8]. И. Лейнисс. Руководство к зоологии с таблицами для определения животных. СПб., 1868. [9]. К. Э. Линдеман. Общие основы энтомологии. СПб., 1902. [10]. С. И. Медведев, А. Г. Трель, М. П. Божко, Д. С. Шапиро. Вредители агролесомелиоративных питомников. Ученые записки, т. XVIII, труды научно-исследовательского института биологии. Харьковский государственный университет, 1953. [11]. А. А. Парамонов. Курс дарвинизма. М., 1945. [12]. П. А. Положенцев, Л. П. Астанин. К вопросу о лесохозяйственном значении песчаного барсука. Труды Башкирского СХИ, т. 3, Уфа, 1942. [13]. П. А. Положенцев, И. Я. Шемякин, Н. И. Коровина. О вредителях плодов ильмовых пород и липы. Научные записки ВЛХИ, Воронеж, 1952. [14]. В. Г. Пучков. Фауна настоящих полужесткокрылых люцернового биоценоза центрально-черноземной полосы РСФСР и их сельскохозяйственное значение. Кандидатская диссертация, Рамонь, 1951. [15]. А. Н. Формозов, В. И. Осмоловская, К. Н. Благосклонов. Птицы и вредители леса. М., 1950. [16]. Э. Штейнхауз. Патология насекомых. М., 1952. [17]. E. Butler. A biology of the british Hemiptera — Heteroptera. London, 1923. [18]. M. Dingler. Forstschutz gegen Tiere, Bd. 1, Verl. Neum-Neud, 1927. [19]. R. H. Zwaluwenburg. The interrelationships of insects and round-worms. Bull. Expt. Sta. Haw. Sug. Plant. Assoc., Entom. Ser., Bull. 20, 1928.

Поступила в редакцию  
22 октября 1960 г.

**ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ  
КУЛЬТУР ЕЛИ БССР**

**А. Ф. КИСЕЛЁВ**

Аспирант

(Белорусский лесотехнический институт)

Влияние происхождения насаждений на физико-механические свойства древесины практически еще не изучено. Имеющиеся сведения в этой области относятся главным образом к сосне обыкновенной, лиственнице сибирской, европейской и японской. Что касается ели обыкновенной, то нам известны работы А. Б. Жукова [4] и В. П. Тимофеева [5]. Свойства древесины ели в искусственных насаждениях БССР не изучены.

В БССР насчитывается около 30 тыс. га культур ели, созданных преимущественно в ельниках мшистых (45,2%), кисличниках (33,6%) и сложных ельниках (9,2%) и представленных насаждениями разных возрастов (от 1 до 60 лет) [3].

Таблица 1

Показатели характе- ристик пробных площадей	Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3
Лесхоз	Узденский	Узденский	Слуцкий
Возраст, лет	51	50	45
Способ посадки	Рядовой, 1,5×1,5 м	Рядовой, 1,42×1,42 м	Рядовой, 1,2×1,7 м
Тип леса	Ельник кислично- лещинный (С <sub>2</sub> )	Ельник-кисличник (С <sub>3</sub> )	Ельник мшистый (В <sub>3</sub> )
Средний диаметр, см	19,5	18,5	16,9
Средняя высота, м	27,6	23,6	19,4
Класс бонитета	16	1а	1
Полнота	0,95	0,92	0,87
Число стволов на 1 га	1628	1632	1655
Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	690	522	375
Подрост	О т с у т с т в у е т		
Подлесок	Лещина—в просветах	Ива, крушина — по опушкам	Рябина, крушина — единично
Напочвенный по- кров	Кислица, майник, мхи и др. — редкий, куртинами	Мертвый, в просве- тах—кислица, майник, зеленые мхи	Мхи, майник, единично черника
Почва	Дерново-подзоли- стая, сильно оподзо- ленная на легкой пес- чанистой супеси, под- стилаемой суглинком	Дерново-подзолистая, сильно оподзо- ленная на легкой пылевато-песчан- стой супеси, подсти- лаемой мореной	Дерново-подзоли- стая, средне оподзо- ленная на легкой песчанистой супеси, подстилаемой песча- нистой мореной

Искусственные еловые древостои БССР высокопродуктивны, в условиях сложных ельников относятся к 16 классу бонитета. Запасы стволовой древесины на 1 га к 50—60-летнему возрасту нередко достигают 500—700 м<sup>3</sup>, то есть превышают запасы естественных насаждений, произрастающих в аналогичных условиях, на 100—200 м<sup>3</sup>.

Исследование физико-механических свойств древесины культур ели проводилось на трех пробных площадях, описание которых приведено в табл. 1.

На каждой пробной площади было срублено по 6 модельных деревьев, отобранных в соответствии с ОСТом Наркомлеса 196.

Из стволов моделей вырезалось по два кряжа длиной 1,5 м (один в пределах высот 1,3—2,8 м, второй на 0,5 м ниже начала кроны). Характеристика модельных деревьев приведена в табл. 2.

Таблица 2

№ пробной площади	№ моделей	Диаметр на высоте груди, см	Высота, м	Класс роста	Коэффициент формы	Высота до живых сучьев, м	Проекция кроны, м <sup>2</sup>	Объем ствола, м <sup>3</sup>
1	1	18,0	23,5	III	0,762	16,5	3,40	0,333
	2	18,2	24,2	III	0,700	16,9	4,25	0,308
	3	20,0	27,8	II	0,730	17,0	6,00	0,426
	4	24,0	27,8	II	0,738	17,0	6,06	0,638
	5	31,0	28,6	I	0,717	16,6	13,30	1,041
	6	31,8	28,9	I	0,687	16,8	14,00	1,064
2	7	16,4	18,0	III	0,735	11,0	2,50	0,198
	8	16,6	19,2	III	0,740	11,2	2,60	0,218
	9	18,4	23,6	II	0,744	12,6	3,30	0,306
	10	19,8	25,2	II	0,757	16,6	3,60	0,427
	11	25,5	26,4	I	0,784	16,4	12,00	0,768
	12	27,5	27,0	I	0,700	17,2	9,00	0,789
3	13	16,4	19,8	III	0,690	10,0	3,00	0,206
	14	16,7	20,0	III	0,719	10,1	3,60	0,223
	15	20,4	20,0	II	0,725	10,2	6,50	0,335
	16	20,1	20,8	II	0,767	11,0	4,05	0,369
	17	24,0	21,0	I	0,710	10,5	8,20	0,474
	18	25,2	22,2	I	0,670	10,0	7,00	0,521

Распиловка кряжей на рейки, изготовление образцов и испытание древесины выполнены по стандартной методике [1].

Механические свойства древесины определялись на универсальной машине Амслера, а испытание на ударный изгиб — на маятниковом копре МК-30. Результаты испытаний, обработанные методом математической статистики, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели	А. Ельник-кисличник (пробная площадь № 2)		Б. Ельник кисляно-лещинный (пробная площадь № 1)		В. Ельник мш-стый (пробная площадь № 3)		Достоверность различия (t) между		
	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	А и Б	А и В	Б и В
Число годичных слоев в 1 см	39	4,2 ± 0,24	56	3,5 ± 0,21	48	3,6 ± 0,16	2,2	2,0	0,4
Процент поздней древесины	39	19,4 ± 1,24	59	18,2 ± 1,05	48	16,1 ± 0,88	0,7	2,2	1,6
Объемный вес, г/см <sup>3</sup>	79	0,464 ± 0,007	84	0,456 ± 0,006	95	0,438 ± 0,005	0,9	2,9	2,3
Коэффициент усушки, % радиальной	81	0,211 ± 0,004	72	0,198 ± 0,004	95	0,197 ± 0,004	2,3	2,5	0,2

Продолжение табл. 3

Показатели	А. Ельник-кисличник (пробная площадь № 2)		Б. Ельник кислично-лещинный (пробная площадь № 1)		В. Ельник мшистый (пробная площадь № 3)		Достоверность различия (t) между		
	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	А и Б	А и В	Б и В
тангентальной . . . . .	79	0,346 ± 0,007	70	0,330 ± 0,006	95	0,312 ± 0,006	1,7	3,7	2,1
объемной . . . . .	59	0,556 ± 0,010	96	0,541 ± 0,009	95	0,536 ± 0,009	1,1	1,5	0,4
Предел прочности (кг/см <sup>2</sup> ) при:									
сжатия вдоль волокон	79	360 ± 6,1	71	358 ± 5,0	94	357 ± 5,9	0,3	0,4	0,1
статическом изгибе в радиальном направлении . . . . .	32	698 ± 16,7	48	693 ± 16,5	46	697 ± 16,9	0,2	0,04	0,2
в тангентальном направлении . . . . .	36	669 ± 22,2	44	668 ± 16,3	44	669 ± 14,8	0,04	—	0,1
скалывании вдоль волокон в радиальной плоскости . . . . .	79	49,0 ± 1,00	91	47,1 ± 0,81	92	46,3 ± 0,98	1,5	1,9	0,6
в тангентальной плоскости . . . . .	61	47,1 ± 1,05	76	47,2 ± 0,76	87	45,1 ± 0,84	0,1	1,5	1,9
Удельная работа при ударном изгибе, кг.м/см <sup>3</sup> . . . . .									
в радиальном направлении . . . . .	30	0,204 ± 0,013	47	0,182 ± 0,014	38	0,189 ± 0,013	1,2	0,8	0,4
в тангентальном направлении . . . . .	34	0,141 ± 0,007	50	0,139 ± 0,006	40	0,138 ± 0,008	0,2	0,3	0,1
Торцовая твердость, кг/см <sup>2</sup> . . . . .	41	277 ± 7,04	44	265 ± 5,97	48	253 ± 6,11	1,3	2,6	4,1

Примечание. n — количество образцов; M — среднее арифметическое; m — средняя ошибка.

Таким образом, древесина ели уже в 50 лет обладает высокими физико-механическими свойствами, примерно одинаковыми в исследованных типах леса.

Таблица 4

Показатели	Части ствола				
	периферийная	средняя	центральная	от 1,3 до 2,8 м	под кроной
	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m
Число годичных слоев в 1 см . . . . .	4,9 ± 0,27	3,5 ± 0,23	2,4 ± 0,28	4,3 ± 0,33	3,4 ± 0,28
Процент поздней древесины . . . . .	23,1 ± 1,68	16,5 ± 1,81	14,5 ± 1,81	21,4 ± 1,66	15,9 ± 1,32
Объемный вес, г/см <sup>3</sup> . . . . .	0,493 ± 0,009	0,431 ± 0,010	0,419 ± 0,013	0,469 ± 0,009	0,455 ± 0,007
Предел прочности (кг/см <sup>2</sup> ) при:					
сжатия вдоль волокон	376 ± 6,98	336 ± 8,13	332 ± 13,5	372 ± 8,11	327 ± 8,39
статическом изгибе в тангентальном направлении	750 ± 24,8	606 ± 16,7	476 ± 24,0	675 ± 33,1	650 ± 23,0
скалывании вдоль волокон в тангентальной плоскости	49,0 ± 1,67	48,0 ± 1,89	38,0 ± 2,78	48,6 ± 1,99	46,3 ± 1,48
Удельная работа при ударном изгибе, кг.м/см <sup>3</sup> . . . . .	0,165 ± 0,007	0,129 ± 0,007	0,101 ± 0,014	0,147 ± 0,008	0,136 ± 0,007
Торцовая твердость, кг/см <sup>2</sup> . . . . .	302 ± 7,95	268 ± 9,15	214 ± 5,50	270 ± 8,7	289 ± 8,3

Физико-механические свойства древесины разных участков ствола не одинаковы (табл. 4) \*.

Из табл. 4 видно, что физико-механические свойства древесины ели повышаются закономерно от сердцевины к периферии ствола и снижаются по высоте ствола от комля к кроне в среднем на 10—12%.

Для сопоставления показателей физико-механических свойств древесины ели культурного и естественного происхождения были взяты данные А. К. Петруша [4] для ельника-кисличника и ельника мшистого \*\* (табл. 5).

Таблица 5

Данные	Объемный вес, г/см <sup>3</sup>	Предел прочности (кг/см <sup>2</sup> ) при			Удельная работа при ударном изгибе, Кгм/см <sup>3</sup>	Торцовая твердость, кг/см <sup>2</sup>
		сжатии вдоль волокон	статическом изгибе	скалывании вдоль волокон		
Ельник-кисличник						
Наши	0,464	360	669	47,1	0,141	277
А. К. Петруши	0,453	395	712	69,0	0,214	241
Ельник мшистый						
Наши	0,438	357	669	45,1	0,138	253
А. К. Петруши	0,462	329	633	—	0,194	233

Из табл. 5 видно, что пределы прочности древесины культур ели в ельнике-кисличнике при сжатии вдоль волокон на 9%, при статическом изгибе на 6%, при скалывании вдоль волокон на 32% ниже, а торцовая твердость на 15% выше, чем аналогичные показатели для ели естественного происхождения, и на 6—9% выше в ельнике мшистом.

Исследования показали, что древесина ели в культурах по физико-механическим свойствам почти не уступает ели естественного происхождения.

\* Исследование проведено в ельнике-кисличнике.

\*\* Возраст ели естественного происхождения 70—80 лет.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. ГОСТ 6336-52. Методы физико-механических испытаний древесины. Стандартгиз, М., 1955. [2]. А. Б. Жуков. Исследование технических свойств древесины хвойных пород Тростянецкого лесничества. Труды по лесному опытному делу УССР, Харьков, вып. 8, 1928. [3]. А. Ф. Киселев. Культуры ели БССР, их географическое размещение и состояние. Сб. научных работ БЛТИ, вып. XII, серия «Лесное хозяйство», 1959. [4]. А. К. Петруша. Технические свойства древесины основных пород БССР. Госиздат БССР, 1959. [5]. В. П. Тимофеев. Лиственница в культуре. М.-Л., 1947.

Поступила в редакцию  
11 апреля 1960 г.

## К ВОПРОСУ О ВОССТАНОВЛЕНИИ И УЛУЧШЕНИИ ГОРНЫХ ЛЕСОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БОЛЬШОГО КAVКАЗА

Ф. А. АМИРОВ

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Южные склоны Главного Кавказского хребта в пределах Нухинского района представляют сложную картину. От основных водораздельных хребтов отходят отроги средним протяжением 5—6 км, образующие между собой глубокие ущелья. Бассейны этих ущелий питают главные водные артерии района Киш-чай, Шин-чай, Зейзит-чай и Кюнгут-чай. Склоны отрогов круты (до 40—60°) и обрывисты. Леса поднимаются до 2000—2300 м над уровнем моря и имеют исключительно водоохранное и почвозащитное значение. Выше располагаются высокогорные летние пастбища, часто перемежающиеся со скалами и осыпями.

Длительное время лесное хозяйство здесь велось неудовлетворительно, что привело к уменьшению лесопокрытой площади, ухудшению состава, снижению продуктивности, ослаблению водоохранно-почвозащитной роли лесов.

В соответствии с данными лесоустройства (1952 г.), общая площадь Нухинского лесхоза равна 48 045 га. Около 60% площади лесного фонда составляют низкорослые древостои, особенно в верхней и нижней частях горной зоны; больше 30% лесной площади занимают малоценные, низкорослые насаждения, редины, прогалины, гари.

Уничтожение и расстройство лесов на горных склонах привело к интенсивному развитию процессов эрозии почв, резкому снижению производительности горных территорий, а также усилению деятельности селевых потоков.

В 1957—1958 гг. нами проведено обследование государственных горных лесов Нухинского района, на основании которого разработаны мероприятия по их восстановлению и улучшению с целью предотвращения эрозии почв.

Предгорная часть, а также нижняя часть склонов горной зоны почти полностью обезлесены. Значительная площадь занята прогалинами и зарослями грабниников, среди которых встречаются малорослые приземистые дубки, кустообразные клены, отдельные экземпляры мушмулы, яблони, боярышника, скумпии, сумаха, шиповника, облепихи, ежевики и держи-дерева. Эти заросли являются основным источником заготовки топлива и мелкой поделочной древесины для населения Нухи (рис. 1). Здесь встречаются сотни тропинок и дорог, по которым перегоняют скот и треляют волоком древесину. Эти пути превращаются в растущие промоины, появляются большие каменистые осыпи. На значительной

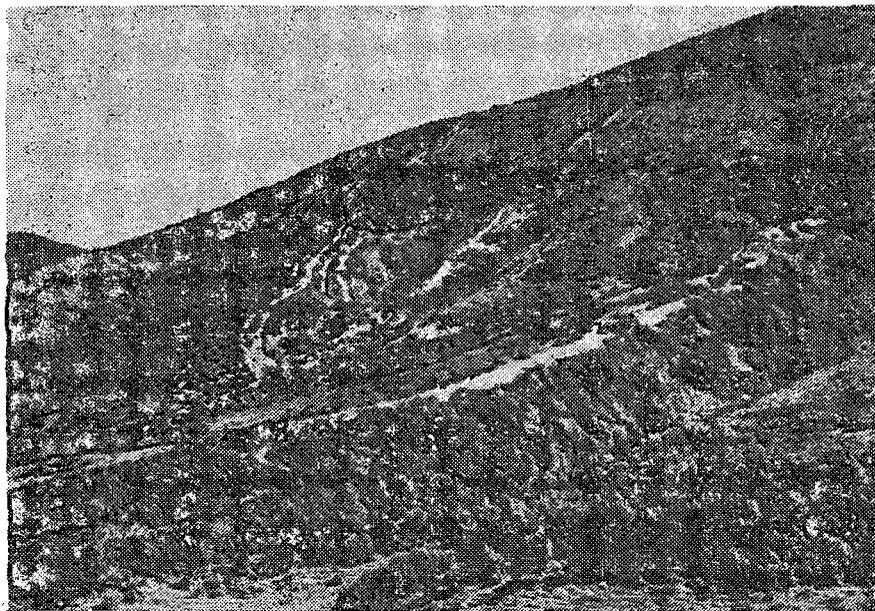


Рис. 1. Южный склон Большого Кавказа; низкоствольные древесно-кустарниковые заросли (Нухинский район Азербайджанской ССР).

площади склонов (50—60%) уничтожен растительный покров и полностью или частично смыт гумусовый горизонт почвы.

Выше по склону древесно-кустарниковая растительность (в основном порослевая) становится гуще. На высоте от 1200 до 1800 м в насаждениях преобладают бук (северные и западные склоны), дуб и граб (южные склоны), с редким подлеском или без него. В этой зоне, особенно в труднодоступных местах, рубка леса и пастьба скота не проводились; полнота насаждений 0,7—0,8, эрозия почв выражена слабо.

Начиная с высоты 1800 м, леса постепенно изреживаются и приобретают вид парков (рис. 2), примыкающих к высокогорным пастбищам. В них видны отчетливые следы пастьбы скота и самовольных порубок. Верхняя граница таких насаждений местами проходит на высоте 1600—1800 м над уровнем моря против 2200—2300 м в лесах, не подвергающихся уничтожению. На площадях, вышедших из-под леса, многочисленные овечьи тропы постепенно размываются; образуются глубокие промоины и овражки.

В предгорной и нижней горной зонах возобновление леса почти отсутствует. Губительное действие на молодняк оказывают усиленная пастьба скота и рубка леса. Коричнево-серые суглинки (мощностью 30—50 см), типичные для этих местоположений, нередко полностью сползают, обнажая скальную породу.

В дубовых, грабовых, а также дубово-грабовых насаждениях (700—1500 м над уровнем моря) возобновление неудовлетворительно и преимущественно порослевое.

На склонах всех экспозиций выше 1500 м и преимущественно там, где пастьба скота не проводится, успешно возобновляются семенным путем бук — на северных склонах, дуб, граб и тополь — на южных (рис. 3).

Облесительные работы недостаточно интенсивны. Выбор участков



Рис. 2. Верхняя граница лесов.

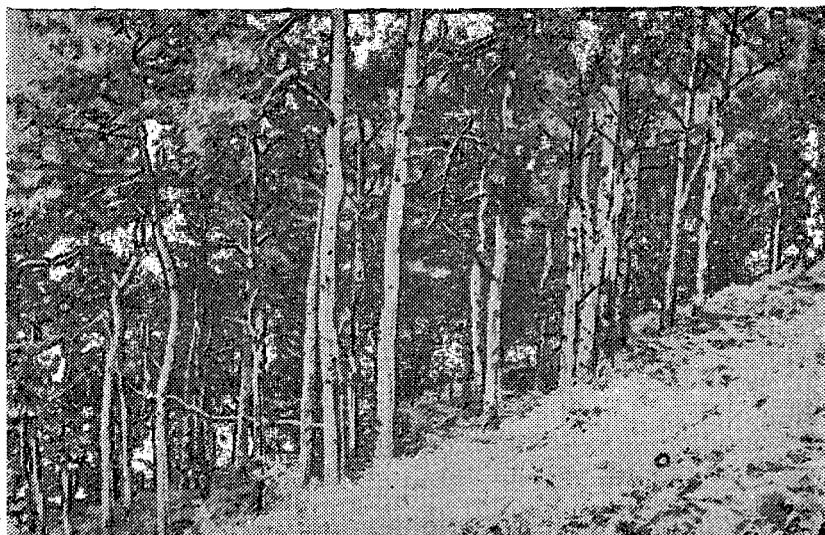


Рис. 3. Естественное возобновление тополя и дуба в верхней горной зоне лесов Нухинского района.

под культуры носят случайный характер. Подбор пород зависит, главным образом, от наличия посадочного материала (например, на сильно эродированных склонах посажен орех грецкий). Почва подготавливалась неправильно (маленькими площадками и лунками); уход за культурами и охрана их были недостаточными.

Наши исследования показали, что чем выше продуктивность леса, тем больше его влияние на уменьшение поверхностного стока и предотвращение эрозии. При современном состоянии лесного фонда необходимы следующие лесовосстановительные работы.

1) Сплошные культуры на непокрытых лесом площадях, полянах и прогалинах намечаются в основном в нижней и частично средней горных зонах, то есть в наиболее расстроенных лесных массивах.

2) Частичные культуры в низкополнотных древостоях (средняя и верхняя горные зоны), редицах и полянах рекомендуются с целью увеличения полноты насаждений, улучшения и обогащения состава их за счет введения более ценных пород. Такие культуры будут носить куртинно-групповой характер.

3) Для реконструкции малоценных и низкоствольных насаждений с целью увеличения их водоохранно-почвозащитных свойств посадку лесных культур следует проводить в прорубленные поперек склона коридоры шириной 3—6 м, между которыми необходимо оставлять кулисы такой же ширины. В коридорах нужно вырубать только второстепенные породы.

4) В тех случаях, когда естественное возобновление идет неудовлетворительно (особенно на южных склонах), рекомендуется подсев семян главной породы в подготовленные площадки или полосы. Чтобы получить эффективные результаты по улучшению и восстановлению горных лесов Нухинского района, необходима охрана их от скота.

5) Рубки ухода за лесом (осветление и прочистка) намечаются в высокополнотных порослевых молодняках с целью улучшения их состава и роста.

Участки, на которых проводятся лесовосстановительные работы, не одинаковы по условиям местопроизрастания (высотам над уровнем моря, экспозиции, рельефу, почве, интенсивности эрозии). В связи с этим и ассортимент пород должен быть различным. Для формирования лесонасаждений на горных склонах Нухинского района могут быть рекомендованы как местные породы, так и испытанные экзоты, по своим биологическим особенностям пригодные для горного лесоразведения. В нижней и средней горных зонах можно разводить айлант, акацию белую, гледичию обыкновенную, бирючину, боярышник, дуб иберийский, восточный и обыкновенный, клен полевой, сосну крымскую, эльдарскую и обыкновенную, софору, ясень обыкновенный и др.; из кустарников акацию желтую, аморфу, жимолость восточную, сумах, скумпию, шиповник; из плодовых абрикос, алычу, гранат, вишню горную, виноград, лох восточный, шелковицу белую, орех грецкий, хурму кавказскую, грушу иволистную, айву.

В верхней горно-лесной зоне необходимо ввести дуб высокогорный, клены полевой и высокогорный, бук восточный, медвежий орех и др.

На горных склонах Нухинского района агротехника при выращивании лесных насаждений имеет исключительно важное значение. От нее зависит накопление влаги за счет выпадающих осадков и поверхностных вод. Для горных условий Азербайджана агротехника до сих пор не разработана, поэтому следует использовать опыт создания лесонасаждений на горных склонах Средней Азии, Крыма и пр. В предгорной части, где крутизна склонов не превышает  $10^\circ$ , тракторными плугами проводятся полосы глубиной 25—30 см и шириной 2—10 м по горизонталям, на расстоянии, равном ширине полос. Для предотвращения поверхностного

стока и смыва почв делаются валики высотой 25—30 см в нижней части обработанных полос. Для широких склонов крутизной до 20—22° может быть рекомендовано террасирование при помощи грейдера Д-20А (там, где это позволяет почвогрунт) с последующей обработкой террас обычными сельскохозяйственными плугами.

Вокруг Нухи (до 800 м над уровнем моря) на склонах с глубокими почвами может быть применено террасирование склонов (крутизной до 40°) при помощи бульдозера Д-259 с последующим глубоким рыхлением (рыхлитель Р-80). Этот способ можно применять и при реконструкции малоценных насаждений.

В труднодоступных для механизации местах средней и верхней горных зон, при большой крутизне, а также на склонах пересеченных и с неразвитой почвой подготовку можно проводить преимущественно ручными орудиями. Ручные орудия должны применяться при частичных культурах и содействии естественному возобновлению. При этом можно устраивать террасы-канавки, имеющие перемычки через 10—15 м, или канавки размером 1 × 2 м, располагаемые по склону в шахматном порядке. Растения должны высаживаться на внутренний откос вала.

---

Поступила в редакцию  
13 июня 1960 г.

## РОЛЬ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО И ПОСЛЕДУЮЩЕГО ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ НА КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВЫРУБКАХ В БОРАХ-БРУСНИЧНИКАХ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

Н. И. МАМОНОВ

Аспирант

(Воронежский лесотехнический институт)

Роли естественного возобновления при концентрированных рубках посвящено много лесоводственных работ, нередко разноречивых и односторонних по выводам, как справедливо отмечает проф. И. С. Мелехов [1].

Известно, что с увеличением возраста подрост под пологом древостоя предъявляет повышенные требования к среде и становится угнетенным или даже погибает, если условия жизни остаются прежними, что установил И. А. Яхонтов [7].

Такой угнетенный молодняк не может стать полноценным насаждением после рубки материнского древостоя. При установлении степени успешности возобновления необходимо учитывать высоту, внешний вид и количество имеющегося подроста.

Нами изучались рост и развитие подроста под пологом леса и на вырубке как количественный и качественный показатель условий данной среды, а также противоречия между биологическими особенностями деревьев и условиями среды в лесу и на вырубке.

Исследования проводились в Ново-Лялинском лесхозе Свердловской области под пологом спелых и перестойных боров-брусничников и на 5- и 18-летних вейниковых вырубках в тех же условиях местопроизрастания. Средний возраст древостоев 130 и 250 лет, полнота 0,7—0,8, III класс бонитета, состав 130-летнего древостоя 9С1Лц+Ос, 250-летнего — 8С1Е1Б+Лц, второго яруса 5Е2СЗБ.

На 5-летней вырубке преобладает *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., на 18-летней *Calamagrostis arundinaceae* Roth. Лесосеки разрабатывались пасеками в весенне-летний период механизированным способом.

На двух пробных площадях (0,15 га в спелом и 1 га в перестойном древостое) подрост сосны и ели был разделен на возрастные группы. Измеряли высоту и описывали внешний вид каждого экземпляра. Возраст большинства деревьев находили по срезам в лабораторных условиях. На вырубках закладывали ленточные пробные площади, на которых учитывались отдельно предварительное и последующее возобновление. На 5-летней вырубке при исследовании подроста принимали во внимание поранение почвы при трелевке и очистке лесосек. Такой же учет произведен на лесосеке 1959 г. На основании этого была выявлена степень сохранности молодняка при рубке спелого древостоя.

Приросты в высоту и по диаметру определяли по модельным деревьям каждой возрастной группы, в трех повторностях. Сделаны геоботаническое описание, механический и частично химический анализ почв.

В качестве эталона для определения степени угнетенности подроста под пологом нами принят подрост сосны и ели последующего возобновления на вырубке 18-летнего возраста, условия которой можно считать оптимальными для роста и развития молодого поколения леса.

Совокупное влияние факторов внешней среды характеризуется показателем угнетенности подроста. В табл. 1 приведены данные о количестве подроста на 1 га на исследуемых объектах.

Таблица 1

Возрастные группы, лет	Древостой ( $\frac{\text{спелые}}{\text{перестойные}}$ )		Вырубки ( $\frac{\text{предварительное возобновление}}{\text{последующее}}$ )			
			5-летние		18-летние	
	сосна	ель	сосна	ель	сосна	ель
1—2	$\frac{63}{63}$	$\frac{10}{—}$	$\frac{—}{410}$	$\frac{—}{20}$	$\frac{—}{15}$	—
3—5	$\frac{156}{97}$	$\frac{21}{10}$	$\frac{—}{4936}$	$\frac{—}{381}$	$\frac{—}{55}$	$\frac{—}{20}$
6—10	$\frac{240}{208}$	$\frac{42}{84}$	$\frac{114}{—}$	$\frac{29}{—}$	$\frac{—}{345}$	$\frac{—}{170}$
11—15	$\frac{406}{104}$	$\frac{52}{198}$	—	$\frac{34}{—}$	$\frac{—}{1060}$	$\frac{—}{730}$
16—20	$\frac{521}{312}$	$\frac{135}{260}$	$\frac{14}{—}$	$\frac{43}{—}$	$\frac{—}{1370^*}$	$\frac{—}{1005^*}$
21—30	$\frac{1250}{406}$	$\frac{219}{1042}$	$\frac{10}{—}$	$\frac{100}{—}$	$\frac{—}{340^{**}}$	$\frac{—}{380^{**}}$
31—50	$\frac{958}{1052}$	$\frac{104}{2949}$	$\frac{24}{—}$	$\frac{67}{—}$	—	$\frac{310}{—}$
51—70	$\frac{31}{531}$	$\frac{52}{615}$	$\frac{19}{—}$	$\frac{38}{—}$	—	$\frac{80}{—}$
71—100	—	$\frac{20}{115}$	—	$\frac{14}{—}$	—	$\frac{20}{—}$
Более 100	—	—	—	—	—	$\frac{50}{—}$
Итого	$\frac{3672}{2773}$	$\frac{615}{5303}$	$\frac{181}{5377}$	$\frac{335}{401}$	$\frac{340}{2845}$	$\frac{840}{1925}$

Примечание. Подрост других древесных пород в таблицу не включен.  
\* — возрастная группа 16—18 лет; \*\* — 19—30 лет.

В табл. 2 представлены средняя высота подроста сосны и ели и показатель его угнетенности, который вычислялся следующим образом. Высота подроста выражалась в процентах от высоты дерева, принятого за эталон, и этот процент вычитался из 100. Сравнивая данные табл. 1 и 2 и учитывая, что показатель угнетенности подроста старше 20 лет не определялся, можно отметить следующее.

1. На вырубке 5-летнего возраста больше всего сохранилось подроста сосны 6—10 и ели 6—30 лет. До рубки показатель угнетенности первой породы был 11—63%, второй 77—84%.

2. На 18-летней вырубке в большинстве подрост сосны 19—30 лет, ели 19—50 лет. Показатель угнетенности до рубки соответственно составлял 3—66 и 52—81%.

Не имея показателя угнетенности молодняка старше 20 лет, но при-

Таблица 2

Возрастные группы, лет	Средняя высота подростка на 18-летней вырубке, см		Спелый древостой высота, см (показатель угнетенности, %)		Перестойный древостой высота, см (показатель угнетенности, %)	
	сосна	ель	сосна	ель	сосна	ель
1—2	6,5		$\frac{5,8}{11,0}$	—	$\frac{6,3}{3,0}$	—
3—5	26,2	8,5	$\frac{9,7}{63,0}$	—	$\frac{11,3}{57,0}$	—
6—10	71,0	30,4	$\frac{18,9}{73,0}$	$\frac{7,0}{77,0}$	$\frac{24,3}{66,0}$	$\frac{14,6}{52,0}$
11—15	162,8	79,4	$\frac{21,3}{87,0}$	$\frac{14,8}{81,4}$	$\frac{60,1}{63,0}$	$\frac{21,9}{72,0}$
16—20	287,7*	144,0*	$\frac{28,0}{90,2}$	$\frac{23,0}{84,0}$	$\frac{106,2}{63,0}$	$\frac{26,7}{81,0}$

\* — возрастная группа 16—18 лет.

нимая во внимание, что через 18 лет после рубки сохраняется значительное количество 21—30-летнего елового подростка, можно полагать, что до 30 лет ель имеет степень угнетения 84% и меньше и относительно высокую способность к выживаемости.

Результаты наших исследований совпадают с данными В. М. Обновленского и Б. В. Гроздова [2]. Различная выживаемость сосны в зависимости от степени угнетения и возраста в условиях сложного бора лесостепи отмечается также М. М. Путилиным [5].

О благонадежности подростка сосны и ели нельзя судить без учета гибели его при механизированной заготовке. По данным А. В. Побединского [3], [4], А. П. Шиманюка [6], И. С. Мелехова [1] и других, уничтожается от 50 до 90% молодняка в зависимости от сезона и технологии разработки лесосеки. По нашим данным, при пасечной разработке гибнет 31—44% сосны и 37—50% ели. Различия в показателях можно объяснить механическими свойствами древесины. Микроскопическое исследование показало, что годовичные слои угнетенного подростка на 30—100% сложены толстостенными, часто сплюснутыми по радиусу, клетками поздней древесины. При малом диаметре такие стволы обладают высокими пружинящими свойствами. Неугнетенный подрост имеет широкие годовичные слои преимущественно из тонкостенных клеток ранней древесины.

Большую роль в сохранности подростка сыграло и строгое соблюдение технологии разработки лесосеки. Как показали наши исследования, при довольно высокой сохранности в период разработки лесосек на 5-летней вырубке погибает 92% подростка сосны и 21% ели, оставшегося после рубки спелого древостоя. Для лесосеки 18-летнего возраста эти данные неизвестны. Однако общий процент гибели молодняка сосны и ели, вышедшего из-под полога перестойного древостоя, через 18 лет после рубки составляет соответственно 88 и 83%. Можно полагать, что изменение условий среды и здесь сыграло решающую роль.

Подрост сосны под пологом спелого древостоя выглядит чрезвычайно угнетенным (рис. 1). Средний прирост в высоту составляет 2—5 см. Начало отмирания приурочено к 20-летнему возрасту. После удаления материнского полога прирост 1—5-летних сосенок значительно увеличивается (в 1959 г. он колебался в пределах 10—30 см). Подрост ели под пологом выглядит несколько лучше, но средний прирост в высоту не пре-

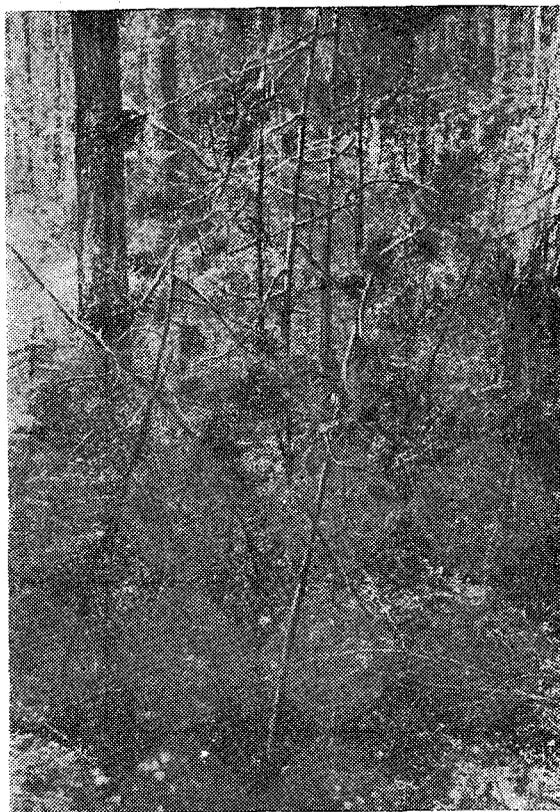


Рис. 1. Подрост сосны под пологом спелого насаждения.

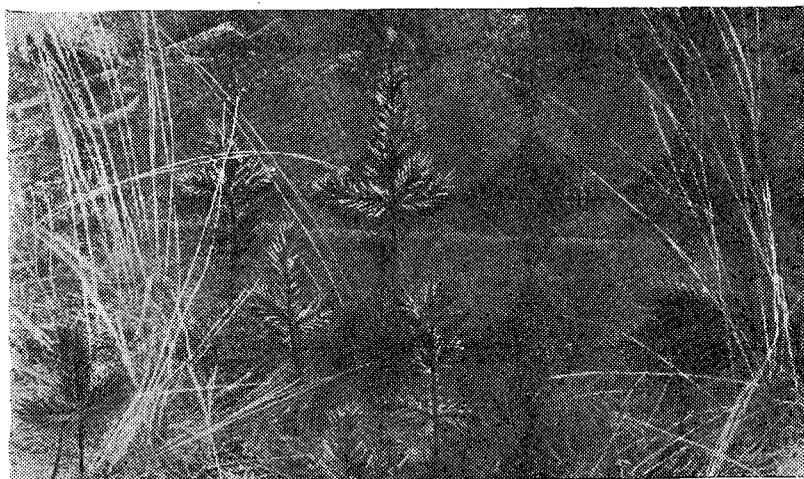


Рис. 2. Последующее возобновление сосны на пасечном волоке.  
Вырубка пятилетнего возраста.

вышает 4 см. После освобождения он увеличился у подростка 10—20 лет в три раза, у деревьев 20—40 лет остался на прежнем уровне, у более старых экземпляров несколько уменьшился.

В перестойном древостое подрост сосны и ели имеет примерно такой же внешний вид, как и в спелом, но количество отмерших сосенок (преимущественно старше 30 лет) больше и достигает 75%. В данном случае видную роль сыграл второй еловый ярус. После рубки средний периодический прирост (за 18 лет) у подростка сосны 1—12 лет и ели 6—30 лет увеличился соответственно в четыре и шесть раз. В 1959 г. большинство сосенок этой категории подростка плодоносило.

Следовательно, по внешнему виду подростка сосны и ели трудно судить о его благонадежности. В данном случае необходимо учитывать показатель угнетенности молодняка в разном возрасте, а, следовательно, и способность к выживаемости после рубки. В основе этого явления заложены связанные с морфологическими признаками особенности физиологических процессов подростка разных возрастов. Этот вопрос представляет задачу нашего дальнейшего исследования.

В количественном отношении последующее возобновление сосной происходит удовлетворительно, особенно в первые три года после рубки. Внешне подрост сосны и ели выглядит вполне удовлетворительно. Подрост сосны 16—18-летнего возраста плодоносит. Как правило, сосенки располагаются на микроповышениях пораненной поверхности почвы (рис. 2), ель в таких местах не обнаружена. Лиственные породы находят наиболее благоприятные условия на магистральных волоках.

На 18-летней вырубке подрост размещается группами.

Таким образом, в условиях боров-брусничников Северного Зауралья роль подростка предварительной генерации на концентрированных вырубках в формировании древостоев незначительна. Не менее важна его другая функция — последующее обсеменение площадей вырубок при недостаточном возобновлении их в первые годы после рубки.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. С. Мелехов. Механизация лесозаготовок и возобновления леса. Сб. «Концентрированные рубки в лесах Севера». Изд. АН СССР, 1954. [2]. В. М. Обновленский, Б. В. Гроздов. Ельники на водоразделах и естественное возобновление их при сплошно-лесосечных рубках. ЗОНИ, Смоленск, 1934. [3]. А. В. Побединский. Влияние техники и организации лесозаготовок на сохранность подростка. «Лесное хозяйство» № 6, 1951. [4]. А. В. Побединский. Возобновление леса на концентрированных вырубках. Гослесбумиздат, 1955. [5]. М. М. Путилин. Условия появления и роста соснового подростка в сложном бору лесостепи. Диссертация, Воронеж, 1953. [6]. А. П. Шиманюк. Естественное возобновление на концентрированных вырубках. Изд. АН СССР, 1955. [7]. И. А. Яхонтов. Развитие соснового подростка под пологом старых насаждений. Труды по лесному опытному делу, вып. XX, 1909.

Поступила в редакцию  
7 мая 1960 г.

ОБ ОТДАЛЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ ЕВРОПЕЙСКОГО  
ПРОБКОВОГО ДУБА С ДУБОМ ИЗМЕНЧИВЫМ  
(*Quercus suber* L. × *Quercus variabilis* Blume)

ВАН МИН-СЮ

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

Создание морозоустойчивого и пробконосного гибрида пробкового дуба является одной из важных задач лесной селекции. Скрещиванием пробкового дуба с листопадными занимались проф. С. С. Пятницкий (1940 г.), Д. А. Глоба-Михайленко (1953 г.), А. Г. Козлов (1954—1957 гг.). Однако во всех комбинациях скрещивания доминировали материнские признаки, часть из которых была нежелательной.

Это обстоятельство заставляет нас думать о том, что консервативность наследственности пробкового дуба требует разработки специальной методики его гибридизации с тем, чтобы по возможности усилить доминирование желательных отцовских признаков.

Методика наших исследований отличается от методики, применявшейся другими авторами, подбором растений-производителей и их возраста, а также применением определенного воспитания гибридных семян. В качестве одного из производителей нами был выбран дуб изменчивый (*Quercus variabilis* Blume). В СССР его интродукция начата с 1957 г., когда он был завезен Сочинской НИЛЮС из Китая. Теперь он не только успешно растет на Черноморском побережье в Сочи, Кудепсте, Чвижепсе, Красной Поляне, Геленджике, но и в более холодных районах (в Майкопе, Мукачеве, Тростянце). В Московской области (г. Ивантеевка) двухлетние сеянцы этого дуба ежегодно обмерзают, живой остается часть побега не более 9 см. По сообщению Молоткова, в Закарпатье двухлетние саженцы дуба изменчивого зимними морозами не повреждаются. Краткий анализ ареала дуба изменчивого и первичные результаты его интродукции в СССР дают основание полагать, что он может быть использован для промышленного разведения в гораздо более северных районах, чем *Quercus suber* L.

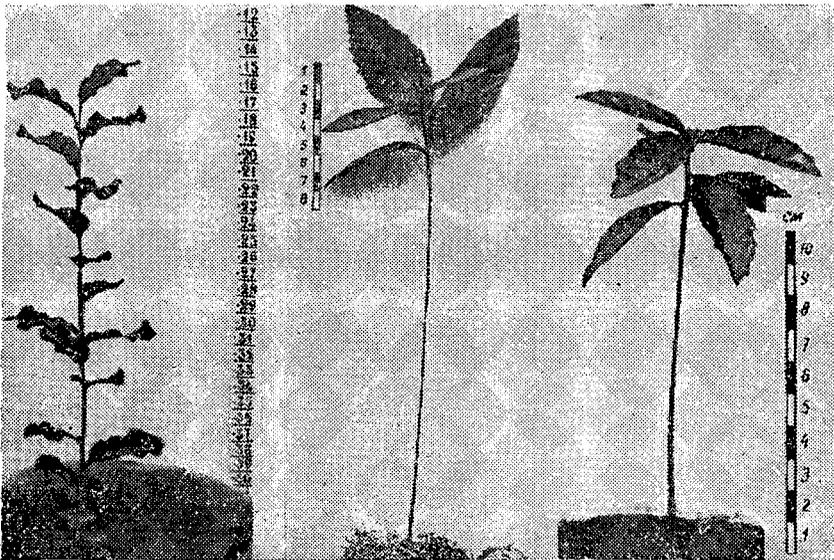
По скорости роста и качеству пробки *Quercus variabilis* Blume только немного уступает *Quercus suber* L. и значительно превосходит бархат амурский (*Phellodendron amurense* Rupr.).

Все это послужило нам основанием для использования *Quercus variabilis* Blume в скрещивании с европейским пробковым дубом (*Quercus suber* L.). В табл. 1 мы приводим варианты скрещиваний, проводившихся нами в 1958—1959 гг.

Для ослабления доминирования материнских признаков мы брали пыльцу со взрослых и старых деревьев (50—60 лет) в лесах Китая и в

Таблица 1

Материнское растение	Отцовское растение	Число опыленных растений	Дата опыления	Срок созревания желудей, лет	Количество опыленных цветков	Число полученных желудей		Количество 2-летних зародков на октябрь 1959 г.
						1958 г.	1959 г.	
<i>Quercus suber</i> L. (15—20 лет)	<i>Quercus variabilis</i> Blume	2	23—26.V-58 г.	2	168	—	40	—
<i>Quercus suber</i> L. (7—9 лет)	<i>Quercus variabilis</i> Blume	10	21.V-6.VI-59 г.	1—2	1852	—	28	152
Прививки								
<i>Quercus suber</i> L. на <i>Quercus iberica</i> Stev. (возраст привоя 1—5 лет)	<i>Quercus variabilis</i> Blume	106	23—26.V-58 г. 21.V—6.VI-59 г.	1—2	1681	38	3	3
Прививки								
<i>Quercus suber</i> L. на <i>Quercus iberica</i> Stev. (возраст привоя 5 лет)	<i>Quercus variabilis</i> Blume <i>Quercus macranthera</i> Fisch. et Mey. <i>Quercus borealis</i> Michx. <i>Quercus macrocarpa</i> Michx. <i>Quercus robur</i> L. <i>Quercus iberica</i> Stev. (смесь пыльцы)	1	21.V—6.VI-59 г.	2	295	—	—	20



а

б

в

Рис. 1. Трехмесячные сеянцы: а — *Quercus suber* L. (материнское растение); б — *Quercus variabilis* Blume (отцовское растение); в — гибрид  $F_1$ , — *Quercus suber* L.  $\times$  *Quercus variabilis* Blume.

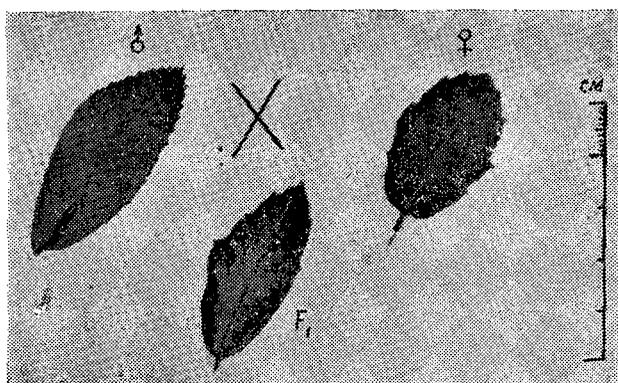


Рис. 2. Листья исходных форм и гибридов.

большом количестве наносили ее мягкой кисточкой на цветки дубков первого — второго года плодоношения (8—10 лет) и только в качестве исключения до 20 лет. Опыление производилось на Кудепстинской плантации пробкового дуба, которая расположена на северной границе произрастания *Quercus suber* L. на Черноморском побережье Кавказа.

Для усиления отцовских признаков мы проводили многократные опыления, начиная с первого дня после начала цветения, когда рыльца только что начинают воспринимать пыльцу, и до тех пор, пока рыльца не становились черными.

В 1959 г. нами было получено 40 гибридных желудей от цветков, опыленных в 1958 г. Из них было выращено 36 растений, у которых наблюдается большое варьирование по морфологическим признакам (рис. 1, 2).

В табл. 2 приведено краткое описание некоторых морфологических признаков отдельных наиболее интересных трехмесячных гибридных растений в сравнении с родителями.

Таблица 2

Формы дуба	Морфологические признаки				
	стебель	цвет	фактура листьев	форма листовой пластинки	жилкование
<i>Quercus suber</i> L.	Большая часть с листьями	Темно-зеленый	Жесткие	Округлые, отношение ширины к длине 0,655 (0,51—0,70)	Не строго параллельное
<i>Quercus variabilis</i> Blume	Листья только на верхней части	Светло-желто-зеленый	Мягкие	Овальные, отношение ширины к длине 0,34 (0,26—0,41)	Строго параллельное
<i>Quercus suber</i> L. × <i>Quercus variabilis</i> Blume	Листья только на верхней части	Светло-желто-зеленый	Полужесткие	Овальные, отношение ширины к длине 0,364 (0,30—0,45)	Не строго параллельное

Наши исследования показали, что число удачных скрещиваний между *Quercus suber* L. и *Quercus variabilis* Blume невысоко, в лучшем случае 20%, а в отдельных вариантах ниже 1%.

Для преодоления нежелательных признаков у гибрида мы производили предварительное вегетативное сближение европейского пробкового дуба (привой) с листопадным иберийским (*Quercus iberica* Stev.), а затем опыляли первый пыльцой *Quercus variabilis* Blume. Были использо-

ваны прививки в возрасте 1, 3 и 5 лет. К сожалению, из опыленных 356 цветков на 96 однолетних прививках ни одной завязи не уцелело. Результат скрещивания на прививках более старого возраста приведен в табл. 3.

Таблица 3

Материнское растение	Возраст материнского растения (привоя), лет	Отцовское растение	Количество опыленных деревьев	Дата опыления	Количество опыленных цветков	Количество полученных желудей
Прививка <i>Quercus suber</i> L. на <i>Quercus iberica</i> S. tev.	3	<i>Quercus variabilis</i> Blume	8	28.V—8.VI- 59 г.	1004	4
	5	"	1	23.V—25.V- 58 г.	321	38

Из табл. 3 видно, что с возрастом прививок количество удачных скрещиваний повышается, хороший результат дала 5-летняя прививка.

Безусловно в такой короткий промежуток времени (1958—1960 гг.) получить окончательные результаты по гибридизации пробкового дуба не представляется возможным. Пока о результатах работ можно судить только по гибридам, полученным нами в 1959—1960 гг.

Приведем данные некоторых, наиболее интересных гибридных растений.

Гибридные желуди по своей форме почти не отличаются от контрольных, собранных с одного и того же материнского дерева, но по весу они превышают контроль на 25%!

После сбора желуди хранились во влажном, предварительно прокаленном песке в холодильнике при температуре от 1 до 3° С. 6 марта 1959 г. они были высеяны в оранжерею Ивантеевского питомника ВНИИЛМа в Москве. В июне сеянцы перенесены на открытый воздух.

В середине августа все сеянцы прекратили вегетацию. С этого времени их перестали поливать и начали затенять, сократив период освещения до 5—6 час в сутки.

Сравнение показало, что по морфологическим признакам гибриды почти не отличались от контроля, однако показатели их роста были выше на 16% по высоте и на 12% по диаметру у шейки корня (табл. 4).

Таблица 4

Однолетние сеянцы	Высота надземной части, см		Диаметр у шейки корня, см	
	средняя	пределы колебаний	средняя	пределы колебаний
Гибриды . . . . .	27,9	43—13	3,18	4,15—2,20
Контроль . . . . .	23,4	33—7	2,70	3,20—1,83

В середине октября 1959 г. обернутые мхом сеянцы были высажены на опытном участке в районе Красной Поляны Краснодарского края, расположенном на высоте более 400 м над уровнем моря.

Обследование, проведенное в мае 1960 г., показало, что все контрольные растения пострадали от холода, верхушки побегов с листьями засох-

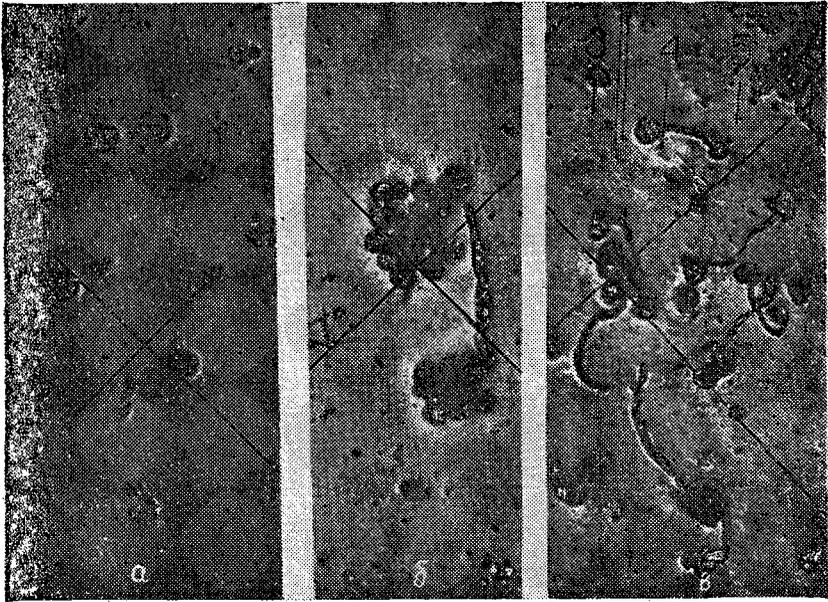


Рис. 3. Влияние гиббереллина на прорастание пыльцы дуба изменчивого.

а — гиббереллин в концентрации 100 мг/л; б — контроль; в — гиббереллин в концентрации 1 мг/л 1 деление шкалы равно 21,7 мк.

ли на 2—5 см. У гибридов повреждений побегов морозом не было, все верхушечные почки сохранились. Листья, расположенные на верхней части побегов, отпали, а на нижней части остались зелеными. Мы полагаем, что у этих гибридов в будущем будут преобладать отцовские признаки.

В последнее время открыт эффект новой группы веществ стимулирующего характера на рост и генеративное развитие многих видов растений — гиббереллинов.

Мы провели опыты с пыльцой *Quercus variabilis* Blume и *Quercus suber* L. Проращивание пыльцы велось в искусственных условиях в 15%-ном растворе сахарозы на 1%-ном агар-агаре при добавлении капли гиббереллина разной концентрации. Подсчеты производились в пяти полях зрения (табл. 5).

Таблица 5

Концентрация гиббереллина, мг/л	<i>Quercus variabilis</i> Blume						<i>Quercus suber</i> L.					
	через 15 час после посева пыльцы			через 40 час			через 15 час			через 40 час		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
100	—	—	—	3	1—2	5—8	8	1—2	10	23	10,8	32,5
10	5	1—2	16	9,6	10,8	22,7	20	1—2	12,2	45	21,7	32,5
1	26	4,2	21,7	92	40,4	65,1	35	1—2	32	82	32,5	54,2
Контроль	Меньше 1	1—2	7,2	6	11,7	40,4	5	1—2	7,3	23	8,6	33,6

Примечание. 1 — средний процент прорастания пыльцы; 2 — средняя длина трубок пыльцы, мк; 3 — максимальная длина трубок пыльцы, мк.

Из данных, приведенных в табл. 5, видно, что гиббереллин в малой концентрации (1 мг/л) не только повышает процент прорастания пыльцы, но и способствует увеличению длины трубки. Высокая концентрация оказывает задерживающее влияние на прорастание пыльцы (рис. 3).

Одновременно были поставлены опыты в натуре с нанесением капли гиббереллина на рыльца *Quercus suber* L. и последующее их опыление пылью *Quercus variabilis* Blume. Желуди пробкового дуба созревают за 1—2 года, поэтому полностью судить о влиянии гиббереллина на их завязывание можно будет только в 1961 г. Однако данные развития одногодичных желудей свидетельствуют о положительном влиянии гиббереллина на оплодотворение.

Таблица 6

Материнское растение и его возраст	Отцовское растение	Количество опыленных цветков	Число полученных желудей	Процент полученных желудей
<i>Quercus suber</i> L. (9 лет)	<i>Quercus variabilis</i> Blume	38	29	76,3
Прививки		64	7	1,1
<i>Quercus suber</i> L. на <i>Quercus iberica</i> Stev. (возраст привоя 6 лет)	.	9	8	88,8
		6	0	0

Примечание. В числителе показаны результаты действия гиббереллина на оплодотворение; в знаменателе — контрольные данные.

Как видно из табл. 6, количество желудей, получаемых при нанесении раствора гиббереллина на рыльце, значительно превосходит количество желудей в контроле.

Поступила в редакцию  
5 ноября 1960 г.

## К ВОПРОСУ О СТРОЕНИИ ДЕВСТВЕННЫХ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ БУКОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА И КРЫМА

Л. В. БИЦИН

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Воронежский лесотехнический институт)

Вопрос о строении девственных разновозрастных насаждений привлекал внимание многих отечественных и зарубежных лесоводов. По отдельным породам накоплен значительный материал, однако до последнего времени отсутствуют какие-либо обобщения в этом направлении.

В данной статье излагаются исследования строения девственных разновозрастных буковых насаждений Северного Кавказа и Крыма, проведенные автором в 1953—1956 гг. в творческом содружестве с лесоустроительными партиями Всесоюзного объединения «Леспроект». Полученные выводы были использованы при производстве таксационных работ.

Изучались наиболее распространенные типы леса: папоротниковый, азалиево-черничный (Северный Кавказ) и зубянкковый (Крымский заповедник). Была заложена 21 пробная площадь, на шести из них срубались все деревья, на трех — по 50% от каждой ступени толщины. Обмерено 1498 модельных деревьев в растущем и срубленном виде.

Исследовалась возрастная структура насаждений [6], [7]. Возраст бука колеблется в пределах 101—300 лет в Крыму и 21—420 лет на Северном Кавказе. Коэффициенты вариации соответственно равны 12,5 и 32,9% [1].

Возрастное строение девственных буковых насаждений находит отражение и в распределении стволов по ступеням толщины. Эти данные по типам леса приводятся в табл. 1. В зубянкковом типе леса наблюдается нормальное распределение деревьев по ступеням толщины. В буковых лесах Северного Кавказа имеется несколько максимумов числа стволов в отдельных ступенях толщины, что свидетельствует о внутренней неоднородности насаждений. В целом количество стволов убывает по направлению от тонкомерных ступеней к толстомерным, графически эта закономерность выражается многовершинной кривой. К такому же выводу пришли и другие авторы [2], [3], [4], [5], [8]. Наблюдаются некоторые особенности в распределении деревьев по диаметру в различных типах леса. В азалиево-черничном типе тонкомерные (8—28 см) и толстомерные (68—84 см) ступени толщины заселены несколько меньше, а центральные (36—56 см) значительно больше, чем в папоротниковом. Однако идентичности характера распределения стволов в обоих типах дает основание к их объединению при широких таксационных обобщениях.

Проведенные нами исследования показали, что сложные разновозрастные буковые насаждения наиболее целесообразно разделять на два

Таблица 1

Наименование объекта	Тип леса Класс бонитета	Сред- ний диа- метр, см	Ступеней толщины, см															Итого					
			8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64		68	72	76	80	84
Северная Ссетия	Азаливо- черничный I	34	21,7	7,1	4,7	5,5	4,3	4,3	4,5	4,9	7,8	7,6	7,1	5,7	5,9	1,9	3,8	1,0	1,0	0,5	0,5	0,2	100
	Папорот- никовый I-II	36	23,3	11,4	5,6	6,0	5,3	4,0	4,7	3,3	4,8	4,2	4,6	4,5	3,4	3,0	3,3	3,0	2,5	1,2	1,3	0,5	100
Крым	Зубяковский III	40	1,1	1,9	4,0	4,9	8,2	10,7	10,9	11,8	12,5	8,5	7,6	5,9	4,5	3,1	1,5	1,0	0,8	0,4	0,3	0,2	100

Таблица 2

Наименование объекта	Тип леса Класс бонитета	Сред- ний диа- метр, см	Естественные ступени толщины															Итого	Из них дерева толще среднего					
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8			1,9	2,0			
Северный Кавказ	Азаливо-чер- ничный I	47,0	0,2	0,5	6,9	9,2	14,7	17,3	14,8	14,1	9,4	6,8	3,2	1,8	1,1	—	—	—	—	—	—	—	100	56,2
	Папоротнико- вый I-II	54,0	0,3	6,1	10,7	11,2	13,1	13,7	11,7	9,1	8,8	6,9	4,3	3,4	0,7	—	—	—	—	—	—	—	100	60,9
Крым	Зубяковский III	43,0	—	3,5	8,8	12,3	14,2	15,7	12,4	10,4	8,0	5,9	3,9	1,9	1,3	1,0	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	100	59,8	
	По данным А. В. Тю- рлана	—	—	0,6	3,4	9,4	16,0	18,3	18,0	13,0	9,0	6,4	3,4	1,6	0,6	0,2	0,1	—	—	—	—	—	100	56,7
Северный Кавказ и Крым (общий ряд)	—	47,0	0,1	3,4	8,8	11,2	14,1	15,6	12,8	10,9	8,6	6,3	3,9	2,3	1,1	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	100	59,2	

Таблица 3

Средний диаметр, см	Степени толщины, см																	итого								
	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76		80	84	88	92	96	100	104	
36	0,1	2,0	7,3	11,1	14,3	16,4	16,0	12,3	8,6	6,1	3,3	1,3	0,8	0,4												100
38	—	0,4	2,3	5,1	8,8	13,2	16,3	15,5	13,1	11,4	7,1	3,2	2,3	1,3	0,3											100
40	—	0,1	1,1	5,0	9,0	12,4	15,6	16,1	12,8	10,0	5,2	2,5	1,3	0,6	0,3											100
40	—	0,2	1,4	3,7	6,7	11,3	13,9	14,6	13,8	13,0	10,0	5,5	3,2	1,7	1,0											100
40	—	0,1	3,7	7,8	11,2	14,1	15,2	14,0	11,2	8,6	6,2	3,9	2,3	0,8	0,6	0,3										100
40	—	0,9	2,9	5,6	9,2	12,5	14,1	13,7	12,5	10,7	7,8	5,2	2,1	1,8	1,0											100
42	—	0,1	2,7	5,8	9,2	12,4	14,3	14,6	12,8	10,2	7,5	4,9	2,8	1,2	0,8	0,5	0,2									100
42	—	0,6	1,9	4,2	7,4	10,8	13,5	14,3	13,6	11,8	8,9	5,8	2,8	2,1	1,6	0,7										100
44	—	0,1	1,8	4,8	7,7	11,0	13,0	14,0	13,4	11,0	8,5	6,0	3,7	2,0	1,3	0,8	0,5	0,2								100
44	—	0,4	1,5	3,2	5,9	8,9	11,7	13,7	13,2	12,0	9,9	7,0	4,3	2,0	1,3	0,8	0,5	0,3	0,1							100
46	—	0,1	1,2	3,5	7,3	10,0	11,7	13,1	13,5	11,8	9,0	7,0	4,3	2,7	1,7	1,3	0,9	0,6	0,3	0,1						100
46	—	0,2	1,0	2,8	5,0	7,3	10,2	12,5	12,6	13,2	11,7	10,6	7,5	5,4	3,8	3,3	2,5	1,9	1,0	0,4						100
48	—	0,7	2,5	5,3	8,3	10,8	12,5	13,1	12,2	9,9	8,0	5,6	3,6	2,3	1,8	1,3	0,9	0,6	0,3	0,1						100
48	—	0,1	0,6	1,8	3,7	6,1	8,6	11,0	12,3	11,6	10,9	8,7	6,4	4,6	3,8	4,0	3,3	2,5	1,8	1,3	0,7					100
50	—	0,6	2,2	4,1	7,1	9,7	11,2	12,1	12,5	10,7	8,5	6,6	4,6	2,8	2,8	2,0	1,7	1,4	1,0	0,7	0,5					100
50	—	0,1	0,5	1,3	2,9	5,0	7,1	9,3	11,3	11,5	10,5	9,4	7,5	5,1	4,4	4,4	3,9	3,6	2,8	2,1	1,7					100
52	—	0,5	1,7	3,5	6,2	8,6	10,2	11,1	11,8	11,3	9,0	7,3	5,1	3,4	2,7	2,2	2,2	1,9	1,5	1,0	0,7	0,3				100
52	—	0,1	0,4	1,0	2,2	4,1	5,9	7,5	10,0	11,3	10,3	9,7	7,6	5,7	5,0	5,0	4,6	4,4	3,8	3,2	2,2	1,0				100
54	—	0,3	1,2	2,9	5,7	7,7	9,4	10,3	10,8	11,0	9,8	7,7	5,9	4,3	3,1	2,6	2,6	2,2	1,8	1,4	1,0	0,6	0,3			100
54	—	—	—	0,2	0,7	2,0	3,4	5,1	6,7	8,8	10,0	10,3	9,3	8,1	6,7	5,4	5,0	4,7	4,3	3,6	2,8	1,9	1,0			100
56	—	0,2	0,9	2,4	4,8	6,8	8,6	9,6	10,1	10,7	10,2	8,4	6,4	4,8	3,6	2,9	2,9	2,5	2,1	1,7	1,4	0,9	0,6	0,3		100
56	—	—	—	0,2	0,6	1,5	2,8	4,3	5,8	7,3	9,1	10,1	9,2	8,2	7,0	5,8	5,2	5,0	4,6	4,1	3,7	2,6	1,9	1,0		100

яруса, с выделением подроста. В первом ярусе высоты бука колеблются в пределах 0,8—1,2 (если среднюю высоту принять за 1,0), в него входят спелые и перестойные деревья. На долю первого яруса приходится около 80% в Крыму и 50% на Северном Кавказе всех деревьев и 95% общего запаса.

Распределение числа стволов первого яруса по естественным ступеням толщины приводится в табл. 2. Из данных таблицы видно, что ряды распределения разных типов леса имеют общий характер с рядом проф. А. В. Тюрина [9] для одновозрастных насаждений. Наблюдается концентрация деревьев в центральных ступенях толщины и постепенное уменьшение их числа в сторону крайних. Различие в рядах по типам леса не выходит за пределы фактического большого варьирования числа деревьев по ступеням толщины в древостоях одного типа леса. Поэтому для практического пользования нами составлен общий средний ряд распределения числа деревьев по ступеням толщины для букняков Северного Кавказа и Крыма. Графически это распределение выражается вариационной кривой, подобной кривой для одновозрастных насаждений по данным проф. А. В. Тюрина.

Аналогичные результаты получены нами при изучении строения девственных разновозрастных насаждений Дальневосточного края (по материалам исследований проф. Б. А. Ивашкевича [5]).

На основании вышеприведенных данных нами построена таблица распределения числа стволов (числитель) и сумм площадей сечений (знаменатель) первого яруса по четырехсантиметровым ступеням толщины для разных средних диаметров при помощи известного в таксации графического способа (табл. 3). Эти таблицы могут быть использованы для распределения запасов. Во втором ярусе распределение стволов по ступеням толщины имеет типичный для разнородных древостоев характер: наибольшее число стволов сосредоточено в низших ступенях толщины и резко падает с увеличением ступени.

Буковые насаждения Северного Кавказа по нашим рекомендациям таксировались с разделением на ярусы и возрастные поколения, крымские букняки делились только на ярусы. Поэтому составленные таблицы могут найти применение на практике при различных лесоустроительных и лесохозяйственных расчетах.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. В. Бицин. Таксационные признаки девственных разновозрастных буковых насаждений Северного Кавказа и Крыма. «Лесоинженерное дело» № 2, 1959. [2]. М. В. Герасимов. Кавказская пихта. М.-Л., 1948. [3]. В. З. Гулдсашвили. О некоторых особенностях девственных буковых лесов восточного бука в восточной Грузии. Труды института леса АН Грузинской ССР, т. 1, Тбилиси, 1949. [4]. Б. И. Иваненко. Техническое обследование новых для авиапромышленности древесных пород Закавказья. Труды Всесоюзного научно-исследовательского института авиационных материалов, вып. 14, М., 1934. [5]. Б. А. Ивашкевич. Девственный лес, особенности его строения и развития. «Лесное хозяйство и лесная промышленность» № 10, 11, 12, 1929. [6]. И. М. Науменко, Л. В. Бицин. Возрастная структура, строение, ход роста и продуктивность старовозрастных буковых насаждений Крымского государственного заповедника. Труды Крымского государственного заповедника, т. IV, Симферополь, 1957. [7]. И. М. Науменко, Л. В. Бицин, В. Р. Карлин. Состояние, возрастная структура и производительность старовозрастных буковых насаждений Северного Кавказа. «Лесное хозяйство» № 1, 1958. [8]. А. Я. Орлов. Буковые леса Северо-Западного Кавказа. Изд. АН СССР, М., 1953. [9]. А. В. Тюрин. Нормальная производительность насаждений. Сельхозгиз, М.-Л., 1930.

## ХОД РОСТА РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЕЛОВО-ПИХТОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

*А. Г. ШАВНИН*

Старший преподаватель

(Уральский лесотехнический институт)

Изучение хода роста разновозрастных елово-пихтовых насаждений производилось на западных склонах Среднего Урала (Старо-Уткинский, Билимбаевский, Висимский, Кувшинский лесхозы Свердловской области) в типе леса ельник крупнопоротниковый (по П. Л. Горчаковскому [1]).

Большинство насаждений этого типа леса разновозрастные, в среднем от 40 до 280 лет (деревья моложе 40 лет, как правило, входят в под-рост). Встречаются однако и условно одновозрастные древостои (амплитуда колебания возрастов деревьев в них не более 40 лет).

По своей природе разновозрастные насаждения очень сложны, что затрудняет разработку для них рациональных методов учета и составления таблиц, в частности таблиц хода роста. К тому же многие вопросы возрастной структуры, строения и хода роста этих насаждений являются дискуссионными и потребуются большой экспериментальный материал, чтобы внести в них надлежащую ясность.

Данная работа, выполненная на довольно обширном фактическом материале, в какой-то мере может способствовать решению этой задачи.

Вопрос о возрастной структуре разновозрастных насаждений указанного типа леса освещен нами в других работах [3], [4]. Отдельные возрастные поколения не имеют четко выраженных границ, поэтому целесообразно расчленять подобные насаждения на возрастные группы (например: на молодую, средневозрастную, приспевающую, спелую и перестойную). Средние возрасты таких разновозрастных насаждений примерно одинаковы. На графике сумм площадей сечений 40-летних поколений (рис. 1) видно, что возраст поколений, преобладающих по сумме площадей сечений, а следовательно и по запасу, находится в пределах 120—160 лет.

Вследствие этого установить ход роста насаждений обычным путем не представляется возможным. Поэтому мы рассматривали ход роста отдельных поколений, полагая при этом, на основании данных исследования возрастной структуры, что каждое последующее поколение в определенной степени повторяет историю развития предшествовавшего. Поколения различных возрастов поэтому рассматривались как звенья одного генетического ряда. При тщательном отборе к одному генетическому ряду нами были отнесены насаждения 18 пробных площадей.

Табл. 1 составлена для наиболее часто встречающихся насаждений, не затронутых рубкой.

Возраст, лет	Древостой							
	Порода	состав 10-летних поколений	средняя высота, м	средний диаметр, см	сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> *	видовое число	запас, м <sup>3</sup> *	число стволов
40	Е П	—	9,3	8,5	0,5	757	4	81
			9,7	8,4	0,3	755	2	61
50	Е П	6Е4П	11,1	10,5	1,1	680	9	151
			11,4	10,3	0,8	673	6	112
60	Е П	6Е4П	12,8	12,3	1,8	626	15	212
			12,9	12,2	1,3	618	10	155
70	Е П	6Е4П	14,3	14,5	2,7	589	23	265
			14,2	13,9	1,8	580	14	191
80	Е П	6Е4П	15,7	16,6	3,7	562	32	311
			15,4	15,7	2,4	551	19	221
90	Е П	6Е4П	17,0	18,6	4,8	540	42	351
			16,4	17,4	3,1	530	25	246
100	Е П	7Е3П	18,2	20,6	6,0	523	53	386
			17,3	19,1	3,7	513	30	267
110	Е П	7Е3П	19,3	22,5	7,2	509	65	416
			18,1	20,7	4,2	499	35	284
120	Е П	7Е3П	20,2	24,4	8,4	499	77	442
			18,9	22,3	4,8	486	40	298
130	Е П	7Е3П	21,0	26,2	9,6	490	89	464
			19,6	23,8	5,3	476	45	309
140	Е П	8Е2П	21,7	28,0	10,8	484	102	483
			20,3	25,2	5,7	467	49	318
150	Е П	8Е2П	22,3	29,7	12,0	478	115	499
			20,9	26,6	6,1	459	53	325
160	Е П	8Е2П	22,9	31,3	13,0	473	126	512
			21,5	27,9	6,4	452	56	330
170	Е П	8Е2П	23,4	32,7	14,0	469	137	523
			22,0	29,1	6,7	446	59	334
180	Е П	8Е2П	23,9	34,3	14,8	465	146	532
			22,5	30,2	6,9	441	61	337
190	Е П	8Е2П	24,3	35,8	15,6	462	155	539
			22,9	31,4	7,1	437	63	339
200	Е П	9Е1П	24,7	37,1	16,3	459	163	545
			23,3	32,3	7,2	433	64	341
210	Е П	9Е1П	25,1	38,3	16,8	456	169	550
			23,6	33,2	7,3	430	65	342
220	Е П	10Е	25,4	39,5	17,3	454	175	554
			23,9	34,1	7,3	427	65	343
230	Е	10Е	25,6	40,6	17,7	452	180	557
240	Е	10Е	25,8	41,5	18,0	451	183	559
250	Е	10Е	25,9	42,3	18,3	450	186	561
260	Е	10Е	26,0	43,1	18,5	450	188	562
270	Е	10Е	26,1	43,6	18,6	449	189	563
280	Е	10Е	26,1	44,0	18,7	449	190	564

\* Показатели приведены нарастающим итогом.

Таблица 1

прирост		Отпад			Общая производительность				Процент деловой древесины
средний общий, м³	средний периодический, м³	запас, м³*	число стволов		запас, м³*	число стволов*	прирост		
			за 10-летний период*	за весь предшествующий период*			средний общий, м³	средний периодический, м³	
0,1	—	—	—	—	4	81	0,1	—	75
0,1	—	—	—	—	2	61	0,1	—	56
0,2	0,5	1	11	55	10	206	0,2	0,6	76
0,1	0,4	1	10	50	7	162	0,1	0,5	58
0,3	0,6	4	20	109	19	321	0,3	0,9	78
0,2	0,4	2	18	98	12	253	0,2	0,5	61
0,3	0,8	8	28	165	31	430	0,4	1,2	79
0,2	0,4	4	25	147	18	338	0,3	0,6	63
0,4	0,9	16	35	221	48	532	0,6	1,7	80
0,2	0,5	8	31	195	27	416	0,3	0,9	65
0,5	1,0	25	41	275	67	626	0,7	1,9	81
0,3	0,6	13	36	240	38	486	0,4	1,1	67
0,5	1,1	36	46	325	89	711	0,9	2,2	81
0,3	0,5	19	40	280	49	547	0,5	1,1	69
0,6	1,2	50	51	380	115	796	1,0	2,6	82
0,3	0,5	27	44	324	62	608	0,6	1,3	71
0,6	1,2	65	55	428	142	870	1,2	2,7	83
0,3	0,5	36	47	360	76	658	0,6	1,4	73
0,7	1,2	84	59	480	172	944	1,3	3,0	84
0,3	0,5	46	50	399	91	708	0,7	1,5	76
0,7	1,3	104	62	522	206	1005	1,5	3,4	85
0,3	0,4	56	52	427	105	745	0,8	1,4	76
0,8	1,3	127	65	567	242	1066	1,6	3,6	85
0,4	0,4	65	54	457	118	782	0,8	1,3	78
0,8	1,1	152	68	615	278	1127	1,7	3,6	86
0,4	0,3	75	56	489	131	819	0,8	1,3	79
0,8	1,1	177	70	649	314	1172	1,8	3,6	87
0,3	0,3	85	57	506	144	840	0,8	1,3	80
0,8	0,9	203	72	685	349	1217	1,9	3,5	87
0,3	0,2	94	58	524	155	861	0,9	1,1	80
0,8	0,9	229	74	723	384	1262	2,0	3,5	87
0,3	0,2	103	59	543	166	882	0,9	1,1	80
0,8	0,8	256	75	743	419	1288	2,1	3,5	88
0,3	0,1	112	59	543	176	884	0,9	1,0	80
0,8	0,6	283	76	764	452	1314	2,2	3,3	88
0,3	0,1	120	60	564	185	906	0,9	0,9	81
0,8	0,6	310	77	786	485	1340	2,2	3,3	89
0,3	—	127	60	564	192	907	0,9	0,7	81
0,8	0,5	336	78	809	516	1366	2,2	3,1	89
0,8	0,3	361	79	833	544	1392	2,3	2,8	89
0,7	0,3	385	79	833	571	1394	2,3	2,7	89
0,7	0,2	408	80	859	596	1421	2,3	2,5	89
0,7	0,1	430	80	859	619	1422	2,3	2,3	89
0,7	0,1	450	80	859	640	1423	2,3	2,1	89

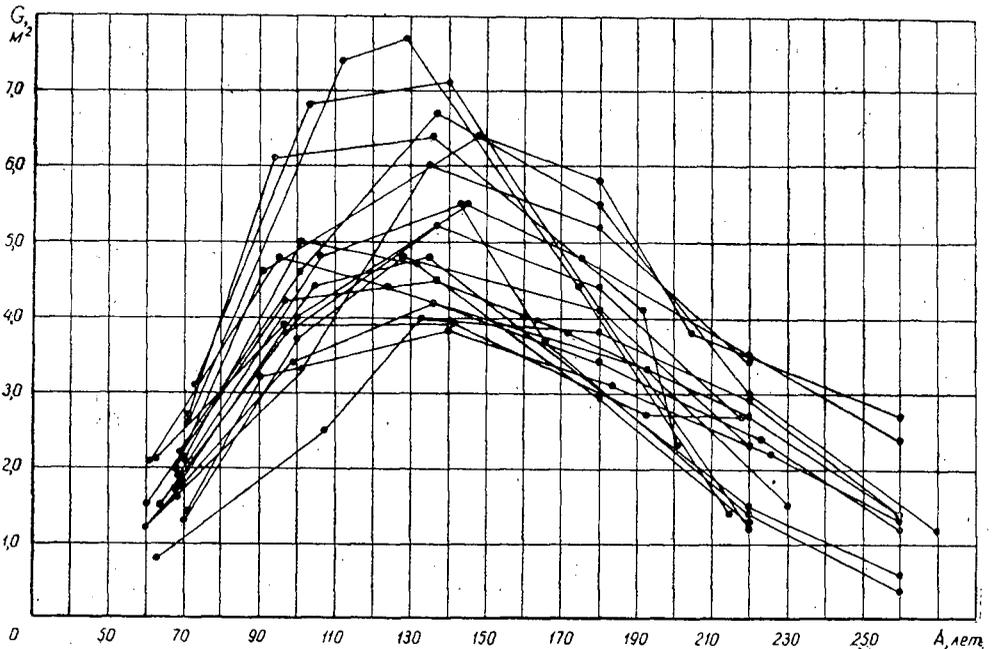


Рис. 1.

В работе использована методика ЦНИИЛХа [2], существенно измененная нами применительно к особенностям исследуемого объекта.

Расчленение разновозрастных насаждений на отдельные 40-летние поколения производилось при помощи особой дифференцировочной таблицы [5], построенной на основе корреляционной связи между возрастными деревьями и их диаметрами на высоте груди.

После графического выравнивания были получены таксационные показатели отдельных поколений, представляющие в комплексе вероятную среднюю числовую характеристику сложных, разновозрастных насаждений на всех возрастных этапах развития поколений. Построенные графики позволили определить величины таксационных признаков по десятилетиям. Для иллюстрации приводим графики хода роста ели по средней высоте (рис. 2) и среднему диаметру (рис. 3).

При определении отпада по числу стволов за весь предшествующий период жизни того или иного поколения и общей производительности древостоев исходили из того положения, что отпад происходит ежегодно в определенных количествах для каждого однолетнего поколения. Для 10-летнего поколения он, очевидно, равен числу деревьев отпада этого поколения за 10 лет, умноженному на количество десятилетий его жизни.

Для получения отпада по запасу при помощи особых вспомогательных таблиц получались ряды распределения отпавших деревьев. В дополнение к этим таблицам по данным обмеров учетных деревьев, пораженных напечной гнилью, были составлены уравнения связи  $v = 10,6g - 0,0367$  для ели и  $v = 12,8g - 0,0988$  для пихты, где  $v$  — объем отмерших деревьев, а  $g$  — площади сечений на высоте груди. По этим уравнениям вычислялся объем одного дерева каждой ступени толщины и находилась величина отпада по десятилетиям. Остальные показатели таблицы устанавливались общепринятыми способами.

Ряд показателей таблицы дан по десятилетиям нарастающим итогом, что позволяет использовать ее при установлении таксационной ха-

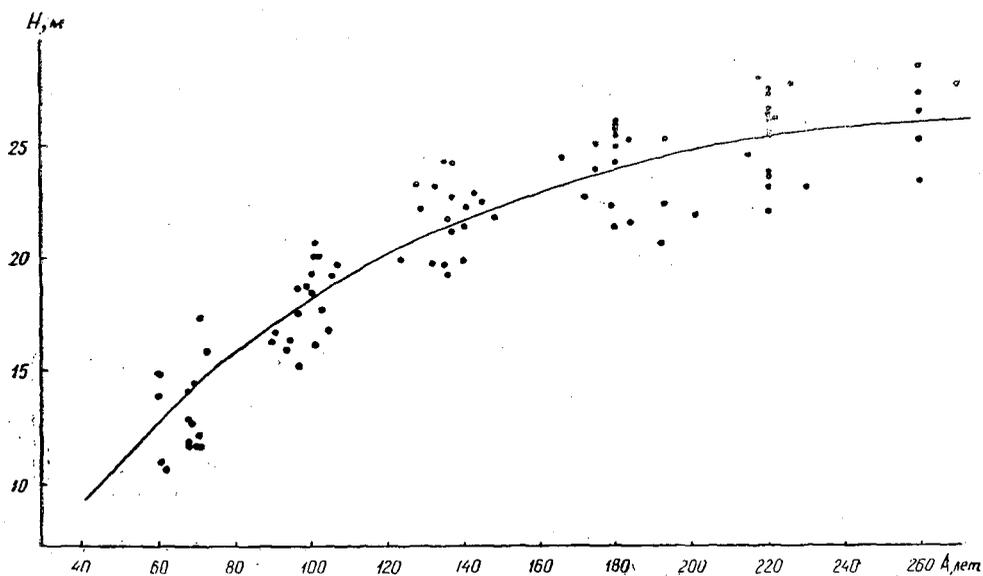


Рис. 2.

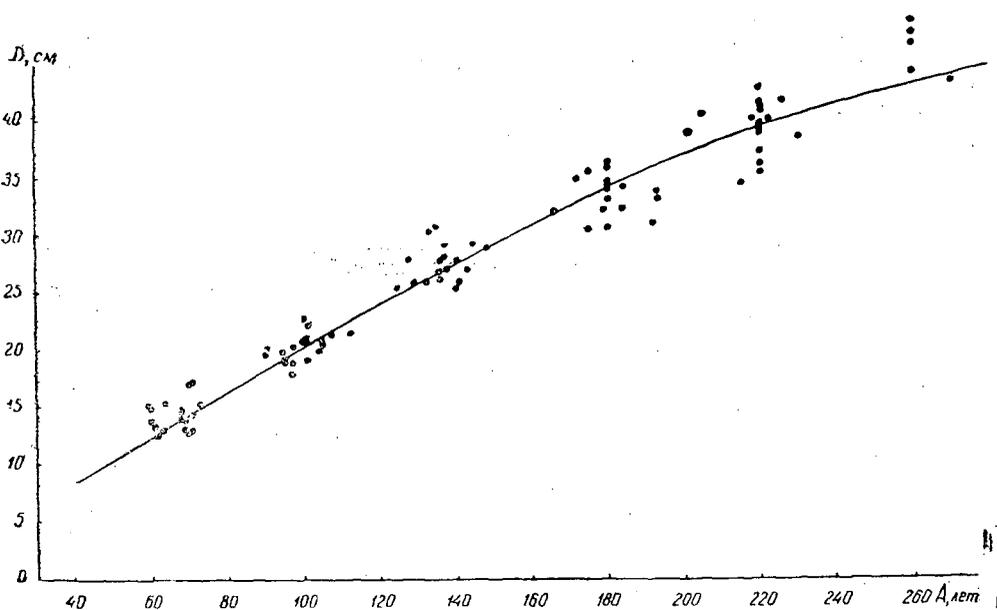


Рис. 3.

рактические характеристики разновозрастных насаждений, разделенных на возрастные поколения любой дробности. Так, чтобы определить сумму площадей сечений, запас, число деревьев, а также отпад и общую производительность той или иной возрастной группы, например, поколения 81—120 лет, нужно из величин таксационных признаков, указанных в таблице против возраста 120 лет, вычесть их величину в 80 лет; полученный результат будет величиной интересующего нас таксационного признака этого поколения. Средние диаметр и высота читаются в таблице против среднего возраста поколения (в приведенном примере против 100 лет).

Ход роста исследованных насаждений имеет свои особенности.

1. Нарастание основных таксационных признаков (среднего диаметра, средней высоты, суммы площадей сечений и запаса) у ели и пихты продолжается в течение всей жизни поколений.

2. Пихта по тем же признакам существенно отстает в росте от ели.

3. Величина приростов невысока, но период их нарастания, по сравнению с одновозрастными ельниками, значительно больше.

4. Средний периодический прирост ели до 200-летнего возраста превышает средний общий, после чего становится меньше его. У пихты это пересечение приростов происходит в 170 лет. Падение среднего общего прироста даже в высоких возрастах (220—280 лет) незначительно.

5. Класс бонитета, определенный по преобладающим поколениям, находится в промежутке между III—IV.

Перечисленные особенности в росте исследованных насаждений указывают на необходимость составления для разновозрастных елово-пихтовых насаждений отдельных таблиц хода роста; применять к ним таблицы, составленные для одновозрастных насаждений, недопустимо.

Полученные нами таблицы в основном следует применять к совокупностям древостоев. По отношению к отдельным древостоям точность их может оказаться невысокой.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. Л. Горчаковский. Важнейшие типы горных еловых и сосновых лесов южной части Среднего Урала. Сб. трудов по лесному хозяйству, вып. 3, Свердловское книжное издательство, 1936. [2]. Н. П. Курбатский, Г. А. Мокеев. Методика исследования хода роста древостоев, установления пригодности существующих и составления новых таблиц хода роста. ЦНИИЛХ. Вопросы лесной таксации. Сб. трудов, Гослестехиздат, 1937. [3]. А. Г. Шавнин. Определение возраста ели и пихты по внешним признакам. Сб. рационализаторских предложений и обмена опытом, ВНИТОЛЕС, 1958. [4]. А. Г. Шавнин. Опыт изучения возрастной структуры и строения елово-пихтовых насаждений по данным исследования свежих вырубок. Труды Уральского лесотехнического института, вып. XV, Свердловск, 1959. [5]. А. Г. Шавнин. Опыт расчленения разновозрастных елово-пихтовых насаждений на отдельные возрастные поколения. Сб. трудов по лесному хозяйству Уральского лесотехнического института, вып. 5, Свердловск, 1959.

Поступила в редакцию  
9 июня 1960 г.

## ПРИЧИНЫ МАССОВОГО УСУХАНИЯ СОСНЫ И ЕЛИ В ОХТИНСКОЙ ЛЕСНОЙ ДАЧЕ

**Н. В. ПОДЗОРОВ**

Директор Охтинского учебно-опытного лесхоза

За последние годы в Охтинской лесной даче, граничащей с г. Ленинградом, происходит массовое отмирание сосновых и еловых древостоев. Площади еловых древостоев сильно уменьшаются. По отношению к 1882 г. осталось живых еловых насаждений: в 1896 г. — 89%, в 1904 г. — 74%, в 1938 г. — 52%, в 1946 г. — 20%, в 1958 г. — 19%.

Возобновление ельников в лесхозе на открытых площадях идет неудовлетворительно, со сменой пород. Площади лиственных древостоев увеличились с 73,4 га в 1882 г. до 218,4 га в 1958 г.

Каковы же основные причины массового усыхания сосны и ели в Охтинской лесной даче?

Большой вред хвойным насаждениям наносят дымовые газы промышленных предприятий города, расположенных вблизи лесхоза, в частности, Охтинского химического комбината. Особенно сильно поражаются фабрично-заводскими газами ель и сосна, наиболее устойчивой породой оказалась лиственница сибирская.

Для изучения влияния дымовых газов на хвойные насаждения лесхоза на различном расстоянии от основных источников задымления были заложены пробные площади ленточной формы размером 2500 м<sup>2</sup> в ельниках и сосняках-черничниках VI класса возраста, III класса бонитета, с полнотой 0,4—0,6. Перечет деревьев производился по трем категориям: здоровые, ослабленные и усохшие. К здоровым относились деревья с хорошо развитой, неповрежденной кроной, к ослабленным — с минимальным усыханием кроны и к усыхающим — с усыхающей кроной. По степени усыхания кроны деревья разделялись на следующие условные группы: минимальное — усыхание до 1/3 кроны, среднее — до 2/3 и максимальное — от 2/3 и выше. Результаты перечета приведены в табл. 1, из которой видно, что по мере удаления от источников задымления состояние насаждений улучшается и отпад деревьев резко сокращается. Но даже на расстоянии 4,5 км от Охтинского химического комбината ясно видно вредное влияние дымовых газов на еловые древостои.

В кварталах, примыкающих к черте города, наблюдается общая изреженность крон сосны. Эту изреженность нельзя отнести к повреждениям сосновыми лубоедами, так как при специальных поисках их было найдено чрезвычайно мало. Вредное влияние дымовых газов подтверждается также тем, что в прилегающих к границе города кварталах хвоя на сосне держится зачастую лишь один год и быстро опадает.

Таблица 1

№ квартала	№ литеры	Расстояние от источника задымления, м	№ пробной площади	Состав насаждения	Полнота	Запас на 1 га	Число деревьев							
							сосны				ель			
							здоровых	ослабленных	усохших	итого	здоровых	ослабленных	усохших	итого
7	3	от 300 до 1900	1	10С—120 ед. Е	0,6	220	33	46	24	103	1	2	1	4
20	21	„	2	8Е—130 2С—130	0,4	140	8	2	4	14	20	21	13	54
33	5	от 1900 до 2650	1	7С—120 3Е—100	0,6	210	46	20	5	71	11	8	12	31
„	13	„	2	6Е—120 4С—120	0,5	190	19	9	6	34	29	9	13	51
46	19	от 2650 до 3850	1	10С—130 ед. Е	0,4	170	48	16	4	68	2	—	1	3
„	18	„	2	8Е—120 2С—120	0,5	190	7	6	4	17	52	10	7	69
52	13	от 3850 до 4650	1	6С—120 4Е—110+Б	0,5	180	43	6	2	51	22	9	3	34
„	14	„	2	9Е—120 1Б—90	0,4	160	—	—	—	—	60	7	1	68

Усыхание кроны начинается с вершины и постепенно спускается вниз. Хвоя начинает изреживаться и изменять окраску в конце мая. Сначала желтеют кончики игл, а к середине августа уже ясно видны признаки сильного повреждения. Хвоя приобретает желтовато-бурю окраску и постепенно осыпается. При первых заморозках происходит массовое опадение хвой сосны и ели.

Наблюдения за отпадом в культурах сосны 1882 г., расположенных вблизи промышленных предприятий города, показали, что в засушливые годы количество усохших деревьев резко возрастает (табл. 2).

Таблица 2

Годы наблюдений	Прирост в высоту, см	Число отпавших стволов
1952	42	31
1953	41	55
1954	38	34
1955	14	140
1956	34	106
1957	19	104
1958	12	102
1959	—	221

В засушливое лето 1955 г., когда за три летних месяца выпало всего 72,2 мм осадков (в июне — 24,8 мм, в июле — 45,5 мм и в августе — 1,9 мм), произошло массовое усыхание сосны и ели.

Такая же картина наблюдалась и в засушливое лето 1959 г., особенно в еловых и сосновых насаждениях, расположенных вблизи от основных очагов задымления, когда за три летних месяца выпало 163,0 мм осадков ливневого характера (в июне — 54,7 мм, в июле — 61,9 мм и в августе — 46,4 мм)\*.

В результате засухи режим водного питания древесных растений был резко нарушен, растения большое количество дней находились под ярким солнечным светом, подвергаясь в то же время постоянному воздействию дымовых газов.

Для определения количества выпадающих на почву твердых ча-

\* Наблюдения проводила метеорологическая станция кафедры физики Ленинградской лесотехнической академии.

стиц дыма было взято десять образцов из снежного покрова толщиной в 10 см и площадью  $1 \times 1$  м. Образцы брались через сутки после окончания обильного снегопада, продолжавшегося три дня. Снег растапливался, и оставшиеся твердые частицы дыма после фильтрования взвешивались. Оказалось, что в среднем на  $1 \text{ м}^2$  поверхности выпадает в сутки по 0,195 г твердых частиц дыма, что в пересчете на 1 га составляет 1,950 кг.

Под влиянием постоянного вредного воздействия дымовых газов и зольных выбросов из труб фабрик и заводов не только нарушается обмен веществ в тканях растений, но и ухудшается плодородие почвы. Еловый подрост чувствует себя удовлетворительно под пологом лиственных и хвойных пород даже в кварталах, примыкающих непосредственно к черте города. В будущем, при отмирании лиственных это может привести к восстановлению еловых древостоев. Возобновление ели на открытых площадях, даже в двух километрах от города, идет неудовлетворительно, со сменой пород.

В сосновом подросте, растущем на открытых местах, и в молодых лесных культурах сосны до 30 лет массового усыхания не наблюдается. Для изучения развития и состояния корневых систем елового подроста было выкопано 100 растений. Из пятидесяти экземпляров, выкопанных в кварталах, расположенных у черты города, у шестнадцати елочек корни извивались по спирали или винтообразно или же имели сильные утолщения. Из пятидесяти экземпляров, выкопанных в двух километрах от черты города, такое явление наблюдалось у двух растений. Корневые системы соснового и елового подростов под пологом леса развиваются нормально. Значит, постоянное влияние дымовых газов и зольных выбросов сказывается отрицательно на развитии корневых систем елового подроста, произрастающего на открытых местах.

Наблюдения за динамикой усыхания леса показали, что большое влияние на отпад ели и сосны оказывают метеорологические условия района расположения Охтинской дачи.

Во все месяцы (кроме июля и августа) температура воздуха может опускаться ниже нуля, а разность между возможным максимумом и минимумом температуры может достигать 74 градусов\*, что губительно отражается на древостоях. Засушливые периоды в 1937—1938 гг., а затем исключительно низкие температуры зимы 1939/40 гг., достигавшие  $-42,3^\circ \text{C}$ , крайне неблагоприятно повлияли на еловые древостои и вызвали значительный отпад ели, который в начале 1940 г. принял массовый характер. Снежный покров был совершенно закрыт сброшенной хвоей, а древостои имели вид сухостойных или горелых лесов. Большая амплитуда колебаний температуры воздуха в течение суток, а также возврат холодов в весенний период создают неравномерность нагрева почвы и стволов древесных растений, что приводит к выжиманию корней из почвы у молодых культур сосны, обмерзанию верхушечных почек у дуба и другим неблагоприятным явлениям.

Абсолютная влажность воздуха параллельна ходу температуры и в среднем за год составляет 5,71 мм, колеблясь в отдельные годы от 5,03 мм и до 6,55 мм; в то же время относительная влажность противоположна ходу температуры — максимум наблюдается в декабре — 90%, а минимум в мае — 68%, при средней годовой относительной влажности — 82%, что является следствием близости больших водных пространств. Проф. В. Н. Оболенский [1] приводит данные годовой суммы

\* В работе использованы данные Ленинградской метеорологической станции за период с 1917 г. по 1939 г.

испарения — 244,95 мм, что составляет 39% выпадающих осадков. При определенных условиях такая слабая испаряемость способствует заболачиванию, тем более, что в некоторые годы число дней с осадками достигает 235, при продолжительности выпадения осадков в среднем за день 6,48 часа.

Частично пострадали от этих неблагоприятных метеорологических условий и сосновые насаждения. Санитарной рубкой в 1940 г. было убрано сухостоя ели 15 199 и сосны 1048 стволов. В дальнейшем отпад в еловых насаждениях продолжался.

Господствующие ветры западных румбов носят устойчивый характер в течение всего года, их средняя скорость — 4,5 м/сек. В осенний период ветры иногда достигают ураганной силы. Такие явления наблюдались в Охтинской даче 7 июля 1908 г., 23 октября 1924 г. и 24 июля 1946 г., когда были повалены тысячи деревьев; осенью 1957 г. сильным ветром также были свалены сотни стволов ели и сосны.

При раскопках корневых систем в культурах сосны 1882 г. у десяти деревьев из двенадцати встретились обрывы корней со стороны господствующих ветров (юго-западной или северо-западной), в результате чего деревья начали засыхать с вершин и отмирать.

Специфичность почвенно-грунтовых условий Охтинской дачи усугубляет отрицательное влияние избыточного увлажнения на древостой. По характеру почвообразующих пород Охтинский лесхоз неоднороден. В основании здесь залегают моренные суглинки, перекрытые озерными отложениями различной мощности. На большей части территории залегают супесчаные и песчаные озерные отложения. Моренные суглинки иногда выходят на поверхность, иногда залегают на глубине более 1 м, сохраняя влияние на водный режим территории. Комплекс наносов из песка и супесей, а также легких суглинков, подстилаемых тяжелыми породами, так называемый двучленный нанос оказывает своеобразное и сильное влияние на водный режим почв Охтинской дачи. Плотность подстилаемых глин не позволяет корневой системе деревьев проникать вглубь, что резко сказывается на процессе роста древостоев. В связи с высокоподстилающими и плотными слоями подпочвы корневая система сосны располагается поверхностно, стержневой корень слабо развит или совсем отсутствует и, как следствие этого, сосна после 60 лет прекращает рост в высоту. Хвоя приобретает желто-бурую окраску, опадает, а крона становится редкой. Ослабленные деревья легко вываливаются от ветра.

Грунтовые воды, находящиеся недалеко от поверхности почвы, над верхним водонепроницаемым слоем полосатых глин, и слабый поверхностный сток атмосферных вод в равнинных условиях лесхоза являются причинами накопления излишней влаги. Избыточное увлажнение способствует заболачиванию и понижению продуктивности почв, так как при этих условиях идет сильное промывание и выщелачивание почв.

Исследование лесовода С. Целлариуса [3] показали, что в Охтинской лесной даче класс бонитета насаждений зависит от глубины грунтовых вод. При глубине грунтовых вод 128 см ель и сосна растут по I и II классам бонитета, с повышением грунтовых вод до 12—71 см класс бонитета понижается до III—IV.

Высокий уровень грунтовых вод (около 10—30 см) держится весной на слабоосушенных площадях Охтинской лесной дачи до июля. То же явление наблюдается и осенью. Длительное весеннее переувлажнение отрицательно сказывается на росте древесных пород (начало роста 15—20 мая). Исследованиями кафедры анатомии и физио-

логии растений лесотехнической академии (1954 г.) установлено понижение продуктивности сосновых насаждений вследствие массовой гибели корней в условиях временного избыточного увлажнения. Избыток влаги вызывает ухудшение физико-химических свойств почвы и ослабляет микробиологическую деятельность бактерий.

Отрицательное влияние избытка влаги в почве проявляется не только весной и в начале лета, но и осенью, когда еще не закончился рост корневых систем. Заболачиваемость Охтинской лесной дачи не только резко сказывается на уменьшении производительности лесных почв, но является одной из основных причин ослабления и отпада сосны и ели в насаждениях.

Проводя наблюдения за состоянием мелиоративной сети лесхоза, А. Ф. Тимофеев [2] сделал вывод, что сосняки- и ельники-черничники, расположенные на подзолистых, суглинистых и тяжелосуглинистых почвах, отзывчивы на осушение. Наблюдения, проводимые нами в лесхозе, подтверждают этот вывод.

После ремонта мелиоративных канав в кварталах спелых сосновых и еловых древостоев (сосняки- и ельники-черничники) начался вторичный прирост сосны в высоту в возрасте 120—130 лет, а средняя ширина годичных слоев у сосны увеличилась с 0,04 см до 0,12 см, то есть в три раза. Количество усыхающих деревьев уменьшилось. В квартале 2 лесной дачи при интенсивном осушении (расстояние между канавами равно 50 м) бонитет сосновых насаждений повысился с IV до II класса, а текущий прирост молодых культур увеличился более чем в два раза. В осушенных кварталах прирост молодняков сосны и ели увеличивается тем более, чем ближе к канавам они расположены, а в спелых насаждениях отпад деревьев уменьшается. Тип леса изменяется: черничники переходят в кисличники. В кварталах с поврежденной осушительной сетью рост леса ухудшается, а отпад деревьев увеличивается.

Таким образом, проведенные наблюдения позволяют сделать вывод, что гибель еловых и сосновых насаждений Охтинской лесной дачи вызывается тремя основными причинами: вредным влиянием дымовых газов и зольных выбросов на лес и почву, неблагоприятными климатическими условиями и избыточным увлажнением почвы.

Санитарные рубки при существующем состоянии насаждений лесхоза носят интенсивный характер, ввиду усиленного отпада деревьев, но должного эффекта не дают, так как при уменьшении полноты насаждений создаются благоприятные условия для более глубокого проникновения дымовых газов и ветра в лес и, следовательно, для более интенсивного усыхания его.

Для повышения продуктивности и жизнестойкости древостоев необходимо провести следующие мероприятия.

1. В кварталах, примыкающих непосредственно к г. Ленинграду, создать заслон шириной не менее 300—350 м из наиболее газоустойчивых древесных пород. Посадки должны располагаться перпендикулярно направлению господствующих ветров. Из древесных пород можно рекомендовать тополь канадский, березу пушистую, ильм, липу мелколистную, клен ясенелистный, лиственницу сибирскую, вяз гладкий и кустарники: бузину, бирючину, снежник, спирею, смородину черную.

2. В равнинных условиях рельефа при сравнительно тяжелых почвах и избыточном увлажнении проведение мелиоративных работ нужно считать основным мероприятием.

3. В наиболее ценных участках лесных культур, подвергающихся

постоянному задымлению, с отравляемой отходами производства почвой, следует вносить в почву минеральные удобрения для повышения плодородия и частичного обезвреживания почвы.

4. Создавать смешанные насаждения из лиственных и хвойных пород, как наиболее устойчивые против вредного влияния дымовых газов.

5. В ценных участках лесных культур, расположенных в зоне интенсивного задымления, применять химическую обмывку крон деревьев от осадков вредных газов.

6. Необходимо установить золо- и дымоулавливающие установки в промышленных предприятиях города и особенно в Охтинском химическом комбинате.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. Н. Оболенский. Климат Лесного по данным метеорологической обсерватории Ленинградского лесного института за 1890—1925 гг. Известия Ленинградского лесного института, вып. 37, 1929. [2]. Х. А. Писарьков, А. Ф. Тимофеев. Значение осушения для подъема производительности лесов таежной зоны. Труды ЛЛТА, 1957. [3]. С. Целларнус. Об естественных условиях местопроизрастания леса в Охтинской даче. Известия императорского лесного института, вып. 19, 1909.

Поступила в редакцию  
5 апреля 1960 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ  
ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ОСИ АВТОМОБИЛЬНОГО  
ЛЕСОВОЗНОГО РОСПУСКА

Е. И. ЛАХ

Старший научный сотрудник

(Центральный научно-исследовательский институт механизации и энергетики  
лесной промышленности)

Производительность транспортной работы лесовозного автомобильного поезда зависит от рейсовых нагрузок и средних скоростей движения. Средние скорости движения в значительной мере ограничиваются, с одной стороны, микропрофилем лесовозных автомобильных дорог, то есть количеством и размерами дорожных неровностей, и, с другой стороны, плавностью хода автопоезда, а, следовательно, и параметрами подвески автомобильного роспуска. Решающее значение в этом отношении имеет как воздействие на водителя вертикальных колебаний, возникающих при преодолении неровностей дороги, так и наибольшие величины вызванных этими колебаниями динамических нагрузок, действующих на узлы ходовой части автопоезда и дорожное полотно.

В связи с этим изучение влияния типа и параметров подвески автопоезда и, в частности, роспуска, а также эксплуатационных факторов на вертикальную динамику лесовозного автопоезда имеет существенное значение.

При вывозке леса в хлыстах на вертикальную динамику автопоезда существенно влияет упругая гибкость длинномерного груза. Этот вопрос ранее был затронут в ряде работ [1], [2], [4].

При проектировании лесовозных автопоездов и конструировании отдельных узлов необходим учет влияния характеристик упругих и демпфирующих элементов ходовой части автопоезда и гибкого груза. Такой учет должен базироваться на согласующихся данных аналитического и экспериментального исследований вертикальной динамики подвижного состава.

В статье кратко излагается аналитическое исследование вертикальной динамики двухосного лесовозного роспуска типа 2-Р-8 с номинальной нагрузкой, которое можно рассматривать лишь как одно из звеньев в исследовании большого комплекса вопросов, связанных с вертикальной динамикой лесовозных автопоездов.

На рис. 1, 2, 3 приведены принятые для анализа расчетные схемы двухосного роспуска (типа 2-Р-8) с грузом, которые соответствуют наиболее часто встречающимся на практике случаям вывозки леса: рессорно-балансирный роспуск с гибким (рис. 1) и с жестким (рис. 2) грузами и жестко-балансирный роспуск с гибким грузом (рис. 3). Схемы для гиб-

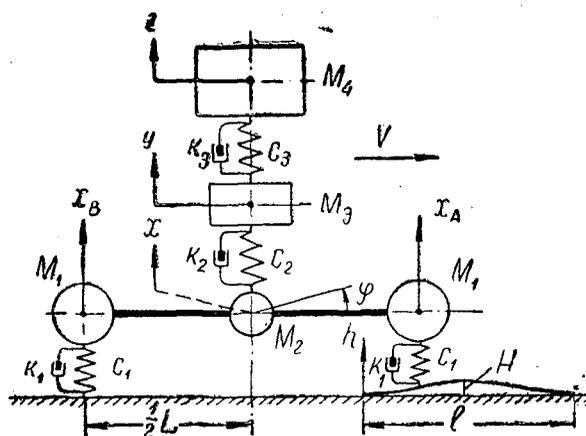


Рис. 1.

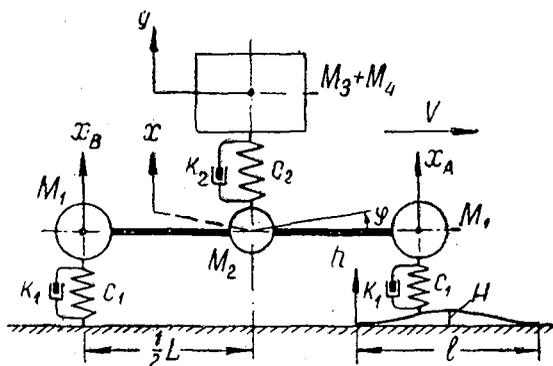


Рис. 2.

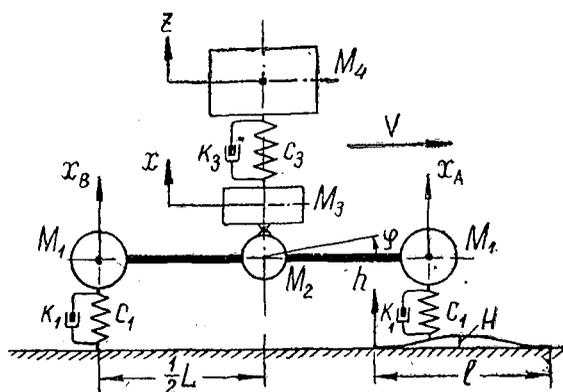


Рис. 3.

кого груза соответствуют вывозке леса в хлыстах, для жесткого — сортиментной вывозке (с практически незначительным допущением). Схемы предполагают наличие вертикальных колебаний масс роспуска и груза и угловых (совпадающих по фазе) колебаний двух балансиров роспуска вместе с осями и колесами. В расчете, помимо массы груза  $M_4$ , учитыва-

ются все подрессоренные и неподрессоренные массы роспуска. Упругими элементами системы являются шины колес, рессоры роспуска и гибкий груз. Коэффициенты жесткости  $c$  шин и рессор роспуска легко определяются путем лабораторных испытаний.

Вертикальные колебания роспуска, вызываемые одиночными неровностями дороги, в аналитическом расчете можно рассматривать независимо от колебаний автомобиля. Обоснованность такого подхода доказывает общая теория подвески автомобиля, рассматривающей колебания его передней и задней подвесок как независимые [3], [8], [9]. Коэффициент связи этих колебаний для грузовых автомобилей находится в пределах 0,01—0,02 [9]. В системе автомобиль — роспуск эта связь, в особенности в случаях такого длинномерного груза, как лес в хлыстах, еще менее ощутима. Это подтверждается также осциллографическими записями вертикальных колебаний роспуска и тягача в процессе дорожных испытаний лесовозного автопоезда.

Часть полезного груза автопоезда, приходящаяся на роспуск, рассматривается в схемах как сосредоточенная масса, которая в случае жесткого груза (рис. 2) непосредственно опирается на роспуск, а в случае гибкого груза как бы подвешена на упругом элементе, приведенная жесткость которого определяется из осциллографической записи колебаний пачки хлыстов по их частоте  $f$

$$c_3 = M_4 (2\pi f)^2. \quad (1)$$

Весь процесс колебаний системы рассматривается здесь с учетом их затухания. Все факторы, способствующие гашению колебаний, отнесены к соответствующим упругим элементам и выражены через демпфирующие сопротивления  $k$ , значения которых могут быть определены по декрементам затухания  $\delta$  (величина относительного убывания амплитуды колебаний за один период), полученным из осциллографических записей свободных затухающих колебаний (при одной степени свободы) по формуле

$$k = \sqrt{\frac{cM}{\left[ \frac{\pi}{\ln(1-\delta)} \right] + \frac{1}{4}}}. \quad (2)$$

Значения жесткости упругих элементов системы, декремента затухания и демпфирующего сопротивления, принятые в расчете, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Упругий элемент	Жесткость		Декремент затухания $\delta$	Демпфирующее сопротивление	
	обозначение	величина, кг/см		обозначение	величина, кг сек/см
Шины одной оси роспуска (4 шины 8,25—20 при $p=5,7$ атм) . . . . .	$c_1$	3800	0,60	$k_1$	40,2
Рессоры (две стальные винтовые пружины) . . . . .	$c_2$	2400	0,25	$k_2$	13,4
Гибкий груз (пачка хлыстов*) . . . . .	$c_3$	2000	0,50	$k_3$	28,0

\* При проведении испытаний пачки весом 12 т составлялись из хлыстов средним объемом около 0,6—0,7 м<sup>3</sup> и длиной около 20 м.

Наиболее показательными и удобными для сравнительного анализа колебаний автопоезда являются случаи переезда через одиночные короткие неровности дороги. Такой подход к анализу согласуется с мнением многих исследователей [5], [8], [10], [12].

Принятые схемы аналитического исследования предполагают, помимо упомянутых, следующие основные допущения:

а) поверхность дороги и неровности, а также все элементы конструкции роспуска, кроме шин и рессор, не деформируются, то есть являются жесткими;

б) профили неровностей дороги имеют косинусоидальную форму:

$$h_{(t)} = \frac{H}{2} (1 - \cos vt); \quad v = \frac{2\pi V}{0,036 \cdot l}, \quad (3)$$

где  $H$  и  $l$  — высота и длина неровности, см;

$V$  — скорость движения, км/час;

$v$  — вынужденная частота колебаний, рад/сек;

в) коэффициенты жесткости и демпфирующие сопротивления системы являются постоянными величинами.

Для составления уравнений вертикальных колебаний масс системы удобно исходить из выражений для их кинетической и потенциальной энергий и функций рассеяния (потери механической энергии в единицу времени). Для системы, схема которой приведена на рис. 1, эти выражения имеют вид

$$\left. \begin{aligned} U &= \frac{M_1}{2} \dot{z}^2 + \frac{M_2}{2} \dot{y}^2 + \frac{4M_1 + M_2}{8} (\dot{x}_A^2 + \dot{x}_B^2) + \frac{M_1}{4} \dot{x}_A \dot{x}_B; \\ \Pi &= \frac{c_3}{2} (z - y)^2 + \frac{c_2}{2} \left( y - \frac{x_A + x_B}{2} \right)^2 + \frac{c_1}{2} (x_A - h_{(t)})^2 + \\ &\quad + \frac{c_1}{2} (x_B - h_{(t-T)})^2; \\ R &= \frac{k_3}{2} (\dot{z} - \dot{y})^2 + \frac{k_2}{2} \left( \dot{y} - \frac{\dot{x}_A + \dot{x}_B}{2} \right)^2 + \frac{k_1}{2} (\dot{x}_A - \dot{h}_{(t)})^2 + \\ &\quad + \frac{k_1}{2} (\dot{x}_B - \dot{h}_{(t-T)})^2 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Здесь и далее уравнения составлены в предположении безотрывного движения колес через неровность дороги, что для подвижного состава большой грузоподъемности при малых скоростях движения, как правило, соответствует действительности [11].

Дифференцируя выражения (4) согласно уравнениям Лагранжа [7], имеющим для каждой из переменных величин вид

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial U}{\partial \dot{z}} \right) - \frac{\partial U}{\partial z} + \frac{\partial \Pi}{\partial z} + \frac{\partial R}{\partial \dot{z}} = 0, \quad (5)$$

получим дифференциальные уравнения колебаний системы, изображенной на рис. 1

$$\left. \begin{aligned} \ddot{z} + \eta_1 \dot{z} + \omega_1^2 z - \eta_1 \dot{y} - \omega_1^2 y &= 0; \\ \ddot{y} + \eta_2 \dot{y} + \omega_2^2 y - \eta_3 \dot{z} - \omega_3^2 z - \eta_4 \dot{x} - \omega_4^2 x &= 0; \\ \ddot{x} + \eta_5 \dot{x} + \omega_5^2 x - \eta_6 \dot{y} - \omega_6^2 y = \eta_7 (\dot{h}_{(t)} + \dot{h}_{(t-T)}) + \omega_7^2 (h_{(t)} + h_{(t-T)}); \\ \ddot{x}_A + \eta_8 \dot{x}_A + \omega_8^2 x_A = \eta_8 \dot{h}_{(t)} + \omega_8^2 h_{(t)} - \mu_1 \ddot{x} + \\ &\quad + \frac{\eta_9}{2} (\dot{y} - \dot{x}) + \frac{\omega_9^2}{2} (y - x) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где  $\eta_n$  — удельные демпфирующие сопротивления;

$\omega_n$  — условные частоты;

$\mu_n$  — коэффициенты соотношения масс.

Уравнения (6) математически описывают механический процесс колебаний соответствующих масс рассматриваемой системы вдоль осей ординат  $x$ ,  $y$  и  $z$ , а уравнение (7) — вертикальные колебания оси передних колес роспуска (проекции на ось ординат  $x_A$ ).

Для системы, изображенной на рис. 2, аналогичным образом можно получить следующие выражения:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{y} + \eta_{10}\dot{y} + \omega_{10}^2 y - \eta_{10}\dot{x} - \omega_{10}^2 x &= 0 \\ \ddot{x} + \eta_5\dot{x} + \omega_5^2 x - \eta_6\dot{y} - \omega_5^2 y &= \eta_7(\dot{h}_{(t)} + \dot{h}_{(t-T)}) + \omega_7^2(h_{(t)} + h_{(t-T)}) \end{aligned} \right\} (8)$$

Вертикальные колебания оси передних колес роспуска и для этого случая выражаются уравнением (7).

Уравнения вертикальных колебаний масс системы, изображенной на рис. 3, имеют вид

$$\left. \begin{aligned} \ddot{z} + \eta_1\dot{z} + \omega_1^2 z - \eta_1\dot{x} - \omega_1^2 x &= 0 \\ \ddot{x} + \eta_{11}\dot{x} + \omega_{11}^2 x - \eta_{12}\dot{z} - \omega_{12}^2 z &= \eta_{13}(\dot{h}_{(t)} + \dot{h}_{(t-T)}) + \omega_{13}^2(h_{(t)} + h_{(t-T)}) \end{aligned} \right\} (9)$$

$$\ddot{x}_A + \eta_8\dot{x}_A + \omega_8^2 x_A = \eta_8\dot{h}_{(t)} + \omega_8^2 h_{(t)} - \mu_2\ddot{x} + \frac{\eta_{14}}{2}(\dot{z} - \dot{x}) + \frac{\omega_{14}^2}{2}(z - x) \quad (10)$$

Во всех рассматриваемых случаях необходимо сначала решить системы уравнений (6), (8), (9), а затем уравнения колебаний оси (7) и (10). При этом надо иметь в виду, что перемещения осей роспуска (и, соответственно, производные этих перемещений) в любой момент времени связаны зависимостью  $x_A + x_B = 2x$ .

Решая дифференциальные уравнения вертикальных колебаний, мы получим выражения для перемещений (отклонений от положения покоя) центров тяжести рассматриваемых масс системы в вертикальном направлении в каждый данный момент времени. В случае жестко-балансирного роспуска с гибким грузом (рис. 3) эти выражения (9) и (10) таковы:

$$\left. \begin{aligned} z &= (C_1 \cos p_1 t + C_2 \sin p_1 t) e^{q_1 t} + (C_3 \cos p_2 t + C_4 \sin p_2 t) e^{q_2 t} + \\ &\quad + E_1 \cos \nu t + F_1 \sin \nu t + D_1 \\ x &= (C_5 \cos p_1 t + C_6 \sin p_1 t) e^{q_1 t} + (C_7 \cos p_2 t + C_8 \sin p_2 t) e^{q_2 t} + \\ &\quad + E_2 \cos \nu t + F_2 \sin \nu t + D_2 \\ x_A &= (C_9 \cos p_1 t + C_{10} \sin p_1 t) e^{q_1 t} + (C_{11} \cos p_2 t + C_{12} \sin p_2 t) e^{q_2 t} + \\ &\quad + (C_{13} \cos p_3 t + C_{14} \sin p_3 t) e^{q_3 t} + E_3 \cos \nu t + F_3 \sin \nu t + D_3 \end{aligned} \right\}$$

Аналогичный вид имеют решения уравнений (8) и (7) для случая рессорно-балансирного роспуска с жестким грузом (рис. 2).

Величины  $p_n$  и  $q_n$  в выражениях (11) получаются в результате решения характеристических уравнений (соответствующих левым частям исходных дифференциальных уравнений) как коэффициенты при мнимых частях ( $p_n$ ) и действительные части ( $q_n$ ) корней этих уравнений, и представляют собой соответственно частоты собственных колебаний и показатели их затухания.

При решении дифференциальных уравнений для случая прохождения двухосным балансирным роспуском короткой одиночной неровности дороги (длина ее меньше межосевого расстояния роспуска  $L$ ) необходи-

мо рассматривать четыре интервала времени: 1) колеса передней оси находятся в пределах неровности ( $0 < t < \tau$ ); 2) неровность находится между колесами передней и задней осей ( $\tau < t < T$ ); 3) колеса задней оси находятся в пределах неровности ( $T < t < T + \tau$ ); 4) колеса задней оси вышли за пределы неровности ( $t > T + \tau$ ), где  $\tau$  — время прохождения пути  $l$ , а  $T$  — время прохождения пути  $L$ .

Значения постоянных коэффициентов при тригонометрических функциях и свободные члены в выражениях (11) для первого интервала времени определяются, исходя из условий в начальный момент времени (при  $t = 0$  вертикальные перемещения и их производные равны нулю), для остальных интервалов времени — из условий непрерывности функций на границах интервалов (при  $t = \tau$ ;  $t = T$ ;  $t = T + \tau$ ).

Выражения для ускорений масс получаются в результате двукратного дифференцирования решений (11).

Решения дифференциальных уравнений вертикальных колебаний отражают наличие как собственных, так и вынужденных колебаний системы, возникающих в результате прохождения роспуском неровности дороги. Первые характеризуются теми слагаемыми, которые в качестве множителя содержат показательную функцию (поскольку исходные дифференциальные уравнения составлялись с учетом факторов затухания колебаний), а вторые — слагаемыми, содержащими параметр  $\nu$  (вынужденная частота), и свободным членом. Область существования слагаемых, отображающих собственные колебания системы, находится в пределах периода времени от  $t > 0$  до момента полного затухания колебаний. Область существования слагаемых, содержащих параметр  $\nu$ , и свободного члена ограничена периодами времени прохождения колесами роспуска неровности дороги (первый и третий интервалы).

Как видно из выражений (11), собственные колебания системы с несколькими степенями свободы представляют собой сумму нескольких синусоидальных затухающих ( $q_n < 0$ ) колебаний с разными частотами. Число слагаемых колебаний для точек роспуска, совершающих вместе с балансирами угловые колебания, соответствует полному числу степеней свободы системы в продольной плоскости, для остальных точек узлов роспуска и груза — на единицу меньше.

Значения частот слагаемых собственных колебаний для рассматриваемых случаев роспуска 2-Р-8 с номинальной нагрузкой приведены в табл. 2.

Таблица 2

Номер схемы роспуска	М а с с а	Частота (основная для данной массы)		
		обозначение	рад/сек	число в мин
3 (см. рис. 3)	$M_4$ $2M_1 + M_2 + M_3$ $M_1$ (угловые колебания)	$P_1$	13,8	132
		$P_2$	64,0	611
		$P_3$	77,4	738
2 (см. рис. 2)	$M_3 + M_4$ $2M_1 + M_2$ $M_1$ (угловые колебания)	$P_4$	14,2	135
		$P_5$	83,0	798
		$P_3$	77,4	738
1 (см. рис. 1)	$M_4$ $M_3$ $2M_1 + M_2$ $M_1$ (угловые колебания)	$P_6$	10,6	101
		$P_7$	61,1	582
		$P_8$	88,8	847
		$P_3$	77,4	738

Каждая из слагаемых частот является, вообще говоря, основной для одной из колеблющихся масс системы. Под основной понимается частота

тех колебаний данной массы, которые совершаются с наибольшими ускорениями (табл. 3). Одна из слагаемых в каждом из рассматриваемых случаев является низкой частотой ( $p_1$ ;  $p_4$ ;  $p_6$ ), остальные — высокими. Низкая частота характерна для центра тяжести массы гибкого груза (рис. 1 и 3) или для всей подрессоренной массы (рис. 2).

Таблица 3

Масса	Функция	Частота	Наибольшие ускорения при скорости (км/час), см/сек <sup>2</sup>				
			4	7	10	13	16
$M_4$	$\ddot{z}$	$p_1$	1060	910	645	578	550
		$p_2$	16,6	52,6	114	207	339
$2M_1 + M_2 + M_3$	$\ddot{x}, \ddot{x}_A$	$p_1$	232	198	140	126	120
		$p_2$	286	907	1960	3570	5830
$M_1$ (угловые колебания)	$\ddot{x}_A$	$p_3$	382	1200	2540	4450	7030

Выделение той или иной частоты как основной для данной массы по признаку преобладающих значений ускорений в рассматриваемых случаях до некоторой степени условно, так как важным фактором, в значительной мере определяющим весь характер колебаний, является затухание, определяющееся показателем затухания  $q$  и коэффициентом аперииодичности (отношение абсолютного значения показателя затухания к частоте).

Таблица 4

Схема роспуска	Частота	Показатель затухания		Коэффициент аперииодичности
		обозначение	величина	
3 (см. рис. 3)	$p_1$	$q_1$	— 1,27	0,092
	$p_2$	$q_2$	— 27,50	0,430
1, 2, 3 (см. рис. 1, 2, 3)	$p_3$	$q_3$	— 40,20	0,520
	$p_4$	$q_4$	— 0,69	0,049
2 (см. рис. 2)	$p_5$	$q_5$	— 39,20	0,470
	$p_6$	$q_6$	— 0,58	0,055
1 (см. рис. 1)	$p_7$	$q_7$	— 23,90	0,390
	$p_8$	$q_8$	— 42,20	0,480

Как видно из табл. 4, колебаниям масс роспуска высокой частоты соответствует высокая интенсивность затухания и наоборот. Это является благоприятным фактором, в определенной мере обуславливающим хорошую плавность хода не только в случаях рессорной, но и в случае жесткобалансирной подвески роспуска 2-Р-8 с гибким грузом.

На вынужденные колебания оказывает влияние продолжительность прохождения неровности дороги  $\tau$ . В случаях, когда величина  $\tau$  близка к периоду какой-либо составляющей собственных колебаний, возможно увеличение амплитуды и ускорений. Однако при небольших скоростях движения лесовозного автопоезда это увеличение несущественно.

Благодаря тому, что оси рассматриваемого роспуска подвешены балансируно, а угловые продольные колебания рамы и груза кинематически исключены, имеется тесная связь между колебаниями, возбуждаемыми воздействием неровности дороги на переднюю и заднюю оси роспуска. Даже при самых малых скоростях движения колебания низкой частоты, вызванные контактом колес передней оси роспуска с неровностью дороги (первичное возбуждение), не успевают угаснуть до момента соприкосновения колес задней оси с той же неровностью. Таким образом, колебания

ропуска, начиная с момента времени  $t > T$ , являются суммой колебаний первичного возбуждения и возникающих в результате прохождения неровности колесами задней оси. При этом может возникнуть резонанс.

Аналитически этот процесс выражается тем, что коэффициенты  $C$  в решениях уравнений вертикальных колебаний для интервалов времени  $t > \tau$  определяются из граничных условий. Решения дифференциальных уравнений для интервалов времени в пределах  $t < T$  описывают колебания первичного возбуждения, для интервалов времени  $t > T$  — суммарные колебания роспуска.

Условие возникновения резонанса суммарных колебаний при прохождении роспуском короткой одиночной неровности дороги ( $l < L$ ) зависит от частот собственных колебаний масс роспуска, скорости движения и расстояния между осями (базы) балансирного роспуска. Резонанс может наступить при совпадении периода прохождения автопоездом отрезка пути, равного межосевому расстоянию роспуска, с периодом одной из собственных частот роспуска, то есть при условии  $\nu_l = p$ ,

где  $\nu_l = \frac{2\pi}{T}$ .

Поскольку в эксплуатационном интервале скоростей груженого лесовозного автопоезда до 20—25 км/час значения  $\nu_l$  для роспуска 2-Р-8 ( $L = 112$  см) не превышают 30—40 рад/сек, следует ожидать совпадения периода  $T$  лишь с периодом собственных колебаний низкой частоты (табл. 2). Проявление резонанса с высокочастотными составляющими собственных колебаний роспуска, возможное, вообще говоря, при  $n\nu_l = p$ , (где  $n = 2, 3, 4$  и т. д.), в случаях одиночной неровности дороги не наблюдается, благодаря высоким показателям затуханий этих колебаний.

Значения резонансных скоростей определяются из выражения

$$V_{\text{рез}} = \frac{1}{n} \cdot \frac{0,036}{2\pi} pL, \text{ км/час}, \quad (12)$$

где  $n = 1, 2, 3, \dots$ ;

$L$  — межосевое расстояние роспуска, см;

$p$  — частота той или иной составляющей собственных колебаний, рад/сек.

При  $n = 1$  получается основная и с точки зрения динамических перегрузок наиболее нежелательная резонансная скорость; при  $n = 2$  и более динамические перегрузки не опасны.

Из изложенного видно, что в случаях двухосной повозки с балансирно подвешенными осями (центральный равноплечий балансир) решающую роль в отношении резонанса вертикальных колебаний и, следовательно, наибольших динамических нагрузок играет величина произведения низкой частоты собственных колебаний на межосевое расстояние ( $p_n L$ ). Это немаловажное обстоятельство необходимо учитывать при конструировании как автомобильных двухосных балансирных роспусков, так и задней балансирной подвески трехосных автомобилей. Изменяя величину  $p_n L$ , можно сдвигать значение нежелательной резонансной скорости в ту или иную сторону. Ориентировочную оценку значения основной (низкой) частоты собственных колебаний системы можно легко производить, не прибегая к составлению и трудоемкому решению дифференциальных уравнений. Квадрат этой частоты приближенно равен отношению приведенной жесткости упругих элементов системы к массе гибкого груза (в случае жесткого груза — ко всей подрессоренной массе), приходящейся на коник роспуска.

Значения ускорений вертикальных колебаний масс роспуска, а также скоростей нарастания этих ускорений, являясь одними из признанных

критериев плавности хода автомобильного подвижного состава (воздействия колебаний на организм человека), не дают, однако, достаточно полного представления о степени динамической нагруженности узлов и деталей конструкции. При исследовании лесовозного автомобильного прицепного состава представляют интерес не столько вертикальные ускорения масс, сколько вызываемые этими ускорениями динамические усилия, воздействующие на детали неподдрессоренной части, для оценки которых удобно пользоваться коэффициентом динамичности, представляющим собой отношение полного динамического усилия к соответствующему статическому

$$K = \frac{P_{\text{дин}}}{P_{\text{ст}}} = \frac{P_{\text{ст}} + P_{\text{ин}}}{P_{\text{ст}}} = 1 + \frac{P_{\text{ин}}}{P_{\text{ст}}}. \quad (13)$$

Если статическую нагрузку и вертикальную силу инерции в этой формуле выразить через соответствующие массы и ускорения, то в общем случае системы с несколькими степенями свободы для данного элемента колеблющейся массы получится выражение

$$K = 1 + \frac{1}{g} \sum_1^m \mu_n j_n, \quad (14)$$

где  $g$  — ускорение силы тяжести;  
 $\mu_n$  — коэффициенты соотношения масс системы;  
 $j_n$  — ускорения соответствующих точек масс.

Например, для точек осей передних и задних колес роспуска по схеме 3 (рис. 3) выражения коэффициента динамичности имеют вид

$$\left. \begin{aligned} K_A &= 1 + \frac{1}{g} (\mu_5 \ddot{z} + \mu_6 \ddot{x} + \mu_7 \ddot{x}_A) \\ K_B &= 1 + \frac{1}{g} (\mu_5 \ddot{z} + \mu_6 \ddot{x} + \mu_7 \ddot{x}_B) \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Коэффициент динамичности сравнительно просто определяется экспериментальным путем [6] непосредственно по ординатам осциллографической записи деформаций той или иной детали, возникающих под действием динамической нагрузки.

Если в выражения (15) подставить величины ускорений, найденные путем дифференцирования решений (11), то получим коэффициенты динамичности вертикальных усилий на оси жестко-балансирного роспуска с гибким грузом (рис. 3).

$$\left. \begin{aligned} K_A &= 1 + f_1(t) + f_2(t) + f_3(t) \\ K_B &= 1 + f_1(t) - f_2(t) + f_4(t) \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

где

$$\left. \begin{aligned} f_1(t) &= (C_{15} \cos p_1 t + C_{16} \sin p_1 t) e^{q_1 t} + (C_{17} \cos p_2 t + C_{18} \sin p_2 t) e^{q_2 t} \\ f_2(t) &= (C_{19} \cos p_3 t + C_{20} \sin p_3 t) e^{q_3 t} \\ f_3(t) &= E_4 \cos vt + F_4 \sin vt \\ f_4(t) &= E_5 \cos vt + F_5 \sin vt \end{aligned} \right\} \quad (16a)$$

Функции  $f_3(t)$  и  $f_4(t)$  в третьем интервале времени ( $T \leq t \leq T + \tau$ ) заменяются функциями  $f_3(t - T)$  и  $f_4(t - T)$ , а во втором и четвертом — выпадают. Постоянные  $C_{15} \dots C_{20}$  в каждом интервале времени принимают новые значения, а коэффициенты  $E_n$  и  $F_n$  остаются теми же как в первом, так и в третьем интервалах.

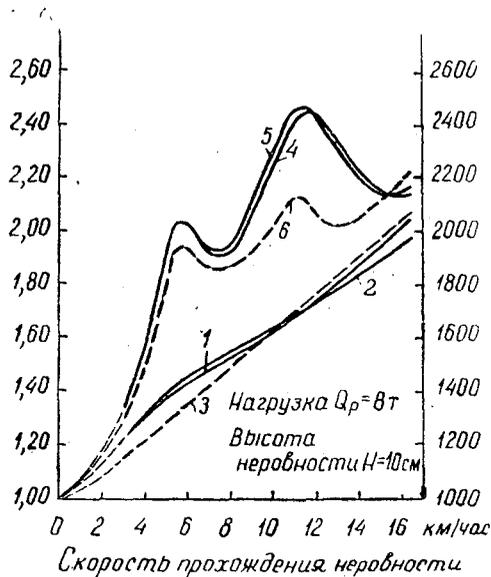


Рис. 4.

Как ускорения, так и коэффициенты динамичности вертикальных усилий в процессе прохождения колесами роспуска неровности дороги являются функциями двух независимых переменных — времени и скорости движения (параметр  $v$ ). Поэтому при анализе необходимо брать отдельные фиксированные значения скорости.

При аналитических расчетах представляет интерес не столько изменение коэффициента динамичности по времени, сколько его наибольшие значения при различных скоростях движения и высотах неровности, то есть абсолютные максимумы функций (16). Определение этих максимумов обычными способами, из-за трансцендентности функций (16) и их производных, является сравнительно сложной задачей. В таких случаях целесообразно производить вычисление значений этих функций с помощью быстродействующей электронной вычислительной машины дискретного счета (при достаточно частом шаге значений аргумента  $t$ ) и среди полученных значений находить наибольшие.

На рис. 4 представлены зависимости коэффициентов динамичности вертикальных усилий на оси жестко-балансирующего роспуска 2-Р-8 с грузом леса в хлыстах от скорости прохождения короткой дорожной неровности ( $H : l = 1 : 6$ ) высотой 10 см, построенные по наибольшим значениям этого коэффициента, полученным из результатов вычислений функций (16) электронной счетной машиной. Для сравнения на этом же рисунке пунктирными линиями показаны те же зависимости, построенные по данным, полученным экспериментальным путем (каждая ордината представляет собой среднее арифметическое между наибольшими значениями коэффициента динамичности для передней и задней осей роспуска). Кривые 1, 2 и 3 (рис. 4) построены по наибольшим значениям коэффициента динамичности вертикальной нагрузки на оси роспуска, возникающим в интервале времени  $0 < t < T$  (первичное возбуждение) в результате прохождения колес передней оси роспуска через неровность. Эта зависимость практически близка к прямолинейной.

Кривые 4, 5 и 6 построены по наибольшим значениям коэффициента динамичности, возникающим в интервале времени  $t > T$  (вторичное воз-

буждение) в результате прохождения через неровность дороги колес задней оси роспуска и суммирования усилий вновь возбуждаемых колебаний с динамическими усилиями еще не затухших колебаний первичного возбуждения. Характер этих кривых [6] отражает резонансные явления, возникающие в системе колеблющихся масс жестко-балансирного роспуска при совпадении (или близости) частот  $n\nu_L = \rho_n$ , причем наблюдается область основной резонансной скорости (при  $n = 1$ ), при которой возникают наиболее опасные динамические усилия на оси роспуска, и резонанс усилий при скорости, вдвое меньшей ( $n = 2$ ).

Кривые 1 и 2 (рис. 4), построенные по данным аналитического решения, весьма близки к экспериментальной кривой 3. Аналитические кривые 4 и 5 (вторичное возбуждение) располагаются несколько выше соответствующей экспериментальной кривой 6. Наибольшие расхождения ординат при этом наблюдаются вблизи резонансных скоростей и находятся в пределах до 10—15% (по шкале напряжений изгиба в осях). Несовпадение аналитических данных с экспериментальными объясняется неизбежной схематизацией реальной системы при аналитическом исследовании (в частности, заменой распределенной массы груза массой сосредоточенной) и сделанными допущениями (например, предположение, что поверхность дороги не деформируется). В случае расчета колебательных систем с тремя степенями свободы упомянутое расхождение можно считать вполне допустимым [11].

Проведенное исследование позволяет сделать следующие основные выводы.

1. В случае двухосного лесовозного роспуска с балансирно подвешенными осями решающую роль в отношении резонанса вертикальных колебаний и, следовательно, наибольших динамических усилий играет период времени  $T$  прохождения пути, равного межосевому расстоянию, и его совпадение с периодами собственных колебаний системы. При скоростях, обуславливающих совпадение этих периодов, возникают резонансные явления, сопровождающиеся значительным возрастанием динамических усилий.

2. Значения резонансных скоростей в случае двухосного балансирного роспуска определяются межосевым расстоянием (длиной балансира) роспуска и собственными частотами колебаний масс. Это необходимо учитывать при конструировании балансирных подвесок и выбирать величину произведения  $\rho_n L$  (формула 12), исходя не только из чисто конструктивных соображений, но также из условия наиболее выгодного в эксплуатационном отношении расположения диапазонов резонансных скоростей.

3. Коэффициент динамичности вертикальных усилий на оси и мосты лесовозного автопоезда является критерием, определяющим нагруженность этих узлов ходовой части.

4. Коэффициент динамичности вертикальных усилий на узлы автомобильного поезда является переменной величиной, зависящей от конструктивных параметров, полезной нагрузки и условий движения. Наибольшее влияние на его величину при данной полезной нагрузке оказывает жесткость упругих элементов системы, скорость движения и высота неровности дороги.

5. Каждой жесткой массе роспуска, соединенной упругими элементами с другими массами системы и совершающей вертикальные колебания, соответствует при данной полезной нагрузке, дорожной неровности и скорости ее прохождения определенное максимальное значение коэффициента динамичности усилий, причем для неподдресоренных масс (оси и ступицы колес) это значение является наибольшим из всех, а для верх-

ней поддресоренной массы (или центра тяжести гибкого груза) — наименьшим.

6. Наибольшие значения коэффициента динамичности вертикальных усилий на оси роспуска типа 2-Р-8 не превышают обычно 2,3—2,6. Значения горизонтальных динамических усилий в осях, вызываемых неровностью дороги, составляют около 10% от полных вертикальных [5]. Исходя из этого, при конструировании двухосных лесовозных автомобильных роспусков расчетные значения коэффициентов динамической нагрузки целесообразно выбирать в интервале 2,5—2,8.

7. С точки зрения снижения значений коэффициентов динамичности вертикальных усилий на неподдресоренные массы лесовозного автопоезда желательно уменьшать жесткость шин и величины неподдресоренных масс.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. М. Васильев. Некоторые вопросы динамики вагонов при вывозке леса в хлыстах по узкоколейным железным дорогам. Кандидатская диссертация, Свердловск, 1955. [2]. Б. Г. Гастев. Некоторые вопросы теории перевозок древесины в хлыстах. Докторская диссертация, Львов, 1958. [3]. Д. В. Гельфгат. Аналитическое определение плавности хода автомобиля. «Автомобильная промышленность» № 3, 1949. [4]. Ф. Д. Головнев. Особенности взаимодействия подвижного состава и пути при автомобильной вывозке леса в хлыстах. Кандидатская диссертация, Л., 1954. [5]. Ю. К. Колодий. Исследование нагрузочных режимов задней оси автомобиля ЗИЛ-150. «Автомобильная промышленность» № 5, 1958. [6]. Е. И. Лах. Испытания подвесок двухосных автомобильных роспусков. «Автомобильная промышленность» № 1, 1959. [7]. Л. Г. Лойцянский, А. И. Лурье. Теоретическая механика, т. 3, 1934. [8]. Р. В. Ротенберг. Колебания автомобиля при движении по дороге произвольного микропрофиля. Труды Военной академии бронетанковых войск. Сб. 6 (131), М., 1955. [9]. Р. В. Ротенберг. Теория подвески автомобиля. М., 1951. [10]. А. А. Тихонов. Исследование вертикальных колебаний колес автомобиля в дорожных условиях. Кандидатская диссертация, М., 1956. [11]. А. К. Фрумкин. Теоретическое и экспериментальное исследование динамических нагрузок в колесной машине. Докторская диссертация, М., 1955. [12]. F. Bomhard. Verfahren zur Messung der dynamischen Radlast beim Kraftwagen. München, 1956.

Поступила в редакцию  
16 ноября 1960 г.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЗКОКОЛЕЙНОГО ЭЛЕКТРОТЕПЛОВОЗА ЭД-16-01 НА ВРЕМЕННЫЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПУТИ

**С. А. ЧУПРИКОВ**

Инженер

(ВНИИ железнодорожного транспорта)

Во втором квартале 1958 г. в Шатурское транспортное управление поступил в опытную эксплуатацию новый узкоколейный электротепловоз серии ЭД-16-01, выпущенный Демиховским машиностроительным заводом.

Новый электротепловоз ЭД-16-01 (рис. 1) предназначен для работы на магистральных электрифицированных узкоколейных железнодорожных линиях — как электровоз — и на временных (переносных) узкоколейных путях — как тепловоз.

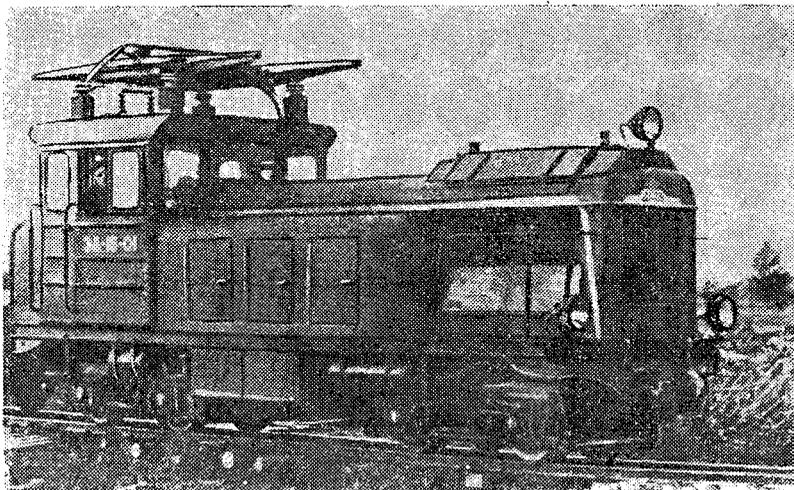


Рис. 1. Общий вид электротепловоза ЭД-16-01.

Основные характеристики электротепловоза ЭД-16-01 следующие: осевая формула 0-2-2-0, сцепной вес локомотива при полной заправке 20,0 т, сила тяги по сцеплению 6000 кг, конструкционная скорость 40 км/час, диаметр колес 600 мм.

После тягово-энергетических испытаний локомотива сектором пути отделения Промышленного транспорта под общим руководством

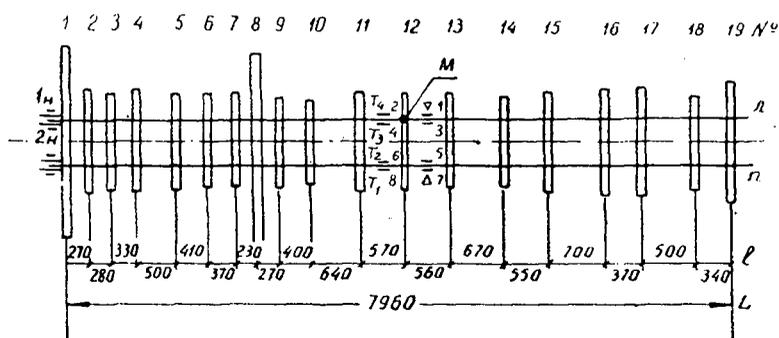


Рис. 2. Схема расположения измерительных приборов на опытном звене.

— датчик на рельсе;  $n$  — датчик на накладке;  $T$  — тензометр;  $\Delta$  — реохордный прогибомер;  $M$  — балластная мессдоза;  $l$  — левая нить рельса;  $p$  — правая нить рельса;  $l$  — расстояние между шпалами;  $L$  — общая длина звена.

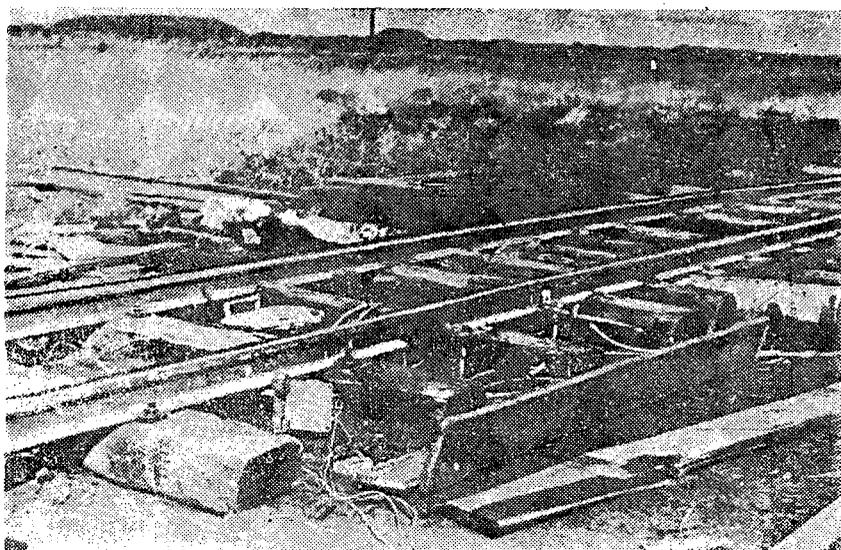


Рис. 3. Общий вид опытного звена.

руководителя сектора кандидата технических наук А. И. Смирнова были проведены испытания на пути.

Основной целью испытаний было установление характера воздействия электротепловоза ЭД-16-01 на временные железнодорожные пути. В программу испытаний входило определение вертикального модуля упругости пути, динамических напряжений в рельсах, рельсовых накладках и торфяном основании под шпалами, а также просадок рельсовых нитей.

Динамические напряжения в рельсах и накладках измерялись волоочными датчиками, просадки — реохордными прогибомерами. Для определения напряжений в торфяном массиве использовались балластные мессдозы конструкции отделения промышленного транспорта. Схема установки измерительных приборов на опытном звене показана на рис. 2, а общий вид звена — на рис. 3. Все динамические процессы, измеряемые указанными выше приборами, регистрировались с помощью тензометрической установки ОТ-24-51.

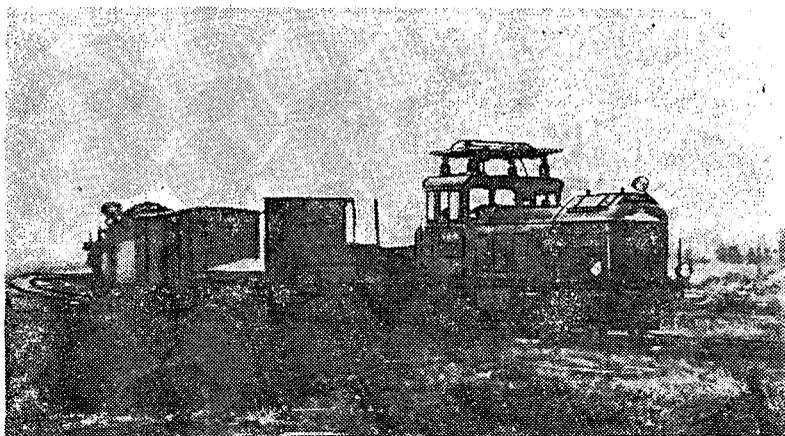


Рис. 4. Общий вид опытного состава.

При обработке экспериментальных материалов использовались методы математической статистики.

Для проведения испытания был взят прямой участок на одном из временных погрузочных путей, примыкающих к разъезду Черныши. Путь на участке был уложен рельсами Р18 длиной 8 м, с вертикальным износом 3,0 мм, скрепления смешанные костыльные и болтовые без подкладок, накладки плоские. Шпалы — до 2300 шт. на 1 км, 19 шпал на звено при 2—3 длинных шпалах, состояние шпал удовлетворительное. Рельсошпальная решетка была уложена за 15 дней до проведения испытаний непосредственно на торфяной массив, толщина которого составляла 1,5 м.

Общее состояние опытного участка было удовлетворительным.

По участку в основном обращались паровозы серий К<sup>ч</sup> и ВП-1 с нагрузкой на ось 4,0 т и торфовозные хопперы с нагрузкой на ось до 3,0 т, со скоростью, не превышающей 5 км/час.

Определение напряжений в элементах верхнего строения пути от электротепловоза ЭД-16-01 производилось в сравнении с серийным узкоколейным подвижным составом. Для этой цели использовались четырехосные грузовые вагоны (две платформы и крытый) и паровозы серий К<sup>ч</sup> и ВП. При взвешивании опытных вагонов нагрузка от колеса на рельс у крытого вагона оказалась равной 2,8 т, у платформы, загруженной шлаком, — 2,5 т, у платформы, загруженной песком, — 3,2 т.

Сформированный из указанных экипажей опытный состав (рис. 4) со скоростью 10 км/час проезжал по участку, где были установлены измерительные приборы. Движение состава осуществлялось по системе «челнока»; при движении в сторону Шатуры тяговой единицей служил паровоз, находящийся впереди состава, при движении в обратном направлении тяговой единицей служил электротепловоз.

При определении напряжений в рельсах было произведено 66 заездов опытного состава, а при определении напряжений в накладках 44 заезда.

Вертикальный модуль упругости рельсового основания определялся по общепринятой методике, согласно которой измерялись просадки рельсовых нитей при загрузке их одиночными нагрузками от 1 до 4 т с интервалом через одну тонну. Для создания одиночной нагрузки на рельсы использовались гидравлические домкраты, оборудованные манометрами, которые своими штоками опирались в поперечный брус

длиннобазовой платформы. Полученные значения приращений просадок в интервале нагрузок от 2 до 4 т подставлялись в формулу

$$u = \sqrt[3]{\frac{1}{63E \cdot I_x} \left(\frac{\Delta P}{\Delta y}\right)^{4/3}}, \quad (1)$$

где  $E$  — модуль упругости рельсовой стали, обычно принимаемый равным  $2,1 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$ ;

$I_x$  — момент инерции рельса относительно оси  $x$ ;

$\Delta P$  — приращение вертикальной нагрузки;

$\Delta y$  — соответствующее  $\Delta P$  приращение величины просадки рельсов.

Подсчитанные по формуле (1) значения вертикального модуля упругости рельсового основания (в  $\text{кг/см}^2$ ) для трех сечений опытного участка приведены ниже.

	Левый рельс	Правый рельс
I сечение	4,4	5,0
II »	6,0	5,9
III »	6,3	7,7

Динамические напряжения в рельсах измерялись проволочными датчиками, наклеенными на подошвы рельсов на наружных и внутренних кромках. В табл. 1 приведены наиболее вероятные значения напряжений (в  $\text{кг/см}^2$ ) в рельсах типа Р18 от воздействия электротепловоза ЭД-16-01 и паровоза серии К<sup>ч</sup> на временные железнодорожные пути при скорости их движения 10 км/час, а в табл. 2 — значения напряжений (в  $\text{кг/см}^2$ ) от воздействия узкоколейного подвижного состава в наиболее напряженно работающей наружной кромке левого рельса.

Таблица 1

Локомотивы	Ось	Электротепловозом вперед				Паровозом вперед			
		левый рельс		правый рельс		левый рельс		правый рельс	
		н. к.	в. к.	в. к.	н. к.	н. к.	в. к.	в. к.	н. к.
Электротепловоз ЭД-16-01	I	1925	1390	1450	1895	2120	1650	1650	1740
	II	2210	1860	1650	1945	2290	1350	1250	1215
	III	1885	1445	1150	1660	2075	1570	1050	1405
	IV	1830	1640	1150	1640	2455	1220	750	1130
Паровоз К <sup>ч</sup>	I	2010	1270	1250	1290	1605	1170	850	940
	II	2270	1730	1650	1700	1870	1315	1150	1280
	III	2625	1700	1550	1775	2180	1785	1250	1590
	IV	1650	1140	650	1000	2020	1440	1150	1560

Примечание: н. к. — наружная и в. к. — внутренняя кромка рельса.

Как видно из табл. 1, наиболее напряженно работающей является именно наружная кромка левого рельса, где были зарегистрированы следующие напряжения (в  $\text{кг/см}^2$ ) от воздействия:

Паровоза К <sup>ч</sup>	2625
Электротепловоза ЭД-16-01	2455
Платформы, нагруженной песком	1765
Платформы, нагруженной шлаком	1715
Крытого вагона	1665

Таблица 2

Подвижной состав	Электротепловозом вперед				Паровозом вперед			
	оси				оси			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Электротепловоз ЭД-16-01 . . .	1925	2210	1885	1830	2120	2290	2075	2455
Паровоз К <sup>ч</sup> . . . . .	2010	2270	2625	1650	1605	1870	2180	2020
Четырехосная платформа со шлаком . . . . .	1030	1140	1225	1600	955	1245	1460	1715
Четырехосная платформа с песком . . . . .	1560	1600	1570	1610	1425	1685	1765	1710
Четырехосный крытый вагон . . . . .	1350	1665	1525	1645	1330	1510	1450	1415

Под осями электротепловоза и паровоза напряжения (в  $\text{кг}/\text{см}^2$ ) распределялись следующим образом:

Электротепловоз ЭД-16-01	Паровоз серии К <sup>ч</sup>	
I ось	2120	2010
II »	2290	2270
III »	2075	2625
IV »	2455	1650

Из приведенных данных видно, что напряжения, возникающие в рельсах от воздействия паровоза, больше, чем от воздействия электротепловоза, несмотря на то, что нагрузка от оси на рельс у паровоза серии К<sup>ч</sup> (4,0 т) на 20% меньше, чем у электротепловоза ЭД-16-01 (5,0 т):

Это в основном объясняется отличием в конструкциях экипажной части и движущих механизмов рассматриваемых локомотивов. Неполная уравновешенность движущего механизма паровоза, а также вертикальная составляющая от действия пара увеличивают напряжение в рельсах от осей паровоза. У электротепловоза ЭД-16-01, имеющего индивидуальный привод для каждой оси, неуравновешенность движущего механизма практически отсутствует. Доказательством этого служит тот факт, что все оси электротепловоза ЭД-16-01 воздействуют на путь относительно равномерно, в то время как под третьей (ведущей) и второй (сцепной) осями паровоза серии К<sup>ч</sup> напряжения значительно больше, чем под первой и особенно под четвертой.

Одной из особенностей работы рельсов, уложенных на податливом торфяном основании, является то, что в них от воздействия колесных нагрузок возникают значительные по величине знакопеременные напряжения. В отдельных случаях величина отрицательных напряжений, возникающих в подошве рельса, составляет до 50% и более от значений положительных напряжений.

На осциллограмме (рис. 5) показаны напряжения в рельсах, измеренные четырьмя датчиками, расположенными в одном шпальном ящике.

Амплитуды напряжений (рис. 5), направленные для датчиков № 7 и № 3 вверх и для датчиков № 1 и № 5 вниз от нулевой линии, представляют напряжения со знаком плюс, то есть в этом случае волокна металла подошв рельсов работают на растяжение, а амплитуды, направленные в противоположные стороны от нулевой линии, составляют напряжения со знаком минус, то есть волокна металла подошв рельсов работают на сжатие. Сущность этого явления может быть объяснена следующим образом.

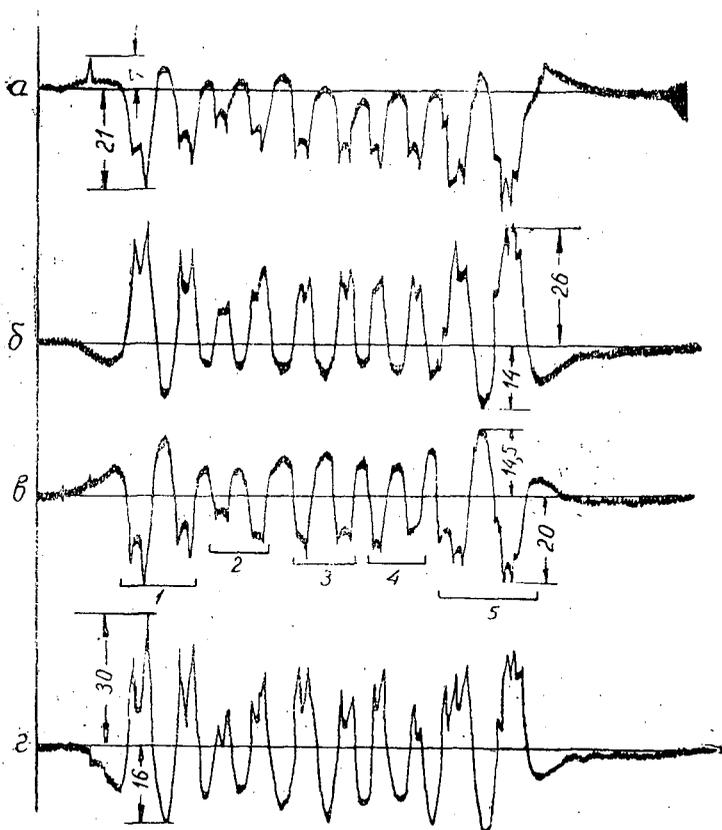


Рис. 5. Осциллограмма напряжений в рельсах, замеренных 10 сентября 1958 г. при заезде № 20 со скоростью 10 км в час.

а — датчик № 1, наружная кромка левого рельса, тарировочный коэффициент датчика  $K_T = 90,3$ ; б — датчик № 3, внутренняя кромка левого рельса,  $K_T = 54,0$ ; в — датчик № 5, внутренняя кромка правого рельса,  $K_T = 81,0$ ; г — датчик № 7, наружная кромка правого рельса,  $K_T = 62,2$ .

При воздействии осевых нагрузок экипажей на железнодорожные пути, уложенные на податливом основании, рельсошпальная решетка получает значительные просадки. Величина этих просадок непосредственно в местах приложения нагрузок будет несколько больше, чем на участках пути, находящихся между зонами приложения нагрузок. В сечениях, расположенных посередине между точками приложения нагрузок, возникают напряжения от сжатия, причиной которых является особенность работы рельса как балки на сплошном упругом основании.

Абсолютные значения этих напряжений зависят от упругих характеристик рельсошпальной решетки и грунта, от величин колесных нагрузок и от расстояния между ними.

Как видно из осциллограммы (рис. 5), наибольшие отрицательные напряжения в рельсах наблюдаются в тех случаях, когда сечение, в котором установлены измерительные приборы, находится посередине между тележками электротепловоза или между паровозом и тендером. Для электротепловоза ЭД-16-01 отрицательные напряжения в наружной кромке правого рельса достигают значений до  $1000 \text{ кг/см}^2$ , а для паровоза КЧ —  $1200 \text{ кг/см}^2$  и более. Отрицательные значения, полученные в результате воздействия грузовых вагонов, несколько меньше.

Установленная выше особенность имеет большое значение для общей оценки воздействия подвижного состава на путь, указывая на то, что на временных путях, уложенных на податливом основании, режим работы рельсов менее благоприятен, чем на балластированных путях, где отрицательные напряжения в большинстве случаев имеют небольшие значения.

Напряжения в накладках измерялись при помощи проволочных датчиков, наклеенных на нижний пояс накладок в среднем сечении.

В табл. 3 приведены наиболее вероятные значения напряжений в  $кг/см^2$ , измеренные в наружной, наиболее напряженно работающей накладке рельсового стыка, находящегося на левой нитке, от воздействия электротепловоза ЭД-16-01, паровоза серии ВП, двух платформ и крытого вагона, а в табл. 4 — наиболее вероятные значения напряжений в наружной и внутренней накладках рельсового стыка на левой нитке от воздействия электротепловоза ЭД-16-01 и паровоза ВП.

Таблица 3

Подвижной состав	Электротепловозом вперед				Паровозом вперед			
	оси				оси			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Электротепловоз ЭД-16-01 . . .	1970	3270	2555	2350	2225	1155	2320	1895
Паровоз ВП-1 . . . . .	2425	2285	1930	1285	2360	3120	3720	3180
Четырехосная платформа со шлаком . . . . .	995	1065	1050	1165	995	1025	1085	1180
Четырехосная платформа с песком . . . . .	1350	1350	1150	1125	2065	2090	1956	1090
Четырехосный крытый вагон . . . . .	1260	1245	990	1015	1155	1300	1225	1060

Таблица 4

Локомотивы	Оси	Наружная накладка		Внутренняя накладка	
		электротепловозом вперед	паровозом вперед	электротепловозом вперед	паровозом вперед
Электротепловоз ЭД-16-01	I	1970	2225	2055	2600
	II	3270	2155	2685	2070
	III	2555	2320	1360	2045
	IV	2350	1895	2090	2045
Паровоз ВП-1	I	2425	2360	2380	1685
	II	2285	3120	2430	2185
	III	1930	3720	2055	2570
	IV	1285	3180	1220	1910

Анализ данных, приведенных в табл. 3 и 4, позволяет установить, что: а) накладки рельсового стыка, так же как и кромки рельсов, под нагрузкой работают неодинаково. Напряжения, определенные в наружной накладке, в среднем на 30—40% больше напряжений, зарегистрированных во внутренней накладке; б) наибольшие динамические напряжения (в  $кг/см^2$ ) в плоских рельсовых накладках, измеренные при движении опытного состава со скоростью 10 км/час, были определены в наружной накладке от воздействия:

Паровоза ВП-1	3720
Электротепловоза ЭД-16-01	3270
Платформы, нагруженной песком	2090
Платформы, нагруженной шлаком	1180
Крытого вагона	1300

в) под осями электротепловоза ЭД-16-01 и паровоза серии ВП наибольшие напряжения (в  $кг/см^2$ ) в наружной, наиболее напряженно работающей накладке левой рельсовой нити распределяются следующим образом:

Электротепловоз ЭД-16-01      Паровоз ВП-1

I ось	1970	2360
II »	3270	3120
III »	2555	3720
IV »	2350	3180

В табл. 5 приведены значения средних арифметических и наибольших наблюдаемых напряжений (в  $кг/см^2$ ) в подшпальном основании (торфяном массиве), измеренные на глубине 15 см от нижней постели шпалы под левой рельсовой нитью.

Таблица 5

Напряжения	Электротепловоз ЭД-16-01		Платформа со шлаком		Платформа с песком		Крытый вагон	
	тележки							
	I	II	I	II	I	II	I	II
Средние арифметические	0,70	0,74	0,44	0,54	0,53	0,62	0,52	0,54
Наибольшие зарегистрированные	0,77	0,82	0,50	0,62	0,57	0,67	0,60	0,60

Наибольшие наблюдаемые напряжения в  $0,82 кг/см^2$  были определены от воздействия II тележки электротепловоза ЭД-16-01. Наибольшие напряжения от воздействия грузовых вагонов ( $0,5—0,67 кг/см^2$ ) в среднем на 25% меньше, чем от электротепловоза ЭД-16-01.

Перемещения рельсовых нитей в вертикальной плоскости (просадки) измерялись прохордными прогибомерами, установленными на сваях, забитых в материковый грунт.

В табл. 6 приведены величины просадок рельсовых нитей (в мм), измеренные под электротепловозом ЭД-16-01 и грузовыми вагонами при движении их со скоростью 10 км/час.

Таблица 6

Рельсовая нить	Просадки	ЭД-16-01		Платформа со шлаком		Платформа с песком		Крытый вагон	
		тележки							
		I	II	I	II	I	II	I	II
Левая	Средние	29,2	30,8	21,2	23,8	22,8	25,4	23,8	23,2
	Наибольшие зарегистрированные	33,3	33,3	24,0	25,8	24,0	27,1	24,0	25,0
Правая	Средние	24,4	25,2	15,6	16,2	16,7	18,8	16,5	16,8
	Наибольшие зарегистрированные	28,5	28,8	18,8	18,5	17,8	21,0	18,0	18,5

Наибольшие просадки в 33 мм под левой рельсовой нитью были определены от воздействия электротепловоза ЭД-16-01. Из грузовых вагонов наибольшие просадки в 27,1 мм были определены под четырехосной платформой, нагруженной песком.

Результаты проведенных испытаний позволяют сделать следующие основные выводы.

Динамические напряжения на кромках рельсов Р18 от воздействия электротепловоза ЭД-16-01 на 22%, а от воздействия паровоза серии К<sup>ч</sup> на 31% превышают условно допускаемые (2000 кг/см<sup>2</sup>).

Динамические напряжения в плоских накладках к рельсам Р18 от воздействия электротепловоза ЭД-16-01 и паровоза серии ВП также превышают допускаемые напряжения.

Указанные превышения полученных напряжений в рельсах от воздействия электротепловоза ЭД-16-01 и паровоза серии К<sup>ч</sup> вследствие малых скоростей движения по временным путям не угрожают безопасности движения, хотя это и неудовлетворительно сказывается на общем состоянии путей. Большие же напряжения в рельсовых накладках от указанных локомотивов могут вызвать не только изломы накладок, но и усиленный остаточный прогиб рельсовых концов, а также повышенные расстройство пути в зоне стыка.

Необходимо отметить, что и на забалластированных узкоколейных путях, имеющих вертикальный модуль упругости рельсового основания около 300 кг/см<sup>2</sup>, в плоских накладках к рельсам Р18 от воздействия локомотивов возникают большие напряжения. Это было установлено отделением Промышленного транспорта ЦНИИ МПС при проведении испытаний по определению воздействия на путь тепловоза ТУ-2 в 1956 г.

Лабораторией рельсового транспорта ЦНИИМЭ при определении воздействия на лесовозные пути узкоколейного подвижного состава было установлено, что от локомотивов с нагрузками на ось 4,0 т в плоских накладках возникают напряжения свыше 3000 кг/см<sup>2</sup>. В процессе этих испытаний\* было также найдено, что по сравнению с плоскими уголкового типа накладками к узкоколейным рельсам Р18 имеют целый ряд преимуществ, так как в последних напряжения от воздействия локомотивов с нагрузками на ось до 4,0 т не превышают допускаемых.

Все рассмотренные грузовые вагоны по напряжениям в рельсах и накладках воздействуют на путь удовлетворительно.

Для паровозов серий К<sup>ч</sup> и ВП, имеющих паспортные осевые нагрузки 4,0 т, установлено в среднем превышение динамических напряжений в рельсах на 8% и напряжений в накладках на 14% по сравнению с электротепловозом ЭД-16-01, имеющим фактическую осевую нагрузку на ось около 5,0 т.

Измеренные на глубине 15 см от нижней постели шпалы динамические напряжения в торфяном массиве от воздействия электротепловоза ЭД-16-01 равны 0,7—0,8 кг/см<sup>2</sup>. Для данной категории грунтов эти величины относятся к допускаемым.

Полученные максимальные значения просадок рельсовых нитей от воздействия электротепловоза ЭД-16-01 (33 мм) и от воздействия грузовых вагонов (24—27 мм) безусловно являются недопустимыми; как следствие этого наблюдаются значительные напряжения в рельсах и накладках.

Необходимо учесть, что все экспериментальные материалы, полученные для электротепловоза ЭД-16-01, относятся к первому экземпляру локомотива, имеющему общий вес на 4,0 т выше проектного. Это обстоятельство следует учесть при подготовке электротепловоза ЭД-16 к серийному выпуску.

В заключение необходимо указать, что основным фактором, резко ухудшающим воздействие подвижного состава на временные торфовозные пути, следует считать большие и неравномерные, как вдоль, так и поперек пути, просадки рельсошпальной решетки. Отсюда основным

\* Труды ЦНИИМЭ, вып. VII, 1957.

мероприятием, направленным на улучшение воздействия подвижного состава на временные пути, следует считать стабилизацию подшпального основания, что может быть достигнуто как за счет выбора более устойчивой трассы временных путей, проходящей по грунтам с более плотным основанием, так и за счет усиления рельсошпальной решетки продольными лежнями, более постелистыми шпалами и увеличением числа длинных шпал.

Кроме того, на временных путях надо стремиться применять угольковые накладки, имеющие больший момент сопротивления на изгиб, чем плоские.

Обязательными и необходимыми условиями, обеспечивающими безопасность движения и лучшее воздействие подвижного состава на путь, следует считать соблюдение установленных скоростей движения и осуществление надлежащего ухода за путями, заключающегося в своевременном закреплении ослабших болтов, добивке костылей и подштопке шпал.

---

Поступила в редакцию  
13 ноября 1959 г.

## РАСЧЕТ УПРУГИХ ОСАДОК НАСЫПЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА БОЛОТАХ

А. А. ТКАЧЕНКО

Кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Из практики известно, что при прохождении автомобилей по болотным дорогам насыпи последних упруго оседают.

Если упругие осадки достаточно велики, то покрытие разрушается, и автомобильная дорога выходит из строя. Поэтому разработка метода расчета упругих осадок и установление, хотя бы приблизительно, допустимой их величины имеет существенное значение для рационального проектирования автомобильных дорог на болотах. Однако до настоящего времени в литературе о проектировании автомобильных дорог, в отличие от железных, вообще не описаны методы, позволяющие определять ожидаемую упругую осадку насыпей на болоте.

Осадки на железных и автомобильных дорогах происходят в результате передачи давления от временной нагрузки через насыпь на торфяное основание и упругой деформации последнего. Разница заключается в неодинаковом характере работы верхнего строения железных и покрытия автомобильных дорог.

Расчеты упругих осадок насыпей железных и автомобильных дорог на болотах различаются способами нахождения давления от временной нагрузки  $\sigma_{вр}$  на торфяное основание и определением размеров условной площадки передачи давления.

Эти вопросы достаточно подробно рассмотрены в другой нашей работе [4].

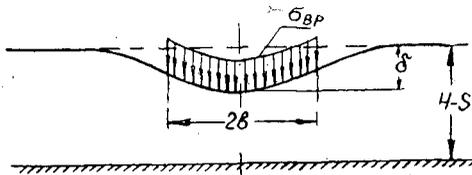


Рис. 1.

Учет указанных факторов позволяет определить величину упругой осадки по следующей формуле, соответствующей расчетной схеме, приведенной на рис. 1.

$$\delta = \frac{2b \cdot \sigma_{вр}}{E_{упр}} \omega'_\sigma. \quad (1)$$

где  $\sigma_{вр}$  — интенсивность временной нагрузки, передаваемой через насыпь на болото;  
 $2b$  — ширина условной площадки, через которую передается давление от временной нагрузки на торфяное основание;  
 $\omega'_0$  — коэффициент Горбунова-Посадова, определяемый в зависимости от размеров условной площадки и толщины слоя торфа под насыпью;  
 $E_{упр}$  — модуль упругой осадки.

Для установления пригодности рассмотренного метода расчета были произведены натуральные записи упругих осадок насыпей на болотах, на Хайнозерской автомобильной дороге Онежского леспромхоза [2]. Величина упругих осадок насыпей фиксировалась с помощью вибрографов марки ВР-1.

При прохождении автомобилей различных марок и тракторов было записано 217 виброграмм на пяти различных поперечниках. Образцы виброграмм приводятся на рис. 2. Одновременно на этих поперечниках были определены высота насыпи, глубина болота и величина осадки насыпи в болото.

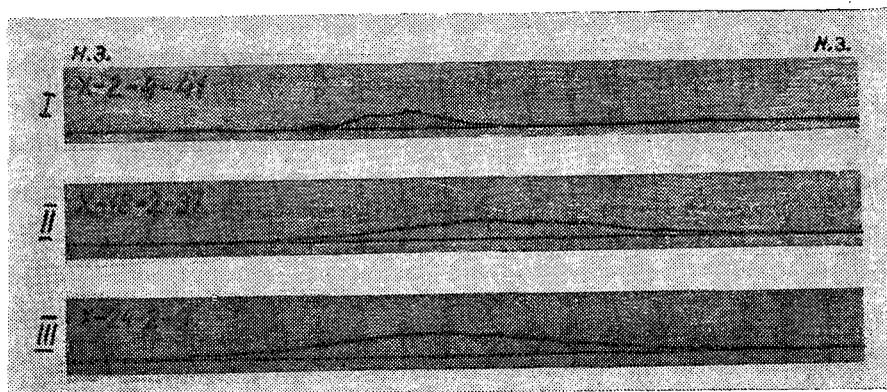


Рис. 2.

I — участок № 1, поперечник № 2, скорость — 35,3 км/час, автомобиль ЗИЛ-151 с людьми, упругая осадка — 0,93 мм; II — участок № 1, поперечник № 18, скорость — 12,5 км/час, автомобиль ЗИЛ-151 с людьми, упругая осадка — 1,00 мм; III — участок № 4, поперечник № 24, скорость 40 км/час, трактор С-80 (бульдозер), упругая осадка — 1,20 мм; н. з. — начало записи; к. з. — конец записи.

По величинам упругих осадок, найденным в результате расшифровки виброграмм, нагрузок на заднюю ось автомашин и среднему давлению от гусениц тракторов по формуле (1) путем обратного пересчета были найдены модули упругих осадок для всех 217 виброграмм.

Анализ показывает, что на всех исследованных поперечниках имеется значительный разброс значений, объясняемый различной скоростью движения автомашин, влиянием динамики в результате собственных колебаний автомашин, а также тем, что величина загрузки определялась приблизительно в зависимости от марки автомашины и характера груза.

Для характеристики модулей упругих осадок, определенных по результатам исследований, и сравнения их с модулями упругих осадок, вычисленных для аналогичных условий на узкоколейных железных дорогах, были найдены их средние максимальные и минимальные значения для каждого поперечника. Одновременно для таких же условий были найдены значения модулей узкоколейных дорог для каждого поперечника по формуле, приведенной в ранее опубликованной работе [3].

$$E_{\text{упр}} = 71,96 + 72,20 \lg (H - S), \quad (2)$$

где  $H - S$  — толщина слоя торфа под насыпью.

Полученные данные приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Шифр поперечника	Значение модулей, кг/см <sup>2</sup>				Расхождение, %
	средние	максимальные	минимальные	определенные по формуле (2)	
X-2-4	91,7	141,3	60,0	120,0	-23,9
X-18-2	89,2	148,0	61,9	118,0	-24,4
X-20-4	133,4	239,0	71,2	94,7	+40,8
X-24-2	81,0	113,5	34,8	80,8	+0,25
X-26-2	54,6	89,3	29,1	84,0	-35,0

Из табл. 1 можно сделать вывод, что модули, определенные для ужд, находятся между минимальными и максимальными значениями модулей для автомобильной дороги и являются величинами того же порядка.

Хотя максимальное расхождение между модулями упругой осадки для автомобильных дорог и для ужд велико, что, на наш взгляд, объясняется перечисленными выше погрешностями опыта, однако общая закономерность изменения модулей в зависимости от таких факторов, как высота насыпи и толщина слоя торфа под насыпью, в обоих случаях одинакова. Поэтому можно считать, что изложенный выше метод приемлем для определения упругих осадок насыпей автомобильных дорог на болотах, а формула (2) может быть применена для расчетов.

Использование формул (1) и (2) позволяет построить графики упругих осадок насыпей в зависимости от суммарной толщины насыпного слоя грунта ( $h_{\text{нас}} + S$ ) и толщины слоя торфа под насыпью  $H - S$ . На рис. 3 и 4 приводятся такие графики для машин МАЗ-501 и ЗИЛ-150.

Эти графики построены для случая, когда покрытие и грунт насыпи имеют близкие по величине модули деформации. Если модуль деформации покрытия в полтора и более раз превышает модуль деформации грунта насыпи, то для определения упругой осадки вместо фактической

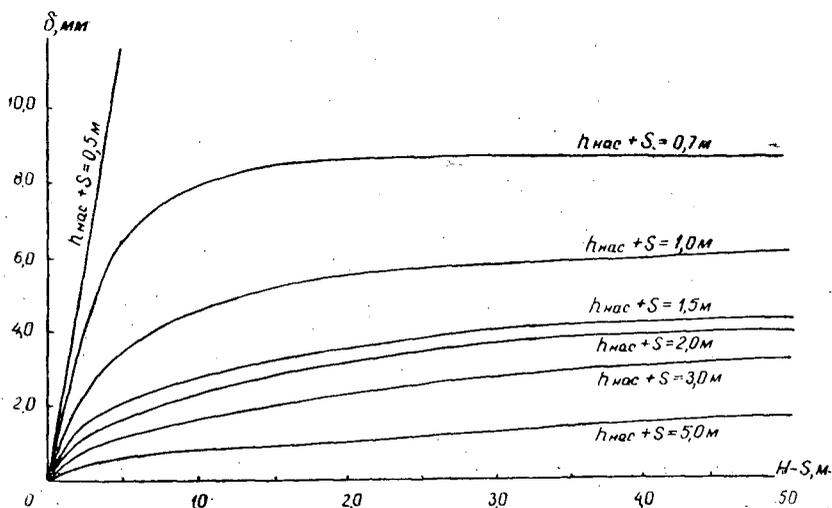


Рис. 3.

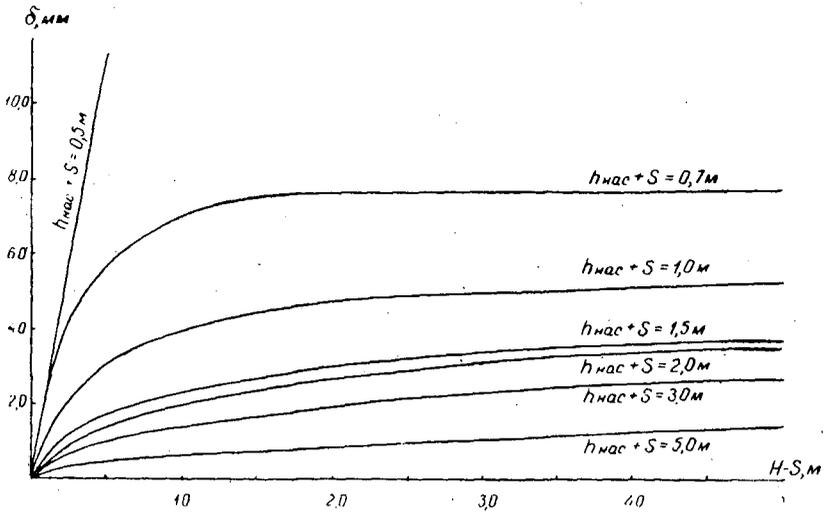


Рис. 4.

толщины насыпного слоя грунта  $h_{\text{нас}} + S$  надо брать приведенную, которая при использовании известной формулы ДОРНИИ может быть определена из выражения

$$(h_{\text{нас}} + S)_{\text{прив}} = (h_{\text{нас}} + S) + h_{\text{покр}} \left( \sqrt{\frac{E_1}{E_0}} - 1 \right), \quad (3)$$

где  $h_{\text{покр}}$  — толщина покрытия автомобильной дороги;

$E_1$  — модуль деформации покрытия;

$E_0$  — модуль деформации грунта насыпного слоя.

Для рационального проектирования автомобильных дорог нужно также знать допускаемую величину упругой осадки, которая обеспечивала бы удовлетворительную работу покрытия данного типа при данной интенсивности движения.

Очевидно, что назначение малой допустимой осадки повлечет за собой большой объем земляных работ, при большой допустимой осадке покрытие быстро выйдет из строя. Наиболее правильным было бы исходить из многолетних наблюдений за покрытиями автомобильных дорог на болотах, как это проделал для дорог широкой колеи доц. Н. Н. Сидоров.

Поскольку в нашем распоряжении таких наблюдений не было, величина максимальной допускаемой упругой осадки была найдена как часть от предельно допускаемой вертикальной деформации покрытия.

При расчете была использована известная формула проф. Н. Н. Иванова [1] для определения требуемого модуля деформаций покрытия при расчете нежестких дорожных одежд. Приняв, что при одном проходе автомашины покрытие испытывает лишь упругую деформацию, получим следующее соотношение между предельно допускаемыми упругой  $\lambda_{\text{упр}}$  и суммарной  $\lambda$  относительными деформациями покрытия:

$$\frac{\lambda_{\text{упр}}}{\lambda} = \frac{0,5}{0,5 + 0,65 \lg N}, \quad (4)$$

где  $N$  — суточная интенсивность движения.

Считая, что относительная упругая деформация равна абсолютной, деленной на диаметр круга  $D$ , равновеликого площади отпечатка колеса

расчетного автомобиля, можно получить следующее выражение для определения абсолютной допустимой упругой деформации автодорог на болотах

$$\delta_{\text{доп}} = \frac{0,5 \cdot \lambda \cdot D}{0,5 + 0,65 \lg N} \quad (5)$$

Принимая для лесовозных дорог суточную интенсивность движения 200 автомашин и расчетный диаметр 34 см, получим следующие допускаемые абсолютные деформации при различных типах покрытий.

Щебеночные и гравийные покрытия, обработанные черными вяжущими, а также цементно-грунтовые покрытия ( $\lambda = 0,04$ )

$$\delta_{\text{доп}} = 3,4 \text{ мм} \approx 3,0 \text{ мм.}$$

Щебеночные и гравийные покрытия ( $\lambda = 0,05$ )

$$\delta_{\text{доп}} = 4,2 \text{ мм} \approx 4,0 \text{ мм.}$$

Покрытия, улучшенные добавками, кроме цементно-грунтовых ( $\lambda = 0,06$ )

$$\delta_{\text{доп}} = 5,1 \text{ мм} \approx 5,0 \text{ мм.}$$

На основании полученных значений  $\delta_{\text{доп}}$  были построены графики для определения необходимой толщины насыпного слоя грунта в зависимости от толщины слоя торфа под насыпью и типа покрытия для машин МАЗ-501 и ЗИЛ-150 (рис. 5 и 6).

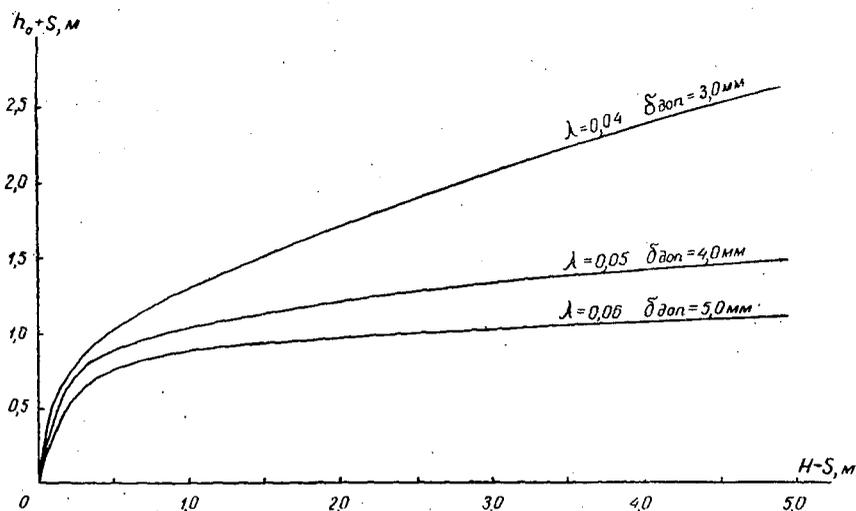


Рис. 5.

Использование этих графиков дает возможность без расчетов назначать минимальную допускаемую толщину слоя насыпного грунта, исходя из условия обеспечения прочности покрытия, при проектировании лесовозных автомобильных дорог на болоте.

В случае, если модуль деформации проектируемого покрытия более чем в полтора раза отличается от модуля деформации насыпного грунта, то по графикам, приведенным на рис. 5 и 6, определяется приведенная

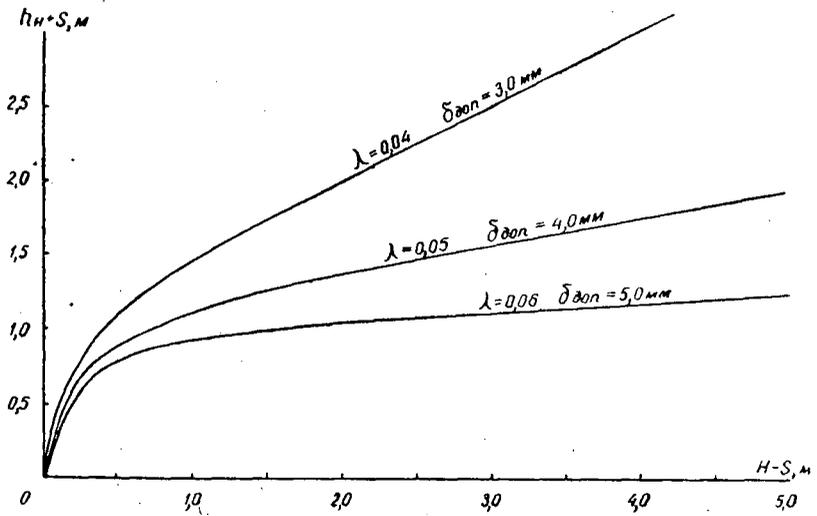


Рис. 6.

толщина насыпного слоя грунта ( $h_{\text{нас}} + S_{\text{прив}}$ ). Для нахождения действительной толщины в этом случае используется выражение (3), которое решается относительно ( $h_{\text{нас}} + S$ ).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Н. Иванов и др. Теория прочности нежестких дорожных одежд. Материалы к IV международному конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению, 1957. [2]. Отчет по теме «Конструктивные элементы постоянных и временных лесовозных автомобильных дорог на болотах». АЛТИ, Архангельск, 1960. [3]. А. А. Ткаченко. Исследование осадок насыпей магистральных лесовозных дорог на болотах. Труды АЛТИ, т. 17, Архангельск, 1957. [4]. А. А. Ткаченко. Расчет осадок насыпей автомобильных дорог на болотах. «Лесной журнал» № 6, 1959.

Поступила в редакцию  
30 мая 1960 г.

## РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА НА ПЕРВОНАЧАЛЬНОМ СПЛАВЕ ЛЕСА И ПУТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

**Б. С. РОДИОНОВ**

Доцент

(Сибирский технологический институт)

Анализ данных о технологии молевого сплава показывает, что средняя путевая скорость движения сплаваемой древесины мала, во многих случаях она значительно отличается от практически возможной, обусловленной скоростями течения речного потока.

Так, на реках первоначального сплава Енисейского бассейна в навигацию 1958 и 1959 гг. средняя за сезон путевая скорость сплаваемой древесины находилась в пределах от 0,8 до 2,7 км/сутки, а соответствующая по времени техническая скорость — от 25 до 50 км/сутки.

Из сопоставления этих данных видно, что сплавные возможности рассматриваемого бассейна используются весьма неполно.

Для выяснения вопроса о неиспользуемых резервах повышения производительности труда рабочих на сплаве и выявления наиболее эффективных путей их реализации мы применим в анализе установленное нами понятие о сплавной мощности речного потока [2], [3], которая представляет собой величину совершаемой потоком транспортной работы по перемещению объема сплаваемой древесины через поперечное сечение в единицу времени и измеряется в тех же единицах, что и производительность труда рабочих на сплаве.

Суточная сплавная мощность речного потока количественно выражается произведением суточного объема сплаваемой древесины, проходящей через данное поперечное сечение его, на среднее взвешенное расстояние, которое преодолевает сплавной караван в течение суток.

Сезонная сплавная мощность речного потока определяется как соответствующая сумма ее суточных значений за период сплава.

Производительность труда рабочих на сплаве определяется величиной его сплавной мощности и зависит от степени ее фактического использования.

Отношение сплавной мощности речного потока в его улучшенном техническом состоянии при совершенных технике и организации производственного процесса к фактически используемой сплавной мощности при существующей транспортной технологии определяет степень возможного увеличения производительности труда [2], [3] и является результативным измерителем эксплуатационной эффективности комплекса соответствующих технических и организационных мер.

$$\lambda = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4 \lambda_5$$

Измерители, входящие в состав этого произведения, количественно выражают увеличение производительности труда, определяемое

- $\lambda_1$  — рационализацией процесса движения сплавных караванов;
- $\lambda_2$  — увеличением мобильности рабочих бригад сплавщиков при применении патрульных катеров;
- $\lambda_3$  — применением механизмов на тяжелых и трудоемких работах;
- $\lambda_4$  — увеличением коэффициента заполнения акватории сплавного хода бревнами;
- $\lambda_5$  — мерами регулирования реки и ее стока.

При движении суточный сплавной караван бревен растягивается вследствие разности в скоростях движения бревен по стрелню и по границам сплавного хода и изреживается в результате оседания части бревен по границе хода на различных отмелях. В связи с этим коэффициент заполнения акватории сплавного хода  $\mu$  в последовательно расположенных вдоль по течению реки однородных по своим сплавным характеристикам поперечных сечениях постепенно уменьшается и при определенных условиях на некотором удалении от створа скатки леса в воду может практически дойти до нуля.

Последовательное уменьшение коэффициента  $\mu$  определяет соответствующее ослабление использования сплавоспособности и сплавной мощности речного потока в период стога сплавляемой древесины. В связи с этим производительность труда рабочих на нижних участках рассматриваемой части реки будет соответственно ниже, чем у рабочих, обслуживающих верхние участки ее.

Коэффициент  $\varphi_p$ , оценивающий степень уменьшения заполнения акватории сплавного хода бревнами по мере продвижения каравана, является вместе с тем коэффициентом использования рабочего времени на процессе сплава.

При полной обеспеченности условий безостановочного, непрерывного движения сплавного каравана  $\varphi_p = 1$ , при наличии остановки части бревен у границ сплавного хода  $\varphi_p < 1$ .

Увеличение производительности труда на процессе сплава находится в квадратичной зависимости от степени увеличения коэффициента  $\varphi_p$ .

При минимальном значении  $\varphi_{pc} = 0,5$  (среднем для всей эксплуатируемой длины речного потока) будем иметь  $\lambda_1 = 4$ , то есть степень использования сплавной мощности, а вместе с ней и производительность труда может быть увеличена в четыре раза. Наименьшее значение  $\lambda_1 = 1$  имеет место при совершенном техническом состоянии сплавного хода и совершенной организации процесса сплава.

Исследованиями ЦНИИ Лесосплава установлены значения коэффициентов использования рабочего времени сплавщиков при пикетно-конвейерном способе сплава в зависимости от характера участка реки по степени трудности проплава и при дистанционно-патрульном способе [1], по соотношению которых устанавливается эффективность перехода от первого способа ко второму. При первой степени трудности проплава  $\lambda_2 = 2,9$ ; при второй — 1,9 и при третьей — 1,4.

Эффективность механизации тяжелых и трудоемких работ на сплаве может быть определена сравнительным экспериментальным путем (по данным ЦНИИ Лесосплава [4]  $\lambda_3 = 2 \div 4$ ).

Измеритель эксплуатационной эффективности  $\lambda_4$  определяется по отношению нового значения коэффициента заполнения акватории сплавного хода  $\mu$  к его начальному значению. Увеличение коэффициента  $\mu$

достигается повышением интенсивности скатки леса на воду и связано с сокращением производительности сплава.

Возможность увеличения  $\mu$  устанавливается на основе анализа заданных условий сплава. На магистральных реках первоначального сплава Енисейского бассейна коэффициент  $\mu$  намного ниже установленного его предельного значения.

Измеритель эксплуатационной эффективности регулирования сплавных рек и их стока  $\lambda_3$  определяется на основе конкретных данных, характеризующих речной поток в гидрологическом и эксплуатационном отношениях [3], [4].

Оперируя со средними значениями измерителей эксплуатационной эффективности мер по повышению степени использования сплавной мощности речного потока, получаем следующие значения результативного показателя возможного повышения производительности труда.

Таблица 1

Варианты мер по совершенствованию процесса сплава	Увеличение производительности труда
$\lambda_1$	2,5
$\lambda_1 \lambda_2$	5,0
$\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3$	10,0
$\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4$	20,0

Анализ резервов повышения производительности труда на первоначальном сплаве леса позволяет установить и пути их реализации.

1. Рационализация сплавного процесса достигается путем обстановки сплавного хода лесонаправляющими сооружениями в количестве, достаточном для осуществления систематической ежесуточной очистки границ сплавного хода от оседающих сплавляемых бревен на каждом участке сплавного пути.

Кроме этого, должны применяться лесонаправляющие сооружения, специально предназначенные для устранения растягивания суточного сплавного каравана и повышения средней технической скорости его движения.

Должна быть установлена такая организация работ по пропуску сплавляемой древесины и такая система учета выполнения этой работы, при которых была бы обеспечена систематическая, ежесуточная очистка границ сплавного хода от останавливающихся бревен и была бы исключена возможность их накопления на различных отмелях в течение всего периода сплава.

Эти мероприятия устраняют необходимость в проведении трудоемких работ по зачистке сплава и значительно сокращают продолжительность сплавного периода.

2. Производительность труда рабочих может быть повышена в указанной выше степени  $\lambda_2$  путем увеличения коэффициента использования рабочего времени рабочих в процессе сгона леса. Это может быть достигнуто увеличением мобильности рабочих бригад путем применения специальных катеров с малой осадкой, на которых бригада рабочих патрулирует свой участок сплавного пути.

3. Значительный эффект может дать механизация тяжелых и трудоемких работ, которая на магистральных сплавных путях наиболее удачно сочетается с повышением мобильности рабочих бригад при применении специальных самоходных плавучих средств или вездеходных машин, оснащенных необходимым технологическим оборудованием. Эффектив-

ность применения дистанционно-патрульного способа сплава заключается в сочетании этих мероприятий.

4. Увеличение коэффициента заполнения акватории сплавного хода бревнами может быть осуществлено во всех случаях, когда величина его при рационализированном процессе меньше соответствующей нормы его значения, установленной для данного сплавного пути. В этом случае увеличение коэффициента заполнения достигается повышением интенсивности скатки леса при соответствующем сокращении ее периода.

5. Вопрос о возможной степени повышения производительности труда за счет регулирования речного потока может быть решен в каждом отдельном случае в заданных конкретных условиях [2], [3].

Комплекс технических и технологических мероприятий по рационализации процесса сплава требует соответствующего улучшения подготовительных работ и их механизации. Вместе с тем необходимо механизировать текущие работы по оборудованию сплавного хода дополнительными лесонаправляющими сооружениями, потребность в которых возникает в процессе сплава, а также работы по простейшей мелиорации сплавного пути.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ф. И. Володенков. Дистанционно-патрульный способ проведения первоначального сплава. ЦВТИ лесной промышленности, ГЛБИ, М.-Л., 1959. [2]. Б. С. Родионов. Исследование об эффективности использования лесосплавных свойств русловых потоков. Труды СибЛТИ, сб. XIX, 1957. [3]. Б. С. Родионов. Эксплуатационная эффективность сезонного регулирования стока лесосплавных рек. Труды СибЛТИ, сб. XIX, 1958. [4]. Г. Ф. Шульц. Способы механизации и рационализации молевого сплава. ЦНИИ Лесосплава, техническая информация № 97, 1949.

Поступила в редакцию  
5 июля 1960 г.

## РАЗВИТИЕ СЕТИ ВРЕМЕННЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ В РАЙОНАХ С ХОЛМИСТЫМ И ГОРНЫМ РЕЛЬЕФОМ ПРИ ТРАКТОРНОЙ ТРЕЛЕВКЕ ДРЕВЕСИНЫ

**П. К. РЕЗНИКОВ**

Старший преподаватель

(Ленинградская лесотехническая академия)

Трелевка древесины тракторами применяется в районах с равнинным, холмистым и горным рельефом. Для равнинной местности методика расчета густоты сети временных лесовозных дорог, а, следовательно, и наивыгоднейших расстояний трелевки, подробно разработана И. Д. Колобовым, С. К. Лебедевым, в работах Гипролестранса, ЦНИИМЭ и ЛТА [1], [2], [3]. О холмистом и горном рельефе этого сказать нельзя.

Особенностью рассматриваемых условий является густота сети логов, по склонам или по дну которых строятся усы. В этом случае расчетным путем должен решаться вопрос экономической целесообразности строительства временной лесовозной дороги в бассейне лога или иного лога.

Проведенные кафедрой механизаций лесоразработок ЛТА им. Кирова исследования по трелевке древесины тракторами на лесозаготовительных предприятиях Башкирии (руководитель темы доц. Б. П. Аникин) позволили автору статьи сделать ряд обобщений.

Критерием для определения экономической целесообразности строительства временных лесовозных дорог по логам принят минимум затрат на 1 м<sup>3</sup> стрелеванной древесины при условии строительства уса в бассейне лога и трелевки древесины непосредственно к магистральной дороге или ветке.

Площадь древостоев в бассейне каждого малого лога, примыкающего к магистральной дороге или ветке, в эксплуатационном отношении всегда является отдельным лесосечным участком, фактическими границами которого служат линии водораздела, а древесина трелюется под уклон (рис. 1).

Технология лесосечных работ строится с учетом ширины дна лога и крутизны склонов. В узких логах, с шириной дна до 15 м, на одном и том же участке дна лога одновременно не могут быть построены лесовозная дорога и трелевочный волок. На участке должен быть или вначале трелевочный волок, а затем лесовозная дорога, или наоборот. Последовательность использования дна лога под тот или иной транспортный путь зависит от направления разработки лесосечного участка: от устья к водоразделу или от водораздела к устью. Участок разраба-

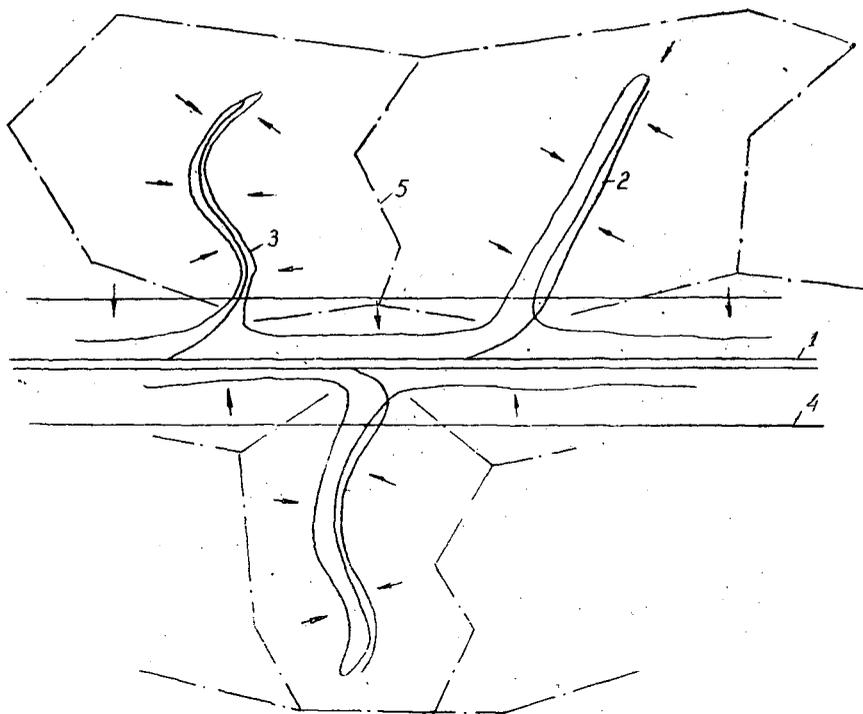


Рис. 1. Принципиальная схема лесовозных дорог и прилегающих к ним склонов.

1 — магистральная дорога или ветка; 2 — временная дорога (ус);  
3 — пологина склона; 4 — граница вырубленной полосы; 5 — линия водораздела;  
стрелками показаны направления склонов.

тывается частями, вдоль длины лога. Погрузочные площадки строятся в начале каждой части лесосеки, направление трелевки по дну лога всегда под уклон.

При достаточной ширине, когда на одном и том же участке дна лога одновременно могут быть построены и временная лесовозная дорога, и трелевочный волок, вся лесосека может разрабатываться одновременно на всем протяжении от устья до водораздела.

В общем виде затраты на  $1 \text{ м}^3$  древесины, вывозимой по временной дороге, можно рассматривать как сумму затрат  $C$ , которая будет равна

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (1)$$

где  $C$  — сумма затрат, руб./ $\text{м}^3$ ;

$C_1$  — затраты по строительству и эксплуатации временной дороги (усов) для автомобильных дорог; или строительству, эксплуатации и разборке ужд, руб./ $\text{м}^3$ ;

$C_2$  — затраты по устройству погрузочных площадок, руб./ $\text{м}^3$ ;

$C_3$  — затраты по перемещению древесины от пня до погрузочных площадок, руб./ $\text{м}^3$ .

Формула (1) выведена для лесосечного участка прямоугольной формы. В каждом случае к равновеликому по площади прямоугольнику приводится лесосека любой конфигурации (рис. 2).

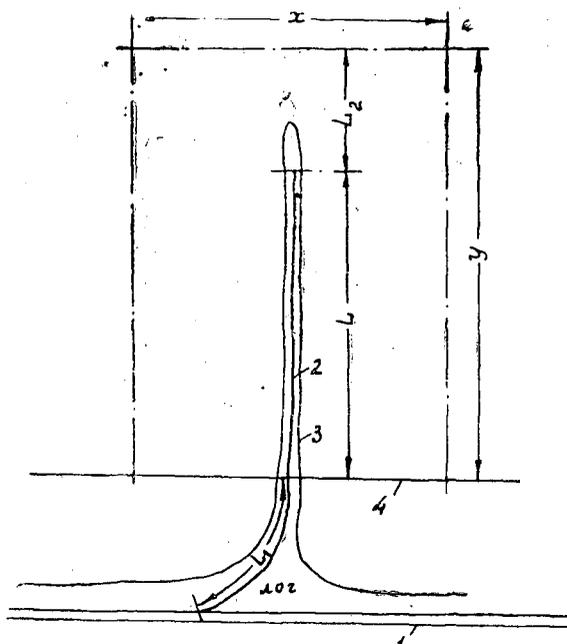


Рис. 2. Лесосечный участок, приведенный к равновеликому по площади прямоугольнику.  
 $x$  — ширина лесосеки;  $y$  — длина лесосеки;  $L$  — длина дороги в пределах лесорубочного участка;  $L_1$  — длина дороги на вырубленной части;  $L_2$  — протяженность участка, на котором не строится дорога; 1, 2, 3, 4 см. на рис. 1.

Определение значения  $C_1$

$\frac{10000}{x}$  — протяжение путей в зоне тяготения к временной дороге площади в 1 га, м;

$\frac{10}{x}$  — то же, км;

$Q$  — запас древесины на 1 га,  $m^3$ ;

$a$  — стоимость строительства и эксплуатации 1 км автомобильной дороги или строительства, эксплуатации и разборки 1 км ужд, руб/км.

Стоимость строительства и эксплуатации временной дороги в зоне тяготения площади древостоев в 1 га равна.

$$C' = a \frac{10}{x}, \text{ руб.} \tag{2}$$

В переводе на 1  $m^3$  древесины

$$C' = \frac{10a}{Q \cdot x}, \frac{\text{руб.}}{m^3} \tag{3}$$

Формула (3) определяет затраты на строительство и эксплуатацию временных дорог в простейшем случае, когда эксплуатируемые древостои растут вдоль всей дороги, а строительство ведется через всю длину лесосечного участка. В практике приведенный случай может встретиться лишь как исключение, и поэтому для определения затрат  $C_1$  в формулу (3) вводятся соответствующие дополнения.

$$C_1 = \frac{10a}{Q \cdot x} + \frac{10\,000 a L_1}{Q \cdot x \cdot y} - \frac{10\,000 a L_2}{Q \cdot x \cdot y}, \quad \frac{\text{руб.}}{\text{м}^3}. \quad (4)$$

Второе слагаемое учитывает затраты по строительству дороги протяжением  $L_1$  км на вырубленной площади и отнесенные к 1 м<sup>3</sup> древесины. Третье слагаемое уменьшает затраты за счет участка длиной  $L_2$  км, на котором дорога не строится (рис. 2).

Преобразовав выражение (4), получим

$$C_1 = \frac{10a}{Q \cdot x} \left( 1 + \frac{1000L_1}{y} - \frac{1000L_2}{y} \right), \quad \frac{\text{руб.}}{\text{м}^3}. \quad (5)$$

Стороны  $x$  и  $y$  приведенного прямоугольника определяются следующим методом:

1. Вычисляется площадь  $S$  лесосеки существующей конфигурации и размеров.

2. От пункта примыкания к магистрали или ветке измеряется на чертеже или в натуре длина всей трассы проектируемой временной дороги с расчленением на отрезки  $L$ ,  $L_1$ ,  $L_2$ .

Вычисляется длина лесосеки, приведенной к прямоугольнику, которая равна

$$y = L + L_2, \quad \text{м.} \quad (6)$$

В отдельных случаях, в зависимости от направления водораздельных линий, для более точных расчетов следует учитывать величину  $L_3$ , равную половине расстояния по трассе между началом лесосечного участка и линией, соединяющей правую и левую угловые точки излома водораздельных линий (рис. 3).

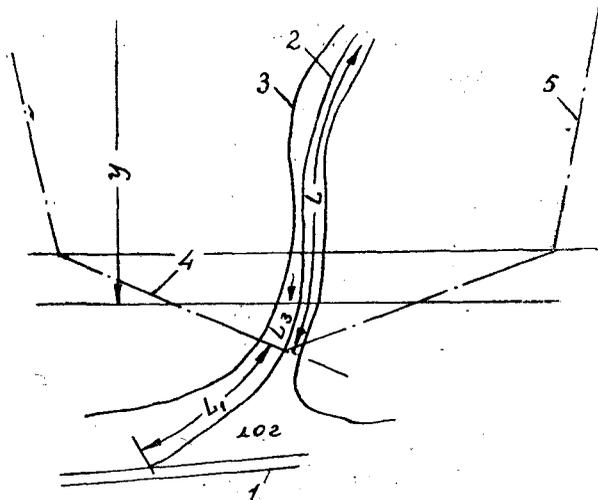


Рис. 3. Вспомогательный чертеж для определения длины лесосеки  $y$  (обозначения те же).

Тогда

$$y = L + L_2 - L_3, \quad \text{м} \quad (7)$$

3. Вычисляется ширина лесосеки

$$x = \frac{S}{y}, \quad \text{м.} \quad (8)$$

### Определение значений $C_2$ и $C_3$

Величина затрат  $C_2$  зависит от числа погрузочных площадок, расположенных вдоль дороги.

Узнаем вначале расстояние  $y_1$  между погрузочными площадками (см. рис. 4).

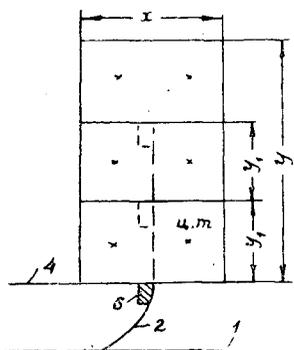


Рис. 4. Вспомогательный чертеж для определения расстояния между площадками  $y_1$  ( $b$  — погрузочная площадка).

Наивыгоднейшее расстояние между погрузочными площадками может быть определено по сумме переменных затрат  $C''$ , приходящихся на  $1 \text{ м}^3$  древесины.

Затраты  $C''$  состояются из затрат на устройство погрузочной площадки  $C_2$  и на трелевку древесины  $C_3$

$$C'' = C_2 + C_3. \quad (9)$$

$$C_2 = \frac{10000b}{Q \cdot x \cdot y_1}, \frac{\text{руб.}}{\text{м}^3} \quad (10)$$

где  $b$  — стоимость строительства одной погрузочной площадки, руб.;

$x \cdot y_1$  — площадь участка, тяготеющего к одной погрузочной площадке,  $\text{м}^2$ .

$$C_3 = \frac{d}{\Pi_{\text{см}}}, \frac{\text{руб.}}{\text{м}^3}, \quad (11)$$

где  $d$  — стоимость машино-смены трактора на трелевке, руб.;

$\Pi_{\text{см}}$  — сменная норма выработки трактора,  $\text{м}^3$ .

Выразив значение  $\Pi_{\text{см}}$  через составляющие его элементы и соответственно преобразовав выражение (11), получим

$$C_3 = \frac{d(x + 2y_1 + 2v_{\text{ср}} \cdot t)}{(T - t_{\text{п.з}}) \cdot 2v_{\text{ср}} \cdot q}, \frac{\text{руб.}}{\text{м}^3}, \quad (12)$$

где  $v_{\text{ср}}$  — средняя скорость хода трактора в обоих направлениях,  $\text{м/мин}$ ;

$T$  — продолжительность машино-смены,  $\text{мин}$ ;

$t$  — время на формирование, сбрасывание вoза и другие простои,  $\text{мин}$ ;

$t_{\text{п.з}}$  — подготовительно-заключительное время,  $\text{мин}$ ;

$q$  — нагрузка на рейс,  $\text{м}^3$ .

Заменяем в выражении (9) величины  $C_2$  и  $C_3$  их значениями из формул (10) и (12)

$$C'' = \frac{10000b}{Q \cdot x \cdot y_1} + \frac{d(x + 2y_1 + 2v_{\text{ср}} \cdot t)}{q(T - t_{\text{п.з}}) \cdot 2v_{\text{ср}}}, \frac{\text{руб.}}{\text{м}^3}. \quad (13)$$

Принимаем  $\frac{10000b}{Q} = A$ ;  $\frac{d}{q(T - t_{\text{п.з}}) \cdot 2v_{\text{ср}}} = B$ ;  $\frac{d \cdot t}{q(T - t_{\text{п.з}})} = D$ .

Преобразовав формулу (13), получим

$$C'' = A \frac{1}{x \cdot y_1} + B(x + 2y_1) + D, \quad (14)$$

где  $A$  — параметр, отражающий стоимость устройства погрузочной площадки и запас древесины на  $1 \text{ га}$ ;

$B$  и  $D$  — параметры, отражающие стоимость машино-смены и условия эксплуатации тракторов.

В формуле (14) расходы по устройству погрузочной площадки и расходы по трелевке древесины от пня до погрузочной площадки выражены как функция сторон участка, тяготеющего к одной площадке

$$C'' = F(x, y_1). \quad (15)$$

Но сторона  $x$  участка есть величина, всегда заданная рельефом местности, поэтому определяется лишь расстояние  $y_1$  между погрузочными площадками.

Значение  $y_1$  находится из частной производной функции  $F(x, y_1)$ , приравненной нулю

$$\frac{\partial C''}{\partial y_1} = \frac{\partial}{\partial y_1} \left[ A \frac{1}{x \cdot y_1} + B(x + 2y_1) + D \right] = -\frac{A}{x \cdot y_1^2} + 2B = 0. \quad (16)$$

$$y_1 = \sqrt{\frac{A}{2B \cdot x}}, \text{ м.} \quad (17)$$

$$y_1 = 100 \sqrt{\frac{b \cdot q (T - t_{п.з}) \cdot v_{ср}}{Q \cdot d \cdot x}}, \text{ м.} \quad (18)$$

В формуле (18) не учитывается асимметрия склонов.

Определив оптимальное расстояние между погрузочными площадками, расположенными вдоль временной лесовозной дороги, и заменив в формуле (1) величины  $C_1, C_2, C_3$  их значениями из формул (5), (10), (11), получим в окончательном виде формулу для определения суммы затрат на 1 м<sup>3</sup> древесины.

$$C = \frac{10a}{Q \cdot x} \left( 1 + \frac{1000L_1}{y} - \frac{1000L_2}{y} \right) + \frac{10000b}{Q \cdot x \cdot y_1} + \frac{d}{\Pi_{см}}, \frac{\text{руб.}}{\text{м}^3}. \quad (19)$$

В том случае, когда стоимость строительства и эксплуатации 1 км дороги на участке  $L_1$  отличается от стоимости строительства 1 км дороги на участке  $L$ , формула будет иметь вид

$$C = \frac{10a}{Q \cdot x} \left( 1 - \frac{1000L_2}{y} \right) + \frac{10000 a_1 \cdot L_1}{Q \cdot x \cdot y} + \frac{10000b}{Q \cdot x \cdot y_1} + \frac{d}{\Pi_{см}}, \frac{\text{руб.}}{\text{м}^3}, \quad (20)$$

где  $a_1$  — стоимость строительства и эксплуатации 1 км автомобильной дороги или строительства, эксплуатации и разборки 1 км ужд на участке  $L_1$ , руб.

Формулы (19) и (20) не учитывают себестоимость вывозки древесины на участке временной лесовозной дороги.

Если трелевка древесины производится к погрузочным площадкам, расположенным непосредственно у ветки или магистральной дороги, то затраты по трелевке древесины определяются так:

$$C_4 = \frac{d}{\Pi_{см}} + \frac{b \cdot n}{Q \cdot S}, \frac{\text{руб.}}{\text{м}^3}, \quad (21)$$

где  $C_4$  — сумма затрат, руб/м<sup>3</sup>;

$\Pi_{см}$  — сменная норма выработки на трактор при трелевке к погрузочным площадкам, построенным у магистральной дороги или у ветки, м<sup>3</sup>;

$n$  — число погрузочных площадок.

Вычисленные для сравнения показатели  $C$  и  $C_4$  являются первым экономическим критерием целесообразности строительства временной лесовозной дороги. Вторым критерием служит уменьшенная потребность в одновременно работающих на трелевке тракторах в случае строительства временной дороги.

При условии строительства временной дороги потребное количество тракторов на трелевке равно

$$n_1 = \frac{Q \cdot S}{\Pi_{\text{см}} \cdot A_{\text{раб.дн}}} \quad (22)$$

При условии трелевки непосредственно к магистральной дороге или ветке потребное количество тракторов равно

$$n_2 = \frac{Q \cdot S}{\Pi'_{\text{см}} \cdot A_{\text{раб.дн}}} \quad (23)$$

где  $A_{\text{раб.дн}}$  — число рабочих дней по плану, в течение которых будет разрабатываться лесосека.

Разность в потребном числе тракторов при условии работы по первому и второму вариантам равна

$$n_3 = n_2 - n_1 \quad (24)$$

Третий, немаловажный, но численно не выражаемый критерий целесообразности строительства временной лесовозной дороги — это устойчивый режим работы всего предприятия при трелевке древесины на короткие расстояния.

Если  $C = C_4$  или  $C_4 > C$ , то целесообразность строительства временной дороги ясно выражена.

При неравенстве  $C_4 > C$  снижаются расходы, уменьшается количество одновременно работающих на трелевке тракторов, сокращается расстояние трелевки, при этом создаются условия для устойчивого режима работы предприятия.

При равенстве  $C_4 = C$  экономии в расходах нет, но есть два других положительных фактора, как и в том случае, когда  $C_4 > C$ .

В обоих рассмотренных случаях не учитывается снижение расходов  $C_5$  на ремонт тракторов, которое имеет место при одновременной работе на трелевке меньшего числа машин, и которое, в переводе на 1 м<sup>3</sup> стрелеванной древесины, будет равно

$$C_5 = \frac{e \cdot n_3}{Q \cdot S}, \quad \frac{\text{руб.}}{\text{м}^3}, \quad (25)$$

где  $e$  — стоимость ремонта одного трактора за время работы на лесосеке, руб.

Следовательно, если учесть и расходы по ремонту тракторов, то экономическая целесообразность строительства временной лесовозной дороги на площади бассейна того или иного лога, занятого пригодными для эксплуатации древостоями, будет доказана при численных значениях  $C$ ,  $C_4$ ,  $C_5$ , соответствующих условию

$$C - C_5 \leq C_4 \quad (26)$$

На основании этого вывода можно вычислить для каждого случая экономически оправдываемую максимально допустимую стоимость строительства 1 км дороги

$$a_{\text{max}} = \frac{Q \cdot x \left( C_{\text{max}} - \frac{10000 b}{Q \cdot x \cdot y_1} - \frac{d}{\Pi_{\text{см}}} \right)}{10 \left( 1 + \frac{1000L_1}{y} - \frac{1000L_2}{y} \right)}, \quad \frac{\text{руб.}}{\text{м}^3}, \quad (27)$$

где  $C_{\text{max}} = C_4 + C_5$ .

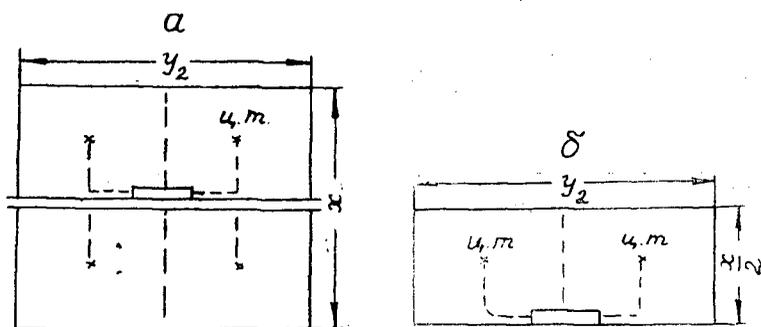


Рис. 5. Схемы трелевки древесины: а — трелевка с обоих склонов; б — трелевка с одного склона.

В формулы (19), (20), (27) входит расстояние между погрузочными площадками  $y_1$ , которое при постройке дороги по узкому логу и односторонности в направлении трелевки на погрузочную площадку рассчитывается по формуле (18).

В производственных условиях возможны случаи и двухстороннего направления трелевки на погрузочную площадку, а сама площадка может быть построена посередине тяготеющего к ней участка. Древесина трелется на площадку либо с обоих склонов (рис. 5а), либо с одного (рис. 5б).

При трелевке древесины на погрузочную площадку с обоих склонов расстояние между погрузочными площадками равно

$$y_2 = 142 \sqrt{\frac{b \cdot q (T - t_{п.з}) \cdot v_{ср}}{Q \cdot d \cdot x}}, \text{ м.} \quad (28)$$

При трелевке древесины на погрузочную площадку только с одного склона расстояние между погрузочными площадками равно

$$y_2 = 200 \sqrt{\frac{b \cdot q (T - t_{п.з}) \cdot v_{ср}}{Q \cdot d \cdot x}}, \text{ м.} \quad (29)$$

Пользуясь формулами (19), (20), (27), расстояние между погрузочными площадками, в зависимости от проектируемого их размещения, следует считать по одной из формул (18), (28), (29).

Изложенная методика и формулы позволяют расчетным путем проектировать сеть временных лесовозных дорог при трелевке древесины тракторами в условиях холмистого и горного рельефа.

Сам принцип приведения лесосеки любой конфигурации к равноугольному прямоугольнику может применяться при проектировании транспортной сети.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. В. Буверт и др. Сухопутный транспорт леса. Гослесбуиздат, 1951.  
 [2]. С. К. Лебедев. Лесорубочный участок, его наиболее выгодные размеры и расстояния трелевки. Изд. НИСа Архангельского лесотехнического института им. В. В. Куйбышева, 1939. [3]. В. Г. Нестеров. Оптимальные размеры лесосек при механизированной заготовке леса. Гослесбуиздат, 1953.

## О ВОЗМОЖНОСТИ КРУГЛОГODOVOЙ ЗАНЯТОСТИ РАБОЧИХ В ЛЕСОСПЛАВНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

**П. И. ПЛАТОНОВ**

Доцент, кандидат экономических наук

(Московский лесотехнический институт).

За семилетие 1959—1965 гг. годовые объемы лесосплава будут увеличены на 31 млн. м<sup>3</sup> и составят в 1965 г. 148 млн. м<sup>3</sup>, а к 1975 г. — 165—170 млн. м<sup>3</sup>. При увеличивающихся объемах лесосплава и неуклонном росте его технической оснащенности с каждым годом все более насущной становится проблема перевода лесосплавных предприятий на работу с постоянными кадрами рабочих.

Однако решение этой задачи связано с известной трудностью, так как подавляющая масса основных, довольно трудоемких работ выполняется в короткий период навигации продолжительностью 5—6 месяцев.

По тресту «Камлесосплав» потребность в рабочих в I квартале года составляет 18,6% общегодовых трудозатрат, во II — 29,7%, в III — 31,6%, в IV — 20,1%. По отдельным предприятиям треста эти различия еще больше. Например, на Иньвенском рейде минимальная среднеквартальная потребность в рабочих для проведения лесосплавных работ составляет 10,4% от общегодовых трудозатрат, максимальная — 33,8%, на Орлинском рейде — соответственно 15,4 и 38,3%, в Косинской сплавконторе — 12,1 и 34,9%. К тому же следует иметь в виду максимальные потребности в рабочих на более короткий период работ. Так, в отдельных предприятиях треста «Камлесосплав» потребность в рабочих в период проведения молевого сплава в 4—5 раз выше средней потребности в рабочих в межнавигационный период. Разрыв между максимальной потребностью в рабочих летом и минимальной зимой может быть значительно уменьшен за счет роста производительности труда при дальнейшей механизации работ, совершенствовании производственного процесса, улучшении организации труда, высококачественном и своевременном проведении подготовительных работ и т. п. Но при большом различии объемов работ таким образом нельзя ликвидировать этот разрыв.

Следовательно, для обеспечения круглогодовой занятости рабочих в лесосплавных предприятиях прежде всего необходимо более или менее равномерное распределение объемов работ по периодам года, то есть перенесение части работ, выполняемых летом, на зимний период.

Одним из наиболее распространенных путей в этом направлении является организация межнавигационной (зимней) сплотки и проведение зимой значительной части подготовительно-вспомогательных работ.

Об эффективности данных мероприятий можно судить по результатам работы Чусовского рейда (табл. 1).

Таблица 1

Варианты	Потребность трудозатрат (в процентах к общегодовым) по кварталам года			
	I	II	III	IV
Отсутствие зимней сплотки . . . . .	5,2	26,8	44,5	23,5
Наличие зимней сплотки . . . . .	17,6	23,7	32,2	26,5
Перенесение части подготовительно-вспомогательных работ на зимний период и зимняя сплотка . . . . .	23,8	25,8	27,2	23,2

Организация зимней сплотки в значительных объемах (293 тыс. м<sup>3</sup> из 727 тыс. м<sup>3</sup> в 1960 г.) дала возможность ликвидировать имевшееся ранее большое различие между потребностями в рабочих по периодам года. Колебания среднеквартальной потребности в рабочих сократились с 309 до 114 человек, а средняя месячная — с 373 до 168.

Еще более равномерная потребность в рабочих по кварталам года могла бы быть достигнута на рейде, если одновременно были бы правильно распределены по временам года подготовительно-вспомогательные работы. Часть их с успехом можно было бы выполнять в зимний период (табл. 1).

Но, к сожалению, эти мероприятия нельзя проводить повсеместно, так как замена молевого сплава плотовым зимней сплотки возможна не на всех реках.

К тому же себестоимость зимней сплотки, как известно, больше, чем летней, поэтому при решении вопроса относительно целесообразности ее организации нельзя исходить только из соображений возможности обеспечения круглогодичной занятости рабочих. Надо сопоставить сумму превышения себестоимости зимней сплотки над летней с той суммой экономии, которая может быть получена при сплаве леса зимней сплотки по сравнению с молевым.

Затраты на проведение как зимней, так и летней сплотки древесины зависят от уровня механизации этих работ, видов применяемых механизмов, объемов работ, степени концентрации производства, условий и места проведения сплотки и других факторов; поэтому в различных предприятиях размер превышения себестоимости зимней сплотки над летней может быть различным. Точно так же, в зависимости от условий, будут различными и затраты на осуществление молевого сплава и плотового зимней сплотки.

При обосновании зимней сплотки должно быть также принято во внимание сокращение сроков доставки древесины потребителю, повышение сплавопропускной способности реки вследствие лучшего использования весеннего полноводного периода и ряд других преимуществ.

Вторым важнейшим направлением, способствующим созданию условий для перехода лесосплавных предприятий на работу с постоянными кадрами рабочих, является комбинирование лесосплава с лесозаготовками и первичной обработкой древесины (лесопилением, шпалопилением, тарным производством и производством деталей для стандартного домостроения).

Сочетание лесосплава с лесозаготовками позволило, например, Рябининскому и Тетеринскому рейдам треста «Камлесосплав» почти полностью отказаться от привлечения сезонных рабочих. При организации лесозаготовок значительно сократилась потребность в сезонных рабочих на Керчевском рейде, в Лойнской и Сылвенской сплавных конторах.

Об изменениях квартальной структуры трудовых затрат на Рябининском и Тетеринском рейдах, вызванных организацией лесозаготовок в межнавигационный период, можно судить по данным табл. 2.

Таблица 2

Рейды	Потребность трудовых затрат (в процентах к годовым) по кварталам года на лесосплаве (на сплаве и лесозаготовках)			
	I	II	III	IV
Рябининский . . . . .	$\frac{22,0}{22,4}$	$\frac{30,9}{25,5}$	$\frac{32,9}{27,0}$	$\frac{14,2}{25,1}$
Тетеринский . . . . .	$\frac{19,0}{21,9}$	$\frac{28,6}{25,9}$	$\frac{29,5}{27,0}$	$\frac{22,9}{25,2}$

Приведенные в табл. 2 изменения в структуре трудовых затрат достигнуты при сравнительно малых годовых объемах лесозаготовок (Рябининский рейд — 64 тыс. м<sup>3</sup>, Тетеринский — 53,6 тыс. м<sup>3</sup>). При дальнейшем намечаемом увеличении объемов лесозаготовок в данных предприятиях до 90—95 тыс. м<sup>3</sup> в год и правильном распределении их по месяцам межнавигационного периода имеется возможность полностью выравнять потребности в рабочих в различные периоды года, о чем свидетельствует многолетний опыт работы Пашской сплавной конторы треста «Ленлес».

Однако сочетание лесосплава с лесозаготовками в рамках одного и того же предприятия не всегда целесообразно. Оно будет оправданным лишь в том случае, если лесосплавное и лесозаготовительное производства территориально не разобщены. В противном случае невозможно создать наилучшие жилищно-бытовые условия для рабочих и их семей.

При отсутствии в районе расположения лесосплавного предприятия достаточной сырьевой базы для организации лесозаготовок более целесообразно комбинирование лесосплава с производствами по первичной обработке древесины.

Таблица 3

Рейды	Потребность трудовых затрат (в процентах к годовым) по кварталам года на лесосплаве (на сплаве и шпалопилении)			
	I	II	III	IV
Камский . . . . .	$\frac{19,0}{21,7}$	$\frac{31,9}{28,1}$	$\frac{27,0}{26,2}$	$\frac{22,1}{24,0}$
Сарапульский . . . . .	$\frac{19,2}{22,0}$	$\frac{28,3}{27,2}$	$\frac{30,1}{28,1}$	$\frac{22,4}{22,7}$

Подобное комбинирование возможно на предприятиях, имеющих транспортные связи с потребителями продукции деревообработки. При отсутствии этих связей объемы деревообрабатывающих производств устанавливаются в размерах, обеспечивающих лишь местные потребности.

Широкие возможности для комбинирования лесосплава с деревообрабатывающими производствами имеют сплавные предприятия на судоходных реках, так как они располагают сырьем для того или иного про-

изводства. По тресту «Камлесосплав» к таким относятся Камский, Сарапульский, Ново-Ильинский и некоторые другие рейды.

В табл. 3 показано изменение квартальной структуры трудозатрат на Камском и Сарапульском рейдах, происшедшее в результате комбинирования лесосплава со шпалопилением.

Для обеспечения круглогодичной занятости рабочих совершенно необходимо, чтобы основной объем деревообрабатывающих производств приходился на межнавигационный период.

При неправильном распределении объемов деревообрабатывающих производств колебания потребностей в рабочих в различные периоды года могут возрасти. Примером тому служит комбинирование лесосплава со шпалопилением, лесопилением и тарным производством на Ново-Ильинском рейде (табл. 4), где среднеквартальные потребности в рабочих возросли с 530 до 840 человек.

Таблица 4

Деревообрабатывающие производства	Распределение объемов деревообрабатывающих производств (в процентах к годовым) по кварталам года			
	I	II	III	IV
Шпалопиление . . . . .	18,5	14,8	35,8	30,9
Лесопиление . . . . .	17,6	19,7	29,1	33,6
Тарное производство . . . . .	23,6	3,0	37,8	35,6

Из-за ограниченности территории склада Ново-Ильинский рейд в настоящее время не имеет возможности обеспечить необходимый запас сырья для работы деревообрабатывающих цехов в течение всего межнавигационного периода.

В связи с осуществляемым расширением склада сырья и увеличением производственных мощностей деревообрабатывающих цехов становится возможным на Ново-Ильинском рейде увеличить годовые объемы шпалопиления по сырью до 120 тыс. м<sup>3</sup>, лесопиления — до 130 тыс. м<sup>3</sup>, тарного производства — до 15 тыс. м<sup>3</sup> готовых тарных комплектов.

Для обеспечения равномерной круглогодичной занятости рабочих на Ново-Ильинском рейде, с учетом сложившегося распределения трудозатрат по сплаву леса и производственных возможностей отдельных цехов, по нашему мнению, целесообразно распределить годовые объемы производства деревообработки по месяцам следующим образом (табл. 5).

Таблица 5

Деревообрабатывающие производства	Распределение годовых объемов деревообрабатывающих производств (в процентах к годовым) по месяцам											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Шпалопиление	17,6	17,6	11,7	6,1	5,9	6,1	—	—	—	6,1	11,3	17,6
Лесопиление	15,3	10,2	10,2	10,2	5,4	5,4	—	5,4	5,4	5,4	11,0	16,1
Тарное производство	12,5	12,5	12,5	12,5	8,3	8,3	—	—	—	8,4	12,5	12,5

Одной из основных причин слабого развития деревообрабатывающих производств в лесосплавных предприятиях является последующая отправка лесоматериалов потребителю в плотах. Широкая же организация судовых перевозок, намечаемая в Волжско-Камском бассейне, позволит многим лесосплавным предприятиям этого бассейна отправлять значительную часть лесоматериалов не в круглом, а в облагороженном виде (пиломатериалы, шпалы и т. п.). В этих условиях комбинирование лесосплава с лесопилением, шпалопилением, тарным производством и производством деталей для стандартного домостроения должно послужить для многих лесосплавных предприятий главным направлением в обеспечении круглогодичной занятости рабочих.

---

Поступила в редакцию  
21 октября 1960 г.

## РЕНТГЕНОСТРУКТУРА БЕРЕЗЫ ТОРЦОВОГО ГНУТЬЯ

Т. П. ХУХРЯНСКАЯ

Ассистент

(Воронежский лесотехнический институт)

Основной механической тканью древесины, как известно, является целлюлоза. Рентгеновские исследования показали, что в целлюлозе имеется большое количество кристаллизованных областей (процент кристалличности доходит до 90 [3]). Исходя из того, что число интерференционных колец, их диаметры и относительная интенсивность одинаковы для всех образцов природной целлюлозы, А. И. Китайгородский делает вывод, что «строение элементарной ячейки целлюлозы является неизменным во всех образцах; разные образцы отличаются друг от друга степенью текстуры, размером кристаллитов и степенью кристалличности». На основе вывода А. И. Китайгородского можно ожидать, что рентгенограммы для всех древесных пород должны иметь одинаковый вид, что и подтверждается снимками древесины сосны, ели, дуба, липы, осины, бука и клена. Различие наблюдается только по величине главного экваториального максимума, то есть по степени текстуры.

Ф. П. Белянкин [1], изучая рентгеноструктуру древесины, подвергнутой испытанию на усталость при изгибе, установил, что в результате повторного изгиба происходит изменение параметров решетки, дезориентировка и размельчение кристаллитов целлюлозы.

Кристаллическое строение волокон целлюлозы при равномерном одноосном прессовании древесины не изменяется, наблюдается лишь некоторое изменение в ориентации волокон относительно оси текстуры [5].

В древесине при торцовом гнутье происходит неравномерное прессование с одновременным искривлением оси изгибаемой пластинки. При такой деформации появляются скальвающие напряжения, которые могут оказать некоторое влияние на кристаллическую структуру древесины.

Поэтому перед нами была поставлена цель выяснить, влияет ли торцовое гнутье на структуру древесины, а если влияет, то как.

Испытанию подвергалась древесина березы торцового гнутья. Из втулки с внешним диаметром 73 мм и внутренним 23 мм была выпилена кольцеобразная пластинка толщиной 4 мм, из которой радиально в трех местах вырезались образцы размером 4 × 1 × 25 мм.

Рентгенограммы были получены для четырех слоев по высоте образца. Так как при торцовом гнутье степень прессования древесины изменяется по закону

$$\varepsilon = \frac{z}{\rho} 100\%.$$

где  $\rho$  — внешний радиус заготовки,  
 $z$  — расстояние исследуемого слоя от внешнего,  
 то выбранные четыре точки соответствуют четырем степеням прессования: 0,22; 48 и 68 %.

Рентгенограммы получены как при прохождении рентгеновских лучей поперек волокон в направлении прессования и в направлении, перпендикулярном прессованию, так и при прохождении рентгеновских лучей вдоль волокон

Съемка производилась на рентгеновском аппарате ЛРЗ с электронной трубкой при медном аноде. Режим работы аппарата был постоянным: сила тока — 10 ма, напряжение — 35—40 кв, время экспозиции — 3,5 час, расстояние между образцом и пленкой — 7,3 см. Была использована камера прямой съемки с плоской кассетой и круглой диафрагмой диаметром 1 мм. Применялась пленка X-рентген, чувствительностью 250 ед. и размером  $9 \times 12$  см. Всего получено 30 рентгенограмм, из них 24 — при прохождении рентгеновских лучей поперек волокон и 6 — в торец.

Расшифровка рентгенограмм произведена обычным методом, принятым в рентгеноструктурном анализе [2], [4].

По формуле  $\operatorname{tg} 2\theta = \frac{r}{A}$  найден угол отражения рентгеновских лучей;  $r$  — радиус дебаевского кольца,  $A$  — расстояние между образцом и пленкой.

По формуле Вульфа—Брэгга находим межплоскостное расстояние  $d$ , если известно  $\theta$

$$2d \sin \theta = n\lambda,$$

где  $\lambda$  — длина волны характеристического излучения (в нашем случае

$$\lambda = k_{\alpha \text{ меди}} = 1,539 \text{ \AA}).$$

Индексы отражающих плоскостей ( $h, k, l$ ) можно найти методом подбора по квадратичной форме:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2 \sin^2 \beta} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2 \sin^2 \beta} - \frac{2hl \cos \beta}{ac \sin^2 \beta},$$

$a = 8,35 \text{ \AA}$ ;  $b = 10,3 \text{ \AA}$ ;  $c = 7,95 \text{ \AA}$  и  $\beta = 84^\circ$  — параметры кристаллической решетки естественной целлюлозы.

Угол наклона  $\rho^\circ$  отражающих плоскостей к оси текстуры находится из уравнения:

$$\sin \rho^\circ = \cos \theta \cdot \cos \delta,$$

где  $\delta$  — угол между вертикальной линией, проходящей через центр рентгенограммы и направлением на отраженное пятно.

Расшифровка рентгенограмм показывает, что при торцовом гнутье структурных изменений не происходит: при прохождении лучей поперек волокон расстояния между дебаевскими кольцами остаются постоянными для всех рентгенограмм.

В табл. 1 приведены данные расшифровки 24 рентгенограмм, полученных от древесины березы торцового гнутья. На рентгенограммах обнаружено 7 колец, на первом и четвертом находятся главные максимумы (по ним в дальнейшем определялись текстурные изменения, происходящие в древесине при торцовом гнутье). На рис. 1 представлены типичные рентгенограммы древесины березы.

Как видно из табл. 1, отражающие плоскости с индексами (200) и (101) параллельны оси текстуры ( $\rho = 0$ ), за которую принимается ось  $b$  кристаллической ячейки целлюлозы; значит положение плоскостей (200) и (101) будет определять положение волокон целлюлозы в клеточной

Таблица 1

№ кольца	Радиус кольца $r$ , мм	$\operatorname{tg} 2\theta = \frac{r}{A}$	Угол отражения рентгеновских лучей, $^\circ$	Межплоскостное расстояние, $\text{d}\text{A}$	Индексы отражающих плоскостей ( $h, k, l$ )	Угол между вертикалью и направлением пята из центра рентгенограммы, $^\circ$	Угол наклона отражающих плоскостей к оси волокна, $^\circ$
1	19,5	0,267	$7^\circ 30'$	5,9	(101)	$90^\circ 270^\circ$	0
2	23	0,315	$8^\circ 45'$	5,1	(020)	$0^\circ 180^\circ$	$81^\circ 15'$
3	26	0,356	$9^\circ 45'$	4,5	(120)	$30^\circ 150^\circ 210^\circ 330^\circ$	$58^\circ$
4	29	0,397	$10^\circ 50'$	4,1	(200)	$90^\circ 270^\circ$	0
5	36,5	0,500	$13^\circ 15'$	3,35	(220)	$20^\circ 160^\circ 200^\circ 340^\circ$	$66^\circ 10'$
6	43	0,589	$15^\circ 15'$	2,9	(212)	$0^\circ 180^\circ$	$74^\circ 45'$
7	49	0,670	$16^\circ 56'$	2,65	(310)	$0^\circ$ $38^\circ$ $142^\circ$ $180^\circ$ $218^\circ$ $322^\circ$	$73^\circ$ $48^\circ 50'$ $48^\circ 50'$ $73^\circ$ $48^\circ 50'$ $48^\circ 50'$

оболочке древесины. Так как главные максимумы вытянуты по кольцу, то ориентацию целлюлозных волокон определяем по ширине максимумов.

Для определения их ширины все рентгенограммы были профотометрированы на микрофотометре типа МФ-2 по кольцу 4. Интенсивность лучей замерялась через  $5^\circ$ . Затем для всех рентгенограмм были построены кривые интенсивности рентгеновских лучей. На рис. 2 представлены такие кривые в развернутом виде для второго образца; направление рентгеновского луча перпендикулярно направлению прессования.

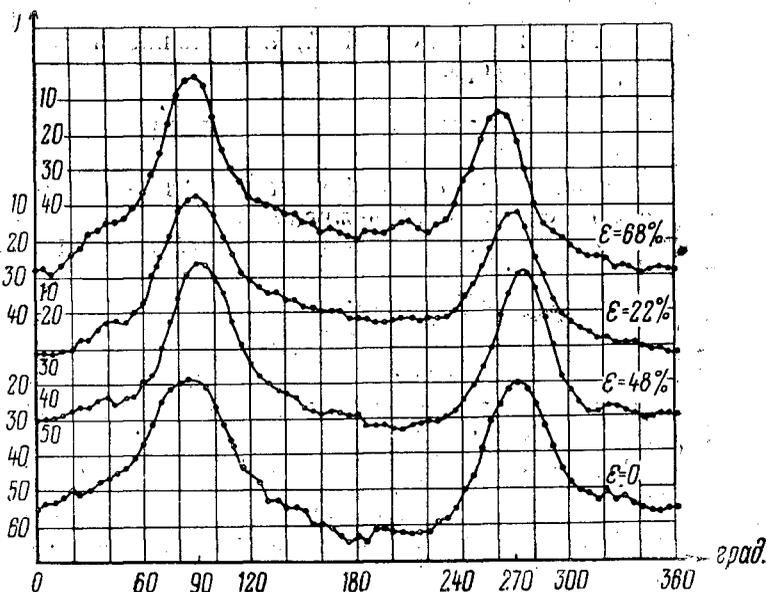


Рис. 2. Кривые интенсивности рентгеновских лучей.

Зная ширину максимума в градусах, можно найти крайние положения волокон целлюлозы относительно оси текстуры. Средние (из трех опытов) опытные данные представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, предельный угол отклонения волокон целлюлозы от оси текстуры при увеличении степени прессования изменяется.

Таблица 2

Степень прессования, $\varepsilon$ %	Угол отражения рентгеновских лучей $\theta$	Направление лучей в направлении прессования		Направление лучей перпендикулярно направлению прессования	
		ширина максимума в градусах	угол наклона волокон к оси текстуры, $\rho$	ширина максимума в градусах	угол наклона волокон к оси текстуры, $\rho$
0		32	15°30'	38	19°00'
22	10°50'	34	16°50'	36	17°40'
48		36	17°40'	34,7	17°10'
68		38	18°40'	32	15°50'

Увеличение угла в случае, когда направление лучей и направление прессования совпадают, показывает, что в плоскости, перпендикулярной направлению прессования, происходит уменьшение упорядоченности в расположении волокон целлюлозы.

Уменьшение же угла в случае, когда направление лучей перпендикулярно прессованию, показывает, что в плоскости прессования происходит увеличение упорядоченности в расположении волокон целлюлозы.

Это происходит потому, что стенки клеточек, лежащие в плоскости прессования, при прессовании сминаются, а волокна в них выпрямляются и повертываются к оси клеточки. Следовательно, угол отклонения волокон целлюлозы от оси клеточки уменьшается.

Стенки же клеточек, лежащие в плоскости, перпендикулярной направлению прессования, при прессовании сплющиваются, а волокна целлюлозы в них выпрямляются и повертываются от оси клеточки; происходит увеличение угла отклонения волокон целлюлозы от оси текстуры.

Следовательно, в плоскости прессования происходит изменение упорядоченности в расположении волокон целлюлозы в сторону улучшения (угол уменьшается), а в плоскости, перпендикулярной прессованию — ухудшения (угол увеличивается). Такие же выводы были получены нами ранее для древесины осины [5].

Изменение ориентации волокон целлюлозы в клеточных оболочках при прессовании должно сказаться на физико-механических свойствах древесины и прежде всего на истирании, что подтверждается данными П. Н. Хухрянского [6]. Поверхность, параллельная плоскости прессования (более ориентированная), стирается быстрее по сравнению с поверхностью, перпендикулярной направлению прессования (менее ориентированная), при истирании вдоль волокон. Так и должно быть потому, что более ориентированная поверхность меньше сопротивляется действующей силе (отдираемые волокна как бы скользят друг по другу). Поверхность же с менее ориентированными волокнами целлюлозы сильнее сопротивляется действующей силе, так как часть отдираемых волокон перерезается. Отсюда и различная толщина стружек: в первом случае больше, чем во втором.

На рис. 3 представлены графики зависимости среднего угла наклона ( $\rho$ ) волокон целлюлозы к оси текстуры от степени прессования древесины ( $\varepsilon$ ). Эти данные подтверждают предыдущий вывод.

На рентгенограммах, полученных при прохождении лучей вдоль волокон, обнаружены три равномерно затемненных кольца. Два первых ярко выражены и соответствуют 1 и 4 на рентгенограммах, полученных при прохождении лучей поперек волокон, то есть тем кольцам, на которых расположены главные максимумы.

Третье кольцо очень слабое и соответствует кольцу 7 на рентгенограммах, полученных при прохождении лучей поперек волокон. Равномерность потемнения колец показывает, что в торцовом направлении

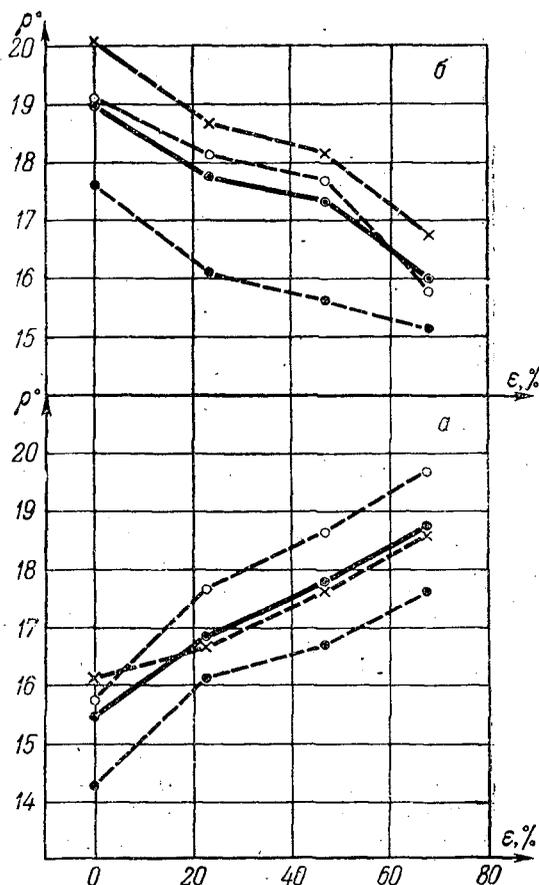


Рис. 3. Зависимость среднего угла наклона волокон целлюлозы к оси текстуры от степени прессования древесины.

*a* — направление рентгеновских лучей в направлении прессования; *b* — направление рентгеновских лучей перпендикулярно направлению прессования. Пунктирные линии — опытные данные, сплошные — средние данные.

волокна располагаются хаотически. При прессовании древесины расстояния между кольцами не изменяются, ширина их тоже остается постоянной — кольца не расплываются и не сужаются. Значит, при торцовом гнутье или при прессовании не возникает значительных по величине напряжений, которые искривляли бы кристаллическую решетку целлюлозы: последняя остается без изменений.

Гнутье на торец древесины в распаренном состоянии является одноосным неравномерным прессованием. При прессовании древесины в распаренном состоянии часть цементирующих веществ переходит в «раствор». Эти вещества (гемицеллюлоза и частично лигнин) при давлении как бы «текут». Поэтому скалывающие напряжения имеют малую величину, не оказывающую влияния на целлюлозный скелет, а, следовательно, и на вид рентгенограмм.

При прессовании древесины в нагретом сухом состоянии инкрусты переходят в «раствор» гораздо в меньшей степени по сравнению с распа-

ренной древесиной. Поэтому можно ожидать, что для прессованной древесины в нагретом сухом состоянии (в печах или контактным способом) скалывающие напряжения должны оказать большее влияние на структуру целлюлозы, чем для прессованной древесины в распаренном состоянии, а, следовательно, и на вид рентгенограмм.

### Выводы

1) Для гнутой на торец древесины, так же как и для древесины одноосного прессования, структурных изменений кристаллической решетки целлюлозы не происходит.

2) При гнутье на торец, так же как и при одноосном прессовании, с увеличением степени прессования происходит изменение ориентации волокон целлюлозы в клеточных оболочках древесины. В стенках клеток, лежащих в плоскости прессования, ориентация волокон целлюлозы увеличивается, а в стенках клеток, лежащих в плоскости, перпендикулярной направлению прессования, уменьшается.

3) Так как при прессовании древесины в распаренном состоянии структурных изменений в ней не происходит, то скалывающие напряжения, возникающие при прессовании или гнутье на торец, в древесине очень малы или вовсе отсутствуют.

### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ф. П. Белянкин. Міцність деревини під впливом повторного навантаження. Київ, 1936. [2]. Г л о к е р. Рентгеновские лучи. М.-Л., 1933. [3]. А. И. Китайгородский. Рентгеноструктурный анализ мелкокристаллических и аморфных тел. М.-Л., 1952. [4]. А. И. Китайгородский. Рентгеноструктурный анализ. М.-Л., 1950. [5]. Т. П. Хухрянская. Влияние прессования на структуру древесины осины и сосны. Труды Института Леса АН СССР, т. IX, 1953. [6]. П. Н. Хухрянский. Износ и трение прессованной древесины березы. Известия высших учебных заведений «Лесной журнал» № 4, 1959.

Поступила в редакцию  
15 января 1960 г.

**НАПРЯЖЕНИЯ ОТ СИЛ РЕЗАНИЯ В КРУГЛЫХ ПИЛАХ  
ПОСТОЯННОЙ ТОЛЩИНЫ**

**Г. С. ГУРКИН**

Кандидат технических наук

(Поволжский лесотехнический институт)

В процессе резания на заготовку в любой момент времени действуют сила резания  $P_t$  и сила отжима  $P_n$ , нормальная к силе резания. Очевидно такие же усилия, но противоположного направления воспринимаются пильным диском. Кроме указанных сил, приложенных по наружному контуру, на внутренний контур диска действуют силы давления пильного вала и крутящий момент.

Таким образом, схема действия сил, приложенных к диску, будет иметь следующий вид:

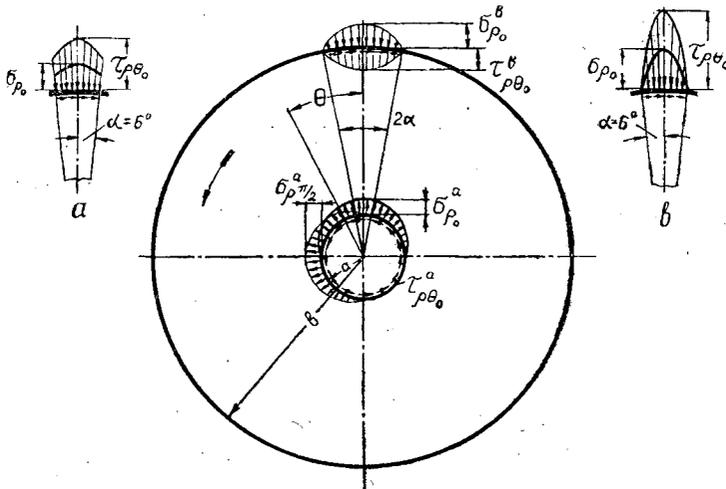


Рис. 1. Расчетная схема для определения напряжений от сил резания.

Общую схему сил разобьем на две системы, соответствующие воздействию на диск нормальной силы  $P_n$  и касательной силы  $P_t$ . Будем рассматривать эти системы раздельно.

Рассматривая условия равновесия первой и второй системы, найдем связь между параметрами, определяющими интенсивность соответствующих поверхностных сил:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\rho_0}^a &= \frac{2b \cos \alpha}{\alpha a (k^2 - 1)} \sigma_{\rho_0}^b \\ \sigma_{\frac{\rho}{2}}^a &= \tau_{\rho\theta_0}^b \frac{2b \cos \alpha}{\alpha a (k^2 - 1)} \\ \tau_{\rho\theta}^a &= \left(\frac{b}{a}\right)^2 \frac{2a}{\pi^2} \tau_{\rho\theta_0}^b \end{aligned} \right\} (1)$$

Используя эти равенства, можно написать следующие граничные условия, которым должны удовлетворять напряжения в диске при выходе на внешний и внутренний его контур:

Первая система сил

<p>а) внутренний контур</p> $\sigma_{\rho}^a = -\sigma_{\rho_0}^b \frac{2b \cos \alpha}{\alpha a (k^2 - 1)} \cos \Theta$ <p style="text-align: center;">при <math>\frac{\pi}{2} \geq \Theta \geq -\frac{\pi}{2}</math></p> $\sigma_{\rho}^a = 0 \quad \text{при } \frac{3}{2}\pi \geq \Theta \geq \frac{\pi}{2}$ $\tau_{\rho\theta}^a = 0 \quad \text{при } 2\pi \geq \Theta \geq 0$	<p>б) внешний контур</p> $\sigma_{\rho}^b = -\sigma_{\rho_0}^b \cos \frac{\Theta \pi}{\alpha 2}$ <p style="text-align: center;">при <math>\alpha \geq \Theta \geq -\alpha</math></p> $\sigma_{\rho}^b = 0 \quad \text{при } 2\pi - \alpha \geq \Theta \geq \alpha$ $\tau_{\rho\theta}^b = 0 \quad \text{при } 2\pi \geq \Theta \geq 0$
--	--

Вторая система сил

<p>а) внутренний контур</p> $\tau_{\rho\theta}^a = -\tau_{\rho\theta_0}^b \left(\frac{b}{a}\right)^2 \frac{2a}{\pi^2}$ <p style="text-align: center;">при <math>2\pi \geq \Theta \geq 0</math></p> $\sigma_{\rho}^a = -\tau_{\rho\theta_0}^b \frac{2b \cos \alpha}{\alpha a (k^2 - 1)} \sin \Theta$ <p style="text-align: center;">при <math>\pi \geq \Theta \geq 0</math></p> $\sigma_{\rho}^a = 0 \quad \text{при } 2\pi \geq \Theta \geq \pi$	<p>б) внешний контур</p> $\tau_{\rho\theta}^b = -\tau_{\rho\theta_0}^b \cos \frac{\Theta \pi}{\alpha 2}$ <p style="text-align: center;">при <math>\alpha \geq \Theta \geq -\alpha</math></p> $\tau_{\rho\theta}^b = 0$ <p style="text-align: center;">при <math>2\pi - \alpha \geq \Theta \geq \alpha</math></p> $\sigma_{\rho}^b = 0 \quad \text{при } 2\pi \geq \Theta \geq 0$
--	--

где обозначено

$$k = \frac{\pi}{2\alpha}$$

Проектируя силы, распределенные по наружному контуру на нормаль и касательную к последнему, получим зависимость  $\sigma_{\rho_0}^b$  и  $\tau_{\rho\theta_0}^b$  от нормальной и касательной составляющей силы резания:

$$\sigma_{\rho_0}^b = \frac{P_n \alpha (k^2 - 1)}{\pi b h \cos \alpha}; \quad \tau_{\rho\theta_0}^b = \frac{P_t \alpha (k^2 - 1)}{\pi b h \cos \alpha} \quad (3)$$

Общее решение для закона распределения напряжений в круглой пластинке при произвольной нагрузке опирается на функцию напряжений

Эри и использует частные решения уравнения  $\Delta\Delta F = 0$  (см. [1], [2]). Требуется найти некоторое число этих решений, снабдить каждое из них коэффициентом, который необходимо определить, и взять сумму этих решений, являющуюся также функцией Эри. Затем нужно найти напряжения и перемещения, определяемые этой функцией, и постараться определить свободные коэффициенты таким образом, чтобы напряжения и перемещения удовлетворяли заданным граничным условиям. Так как граничные условия (2) распадаются на две независимые системы, то и задачу по нахождению напряженного состояния можно разбить на две, соответствующие двум системам поверхностных сил. Решение первой задачи будем обозначать цифрой I. Решение второй — цифрой II.

Рассмотрим решение первой задачи. Разлагая  $\sigma_\rho^b$  и  $\sigma_\rho^a$  в ряд, получим

$$\sigma_\rho^b = -2 \frac{\sigma_{\rho_0}^b}{\pi} \left\{ \frac{1}{2k} + \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{k}{k^2 - n^2} \cos n\alpha \cos n\Theta \right\} \quad (4)$$

$$\sigma_\rho^a = -\sigma_{\rho_0}^b \frac{4b \cos \alpha}{\pi a a (k^2 - 1)} \left\{ \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{(1 - n^2)} \cos n \frac{\pi}{2} \cos n\Theta \right\} \quad (5)$$

Компоненты напряжений через функцию напряжений  $F^I$  могут быть выражены следующим образом (см. [2]).

$$\left. \begin{aligned} \sigma_\rho^I &= \frac{1}{\rho} \frac{\partial F^I}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 F^I}{\partial \Theta^2} \\ \sigma_\Theta^I &= \frac{\partial^2 F^I}{\partial \rho^2} \\ \tau_{\rho\Theta}^I &= \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial F^I}{\partial \Theta} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial^2 F^I}{\partial \rho \partial \Theta} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Условия совместности деформаций в данном случае приводятся к бигармоническому уравнению  $\Delta\Delta F^I = 0$ .

Функция напряжений, удовлетворяющая граничным условиям и указанному условию совместности деформаций, будет иметь вид (см. [1])

$$\begin{aligned} F^I &= a_0 \ln \rho + b_0 \rho^2 + \frac{a_1}{2} \rho \Theta \sin \Theta + (b_1 \rho^3 + a_1' \rho^{-1} + b_1' \rho \ln \rho) \cos \Theta - \\ &\quad - \frac{c_1}{2} \rho \Theta \cos \Theta + (d_1 \rho^3 + c_1' \rho^{-1} + d_1' \rho \ln \rho) \sin \Theta + \\ &\quad + \sum_{n=2}^{n=\infty} (a_n \rho^n + b_n \rho^{n+2} + a_n' \rho^{-n} + b_n' \rho^{-n+2}) \cos n\Theta \end{aligned} \quad (7)$$

Обозначим

$$\left. \begin{aligned} F_1^I &= a_0 \ln \rho + b_0 \rho^2 \\ F_2^I &= \frac{a_1}{2} \rho \Theta \sin \Theta + (b_1 \rho^3 + a_1' \rho^{-1} + b_1' \rho \ln \rho) \cos \Theta - \\ &\quad - \frac{c_1}{2} \rho \Theta \cos \Theta + (d_1 \rho^3 + c_1' \rho^{-1} + d_1' \rho \ln \rho) \sin \Theta \\ F_3^I &= \sum_{n=2}^{n=\infty} (a_n \rho^n + b_n \rho^{n+2} + a_n' \rho^{-n} + b_n' \rho^{-n+2}) \cos n\Theta \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

тогда

$$F^I = F_1^I + F_2^I + F_3^I.$$

Рассмотрим первую часть решения для случая осесимметричного распределения напряжений [3]. Выражения для компонентов напряжений будут иметь следующий вид

$$\left. \begin{aligned} (\sigma_\rho^I)_1 &= \frac{1}{\rho} \frac{\partial F_1^I}{\partial \rho} = \frac{a_0}{\rho} + 2b_0 \\ (\sigma_\theta^I)_1 &= \frac{\partial^2 F_1^I}{\partial \rho^2} = -\frac{a_0}{\rho} + 2b_0 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Применяя граничные условия (2), и используя первые члены разложения в ряд Фурье (4) и (5), получим значения коэффициентов  $a_0$  и  $2b_0$ , а затем, учитывая равенства (3), получим следующие выражения для компонентов напряжений

$$(\sigma_\rho^I)_1 = \frac{P_n}{hb} \frac{2\alpha(k^2-1)}{\pi^2(1-c^2)\cos\alpha} \left\{ \left[ \frac{\alpha}{\pi} - \frac{b\cos\alpha}{aa(k^2-1)} \right] \frac{a^2}{\rho^2} + \left[ \frac{a\cos\alpha}{ab(k^2-1)} - \frac{\alpha}{\pi} \right] \right\} \quad (10)$$

$$(\sigma_\theta^I)_1 = \frac{P_n}{hb} \frac{2\alpha(k^2-1)}{\pi^2(1-c^2)\cos\alpha} \left\{ \left[ \frac{b\cos\alpha}{aa(k^2-1)} - \frac{\alpha}{\pi} \right] \frac{a^2}{\rho^2} + \left[ \frac{a\cos\alpha}{ab(k^2-1)} - \frac{\alpha}{\pi} \right] \right\} \quad (11)$$

Рассмотрим вторую часть решения первой задачи. Подставляя выражения соответствующих дифференциальных операций над  $F_2^I$  в (9), получим выражения для компонентов напряжения, соответствующих второй части решения.

$$\left. \begin{aligned} (\sigma_\rho^I)_2 &= (2b_1\rho - 2a_1'\rho^{-3} + b_1'\rho^{-1} + a_1\rho^{-1}) \cos\theta + \\ &\quad + (2d_1\rho - 2c_1'\rho^{-3} + d_1'\rho^{-1} + c_1\rho^{-1}) \sin\theta \\ (\sigma_\theta^I)_2 &= (6b_1\rho + 2a_1'\rho^{-3} + b_1'\rho^{-1}) \cos\theta + (6d_1\rho + 2c_1'\rho^{-3} + d_1'\rho^{-1}) \sin\theta \\ (\tau_{\rho\theta}^I)_2 &= (2b_1\rho - 2a_1'\rho^{-3} + b_1'\rho^{-1}) \sin\theta - (2d_1\rho - 2c_1'\rho^{-3} + d_1'\rho^{-1}) \cos\theta \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Применяя граничные условия для  $\sigma_\rho$  и  $\tau_{\rho\theta}$  на внешнем и внутреннем контуре, учитывая разложения в ряд Фурье (4) и (5), а также используя условия однозначности перемещений, получим выражения для коэффициентов  $a_1$ ;  $a_1'$ ;  $b_1$ ;  $b_1'$ ;  $c_1$ ;  $c_1'$ ;  $d_1$ ;  $d_1'$  и выражения для компонентов напряжений второй части первой задачи.

$$(\sigma_\rho^I)_2 = -\frac{P_n}{h} \frac{1}{4\pi} \left[ \frac{(1-\mu)}{a^2+b^2} \rho + \frac{(1-\mu)a^2b^2}{a^2+b^2} \rho^{-3} + \frac{3+\mu}{\rho} \right] \cos\theta \quad (13)$$

$$(\sigma_\theta^I)_2 = -\frac{P_n}{h} \frac{(1-\mu)}{4\pi} \left[ \frac{3}{a^2+b^2} \rho - \frac{a^2b^2}{a^2+b^2} \rho^{-3} - \frac{1}{\rho} \right] \cos\theta \quad (14)$$

$$(\tau_{\rho\theta}^I)_2 = -\frac{P_n}{h} \frac{(1-\mu)}{4\pi} \left[ \frac{1}{a^2+b^2} \rho - \frac{a^2b^2}{a^2+b^2} \rho^{-3} - \frac{1}{\rho} \right] \sin\theta \quad (15)$$

Рассмотрим третью часть решения первой задачи. Выпишем какой-либо  $n$ -ый член ряда (8).

$$F_3^I = (a_n\rho^n + b_n\rho^{n+2} + a_n'\rho^{-n} + b_n'\rho^{-n+2}) \cos n\theta \quad (16)$$

Подставляя необходимые дифференциальные зависимости  $F_3^I$  в (6), получим

$$\begin{aligned} (\sigma_\rho^I)_3 &= [n(1-n)a_n\rho^{n-2} + (n+2-n^2)b_n\rho^n - n(1+n)a_n'\rho^{-n-2} - \\ &\quad - (n-2+n^2)b_n'\rho^{-n}] \cos n\theta \end{aligned} \quad (17)$$

$$(\sigma_{\theta}^1)_3 = [n(n-1)a_n \rho^{n-2} + (n+1)(n+2)b_n \rho^n + n(n+1)a_n' \rho^{-n-2} + (-n+1)(-n+2)b_n' \rho^{-n}] \cos n\theta \quad (18)$$

$$(\tau_{\rho\theta}^1)_3 = [n(n-1)a_n \rho^{n-2} + n(n+1)b_n \rho^n - n(1+n)a_n' \rho^{-n-2} + n(1-n)b_n' \rho^{-n}] \sin n\theta \quad (19)$$

Используя граничные условия, разложения в ряд, равенства (3) и условия однозначности перемещений, получим значения коэффициентов  $a_n$ ;  $a_n'$ ;  $b_n$ ;  $b_n'$  и выражения для компонентов напряжения

$$(\sigma_{\rho}^1)_3 = -\frac{P_n}{hb} \sum_{n=2}^{n=\infty} \left[ \varphi_3 n(1-n) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{n-2} + \varphi_1 (n+2-n^2) \left(\frac{\rho}{b}\right)^n + \varphi_4 n(1+n) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n-2} - \varphi_2 (n+n^2-2) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n} \right] \cos n\theta \quad (20)$$

$$(\sigma_{\theta}^1)_3 = -\frac{P_n}{hb} \sum_{n=2}^{n=\infty} \left[ \varphi_3 n(n-1) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{n-2} + \varphi_1 (n+2)(n+1) \left(\frac{\rho}{b}\right)^n + \varphi_4 n(n+1) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n-2} + \varphi_2 (1-n)(2-n) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n} \right] \cos n\theta \quad (21)$$

$$(\tau_{\rho\theta}^1)_3 = -\frac{P_n}{hb} \sum_{n=2}^{n=\infty} \left[ \varphi_3 n(n-1) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{n-2} + \varphi_1 n(n+1) \left(\frac{\rho}{b}\right)^n - \varphi_4 n(n+1) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n-2} + \varphi_2 n(1-n) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n} \right] \sin n\theta \quad (22)$$

где обозначено

$$\varphi_1 = \frac{A_n [n(1-c^2) + (1-c^{2n})] c^{-n+2} - B_n [n(1-c^2) + c^{-2(n-1)}(1-c^{2n})]}{2(n+1)[(c^{2n+2}-1)(c^{-2n+2}-1) + (n^2-1)(1-c^2)^2]} \quad (23)$$

$$\varphi_2 = \frac{A_n c^{n+2} [n(1-c^2) - (1-c^{-2n})] - B_n [c^2(1-c^{2n}) + n(1-c^2)]}{2(n-1)[(c^{2n+2}-1)(c^{-2n+2}-1) + (n^2-1)(1-c^2)^2]} \quad (24)$$

$$\varphi_3 = \frac{(n+1)(1-c^{2n+2})\varphi_1 - (n-1)(1-c^2)\varphi_2}{(n-1)(c^{2n}-1)} \quad (25)$$

$$\varphi_4 = \frac{(n+1)(c^2-1)\varphi_1 + (n-1)(1-c^{-2n+2})\varphi_2}{(n+1)(c^{-2n}-1)} \quad (26)$$

$$A_n = \frac{4 \cos n \frac{\pi}{2}}{\pi^2 c (1-n^2)}; \quad B_n = \frac{2k\alpha (k^2-1) \cos n\alpha}{\pi^2 (k^2-n^2) \cos \alpha}; \quad c = \frac{a}{b} \quad (27)$$

Рассмотрим вторую задачу, состоящую в определении компонентов напряжений от касательной составляющей силы резания. Ход решения второй задачи аналогичен ходу решения первой и поэтому ниже приводятся только конечные результаты.

Функция напряжений, удовлетворяющая условию совместности и граничным условиям, может быть представлена в следующем виде (см. [1]).

$$\begin{aligned}
 F^{II} = & a_0 \ln \rho + b_0 \rho^2 + a'_0 \Theta - \frac{c_1}{2} \rho \Theta \cos \Theta + (d_1 \rho^3 + c_1' \rho^{-1} + \\
 & + d_1' \rho \ln \rho) \sin \Theta + \sum_{n=2}^{n=\infty} (a_n \rho^n + b_n \rho^{n+2} + a_n' \rho^{-n} + b_n' \rho^{-n+2}) \cos n\Theta + \\
 & + \sum_{n=2}^{n=\infty} (c_n \rho^n + d_n \rho^{n+2} + c_n' \rho^{-n} + d_n' \rho^{-n+2}) \sin n\Theta
 \end{aligned} \quad (28)$$

или

$$F^{II} = F_1^{II} + F_2^{II} + F_3^{II} \quad (29)$$

где обозначено

$$\left. \begin{aligned}
 F_1^{II} &= a_0 \ln \rho + b_0 \rho^2 + a'_0 \Theta \\
 F_2^{II} &= -\frac{c_1}{2} \rho \Theta \cos \Theta + (d_1 \rho^3 + c_1' \rho^{-1} + d_1' \rho \ln \rho) \sin \Theta \\
 F_3^{II} &= \sum_{n=2}^{n=\infty} (a_n \rho^n + b_n \rho^{n+2} + a_n' \rho^{-n} + b_n' \rho^{-n+2}) \cos n\Theta + \\
 &+ \sum_{n=2}^{n=\infty} (c_n \rho^n + d_n \rho^{n+2} + c_n' \rho^{-n} + d_n' \rho^{-n+2}) \sin n\Theta
 \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

Аналогично изложенному выше, получим

$$(\sigma_\rho^{II})_1 = -\frac{P_t}{hb} \frac{2}{\pi^2} \frac{c}{1-c^2} \left[ \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-2} - 1 \right] \quad (31)$$

$$(\sigma_\Theta^{II})_1 = \frac{P_t}{hb} \frac{2}{\pi^2} \frac{c}{1-c^2} \left[ \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-2} + 1 \right] \quad (32)$$

$$(\tau_{\rho\Theta}^{II})_1 = -\frac{P_t}{hb} \frac{2\alpha^2 (k^2 - 1)}{\pi^3 \cos \alpha} \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-2} \quad (33)$$

$$\begin{aligned}
 (\sigma_\rho^{II})_2 = & -\frac{P_t}{hb} \frac{1}{4\pi} \left\{ \frac{(3+\mu) + c^2(1-\mu)}{c^4-1} \left( \frac{\rho}{b} \right) + \frac{(3+\mu) + c^{-2}(1-\mu)}{c^{-4}-1} \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-3} + \right. \\
 & \left. + (3+\mu) \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-1} \right\} \sin \Theta
 \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned}
 (\sigma_\Theta^{II})_2 = & \frac{P_t}{hb} \frac{1}{4\pi} \left\{ -3 \frac{(3+\mu) + c^2(1-\mu)}{c^4-1} \left( \frac{\rho}{b} \right) + \frac{(3+\mu) + c^{-2}(1-\mu)}{c^{-4}-1} \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-3} + \right. \\
 & \left. + (1-\mu) \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-1} \right\} \sin \Theta
 \end{aligned} \quad (35)$$

$$\begin{aligned}
 (\tau_{\rho\Theta}^{II})_2 = & -\frac{P_t}{hb} \frac{1}{4\pi} \left\{ -\frac{(3+\mu) + c^2(1-\mu)}{c^4-1} \left( \frac{\rho}{b} \right) - \frac{(3+\mu) + c^{-2}(1-\mu)}{c^{-4}-1} \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-3} + \right. \\
 & \left. + (1-\mu) \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-1} \right\} \cos \Theta
 \end{aligned} \quad (36)$$

$$\begin{aligned}
(\sigma_p^{II})_3 = & -\frac{P_t}{hb} \left\{ \sum_{n=2}^{n=\infty} \left[ \varphi'_3 n (1-n) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{n-2} + \varphi'_1 (n+2-n^2) \left(\frac{\rho}{b}\right)^n - \right. \right. \\
& \left. \left. - \varphi'_4 n (n+1) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n-2} - \varphi'_2 (n+n^2-2) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n} \right] \cos n\Theta + \right. \\
+ \sum_{n=2}^{n=\infty} & \left[ n(1-n) \psi_3 \left(\frac{\rho}{b}\right)^{n-2} + (n+2-n^2) \psi_1 \left(\frac{\rho}{b}\right)^n - n(n+1) \psi_4 \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n-2} + \right. \\
& \left. + (2-n-n^2) \psi_2 \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n} \right] \sin n\Theta \left. \right\} \quad (37)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(\sigma_\Theta^{II})_3 = & -\frac{P_t}{hb} \left\{ \sum_{n=2}^{n=\infty} \left[ \varphi'_3 n (n-1) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{n-2} + \varphi'_1 (n+2)(n+1) \left(\frac{\rho}{b}\right)^n + \right. \right. \\
& \left. \left. + \varphi'_4 n (n+1) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n-2} + \varphi'_2 (1-n)(2-n) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n} \right] \cos n\Theta + \right. \\
& + \sum_{n=2}^{n=\infty} \left[ n(n-1) \psi_3 \left(\frac{\rho}{b}\right)^{n-2} + (n+2)(n+1) \psi_1 \left(\frac{\rho}{b}\right)^n + \right. \\
& \left. + n(n+1) \psi_4 \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n-2} + (2-n)(1-n) \psi_2 \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n} \right] \sin n\Theta \left. \right\} \quad (38)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(\tau_{p\Theta}^{II})_3 = & -\frac{P_t}{hb} \left\{ \sum_{n=2}^{n=\infty} \left[ \varphi'_3 n (n-1) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{n-2} + \varphi'_1 n (n+1) \left(\frac{\rho}{b}\right)^n - \right. \right. \\
& \left. \left. - \varphi'_4 n (n+1) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n-2} + \varphi'_2 n (1-n) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n} \right] \sin n\Theta + \right. \\
+ \sum_{n=2}^{n=\infty} & \left[ n(1-n) \psi_3 \left(\frac{\rho}{b}\right)^{n-2} - n(n+1) \psi_1 \left(\frac{\rho}{b}\right)^n + n(n+1) \psi_4 \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n-2} + \right. \\
& \left. + n(n-1) \psi_2 \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n} \right] \cos n\Theta \left. \right\} \quad (39)
\end{aligned}$$

где обозначено

$$\varphi'_1 = \frac{(-1)^{\frac{n}{2}} \cos\left(n \frac{\pi}{2}\right) \cdot 2 \left[ \frac{c^{n+1}}{n+1} (c^{-2n+2} - 1) + c^{-n+1} (1 - c^2) \right]}{[(c^{-2n+2} - 1)(c^{2n+2} - 1) + (n^2 - 1)(1 - c^2)^2] \pi^2 (1 - n^2)} \quad (40)$$

$$\varphi'_2 = -\frac{(-1)^{\frac{n}{2}} \cos\left(n \frac{\pi}{2}\right) \cdot 2 \left[ c^{n+1} (c^2 - 1) + \frac{c^{-n+1}(c^{2n+2} - 1)}{n-1} \right]}{[(c^{-2n+2} - 1)(c^{2n+2} - 1) + (n^2 - 1)(1 - c^2)^2] \pi^2 (1 - n^2)} \quad (41)$$

$$\varphi'_3 = \frac{(n+1)(1 - c^{2n+2}) \varphi'_1 - (n-1)(1 - c^2) \varphi'_2}{(n-1)(c^{2n} - 1)} \quad (42)$$

$$\varphi'_4 = \frac{(n+1)(c^2 - 1) \varphi'_1 + (n-1)(1 - c^{-2n+2}) \varphi'_2}{(n+1)(c^{-2n} - 1)} \quad (43)$$

$$\psi_1 = \frac{B_n}{2} \cdot \frac{\left[ (c^2 - 1) + \frac{1}{n+1} (c^{-2n+2} - 1) \right]}{\left[ (c^{2n+2} - 1) (c^{-2n+2} - 1) + (n^2 - 1) (1 - c^2)^2 \right]} \quad (44)$$

$$\psi_2 = \frac{B_n}{2} \cdot \frac{\left[ \frac{(c^{2n+2} - 1)}{n-1} - (c^2 - 1) \right]}{\left[ (c^{2n+2} - 1) (c^{-2n+2} - 1) + (n^2 - 1) (1 - c^2)^2 \right]} \quad (45)$$

$$\psi_3 = -\frac{(n+1)}{n} c^2 \psi_1 - \frac{c^{-2n+2}}{n} \psi_2 \quad \psi_4 = \frac{c^{2n+2}}{n} \psi_1 - \frac{(n-1)}{n} c^2 \psi_2. \quad (46)$$

Суммируя уравнения (10), (13), (20), (31), (34) и (37); (11), (14), (21), (32), (35) и (38); (15), (22), (33), (36) и (39), получим общие выражения для компонентов напряжений в пыльном диске.

$$\begin{aligned} \sigma_\rho = & -\frac{P_n}{hb} \left\{ \left[ -s_{-2} \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-2} - s_0 + \frac{1}{4\pi} \left\{ \left[ s_1 \left( \frac{\rho}{b} \right) + s_{-3} \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-3} + \right. \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \left. + s_{-1} \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-1} \right] \cos \Theta + \zeta \left[ p_1 \left( \frac{\rho}{b} \right) + p_{-3} \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-3} + p_{-1} \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-1} \right] \sin \Theta \right\} + \right. \\ & \left. + \sum_{n=2}^{\infty} \left[ n(1-n) (\varphi_3 + \zeta \varphi'_3) \left( \frac{\rho}{b} \right)^{n-2} + (n+2-n^2) (\varphi_1 + \zeta \varphi'_1) \left( \frac{\rho}{b} \right)^n - \right. \right. \\ & \left. \left. - n(n+1) (\varphi_4 + \zeta \varphi'_4) \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-n-2} - (n+n^2-2) (\varphi_2 + \zeta \varphi'_2) \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-n} \right] \cos n\Theta + \right. \\ & \left. + \zeta \sum_{n=2}^{\infty} \left[ n(1-n) \psi_3 \left( \frac{\rho}{b} \right)^{n-2} + (n+2-n^2) \psi_1 \left( \frac{\rho}{b} \right)^n - n(n+1) \psi_4 \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-n-2} + \right. \right. \\ & \left. \left. + (2-n-n^2) \psi_2 \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-n} \right] \sin n\Theta \right\} \quad (47) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_\Theta = & -\frac{P_n}{hb} \left\{ \left[ s_{-2} \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-2} - s_0 + \frac{1}{4\pi} \left\{ \left[ 3s_1 \left( \frac{\rho}{b} \right) - s_{-3} \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-3} + \right. \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \left. + s'_{-1} \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-1} \right] \cos \Theta + \zeta \left[ 3p_1 \left( \frac{\rho}{b} \right) - p_{-3} \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-3} + p'_{-1} \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-1} \right] \sin \Theta \right\} + \right. \\ & \left. + \sum_{n=2}^{\infty} \left[ n(n-1) (\varphi_3 + \zeta \varphi'_3) \left( \frac{\rho}{b} \right)^{n-2} + (n+2)(n+1) (\varphi_1 + \zeta \varphi'_1) \left( \frac{\rho}{b} \right)^n + \right. \right. \\ & \left. \left. + n(n+1) (\varphi_4 + \zeta \varphi'_4) \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-n-2} + (1-n)(2-n) (\varphi_2 + \zeta \varphi'_2) \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-n} \right] \cos n\Theta + \right. \\ & \left. + \sum_{n=2}^{\infty} \zeta \left[ n(n-1) \psi_3 \left( \frac{\rho}{b} \right)^{n-2} + (n+2)(n+1) \psi_1 \left( \frac{\rho}{b} \right)^n + \right. \right. \\ & \left. \left. + n(n+1) \psi_4 \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-n-2} + (2-n)(1-n) \psi_2 \left( \frac{\rho}{b} \right)^{-n} \right] \sin n\Theta \right\} \quad (48) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau_{\rho\theta} = & -\frac{P_n}{hb} \left\{ \left[ \zeta \frac{2a^2(k^2-1)}{\pi^3 \cos \alpha} \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-2} + \frac{1}{4\pi} \left[ s_{-1} \left(\frac{\rho}{b}\right) + s_{-3} \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-3} - \right. \right. \right. \\
 & \left. \left. \left. - s'_{-1} \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-1} \right] \sin \Theta - \zeta \left[ p_1 \left(\frac{\rho}{b}\right) + p_{-3} \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-3} + p'_{-1} \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-1} \right] \cos \Theta \right\} + \\
 & + \sum_{n=2}^{\infty} \left[ n(n-1) (\varphi_3 + \zeta \varphi'_3) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{n-2} + n(n+1) (\varphi_1 + \zeta \varphi'_1) \left(\frac{\rho}{b}\right)^n - \right. \\
 & \left. - n(n+1) (\varphi_4 + \zeta \varphi'_4) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n-2} + n(1-n) (\varphi_2 + \zeta \varphi'_2) \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n} \right] \sin n\Theta + \\
 & + \zeta \sum_{n=2}^{\infty} \left[ n(1-n) \psi_3 \left(\frac{\rho}{b}\right)^{n-2} - n(n+1) \psi_1 \left(\frac{\rho}{b}\right)^n + n(n+1) \psi_4 \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n-2} + \right. \\
 & \left. + n(n-1) \psi_2 \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-n} \right] \cos n\Theta \left. \right\} \quad (49)
 \end{aligned}$$

где обозначено

$$\begin{aligned}
 s_{-2} &= -\frac{2a(k^2-1)}{\pi^2(1-c^2)\cos\alpha} \left[ \frac{\cos\alpha}{ac(k^2-1)} - \frac{\alpha}{\pi} \right] c^2 + \zeta \frac{2}{\pi^2} \frac{c}{1-c^2} \\
 s_0 &= -\frac{2a(k^2-1)}{\pi^2(1-c^2)\cos\alpha} \left[ \frac{\alpha}{\pi} - \frac{c\cos\alpha}{a(k^2-1)} \right] + \zeta \frac{2}{\pi^2} \frac{c}{1-c^2} \\
 s_1 &= \frac{(1-\mu)}{c^2+1} & s_{-3} &= \frac{(1-\mu)c^2}{c^2+1} & s'_{-1} &= -(1-\mu) \\
 p_{-1} = s_{-1} &= (3+\mu) & p_1 &= \frac{(3+\mu) + (1-\mu)c^2}{c^4-1} & p'_{-1} = s'_{-1} &= -(1-\mu) \\
 p_{-3} &= \frac{(3+\mu) + (1-\mu)c^{-2}}{c^{-4}-1} & \zeta &= \frac{P_t}{P_n}
 \end{aligned}$$

С применением указанных выражений для примера был сделан расчет по следующим исходным данным: диаметр пилы  $2b = 500$  мм, толщина диска  $h = 2$  мм, число оборотов — 3000 об/мин, расстояние от поверхности стола станка до оси пильного вала — 100 мм. Распиливаемый материал — сосна, толщиной 50 мм. Скорость подачи — 70 м/мин. Учитывались поверхностные силы, изображенные на рис. 1в (следует

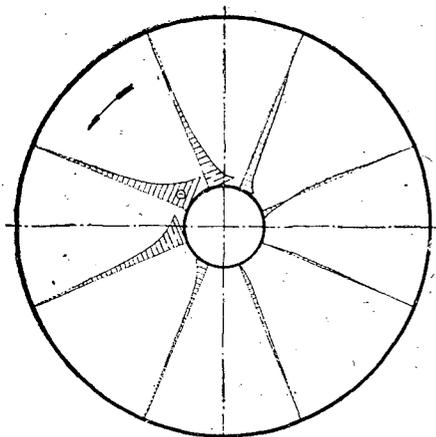


Рис. 2. График распределения напряжений  $\sigma_{\rho}$  от сил резания.

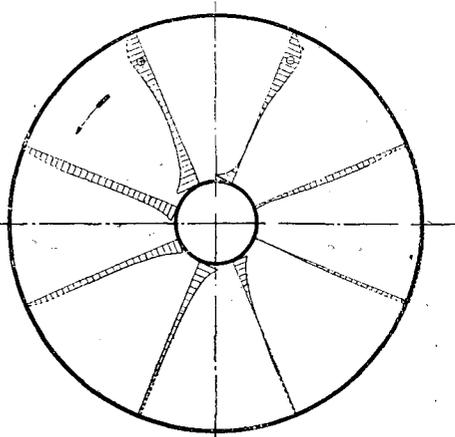


Рис. 3. График распределения напряжений  $\sigma_{\theta}$  от сил резания.

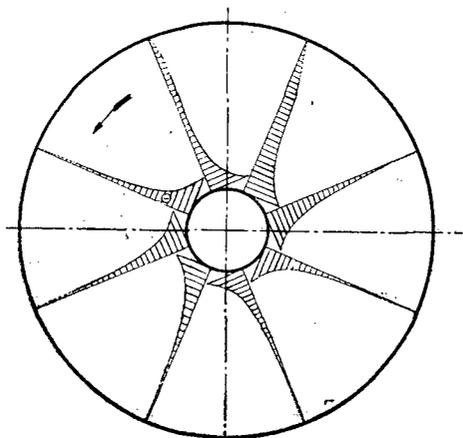


Рис. 4. График распределения напряжений  $\tau_{\rho\theta}$  от сил резания.

иметь в виду, что поля напряжений от поверхностных усилий, показанных на рис. 1 а и в, очень мало отличаются друг от друга; исключение составляет участок наружного контура, находящийся в непосредственной близости от точек приложения поверхностных усилий, где разница достигает существенной величины). Масштаб графиков напряжений для данного конкретного случая будет составлять  $25 \text{ кг/см}^2$  в 1 см диаграммы, так как сила резания, подсчитанная по вышеприведенным данным, равняется 15 кг, а отношение  $\zeta=2$ . Результаты расчетов показаны на рис. 2, 3 и 4.

Анализируя графики видим, что напряжения от сил резания очень незначительны ( $20\text{--}25 \text{ кг/см}^2$ ) и при прочностных расчетах пильных дисков могут вообще не приниматься во внимание, чего, однако, нельзя делать при расчетах диска на устойчивость.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. К. Б. Бицено и Р. Граммель. Техническая динамика, ч. 1. Пер. с нем., Гостехиздат, 1952. [2]. П. Ф. Палкович. Теория упругости. Оборонгиз, 1939. [3]. С. П. Тимошенко. Теория упругости. Гостехиздат, 1934.

Поступила в редакцию  
3 июня 1960 г.

## ПОСТРОЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ КРУГЛЫХ ПИЛ \*

Г. И. ЮЗЕФОВИЧ

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

За последнее время появился ряд работ, посвященных исследованию и расчету прочности, устойчивости и колебаний круглых пил.

В связи с тенденцией к повышению скоростей фрезания эти вопросы приобретают все большее значение.

Проблема динамической устойчивости пильных дисков до сих пор не исследовалась. Более того, в литературе [3] можно встретить совершенно необоснованное утверждение о том, что «потеря динамической устойчивости может иметь место только при очень больших скоростях, практически не встречающихся».

Впервые на возможность потери динамической устойчивости круглых пил указал проф. Л. Н. Тер-Мкртчян в докладе на научно-технической конференции ЛТА в 1958 г.

В настоящей работе рассматривается влияние различных факторов на динамическую устойчивость круглых пил, выводятся приближенные формулы для определения границ областей неустойчивости пильного диска.

### 1. Влияние напряжений от усилий резания

Если условно связать систему отсчета неподвижно с пильным диском, тогда можно считать, что силы резания будут перемещаться относительно этой системы с угловой скоростью, равной скорости вращения диска.

Запишем дифференциальное уравнение поперечных колебаний диска в принятой системе отсчета.

$$D\Delta\Delta w - h \left( \frac{\partial V_{об.с}}{\partial \rho} \cdot \frac{\partial w}{\partial \rho} \right) - h \left[ \sigma_{\rho} \frac{\partial^2 w}{\partial \rho^2} + \sigma_{\theta} \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial w}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} \right) + 2\tau_{\rho\theta} \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial^2 w}{\partial \rho \partial \theta} - \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial w}{\partial \theta} \right) \right] + \frac{\gamma h}{g} \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0, \quad (1,1)$$

где  $D$  — цилиндрическая жесткость;  
 $h$  — толщина диска;  
 $\gamma$  — удельный вес материала диска;

\* Работа выполнена на кафедре строительной механики Ленинградской лесотехнической академии под руководством проф. Л. Н. Тер-Мкртчяна.

- $g$  — ускорение силы тяжести;
- $w$  — прогиб;
- $V_{об.с}$  — потенциал объемных сил;
- $t$  — время;
- $\rho, \Theta$  — полярные координаты;
- $\tau_\rho; \sigma_\Theta; \tau_\Theta^\rho$  — напряжения.

Уравнение (1,1) будем решать при помощи метода академика Б. Г. Галеркина. Подбираем систему фундаментальных функций.

$$w_\lambda = \left(1 - \cos \frac{\pi}{2} \frac{\rho - a}{b - a}\right) \sin(\lambda\Theta + \Theta_0) \quad (1,2)$$

(здесь  $a$  и  $b$  — внутренний и наружный радиусы диска) и представляем упругую поверхность в виде ряда

$$w = \sum_{\lambda=0}^n q_\lambda(t) w_\lambda \quad (1,3)$$

Поскольку фундаментальные функции не удовлетворяют силовым граничным условиям, в уравнениях Б. Г. Галеркина появятся некоторые контурные интегралы.

Подставляя выражение (1,3) в (1,1), получим систему обыкновенных дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами [4].

Если пренебречь недиагональными элементами, то система распадется на отдельные дифференциальные уравнения вида

$$\ddot{q}_\lambda(t) \frac{\gamma h}{g} f_\lambda(c) + q_\lambda(t) \left\{ DF_\lambda(c) - \frac{P}{b} \left[ F_\lambda(c, \zeta) - \frac{1}{2} F_\lambda(c, \varphi) \cos 2(\Theta_0 + \lambda\omega t) + \frac{\zeta}{2} F_\lambda(c, \psi) \sin 2(\Theta_0 + \lambda\omega t) \right] \right\} = 0 \quad (1,4)$$

где

$$\left. \begin{aligned} f_\lambda(c) &= \frac{1}{\pi} \int_a^b \int_0^{2\pi} w_\lambda w_{\lambda\rho} \rho d\rho d\Theta \\ F_\lambda(c) &= \frac{1}{\pi} \int_a^b \int_0^{2\pi} w_\lambda \Delta \Delta w_\lambda \cdot \rho d\rho d\Theta + \frac{1}{\pi} \oint \left[ \frac{\partial^2 w_\lambda}{\partial \rho^2} + \right. \\ &+ \mu \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial w_\lambda}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 w_\lambda}{\partial \Theta^2} \right) \left. \frac{\partial w_\lambda}{\partial \rho} \rho d\Theta - \frac{1}{\pi} \oint \left\{ \frac{\partial}{\partial \rho} \Delta w_\lambda + \right. \right. \\ &\cdot \left. \left. + (1 - \mu) \left[ \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \Theta} \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial^2 w_\lambda}{\partial \rho \partial \Theta} - \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial w_\lambda}{\partial \Theta} \right) \right] \right\} w_{\lambda\rho} \rho d\Theta \right. \\ F_\lambda(c, \zeta) - \frac{1}{2} F_\lambda(c, \varphi) \cos 2(\Theta_0 + \lambda\omega t) + \frac{\zeta}{2} F_\lambda(c, \psi) \sin 2(\Theta_0 + \\ &+ \lambda\omega t) &= \frac{bh}{P\pi} \int_a^b \int_0^{2\pi} \left[ \sigma_\rho \frac{\partial^2 w_\lambda}{\partial \rho^2} + \sigma_\Theta \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial w_\lambda}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 w_\lambda}{\partial \Theta^2} \right) + 2\tau_{\rho\Theta} \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial^2 w_\lambda}{\partial \rho \partial \Theta} - \right. \right. \\ &\left. \left. - \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial w_\lambda}{\partial \Theta} \right) \right] w_{\lambda\rho} \rho d\rho d\Theta + \frac{bh}{P\pi} \oint \left( \sigma_\rho \frac{\partial w_\lambda}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho} \tau_{\rho\Theta} \frac{\partial w_\lambda}{\partial \Theta} \right) w_{\lambda\rho} \rho d\Theta \end{aligned} \right\} (1,5)$$

$\lambda = 1, 2, 3, \dots$

$\zeta = \frac{P_t}{P}$  — отношение тангентальной составляющей сил резания к радиальной составляющей;

$\varphi, \psi$  — коэффициенты, зависящие от  $c = \frac{a}{b}$  и пуассонова отношения  $\mu$ .

Выражения для напряжений от сил резания используются в том виде, как они были получены Г. С. Гуркиным [2], с заменой постоянного угла  $\Theta$  на переменный угол  $\Theta = \omega t$ , где  $\omega$  — угловая скорость пильного диска. Ввиду громоздкости, эти выражения в данной статье не приводятся.

Уравнение (1,4) путем несложных преобразований приводится к виду

$$\frac{d^2 q_\lambda}{d\tau^2} + \frac{(\varphi_\lambda^2 - \Delta\varphi_\lambda^2)}{(\lambda\omega)^2} [1 + 2\mu_\lambda \cos 2\tau] q_\lambda = 0 \quad (1,6)$$

где  $\varphi_\lambda^2$  — квадрат частоты собственных колебаний диска с  $\lambda$  узловыми диаметрами;

$$\Delta\varphi_\lambda^2 = \frac{PgF_\lambda(c, \zeta)}{bh\gamma f_\lambda(c)} \quad (1,7)$$

выражает влияние сил резания на частоту свободных колебаний пильного диска;

$$\mu_\lambda = \frac{Pg \sqrt{[F_\lambda(c, \varphi)]^2 + [\zeta F_\lambda(c, \psi)]^2}}{4\gamma hb (\varphi_\lambda^2 - \Delta\varphi_\lambda^2) f_\lambda(c)} \quad (1,8)$$

Уравнение (1,6) может быть записано и в таком виде

$$\frac{d^2 q_\lambda}{d\tau^2} + (\bar{p}_\lambda + 2\bar{h}_\lambda^2 \cos 2\tau) q_\lambda = 0 \quad (1,9)$$

где

$$\left. \begin{aligned} \bar{p}_\lambda &= \frac{\varphi_\lambda^2 - \Delta\varphi_\lambda^2}{\lambda^2\omega^2} \\ \bar{h}_\lambda^2 &= \frac{gP}{4\gamma hb (\lambda\omega)^2 f_\lambda(c)} \sqrt{[F_\lambda(c, \varphi)]^2 + [\zeta F_\lambda(c, \psi)]^2} \end{aligned} \right\} \quad (1,10)$$

Выражения (1,6) или (1,9) являются хорошо изученными уравнениями Матье. Одно из наиболее важных для нас свойств уравнения Матье заключается в том, что при некоторых соотношениях между коэффициентами  $\bar{p}_\lambda$  и  $\bar{h}_\lambda^2$  решения его становятся неограниченно возрастающими при  $\tau \rightarrow \infty$ ; такие решения сплошь занимают целые области на плоскости параметров  $\bar{p}_\lambda$  и  $\bar{h}_\lambda^2$ . В рассматриваемой задаче это будут области динамической неустойчивости.

Можно приближенно вычислить граничные значения критических угловых скоростей пильного диска, которые соответствуют областям динамической неустойчивости [1]. Не приводя здесь подробностей вывода, дадим лишь окончательные формулы.

Первая область динамической неустойчивости приближенно определяется следующим интервалом критических скоростей

$$\omega_{*} = \frac{\Omega_\lambda}{\lambda} \sqrt{1 \pm \mu_\lambda}, \quad (1,11)$$

где  $\Omega_\lambda = \sqrt{\varphi_\lambda^2 - \Delta\varphi_\lambda^2}$  — частота колебаний с учетом влияния сил резания.

В формуле (1,11) знак плюс соответствует одной границе, а знак минус — другой. Между этими границами лежит интервал опасных скоростей вращения диска, при которых могут происходить значительные вибрации.

Вторая область динамической неустойчивости определяется таким интервалом критических скоростей:

$$\left. \begin{aligned} \omega_* &= \frac{\Omega_\lambda}{2\lambda} \sqrt{1 + \frac{1}{3} \mu_\lambda^2} \\ \omega_* &= \frac{\Omega_\lambda}{2\lambda} \sqrt{1 - 2\mu_\lambda^2} \end{aligned} \right\} \quad (1,12)$$

Границы третьей области динамической неустойчивости определяются формулой

$$\omega_* = \frac{\Omega_\lambda}{3\lambda} \sqrt{1 - \frac{9\mu_\lambda^2}{8 \pm 9\mu_\lambda}} \quad (1,13)$$

В уравнениях (1,11), (1,12) и (1,13)  $\mu_\lambda$  определяется выражением (1,8).

Как видно из этих формул, с увеличением номера области динамической неустойчивости ширина ее убывает. Наиболее широкой является первая — ее называют главной областью динамической неустойчивости.

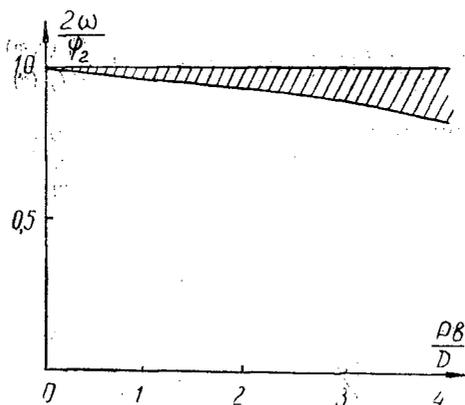


Рис. 1.

На рис. 1 показано распределение первой области неустойчивости на плоскости параметров  $(\frac{2\omega}{\varphi_2}; \frac{\rho b}{D})$ . Расчет произведен для диска со следующими исходными данными:  $\frac{a}{b} = 0,2$ ;  $b = 25$  см;  $h = 0,2$  см.  $\zeta = \frac{P_t}{P} = 2$ ;  $\lambda = 2$ .

## 2. Влияние центробежных сил инерции

Если принять во внимание центробежные силы инерции, то в уравнении (1,1) под  $\sigma_\rho$ ,  $\sigma_\theta$  и  $\tau_{\rho\theta}$  следует понимать как напряжения от сил резания, так и напряжения от центробежных сил инерции. Последние определяются равенствами

$$\left. \begin{aligned} \sigma_\rho^{(\omega)} &= \frac{3+\mu}{8} \cdot \frac{\gamma}{g} \omega^2 \left[ (a^2 + b^2) - \frac{a^2 b^2}{\rho^2} - \rho^2 \right] \\ \sigma_\theta^{(\omega)} &= \frac{3+\mu}{8} \cdot \frac{\gamma}{g} \omega^2 \left[ (a^2 + b^2) + \frac{a^2 b^2}{\rho^2} - \frac{1+3\mu}{3+\mu} \rho^2 \right] \\ \tau_{\rho\theta}^{(\omega)} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2,1)$$

а

$$V_{об.с} = -\frac{1}{2} \frac{\gamma}{g} \omega^2 \rho^2 \quad (2,2)$$

Тогда после применения к уравнению (1,1) метода Б. Г. Галеркина, получим вместо (1,4) следующее уравнение:

$$\ddot{q}_\lambda(t) \frac{\gamma h}{g} f_\lambda(c) + \dot{q}_\lambda(t) \left\{ DF_\lambda(c) - \frac{P}{b} \left[ F_\lambda(c, \zeta) - \frac{1}{2} F_\lambda(c, \varphi) \cos 2(\Theta_0 + \lambda \omega t) + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\zeta}{2} F_\lambda(c, \psi) \sin 2(\Theta_0 + \lambda \omega t) \right] + \frac{\gamma h}{g} \omega^2 F_\lambda(c, \omega) \right\} = 0 \quad (2,3)$$

где

$$F_\lambda(c, \omega) = - \frac{g}{\gamma \omega^2} \int_a^b \int_0^{2\pi} \left\{ \frac{\partial V_{об.с}}{\partial \rho} \frac{\partial w_\lambda}{\partial \rho} + \sigma_\rho^{(\omega)} \frac{\partial^2 w_\lambda}{\partial \rho^2} + \right. \\ \left. + \sigma_\rho^{(\omega)} \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial w_\lambda}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 w_\lambda}{\partial \theta^2} \right) \right\} w_\lambda \rho d\rho d\theta \quad (2,4)$$

Вводя обозначения уравнений (1,6) и (1,8), можем записать выражение (2,3) в виде

$$\frac{d^2 q_\lambda}{d\tau^2} + \frac{(\varphi_\lambda^2 - \Delta \varphi_\lambda^2)}{(\varphi \omega)^2} [1 + 2\mu_\lambda \cos 2\tau] q_\lambda + \frac{F_\lambda(c, \omega)}{\lambda^2 f_\lambda(c)} q_\lambda = 0 \quad (2,5)$$

Уравнение (2,5) нетрудно привести к виду (1,9), то есть показать, таким образом, что оно тоже является уравнением Матвея.

Границы областей неустойчивости в этом случае определяются следующими выражениями:

а) главная область

$$\omega_* = \frac{\Omega_\lambda}{\lambda \sqrt{1 - \frac{F_\lambda(c, \omega)}{\lambda^2 f_\lambda(c)}}} \sqrt{1 \pm \mu_\lambda} \quad (2,6)$$

б) вторая область:

$$\omega_* = \frac{\Omega_\lambda}{2\lambda \sqrt{1 - \frac{F_\lambda(c, \omega)}{4\lambda^2 f_\lambda(c)}}} \sqrt{1 + \frac{1}{3} \mu_\lambda^2} \\ \omega_* = \frac{\Omega_\lambda}{2\lambda \sqrt{1 - \frac{F_\lambda(c, \omega)}{4\lambda^2 f_\lambda(c)}}} \sqrt{1 - 2\mu_\lambda^2} \quad (2,7)$$

в) третья область:

$$\omega_* = \frac{\Omega_\lambda}{3\lambda \sqrt{1 - \frac{F_\lambda(c, \omega)}{9\lambda^2 f_\lambda(c)}}} \sqrt{1 - \frac{9\mu_\lambda^2}{8 \pm 9\mu_\lambda}} \quad (2,8)$$

Таким образом, учет центробежных сил инерции приводит к тому, что области динамической неустойчивости будут располагаться не около частот  $\omega'_* = \frac{\Omega_\lambda}{i\lambda}$  при  $i, \lambda = 1, 2, 3, \dots$ , а около некоторых других частот:

$$\omega''_* = \frac{\Omega_\lambda}{i\lambda \sqrt{1 - \frac{F_\lambda(c, \omega)}{i^2 \lambda^2 f_\lambda(c)}}} = K_{i\lambda} \omega'_*$$

Поправочный множитель

$$K_{i\lambda} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{F_\lambda(c, \omega)}{i^2 \lambda^2 f_\lambda(c)}}} \quad (2,9)$$

и учитывает наличие центробежных сил инерции.

Формулы (2,6), (2,7) и (2,8) могут быть записаны с учетом множителя (2,9) в таком виде:

а) для главной области;

$$\omega_* = \frac{\Omega_\lambda K_{1\lambda}}{\lambda} \sqrt{1 \pm \mu_\lambda} \quad (2,10)$$

б) для второй области:

$$\left. \begin{aligned} \omega_* &= \frac{\Omega_\lambda K_{2\lambda}}{2\lambda} \sqrt{1 + \frac{1}{3} \mu_\lambda^2} \\ \omega_* &= \frac{\Omega_\lambda K_{2\lambda}}{2\lambda} \sqrt{1 - 2\mu_\lambda^2} \end{aligned} \right\} \quad (2,11)$$

в) для третьей области:

$$\omega_* = \frac{\Omega_\lambda K_{3\lambda}}{3\lambda} \sqrt{1 - \frac{9\mu_\lambda^2}{8 \pm 9\mu_\lambda}} \quad (2,12)$$

Из приведенных выражений видно, что чем выше номер области динамической неустойчивости, тем ближе коэффициент  $K_{i\lambda}$  к единице, то есть, тем меньше влияние сил инерции.

### 3. Влияние температурных напряжений

При работе пильного диска в нем вследствие неравномерного нагрева возникают температурные напряжения. Рассмотрим, каково влияние этих напряжений на динамическую устойчивость. Обратимся вновь к уравнению (1,1), где теперь под  $\sigma_p$ ,  $\sigma_\theta$  и  $\tau_{p\theta}$  будем понимать как напряжения от сил резания, так и напряжения от неравномерного нагрева.

Компоненты напряжений от неравномерного нагрева могут быть записаны таким образом:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_p^T &= \alpha E T_n \left[ \eta_1 \left(\frac{\rho}{b}\right)^{n-1} + \eta_2 \left(\frac{\rho}{b}\right)^n + \eta_3 \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-2} + \eta_4 \right] \\ \sigma_\theta^T &= \alpha E T_n \left[ n \eta_1 \left(\frac{\rho}{b}\right)^{n-1} + (n+1) \eta_2 \left(\frac{\rho}{b}\right)^n - \eta_3 \left(\frac{\rho}{b}\right)^{-2} + \eta_4 \right] \\ \tau_{p\theta}^T &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3,1)$$

где

$\alpha$  — коэффициент линейного расширения материала пилы;

$T_n$  — температура во внешнем контуре пилы;

$n$  — показатель степени в законе распределения температур;

$\eta_1; \eta_2; \eta_3; \eta_4$  — коэффициенты, зависящие от отношения  $\kappa$  температур на внутреннем и внешнем контурах и от размеров диска.

Решая уравнение (1,1) по методу Б. Г. Галеркина и учитывая формулы (1,3) и (3,1), приходим к выражениям следующего вида

$$\ddot{q}_\lambda(t) \frac{\gamma h}{g} f_\lambda(c) + q_\lambda(t) \left\{ DF_\lambda(c) - \alpha E T_n h F_\lambda(x) - \frac{P}{b} \left[ F_\lambda(c, \zeta) - \frac{1}{2} F_\lambda(c, \varphi) \cos 2(\Theta_0 + \lambda \omega t) + \frac{\zeta}{2} F_\lambda(c, \psi) \sin 2(\Theta_0 + \lambda \omega t) \right] \right\} = 0. \quad (3,2)$$

где

$$F_\lambda(x) = \frac{1}{\pi \alpha E T_b} \int_a^b \int_0^{2\pi} \left[ \sigma_\rho^T \frac{\partial^2 w_\lambda}{\partial \rho^2} + \sigma_\theta^T \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial w_\lambda}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 w_\lambda}{\partial \theta^2} \right) \right] w_\lambda \rho d\rho d\theta \quad (3,3)$$

Уравнение (3,2) легко приводится к виду

$$\frac{d^2 q_\lambda}{dx^2} + \frac{\Omega_\lambda^2 - \Delta \Omega_\lambda^2(x)}{(\lambda \omega)^2} [1 + 2\mu_\lambda(x) \cos 2x] q_\lambda = 0, \quad (3,4)$$

где

$$\Delta \Omega_\lambda^2(x) = \frac{g \alpha E T_b F_\lambda(x)}{\gamma F_\lambda(c)} \quad (3,5)$$

выражает влияние температурных напряжений на частоту колебаний пыльного диска

$$\mu_\lambda(x) = \frac{P g V [F_\lambda(c, \varphi)]^2 + [\zeta F_\lambda(c, \psi)]^2}{4 \gamma h b [\Omega_\lambda^2 - \Delta \Omega_\lambda^2(x)] f_\lambda(c)} \quad (3,6)$$

или

$$\mu_\lambda(x) = \mu_\lambda \frac{\Omega_\lambda^2}{\Omega_\lambda^2(x)} \quad (3,7)$$

где  $\Omega_\lambda^2(x) = \Omega_\lambda^2 - \Delta \Omega_\lambda^2(x)$  — квадрат частоты колебаний с учетом сил резания и температурных напряжений.

При  $\lambda \geq 2$  температурные напряжения понижают частоту собственных колебаний диска. Из уравнения (3,7) следует тогда, что  $\mu_\lambda(x) > \mu_\lambda$  и, значит, учет температурных напряжений расширяет области динамической неустойчивости пыльного диска. Расчет этих областей следует вести по формулам (1,11), (1,12), (1,13), куда вместо  $\Omega_\lambda$  и  $\mu_\lambda$  надо подставить соответственно  $\Omega_\lambda(x)$  и  $\mu_\lambda(x)$ . Учет центробежных сил инерции производится введением множителя  $K_{il}$ , вычисленного по формуле (2,9).

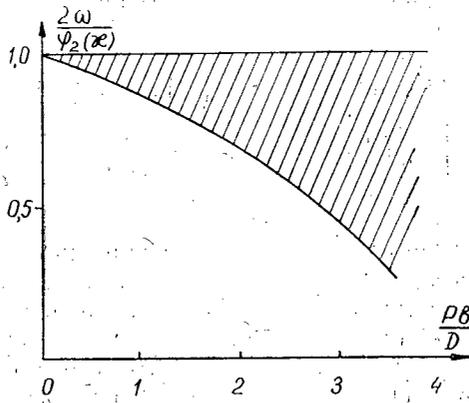


Рис. 2.  $T_b = 20^\circ$

На рис. 2 показано распределение главной области неустойчивости на плоскости параметров  $\left( \frac{\lambda \omega}{\Psi_\lambda(x)} ; \frac{Pb}{D} \right)$ . Расчет произведен для  $T_b = 20^\circ \text{C}$ ;  $n = 3$ ;  $\alpha = 0$ ;  $\lambda = 2$ ; размеры диска те же, что и прежде.

#### 4. Влияние проковки пильного диска

Если оценивать проковку степенью пластической деформации, то напряжения от проковки могут быть записаны в следующем виде для прокованной части

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\rho}^{(\varepsilon)} &= E\varepsilon_s(a) \left[ \xi_1 \left(\frac{\rho}{l}\right)^{n-1} + \xi_2 \left(\frac{\rho}{l}\right)^n + \xi_3 \left(\frac{\rho}{l}\right)^{-2} + \xi_4 \right] \\ \sigma_{\rho}^{(\varepsilon)} &= E\varepsilon_s(a) \left[ n\xi_1 \left(\frac{\rho}{l}\right)^{n-1} + (n+1)\xi_2 \left(\frac{\rho}{l}\right)^n - \xi_3 \left(\frac{\rho}{l}\right)^{-2} + \xi_4 \right] \\ &\text{для непрокованной области} \\ \sigma_{\rho}^{(\varepsilon)} &= E\varepsilon_s(a) \left[ \xi_5 \left(\frac{\rho}{l}\right)^{-2} + \xi_6 \right] \\ \sigma_{\theta}^{(\varepsilon)} &= E\varepsilon_s(a) \left[ -\xi_5 \left(\frac{\rho}{l}\right)^{-2} + \xi_6 \right] \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

где  $\varepsilon_s(a)$  — значение относительной пластической деформации на внутреннем контуре пилы;  
 $\xi_1; \xi_2; \xi_3; \xi_4; \xi_5; \xi_6$  — коэффициенты, зависящие от размеров пилы, прокованной области  $l$  и распределения пластической деформации.

Решая (1,1) по методу Б. Г. Галеркина и подставляя  $\sigma_{\rho}$ ,  $\sigma_{\theta}$  и  $\tau_{\rho\theta}$  от сил резания, проковки и температуры, получим

$$\begin{aligned} \ddot{q}_{\lambda}(t) \frac{\gamma h}{g} f_{\lambda}(c) + q_{\lambda}(t) \left\{ DF_{\lambda}(c) - 2ET_b h F_{\lambda}(x) + hE\varepsilon_s(a) F_{\lambda}(\varepsilon) - \right. \\ \left. - \frac{P}{b} \left[ F_{\lambda}(c, \zeta) - \frac{1}{2} F_{\lambda}(c, \varphi) \cos 2(\Theta_0 + \lambda \omega t) + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\zeta}{2} F_{\lambda}(c, \psi) \sin 2(\Theta_0 + \lambda \omega t) \right] \right\} = 0 \end{aligned} \quad (4.2)$$

где

$$\begin{aligned} F_{\lambda}(\varepsilon) = - \frac{1}{\pi E \varepsilon_s(a)} \int_a^b \int_0^{2\pi} \left[ \sigma_{\rho}^{(\varepsilon)} \frac{\partial^2 w_{\lambda}}{\partial \rho^2} + \sigma_{\theta}^{(\varepsilon)} \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial w_{\lambda}}{\partial \rho} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 w_{\lambda}}{\partial \theta^2} \right) \right] w_{\lambda} \rho d\rho d\theta \end{aligned} \quad (4.3)$$

Уравнение (4,2) может быть записано в виде

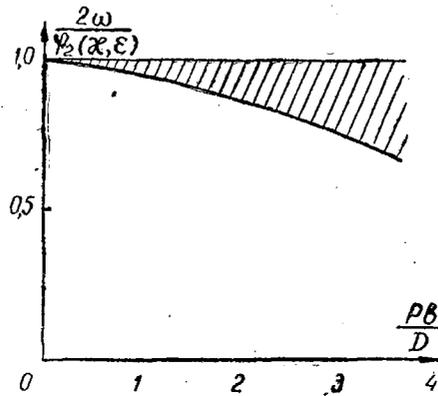
$$\frac{d^2 q_{\lambda}}{d\tau^2} - \frac{\Omega_{\lambda}^2(x, \varepsilon)}{(\lambda \omega)^2} \left[ 1 + 2\mu_{\lambda}(x, \varepsilon) \cos 2\tau \right] q_{\lambda} = 0 \quad (4.4)$$

здесь  $\Omega_{\lambda}(x, \varepsilon)$  — частота колебаний с учетом сил резания, температурных напряжений и проковки,

$$\mu_{\lambda}(x, \varepsilon) = \mu_{\lambda}(x) \frac{\Omega_{\lambda}^2(x)}{\Omega_{\lambda}^2(x, \varepsilon)}. \quad (4.5)$$

Так как частота  $\Omega_{\lambda}(x, \varepsilon) > \Omega_{\lambda}(x)$  (для  $\lambda \geq 2$ ), то  $\mu_{\lambda}(x, \varepsilon) < \mu_{\lambda}(x)$ , то есть проковка уменьшает ширину областей динамической неустойчивости.

Расчет границ областей неустойчивости следует по-прежнему вести по формулам (1,11), (1,12), (1,13), заменив в них  $\Omega_{\lambda}$  и  $\mu_{\lambda}$  на  $\Omega_{\lambda}(x, \varepsilon)$  и  $\mu_{\lambda}(x, \varepsilon)$  соответственно. Множитель  $K_{ik}$ , учитывающий силы инерции,

Рис. 3.  $T_B = 20^\circ$ ;  $\epsilon(a) = -5 \cdot 10^{-5}$ .

определяется выражением (2,9). На рис. 3 показано распределение главной области неустойчивости (для  $\lambda = 2$ ) с учетом температурных напряжений и проковки. Размеры диска и принятая температура уже указывались. При расчете проковки положено  $n = 2$ ;  $\epsilon_s(a) = -5 \cdot 10^{-5}$ .

На основе проведенного исследования и расчетов по полученным формулам можно сделать следующие выводы.

1) Потеря динамической устойчивости пильного диска может иметь место при скоростях вращения близких (или кратных) частотам собственных колебаний диска.

2) Силы инерции, повышая частоту собственных колебаний диска, почти не влияют на характер распределения областей динамической неустойчивости.

3. Температурные напряжения расширяют области динамической неустойчивости (при  $\lambda \geq 2$ ), понижая одновременно частоту собственных колебаний.

4) Напряжения от проковки сужают области динамической неустойчивости, повышая частоту собственных колебаний.

5) Соответствующим образом подобранная проковка может компенсировать расширение областей динамической неустойчивости, вызванное нагревом. Ясно, что центробежные силы инерции этого сделать не могут.

6) Чтобы избежать появления параметрического резонанса, надо работать на скоростях выше или ниже критических, то есть вне области динамической неустойчивости.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. В. Болотин. Динамическая устойчивость упругих систем. М., 1956.  
 [2]. Г. С. Гуркин. Напряжения от усилий резания в круглых пилах постоянной толщины. «Лесинженерное дело» № 2, 1959. [3]. П. И. Лапин. Еще раз о проковке круглых пил. «Деревообрабатывающая промышленность» № 10, 1957. [4]. Г. И. Юзefович. О влиянии неравномерного нагрева на динамическую устойчивость круглых пил. Труды ЛТА, вып. 96, 1961.

## О ВЛИЯНИИ ЖЕСТКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЛУЩИЛЬНОГО СТАНКА НА ПРОЦЕСС ЛУЩЕНИЯ ШПОНА

Ю. П. ГОНЧАРОВ

Младший научный сотрудник

(Институт механики АН УССР)

Исследование жесткости лущильных станков, проводимое на кафедре теории механизмов и машин Ленинградской лесотехнической академии, дает возможность объяснить некоторые явления, связанные с колебанием толщины шпона и изменением усилий отжима в процессе лущения.

Чурак, являясь балкой, изгибаемой усилиями, распределенными по сложному закону, изменяет в процессе резания свою жесткость. Это обстоятельство не дает стабилизироваться параметрам лущения и приводит к монотонным изменениям толщины шпона и величины его обжима.

Автором в ряде исследований, проведенных в Ленинградской лесотехнической академии, показано, что приращение прогиба чурака за один оборот вызывает соответствующее по форме и величине изменение толщины шпона поперек ленты. Таким образом, форма поперечного сечения ленты могла бы быть выражена уравнением, отличающимся от уравнения упругой линии изогнутого в горизонтальной плоскости чурака лишь постоянными коэффициентами.

Однако, как показали исследования и расчеты, функциональная зависимость силовых и геометрических параметров весьма сложна и не может быть рекомендована для практических расчетов.

Детальное исследование формы поперечного сечения ленты шпона позволяет с достаточной степенью точности считать ее параболической.

Такое допущение справедливо для всех практически применяемых режимов лущения. Действительно, эксперименты и расчеты доказывают, что, независимо от закона распределения нагрузки, уравнение упругой линии чурака-балки можно представить, с той или иной степенью точности, в виде эмпирического уравнения. Аналогичной же формулой может быть выражена и толщина шпона, так как она зависит от прогибов чурака.

Для расчетов удобно выразить уравнение сечения ленты в виде параболы второй степени, постоянные коэффициенты которой в каждый момент времени есть толщины шпона по краям и в середине длины чурака.

Пусть толщина шпона по ширине листа изменяется согласно закону

$$t_x = \frac{4(t_2 - t_1)}{l^2} (x^2 - xl) + t_2, \quad (1)$$

где  $t_2$  и  $t_1$  — номинальная\* толщина шпона по краям и в середине листа;  $l$  — ширина листа шпона.

\* Здесь и ниже номинальной толщиной обозначается толщина необжато́го шпона.



коэффициент жесткости шпона при прохождении его в зазоре между передней гранью ножа и фаской прижимной линейки.

Коэффициент жесткости зависит от давления.

Для упрощения расчетов, с известной степенью точности, можно считать жесткость шпона величиной постоянной

$$C_{ш} = \frac{q}{\delta} = \text{const.}$$

Если шпон в просвете получает деформацию  $\delta_x$ , а ширина прижимной фаски равна  $b$ , то давление на единицу длины линейки будет

$$q_x = C_{ш} \cdot \delta \cdot b.$$

На краях листа шпона это давление будет

$$q_2 = C_{ш} \cdot b \cdot \delta_{x=0}. \quad (5)$$

В средней точке листа

$$q_1 = C_{ш} \cdot b \cdot \delta_{x=\frac{l}{2}} \quad (6)$$

Решая систему уравнений (4, 5, 6), получаем

$$q_1 = C_{ш} \cdot b (t_2 - t_1) + \frac{3C_{ш} \cdot b \cdot C_n (t_1 - S_1) - lC_{ш}^2 b^2 (t_2 - t_1)}{3C_n + 3l \cdot C_{ш} \cdot b}$$

$$q_2 = \frac{3C_{ш} b \cdot C_n (t_2 - S_1) + 2l \cdot C_{ш}^2 b^2 (t_2 - t_1)}{3C_n + 3l \cdot C_{ш} \cdot b}$$

Подставляя эти выражения в формулу (4), после ряда преобразований получим

$$\delta_x = \frac{4(t_2 - t_1)}{l^2} (x^2 - xl) + t_2 - S_1 - \frac{l}{3} \frac{C_{ш} b (2t_1 + t_2) - 3C_{ш} \cdot b \cdot S_1}{C_n + l \cdot C_{ш} \cdot b} \quad (7)$$

Исследование упругих перемещений системы чурак — станок — инструмент показало, что жесткость ее зависит от величины действующих усилий. Однако в определенном диапазоне изменений усилий с достаточной степенью точности можно считать жесткость системы постоянной величиной:

$$C_c = \frac{\Delta P_y}{\Delta y} = \text{const.}$$

где  $\Delta P_y$  — изменение горизонтальной составляющей общего усилия, действующего в технологической системе, за один оборот чурака;

$\Delta y$  — приращение горизонтальной составляющей упругих перемещений системы, соответствующее величине  $\Delta P_y$ .

В связи с изменением упругих перемещений технологической системы номинальная толщина шпона по краям ленты будет зависеть от жесткости системы и от изменения горизонтальной составляющей усилия.

$$t_2 = t_{\text{онт}} + \frac{\Delta P_y}{C_c}, \quad (8)$$

где  $t_{\text{онт}}$  — оптимальная установочная толщина необжатого шпона (с учетом увеличения его толщины за счет пластических деформаций стружки в процессе резания).

Если пренебречь геометрической особенностью лущения, которое происходит по спирали Архимеда, то оптимальная толщина необжато́го шпона будет

$$t_{\text{опт}} = S + \eta S, \quad (9)$$

где  $S$  — подача суппорта за один оборот шпинделей;  
 $\eta$  — коэффициент усадки стружки.

На толщину шпона посредине ленты существенное влияние оказывает горизонтальная составляющая прогиба чурака.

В случае положительного прогиба чурака в горизонтальном направлении (от ножа) номинальная толщина шпона в средней точке ленты будет

$$t_1 = t_{\text{опт}} + \frac{\Delta P_y}{C_c} - \Delta f_y, \quad (10)$$

где  $\Delta f_y$  — приращение горизонтальной составляющей прогиба чурака в средней точке за один оборот.

Подставив выражения (8), (9), (10) в формулу (7) и произведя ряд преобразований, получим

$$\delta_x = 2\Delta f_y \left( 2 \frac{x^2 - xl}{l^2} + \frac{1}{3} \frac{l \cdot C_{\text{ш}} \cdot b}{C_n + l \cdot C_{\text{ш}} \cdot b} \right) + \frac{C_n}{C_n + l C_{\text{ш}} b} \left( \delta_{\text{уст}} + \frac{\Delta P_y}{C_c} \right) \quad (11)$$

Здесь  $\delta_{\text{уст}} = S(1 + \eta) - S_1$  — установочный обжим, то есть обжим без учета жесткости прижимной траверсы и изменений толщины шпона. Остальные обозначения те же, что и ранее.

Таким образом, формула (11) устанавливает аналитическую зависимость между величинами абсолютной деформации шпона в зазоре (обжимом), горизонтальной составляющей прогиба чурака в средней точке, изменением горизонтальной составляющей усилия резания (силы отжима), характеристиками жесткости технологической системы в целом и траверсы, а также коэффициентом упругости шпона.

Пользуясь указанной формулой, можно показать, как распределяется горизонтальная составляющая усилия резания по длине ножа для любого конкретного случая.

Пусть горизонтальная составляющая усилия резания при разлущивании березового чурака с подачей  $S = 1,5$  мм/об уменьшается примерно на 250 кг, что имеет место в конце лущения. При этом горизонтальная составляющая прогиба увеличивается (по мере уменьшения диаметра чурака) с 0,1 до 0,4. Как показал целый ряд исследований [2], такое явление весьма характерно для момента долущивания чурака.

Жесткостные характеристики станка примем следующие:

$$C_n = 8900 \text{ кг/мм}; \quad C_c = 1685 \text{ кг/мм}^*$$

а коэффициент упругости шпона —  $C_{\text{ш}} \cdot b = 1,43 \text{ кг/мм}^2$  для ширины фаски  $b = 2$  мм.

Коэффициент увеличения толщины необжато́го шпона (коэффициент усадки стружки) примем  $\eta = 0,08$  [1], а зазор между передней гранью ножа и линейкой в начале лущения  $S_1 = 1,125$ . Тогда установочный обжим (абсолютная деформация шпона в зазоре) будет

$$\delta_{\text{уст}} = S(1 + \eta) - S_1 = 0,50 \text{ мм.}$$

\* Значения  $C_n$  и  $C_c$  получены автором при исследовании жесткости лущильного станка ЛУ-137. Примерно те же значения характерны для хорошо отрегулированного неизношенного производственного оборудования сходного типа конструкции.

Исследования усилий резания при лущении березового шпона, проведенные автором, показали, что горизонтальная составляющая в значительной степени зависит от величины относительной деформации шпона (обжима).

Для шпона, лущенного с подачей 1,5 мм/об и с обычной геометрией инструмента, горизонтальная составляющая усилия резания, отнесенная к одному миллиметру длины ножа, определяется зависимостью

$$q_y = (2,28 \cdot \delta_x - 0,3) \text{ кг/мм.} \quad (12)$$

Подсчитав по формуле (11) значения величин абсолютных деформаций шпона для начального и промежуточного момента разлушивания чурака длиной  $l = 1600 \text{ мм}$  и найдя значения составляющей  $q_y$  по формуле (12), получаем картину распределения горизонтальной составляющей усилия резания на длине рабочей части ножа.

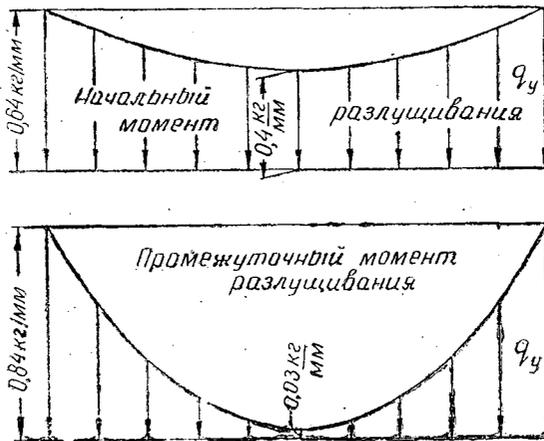


Рис. 3.

Подобные картины распределения можно построить для любого конкретного случая, если известны жесткостные характеристики станка.

Таким образом, анализ формул (11) и (12) дает возможность выявить количественное влияние жесткости элементов станка на величину обжима шпона в процессе лущения, а картина распределения усилий на длине ножа объясняет причину сравнительно небольших изменений прогибов чурака в горизонтальной плоскости.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. Г. Кротов. Фанерное производство. Гослестехиздат, 1947.
- [2]. Г. М. Шварцман. Влияние некоторых технологических факторов на равномерность толщины шпона. Информационно-технический сборник НИИФ, 1950.

Поступила в редакцию  
9 июня 1960 г.

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

С. П. БУКИНА

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия).

Для успешной эксплуатации оборудования и инструмента при обработке древесно-стружечных плит необходимо хорошо знать их свойства.

Такие физико-механические свойства, как объемный вес, предел прочности на сжатие, на растяжение, влажность, показатели твердости и др., не могут в полной мере характеризовать обрабатываемость плит уже в силу того, что они получены в результате статических испытаний, в то время как в условиях производства, как правило, преобладают процессы резания, являющиеся динамическими.

Наиболее приближающимся к практическим условиям обработки является динамический показатель обрабатываемости — удельная работа внедрения резца-клина в исследуемую поверхность [1].

Задачей исследований, которые проводились на кафедре станков и инструментов Ленинградской лесотехнической академии, явилось определение по методу проф. А. Э. Грубе обрабатываемости различных типов стружечных плит прибором — пистолетом с постоянными энергией, скоростью удара и углом заточки резца. Коэффициент обрабатываемости достаточно полно отражает свойства исследуемого материала, его сопротивляемость воздействию внешних сил в процессе механической обработки режущими инструментами [2].

При внедрении резца-клина происходит процесс, сопровождающийся рядом явлений, присущих началу обычного процесса резания в аналогичных условиях (явления резания, деформации древесины гранями резца, трения по граням резца и др.).

Объектом непосредственных наблюдений при опытах является глубина внедрения резца-клина в исследуемую поверхность, которая фиксируется индикатором, укрепленным на стволе пистолета. Удельная работа внедрения вычисляется по следующей формуле:

$$K_0 = \frac{R}{V} = \frac{R}{bh^2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \text{ кгмм/мм}^3,$$

где  $K_0$  — удельная работа внедрения, кгмм/мм<sup>3</sup>;

$R$  — работа, затрачиваемая на внедрение резца на глубину  $h$ , кгмм;

$V$  — объем внедрения =  $b h^2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}$  мм<sup>3</sup>;

$b$  — ширина режущей кромки резца, мм;

$\beta$  — угол заточки резца, град.;

$h$  — глубина внедрения, мм.

Принимая  $\frac{R}{b \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} = A = \operatorname{const}$  как величины постоянные для дан-

ного реза и энергии удара, удельную работу внедрения  $K_0$  можно вычислять таким образом:

$$K_0 = \frac{A}{h^2} \text{ кгмм/мм}^3.$$

Серия опытов, проделанных с различными углами заточки реза и различной энергией удара, показала, что оптимальными можно считать угол заточки  $\beta^0 = 44^\circ 10'$  (клиновидный резец из высококачественной углеродистой стали марки У10А, твердостью 56 ÷ 58 ед. по Роквеллу ( $R_C$ ) длиной лезвия  $b = 7,25$  мм) и VI ступень сжатия пружины, соответствующую энергии удара  $R = 100,4$  кгмм и скорости в момент удара  $V = 2,22$  м/сек\*.

Отсюда при принятых значениях  $R$ ,  $b$  и угле  $\beta$  удельная работа будет вычисляться таким образом:

$$K_0 = \frac{A}{h^2} = \frac{34,2}{h^2} \text{ кгмм/мм}^3.$$

Исследовались необлицованные однослойные стружечные плиты, изготовленные на предприятиях Ленсовнархоза.

Исходная характеристика стружечных плит дана в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п.	Завод-изготовитель	Способ прессования	Объемный вес $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	$\sigma_{сж}$ , кг/см <sup>2</sup>	$\sigma_{изг.}$ , кг/см <sup>2</sup>	W, %	Связующее		Наполнитель
							марка смолы	содержание, в %	
1	Усть-Ижорский фанерный комбинат	Непрерывный	0,72	148	148	5,8	МФ типа Бартрев	7	Березовая стружка специальная резаная
2	1-я мебельная фабрика	Периодический	0,72	107,5	71,8	8	М-3	8	Станочная стружка просеянная; хвойн. 80 %, лиственные 12 %, опилки 8%.
3	Фабрика «Ленгорлес»	„	0,48	39	16	5,13	МФ-17+барда	8+4=12	Непросеянная станочная стружка;
4	„	„	0,55	27	30	5,07	„	„	бук, береза — 30%,
5	„	„	0,75	88	35	4,5	„	„	хвойн.—70%
6	„	„	0,82	60	101	4,7	„	„	

Из таблицы видно, что общим для всех исследуемых плит является то, что все они приготовлены на карбамидных смолах.

Различный объемный вес плит фабрики «Ленгорлес» получался за счет изменения весовых количеств прессмассы (стружки и связующего) при неизменном давлении прессования.

\* При выборе оптимальных значений исходили из того, что при проведении эксперимента резец должен иметь минимальное затупление. Меньшее изменение радиуса закругления лезвия происходит при больших углах заточки реза. С другой стороны, при работе резаками с большими углами заострения происходит подскок бойка пистолета, а неизбежные зазоры в сочленениях конструкции приводят к тому, что при возвращении бойка после подскока резец не занимает первоначального положения. В результате этого замеры глубины внедрения реза оказываются затруднительными.

Физико-механические показатели плит определялись в ЦНИИ фанеры и мебели по второму проекту ГОСТа на физико-механические испытания древесно-стружечных плит\*.

Определение обрабатываемости древесно-стружечных плит производилось по пласти и кромке плиты.

Вследствие того, что пласти плит с обеих сторон имеют различный размер стружек, обусловленный технологией изготовления плит, все испытания проводились отдельно: по верхней пласти — с крупной стружкой и по нижней — с мелкой стружкой.

Чтобы решить вопрос о количестве исследований, необходимых для получения данных достаточной степени точности, были проведены пробные испытания как отдельно по каждой пласти плит различных объемных весов, так и по кромке. Результаты этих испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2

Завод-изготовитель	Показатель точности опытов	
	по пласти (средний по верхней и нижней пласти после 120 выстрелов)	по кромкам (после 15 выстрелов)
Усть-Ижорский фанерный комбинат	1,75	3,7
1-я мебельная фабрика . . . . .	4,30	4,7
Фабрика „Ленгорлес“ . . . . .	3,30	3,6

Как видим, надежность эксперимента обеспечена, так как показатель точности не превышает 5%, установленных для проведения опытов в деревообработке [3].

После установления необходимого количества наблюдений, из каждой плиты вырезался образец размером  $360 \times 360$  мм и на каждую пласт наносилась «сетка ударов», представляющая собой ряд вертикалей и горизонталей, в точки пересечения которых делались выстрелы. Образец с нанесенной сеткой укладывался на массивную чугунную шлифованную плиту, пистолет устанавливался вертикально стволом вниз и прижимался рукой к поверхности стружечной плиты; затем производился выстрел и определялась глубина внедрения реза; данные заносились в таблицу, составленную по такому же типу, как сетка.

Для исследования кромок эти же плиты (после проведения опытов по пласти) разрезались на бруски шириной 35 мм; после калибровки по ширине, посередине бруска наносилась продольная ось, параллельная пластям плиты, и под различными углами к этой оси ( $0 - 180^\circ$ ,  $45 - 225^\circ$ ,  $90 - 270^\circ$ ,  $135 - 315^\circ$ ; то есть через  $45^\circ$ ), производился прострел кромок плит, зажатых по 4—5 штук в специальной струбине.

В результате прострела плит всех объемных весов составлена сводная таблица удельной работы внедрения реза по пластям и кромке (см. табл. 3\*\*).

На основании полученных данных построены карты обрабатываемости, которые дают возможность судить о степени однородности плит. Для примера приведена карта обрабатываемости плиты Усть-Ижорского

\* Проект ГОСТа составлен ЦНИИФМом в 1959 г.

\*\* В табл. 3 и 4 в первой строке приведены данные для плит Усть-Ижорского мебельного комбината, а во второй — для плит 1-й мебельной фабрики.

Таблица 3

№ п/п.	Объемный вес плит $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Удельная работа внедрения $K_0$ —к.г.мм/мм <sup>3</sup>							
		пласть			кромка				среднее по кромке
		верхняя	нижняя	среднее по верхней и нижней пласти	направление нанесения ударов				
					180° 0°	45° 225°	90° 270°	135° 315°	
1	0,72	14,7	16,5	15,6	35,7	31,4	31,1	31,9	
2	0,72	8,5	9,9	9,2	15,1	17,8	16,7	17,7	16,5
3	0,48	7,8	10,5	9,2	7,5	8,9	8,4	9,1	8,5
4	0,55	6,7	12,2	9,4	13,9	11,8	10,3	11,9	12,0
5	0,75	11,9	14,7	13,3	30,9	27,9	28,8	29,1	29,2
6	0,82	9,3	13,3	11,3	44,8	48,0	39,6	41,0	41,5

фанерного комбината, изготовленной по наиболее совершенной технологии (рис. 1).

Коэффициент вариации  $v$ , характеризующий относительную изменчивость величины удельной работы внедрения, полученный при математической обработке данных, лежит в следующих пределах (см. табл. 4).

Таблица 4

Объемный вес плит $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Коэффициент изменчивости $v$ в %			
	пласть			кромка (среднее)
	верхняя	нижняя	среднее по верхней и нижней пласти	
0,72	19,3	20,1	20	31
0,72	36,0	59,1	47,55	39,7
0,48	26,0	30,6	28	30,3
0,55	37,0	42,3	40	29,8
0,75	27,0	41,1	34	20,2
0,82	35,2	51,3	43	20,1

Обработка результатов наблюдений методом вариационной статистики позволила выявить корреляционную связь между физико-механическими показателями стружечных плит (объемным весом плит —  $\gamma$ , пределом прочности на сжатие  $\sigma_{сж}$ , пределом прочности на изгиб —  $\sigma_{изг}$ ) и удельной работой внедрения  $K_0$ .

## I. По пласти плит

- $K_0 = 10,2 \gamma + 4,47 \pm 2,3$   
 $\gamma = 0,024 K_0 + 0,4 \pm 0,11$
- $K_0 = 0,034 \sigma_{сж} + 8,54 \pm 2,12$   
 $\sigma_{сж} = 10,2 K_0 - 37,0 \pm 36,5$
- $K_0 = 0,024 \sigma_{изг} + 9,53 \pm 2,12$   
 $\sigma_{изг} = 14,35 K_0 - 88,3 \pm 51,7$

## II. По кромке плит

- $K_{0\perp} = 66,7 \gamma - 21,3 \pm 9,88$   
 $\gamma = 0,006 K_{0\perp} + 0,53 \pm 0,1$
- $K_{0\perp} = 0,106 \sigma_{сж} + 15,1 \pm 1,21$   
 $\sigma_{сж} = 1,29 K_{0\perp} + 48,2 \pm 42,1$
- $K_{0\perp} = 0,11 \sigma_{изг} + 15,5 \pm 11,05$   
 $\sigma_{изг} = 2,62 K_{0\perp} + 12,4 \pm 54,6$

где  $K_{0,1}$  — удельная работа внедрения по кромке плит.

Из анализа проведенной работы сделаны следующие выводы:

1. С увеличением объемного веса плит, при прочих одинаковых условиях (плиты фабрики «Ленгорлес»), возрастает удельная работа внедрения реза в исследуемую поверхность, то есть увеличивается прочность плит (что подтверждают результаты физико-механических испытаний).

2. Данные обрабатываемости по пласти и кромке свидетельствуют о различий свойств плит в двух направлениях, что отличает стружечные плиты от исходного сырья — древесины, обладающей анизотропией в трех направлениях: Удельная работа внедрения в кромку примерно в два раза превосходит работу внедрения в пласт (для всех плит).

3. Удельная работа внедрения по пласти для одной и той же плиты неодинакова: в поверхность с более крупной стружкой резец внедряется глубже. Разница в глубине внедрения зависит от размера стружек на обеих поверхностях. В среднем по всем плитам коэффициент обрабатываемости пласти с мелкой стружкой на 24% превысил коэффициент обрабатываемости плит по пласти с крупной стружкой. Это можно объяснить тем, что резец, внедряясь в мелкую основу, встречает на своем пути большее количество связующего, которое прочнее древесины.

4. Из анализа табл. 4 вытекает, что большей однородностью обладает верхняя пласт плит, изготовленных в прессах периодического действия; в среднем по этим плитам коэффициент изменчивости по пласти с мелкой стружкой на 12% превышает изменчивость пластей с крупной стружкой. Разница в коэффициенте изменчивости у плит Усть-Ижорского комбината составляет всего около 4%. Отсюда можно сделать вывод, что с усовершенствованием технологии можно достигнуть однородности свойств плит по обеим поверхностям. Разница в однородности по пласти и кромке для всех плит составляет примерно 20%.

5. Прострел кромок под различными углами к продольной оси показал, что наибольшее сопротивление резцу возникает при нанесении выстрелов параллельно оси и наименьшее — перпендикулярно ей.

6. Анализируя данные по обрабатываемости и физико-механическим показателям всех плит, можно сделать вывод, что лучшими механическими свойствами обладают плиты Усть-Ижорского фанерного комбината.

7. Найденная корреляционная связь между обрабатываемостью  $K_0$  и физико-механическими показателями ( $\gamma, \sigma_{сж}, \sigma_{изг}$ ) исследуемых плит дает возможность определить показатель обрабатываемости по одной из известных характеристик плиты и наоборот, по показателю обрабатываемости найти физико-механические характеристики плиты.

8. Ввиду трудоемкости определения опытным путем величины удельной работы резания предлагается эмпирическая зависимость между коэффициентом обрабатываемости и удельной работой резания при пилении стружечных плит с подачей на зуб  $u_z = 0,2$  мм в виде

$$K = 0,22 K_0 + 5,04,$$

где  $K$  — удельная работа резания при пилении,  $кгм/см^3$ ;

$K_0$  — удельная работа внедрения,  $кгмм/мм^3$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Э. Грубе. Станки и инструменты по деревообработке, т. II. Гослесбумиздат, 1949. [2]. С. А. Князев. Обрабатываемость древесины резанием. Диссертация, ЛТА им. Кирова, 1956. [3]. Н. Л. Леонтьев. Статистическая обработка результатов наблюдений.

Поступила в редакцию  
11 апреля 1960 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ГИДРОЛИЗ ЦЕЛЛОЛИГНИНА ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ 41 %-ной  
СОЛЯНОЙ КИСЛОТОЙ В ДИФфуЗИОННОЙ БАТАРЕЕ**Н. В. ЧАЛОВ**

Кандидат технических наук

**Л. Б. ПААСИКИВИ**

Младший научный сотрудник

**А. Е. ЛЕЩУК**

И. о. старшего научного сотрудника

**Е. Ф. ГОРЯЧИХ**

И. о. старшего научного сотрудника

(Государственный научно-исследовательский институт гидролизной и сульфитно-спиртовой промышленности)

На основе исследований нами был разработан новый режим гидролиза древесины концентрированной соляной кислотой в диффузионной батарее [4].

Отличительными чертами нового режима являются следующие:

а) стационарный гидролиз гемицеллюлозных компонентов древесины промежуточным гидролизатом, в период которого происходит переход образовавшихся сахаров в жидкую фазу и частичная деструкция трудногидролизуемых полисахаридов, (что обуславливает их более легкую гидролизуемость на последующих стадиях процесса);

б) снижение рабочей концентрации соляной кислоты до 38—39%, (что стало возможным благодаря частичной деструкции трудногидролизуемых полисахаридов на стадии стационарного гидролиза). Это позволяет синхронизировать работу гидролизной и промывной частей диффузионной батареи и исключить отбор регенерированной кислоты из промывной части;

в) сочетание стационарного гидролиза гемицеллюлозных компонентов древесины промежуточным гидролизатом с омылением трудногидролизуемых полисахаридов в условиях непрерывного протекания жидкостных потоков через материал.

При осуществлении нового режима на стадии стационарного гидролиза древесины концентрация сахаров в гидролизате повышалась на 4,3% за счет легко гидролизуемых полисахаров.

В отличие от древесины, целлолигнин не содержит легкогидролизуемых компонентов, и значительного увеличения концентрации сахара в гидролизате на этой стадии ожидать нельзя; происходит только частичная деструкция трудногидролизуемых полисахаридов.

В целях углубления процесса омыления целлолигнина на стадии

стационарного гидролиза, было решено исследовать возможность перевода части трудногидролизующих полисахаридов в более легкогидролизующее состояние в процессе предгидролиза древесины разбавленной соляной кислотой и сушки целлолигнина.

Оказалось, что в процессе предгидролиза в легкогидролизующее состояние переходит 2—4% (от целлолигнина) трудногидролизующих полисахаридов. Было также установлено, что если высушить целлолигнин, от которого не полностью отмыт хлористый водород\*, то содержание легкогидролизующей фракции в нем увеличивается (см. рис. 1).

Эти исследования показали, что можно сравнительно просто увеличить содержание легкогидролизующей фракции в целлолигнине за счет деструкции части трудногидролизующих полисахаридов. Возможно, что деструкция полисахаридов идет до различной степени полимеризации, и что в целлолигнине содержатся фракции полисахаридов, которые не гидролизуются разбавленной соляной кислотой, но гидролизуются кислотой умеренной концентрации.

Следовательно, можно ожидать, что полисахариды целлолигнина будут легче гидролизываться концентрированной соляной кислотой, чем полисахариды исходной древесины.

Целлолигнин для исследования был получен из сосновой щепы размерами  $10 \times 10 \times 1,5$  мм (отклонения от указанных размеров составляли  $\pm 0,1$  мм). Предгидролиз осуществлялся 2%-ой соляной кислотой в течение трех часов при  $100^\circ\text{C}$ .

При количественном гидролизе полисахаридов по общепринятой методике [2] выход сахаров в пересчете на глюкозу составил 61,83% от абс. сухого целлолигнина. Относительная влажность целлолигнина 4,03%, удельная загрузка — 160 г в литре.

Исследования проводились на опытной лабораторной диффузионной батарее, имеющей шесть диффузоров диаметром 60 мм и высотой 600 мм. Устройство диффузоров и схема коммуникаций батарей описаны ранее [4].

Диффузионная батарея (рис. 2) состоит из двух частей — гидролизной и промывной. В первой осуществляется процесс гидролиза полисахаридов и вывода сахаров в виде гидролизата, во второй — отмытка хлористого водорода от лигнина; полученная при этом соляная кислота вводится в гидролизную часть батареи. Таким образом, обе части ее взаимосвязаны, и процессы в них идут синхронно.

В работе диффузионной батареи имеются два периода, составляющие фазовый сдвиг, равный 12 час: период отбора готового гидролизата,

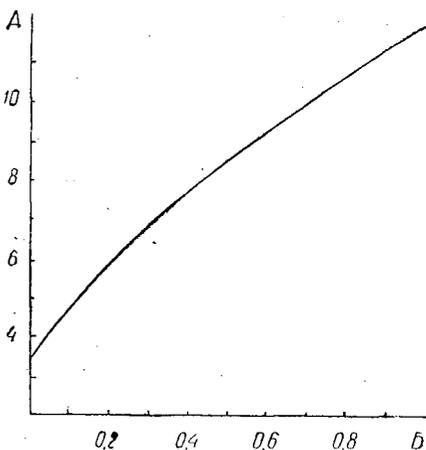


Рис. 1. Деструкция трудногидролизующих полисахаридов при сушке влажного целлолигнина, содержащего хлористый водород.

А — легкогидролизующая фракция, % от полисахаридов; Б — количество хлористого водорода, % от абс. сухого целлолигнина.

\* При сушке целлолигнина с начальной влажностью 70—73% до влажности 3—5% испаряется только вода, хлористый водород полностью остается; это объясняется свойствами системы хлористый водород — вода, в которой при содержании  $\text{HCl}$  в жидкой фазе 10—12% концентрация его в парах исчезающе мала. Кроме того, целлолигнин адсорбирует и прочно удерживает хлористый водород.

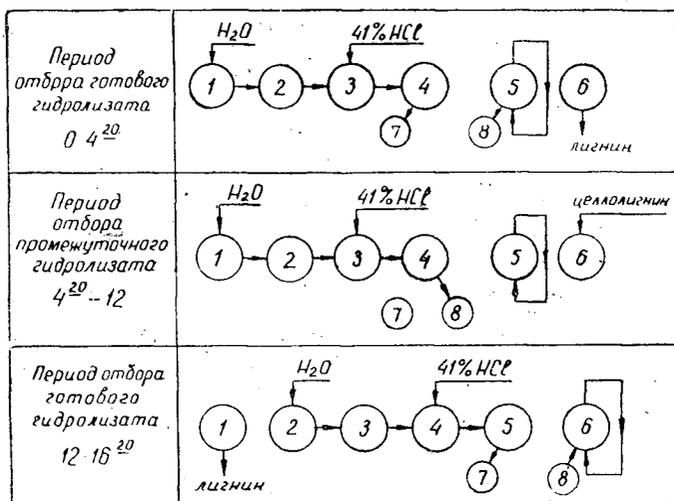


Рис. 2. Схема работы диффузионной батареи.

1 - 6 - диффузоры; 7 - сборник готового гидролизата; 8 - сборник промежуточного гидролизата.

который поступает на переработку, и период отбора промежуточного гидролизата, идущего на заполнение диффузора с целлолигнином. После этого в батарее производятся переключения.

В период отбора готового гидролизата в диффузор 1 подается вода, которая отмывает кислоту от лигнина, после чего перетекает в диффузор 2. Из него соляная кислота концентрацией (в среднем) 38—39% поступает в диффузор 3, куда одновременно подается 41%-ная соляная кислота.

Затем гидролизат перетекает в диффузор 4, из которого в сборник 7 отбирается готовый гидролизат. В начале периода отбора диффузор 5, куда до этого был загружен сухой целлолигнин, заполняется промежуточным гидролизатом из сборника 8. После заполнения, в течение одного часа через диффузор 5 осуществляется циркуляция гидролизата в целях улучшения условий пропитки целлолигнина промежуточным гидролизатом и отвода тепла набухания полисахаридов. Во время отбора готового гидролизата из диффузора 6 выгружается лигнин.

В период отбора промежуточного гидролизата состояние батареи не изменяется, отбор производится в сборник 8. В диффузор 6 загружается целлолигнин. Через диффузор 5, находящийся на стадии стационарного гидролиза, через 6 час после начала заполнения промежуточным гидролизатом, в течение одного часа осуществляется циркуляция раствора с целью ускорения процесса гидролиза полисахаридов.

По окончании отбора промежуточного гидролизата заканчивается фазовый сдвиг в работе диффузионной батареи и производятся переключения. Первый диффузор отключается, подача воды переносится во второй, а 41%-ой соляной кислоты — в четвертый; пятый, находившийся на стационарном гидролизе, подключается к батарее, а шестой заполняется промежуточным гидролизатом. Работа батареи вступает в новый фазовый сдвиг и далее идет так, как описано выше.

После ввода в действие (в течение 72 час) диффузионная батарея работала 96 час. Тщательно проверив все показатели и убедившись, что батарея работает стабильно, мы сняли материальный баланс по шести фазовым сдвигам (на что потребовалось 72 часа). В этот период

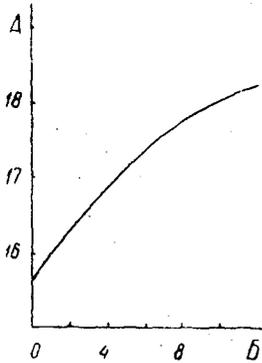


Рис. 3. Увеличение сахаров в гидролизате в период стационарного гидролиза.

А — концентрация сахаров в гидролизате, % вес;  
Б — время, час.

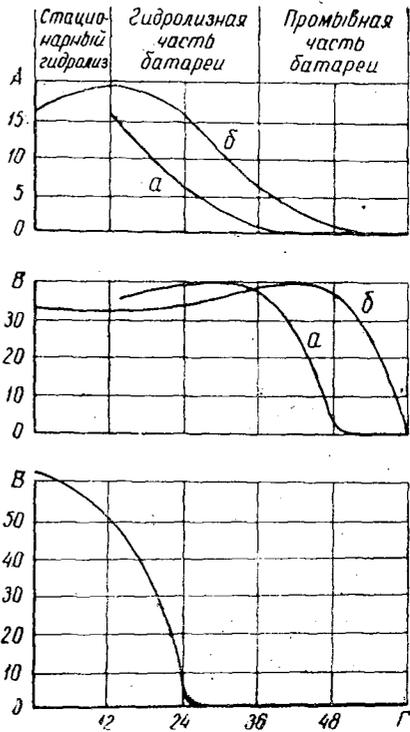


Рис. 4. Изменение состояния диффузионной батареи за период фазового сдвига.

А — концентрация сахаров в жидкости, %;  
Б — концентрация хлористого водорода в гидролизате, %; В — содержание полисахаридов в гидролизуемом материале, %;  
Г — время, час, а — на входе в диффузор, б — на выходе из диффузора.

в конце фазового сдвига отбирались пробы жидкости из каждого диффузора (внизу), а также средние пробы готового и промежуточного гидролизатов и пробы гидролизата из диффузора, находившегося на стационарном гидролизе.

По окончании снятия материального баланса работа батареи в конце фазового сдвига была остановлена, и из каждого диффузора через специальные краники (расположенные сверху, внизу, на одной и двух третях высоты) были отобраны пробы жидкости.

Затем гидролизуемый материал промывался водой, после чего около мест расположения краников для отбора проб жидкости отбирались образцы проб гидролизуемого материала из каждого диффузора, кроме находившегося на стационарном гидролизе и хвостового диффузора промывной части батареи, содержавшего промытый лигнин: из них отбирались средние пробы твердой фазы. Образцы жидкостей, промежуточный и готовый гидролизаты анализировались на содержание сахаров (после инверсии) эбулиостатическим методом [1] и на содержание хлористого водорода — титрованием раствором едкого натрия со смешанным индикатором (по Андерсену). Целлолигнин, лигнин и пробы гидролизуемого материала, отобранные из диффузоров после остановки батареи, анализировались на содержание полисахаридов по общепринятой методике [2].

На рис. 3 приведены показатели прироста концентрации сахаров в гидролизате в период стационарного гидролиза.

Как видим, за 12 час средний прирост концентрации составил 2,4% весовых. Модуль залива промежуточного гидролизата был в среднем 5,4. Отсюда следует, что при стационарном гидролизе переходит в гидролизат 12,96% полисахаридов от абс. сухого целлолигнина или 21% от содержания полисахаридов в целлолигнине.

Таким образом, полученные результаты полностью подтверждают нашу основную предпосылку о том, что при предгидролизе и особенно при сушке целлолигнина, содержащего небольшое количество хлористого водорода, имеет место заметная деполимеризация трудногидролизуемых полисахаридов и они в значительном количестве переходят в более легкогидролизуемое состояние.

На рис. 4 показано изменение состояния диффузионной батареи за период фазового сдвига. Как видно из рисунка, процесс гидролиза идет интенсивно и заканчивается практически полностью в течение 24 час. Это означает, что полисахариды целлолигнина гидролизуются соляной кислотой легче полисахаридов древесины [4] и подтверждает значительную деполимеризацию трудногидролизуемых полисахаридов в процессе предгидролиза и сушки целлолигнина, что и обуславливает их более легкую гидролизуемость. Из этого также следует, что число диффузоров в гидролизной части может быть уменьшено с трех до двух или же продолжительность фазового сдвига сокращена до 8 час. Последнее более значительно увеличивает производительность диффузионной батареи, и такое изменение в ее работе наиболее технически целесообразно.

Кривые, характеризующие ход изменения содержания хлористого водорода в жидкости на входе в диффузор и на выходе из него, пересекаются; это объясняется тем, что в хвостовой диффузор гидролизной части батареи (диффузор 3, рис. 2) сверху подается 41%-ная соляная кислота. Содержание хлористого водорода на выходе из диффузора снижается за счет увеличения содержания сахаров.

Обращает внимание ход кривых изменения концентрации сахаров по диффузорам. Как видим, отмывка сахаров идет замедленно: некоторая часть их поступает в промывную часть диффузионной батареи, а полностью сахара отмываются только к концу фазового сдвига. По приведенной на рис. 4 кривой видно, что хотя через 24 часа гидролизуемый материал уже не содержит полисахаридов и представляет собой лигнин, содержащиеся в порах лигнина сахара отмываются только через 24 часа после полного гидролиза полисахаридов.

Такое положение объясняется тем, что количество концентрированной соляной кислоты, подаваемой в диффузионную батарею, находится на грани минимума, необходимого для отмывки сахаров.

Кривая, характеризующая ход гидролиза полисахаридов целлолигнина, показывает, что можно снизить модуль подачи 41%-ой кислоты; это позволит получать гидролизаты с концентрацией сахаров выше 18%.

Кривая хода отмывки сахаров, наоборот, указывает на необходимость увеличения модуля подачи 41%-ой соляной кислоты в диффузионную батарею для того, чтобы обеспечить отмывку сахаров из прогидролизованного материала — лигнина.

Отсюда следует, что концентрация сахаров в получаемом гидролизате должна быть ограничена 18%, а для обеспечения полного вымывания сахаров — даже уменьшена. Несоблюдение этого условия приведет к попаданию сахаров в промывную часть диффузионной батареи, накоплению их в диффузорах гидролизной части и, в конечном счете, к снижению скорости гидролиза и выхода сахаров.

В наших предыдущих исследованиях по гидролизу древесины в диффузионной батарее 4 на перетоке из промывной части в гидролизную к концу фазового сдвига концентрация соляной кислоты держалась в пределах 36—37%; и в настоящих исследованиях мы поступали аналогично. Поскольку гидролиз полисахаридов целлолигина идет быстрее, чем полисахаридов древесины, то возможно и целесообразно в этом случае уменьшить концентрацию соляной кислоты на перетоке из промывной в гидролизную часть батареи. При этом увеличится просок воды в гидролизную часть, увеличится количество жидкости, проходящей через нее, тем самым улучшатся условия промывки сахаров от прогидролизованного материала. Такое мероприятие не позволит увеличить концентрацию сахаров в получаемом гидролизате, зато, возможно, не придется увеличивать модуль подачи 41%-ной соляной кислоты. А это имеет важное значение для дальнейшей переработки гидролизатов и рекуперации из них соляной кислоты.

По средним данным готовый гидролизат содержал сахаров — 18,15%, хлористого водорода — 31,74% (весовых). Выход сахаров (по готовому гидролизату с учетом сахаров, содержащихся в пробах, отобранных из батареи) составил 59,19% от абс. сухого целлолигина или 96% от теоретически возможного выхода. В лигнине полисахаридов не обнаружено.

Количество хлористого водорода, вводимого в диффузионную батарею в виде 41,5%-ной соляной кислоты, было 111,7% от абс. сухого целлолигина. Во влажном лигнине содержание его составило 0,27%, а потери с лигнином — 0,8% от абс. сухого целлолигина. Концентрация хлористого водорода в воде, сбрасываемой из хвостового диффузора, была 0,24%, а потери — 0,7% от абс. сухого целлолигина. Таким образом, общие невозвратимые потери хлористого водорода составят 1,5%.

Более значительны потери хлористого водорода в стяжную линию через сепараторы, которые составили 3,51% от абс. сухого целлолигина. Отсюда следует, что необходимо улавливать хлористый водород в специальной абсорбционной колонне и возвращать его в производство.

В остальном процесс гидролиза целлолигина аналогичен процессу гидролиза древесины в диффузионной батарее [4].

Основной задачей гидролиза целлолигина концентрированной соляной кислотой является получение растворов сахаров, содержащих преимущественно глюкозу. В связи с этим мы считали необходимым исследовать раствор, получаемый из гидролизата после регенерации соляной кислоты. С этой целью весь готовый гидролизат, полученный во время проведения опытов на лабораторной диффузионной батарее, был подвергнут переработке. Гидролизат упаривался под вакуумом в лабораторном аппарате циркуляционного типа до концентрации сухих веществ 68—72%, после чего выпаривание продолжалось с непрерывной подачей воды до тех пор, пока содержание хлористого водорода не снизилось с 10 до 3—4%. Полученный гидролизат разбавлялся водой и выгружался из аппарата.

Содержание сухих веществ, определенных рефрактометрическим методом, в гидролизате оказалось равным 51,52%, а сахаров после количественной инверсии — 48,0%. Таким образом, доброкачественность полученного раствора по сумме сахаров составляет 93,2%, что говорит о высоком качестве растворов, полученных при гидролизе целлолигина.

Для практических целей инверсию осуществляют при концентрации сахаров в растворе 10—20%. При 100° С и концентрации хлористого водорода в растворе 1,5%, в течение 3 час не достигается полной инверсии олигосахаридов (степень инверсии равна 95—96%). Поэтому доброкачественность раствора, вычисленная по содержанию моноз, со-

ставила 88,3—89,2%. Если же учитывать и олигосахариды, то доброкачественность раствора составит 93—97%. Это показывает, что в процессе инверсии качество раствора сахаров улучшается.

Раствор сахаров после инверсии нейтрализовали едким натрием и из нейтрализата получили двойное соединение глюкозы с хлористым натрием, общее содержание глюкозы в кристаллах которого было 73,86% от суммы сахаров, содержащихся в инверте.

Отсюда следует, что из растворов сахаров, полученных при гидролизе целлолигнина в виде двойного соединения с хлористым натрием, может быть выделено глюкозы  $0,78 \cdot 0,592 \cdot 73,86 = 34\%$  от древесины (0,78 — выход целлолигнина из древесины; 0,592 — выход сахаров из целлолигнина). Вопросы выделения глюкозы из ее двойного соединения с хлористым натрием известны и описаны в литературе [3].

### Выводы

1. Для гидролиза целлолигнина концентрированной соляной кислотой в диффузионной батарее полностью применим новый режим гидролиза, ранее разработанный для древесины.

2. Частичная деполимеризация трудногидролизуемых полисахаридов путем сушки целлолигнина в присутствии небольшого количества хлористого водорода улучшает процесс гидролиза целлолигнина.

3. Полисахариды целлолигнина гидролизуются быстрее, чем трудногидролизуемые полисахариды древесины, вследствие их частичной деполимеризации в процессе предгидролиза и сушки целлолигнина в присутствии небольшого количества хлористого водорода. Благодаря этому возможно уменьшить фазовый сдвиг в работе диффузионной батареи до 8—10 час.

4. При гидролизе целлолигнина оптимальная концентрация сахаров в гидролизате должна быть 17—18% весовых. Увеличение концентрации сахаров в получаемом гидролизате приведет к нарушению процесса и снижению выхода сахаров, так как поток соляной кислоты окажется недостаточным для отмывки сахаров от лигнина.

5. При гидролизе целлолигнина выход сахаров в гидролизате равен 59,19% от абс. сухого целлолигнина или 96% от теоретически возможного выхода. После регенерации соляной кислоты из гидролизатов получают высококачественные растворы сахаров, содержащие глюкозу. Из них можно выделить глюкозу в виде двойного соединения с хлористым натрием в количестве 73,86% от сахаров, полученных при гидролизе целлолигнина, или 34% от абс. сухой древесины.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. В. Аблоу, Д. Г. Батыр. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 2, 7, 1960. [2]. Л. М. Агеев, С. И. Корольков. Химико-технический контроль и учет гидролизного и сульфитно-спиртового производства. Гослесбуиздат, М., 1953. [3]. Н. В. Лебедев, Б. О. Любин, А. А. Банникова. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 7, 3, 1958. [4]. Н. В. Чалов, Е. Ф. Горячих, А. Е. Лещук. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 3, 3; № 4, 1, 1959.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛИГНИНОВОГО ПУЛЬВЕРБАКЕЛИТА ДЛЯ ЛИТЬЯ В ОБОЛОЧКОВЫЕ ФОРМЫ

**А. А. СОКОЛОВА**

(Институт леса и лесохимии АН СССР)

**Б. Д. БОГОМОЛОВ**

(Проблемная научно-исследовательская лаборатория  
Архангельского лесотехнического института)

**Ф. А. КРУПКИНА**

(Научно-исследовательский институт пластмасс)

**Г. В. ПРОСЯНИК**

(Завод им. Лихачева)

**Р. Г. ДАНИЛЕВСКАЯ**

(Научно-исследовательский институт технологии автомобильной промышленности)

**Г. С. БРОДСКИЙ**

(Научно-исследовательский институт пластмасс)

**Р. С. ЖДАНОВА**

(Институт леса и лесохимии АН СССР)

За последнее время одним из важнейших достижений в области литейного производства является разработка технологии литья в оболочковые формы. При этом в формовочную смесь в качестве связующего вводится терморезактивная смола, обладающая высокой связующей способностью и быстро твердеющая при нагревании. В СССР для этих целей используется pulverбакелит (ГОСТ 3552-47), представляющий собой порошкообразную смесь фенол-формальдегидной смолы № 104 с уротропином. До настоящего времени pulverбакелит является единственно приемлемым для литья в оболочковые формы материалом. Но для его приготовления используется дорогой и дефицитный фенол. Поэтому и стоимость pulverбакелита высока — 7200 р. за 1 т (в старом масштабе цен).

Многочисленные работы по подбору заменителей pulverбакелита базировались на применении в качестве сырья для получения терморезактивных смол таких материалов, как бурогоольные и сланцевые фенолы, технический ксиленол, древесный пек и т. п. Однако все полученные смолы, несмотря на более низкую стоимость, не нашли применения в литейном производстве из-за неудовлетворительных физико-механических и технологических свойств. В связи с этим Институтом леса и лесохимии Академии наук СССР, Архангельским лесотехническим институтом, Научно-исследовательским институтом пластических масс,

Научно-исследовательским институтом технологии автомобильной промышленности и Московским автомобильным заводом им. Лихачева была проведена работа по проверке возможности частичной замены кристаллического фенола доступным и дешевым продуктом — щелочным сульфатным лигнином, который является отходом сульфатно-целлюлозного производства. В настоящее время на отечественных заводах лигнин полностью сжигается вместе с черным щелоком при регенерации из него щелочи и восстановлении сульфата натрия. В то же время щелочной сульфатный лигнин является активным высокомолекулярным органическим веществом, благодаря чему он может вступать в реакцию конденсации с фенолом и формальдегидом, образуя смолу; эта смола после смешивания с уротропином и тонкого измельчения по своим физико-механическим и технологическим свойствам не уступает pulverбскелиту, применяемому для оболочкового литья.

Лигнин выделяется в виде коричневого осадка при подкислении черного щелока минеральными кислотами или углекислым газом.

Исследованиями установлено, что без ущерба для процесса регенерации щелочи и без компенсации лигнина другим топливом из цикла может быть выведено 10—15% лигнина черных щелоков, что составит около 75 тыс. товарного лигнина в год, а в конце семилетки — около 300 тыс. т.

В 1961 г. на Соломбальском бумажно-деревообрабатывающем комбинате в г. Архангельске вступает в строй первая опытно-промышленная установка по получению щелочного лигнина мощностью 1000 т лигнина в год (при работе в одну смену). В проекте расширения комбината, которое будет осуществлено по семилетнему плану, предусмотрено строительство цеха по производству щелочного лигнина мощностью 15 тыс. т в год.

Получение лигнина может быть налажено в ряде экономических районов страны на предприятиях, производящих сульфатную и натронную целлюлозу.

Выделение щелочного сульфатного лигнина сравнительно просто по аппаратурному оформлению и включает следующие технологические операции:

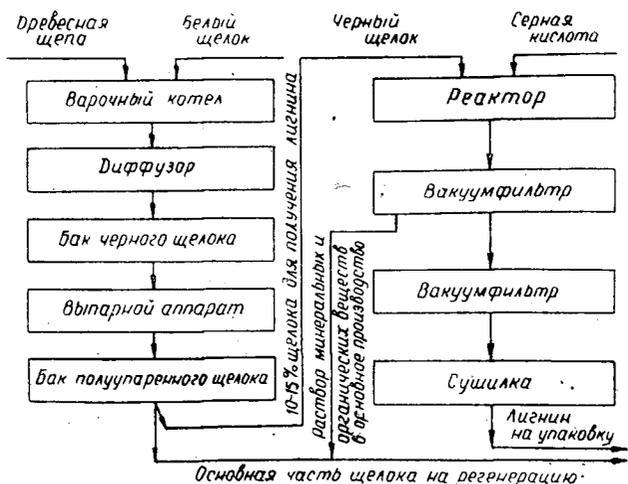


Рис. 1. Принципиальная схема получения целлюлозы и выделения лигнина из черных щелоков.

- а) нейтрализацию черного щелока кислотой для выделения лигнина;  
 б) фильтрование и промывку выделившегося лигнина;  
 в) сушку и упаковку лигнина.

На рис. 1 представлена принципиальная схема получения целлюлозы и выделения лигнина из черного щелока.

Щелочной сульфатный лигнин обладает достаточным для практического использования постоянством свойств. Это подтверждается результатами исследований лигнина, которые в течение многих лет проводились в Институте леса и лесохимии АН СССР и Архангельском лесотехническом институте [1], [2].

По своим химическим свойствам щелочной сульфатный лигнин является более активным, чем гидролизный или лигнин сульфитных щелоков и обладает значительно большим содержанием фенольных гидроксидов (см. табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика щелочного и гидролизного лигнинов

№ п/п.	Физико-химические показатели	Единица измерения	Вид лигнинов	
			щелочной сульфатный	гидролизный
1	Зольность . . . . .	%	0,58	1,32
2	Водорастворимые вещества . . . . .	"	8,00	3,71
3	Смолистые и жирные вещества . . . . .	"	2,46	8,60
4	Лигнин . . . . .	"	86,86	70,35
5	Метоксильные группы . . . . .	"	12,61	9,44
6	Карбоксильные группы . . . . .	мг-экв/г	4,06	3,04
		%	3,37	2,11
7	Фенольные и энольные гидроксилы . . . . .	мг-экв/г	0,75	0,47
		%	7,97	6,66
8	Гидроксильные группы (по Верлею) . . . . .	мг-экв/г	4,69	3,92
		%	10,18	7,51
9	Суммарное содержание кислых групп . . . . .	мг-экв/г	5,99	4,42
		"	5,44	4,39

На основании изучения свойств ряда образцов и их испытаний в промышленных условиях разработаны временные технические требования на щелочной сульфатный лигнин, используемый для изготовления смол, пригодных для производства пластмасс и пульвербакелита (см. табл. 2).

Таблица 2

Технические требования на щелочной сульфатный лигнин

№ п/п.	Показатели	Нормы, %
1	Влажность не более . . . . .	15
2	Зольность не более . . . . .	2,0
3	Водорастворимых веществ не более . . . . .	8
4	Кислотность (реакция водной вытяжки) . . . . .	Слабокислая
5	Содержание смол и жиров не более . . . . .	3
6	Содержание лигнина на абс. сухой исходный лигнин не менее . . . . .	85
7	Растворимость в щелочи не менее . . . . .	99
8	Содержание метоксидов не менее . . . . .	11

За последнее время многие из применяемых методов позволяют получать металлические изделия и детали машин и механизмов ускоренными методами. При этом важной проблемой является получение заготовок, которые могут быть использованы совсем без механической обработки или с минимальной обработкой. К такого рода заготовкам относятся точные отливки, получаемые при литье по выплавляемым моделям, под давлением в металлические формы, в оболочковые формы из песчано-смоляных смесей и др. Способом литья в оболочковые формы из песчано-смоляных смесей производятся средние и мелкие отливки из чугуна, стали и цветных сплавов весом от 1 кг до 30 кг с повышенной точностью размеров и улучшенной чистотой поверхности.

На изготовление тонкостенной оболочковой формы затрачивается значительно меньше смеси по сравнению с обычной песчано-глинистой, в связи с чем количество находящейся в обороте земли уменьшается в 10 и более раз. Трудоемкость изготовления оболочковой формы на высокопроизводительных автоматических установках также ниже песчано-глинистой.

Отливки, получаемые в оболочковых формах, могут иметь малые припуски на обработку (0,2—0,25 мм), допуски на необрабатываемые размеры 0,5—0,7 мм на 100 мм и поверхность чистотой под  $\nabla 4$  —  $\nabla 6$  без пригара и других дефектов. В результате объем механической обработки таких отливок может быть сокращен на 30—50%, а вес снижен на 10—15%. Относительно малооперационный процесс литья в оболочковые формы легко механизуется и автоматизируется.

Оболочковые формы состоят из двух скрепленных между собой тонкостенных полуформ. Для получения их песчано-смоляную смесь (состоящую из связующего и кварцевого песка) тем или иным способом наносят на металлическую модельную плиту специальной конструкции, нагретую до 220—240° и покрытую разделительным составом. В тонком слое смеси, прилегающем к модели, смола плавится и связывает зерна песка, в результате чего в течение 15—25 сек формируется оболочка толщиной 8—10 мм. После удаления излишка песчано-смоляной смеси модельную плиту с образовавшейся на ней оболочкой помещают в печь с температурой 300—350°, где в течение 90—120 сек смола отвердевает, и оболочка приобретает необходимую прочность. Готовую оболочку снимают с помощью имеющихся в модельной плите толкателей. Полученные таким образом полуформы (верхняя и нижняя) спаривают и склеивают. Готовую форму засыпают опорным материалом или устанавливают на земляную постель и заливают металлом. После охлаждения отливок оболочковые формы легко разрушаются, вследствие чего отпадает необходимость в операции выбивки форм.

#### Экспериментальная часть.\*

Опытные партии фенол-лигнин-формальдегидных смол изготавливались по следующему рецепту (в весовых частях).

фенол кристаллический	100
лигнин	80—100
формальдегид	17
серная кислота уд. вес 1,83	2

Технологический процесс изготовления заключается в следующем:

1. Конденсация фенол-лигнина в присутствии катализатора серной кислоты при температуре 120—126° в течение двух часов.

\* В экспериментальной части по изготовлению смол и пульвербакелита приняли участие А. И. Александрова и Х. И. Вин.

2. Дальнейшая конденсация фенол-лигнина с формалином при температуре  $90^{\circ}$  в течение 40—50 мин.

3. Сушка смолы (в вакууме 400—700 мм рт. ст.) проба которой, охлажденная в струе холодной воды, становится хрупкой и имеет температуру каплепадения в пределах  $100—125^{\circ}$  С.

Полученная кусковая смола дробилась, затем смешивалась с 10—12% уротропина и измельчалась до тонины помола обычного пульвербакелита (остаток на сите 0,88 мм составлял не более 2%).

На основе образцов лигнинового пульвербакелита изготавливались песчано-смоляные смеси следующего состава (в весовых процентах):

кварцевый песок 1К 0,25Б	66,0
» » 1К 0,1А	28,2
лигниновый пульвербакелит	5,5
керосин	0,3

Песчано-смоляные смеси приготавливались в лабораторных бегунах.

Оценка свойств смесей производилась по следующему методу. В нагретый до  $200^{\circ}$  С ящик для изготовления полувосьмерок (ширина  $25 \pm 0,5$ , толщина  $12 \pm 0,5$  мм) засыпали песчано-смоляную смесь, уплотняли одним ударом копра и помещали в печь, нагретую до  $350^{\circ}$  С на две, три и пять минут для отвердевания.

Вначале для испытаний лигнинового пульвербакелита были использованы смолы, изготовленные на опытной установке центральной лаборатории завода «Карболит» по приведенному выше рецепту и режиму (партии 5,8). Были получены обнадеживающие результаты.

Однако эти смолы имели тенденцию к слеживанию, что вызывало большие трудности при измельчении. Видимо это происходило вследствие недостаточной вязкости их и низкой температуры каплепадения.

Необходимо было синтезировать смолы с требуемыми для данной области применения свойствами. В результате проведенной работы по изготовлению таких смол и последующих испытаний их физико-химических свойств были получены фенол-лигнин-формальдегидные смолы (партии 15, 18, 36, 16) с повышенными показателями вязкости, температуры каплепадения и прочности образцов из смесей на их основе.

После получения положительных результатов, было изготовлено 50 кг фенол-лигнин-формальдегидной смолы (партии 29—33), на основе которой был получен пульвербакелит.

Физико-химическая характеристика этих смол и свойства пульвербакелита, полученного на их основе, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Физико-химическая характеристика фенол-лигнин-формальдегидных смол и свойства песчано-смоляных смесей на основе лигнинового пульвербакелита

№ партии смолы	Температура каплепадения, °С	Содержание свободного фенола, %	Вязкость 50%-ного раствора смолы в спирте, спз	Скорость отвердевания, сек	Предел прочности песчано-смоляных смесей на разрыв ( $\text{кг/см}^2$ ) при времени отвердевания, мин		
					2	3	5
5	102	11,1	121	53	19,2	23,9	25,0
8	92,6	12,0	114	58	20,4	22,4	25,0
15	107	7,1	не определялась	62—66	26,6	26,2	23,0
18	120	7,6	182	50	25,6	25,0	24,0
36	110	8,9	210	66	29,0	28,0	25,9
16	125	7,2	200	55	31,2	28,8	26,0
29—33	117	11,7	203	40	24,7	28,0	24

Примечание. Приведенные показатели прочности являются средней величиной из шести определений.

Из данных табл. 3 видно, что наибольшая прочность образцов из смоло-песчаной смеси достигается при двухминутном отвердевании.

В табл. 4 приведены результаты сравнительных испытаний образцов из смоло-песчаных смесей на лигниновом и обычном pulverбакелите, изготовленных при различных режимах.

Таблица 4

Свойства образцов песчано-смоляной смеси на лигниновом pulverбакелите при различных температурах отвердевания

Наименование песчано-смоляных смесей	Температура отвердевания образцов, °C	Пределы прочности при разрыве (кг/см <sup>2</sup> ) при различном времени отвердевания, мин		
		2	3	5
Смесь, изготовленная на лигниновом pulverбакелите	300	29,3	27,0	25,0
	350	30,1	28,2	25,4
	400	29,9	28,0	22,8
Смесь, изготовленная на обычном (фенол-формальдегидном) pulverбакелите	300	36,8	34,8	30,8
	350	38,6	37,0	32,8
	400	34,5	33,0	30,0

Была также установлена возможность изготовления плакированных смесей на основе лигнинового pulverбакелита с использованием в качестве растворителей фурфурола, ацетона и эфира-альдегидной фракции.

Производственное испытание опытных партий лигнинового pulverбакелита производилось на автомобильном заводе им. Лихачева по принятой там технологии литья в оболочковые формы и состояло из следующих операций: приготовления песчано-смоляной смеси на бегунах, изготовления оболочковых форм и стержней на различных по конструкции машинах и склеивания форм на прессах жидким клеем с последующей заливкой их металлом на карусельном конвейере.

Составы смесей и показатели прочности представлены в табл. 5.

Таблица 5

Характеристика и составы песчано-смоляных смесей на лигниновом pulverбакелите

№ партии лигнинового pulverбакелита	Предел прочности при разрыве, кг/см <sup>2</sup>	Состав песчано-смоляной смеси, % вес.				* Количество израсходованной смеси при испытаниях, кг
		песок 1К 0,25Б	песок 1К 0,1А	лигниновый pulverбакелит	керосин	
29—33	28,0	66,0	28,2	5,5	0,3	500
34—36	30,0	66,0	28,2	5,5	0,3	200

Эти смеси были опробованы в производственных условиях при изготовлении оболочковых форм и стержней различной сложности. При этом использовались следующие машины:

1. Четырехпозиционная карусельная автоматическая машина «ЗИЛ» для изготовления оболочковых форм.
2. Четырехпозиционная карусельная машина марки «IVE» английской фирмы «Полиграм» для изготовления оболочковых форм.
3. Однопозиционная машина конструкции «ЗИЛ» для изготовления стержней и гильз цилиндров автомобильного двигателя. Режим изготовления приведен в табл. 6.

Таблица 6

## Режим изготовления оболочковых форм на машинах различной конструкции

Марка машины	Температура модельной плиты или стержневого ящика, °С	Время выдержки плиты или ящика под смесью, сек	Температура в печи, °С	Продолжительность отвердевания, сек	Толщина стенки оболочки или стержня, мм
Четырехпозиционные карусельные машины конструкции „ЗИЛ“ и „Полиграм“	220—240	20	350	120	7—8
Однопозиционная машина конструкции „ЗИЛ“ . . . . .	220—240	30	400	90	7,5—8,5

На четырехпозиционной машине «ЗИЛ» изготавливались оболочковые формы размером  $320 \times 420$  мм для получения двух типов отливок:

1) сложных автомобильных шестерен со спиральным зубом из стали 30ХГТ (металлоемкость формы составляет 4,5 кг);

2) автомобильных гильз цилиндров двух наименований из нирезистого\* чугуна с толщиной стенки отливок 5 мм (металлоемкость формы около 10 кг).

На четырехпозиционной машине английской фирмы «Полиграм» марки «IVE» изготавливались оболочковые формы размером  $300 \times 400$  мм для четырех деталей угломера средней сложности из серого чугуна марки Сч 18-36.Metalлоемкость формы — 4 кг. Одновременно на данной машине оболочки изготавливались не только способом свободной засыпки, но и с последующей подпрессовкой. Подпрессовка производилась ложным днищем бункера, связанным с пневматическим цилиндром, который развивает давление на песчано-смоляную смесь до  $1,5 \text{ кг/см}^2$ . При этом было выяснено, что время формирования оболочки из смеси на основе лигнинового пульвербакелита, так же как и из песчано-смоляных смесей, изготовленных на обычном пульвербакелите, сокращается примерно в два раза, и к тому же улучшается четкость контуров оболочки.

На однопозиционной машине «ЗИЛ» изготавливались стержни для гильз цилиндров автомобильного двигателя четырех наименований. Применяемый для этой цели обогреваемый неразъемный чугунный ящик имел уклон  $7,5^\circ$  на длине стержня 200 мм.

Испытание песчано-смоляных смесей на лигниновом пульвербакелите показало, что оболочковые формы и стержни для названных изделий получались вполне удовлетворительного качества и практически ничем не отличались от аналогичных форм и стержней, изготовленных из смеси на обычном пульвербакелите.

Приведенные в табл. 5 составы опытных смесей при испытании показали примерно одинаковые результаты. Положительной чертой всех испытанных опытных песчано-смоляных смесей является хорошая формуемость без каких бы то ни было признаков отслаивания оболочки от плиты.

Оболочковые формы для отливок склеивались по принятой на «ЗИЛ» технологии. При этом применялись пружинные прессы конструкции «ЗИЛ» и жидкий клей на основе смолы МФ-17 и использовалось остаточное тепло одной из полуформ. Склеенные оболочковые формы затем

\* С высоким содержанием никеля, меди и хрома.

устанавливались на земляную постель карусельного конвейера и заливались металлом из ковшей емкостью 30 и 150 кг. Случаев вытекания металла вследствие преждевременного разрушения формы не наблюдалось. Отливки были вполне удовлетворительного качества и ничем не отличались от полученных в том случае, когда применялись формы, изготовленные из смеси на обычном pulverбакелите. За время испытания было израсходовано более 700 кг песчано-смоляной смеси и изготовлено около 1000 шт. отливок различных конфигураций и металлоемкости.

*Расчет экономической эффективности*

Произведен ориентировочный расчет экономической эффективности при замене фенол-альдегидной смолы № 104, применяемой в производстве pulverбакелита, фенол-лигнин-формальдегидной смолой.

Замена 50%<sup>1</sup> кристаллического фенола щелочным сульфатным лигнином дает выход фенол-лигнин-формальдегидной смолы около 200% в расчете на фенол.

Стоимость смолы № 104 составляет около 6 тыс. руб. за 1 т. Стоимость фенол-лигнин-формальдегидной смолы значительно ниже (см. табл. 7).

Таблица 7

Калькуляция себестоимости фенол-лигнин-формальдегидной смолы

№ п/п.	Наименование статей расхода	Расход на 1 т, кг	Цена за 1 т, руб.	Сумма затрат на 1 т смолы, руб.
1	Фенол . . . . .	500	4920	2460
2	Лигнин . . . . .	500	400	200
3	Формальдегид . . . . .	85	3730	317
4	Серная кислота . . . . .	10	260	3
	Итого расходы по сырью . . . . .			2980
5—11	Прочие расходы (пар, вода, эл. энергия, зарплата, амортизация и др. расходы) . . . . .			288
	Себестоимость смолы			3268

Примечание. Расчет произведен в старом масштабе цен.

Статьи, включенные в «прочие расходы», взяты на уровне фактических затрат, имевших место при производстве фенол-лигнин-формальдегидных смол на заводе «Карболит» в Орехово-Зуеве.

Приведенные подсчеты показывают, что смола на основе лигнина почти вдвое дешевле смолы № 104, а потому и pulverбакелит на основе лигниновой смолы будет иметь вдвое меньшую стоимость, так как стоимость уротропина и расходы по измельчению эквивалентны.

### Выводы

1. Щелочной сульфатный лигнин является доступным и перспективным фенольным сырьем, могущим заменить 50% кристаллического фенола в производстве фенол-формальдегидных смол.

2. Разработанный состав и технология изготовления фенол-лигнин-формальдегидных смол позволяют получать их с выходом около 200% против 108% для фенол-формальдегидных смол. Это является весьма существенным фактором, так как из одних и тех же количеств фенольного сырья можно получать почти в два раза больше пульвербакелита.

3. Разработанная технология изготовления фенол-лигнин-формальдегидных смол не вызывает каких-либо затруднений при ее производственном осуществлении.

4. Оболочковые формы и стержни, изготовленные с применением лигнинового пульвербакелита, обладают вполне удовлетворительным качеством и ничем не отличаются от аналогичных форм и стержней, изготовленных из смеси на обычном пульвербакелите.

5. Расчет экономической эффективности показывает, что лигниновый пульвербакелит имеет в 1,5—2 раза меньшую стоимость по сравнению с обычным пульвербакелитом.

6. Необходимо в 1961 г. наладить регулярное производство щелочного сульфатного лигнина и организовать изготовление пульвербакелита на его основе, а также провести планируемые широкие промышленные испытания и внедрение лигнинового пульвербакелита на ряде предприятий Московского и других совнархозов.

### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. Д. Богомолов, А. А. Соколова. Щелочной сульфатный лигнин. «Бумажная промышленность» № 9, 1952. [2]. Б. Д. Богомолов, А. А. Соколова. Вопросы изучения щелочного сульфатного лигнина и использования его как химического сырья. «Известия высших учебных заведений», «Лесной журнал» № 2, 1958.

Поступила в редакцию  
30 декабря 1960 г.

## ЭКСТРАКЦИЯ СМОЛИСТЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ОСМОЛЬНОЙ ЩЕПЫ НА ШНЕКОВОЙ УСТАНОВКЕ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ (Д-200)

Сообщение 2

**Ф. А. МЕДНИКОВ**

Доцент, кандидат технических наук

**Е. В. УШКОВА**

Младший научный сотрудник

**В. И. КСЕНОФОНТОВА**

Инженер

(Ленинградская лесотехническая академия)

По экстракции смолистых веществ из осмольной щепы на опытной экстракционной установке непрерывного действия проведено три серии опытов. При этом устанавливалось влияние размеров щепы и жидкостного модуля на процесс извлечения смолистых веществ.

В первой серии опытов осмольная щепа различной степени измельчения экстрагировалась в течение одного часа при температуре 40—50° С. Продолжительность опытов — 4—5 час. Пробы проэкстрагированной щепы отбирались через каждый час.

Щепа отбиралась с ленты загрузочного транспортера в экстракционном цехе Новобелицкого химического комбината; разделение ее на фракции производилось с помощью сит.

Проведено пять опытов со щепой размером до 6 мм, девять опытов со щепой размером до 10 мм и три опыта с нерасеянной щепой.

При экстракции щепы размером до 6 мм жидкостный модуль был 2 л/кг и 2,6 л/кг (опыты 1 и 3), 3,7 л/кг (опыт 2) и 4,4—4,5 л/кг (опыты 4 и 5); влажность щепы колебалась в пределах от 14 до 22%, а смолистость — от 29 до 34% (в пересчете на абс. сухую обессмоленную древесину). В среднем за 60 мин экстракции на установку подавалось 10—12 кг щепы.

На рис. 1 приведены значения коэффициентов извлечения для этих опытов. Так как условия проведения опытов были одинаковые за исключением жидкостного модуля, то следует считать для щепы размером до 6 мм модуль в пределах 2,5—3,5 л/кг оптимальным. В этих опытах увеличение модуля до 4,5 л/кг не повысило коэффициента извлечения.

С осмольной щепой размером до 10 мм было проведено девять опытов. Качественная характеристика щепы такая же, как и в предыдущем случае. Время экстракции составляло 1 час.

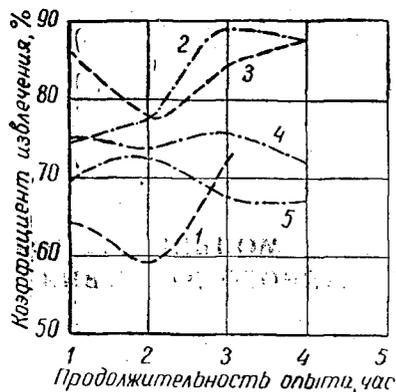


Рис. 1.

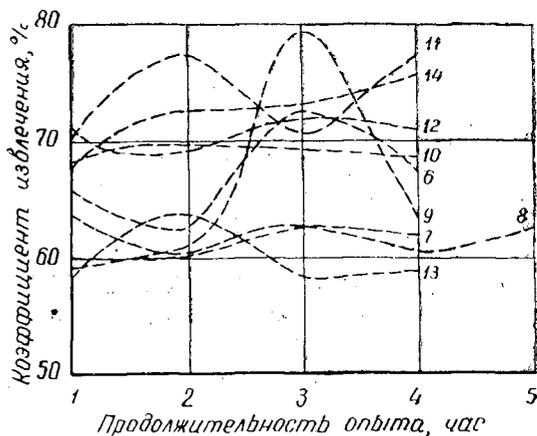


Рис. 2.

Жидкостной модуль был следующим:

№ опыта	Жидкостной модуль
8, 9, 13	1,3—2 л/кг
6, 12	2,5—2,6 »
7, 14	3,6—3,7 »
10, 11	5,5—6,1 »

В опытах с модулем от 1,3 до 2,6 л/кг концентрация канифоли в растворителе составляла 50—70 г/л, а с более высоким модулем — 25—40 г/л. Значения коэффициентов извлечения для этих девяти опытов показаны на рис. 2.

Как видно из графиков, увеличение модуля до 5,5—6,1 л/кг приводит к повышению коэффициента извлечения в среднем за 1 час до 77%.

Опыты с нерассеянной щепой Новобелицкого лесохимического комбината проведены в следующих условиях: температура экстракции 40—50°; влажность щепы — 18—25%, смолистость — 22—25%; жидкостной модуль — 1,8—2,6 л/кг. Коэффициент извлечения в этих опытах при времени экстракции 1 час колеблется в пределах от 22 до 62%, в среднем 42% (рис. 3).

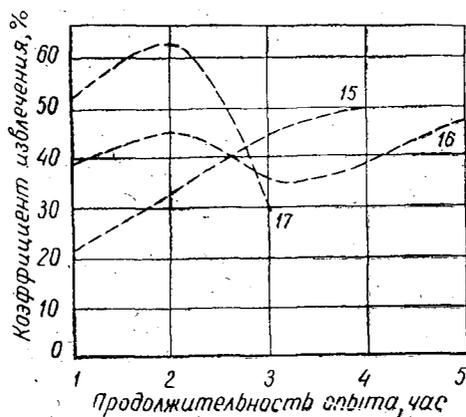


Рис. 3.

Разведывательные опыты первой серии показали, что осмольная щепка (как рассеянная по фракциям, так и нерассеянная) хорошо пере-

мешается по всем трем колоннам экстрактора и равномерно подается в аппарат шнековым питателем.

Определялась также степень извлечения смолистых веществ из осмольной щепы за более продолжительный промежуток времени. При этом щепка проходила по колоннам экстрактора несколько раз. Скорость вращения шнеков не изменялась, она была минимальной и обеспечивала при каждом прохождении щепы время экстракции 1 час. В течение первого часа в экстрактор загружалась свежая щепка, а потом подача ее прекращалась; на второй час экстракции, на третий и т. д. подавалась щепка, уже прошедшая по установке. Суммарное время экстракции составляло 5—7 час.

Таким методом проведено восемь опытов по извлечению смолистых веществ бензином из щепы размером до 10 мм, влажностью 12—19% и содержанием смолистых веществ — 30—35%. Жидкостной модуль в опытах 2, 3, 4, 5, 6 и 8 изменялся от 1,2 до 2,6 л/кг (в пересчете на абс. сухую обессмоленную древесину). Опыты 1 и 7 проводились при модуле 4,2 л/кг и 3,6 л/кг. Температура экстракции составляла 40—50°С. Результаты оформлены графически. На рис. 4 показана зависимость коэффициента извлечения смолистых веществ и концентрации канифоли в растворителе от времени экстрагирования. Из графика видно, что в первый час экстракции в раствор переходит от 60 до 72% смолистых веществ (концентрация канифоли в растворителе за это время 11—29 г/л).

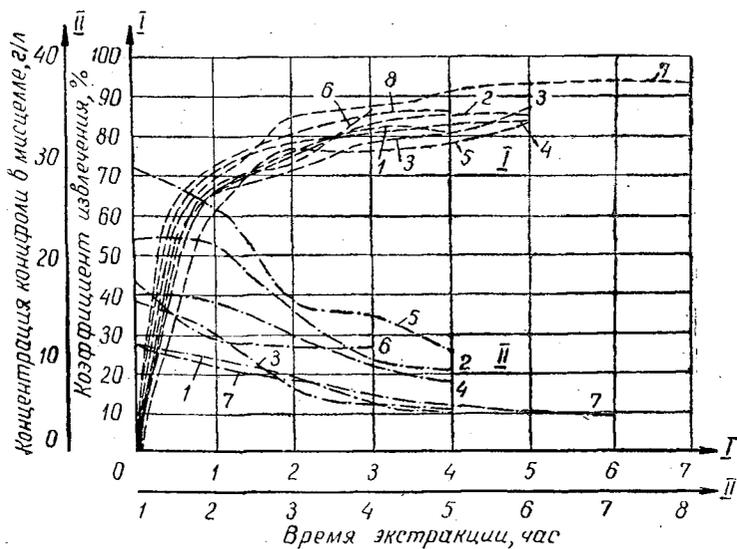


Рис. 4.

За второй час коэффициент извлечения увеличивается на 10—15%, за третий — еще на 7%. В среднем по всем опытам он составил 82%. После 4—5 час экстракции он повысился в среднем до 87%.

С дальнейшим повышением времени экстрагирования был проведен опыт 7. В этом опыте коэффициент извлечения после четырех часов экстракции равен 91%, после пятого часа — 92%, после шестого — 93% и после седьмого — 93%.

Итак, для щепы размером до 10 мм после 3—4 час экстракции увеличение коэффициента извлечения происходит незначительно.

С осмольной щепой размером до 15 мм проведено шесть таких же

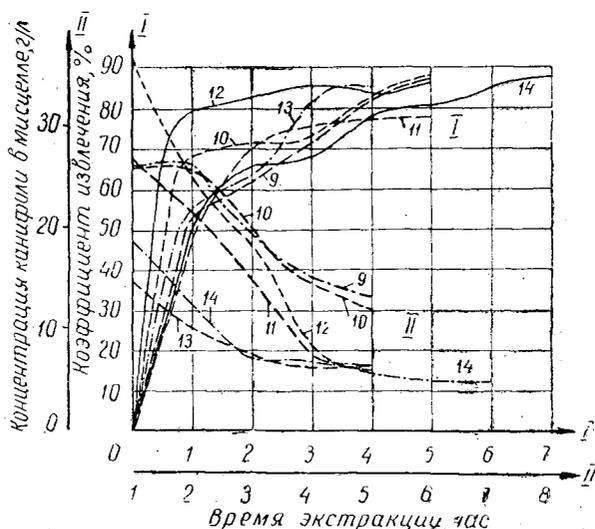


Рис. 5.

круговых опытов. Влажность и смолистость осмольной щепы в этих опытах была такой же, как и в предыдущих. Жидкостной модуль составлял всего лишь 1,2—1,8 л/кг. Только в опыте 13 он был равен 3,5 л/кг. Температура экстракции 40—50°. Зависимость коэффициента извлечения смолистых веществ и концентрации канифоли в растворителе от времени экстрагирования приведены на рис. 5. Коэффициент извлечения в этих опытах после первого часа экстракции колеблется от 50 до 80%; после второго часа от 62 до 82%; после третьего часа от 67 до 85%; после четвертого часа от 78 до 86% и после пятичасовой экстракции — от 78 до 88%.

В опыте 14 время экстракции было 7 час. В этом случае после пятичасовой экстракции коэффициент извлечения составил 81%, после шести часов — 86% и после семи часов — 87%.

Концентрация канифоли с модулем 1,2—1,8 л/кг была равной 15—38 г/л.

С нерасеянной щепой проведено два опыта при модуле 1,5 л/кг. Коэффициент извлечения после первого часа экстракции составил 52,5%, после второго часа — 70%, после третьего часа — 74% и после четвертого — 78%. Концентрация мисцеллы 23—32 г/л.

Сравнивая средние показатели по всем опытам, можно заключить, что для щепы размером до 6 мм после четырех часов экстракции средний коэффициент извлечения — 89,0%; для щепы размером до 10 мм — 85,3%; для щепы размером до 15 мм — 83%, а для нерасеянной технологической щепы канифольно-экстракционного цеха Новобелицкого лесохимического комбината — 78%.

Следует отметить, что в нерасеянной щепе фракция свыше 15 мм составляла 35%.

В третьей серии были проведены опыты с различными растворителями:

- а) смесью 96% бензина и 4% бутанола,
- б) бензином с начальной температурой кипения 100°.

При экстракции смесью бензина и бутанола использовалась такая же, как и в предыдущих опытах щепы. Температура экстракции 30—50°, жидкостной модуль — 1,7—2,0 л/кг.

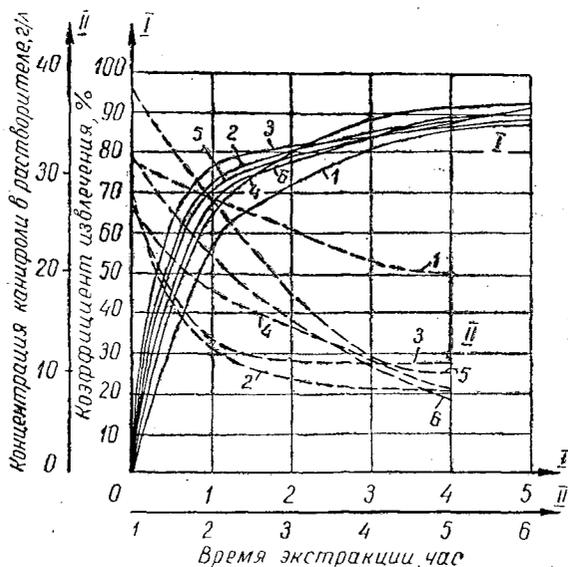


Рис. 6.

На рис. 6 показаны значения коэффициентов извлечения и концентрации канифоли в растворителе в зависимости от времени экстракции.

Со щепой размером до 6 мм проведены опыты 5 и 6; коэффициент извлечения после пятичасовой экстракции в этом случае составил 91,3%, а концентрация канифоли в мисцелле за первый час экстракции — 31—39 г/л.

В опытах 1 и 4 (щепы размером до 10 мм) коэффициент извлечения после пяти часов экстракции составил 87,1% и 92,3% соответственно.

Со щепой размером до 15 мм проведены опыты 2 и 3; коэффициент извлечения за пять часов экстракции составил 90% и 88,5%. Как видим,

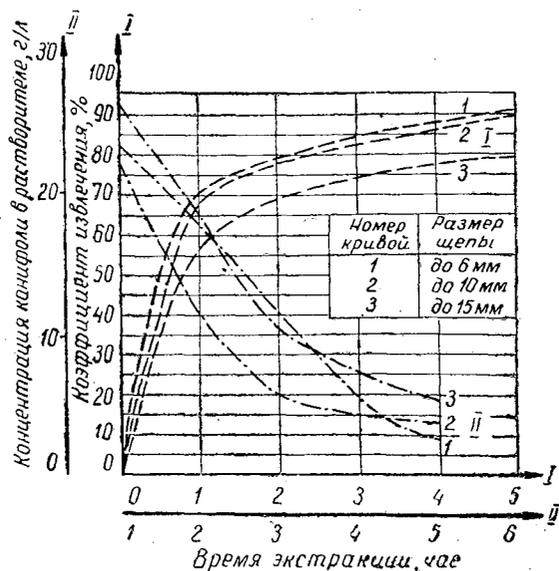


Рис. 7.

добавка к растворителю бутанола повышает коэффициент извлечения смолистых веществ из осмольной щепы на 3—4% по сравнению с экстракцией чистым бензином.

С бензином, имеющим начальную температуру кипения 100°, было проведено три опыта. Этот растворитель получен путем отгонки от экстракционного бензина фракции, кипящей до 100°. Разгонка производилась на установке для ректификации скипидара — сырца в КЭЦ Новобелицкого лесохимического комбината. Применение растворителя с более высокой начальной температурой кипения позволило повысить температурный режим экстракции. В этих опытах растворитель подавался с температурой 80°, мисцелла сливалась с  $t = 60—65^\circ$ , в загрузочной и экстракционной колоннах температура была 65—75°, в поперечно-соединительном звене, которое не имеет водяной обогривательной рубашки — 52—55°.

В опыте 1 экстрагировалась осмольная щепа размером до 6 мм. Коэффициент извлечения после пяти часов составил 90,6% (см. рис. 7), в опыте 2, где использовалась щепа размером до 10 мм, коэффициент извлечения был 89,7%, а в опыте 3 со щепой до 15 мм — 78,3%.

Концентрация канифоли в мисцелле в опыте 1 — 24 г/л, в опыте 2 — 22 г/л, в опыте 3 — 26 г/л.

---

Поступила в редакцию  
8 июня 1960 г.

## СОДЕРЖАНИЕ УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ В НЕКОТОРЫХ ВИДАХ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

*И. Ф. ТУМАНОВ*

Кандидат технических наук

*М. Е. РАТНЕР*

Инженер

(Ленинградская лесотехническая академия)

За последние годы возросла потребность в уксусной кислоте, используемой во многих отраслях промышленности.

Наряду с обычными методами уксусную кислоту можно получать со значительно меньшими капитальными затратами на предприятиях целлюлозной и гидролизной промышленности, где она до сих пор является отходом.

Наиболее перспективным производство уксусной кислоты может оказаться в комплексе с гидролизно-фурфурольным производством, использующим богатое пентозанами растительное сырье, которое, как правило, одновременно содержит и значительные количества уксусной кислоты\*. Семилетний план предусматривает рост фурфурольного производства в 13 раз. Предстоит строительство большого числа гидролизно-фурфурольных заводов, для которых надо иметь исходные данные о содержании уксусной кислоты в растительном сырье, подлежащем переработке на этих предприятиях.

О содержании уксусной кислоты в древесине и сельскохозяйственных растительных отходах имеются очень скудные сведения, в основном собранные В. И. Шарковым [3]. По этим данным, древесина ели и сосны содержит 1,2—1,7% уксусной кислоты, лиственницы — 2,25%, березы — 4,3—4,6%, бука — 2,34%, осины — 3,7—3,8%, липы — 6,63% и ольхи — 3,3%. Наиболее полный химический анализ многочисленных образцов березовой древесины произвели Дмитриева и Потапова [1]. По их данным, содержание уксусной кислоты в этой древесине колеблется в пределах 4,2—6,6% и в среднем составляет около 5,6%. По данным Н. Н. Чалова [2], выход уксусной кислоты при гидролизе-гемицеллюлоз хлопковой шелухи составляет 2—3%, а подсолнечной лузги 4,05—4,46%.

Все приведенные выше данные следует рассматривать как ориентировочные, так как химический состав любого вида растительного сырья не является постоянным.

\* По расчетам Гипрогидролиза, себестоимость уксусно-кальцевого порошка при этом производстве составит, в зависимости от рода сырья, от 423 руб. до 883 руб. при отпусковой цене 2700 руб. за тонну (в старом масштабе цен).

По последним воззрениям уксусная кислота в растительных материалах связана в виде сложных эфиров с полисахаридами преимущественно гемицеллюлозного характера. По мнению Шмидта [4], она связана с ксиланом в виде ацетилксилана.

Нами исследовались различные образцы лиственной древесины и сельскохозяйственных растительных отходов, наиболее приемлемые для гидролизно-фурфурольного и отчасти дрожжевого производств. Количество уксусной кислоты вычислялось по разности между суммой летучих кислот, определяемых по методу Шоргера, и количеством муравьиной кислоты, определяемой по методу Скаля.

В метод Шоргера нами внесены следующие изменения. Навески в 4 г варились в 200 мл серной кислоты. Отгон из 100 мл производился в количестве 600—800 мл (причем первые 500 мл без продувок воздухом), до почти полного удаления летучих кислот. Контроль производился титрованием 50 мл дополнительного отгона 0,1н. NaOH с индикатором — фенолфталеином.

Чтобы определить, не произошел ли унос серной кислоты с брызгами в дистиллат, производили качественную пробу с хлористым барием.

В производственных условиях применяется высокая температура, поэтому представляло интерес определить, какое количество уксусной кислоты выделяется в этих условиях и, соответственно, обеспечивает ли метод Шоргера количественное определение ацетильных групп. В этих целях нами проведены варки большинства исследованных образцов в условиях, близких к производственным по получению фурфурола «прямым» методом в течение 40 мин при температуре 160°, концентрации серной кислоты 1,4%. Однако, чтобы была возможность сопоставления данных с методом Шоргера, модуль брался 50 : 1.

Таблица 1

Исследуемый материал	Содержание уксусной кислоты получаемое	
	по методу Шоргера	при фурфурольной варке
Древесина		
1) березы . . . . .	5,94	5,96
2) осины . . . . .	5,60	
3) бука . . . . .	5,27	5,85
4) клена . . . . .	5,08	
5) дуба . . . . .	3,44	3,60
Одубина		
6) из дуба образца № 5 . . . . .	3,48	3,65
7) из дуба горячеключевского завода дубильных экстрактов . . . . .	3,45	3,72
Сельскохозяйственные отходы		
8) кукурузная кочерыжка . . . . .	3,50	3,69
9) подсолнечная лузга . . . . .	5,06	5,28
10) камыш (тростник) . . . . .	4,18	4,71
11) маковые отходы . . . . .	5,72	
12) гуза-пая (стебли хлопчатника) . . . . .	3,81	3,82
13) хлопковязя шелуха . . . . .	4,08	4,09
14) рисовая . . . . .	2,28	3,14
15) овсяная . . . . .	2,73	1,47

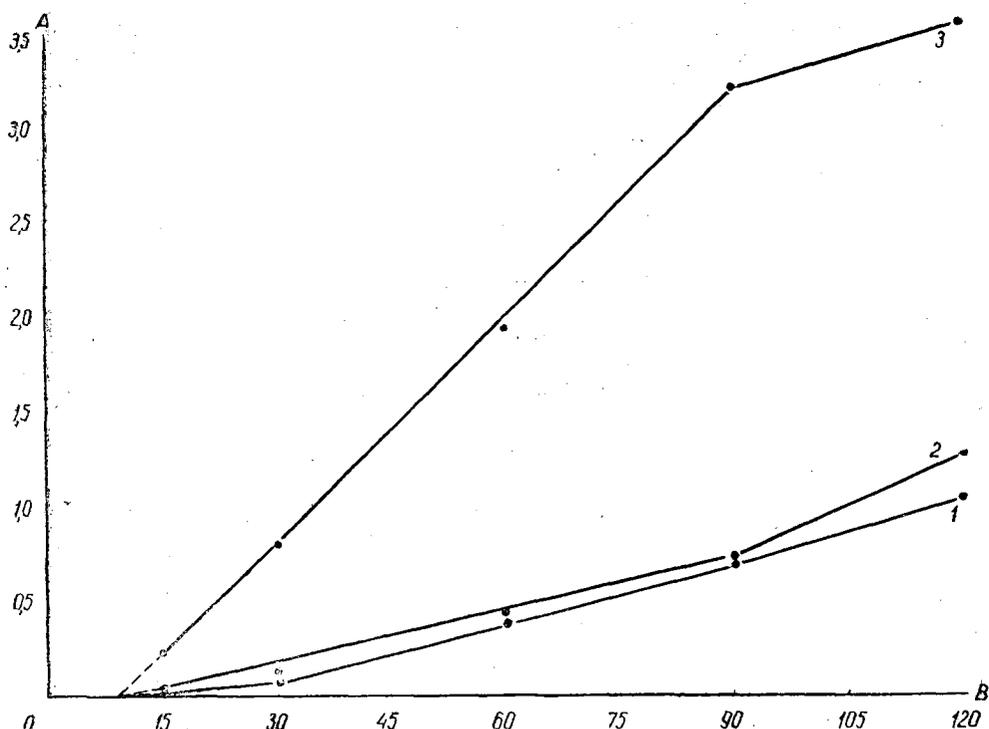


Рис. 1. Образование уксусной кислоты из одубины при бескислотных варках.

- 1 — температура 160°, влажность 51,5%;  
 2 — » 160°, » 61,5%;  
 3 — » 180°, » 60%.

Полученные данные приведены в табл. 1, из которой видно, что древесина наиболее распространенных лиственных пород, за исключением дуба, содержит примерно близкие количества уксусной кислоты (в форме ацетильных групп), порядка 5—6% от веса абс. сухой древесины.

Содержание этой кислоты в одубине (3,5%) практически равно содержанию в исходной дубовой древесине, из чего можно сделать вывод, что она экстрагируется в равных отношениях с суммой остальных компонентов.

Из числа исследованных нами сельскохозяйственных растительных отходов наибольшее содержание уксусной кислоты оказалось у маковых отходов — 5,72% и у подсолнечной лузги — 5,06%.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что некоторые образцы при фурфурольных варках дают несколько большее количество уксусной кислоты, чем определяется по методу Шоргера (одубина, кукурузная кочерыжка и подсолнечная лузга на — 5%; бук — на 11%, рисовая шелуха — на 38%).

Можно предположить, что это увеличение идет за счет трудно отщепляемых ацетильных групп или трудно доступных для катализатора соединений их с пентозанами.

При фурфурольной варке овсяной шелухи выход уксусной кислоты оказался значительно меньшим по сравнению с варкой по Шоргеру. Повторные опыты дали такие же результаты. Причина этого явления нами не установлена.

С целью проверки — не является ли время варки по методу Шоргера — 3 часа — минимальным, нами был произведен следующий опыт. Древесина березы варилась по описанной выше методике<sup>о</sup> в течение различного времени. При этом образовалось уксусной кислоты: за 1 час — 5,70%, за 2 часа — 5,94%, за 3 часа — 5,94%. Из этих данных видно, что 96% всей уксусной кислоты выделяется в течение первого часа варки.

Для изучения кинетики образования уксусной кислоты в процессе бескислотной фурфурольной варки нами проведены три серии варок горячеключевой одубины различной влажности в течение времени от 15 до 120 мин (см. рис. 1).

Влияние влажности в пределах 51,5 — 61,5% сказывается, в общем, довольно значительно. Так, при гидролизе в течение двух часов повышение влажности на 10% увеличило выход уксусной кислоты на 21%. С повышением температуры со 160° до 180° выход кислоты увеличился в среднем в 4,5 раза. Полный выход ее наблюдается при 180° только за 2 часа.

Этот вывод имеет большое практическое значение, так как в СССР уже построен один завод, который будет производить фурфурол по упомянутому бескислотному методу, где катализаторами служат кислоты, образующиеся из обрабатываемого сырья при высокой температуре, в первую очередь, очевидно, уксусная. Время гидролиза на этом заводе предусмотрено 1 час, поэтому температуру необходимо держать примерно 188°, вместо 180° по проекту.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Дмитриева и Потапова. Химические исследования некоторых видов сырья. НИС ЛТА, отчет по теме № 654, 1957. [2]. Н. В. Чалов и др. «Гидролизная промышленность СССР» № 3, 1954, с. 8. [3]. В. И. Шарков. Гидролизное производство, т. 1, 1945, с. 84—85. [4]. Schmidt, Ber., т. 70, 1930, p. 2345.

Поступила в редакцию  
10 октября 1960 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

## К ВОПРОСУ О СТРОЕНИИ ЛИСТВЕННИЧНЫХ ДРЕВОСТОЕВ

В. И. КАЛИНИН

Старший преподаватель

(Архангельский лесотехнический институт)

В Советском Союзе проведены многочисленные исследования по изучению закономерностей в строении древостоев разных древесных пород. Особенно широко в лесохозяйственной литературе освещен вопрос о распределении числа деревьев по толщине, в том числе по лиственнице В. В. Поповым и Б. Н. Тихомировым [3], П. В. Горским [1], А. А. Цымеком [6] и др. При этом большинство авторов исследовали чистые, одно-возрастные и полные насаждения.

Нами было использовано 45 пробных площадей, заложенных в Шелековском участке учебно-опытного лесхоза АЛТИ и в Обозерской даче Обозерского производственного лесхоза.

Краткая характеристика пробных площадей представлена в табл. 1.

Таблица 1

Таксационные показатели		Количество пробных площадей	
		штук	%
Класс бонитета	II	8	17,8
	III	21	46,6
	IV	16	35,6
Полнота	0,2—0,4	8	17,8
	0,5—0,7	20	44,4
	0,8—1,0	17	37,8
Возраст, лет	50—60	5	11,1
	100—110	2	4,4
	130—150	6	13,3
	160—200	15	33,4
	210—230	17	37,8
Средний диаметр, см	14—18	6	13,3
	20—24	5	11,1
	26—38	34	75,6
Участие лиственницы в составе	0,5—0,6	9	20,0
	0,3—0,4	15	33,4
	0,1—0,2	21	46,6

Эти категории насаждений характерны для лесных массивов Плесецкого района, характеризующегося близким к поверхности залеганием известняков, что создает благоприятные условия для произрастания лиственницы. Она широко распространена по территории района, однако чистых насаждений не образует.

Для исследования распределения числа деревьев по толщине исходные материалы объединены в 3 группы: тонкомерные древостои со средним диаметром от 14 до 18 см,

среднемерные — от 20 до 24 см и толстомерные древостои — от 26 до 38 см. В пределах каждой группы вычислены средние ряды распределения числа деревьев лиственницы по естественным ступеням толщины.

В вычисленных рядах распределения наблюдается сравнительно большое варьирование. Коэффициент вариации  $v$  в центральной ступени колеблется от 16,5 до 28,1, а в крайних от 17,9 до 52%. Объясняется это тем, что на отдельных пробных площадях лиственница представлена сравнительно небольшим количеством деревьев. Тем не менее во всех случаях наблюдается закономерное распределение числа деревьев по толщине.

Сопоставляя вариационные ряды, находим, что существенного различия в распределении числа деревьев по толщине между тонкомерными и среднемерными древостоями, а также между среднемерными и толстомерными нет. Это подтверждается вычисленными коэффициентами различия. Существенное различие в распределении числа деревьев наблюдается только между тонкомерными и толстомерными древостоями, где коэффициент различия в центральных ступенях (1,0 и 1,1) равен 3,24 и 4,2. Поэтому мы объединили две последние группы (среднемерные и толстомерные) и вывели общий ряд распределения числа деревьев по естественным ступеням толщины для древостоев со средним диаметром от 20 до 38 см (табл. 2). Для составления этого ряда использовано 39 пробных площадей с 3197 лиственничными деревьями. Насаждения смешанные, II—IV классов бонитета, неполные, средний возраст 193 года, средний диаметр лиственницы 30,5 см.

Таблица 2

Естественные ступени толщины	Число деревьев, %
0,4	1,4
0,5	3,3
0,6	5,0
0,7	9,5
0,8	13,7
0,9	14,8
1,0	15,1
1,1	12,5
1,2	9,8
1,3	7,7
1,4	4,3
1,5	1,8
1,6	0,8
1,7	0,2
1,8	0,1

Примечание. Следует отметить, что в средних ступенях толщины (0,7—1,3) коэффициенты вариации колеблются от 21,3 до 34,4%, а средние ошибки — от 0,36 до 0,70%.

Выведенные ряды и другие, здесь не приводимые, материалы показывают, что бонитет, состав и полнота в смешанных насаждениях ощутимого влияния на распределение числа деревьев по толщине не оказывают.

Исключением являются насаждения с низкой полнотой (до 0,4), где амплитуда колебания диаметров уменьшается на 6 ступеней против общего ряда, то есть диаметры находятся в пределах 0,7—1,5 от среднего диаметра древостоя.

Несмотря на это, характер распределения деревьев по толщине в разреженных и полных насаждениях одинаков.

Общий ряд, выведенный нами, мы сопоставили с рядами распределения деревьев по толщине нормальных лиственничных древостоев по данным разных авторов [3], [4], [6].

При этом мы убедились в том, что в нормальных и несомкнутых насаждениях распределение числа деревьев по толщине одинаково. Коэффициент различия в центральных ступенях не превышает 2,6.

При сравнении данных наших и доц. В. И. Левина [2] оказалось, что ряды распределения для сосны и лиственницы близки между собой. Коэффициент различия в центральных ступенях колеблется от 1,07 до 2,18. Следовательно, можно признать, что распределение числа деревьев по толщине у сосны и лиственницы одинаково и для практических целей может быть применен один из них или же выведен средний ряд.

На основании общего ряда распределения числа лиственничных деревьев по толщине мы составили таблицу вероятного распределения числа деревьев и сумм площа-

дей поперечного сечения (по методике А. В. Тюрина [5]) по четырехсантиметровым ступеням толщины в зависимости от среднего диаметра древостоя (табл. 3). Эта таблица может найти практическое применение для распределения общего числа деревьев по ступеням толщины.

Таблица 3

Средний диаметр, см	Число деревьев (%) по ступеням толщины (см)															
	Сумма площадей сечений															
	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68
20	2,4	11,6	26,1	29,0	20,1	9,0	1,8									
	0,4	4,1	16,5	28,6	28,5	17,4	4,5									
22	1,1	8,4	18,9	26,9	23,2	15,1	5,3	1,1								
	0,1	2,5	9,9	22,0	27,4	24,1	11,1	2,9								
24	0,3	5,4	13,2	25,2	23,0	18,1	10,8	3,3	0,7							
	—	1,3	5,8	17,3	22,8	24,5	19,0	7,4	1,9							
26		3,8	9,1	18,2	23,8	19,8	15,1	7,4	2,4	0,4						
		0,8	3,4	10,5	19,8	22,5	22,4	13,9	5,6	1,1						
28		2,4	6,6	14,5	20,9	20,6	17,1	10,9	5,1	1,6	0,3					
		0,4	2,1	7,3	15,1	20,3	22,0	17,8	10,3	3,8	0,9					
30		1,4	5,0	10,2	18,4	20,3	17,4	14,0	8,4	3,5	1,3	0,1				
		0,2	1,4	4,4	11,6	17,4	19,5	19,9	14,6	7,4	3,3	0,3				
32		0,7	3,9	8,3	14,0	19,1	17,7	15,5	10,6	6,9	2,4	0,9				
		—	1,0	3,2	7,8	14,4	17,5	19,4	16,3	12,8	5,3	2,3				
34		0,1	3,2	5,8	10,8	17,4	17,8	16,4	12,5	8,5	5,1	1,7	0,7			
		—	0,7	2,0	5,3	11,6	15,4	18,1	17,1	14,0	10,0	3,9	1,9			
36			2,4	4,7	8,8	13,9	16,9	17,1	13,3	10,3	7,2	3,6	1,4	0,4		
			0,5	1,4	3,9	8,3	13,2	16,9	16,2	15,2	12,6	7,4	3,3	1,1		
38			1,4	4,1	6,9	11,6	15,0	15,8	14,5	11,6	9,0	5,9	2,7	1,1	0,4	
			0,2	1,1	2,7	6,2	10,4	13,9	15,8	15,2	14,1	10,8	5,8	2,7	1,1	
40			0,9	3,3	5,4	9,5	13,5	14,9	14,9	12,6	10,2	7,7	4,0	2,0	0,9	0,2
			0,1	0,8	1,9	4,6	8,5	11,9	14,7	15,1	14,5	12,9	7,7	4,4	2,3	0,6

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. В. Горский. Ряды распределения числа стволов и запаса по ступеням толщины в % в древостоях лиственницы. Н. В. Третьяков, П. В. Горский, Г. Г. Самойлович. Справочник таксатора, Гослесбумиздат, 1952. [2]. В. И. Левин. К вопросу о строении сосняков Архангельской области. Труды АЛТИ, т. XIII, Архангельск, 1949. [3]. В. В. Попов, Б. Н. Тихомиров. Лиственничные леса бассейна рек Маны и Кана в Восточных Саянах. Сб. трудов Сибирского научно-исследовательского института лесного хозяйства и лесозащиты, Красноярск, 1940. [4]. Д. И. Товстолес. Исследование хода роста сибирской лиственницы в Линдуловской роще. Известия лесного института, вып. XV, 1907. [5]. А. В. Тюрин. Нормальная производительность насаждений (сосны, березы, осины и ели). Сельхозгиз, М.-Л., 1930. [6]. А. А. Цымек. Распределение общего числа стволов лиственницы по ступеням толщины. Таблицы для таксации дальневосточных лесов (редактор кандидат сельскохозяйственных наук А. А. Цымек), изд. ДальНИИЛХ, Хабаровск, 1948.

Поступила в редакцию  
19 сентября 1960 г.

**О ВЛИЯНИИ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМНОГО ВЕСА  
ДРЕВСИНЫ НА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬ ПОЕЗДА**

**Я. Г. МЕНШУТКИН**

Доцент

(Ленинградская лесотехническая академия)

В целях эффективного использования тяговых средств и грузоподъемности прицепного состава необходимо при расчетах объема древесины, вывозимой за один раз, учитывать ее действительный вес. Объемный вес  $\gamma$  зависит от физико-механических свойств древесины, главным образом, от ее влажности. При определении полезной нагрузки обычно принимают среднее значение объемного веса свежесрубленной древесины, равное 700—800 кг/м<sup>3</sup> для любой породы, что не соответствует его фактической величине. Объемный вес изменяется в связи с влажностью древесины, которая в течение года колеблется в значительных пределах.

Пользуясь данными содержания воды в процентах к абс. сухому весу древесины\*, мы вычислили объемные веса сосны, ели, березы и осины по месяцам года, то есть в связи с изменением влажности (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Месяцы	Объемные веса древесины (в г/см <sup>3</sup> ) по породам			
	сосна	ель	береза	осина
Январь . . .	880	853	1000	987
Февраль . . .	897	863	1026	929
Март . . .	914	843	1000	913
Апрель . . .	931	833	960	903
Май . . .	891	754	1066	845
Июнь . . .	885	764	921	798
Июль . . .	891	754	849	745
Август . . .	862	730	855	703
Сентябрь . .	885	789	928	751
Октябрь . . .	931	759	974	845
Ноябрь . . .	943	749	1000	845
Декабрь . . .	950	853	1013	919

На основании табл. 1 можно сделать заключение, что у рассматриваемых пород древесина имеет наименьший объемный вес в летние месяцы. Разница между максимумом и минимумом объемного веса, наблюдающаяся в течение года, достигает в среднем у сосны 10, у ели 18, у березы 25 и у осины 40%.

В зимние месяцы объемный вес древесины увеличивается у сосны, примерно, на 8, у ели на 14, у березы на 16 и у осины на 26% по отношению к средним летним значениям. Следовательно, в летние месяцы объемный вес свежесрубленной древесины составит в среднем: для сосны—880, для ели—750, для березы—870 и для осины—750 кг/м<sup>3</sup>. Поэтому вывозка заготовленной в летние месяцы древесины дает возможность, при данной весовой норме поезда, повысить полезную нагрузку в среднем на 15%.

\* С. И. В а н и н. Древесиноведение. Гослесбумиздат, 1949, стр. 121, табл. 54.

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ СЕМЕННЫХ ПОКРОВОВ ТРУДНОПРОРАСТАЮЩИХ СЕМЯН ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Е. А. ШУСТОВА

Ассистент

(Саратовский государственный университет)

Замедленное прорастание семян древесных пород создает трудности в лесоразведении и развитии плодородства. Это явление объясняется наличием у них периода покоя. В 1952—1955 гг. нами исследовались покровы семян, отличающихся различной глубиной покоя. Отмечена некоторая зависимость глубины семенного покоя от толщины кутикулы (табл. 1); у труднопрорастающих семян кутикула встречается не только на околоплоднике и семенной коже, но и на запасной ткани.

В 1953 г. измерялась толщина различных слоев кутикулы, а также определялась скорость набухания плодов ясеней зеленого и обыкновенного. Плоды брались с одного дерева каждого вида на ветках третьего порядка в нижней части кроны.

Таблица 1

Виды растений	Число слоев кутикулы	Толщина кутикулы, мк			
		на околоплоднике	на семенной коже	на запасной ткани	суммарная
Вяз обыкновенный	—	—	—	—	—
Акация желтая	1	—	1,05	—	1,05
Жимолость татарская	1	—	тончайшая пленка		
Шелковица	1	—	тончайшая пленка		
Гледичия	2	—	0,52	3,04	3,56
Ясень зеленый	2	5,04	3,81	—	8,85
Дуб черешчатый	2	14,52	—	1,85	16,37
Клен остролистный	1	5,04	—	—	5,04
Груша дикая	1	—	6,23	—	6,23
Яблоня лесная	1	—	7,07	—	7,07
Вишня владимирская	1	—	3,85	—	3,85
Терн дикий	2	—	8,05	0,40	8,45
Липа мелколистная	3	3,36+1,0	—	2,41	6,71
Бересклет бородавчатый	2	—	7,56	3,50	11,06
Ясень обыкновенный	4	6,64+3,30	1,05	4,04	15,03

Часть плодов заливалась водой на трое суток. Отделить семя от околоплодника незрелых плодов не удалось.

Содержание воды в только что сформировавшихся плодах ясеня зеленого оказалось очень высоким по сравнению со зрелыми плодами (табл. 2), несмотря на это скорость набухания их была гораздо выше, чем у зрелых плодов.

Содержание воды и скорость набухания как незрелых, так и зрелых плодов ясеня обыкновенного оказались гораздо ниже, чем у плодов ясеня зеленого. Такую же закономерность мы наблюдали и при длительном намачивании зрелых плодов, определяя содержание воды в семени без околоплодника [3]. Однако зрелые плоды ясеня обыкновенного, в отличие от ясеня зеленого, поглощали воду быстрее, чем незрелые.

Таблица 2

Породы	Состояние плодов	Дата взятия пробы	Толщина кутикулы, мк			Содержание воды в процентах к абс. сухому весу		Скорость набухания
			на околоплоднике	на семенной кожуре	на эндосперме	перед намачиванием	после намачивания	
Ясень зеленый	незрелые	8 VI	3,01	—	—	507,9	825,3	105,8
	зрелые	9 IX	5,00	3,15	—	11,40	220,5	69,7
Ясень обыкновенный	незрелые	17 VI	6,51	—	—	197,2	266,5	23,1
	зрелые	12 IX	6,60+3,30	1,20	4,04	13,85	125,0	37,0

Примечание. Скорость набухания определяется количеством воды (в процентах к абс. сухому весу вещества), поглощенной в среднем за один день.

Данный опыт показывает, что у ясеня зеленого между числом слоев кутикулы и скоростью набухания плодов наблюдается некоторая связь, которой мы не заметили у ясеня обыкновенного.

Ниже приводится описание анатомического строения покровов семян некоторых видов.

Ясень зеленый (*Fraxinus viridis* Michx.).

Под эпидермисом околоплодника семени ясеня зеленого (в отличие от семени ясеня пушистого [2], в строении которых много общего) находится не деформированная ткань, а несколько рядов паренхимных клеток со сравнительно тонкими оболочками, не дающими четкой реакции на одревеснение (рис. 1, II). Проводящие пучки окружены клетками с сильно утолщенными одревесневшими оболочками. В зрелых плодах между околоплодником и семенной кожурой имеется свободное пространство (рис. 1, I).

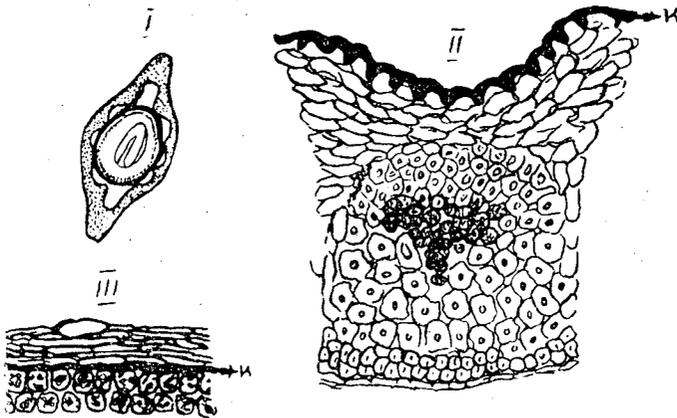


Рис. 1. Строение семенных покровов ясеня зеленого.

Семенная кожура (рис. 1, III) состоит из мелких темно-бурых клеток. В наружном слое среди мелких встречаются очень крупные бесцветные клетки, кажущиеся пустыми. У некоторых экземпляров плодов на внешней поверхности этих клеток можно заметить тончайший слой кутикулы. На границе между семенной кожурой и эндоспермом имеется кутикула (K), отрывающаяся вместе с семенной кожурой от эндосперма при вскрытии плода.

Ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.).

В строении покровов семян ясеней зеленого и обыкновенного имеются следующие различия: 1) околоплодник ясеня обыкновенного покрыт кутикулой с обеих сторон и содержит больше одревесневших клеток, чем околоплодник ясеня зеленого (рис. 2, II); 2) крупные клетки на поверхности семенной кожуры встречаются чаще, наружная стенка этих клеток слегка кутинизирована, вся оболочка их пропитана лигнином; 3) кутикула (K), находящаяся между семенной кожурой и эндоспермом (рис. 2, III), плотно срастается с последним. Для покровов очень медленно прорастающих семян ясеня обыкновенного характерны большие кутинизация, одревеснение и содержание дубильных веществ, чем у быстро прорастающих семян ясеня зеленого.

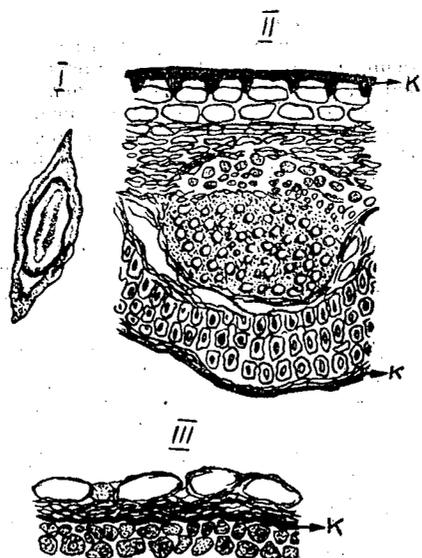


Рис. 2. Строение семенных покровов ясеня обыкновенного.

Липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.).

Околоплодник липы покрыт кутикулой с обеих сторон (рис. 3, II). Под его наружным эпидермисом находится несколько рядов темных неодревесневших клеток, похожих на клетки пробки; глубже располагается механическая одревесневшая ткань, среди которой встречаются склеренхимы или механические клетки. Ближе к внутреннему эпидермису находятся клетки с более тонкими оболочками. При стратификации разрываются кутикула наружной поверхности околоплодника (это можно наблюдать и на плодах других видов), клетки эпидермиса, и глубже лежащая ткань шелушится.

Семенная кожура (рис. 3, III) состоит из трех слоев. Наружный слой представлен несколькими рядами темных, рыхло расположенных, неодревесневших клеток. Средний слой состоит из сильно одревесневших палисадных клеток, кутинизации которых и вполне четкой световой линии нам не удалось заметить. Внутренний слой образован темными неодревесневшими клетками, расположенными более плотно, чем в наружном.

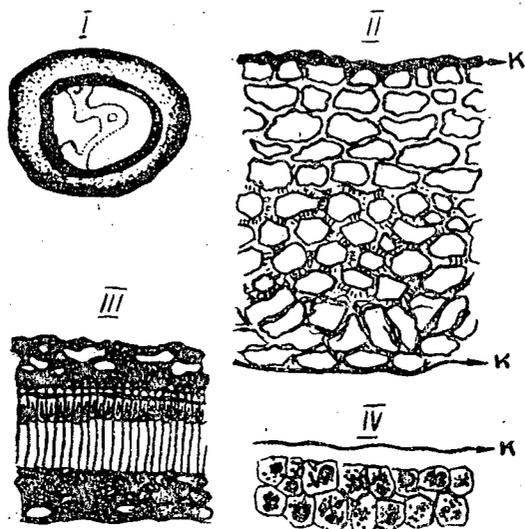


Рис. 3. Строение семенных покровов липы мелколистной.

На поверхности эндосперма находится кутикула.

Наши опыты показали, что семенная кожура оказывает сильное препятствие прохождению воды внутрь семени, поэтому семена липы можно относить к твердым.

После удаления покровов семена быстро дают всходы в тепле без стратификации [4], [5]. Прорастание семян, обладающих глубоким покоем, растягивается на длительный срок вследствие их разнокачественности. Вероятно, в процессе эволюции на одном и том же дереве могут образовываться семена с различными оптимальными температурами прорастания.

Одной из форм разнокачественности семян может являться различное строение их покровов.

Таким образом, покой семян древесных растений обусловлен, наряду с другими причинами, наличием плотных покровов семени, препятствующих набуханию. Положительный эффект намачиваний плодов в воде перед стратификацией [1], [6] можно объяснить не только ускоренным набуханием семян, но и вымыванием из их покровов веществ, тормозящих прорастание. Однако при длительном намачивании (более 2—3 суток) из семян вымывается большое количество необходимых зародышу веществ — сахаров и соединений, окисляемых перманганатом калия, — которые играют большую роль в прорастании семян и росте сеянцев.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Агролесомелиорация. Под редакцией А. В. Альбенского и П. Д. Никитина. Сельхозгиз, М., 1956. [2]. М. Г. Николаева. О причинах покоя семян клена ясеневидного, ясеня опушенного и барбариса-пурпурного. Труды Ботанического института им. В. Л. Комарова, серия IV, Экспериментальная ботаника, вып. 8, 1951. [3]. Е. А. Шустова. Изучение скорости набухания семян древесных растений. Научный ежегодник Саратовского университета за 1954 г., Саратов, 1955. [4]. Е. А. Шустова. К изучению покоя семян древесных растений. Ученые записки Саратовского университета, вып. биолого-почвенный, т. 64, 1959. [5]. Е. А. Шустова. О прорастании семян древесных растений без семенных покровов. Научный ежегодник Саратовского университета за 1955 г., Саратов, 1958. [6]. Е. А. Шустова. Ускорение прорастания семян ясеня. «Лес и степь» № 2, 1951.

Поступила в редакцию  
25 мая 1960 г.

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

### КООРДИНАЦИОННОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ВОПРОСАМ СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА

**П. И. ВОЙЧАЛЬ**

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Архангельский лесотехнический институт)

13 и 14 февраля 1961 г. во Всесоюзном научно-исследовательском институте лесоводства и механизации лесного хозяйства состоялось заседание Координационного совета по проблеме «Селекция и семеноводство быстрорастущих и хозяйственно ценных древесных и кустарниковых пород». Кроме работников головного института (ВНИИЛМа), в работе совещания приняли участие представители ряда исследовательских учреждений, вузов и производственных организаций, занимающихся вопросами, связанными с названной проблемой.

Первый доклад — о работе ВНИИЛМа за 1960 г. — был сделан руководителем проблемы акад. ВАСХНИЛ А. С. Яблоковым. С сообщениями о проведенных исследованиях выступили также: А. В. Альбенский (ВНИАЛМИ), С. С. Пятницкий (УкрНИИЛХ), В. В. Огневский (Ленинградская лесотехническая академия), Д. Я. Гиргидов (ЛенНИИЛХ), А. В. Кундзиньш (Академия наук Латвийской ССР), П. И. Войчаль (Архангельский лесотехнический институт), И. Ю. Коропачинский (Институт леса и древесины Сибирского отделения АН СССР), Т. П. Некрасова (Биологический институт Сибирского отделения АН СССР), С. А. Петров (Казахский НИИЛХ), научные сотрудники ВНИИЛМа Е. П. Проказин, С. П. Иванов, И. А. Казарцев и Р. Ф. Кудашева. Были также оглашены письменные сообщения о работе БелНИИЛХа и Воронежского лесотехнического института.

Как выяснилось из докладов, основными направлениями научной работы по проблеме в 1960 г. были следующие: создание семенных плантаций (садов) методом прививки черенков с плюсовых деревьев на молодые подвой; межвидовая гибридизация тополей, сосен, дубов, орехов; сортоиспытание тополей; создание семенных участков путем отвода естественных молодняков и культур с изреживанием их различными способами; изучение внутривидового разнообразия ели (обыкновенной и тьянь-шанской), сосны, лиственницы, осины, грецкого оре-

ха, лещины, дуба; закладка и выращивание географических культур; изучение плодородия сосны, пихты, ели, кедр. Исследователи-селекционеры и семеноводы занимались также многими другими вопросами.

Состоявшийся по материалам докладов обмен мнений показал большую пользу работы по единому координационному плану. Все участники совещания единодушно решили продолжать координацию селекционно-семеноводческих исследований, согласовывать программы и методики научной работы, что, конечно, ни в малейшей степени не обезличивает и не лишает самостоятельности каждого участника работающего над проблемой.

Вместе с тем выявились и недостатки в работе: слабое внимание к некоторым теоретическим вопросам (путям развития советского лесного семеноводства, селекционной терминологии, формовому составу популяций при создании культур из отселектированных сортов); недостаточная разработанность приемов стимуляции плодородия семенных деревьев; нерешенность вопроса механизации сбора семян со стоящих деревьев; отсутствие работ по организации труда на семеноводческих участках; крайне медленное решение важных задач семеноводства (хранение семян, прогноз урожая). Эти недостатки должны быть ликвидированы коллективной работой всех ученых, интересующихся вопросами лесосеменного хозяйства.

Совещание утвердило инструкцию по сортоиспытанию тополей, создало две комиссии (по сортоиспытанию тополей и по внедрению достижений семеноводства сосны и дуба в лесное хозяйство); председателем первой избран акад. А. С. Яблоков, второй — чл.-корр. ВАСХНИЛ С. С. Пятницкий. Затем были утверждены: план работы Координационного совета и план изданий по проблеме. Наконец, был избран состав Координационного совета под председательством А. С. Яблокова при зам. председателя С. П. Иванникове и ученом секретаре Е. П. Проказине.

## ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ И ТЕХНИКИ

СОЛОМБАЛЬСКИЙ БУМАЖНО-ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИЙ  
КОМБИНАТ**Н. В. НИКИТИН**

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

10 ноября 1960 г. коллектив работников сульфат-целлюлозного завода при Соломбальском бумажно-деревообрабатывающем комбинате отметил 25-летие своей работы.

В 1933 г. в 4 км от Архангельска были построены два лесозавода № 16 и 17, каждый на 12 лесопильных рам. С пуском этих заводов встал вопрос об использовании отходов лесопильного производства, которых получалось в год около 300 тыс. м<sup>3</sup>. В связи с этим в том же году было принято решение и утвержден проект строительства сульфат-целлюлозного завода на площадке, прилегающей к лесозаводам № 16—17. В 1934 г. началось строительство, а 31 октября 1935 г. была получена первая партия целлюлозы нормального качества. Полный запроектированный объем целлюлозы завод начал давать в 1936 г., а в 1938 г. он стал работать по расширенной схеме, выпуская два основных вида продукции: товарную сульфатную целлюлозу и крафт-оберточную бумагу.

Создание промышленного узла, сочетающего два больших лесопильных завода и сульфат-целлюлозный завод на одной площадке, явилось первым опытом комбинирования в лесоперерабатывающей промышленности.

До 1958 г. эти заводы существовали самостоятельно. Теперь это единый в административном и производственном отношениях бумажно-деревообрабатывающий комбинат, являющийся крупнейшим промышленным узлом Архангельского экономического района, перерабатывающий до 20% сырья, поступающего на все Архангельские лесозаводы.

На комбинате имеется сложное хозяйство: склады пиломатериалов, причальная пристань для морских пароходов, железная дорога, крупные склады сырья с мощными кабель-кранами и другой техникой, энергетическое хозяйство, различные вспомогательные службы.

Для работников комбината создан благоустроенный поселок с двумя школами, магазинами, банями, домом культуры со зрительным залом на 700 мест, хорошим спортзалом и детским клубом. За 25 лет работы коллектив рабочих и инженерно-технических работников сульфат-целлюлозного завода много сделал для улучшения технико-экономических показателей. Так, например, систематически снижается расход древесных отходов на 1-г целлюлозы (см. табл. 1).

Таблица 1

Годы	Расход в пл. м <sup>3</sup>
1945	5,3
1950	5,0
1955	4,7
1959	4,6

Растет также выход целлюлозы с одного варочного котла: в 1936 г. он составлял 8,8 т, а в 1959 г. — 10,97 т.

Наряду с ростом выхода основной продукции растет выход лесохимических продуктов (см. табл. 2).

Таблица 2

Годы	Выход лесохимических продуктов, кг		
	сульфатное мыло	скипидар	талловое масло
1945	1,3	3,6	—
1950	9,7	5,0	—
1955	26,5	4,9	—
1958	41,3	6,0	5,0
1959	54,7	6,2	18,5

Однако степень улавливания их все же явно недостаточна. После реконструкции завода необходимо выход лесохимических продуктов на 1 т целлюлозы довести до уровня передовых советских и зарубежных предприятий.

Систематически снижается расход электроэнергии и условного топлива на 1 т целлюлозы (см. табл. 3).

Таблица 3

Годы	Расход			
	электроэнергии		условного топлива	
	квтч	%	кг	%
1945	1210	100	1988	100
1950	732	60,49	1080	54,32
1955	720	59,5	1022	51,4
1959	450	37,19	905	45,52

На заводе растет количество рационализаторских предложений и условная годовая экономия от внедрения их. Так, например, за 1951—1957 гг. поступило 534 предложения, осуществление которых могло дать экономии 5940 тыс. руб.

За последние годы в работе завода произошли большие изменения. Раньше для выработки целлюлозы использовалась щела, приготовленная из отходов лесозаводов № 16—17 и из балансовой древесины, которой шло, примерно, 130—150 тыс. м<sup>3</sup> в год. С 1956 г. завод отказался от балансовой древесины, и уже в 1959 г. использование щепы для варки целлюлозы из отходов с близлежащих заводов составило 94%.

Большие задачи поставлены перед комбинатом семилетним планом развития народного хозяйства СССР. За семилетие произойдет коренная реконструкция и расширение комбината и, особенно, сульфат-целлюлозного завода. Так, за 25 лет завод переработал более 5 млн. м<sup>3</sup> древесных отходов и дал стране более 1 млн. т высококачественной целлюлозы. После реконструкции он даст это количество за три—четыре года. Лесозаводы № 16—17 дадут около 400 тыс. м<sup>3</sup> сырья (отходов) в год, а сульфат-целлюлозный завод будет расходовать до 1 млн. 500 тыс. м<sup>3</sup> в год.

Остальное количество будут поставлять другие лесопильные заводы. Таким образом решится задача утилизации отходов большинства архангельских лесозаводов.

Для выполнения задач, поставленных 7-летним планом, имеются все условия и, главное, большой и дружный коллектив, который все время наращивает темпы производства и неуклонно повышает качество выпускаемой продукции.

## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА ПРОФ. В. Д. ОГИЕВСКОГО

К 100-летию со дня рождения (30 января 1861 г.)

Проф. Василий Дмитриевич Огиевский начал свою научную деятельность, будучи преподавателем Одоевской лесной школы (1888-1892 гг.), где написал первую научную работу «Питомник хвойных семян в Тульской губернии».

В 1892 г. он был направлен в заграничную командировку, по возвращении из которой представил ряд статей о постановке научной работы в Австрии, Баварии, Саксонии и Франции и предложил систему организации лесохозяйственных исследований в России.

По его мнению, научно-исследовательская работа должна проводиться лесными опытными станциями в основных лесных массивах. Организовать такие станции не удалось, и в 1895 г. была создана Особая таксационная партия во главе со старшим таксатором В. Д. Огиевским; в состав ее входили еще 2-3 лесных кондуктора (лесоводы, окончившие двухлетнюю лесную школу, существовавшую до 1909 г.). Эта партия заложила постоянные пробные площади в ряде лесничеств и проводила на них опыты. Основными из этих лесничеств были Собичское и Никольское в б. Черниговской губернии (в борах) и Подгорное, Крюковское и Крапивенское (в дубравах Тульских засеков). В зимний период работа проводилась первоначально в г. Кролевец (ныне Сумской области), затем в Киеве.

В 1909 г. В. Д. Огиевскому поручается организация первой в России контрольной семенной станции (в Петербурге), его назначают ревизором лесоустройства и направляют в заграничную командировку. В 1912 г. он был избран профессором-заведующим кафедрой част-

ного лесоводства в Лесном институте в Петербурге. Одновременно с этим он продолжал работу в опытных лесничествах и заведовал контрольной семенной станцией. Последние годы своей жизни он возглавлял кафедру в Киевском сельскохозяйственном институте, куда перешел в годы хозяйственной разрухи, и проводил исследования в Собичском и Никольском лесничествах.

Изучая плодоношение сосны (методами точного массового учета), он установил, что семенники дают повышенный урожай шишек только на четвертый год после осветления; при этом увеличивается количество шишек, число семян и улучшается их качество. Была выявлена прямая зависимость между урожаем шишек и количеством атмосферных осадков в месяцы перед завязыванием шишек. В результате повреждения шишек гусеницей листовертки (*Evetria margarotana* H. — S.) в 1896-

1900 гг. урожай снижался на 83-93%. Для учета количества семян, опадающих на поверхность почвы, В. Д. Огиевским был сконструирован семеномер, находящий применение и в настоящее время.

Было установлено, что при кулисных рубках опадает от 10 до 22 семян на 1 м<sup>2</sup>.

Изучая ширину и направление лесосеки, в связи с отеняющей ролью леса, В. Д. Огиевский сделал вывод, что число всходов тем больше, чем меньше освещается лесосека и чем ниже средняя дневная температура; поэтому лучшие условия для естественного возобновления в борах складываются на узких лесосеках, если последние не зарастают





Проф. В. Д. Огиевский во время практики студентов на питомнике.

травмами. Исследования показали, что хотя подготовка почвы как мера содействия естественному возобновлению способствует большему появлению всходов, в дальнейшем они погибают от недостатка влаги.

В связи с ненадежностью естественного возобновления на вырубках в борах-зеленомошниках В. Д. Огиевский заложил ряд опытов, в результате которых было выявлено, что в первые годы посевные культуры растут медленнее, чем посадки, и разница сглаживается только при тщательной обработке почвы и последующих уходах; культуры, выращенные из семян, заготовленных в сосновых молодняках, растут быстрее и не менее надежны, чем выращенные из семян, собранных в спелых насаждениях; при посадке однолетки дают лучшие результаты, чем двухлетки; успех культур не зависит от способа посадки; при запоздывании с посадками можно использовать сеянцы, уже давшие новые побеги. Проведенные С. А. Самофалом учеты показали, что тщательные уходы способствуют быстрому росту сосны; уходы играют большую роль, чем способ производства культур; умеренная регулируемая пастба скота может заменить уходы и принести большую пользу.

Существенный вред сосне приносят личинки хрушей, от которых опытные культуры двух и трех лет погибали полностью, а пяти лет — на 40%. В. Д. Огиевский изучал биологию этого вредителя и меры борьбы с ним. Было выявлено, что длительность генерации майского хруща зависит от географического поло-

жения (в Собичском лесничестве — 5 лет, в Никольском — 4 года). Это сопровождается наличием соответствующего числа колен, из которых одно бывает преобладающим, а второе близко к нему по численности; личинки других пластичатозусых причиняют вред тем больший, чем они крупнее. Положительные результаты дали такие меры борьбы, как оставление почвы под черным паром и сбор жуков во время лета.

В Тульских засеках В. Д. Огиевским был разработан и изучен способ густой культуры дуба местами, послуживший основанием для гнездовых посевов, предложенных Т. Д. Лысенко, и широко применяемый до настоящего времени в разных вариантах при частичных культурах разных пород; по его предложению при коридорном способе А. П. Молчанова стали применять посев и посадку однолетних сеянцев дуба.

В 1910 г. В. Д. Огиевский организовал первую в России контрольную семенную станцию, которая с самого начала своей деятельности осуществляла не только контроль за качеством семян, но и проводила научную работу. Изучались причины, влияющие на прорастание и всхожесть семян, разрабатывались методы применения математической статистики при обработке опытных материалов. В. Д. Огиевский исследовал также влияние происхождения семян на рост культур; с этой целью в Собичском и Никольском лесничествах б. Черниговской губернии и Охтенском лесничестве в 1910-1917 гг. им были заложены опытные культуры из семян различного гео-

графического происхождения. Аналогичная работа проводилась в опытных лесничествах. Изучение результатов этих опытов было продолжено С. А. Самофалом, Ф. И. Фоминым, В. М. Обновленским, Г. П. Санниковым и рядом других исследователей. Полученные данные легли в основу районирования семеновозготовок; часть этих культур сохранилась до настоящего времени и имеет большую научную ценность.

Для проращивания семян в лесничествах Василием Дмитриевичем был предложен общеизвестный стаканчик Огиевского.

Работая в Лесном институте, В. Д. Огиевский организовал на кафедре частного лесоводства семинары по лабораторной и учебной практике, проводимой на питомнике и в Охтенском лесничестве.

В период работы в Киевском сельскохозяйственном институте им был предложен новый комбинированный метод подсадки.

Даже будучи тяжело больным, В. Д. Огиевский продолжал свою творческую научную деятельность. Умер он 1 июня 1921 г., оставив большое количество незавершенных исследований.

**В. В. Огиевский.**

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

## «ОХРАНА ПРИРОДЫ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЛОСЫ» \*

Первый сборник на эту тему был выпущен в свет в 1958 г. Издавая второй сборник, редакционная коллегия в составе проф. П. А. Положенцева (ответственный редактор), И. В. Жаркова, Г. И. Ермолаева и И. В. Скуфьина ставила задачу, как сказано в предисловии, «...отразить возможно более широко проблемы охраны природы и ее реконструкции, в частности, включая соответствующие вопросы почвоведения, лесоводства, санитарии водоемов, рыболовства, а также борьбы за оздоровление природных ландшафтов».

Статьи, включенные в книгу, сгруппированы в 6 разделов: охрана почв, охрана лесов, охрана водоемов и рыбных богатств, борьба за оздоровление природных ландшафтов, обогащение фонда культурных растений и краткие сообщения.

Наиболее интересен для лесников раздел «Охрана лесов», в котором помещены статьи П. А. Положенцева, написанные им совместно с С. Ф. Негруцким, М. З. Насоновой и Ю. Ф. Арефьевым, а также статья Н. И. Коровиной-Положенцевой. В них излагаются материалы о болезнях и вредителях ясени, береста листоватого, о вредителях боров и семян березы. Авторы делают конкретные выводы о степени зараженности лесных насаждений и необходимости систематической работы по их оздоровлению, о возможности установления голландской болезни береста допустимыми физиологическими способами (в дополнение к внешнепатогرافическому способу), о необходимости давать сеянцам (саженцам) физиологическую характеристику, так как нередко больные деревья внешне ничем не отличаются от здоровых, но рано или поздно отмирают как нежизнеспособные.

М. С. Чернобровцев в большой статье

\* Охрана природы центрально-черноземной полосы. Сб. 2. Всероссийское общество содействия, охране природы и озеленению населенных пунктов, Воронежское отделение. Главное управление охотничьего хозяйства и заповедников при Совете Министров РСФСР. Воронежский государственный заповедник. Воронеж, 1959.

дает детальный анализ строения дубовых порослевых насаждений, особое внимание уделяя процессу дифференциации и изреживания порослевых дубняков в связи с различными факторами фитоценотической среды (состав полога, его густота, возраст и высоты деревьев, характер их размещения, насекомых и болезни); на этом основании им обоснованы принципы и техника рубок ухода в насаждениях разного возраста.

В статье В. Н. Рыжковой рассматривается естественное возобновление на сплошно-лесосечных вырубках. Анализируя дубравы на южной и северной границах лесостепи, автор устанавливает пути естественного семенного возобновления дуба на вырубках (рубка в послепроходный год, сохранение подроста, запрещение пастбы скота). Эти, правда, еще совсем новые, выводы полезны для сохранения семенных дубрав.

Очень ценной следует признать статью воронежского лесовода Т. И. Вострикова, излагающую историю хозяйства и лесокультурного дела в Хреновском бору. Эти материалы в основном совпадают с теми, которые были доложены автором в июле 1958 г. на конференции по восстановлению боров и облесению песчаных площадей в центральной лесостепи. В статье прослежены изменения в хозяйстве Хреновского бора с 1845 г. (различные виды рубок, способы лесовозобновления и, особенно, история лесокультурного дела — культуры Верехи, Эгера, Суходского, Проховского, Кравцова и др.), Т. И. Востриков справедливо ставит вопрос о необходимости усиления научно-исследовательской работы в Хреновском бору и о переводе хотя бы части бора на режим заповедника.

Очень интересна статья М. П. Скрябина об изменениях в естественном ландшафте и лесной растительности Воронежского края в XVII—XX вв. Здесь рассматривается ход колонизации края, процесс перераспределения угодий (в том числе распахка степей, раскорчевка лесов в поймах рек и по низким местам в болотах), выпас скота, застройка, пожары и другие процессы, менявшие облик территорий и в ряде случаев приводившие к развитию эрозии и к образованию движущихся песков. Автор

дает этим изменениям хозяйственную оценку и в заключение справедливо говорит: «Изменение нашего отношения к окружающим нас природным ресурсам, улучшение состояния наших водоемов, лесов и лугов, повышение производительности почв, регулирование эрозийных процессов и создание вокруг цветущего ландшафта становится вопросом сегодняшнего дня, нашей неотложной задачей».

Для агролесомелиораторов и работников зеленого строительства центральной черноземной полосы интересна статья С. И. Машкина, описывающего такие реликтовые растения, как меловая сосна, меловая береза, волчьеягодники Софьи и Юлии, хвойник двухполосковый и иссоп меловой.

Старому вопросу «лесопольного хозяйства» посвящена статья Н. Г. Чертовой, в которой новыми методами еще раз подтверждается полезность совместного выращивания деревьев с сельскохозяйственными культурами (кукурузой, картофелем, бахчевыми, фасолью и нуттом). Этим достигается улучшение приживаемости и роста древесных пород и снижаются расходы на их выращивание.

В разделе «Борьба за оздоровление природных ландшафтов» мы находим статьи Е. И. Покровской, Е. А. Марчукова, Г. И. Ермолаева, Л. В. Рябых, П. К. Кузнецова, К. Ф. Скуфьина, Г. В. Дмитриевой и В. А. Ромашова, затрагивающие важные вопросы биологии клещей, комаров, слепней, мышей, паразитных червей, а также способы борьбы с ними.

Раздел «Обогащение фондов культурных растений» включает статьи В. Ф. Лейсле и Е. Ф. Черновой о подсолнечнике «Белозерный гигант ВСХИ».

Охране водоемов и рыбных богатств посвящены статьи А. В. Федорова, В. А. Иванова, И. А. Филиппова, А. Ф. Бельмесова, Л. И. Тарадина и Н. И. Сверчкова. Здесь обсуждается вопрос о загрязнении водоемов отходами заводов, производящих сахар и синтетический каучук, и ставятся задачи рационализации рыбного хозяйства.

М. С. Цыганов и В. Д. Лихолат поместили в сборнике статьи об охране почв, в частности о значении микроэлементов в почвах.

Наконец, в сборнике есть раздел «Краткие сообщения». Статьи Т. И. Вострикова и С. И. Афанасова рассказывают о фауне Хреновского бора и ее охране. М. И. Горохов и Л. Г. Горчарук выдвигают вопросы изучения и охраны почв и улучшения сельскохозяйственных угодий.

Таково содержание рецензируемого сборника. Оно весьма разнообразно и показывает, что редакционная коллегия правильно решает свою задачу всестороннего освещения такой всеобъемлющей проблемы, как охрана природы и природных ресурсов. Конечно, все относящиеся сюда частные задачи не могут быть освещены в одном или двух сборниках. Поэтому начатое воронежцами полезное дело обязательно нужно продолжать, освещая, например, такие проблемы, как мелнорация почв различными методами (в том числе при помощи леса), повышение продуктивности лесов, рационализация методов ведения лесного хозяйства в лесостепной полосе, охрана и правильное использование охотничьей фауны и т. д. и т. п.

Опыт воронежцев заслуживает распространения в других областях, края и республиках нашей огромной страны, характеризующейся крайним разнообразием природных и хозяйственных особенностей. Хотелось бы в недалеком будущем увидеть такие же сборники по вопросам охраны природы, выпущенные на Европейском Севере, Урале, Западной и Восточной Сибири, Дальнем Востоке, Казахстане, Среднеазиатских союзных республиках и в других районах.

Такие сборники несомненно сыграют полезную роль в охране природных ресурсов; необходимо печатать их крупными тиражами и снабжать ими возможно большее количество городских и сельских библиотек.

**П. И. Войчалъ.**

*Доцент,*

*кандидат сельскохозяйственных наук*

## РАСШИРИТЬ ПРИМЕНЕНИЕ БАРОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

По применению баронивелиров до последнего времени не было издано пособия, доступного широкому кругу читателей. Поэтому выход в свет брошюры доц. Г. И. Малышева\*, посвященной этому вопросу, можно лишь приветствовать.

Брошюра содержит три главы, пять приложений и список литературы (11 названий).

В первой главе приводится формула Бабинне, показывается, как эта формула преобразуется в случае использования таблиц барометрических ступеней высот, излагается порядок приближенного определения барометрической постоянной, анализируются ошибки барометрического нивелирования и оценивается его точность. При этом подчеркивается, что при правильной организации работ «...можно получить высоты определяемых точек со средней квадратической ошибкой не более  $\pm 0,6$  м». Такая точность, превышающая точность обычного нивелирования с anerоидом в 5—7 раз, позволяет значительно расширить применение барометрического нивелирования при различных изысканиях и рекогносцировках.

Во второй главе дается описание устройства баронивелира системы В. В. Шулейкина, указываются его поверки и юстировки, достаточно подробно излагаются порядок определения разностей высот баронивелиром и подготовки его к производству полевых работ, а также правила обращения.

В третьей главе описывается организация работ по барометрическому нивелированию, даются способы прокладки барометрических ходов и порядок работы, наконец, излагается обработка полевых материалов, включая контроль и оценку точности. Пояснительный пример размещен в приложениях: 1 — «Журнал наблюдения на барометрической станции»; 2 — «Журнал барометрического нивелирования» и 5 — «Ведомость оценки точности результатов барометрического нивелирования по разностям двойных измерений». В приложении 3 даны таблицы приближенных высот, в 4 — «Сертификат баронивелира».

Из изложенного следует, что автор рассмотрел весь круг вопросов подготовки студентов, техников дорожников, специалистов по лесоинженерному делу и др. к самостоятельному выполнению полевых и камеральных работ по барометрическому нивелированию. Таким образом, цель, поставленная автором, достигнута.

Считаем однако уместным сделать несколько небольших замечаний.

1. Исходную формулу следовало записать в виде

$$h = N \left[ 1 + \frac{1}{2} (T_1 + T_2) \alpha \right] \lg \frac{B_1}{B_2} \quad (1)$$

откуда, используя приближенное равенство

$$\lg \frac{B_1}{B_2} = 2M \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2},$$

где  $M = 0,43429$ ,

можно получить формулу

$$h = k \left[ 1 + \frac{1}{2} (T_1 + T_2) \alpha \right] \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2}, \quad (2)$$

\* Г. И. Малышев. Барометрическое нивелирование. Учебно-методическое пособие по применению баронивелира БН-4 при предварительном изыскании транспортных путей. Изд. Уральского лесотехнического института, Свердловск, 1959, стр. 64.

где

$$k = 2MN.$$

Пытаясь пояснить сущность применения таблиц приближенных высот без формулы (1), автор (стр. 8) делает это и не четко, и с ошибкой или опечаткой: коэффициент  $k$  в формуле (9) не совпадает с коэффициентом  $k$  из формул (2), (4) и (5); так как в (9) он играет уже роль коэффициента  $N$ . Объяснение же применения таблиц приближенных высот можно было сделать примерно так:

$$N \cdot \lg \frac{B_1}{B_2} = N \cdot \lg \frac{B_0}{B_2} - N \cdot \lg \frac{B_0}{B_1} = H'_2 - H'_1,$$

где  $N \cdot \lg \frac{B_0}{B_i} = H'_i$  — приближенная высота точки с номером  $i$  ( $i = 1, 2$ )  
и  $B_0$  — принятое атмосферное давление над уровнем моря при температуре  $0^\circ \text{C}$ .

Отсюда и следует

$$h = (H'_2 - H'_1) + \frac{1}{2} (T_1 + T_2) \alpha \cdot (H'_2 - H'_1)$$

2. Примененный автором прием приближенного определения значения барометрической постоянной  $N = 18444$  (стр. 10) не вскрывает зависимости этой постоянной от местных условий; абсолютной влажности воздуха, высот точек наблюдения, их географических широт и т. д. Известно, что М. В. Певцов (1896) применительно к средним условиям всей России получил  $N = 18470$ , а проф. А. С. Чеботарев (1949) для средних условий Московской области определил  $N = 18453$ . Остается непонятным: чем руководствовался автор рецензируемой брошюры, вычислив свои таблицы (приложение 3) исходя из коэффициента  $N = 18444$ ? Это тем более непонятно, что расхождение в  $N$  на единицу четвертого знака может повлиять лишь при работе в горах.

3. В первых четырех пунктах третьей главы встречаются повторения. Так, например, о барометрической станции автор говорит в разделе 1 (стр. 34); в разделе 2 (стр. 36), в специальном разделе 3 (стр. 38—40) и в разделе 4 (стр. 40 и 42). Думается, что автору следовало разделы 2, 3 и 4 этой главы объединить в один — «Способы барометрического нивелирования», а все общее, свойственное всем этим способам осветить в первом разделе.

4. Приложение 3 — «Таблицы приближенных высот» неудачно расположено внутри примера, занимающего приложения 1, 2 и 5.

5. То же следует сказать и относительно приложения 4 — «Сертификат баронивелира», присоединив сюда и то, что в брошюре мы не нашли места применения этого приложения (на него нет ссылок).

6. В приложении 5 дана неудачная схема обработки результатов двойных измерений: целый столбец заполняется одним и тем же числом  $+0,59$  (средняя разность). Такое многократное написание одного и того же числа ничем не оправдано.

Изложенные замечания не снижают общей положительной оценки брошюры, но их следует учесть при ее повторном издании.

**В. Н. Ганшин.**

*Кандидат технических наук*

## СОДЕРЖАНИЕ

- Ф. И. Коперин. Задачи научных исследований в области целлюлозно-бумажного производства . . . . . 3

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Б. Ф. Остапенко. Типы буковых лесов Черновицкой области . . . . . 8  
П. А. Положенцев, Н. И. Положенцева-Коровина. К биологии клопа-солдатика . . . . . 10  
А. Ф. Киселев. Физико-механические свойства древесины культур ели БССР . . . . . 15  
Ф. А. Амиров. К вопросу о восстановлении и улучшении горных лесов центральной части Большого Кавказа . . . . . 19  
Н. И. Мамонов. Роль предварительного и последующего естественного возобновления на концентрированных вырубках в борах-брусничниках Северного Зауралья . . . . . 24  
Ван Мин-сю. Об отдаленной гибридизации европейского пробкового дуба с дубом изменчивым (*Quercus suber* L.  $\times$  *Quercus variabilis* Blume) . . . . . 29  
Л. В. Бицин. К вопросу о строении девственных разновозрастных буковых насаждений Северного Кавказа и Крыма . . . . . 35  
А. Г. Шавнин. Ход роста разновозрастных елово-пихтовых насаждений . . . . . 39  
Н. В. Подзоров. Причины массового усыхания сосны и ели в Охтинской лесной даче . . . . . 45

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Е. И. Лах. Аналитическое исследование вертикальных динамических нагрузок на оси автомобильного лесовозного роспуска . . . . . 51  
С. А. Чуприков. Результаты воздействия узкоколейного электротепловоза ЭД-16-01 на временные железнодорожные пути . . . . . 63  
А. А. Ткаченко. Расчет упругих осадок насыпей автомобильных дорог на болотах . . . . . 73  
Б. С. Родионов. Резервы повышения производительности труда на первоначальном сплаве леса и пути их реализации . . . . . 79  
П. К. Резников. Развитие сети временных лесовозных дорог в районах с холмистым и горным рельефом при тракторной трелевке древесины . . . . . 83  
П. И. Платонов. О возможности круглогодовой занятости рабочих в лесосплавных предприятиях . . . . . 91

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Т. П. Хухрянская. Рентгеноструктура березы торцового гнутья . . . . . 96  
Г. С. Гуркин. Напряжения от сил резания в круглых пилах постоянной толщины . . . . . 102  
Г. И. Юзефович. Построение областей динамической неустойчивости круглых пил . . . . . 112  
Ю. П. Гончаров. О влиянии жесткости элементов лущильного станка на процесс лущения шпона . . . . . 121  
С. П. Букина. Некоторые вопросы по исследованию обрабатываемости древесно-стружечных плит . . . . . 126

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Н. В. Чалов, Л. Б. Паасикви, А. Е. Лешук, Е. Ф. Горячих. Гидролиз целлолигнина древесины сосны 41%-ной соляной кислотой в диффузионной батарее . . . . .	131
А. А. Соколова, Б. Д. Богомолов, Ф. А. Крупкина, Г. В. Просяник, Р. Г. Данилевская, Г. С. Бродский, Р. С. Жданова. Применение лигнинового пульвербакелита для литья в оболочковые формы . . . . .	138
Ф. А. Медников, Е. В. Ушкова, В. И. Ксенофонтова. Экстракция смолистых веществ из осмольной щепы на шнековой установке непрерывного действия (Д-200) . . . . .	147
И. Ф. Туманов, М. Е. Ратнер. Содержание уксусной кислоты в некоторых видах растительного сырья . . . . .	153

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

В. И. Калинин. К вопросу о строении листовичных древостоев . . . . .	157
Я. Г. Меншуткин. О влиянии изменения объемного веса древесины на грузоподъемность поезда . . . . .	160
Е. А. Шустова. Некоторые особенности анатомического строения семенных покровов труднопрорастающих семян древесных растений . . . . .	161

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

П. И. Войчалъ. Координационное совещание по вопросам селекции и семеноводства . . . . .	165
---	-----

## ИЗ ИСТОРИЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Н. В. Никитин. Соломбальский бумажно-деревообрабатывающий комбинат . . . . .	166
В. В. Огиевский. Научно-исследовательская работа проф. В. Д. Огиевского . . . . .	168

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

П. И. Войчалъ. «Охрана природы Центрально-черноземной полосы» . . . . .	171
В. Н. Ганьшин. Расширить применение барометрического нивелирования . . . . .	173

## ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2.

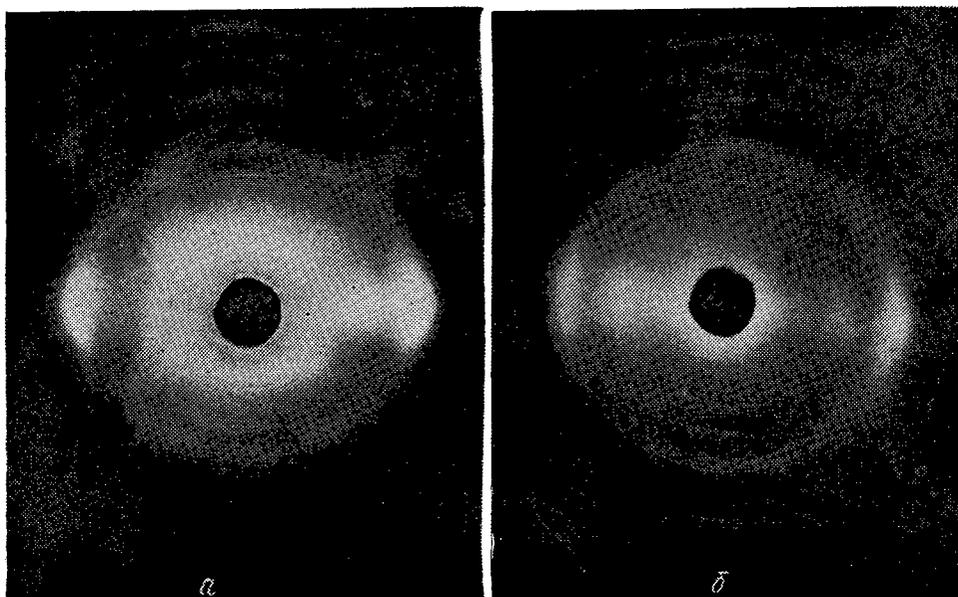
(Год издания четвертый)

Диагностическая характеристика типов буковых лесов Черновицкой области

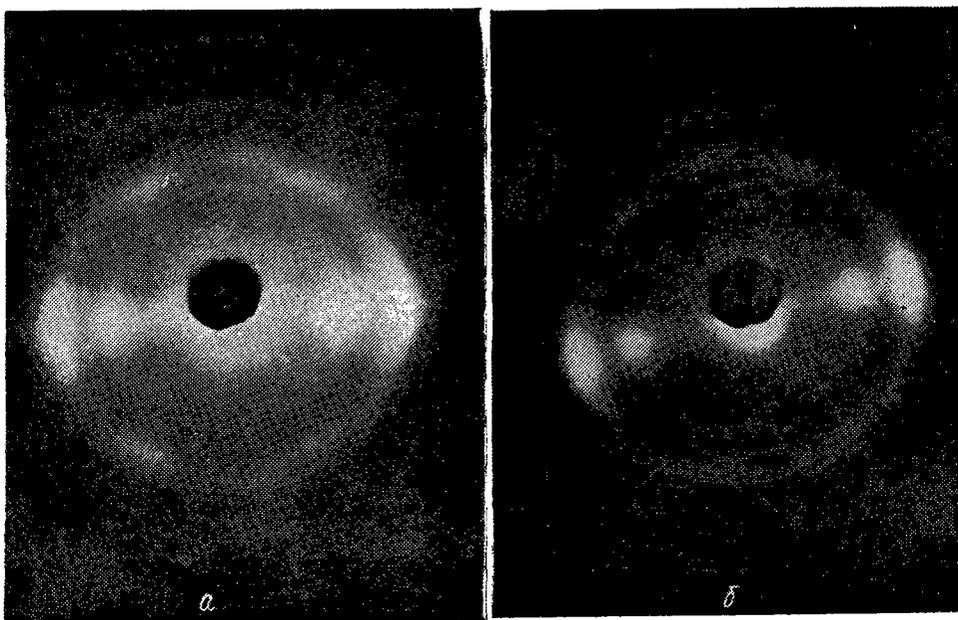
Номера типов леса	Типы условий местопрорастания	Типы леса	Местоположение и встречаемость	Почвенно-грунтовые условия	Растительность			живой напочвенный покров (индикаторы)
					древесная и кустарниковая		производные типы древостоев	
					древостой	подлесок, подрост		
1	C <sub>2</sub> (свежий сугрудок)	Свежая прикарпатская дубовая суббучина	Предгорье и район Хотинской возвышенности, на верхних и средних частях южных склонов крутизной до 25°, выходит на плато. Встречается редко	Оподзоленные, супесчаные лесные буроземы на известняках и песчаниках, возможны глубокие щебенистые пески, смытые серые лесные суглинки. Мощность профиля до 80—90 см	Букняки II—III классов бонитета с примесью граба, дуба, кленов явора, остролистного и полевого, осины, черешни	Подлесок редкий из лещины, бересклетов, малины, волчьего лыка. Возобновление за счет граба и осины	Грабняки, осинники, ельники и сосняки (искусственные)	Неравномерный, наиболее характерны: орляк, вейник тростниковый, вероника аптечная, золотая розга, мятлик узколистный, мелкоцветный канадский, дрок красивый, горная петрушка, колокольчик персиколистный, рамишия, герань кровавокрасная, ясменник душистый, плющ и др.
2	C <sub>3</sub> (влажный сугрудок)	Влажная карпатская елово-пихтовая суббучина	Средний и нижний пояс горной зоны (500—1000 м), исключительно в циркообразных вогнутостях, на участках защищенных с севера высокими хребтами. Встречается редко	Горно-лесные буроземы мощностью до 60—70 см, формируются на глинистых и песчаных сланцах. Подстилка до 5 см, разлагается хорошо, микрорельеф не выражен	Букняки II класса бонитета, в примеси постоянны пихта и ель	Подлесок редкий из малины, жимолости, рябины. Возобновление хорошее, главным образом за счет пихты и ели	Пихтарники, ельники	Преобладают папоротники мужской, шиповатый, кочедыжник женский, постоянны кислица, майник, осока волосистая, редко черника, грушника. Моховой покров группы: <i>Hylocomium proliferum</i> , <i>Mnium</i> , <i>Rhytidadelphus triquetrus</i> , <i>Dicranum</i>
3	C <sub>3</sub> (влажный сугрудок)	Влажная прикарпатская дубовая суббучина	Предгорье, в бассейне р. Черемоша и р. Серета на высоте 350—500 м. Распространен широко	Дерново-подзолистые, пылевато-суглинистые или серые лесные оподзоленные почвы мощностью до 1 м, оглеенные, кислые, слабо гумусированные	Букняки II класса бонитета с примесью пихты, березы. Во втором ярусе граб, клены, липа, редко черешня. Корневые древостои почти не сохранились	Подлесок разомкнут, состоит из лещины, малины, волчьего лыка, ивы козьей. Возобновление хорошее за счет бука, пихты, граба	Пихтарники, грабняки, ельники (искусственные)	В зависимости от сомкнутости полога от „мертвого“ до сплошного. Наиболее характерны: осоки волосистая, пальчатая, лесная, ожика волосистая, копытень, салат вонючий, папоротники мужской, шиповатый, Линнея, кочедыжник женский, подмаренник Шультеза, майник, любка двулистная, грушанки круглолистная и малая, рамишия, купена мутовчатая, золотая розга. Моховой покров небольшими группами
4	C <sub>3</sub> (влажный сугрудок)	Влажная прикарпатская дубовая суббучина	Предгорье, в бассейне р. Прута; на междуречье, в районе Хотинской возвышенности, на высоте 200—350 м. Занимает склоны холмов, старые террасы, выходит на плато, на всех экспозициях, кроме южных. Встречается редко	Дерново-подзолистые или серые лесные мощностью до 1 м, оподзоленные и оглеенные на лессовидных породах или на песчанисто-суглинистых древнеаллювиальных отложениях	Двухъярусный: I ярус из бука II класса бонитета с примесью дуба обыкновенного; 2 ярус из граба, кленов, липы, черешни, груши и яблони. На Прутско-Днестровском междуречье возможен дуб скальный. Состав от 10Бк ед.ДГ до 5Бк 3Д2Г	Подлесок разомкнут, состоит из лещины, свидины, малины, крушины ломкой. Возобновление хорошее, главным образом за счет бука и граба	Грабняки, дубняки, осинники	Обилие зависит от сомкнутости древостоев, чаще всего покров развит плохо, но всегда встречаются: осока волосистая, ясменник душистый, зубянки железистая и клубневидная, щитовник мужской, медуница неясная, осока лесная, будра плющевидная, пыльцеголовник, барвинок малый, купена многоцветковая, вороний глаз
5	D <sub>2</sub> (свежий груд)	Свежая карпатская елово-пихтовая бучина	Нижняя часть горной зоны, реде средняя до высоты 850 м. Занимает преимущественно средние части выпуклых склонов южных румбов крутизной 10—25°. Распространен широко	Горно-лесные оподзоленные, суглинистые буроземы мощностью 90—120 см на элювии мелкозернистых песчаников или глинистых сланцев	Букняки I-II классов бонитета. В примеси постоянны пихта, ель. С уменьшением высоты ель может выпадать из состава древостоев, но всегда остается в подросте. Запас бука в спелых древостоях до 500 м <sup>3</sup> на 1 га	Подлесок разомкнут, состоит из рябины, бузины красной, малины, ежевики, жимолости, появляется лещина. Возобновление отличное, главным образом за счет пихты и бука	Пихтарники, ельники (часть искусственные)	Плохо развит, единично встречаются: ясменник душистый, зеленчук, зубянки железистая и клубневидная, шафрей клейкий, ветреница дубравная, воронец колосистый, вороний глаз, щитовник мужской и Линнея
6	D <sub>2</sub> (свежий груд)	Свежая карпатская чистая бучина	Нижний пояс гор (500—650 м), предгорье (400—500 м). Занимает южные выпуклые склоны последней гряды гор, хребтов и вершины невысоких гор. Распространен в нижнем поясе гор, в предгорье редок	Горно-лесные оподзоленные, суглинистые буроземы мощностью до 120 см на элювии мелкозернистых песчаников и глинистых сланцев, профиль щебенист, особенно в чистой бучине. На крутых склонах наблюдаются смыв верхнего почвенного горизонта	Букняки I класса бонитета, высокополнотные, I класса товарности; единичны явор, ильм	Подлесок не развит, встречаются малина, ежевика, бузина красная, волчье лыко. Возобновление хорошее, подрост из бука	Не отмечены	Плохо развит, единично встречаются: ясменник душистый, зеленчук, зубянки железистая и клубневидная, шафрей клейкий, ветреница дубравная, воронец колосистый, вороний глаз, щитовник мужской и Линнея
7	D <sub>2</sub> (свежий груд)	Свежая прикарпатская пихтовая бучина	Предгорье, в бассейне р. Серета и р. Черемоша на высоте 350—400 м. Занимает вершины холмов, может быть на выпуклых верхних частях некрутых холмов (до 12°) южных румбов. Встречается редко, обычно влажноват	Оподзоленные лесные буроземы или серые лесные почвы, суглинистые, мощность больше 1 м. Формируются на третичных и четвертичных лессовидных породах	Букняки I класса бонитета со значительной примесью (до 30%) пихты. В примеси граб, явор, могут быть дуб, осина, черешня. Насаждения двухъярусные	Подлесок разомкнут, постоянны лещина, малина, бузина красная, возможны крушина ломкая, ива козья. Возобновление хорошее, но часто в подросте господствуют граб и пихта	Грабняки, пихтарники, ельники (искусственные)	Плохо развит, характерны: осока волосистая, ясменник душистый, медуница неясная, подлесник европейский, шафрей клейкий, гравилат городской, сныть, подмаренник Шультеза, щитовник мужской
8	D <sub>2</sub> (свежий груд)	Свежая прикарпатская елово-грабовая бучина	Предгорье, на высоте 300—500 м. Приурочен к выпуклым склонам южных румбов крутизной 4—15°, выходит на плато. Распространен широко, обычно влажноват	Оподзоленные лесные буроземы или серые лесные почвы, суглинистые, мощность больше 1 м. Формируются на третичных и четвертичных лессовидных породах	Букняки I класса бонитета, в примеси ясень обыкновенный. Во втором ярусе господствует граб с примесью кленов. В древостое не встречаются пихта и дуб	В подлеске лещина, свидина, бересклеты, малина, волчье лыко. Возобновление хорошее	Грабняки, дубняки (искусственные)	Приурочен к просветам, характерны: ясменник душистый, осока волосистая, копытень, сныть, медуница неясная, лещиночница, мятлик боровой. Формы покрова из ясменника и осоки
9	D <sub>2</sub> (свежий груд)	Свежая прикарпатская дубовая бучина	Предгорье и Прутско-Днестровское междуречье, в районе Хотинской возвышенности (300—400 м). Занимает верхние, средние части склонов, вершины холмов. Распространен на междуречье, редок в предгорье	Оподзоленные лесные буроземы мощностью больше 1 м на известняках и глинисто-песчаных сланцах. Возможны серые лесные почвы на лессовидных породах	Букняки I—II классов бонитета, в примеси дуб обыкновенный, ясень обыкновенный, клены явор и остролистный, липа, черешня	Плохо развит, состоит из лещины, свидины, малины, боярышника, бересклетов. Возобновление хорошее, велика опасность смены бука грабом	Грабняки, дубняки	Плохо развит, видовой состав тот же, что в двух предыдущих типах. Чаще здесь встречаются купена аптечная, сочевичник весенний, звездчатка ланцетовидная, плющ
10	D <sub>3</sub> (влажный груд)	Влажная карпатская елово-бучина	Верхняя часть среднего пояса горной зоны, в закрытых цирках, расположенных в средней и верхней частях восточного и юго-восточного склонов и защищенных с севера и северо-востока хребтами. Крутизна склонов до 27—33°. Отмечен на высоте 1000—1100 м, очень редок	Дерново-подзолистые буроземного типа, малощебенистые, хорошо гумусированы (гумусный горизонт до 22 см). Подстилка рыхлая, хорошо разлагается и не накапливается	Древостои елово-буковые или буковые с незначительной примесью явора, рябины по опушкам. Рябина достигает высоты 15 м, чего нет в других типах горной зоны. Древостой бука II класса бонитета, стволы сбежистые	Подлесок разомкнут, в составе лещина (только здесь на высоте 1000 м), малина, ежевика. Буковый подрост образует сомкнутый ярус	Не отмечены (после сплошных рубок следует ожидать осинники, ельники и березняки)	Покров приурочен к просветам, в составе: папоротники мужской и шиповатый, кочедыжник женский, сныть, подбел белый, княжик альпийский, телекия красивая, лунник оживающий, шафрей клейкий, дороникум австрийский, пролеска многолетняя, вороний глаз, кислица, зубянки железистая и клубневидная. Формы покрова с преобладанием кислицы, папоротников и зубянок
11	D <sub>3</sub> (влажный груд)	Влажная карпатская елово-пихтовая бучина	Средний пояс горной зоны (650—950 м). Занимает выпуклые средние части склонов северных и восточных румбов крутизной 15—20°. Встречается редко	Оподзоленные лесные буроземы мощностью более 80 см на элювии глинистых сланцев. Подстилка до 7 см, плохо разлагается, особенно на северных, холодных склонах	Древостои из бука I—II классов бонитета с примесью пихты и ели. В корневых насаждениях запас столетних древостоев достигает 700 м <sup>3</sup> на 1 га	Подлесок плохо развит, единично встречаются лещина, бузина красная, рябина. Возобновление хорошее	Пихтарники, ельники, березняки, осинники	Плохо развит, особенно в чистых бучинах.
12	D <sub>3</sub> (влажный груд)	Влажная карпатская пихтовая бучина	Средний пояс горной зоны (600—950 м), приурочен к средним и нижним выпуклым и ровным частям склонов северных румбов, может быть в верхней части вогнутого юго-западного склона, крутизна склонов 20—30°. Распространен широко	Хорошо развитые лесные буроземы мощностью больше 1 м, щебенистые, на элювии делювиальных песчанисто-глинистых сланцев. Процессы оподзоливания развиты слабо, профиль плохо дифференцирован по горизонтам. Микрорельеф не выражен. Наблюдается перемещение подстилки и смыв ее под пологом изреженных насаждений	Букняки I класса бонитета (в составе от 6Бк до 10Бк). Постоянны в примеси пихта, явор, ильм	Подлесок редкий из лещины, бузины красной и черной, волчьего лыка. Возобновление хорошее, но может проходить за счет нежелательных пород (березы, ели и пихты)	Пихтарники, березняки, ельники	Наиболее характерными видами являются: папоротники мужской и шиповатый, кочедыжник женский, многорядник лопастной, лунник оживающий, ясменник душистый, пролеска многолетняя, зубянки железистая и клубневидная, кислица, недотрога, вероника дубравная, крапива двудомная, цирцея парижская, будра плющевидная, звездчатка лесная, шафрей клейкий, осока лесная, подбел белый, вороний глаз, окопник сердцевидный. Мхи отсутствуют или небольшими группами в тенистых местах. Формы покрова с преобладанием папоротников, ясменника душистого, лунника оживающего, пролески
13	D <sub>3</sub> (влажный груд)	Влажная карпатская чистая бучина	Нижний пояс гор (400—650 м), приурочен к вогнутым частям северных и северо-восточных склонов крутизной 10—25°, иногда представлен свежаватым подтипом. Встречается редко	Почвы хорошо развиты, мощностью больше 1 м. Характерна оглеенность иллювиального горизонта и невысокая кислотность (рН по всему профилю—6). В горах отмечены лесные буроземы, в предгорье, кроме них—буроземно-дерновые глееватые почвы на элювии ракушечников	Букняки I—II классов бонитета, в примеси явор, ильм горный. Насаждения отличаются высокими производительностью и товарностью	Плохо развит или отсутствует, как в предыдущем типе. Возобновление отличное, в спелых древостоях всегда сомкнутый ярус благонадежного подроста бука высотой до 3 м	Не отмечены, кроме древостоев искусственного происхождения	Преобладают папоротники мужской и шиповатый, кочедыжник женский, многорядник лопастной, лунник оживающий, ясменник душистый, пролеска многолетняя, зубянки железистая и клубневидная, кислица, недотрога, вероника дубравная, крапива двудомная, цирцея парижская, будра плющевидная, звездчатка лесная, шафрей клейкий, осока лесная, подбел белый, вороний глаз, окопник сердцевидный. Мхи отсутствуют или небольшими группами в тенистых местах. Формы покрова с преобладанием папоротников, ясменника душистого, лунника оживающего, пролески
14	D <sub>3</sub> (влажный груд)	Влажная карпатская елово-пихтовая бучина	Предгорье (350—500 м) и очень редко в нижней части гор (400—650 м), на склонах последней гряды гор, переходящих в предгорье. В горах занимает только нижнюю часть склонов, в предгорье распространен и занимает весь склон восточных румбов. Распространен в бассейне р. Малого Серета	Почвы хорошо развиты, мощностью больше 1 м. Характерна оглеенность иллювиального горизонта и невысокая кислотность (рН по всему профилю—6). В горах отмечены лесные буроземы, в предгорье, кроме них—буроземно-дерновые глееватые почвы на элювии ракушечников	Отличается от пихтовой бучины лишь участием в древостое граба. Состав от 10Бк ед. П.Г до 6Бк 3П1Г. Букняки I—II классов бонитета. Нередко в спелых древостоях граб и пихта только в подросте	Подлесок очень редкий из лещины, малины, ежевики, бузины красной и черной, волчьего лыка. Возобновление хорошее, в основном за счет бука	Пихтарники, грабняки, осинники, чистые букняки	Преобладают папоротники мужской и шиповатый, кочедыжник женский, многорядник лопастной, лунник оживающий, ясменник душистый, пролеска многолетняя, зубянки железистая и клубневидная, кислица, недотрога, вероника дубравная, крапива двудомная, цирцея парижская, будра плющевидная, звездчатка лесная, шафрей клейкий, осока лесная, подбел белый, вороний глаз, окопник сердцевидный. Мхи отсутствуют или небольшими группами в тенистых местах. Формы покрова с преобладанием папоротников, ясменника душистого, лунника оживающего, пролески

док)	чина	ные, кислые, слабо гумусированные	древостой почти не сохранились	шее за счет бука, пихты, граба	ственные)	терны: осоки волосистая, пальчатая, лесная, ожика волосистая, копытень, салат вонючий, папоротники мужской, шиповатый, Линнея, кочедыжник женский, подмаренник Шультеза, майник, любка двулистая, грушанка круглолистная; малая, рамишия, купена муточатая, золотая розга. Моховой покров небольшими группами	
4	С <sub>3</sub> (влажный сугрудок)	Влажная прикарпатская дубо-бучина	Предгорье, в бассейне р. Прута; на междуречье, в районе Хотинской возвышенности, на высоте 200—350 м. Занимает склоны холмов, старые террасы, выходит на плато, на всех экспозициях, кроме южных. Встречается редко	Дерново-подзолистые или серые лесные мощностью до 1 м, оподзоленные и оглеенные на лессовидных породах или на песчанисто-суглинистых древнеаллювиальных отложениях	Двухъярусный: I ярус из бука II класса бонитета с примесью дуба обыкновенного; 2 ярус из граба, кленов, липы, черешни, груши и яблони. На Прутско-Днестровском междуречье возможен дуб скальный. Состав от 10Бк ед.Г до 5Бк 3Д2Г	Подлесок разомкнут, состоит из лещины, свидины, малины, крушины ломкой. Возобновление хорошее, главным образом за счет бука и граба	Грабняки, дубняки, осинники
5	Д <sub>2</sub> (свежий груд)	Свежая карпатская елово-пихтовая бучина	Нижняя часть горной зоны, реке средняя до высоты 850 м. Занимает преимущественно средние части выпуклых склонов южных румбов крутизной 10—25°. Распространен широко	Горно-лесные оподзоленные, суглинистые буроземы мощностью 90—120 см на элювии мелкозернистых песчаников или глинистых сланцев	Букняки I-II классов бонитета. В примеси постоянны пихта, ель. С уменьшением высоты ель может выпадать из состава древостоя, но всегда остается в подросте. Запас бука в спелых древостоях до 500 м <sup>3</sup> на 1 га	Подлесок разомкнут, состоит из рябины, бузины красной, малины, ежевики, жимолости, появляется лещина. Возобновление отличное, главным образом за счет пихты и бука	Пихтарники, ельняки (часто искусственные)
6	Д <sub>2</sub> (свежий груд)	Свежая карпатская чистая бучина	Нижний пояс гор (500—650 м), предгорье (400—500 м). Занимает южные выпуклые склоны последней гряды гор, хребтов и вершины невысоких гор. Распространен в нижнем поясе гор, в предгорье редок	Горно-лесные оподзоленные, суглинистые буроземы мощностью до 120 см на элювии мелкозернистых песчаников и глинистых сланцев, профиль щебенист, особенно в чистой бучине. На крутых склонах наблюдается смыл верхнего почвенного горизонта	Букняки I класса бонитета, высокополнотные, I класса товарности; единичны явор, ильм	Подлесок не развит, встречаются малина, ежевика, бузина красная, волчье лыко. Возобновление хорошее, подрост из бука	Не отмечены
7	Д <sub>2</sub> (свежий груд)	Свежая прикарпатская пихтовая бучина	Предгорье, в бассейне р. Серета и р. Черемоша на высоте 350—400 м. Занимает вершины холмов, может быть на выпуклых верхних частях некрутых холмов (до 12°) южных румбов. Встречается редко, обычно влажноват	Оподзоленные лесные буроземы или серые лесные почвы, суглинистые, мощность больше 1 м. Формируются на третичных и четвертичных лессовидных породах	Букняки I класса бонитета со значительной примесью (до 30%) пихты. В примеси граб, явор, могут быть дуб, осина, черешня. Насаживания двухъярусные	Подлесок разомкнут, постоянны лещина, малина, бузина красная, возможны крушина ломкая, ива козья. Возобновление хорошее, но часто в подросте господствуют граб и пихта	Грабняки, пихтарники, ельняки (искусственные)
8	Д <sub>2</sub> (свежий груд)	Свежая прикарпатская грабовая бучина	Предгорье, на высоте 300—500 м. Приурочен к выпуклым склонам южных румбов крутизной 4—15°, выходит на плато. Распространен широко, обычно влажноват	Оподзоленные лесные буроземы или серые лесные почвы, суглинистые, мощность больше 1 м. Формируются на третичных и четвертичных лессовидных породах	Букняки I класса бонитета, в примеси ясен обыкновенный. Во втором ярусе господствует граб с примесью кленов. В древостое не встречаются пихта и дуб	В подлеске лещина, свидина, бересклеты, малина, волчье лыко. Возобновление хорошее	Грабняки, дубняки (искусственные)
9	Д <sub>2</sub> (свежий груд)	Свежая прикарпатская дубовая бучина	Предгорье и Прутско-Днестровское междуречье, в районе Хотинской возвышенности (300—400 м). Занимает верхние, средние части склонов, вершины холмов. Распространен на междуречье, редок в предгорье	Оподзоленные лесные буроземы мощностью больше 1 м на известняках и глинисто-песчаных сланцах. Возможны серые лесные почвы на лессовидных породах	Букняки I—II классов бонитета, в примеси дуб обыкновенный, ясен обыкновенный, клены явор и остролистный, липа, черешня	Плохо развит, состоит из лещины, свидины, малины, боярышника, бересклетов. Возобновление хорошее, велика опасность смены бука грабом	Грабняки, дубняки
10	Д <sub>3</sub> (влажный груд)	Влажная карпатская еловая бучина	Верхняя часть среднего пояса горной зоны, в закрытых цирках, расположенных в средней и верхней частях восточного и юго-восточного склонов и защищенных с севера и северо-востока хребтами. Крутизна склонов до 27—33°. Отмечен на высоте 1000—1100 м, очень редок	Дерново-подзолистые буроземного типа, малощебенистые, хорошо гумусированы (гумусный горизонт до 22 см). Подстилка рыхлая, хорошо разлагается и не накапливается	Древостой елово-буковый или буковый с незначительной примесью явора, рябины по опушкам. Рябина достигает высоты 15 м, чего нет в других типах горной зоны. Древостой бука II класса бонитета, стволы сбегистые	Подлесок разомкнут, в составе лещина (только здесь на высоте 1000 м), малина, ежевика. Буковый подрост образует сомкнутый ярус	Не отмечены (после сплошных рубок следуют ожидать осинники, ельняки и березняки)
11	Д <sub>3</sub> (влажный груд)	Влажная карпатская елово-пихтовая бучина	Средний пояс горной зоны (650—950 м). Занимает выпуклые средние части склонов северных и восточных румбов крутизной 15—20°. Встречается редко	Оподзоленные лесные буроземы мощностью более 80 см на элювии глинистых сланцев. Подстилка до 7 см, плохо разлагается, особенно на северных, холодных склонах	Древостой из бука I—II классов бонитета с примесью пихты и ели. В корневых насаждениях запас столетних древостоев достигает 700 м <sup>3</sup> на 1 га	Подлесок плохо развит, единично встречаются лещина, бузина красная, рябина. Возобновление хорошее	Пихтарники, ельняки, березняки, осинники
12	Д <sub>3</sub> (влажный груд)	Влажная карпатская пихтовая бучина	Средний пояс горной зоны (600—950 м), приурочен к средним и нижним выпуклым и ровным частям склонов северных румбов, может быть в верхней части вогнутого юго-западного склона, крутизна склонов 20—30°. Распространен широко	Хорошо развитые лесные буроземы мощностью больше 1 м, щебенистые, на элювии делювиальных песчанисто-глинистых сланцев. Процессы оподзоливания развиты слабо, профиль плохо дифференцирован по горизонтам. Микрорельеф не выражен. Наблюдается перемещение подстилки и смыл ее под пологом изреженных насаждений	Букняки I класса бонитета (в составе от 6Бк до 10Бк). Постоянны в примеси пихта, явор, ильм	Подлесок редкий из лещины, бузины красной и черной, волчьего лыка. Возобновление хорошее, но может проходить за счет нежелательных пород (березы, ели и пихты)	Пихтарники, березняки, ельняки
13	Д <sub>3</sub> (влажный груд)	Влажная карпатская чистая бучина	Нижний пояс гор (400—650 м), приурочен к вогнутым частям северных и северо-восточных склонов крутизной 10—25°, иногда представлен свежаватым подтипом. Встречается редко	Оподзоленные лесные буроземы мощностью больше 1 м, щебенистые, на элювии делювиальных песчанисто-глинистых сланцев. Процессы оподзоливания развиты слабо, профиль плохо дифференцирован по горизонтам. Микрорельеф не выражен. Наблюдается перемещение подстилки и смыл ее под пологом изреженных насаждений	Букняки I—II классов бонитета, в примеси явор, ильм горный. Насаживания отличаются высокими производительностью и товарностью	Плохо развит или отсутствует, как в предыдущем типе. Возобновление отличное, в спелых древостоях всегда сомкнутый ярус благонадежного подраста бука высотой до 3 м	Не отмечены, кроме древостоев искусственного происхождения
14	Д <sub>3</sub> (влажный груд)	Влажная карпатская грабово-пихтовая бучина	Предгорье (350—500 м) и очень редко в нижней части гор (400—650 м), на склонах последней гряды гор, переходящих в предгорье. В горах занимает только нижнюю часть склонов, в предгорье распространен и занимает весь склон восточных румбов. Распространен в бассейне р. Малого Серета	Почвы хорошо развиты, мощность больше 1 м. Характерна оглеенность иллювиального горизонта и невысокая кислотность (рН по всему профилю—6). В горах отмечены лесные буроземы, в предгорье, кроме них—буроземно-дерновые глееватые почвы на элювии ракушечников	Отличается от пихтовой бучины лишь участием в древостое граба. Состав от 10Бк ед. Г до 6Бк 3ПГ. Букняки I—II классов бонитета. Нередко в спелых древостоях граб и пихта только в подросте	Подлесок очень редкий из лещины, малины, ежевики, бузины красной и черной, волчьего лыка. Возобновление хорошее, в основном за счет бука	Пихтарники, грабняки, осинники, чистые букняки
15	Д <sub>3</sub> (влажный груд)	Влажная карпатская тиссовая бучина	В горной зоне отмечены в нижних частях склонов и в долинах горных рек и потоков; в предгорье—в нижних частях мокрых балок, подверженных оползевым явлениям. Встречается весьма редко	Буроземного типа, оглеенные, увлажнение за счет выклинивающихся грунтовых вод. Представлен обычно сыроватым подтипом	Насаживания идентичны предыдущему типу, но в подросте единично встречается тисс ягодный. Большие деревья тисса были уничтожены раньше	То же	То же
16	Д <sub>3</sub> (влажный груд)	Влажная прикарпатская грабовая бучина	Предгорье (300—500 м), занимает ровные участки плато или пологие склоны преимущественно северных экспозиций. Широко распространен на Прутско-Серетском междуречье	Оподзоленные лесные буроземы мощностью больше 1 м или дерново-среднеподзолистые с признаками оглеения	Древостой из бука I класса бонитета с незначительной примесью граба, кленов явора и остролистного. Состав 10Бк ед.Г или 9Бк1Г	Подлесок отсутствует или очень редкий, представлен лещиной, свидиной, бересклетом бородавчатым и европейским, малиной. Возобновление хорошее, смена букняков весьма редка	Грабняки, осинники, дубняки, ельняки искусственные
17	Д <sub>3</sub> (влажный груд)	Влажная прикарпатская дубовая бучина	Распространен в предгорье на высоте 300—450 м, редко встречается на Прутско-Днестровском междуречье (район Хотинской возвышенности). Занимает средние части пологих склонов преимущественно восточных румбов на междуречье приурочен к пониженным формам рельефа	Оподзоленные, глееватые лесные буроземы мощностью до 150 см и больше, формируются на карбонатных четвертичных породах. На вырубках возможны смытые буроземы	Букняки I класса бонитета, в отличие от грабовой бучины здесь обязательны в примеси дуб обыкновенный. Кроме того, обычны граб, клены, липа, ильм, редко дуб скальный, может быть много ясеня (кальцифильные варианты типа)	Подлесок отсутствует или очень редкий, представлен лещиной, свидиной, бересклетом бородавчатым и европейским, малиной. Возобновление хорошее, смена букняков весьма редка	Грабняки, дубняки, осинники

Примечание: под формами покрова понимаются лесные травянистые ценозы, встречающиеся в типе и различающиеся между собой прежде всего по господствующему виду.



1



2

Рис. 1. Рентгенограммы древесины березы торцового гнутья.

1 — от наружного слоя ( $\epsilon = 0$ ) и 2 — от внутреннего слоя ( $\epsilon = 68\%$ ); а — в направлении прессования (в плоскости гнутья); б — перпендикулярно направлению прессования.

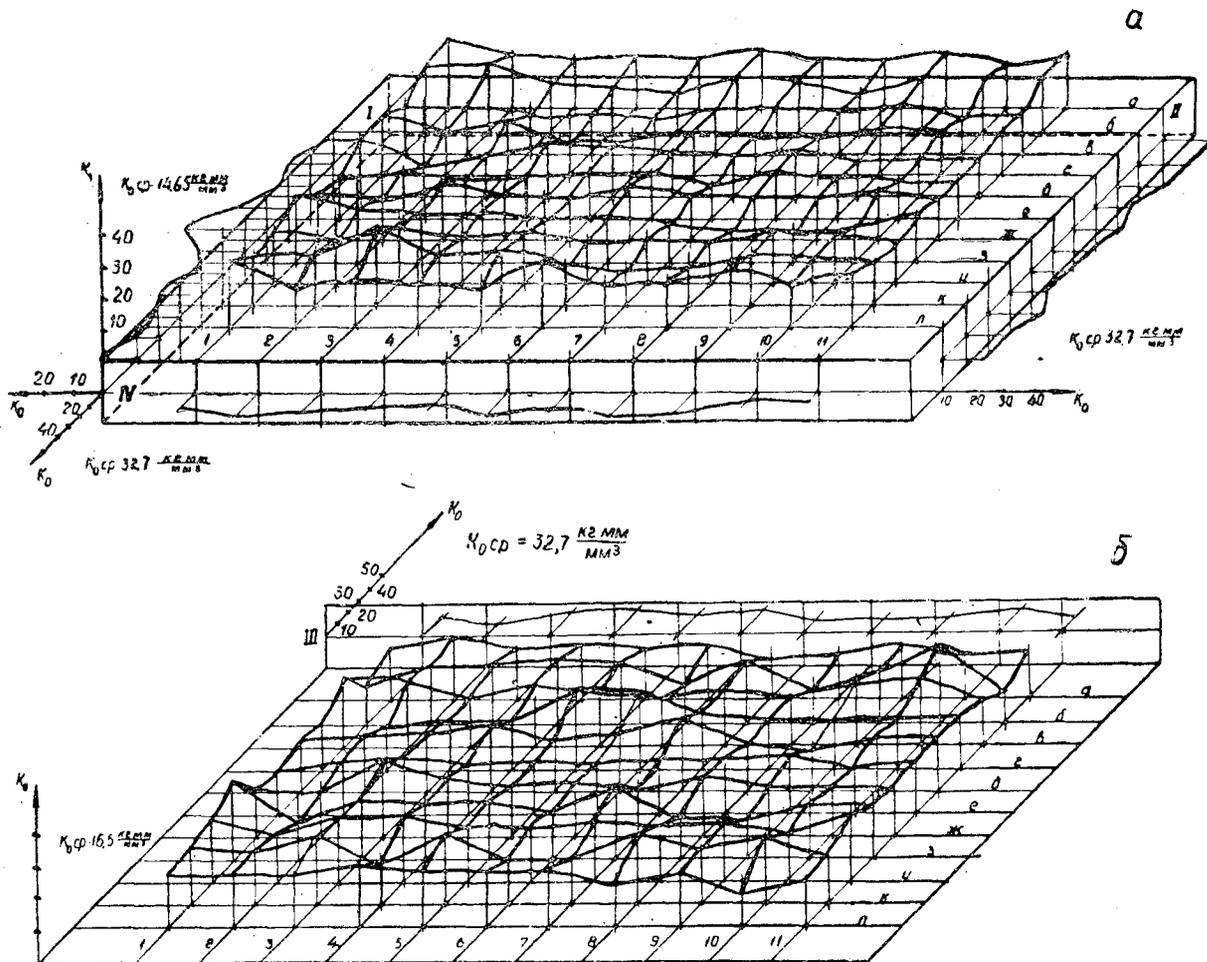


Рис. 1. Карта обрабатываемости плиты Усть-Ижорского фанерного завода.

а — верхний стора и ребра I, II, IV. Резец  $44 \times 10^3$ ,  $R = 100,4$  кг/мм.  
 б — нижний стора и ребра III. Резец  $44 \times 10^3$ ,  $R = 100,4$  кг/мм.

МИНИСТЕРСТВО  
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ  
ЖУРНАЛ



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

Цена 1 руб.

**Принимается подписка  
на журнал на 1961 год**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»  
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР**

Раздел  
**„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“**

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера за 1958, 1959 и 1960 гг. высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная им. Сталина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».