

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ ВОСЬМОЙ

6

1965

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), проф. С. Х. Будыка, доц. Г. А. Вильке, проф. И. В. Воронин, проф. А. Э. Грубе, проф. М. Л. Дворецкий, доц. Д. С. Добровольский, доц. Г. Л. Дранишников, проф. М. И. Зайчик, проф. С. Я. Коротов, акад. ВАСХНИЛ проф. И. С. Мелехов, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Н. Песоцкий, проф. 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 институтов.

Выходит 6 раз в год.

---

Адрес редакции: Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 17,  
Лесотехнический институт, тел. 4-13-37.

УДК 634.0

## УСКОРЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В ЛЕСНОЙ, ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ — ВАЖНАЯ ЗАДАЧА ВУЗОВ

В решениях сентябрьского Пленума ЦК КПСС большое внимание уделено вопросу о темпах технического прогресса в стране, требующих перехода к отраслевому управлению промышленностью, разработки мер по экономическому стимулированию производства. В числе вновь созданных отраслевых министерств организовано и союзно-республиканское Министерство лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности.

Объединение руководства лесным производством и лесотехнической наукой в рамках одной отрасли должно способствовать более быстрому использованию научных открытий в этой многосторонней отрасли народного хозяйства и значительно активизировать научную работу вузов. С организацией союзных и союзно-республиканских отраслевых министерств необходимо добиться дальнейшего укрепления и совершенствования связей между вузами и производством, между вузами и отраслевыми научными учреждениями. Существующая в высших учебных заведениях система финансирования научных исследований не всегда способствует их быстрому завершению и внедрению в производство. Финансирование поисковых исследований, призванных найти принципиально новые решения научно-технических проблем, осуществляется через Проблемные лаборатории или путем выделения небольших ассигнований на отдельные госбюджетные темы. Если Проблемные лаборатории в какой-то мере способны решать серьезные проблемы науки, то подавляющее большинство госбюджетных тем, разрабатываемых кафедрами без должного материального обеспечения, искусственно растягивается на многие годы и редко заканчивается новыми научными открытиями. Возьмем, к примеру, имеющую общегосударственное значение проблему сброса промышленных отходов целлюлозно-бумажных предприятий, для решения которой требуются совершенно новые методы механической, химической и биологической очистки вод, несущих огромное количество органических и неорганических взвесей и ежечасно загрязняющих наши реки и озера. Существующие очистные сооружения очень дороги и не дают должного эффекта.

Решением этой задачи могут заняться вузы, но только при наличии крупных материальных вложений и сосредоточении вокруг этой проблемы многих научных коллективов. Задания на подобные крупные научные исследования должны исходить непосредственно от вновь созданного министерства или Госкомитета по науке и технике и финансироваться из госбюджета.

Не меньшее внимание должно быть уделено и проблеме утилизации отходов лесозаготовительных, деревообрабатывающих и лесохимических производств, которая пока решается очень медленно, а при ее изучении

исследователи базируются в основном на давно установившихся научных концепциях. Для быстрого решения проблемы использования древесных отходов нужны объединенные усилия нескольких вузов и исследовательских институтов и создание соответствующих лабораторий и опытных предприятий.

Хоздоговорная тематика должна быть сохранена, но договоры на научные исследования должны заключаться с производственными объединениями или предприятиями, которые непосредственно заинтересованы в совершенствовании технологических процессов, режимов, в модернизации оборудования, в улучшении технических условий и повышении экономической рентабельности производства.

В этом случае вузы будут не только решать задачи технического прогресса, но вместе с инженерами внедрять результаты исследований в производство. Появится настоятельная необходимость вносить соответствующие вклады в реконструкцию предприятий и лабораторий у вузов за счет ассигнований на науку, у предприятий — за счет банковского кредита.

Следует разрешить вузам и предприятиям заключать договоры на научные исследования и в том случае, если исследуемые проблемы не внесены в координационные планы ведущих научных учреждений.

На современном этапе развития промышленности особое место занимают экономические исследования. Вопросы повышения технического уровня производства, качества и долговечности продукции, экономии затрат живого и овеществленного труда, увеличения отдачи производственных фондов, борьбы с бесхозяйственностью и непроизводительными затратами должны находиться в центре исследований кафедр экономических и общественных наук и разрабатываться совместно с экономистами предприятий. Это необходимо не только для развития экономической науки и повышения рентабельности производства, но и для повышения уровня экономической подготовки инженерных кадров. Экономическая подготовка выпускников вузов пока отстает от задач, поставленных сентябрьским Пленумом ЦК КПСС перед высшей школой.

Министерствам высшего и среднего специального образования РСФСР и других союзных республик необходимо увеличить объем экономических дисциплин и разрешить организацию новых экономических кафедр и факультетов.

Министерству высшего и среднего специального образования СССР совместно с Министерством лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности СССР необходимо в 1966 г. провести представительные научно-производственные конференции по проблеме повышения экономической эффективности промышленного производства в лесозаготовительной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной отраслях промышленности и лесном хозяйстве. На этих конференциях должно быть выяснено состояние дел с научными изысканиями по экономическим вопросам и недостатки в экономической подготовке инженерных кадров, а также определено место каждого лесотехнического вуза и факультета в дальнейших научных исследованиях. В ближайшее время следует рассмотреть возможности создания при лесотехнических вузах Проблемных лабораторий научной организации труда и управления производством.

Необходимо также приблизить тематическую направленность действующих Проблемных лабораторий к решению вопросов технического прогресса в лесном производстве.

УДК 634.0.221

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЛЕСОВ

**И. Е. ДЕКАТОВ**

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук  
(ЛенНИИЛХ)

Интенсификация лесного хозяйства и повышение производительности лесов — две из наиболее актуальных современных лесоводственных задач. Особенно остро они стоят в лесодефицитных районах. Снижение до предела возрастов рубки оказалось недостаточной мерой для обеспечения этих районов недостающей древесиной. Решено было усилить эксплуатацию лесов первой группы, приравнять наибольшую часть их по режиму пользования древесиной к лесам второй группы. Но и эта мера, связанная с ущербом для народного хозяйства, все же не может решить проблему обеспечения древесиной лесодефицитных районов европейской части СССР из местных ресурсов.

Следующей мерой в решении этой проблемы считают получение древесины в порядке рубок ухода за лесом, которые следует шире применять при общей интенсификации лесного хозяйства. Под интенсификацией лесного хозяйства многие специалисты понимают возможно большее извлечение из лесов древесины в ближайшие годы, в частности интенсификацию рубок ухода представляют как сильные разреживания древостоев. Это связано не только с желанием получить больше недостающей древесины в лесодефицитных районах. Чтобы широко развернуть рубки ухода, их надо механизировать. Применение современных мощных трелевочных тракторов ТДТ-40, рассчитанных на сплошные рубки, может быть оправдано при проходных рубках только в случае значительной выборки древесины, то есть сильных разреживаний древостоев, притом не по низовому, а по верховому методу, с изъятием наиболее крупных деревьев. В настоящее время нет менее мощной техники для рубок ухода, в частности более отвечающих им малогабаритных трелевочных тракторов.

Для широкого применения рубок ухода требуется дорожное строительство. Затраты на это также побуждают извлекать при рубках ухода возможно большее количество ценной древесины. Пример получения большого количества древесины от рубок ухода за лесом (более половины общей потребности) дала Латвийская ССР. Это стало возможным при наличии там хорошей дорожной сети.

В результате длившихся много десятилетий зарубежных и отечественных исследований в настоящее время можно считать твердо установленным, что путем применения рубок ухода за лесом нельзя увеличить количественную производительность древостоев по общей древес-

ной массе. Но своевременно вырубая отстающие в росте деревья, можно использовать то, что при отсутствии ухода идет в отпад. Количественная производительность древостоев находится в прямой зависимости от их общей полноты. Восстановление полноты, сниженной при уходе на 0,1, в средневозрастных и припевающих древостоях южной части лесной зоны происходит в течение 10—20 лет.

Высшая количественная производительность сосновых и еловых древостоев может быть достигнута только в результате применения умеренных разреживаний. При этом в чистых сосновых и еловых древостоях выборку деревьев следует вести преимущественно по низовому методу. Применение низового метода ухода в сосновых лесах рекомендуют и латвийские лесоводы.

Подтверждения этим положениям получены в работе отдела лесоустройства ЛенНИИЛХа (Е. Н. Мартынов, В. Г. Рубцова, А. Г. Мошкалев) за последние годы при изучении закономерностей роста сосновых древостоев в лесах Карельского перешейка. Принимая во внимание, что задачей лесного хозяйства должно быть достижение сочетания возможно наиболее высокой количественной и качественной производительности лесов, отдел лесоустройства ЛенНИИЛХа считает оптимальной полноту древостоев 0,8, которую следует поддерживать в возрасте от 50 до 100 лет. В правилах рубок, составленных для лесов Карельского перешейка отделом лесоводства ЛенНИИЛХа в результате исследовательских работ, рекомендуется применять при рубках ухода в сосновых и еловых древостоях в возрасте до 100 лет осторожные разреживания преимущественно по низовому методу с выборкой по массе от 10 до 20% (при полноте 1,0—20%, при 0,9—15% и при 0,8—10%). Полнота при рубках ухода не должна опускаться ниже 0,7. Это близко к тем нормам, которые рекомендуются наставлением по рубкам ухода за лесом, изданным Главлесхозом в 1963 г.

Более сильные разреживания целесообразно производить в порядке рубок ухода в двухъярусных древостоях, где второй ярус представлен ценной породой, например, в лиственно-еловых, занимающих в южной части лесной зоны большие площади, исчисляющиеся многими миллионами гектаров. Здесь целесообразно вырубать при уходе не 10—20, а 40—50% запаса верхнего яруса из второстепенных лиственных пород, так как потери прироста древостоя, образующего верхний полог, компенсируются усиленным приростом деревьев второго яруса. Но в настоящее время в лесодефицитных районах недостает древесины хвойных пород, а не осиновой и березовой.

Получение большого количества древесины путем сильных изреживаний древостоев в порядке рубок ухода за лесом может быть лишь кратковременным, не решает фундаментально проблему обеспечения лесодефицитных районов недостающей древесиной из местных ресурсов и находится в противоречии с задачей повышения производительности лесов.

Уход за лесом — это одно из важнейших лесохозяйственных мероприятий, широкое применение которого является совершенно необходимым элементом интенсивного лесного хозяйства. Оно должно быть быстрее полностью механизировано путем создания легких, по преимуществу моторизованных, орудий для валки деревьев, малогабаритных колесных тракторов для трелевки и других механизмов. Вместе с тем необходимо осуществлять строительство дорог. Рубки ухода и главного пользования следует вести комплексно, то есть одновременно на площади одних и тех же кварталов. Но главной задачей рубок ухода следует считать, как это и полагается по установленным в лесоводстве

правилам, улучшение породного состава лесов и повышение качества выращиваемой древесины; получение же ее в процессе рубок ухода — лишь промежуточное пользование. Ошибки в планировании получения древесины от рубок ухода, тем более при установлении посортиментных заданий, таят в себе чрезвычайно большую опасность превращения ухода за лесом в свою противоположность, обращения в редины из малоценных деревьев средневозрастных и приспевающих древостоев, являющихся лесорубочным фондом ближайшего будущего. При обычном бездорожье в большинстве районов лесной зоны эта опасность особенно велика, так как леспромхозы и лесхозы вынуждены выполнять задания по заготовке древесины в порядке рубок ухода на немногих участках, прилегающих к имеющимся дорогам.

Есть более надежный и безболезненный путь обеспечения лесодефицитных районов недостающей древесиной из местных ресурсов. Это широкое применение постепенных и выборочных рубок. Оно дает возможность вовлечь в эксплуатацию больше древостоев без снижения возраста рубки. Потери на приросте от сильного изреживания материнского древостоя компенсируются приростом молодняка. Сроки выращивания древесины значительно сокращаются. Кроме того, хозяйство избавляется при этом от больших затрат труда и денежных средств на лесные культуры.

В лесах второй группы, находящихся в лесодефицитных районах, есть возможность широкого применения постепенных и выборочных рубок. В результате исследований, проведенных отделом лесоводства ЛенНИИЛХа, установлено, что применение упрощенных постепенных рубок в двухъярусных лиственнично-еловых древостоях в возрасте до 70 лет дает возможность сократить срок выращивания ели на 40—50 лет, по сравнению с культурами, и получить дополнительный прирост древесины за счет усиленного роста ели после освобождения ее от верхнего лиственного полога в среднем по  $3 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ га}$  в течение 50 лет (Н. Е. Декатов, А. С. Тихонов).

В ельниках применение постепенных рубок на сырых и влажных почвах опасно в отношении ветровала. Но его можно избежать в случае применения в них выборочных рубок со значительными разреживаниями в третьем классе возраста, в результате которых можно создать устойчивые разновозрастные древостои.

В хвойных лесах первой группы следует установить выборочную форму хозяйства как наиболее отвечающую их назначению и в то же время позволяющую значительно увеличить размер пользования древесиной, по сравнению с установленным для сплошных рубок, применяемых под названием лесовосстановительных.

Чтобы предотвратить превращение в недалеком будущем районов расположения целлюлозно-бумажных комбинатов и других постоянно действующих лесных предприятий в лесодефицитные и обеспечить им постоянное пользование древесиной из местных ресурсов, необходимо немедленно упорядочить ведущиеся в настоящее время крайне бесхозяйственно и опустошительно концентрированные рубки в лесах третьей группы. Преобладающие на европейском Севере еловые леса представлены разновозрастными древостоями. Изучение таежных лесов Сибири (А. В. Побединский и др.) показало, что разновозрастны не только еловые и пихтовые таежные леса, но и многие сосновые.

Применение сплошных концентрированных рубок в разновозрастных древостоях является верхом бесхозяйственности. Такие рубки нельзя допускать в районах расположения постоянно действующих лесных предприятий. Правилами рубок, изданными Главлесхозом в 1963 г., в

разновозрастных древостоях рекомендуется применять не сплошные, а постепенные и выборочные рубки. Но эти правила не выполняются. Исследования, организованные отделом лесоводства ЛенНИИЛХа, показали, что вырубаемые при сплошных концентрированных рубках в разновозрастных ельниках тонкомерные деревья почти не используют. Их частично бросают на лесосеке, частично теряют в пути (А. Д. Волков). В тех случаях, когда при условно сплошных рубках разновозрастных ельников жизнеспособный тонкомер оставляли в достаточном количестве на корню (10—15% от общего запаса), оказалось, что в связи с последующим усиленным его ростом для восстановления эксплуатационного запаса после рубки 160-летних (по таксационному описанию) древостоев требуется только 50—70 лет (С. А. Дыренков, О. Э. Шергольд). А там, где еловый тонкомер и подрост не сохраняются, после сплошной концентрированной рубки возникают березово-осиновые молодняки, в которых ель почти или совсем отсутствует. Ее участие выражается всего лишь десятками, реже сотнями экземпляров на 1 га (Ф. И. Акакиев).

Опыты показали, что оставление на корню жизнеспособного тонкомера не снижает производительности лесозаготовок, так как при этом увеличивается средний размер вырубаемого хлыста. Таким образом, нет серьезных препятствий к упорядочению рубок в разновозрастных таежных лесах. Ставя задачу повышения производительности лесов, нельзя допускать в то же время опустошительных рубок.

Поступила в редакцию  
24 мая 1965 г.

УДК 65.011.54 : 634.0.232.322

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

АНАЛИЗ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА  
ЛЕСОПАХОТНОГО АГРЕГАТА

Ю. И. СТАХЕЕВ

Ассистент

(Сибирский технологический институт)

Условия работы лесопашотного агрегата характеризуются большой изменчивостью факторов, которые влияют на составляющие сил сопротивления движению агрегата. Суммарный момент от сил сопротивления, подведенный к двигателю, также непрерывно изменяется, вызывая колебания скоростного режима работы двигателя. Характер переходных процессов определяется, с одной стороны, характером изменения приведенного момента сопротивления, зависящего от условий работы; с другой, — степенью загрузки двигателя, приспособляемостью двигателя с учетом корректировки на топливо и динамическими параметрами агрегата. Изменения момента сопротивления принято оценивать по величине отклонения от средней длительно действующей величины [1], [2]. Динамические параметры агрегата выражают через приведенный момент инерции масс агрегата к коленчатому валу двигателя [1], [2], [3]. Загрузку двигателя при неустановившемся характере нагрузки по данным [1] определяют по формуле

$$K_3 = 1 - (\gamma_k - K_d), \quad (1)$$

где  $K_3$  — коэффициент загрузки двигателя;  
 $\gamma_k$  — коэффициент возможной перегрузки;  
 $K_d$  — коэффициент допустимой перегрузки двигателя.

Загрузку двигателя для тракторов, работающих при неустановившейся нагрузке в лесных условиях с большими значениями изменения момента сопротивления, рекомендуется [2] определять по формуле

$$K_3 = \frac{K_m}{K_d \beta}, \quad (2)$$

где  $K_m$  — коэффициент приспособляемости двигателя;  
 $K_d$  — коэффициент динамичности, равный отношению максимального значения временно возросшего момента сопротивления двигателя  $M_{c \max}$  к расчетному значению момента  $M_{ep}$  при максимальной мощности;  
 $\beta$  — коэффициент запаса по переменной, равной отношению максимального расчетного значения момента двигателя  $M_{e \max}$  к максимальному значению момента сопротивления  $M_{c \max}$ .

Для установившегося режима работы коэффициент загрузки двигателя определяется отношением

$$K_3 = \frac{M_{\text{ср}}}{M_{\text{ер}}}, \quad (3)$$

где  $M_{\text{ср}}$  — среднее длительно наблюдаемое значение момента сопротивления двигателя.

При импульсном характере переменной составляющей и работе двигателя на безрегуляторной ветви характеристики величину загрузки двигателя определяют по зависимости

$$K_3 = \frac{K}{K_d}, \quad (4)$$

где  $K$  — динамическая реакция агрегата,  $K = \frac{M_{c \text{ max}}}{M_{\text{ер}}}$ .

Выражение (4) учитывает и работоспособность сил инерции агрегата в период форсирования временных перегрузок.

В 1960—1963 гг. автор провел исследования тяговой динамики лесопашотного агрегата, состоящего из трактора Т-47 с плугами ПЛН-53/63, ПЛН-106/126, ПКЛ-70 и др. Испытания проводили на нераскорчеванных вырубках в Лисинском учебно-опытном лесхозе ЛТА. Момент сопротивления замеряли на карданном валу трактора, а тяговое сопротивление плуга (среднее значение) определяли по данным специальных испытаний [4]. Было установлено, что изменения момента сопротивления имеют разную амплитуду, длительность и являются случайной функцией времени. Поэтому их следует характеризовать как одиночные, а иногда и периодические импульсные изменения.

Значения коэффициента динамичности лежат в пределах  $1,1 \div 2,3$ , а наиболее характерные максимальные значения  $K_d = 1,5 \div 1,7$ . Длительность временного возрастания момента сопротивления при скорости движения  $0,5 \div 0,95$  м/сек лежит в пределах  $0,5 \div 7,5$  сек ( $t < 0,5$  сек не учитывали [4]).

На величину коэффициента динамичности и длительность перегрузки оказывает влияние степень загрузки двигателя. При высокой степени загрузки ( $K_3 \approx 1$ ) значение коэффициента динамичности ограничивается величиной динамической реакции двигателя. Длительность перегрузки увеличивается за счет снижения поступательной скорости агрегата. Для выявления взаимного влияния указанных параметров ( $K_d$ ,  $t$ ,  $K_3$ ) при переходных процессах по данным разных испытаний установлены функциональные зависимости:  $K_d = f(t)$ ;  $t = f(K_d)$ ;  $K_d = f(K_3)$ ;  $K_3 = f(K_d)$ ;  $K_3 = f(t)$ ;  $t = f(K_3)$ . Каждая зависимость характеризует только определенную сторону процесса, не охватывая его в целом.

Зависимость  $K_d = f(t)$  (рис. 1) представляется параболой, описываемой уравнением вида  $y = ax^2 + bx + c$ , и характеризует вероятные значения коэффициента динамичности при определенных длительностях в тех случаях, когда эти значения не превышают величин возможных динамических реакций двигателя, соответствующих тем же длительностям. В предельных случаях временных перегрузок эта зависимость характеризует динамическую реакцию двигателя.

При длительности  $0,5 \div 4$  сек вероятные значения  $K_d$  изменяются от 1,13 до 1,40. При длительности  $4 \div 6,5$  сек величины  $K_d$  практически остаются постоянными, а при больших значениях они начинают уменьшаться.

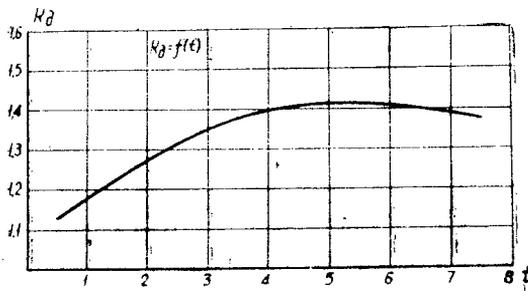


Рис. 1.

Таким образом, коэффициент динамичности  $K_d = 1,40$  по существу выражает собой предельную величину реакции двигателя на характерные максимальные перегрузки. Это подтверждается распределениями момента сопротивления во всех случаях работы двигателя с перегрузками, которые имеют вторую вершину при  $M_c$ , равном  $29 \text{ кгм}$ , что соответствует динамической реакции, равной  $1,40$ . Следовательно, допустимое значение коэффициента загрузки двигателя при характерном максимальном коэффициенте динамичности  $K_d = 1,7$  по выражению (4) будет равняться  $0,82$ .

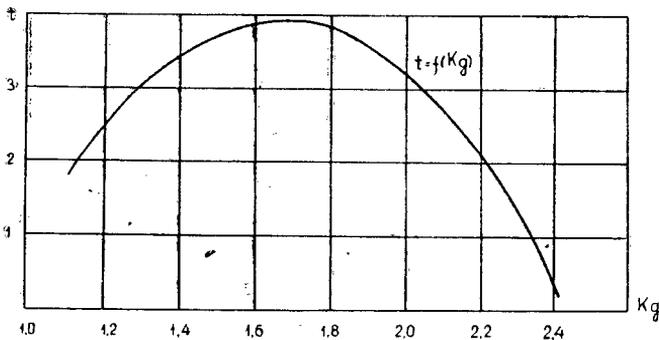


Рис. 2.

Зависимость  $t = f(K_d)$  (рис. 2) также описывается параболой второго порядка. В предельном случае перегрузок, которые еще формируются агрегатом с максимальной отдачей аккумулированной энергии (точка максимума параболы), эта зависимость отражает временную характеристику динамической реакции агрегата, то есть показывает предельную длительность перегрузок, при которой еще возможна эффективная отдача аккумулированной энергии. Для нашего случая эта длительность равна  $4 \text{ сек}$ .

Зависимость  $K_d = f(K_3)$  (рис. 3) выражается уравнением третьего порядка. При возрастании  $K_3$  от  $0,4$  до  $0,8$  коэффициент динамичности изменяется от  $1,13$  до  $1,25$ . В этих случаях двигатель, имея «запас мощности», наиболее легко приспособляется к импульсным нагрузкам. При  $K_3 > 0,8$  переходный процесс меняет характер, так как приспособляемость двигателя к нагрузке начинает ограничиваться возможной величиной динамической реакции двигателя. Переходный процесс в этих

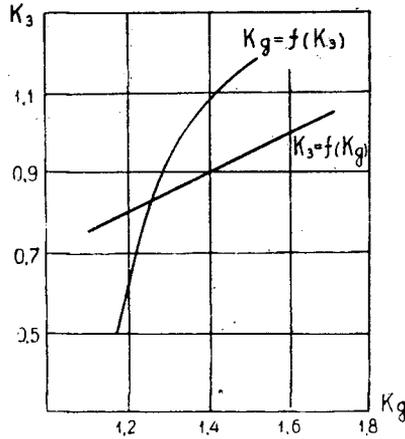


Рис. 3.

случаях в основном определяется не работой регулятора, а приспособляемостью двигателя и инерционными силами агрегата.

Зависимость  $K_3 = f(K_d)$  (рис. 3) представляется прямой линией. При изменении  $K_d$  от 1,09 до 1,72 значение  $K_3$  возрастает от 0,77 до 1,04, то есть среднее значение момента сопротивления двигателя на участке перегрузки возрастает на 27%. Очевидно, что для избежания длительной работы двигателя в режиме перегрузок и остановок агрегата значение коэффициента загрузки должно равняться 0,73. В зависимости от условий работы целесообразное значение коэффициента загрузки, по нашим данным, лежит в пределах  $0,7 \div 0,8$ .

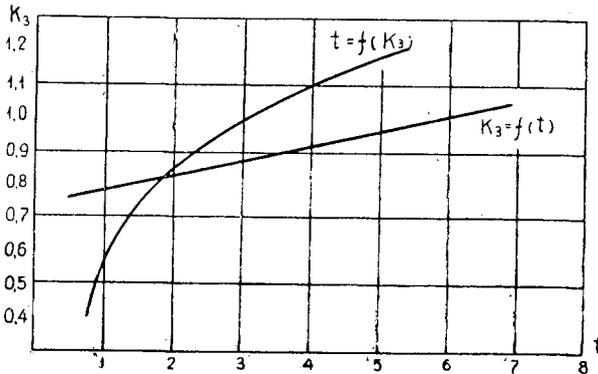


Рис. 4.

Зависимость  $K_3 = f(t)$  (рис. 4) представляется уравнением первого порядка. При  $t = 5-6$  сек коэффициент загрузки на участке  $K_3 = 0,97 \div 1,02$ . При таких и больших длительностях силы инерции обеспечивают незначительный прирост момента двигателя. Наступает длительная работа двигателя на безрегуляторной ветви характеристики. Отсюда следует, что при  $t > 5-6$  сек появляется необходимость перехода на низшую передачу.

Зависимость  $t = f(K_3)$  (рис. 4) выражается уравнением второго порядка. С увеличением загрузки двигателя растет и длительность им-

пульсных нагрузок, причем при  $K_a > 0,8$  она начинает нарастать более интенсивно. В этих случаях двигатель большее время работает на безрегуляторной ветви характеристики при сниженных оборотах.

Проведенный анализ данных испытаний показывает, что динамические параметры агрегата не соответствуют характеру нагрузочных режимов, так как нормальная работа возможна при довольно низких значениях коэффициента загрузки двигателя.

Условия работы лесопашотного агрегата характеризуются большими значениями коэффициента динамичности. Поэтому характерные максимальные значения момента сопротивления в период импульсных перегрузок превышают расчетные значения момента двигателя. В этих случаях переходные процессы работы двигателя на безрегуляторной ветви в основном определяются силами инерции агрегата. Анализ возможности эффективного использования сил инерции агрегата при форсировании импульсных перегрузок, проведенный на основе равенства работоспособности сил инерции и энергоемкости перегрузок [5], показал, что угловая скорость коленчатого вала наиболее интенсивно снижается в начале действия перегрузки, уменьшаясь по мере приближения к значению угловой скорости при максимальном моменте двигателя, и что наиболее эффективно аккумулированная энергия агрегата может отдаваться при длительности импульсов  $t \leq 2$  сек. При  $t = 5-6$  сек. прирост момента за счет сил инерции становится несущественным, а при  $t \geq 10$  сек он практически так мал, что работу двигателя можно считать установившейся.

За оптимальную величину снижения угловой скорости вала  $\Delta\omega$  можно принять снижение, которое происходит при длительности импульса  $t = 1$  сек\* (площадь прямоугольного импульса равна работоспособности сил инерции при допустимом перепаде угловой скорости вала  $\omega_p - \omega_m$ ). В этом случае обеспечивается максимально возможный прирост момента, причем  $\Delta\omega$  не равняется допустимому перепаду угловой скорости вала, а представляет вполне определенную величину, обусловленную инерционностью агрегата, равную 44,5 1/сек. Дальнейшее снижение угловой скорости вала, вызываемое подведенными импульсами с различной длительностью, во всех случаях происходит наиболее плавно, вызывая длительную работу двигателя на пониженных оборотах. Для получения простого выражения коэффициента динамичности (достаточного для практического использования) представим нарастание величины коэффициента приспособляемости  $K_m$  линейным. Промежуточные значения  $K'_m$  найдем из выражения

$$K'_m = 1 + (K_m - 1) \left( \frac{\omega_p - \omega}{\omega_p - \omega_m} \right), \quad (5)$$

где  $\omega$  — текущее значение угловой скорости коленчатого вала.

Закон изменения угловой скорости вала до снижения на оптимальную величину  $\Delta\omega$  на основании анализа [5] также можно представить линейным, то есть

$$\varepsilon_{n, n-1} = \frac{\Delta\omega}{t}, \quad (6)$$

где  $\varepsilon_{n, n-1}$  — угловое замедление вала за произвольно взятую секунду действия перегрузки.

\* Импульс с  $t = 1$  сек принят исходным, так как по данным испытаний временные увеличения нагрузки с  $t \leq 1$  сек имеют сравнительно небольшую энергоемкость и форсируются агрегатом с несущественным изменением скоростного режима работы двигателя.

Основываясь на известном уравнении баланса моментов на валу двигателя [1]

$$M_e = M_c \pm I \frac{d\omega}{dt}, \quad (7)$$

для нашего случая запишем

$$M_{c \text{ опт}}^{max} = K'_m \cdot M_{ep} + I \frac{\Delta\omega}{t}. \quad (8)$$

Разделив обе части уравнения (8) на  $M_{ep}$ , получим выражение для определения допустимой динамической реакции  $K_{\text{опт}}$

$$K_{\text{опт}} = K'_m + \frac{I\Delta\omega}{M_{ep} \cdot t}. \quad (9)$$

В табл. 1 приведены значения  $K_{\text{опт}}$ , подсчитанные по приведенному выражению. Значения  $K'_m$  взяты за первую секунду действия импульсной перегрузки, то есть при снижении угловой скорости вала на величину  $\frac{\Delta\omega}{t}$ . Максимальное значение  $K'_m$  при снижении скорости вала на величину  $\Delta\omega$  равняется 1,08.

Таблица 1

Длительность импульса, сек	$K'_m$	$K'_{\text{опт}} = \frac{I\Delta\omega}{M_{ep}}$	$K_{\text{опт}}$
1	1,08	0,65	1,74
2	1,034	0,32	1,35—1,40
3	1,024	0,21	1,23—1,29
4	1,017	0,16	1,17—1,24
5	1,014	0,13	1,14—1,21
6	1,01	0,1	1,11—1,18

Из табл. 1 видно, что значения реакции двигателя при импульсной перегрузке с длительностью  $t < 5-6$  сек определяются в основном силами инерции агрегата. При характерных максимальных значениях  $K_d = 1,5 \div 1,7$  вероятная длительность  $t = 4$  сек. Допустимые значения динамической реакции  $K_{\text{опт}}$  при длительности  $t = 4$  сек лежат в пределах  $1,17 \div 1,24$ . Целесообразное значение коэффициента загрузки по выражению  $K_z = \frac{K}{K_d}$  равно  $0,7-0,78$ . Полученные значения  $K_z$  подтверждаются анализом данных испытаний.

Для того чтобы найти момент инерции агрегата (при низких скоростях движения в основном определяется значениями момента инерции маховика двигателя [1], [2], [3]), при котором будет получена необходимая реакция агрегата для форсирования импульсных перегрузок при  $K_z = 1$ , в уравнении (9) заменим динамическую реакцию  $K$  на характерное максимальное значение коэффициента динамичности  $K_d$  и, решив уравнение относительно момента инерции, получим

$$I_{\text{опт}} = \frac{(K_d - K'_m) M_{ep} t}{\Delta\omega}. \quad (10)$$

По нашим данным, значение момента инерции агрегата (маховика двигателя) при  $t = t_{\text{опт}} = 2$  сек для лесопахотного агрегата должно равняться  $0,6 \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{сек}^2$ . Скорость движения агрегата в этом случае

должна обеспечивать форсирование характерных максимальных перегрузок в течение 2 сек, а вероятное значение длительности по данным испытаний при скорости движения 0,5 — 0,95 м/сек равняется 4 сек. Следовательно, целесообразное значение скорости движения лесопахотного агрегата  $V_{\text{опт}}$  определяется условиями работы и величиной приведенного момента инерции агрегата. При принятых нами  $t_{\text{опт}} = 2$  сек значение  $V_{\text{опт}}$  должно лежать в пределах  $1 \div 1,9$  м/сек. Расчетная мощность двигателя  $N_{e \text{ max}}$  при номинальных оборотах определяется по  $V_{\text{опт}}$  с учетом изменения силы сопротивления движению агрегата при изменении скорости. На основании наших данных,  $N_{e \text{ max}}$  двигателя лесопахотного агрегата должна равняться 70—75 (82) л. с.

Тяговый баланс лесопахотного агрегата запишем в виде

$$P_k = P_c + P_{\text{пл}}, \quad (11)$$

где  $P_k$  — касательная сила тяги;  
 $P_c$  — сила, затрачиваемая на самопередвижение агрегата;  
 $P_{\text{пл}}$  — сила сопротивления плуга.

По данным испытаний агрегата, зависимость  $P_{\text{пл}} = f(P_k)$  выражается уравнением второго порядка. В частном случае, при работе агрегата в условиях нераскорчеванной вырубki с восьмилетней давностью рубки, сильной задернелостью, сравнительно небольшим количеством пней (500—700 шт./га), влажностью почвы (суглинок) в период испытаний 18—25% эта зависимость записывается в виде

$$P_{\text{пл}} = -0,000113P_k^2 + 1,137P_k - 1261. \quad (12)$$

Третий член правой части уравнения равен сопротивлению движения агрегата при  $P_{\text{пл}} = 0$ , то есть силе сопротивления холостого хода агрегата. Первый и второй члены выражают величину силы сопротивления плуга и увеличение силы на самопередвижение агрегата с ростом  $P_{\text{пл}}$ . Оценку энергетического баланса агрегата проведем по работе на единице пути в зависимости от силы сопротивления плуга. Работа плуга  $A_{\text{пл}}$  в этом случае изменяется по закону прямой. Характеристики работы на самопередвижение  $A_{\text{сам}}$  и суммарной работы  $A_{\text{сум}}$  агрегата (на самопередвижение и работу плуга) представляются криволинейными. Внешний коэффициент полезного действия  $\eta = \frac{A_{\text{пл}}}{A_{\text{сум}}}$  изменяется также по закону кривой. При определенных (оптимальных) значениях  $P_{\text{пл}}$  он достигает максимального значения, затем начинает снижаться. Снижение к. п. д. обусловлено появлением значительного буксования, при котором  $A_{\text{сам}}$  начинает наиболее интенсивно возрастать с увеличением  $P_{\text{пл}}$ . На рис. 5 приведен график энергетического баланса агрегата при работе на указанной вырубке с удельным сопротивлением при вспашке  $K_0 = 1,1$  кг/см<sup>2</sup>. По данным испытаний, значения внешнего коэффициента полезного действия при работе на разных по условиям нераскорчеванных вырубках лежат в пределах  $0,32 \div 0,40$ .

### Выводы

Эффективность применения рассмотренного плужного агрегата для вспашки нераскорчеванных вырубок, особенно при свежих пнях с количеством больше 700 шт./га, с учетом низких значений коэффициента за-

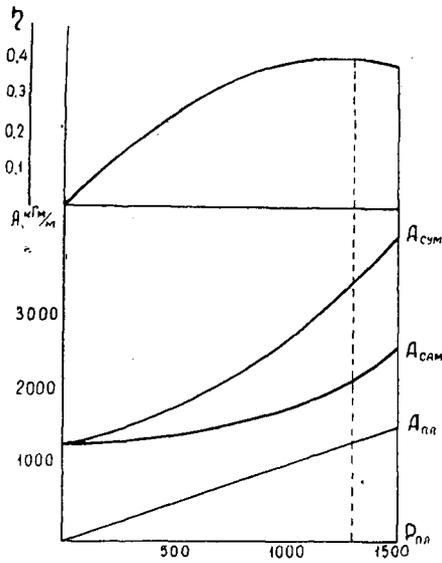


Рис. 5.

грузки двигателя и внешнего коэффициента полезного действия, нельзя считать удовлетворительной. Лесохозяйственные тракторы, помимо соответствия работе по тяговым свойствам, должны иметь динамические параметры, соответствующие динамике условий работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. Н. Болтинский. Работа тракторного двигателя при неустановившейся нагрузке. Сельхозгиз, 1949. [2]. К. В. Васильев. Исследование загрузки двигателя трелевочного трактора ТДТ-40. Кандидатская диссертация, 1963. [3]. Б. С. Свирчевский. Эксплуатация машинно-тракторного парка. Сельхозгиз, М., 1950. [4]. Ю. И. Стахеев. Аппаратура и методика измерения нагрузочных режимов лесохозяйственных агрегатов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1964. [5]. Ю. И. Стахеев. Тяговая динамика лесохозяйственного агрегата. Труды СибТИ, сб. аспирантских работ, 1965.

Поступила в редакцию  
6 апреля 1965 г.

УДК 634.0.524.121

**ТАБЛИЦЫ ОБЪЕМА МАЛОМЕРНЫХ СТВОЛОВ СОСНЫ \***

**Н. Н. СОКОЛОВ**

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

Исследования проводили в летние периоды 1963—1964 гг. в Исакогорском учебно-опытном лесхозе АЛТИ и Каргопольском ЛПХ комбината «Онеголес» \*\*.

Исходным материалом для составления таблиц послужили 100 модельных деревьев с восьми пробных площадей, заложенных в насаждениях трех типов леса: сосняк-брусничник, сосняк-черничник свежий и сосняк травяной в возрасте от 20 до 40 лет с полнотами 0,8—1,1.

По данному экспериментальному материалу найден средний относительный сбег по относительным высотам, который охарактеризован основными статистическими показателями (табл. 1).

Таблица 1

Статистические показатели	Относительные диаметры (%) от диаметра на 0,1H при относительной высоте дерева									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
<i>M</i>	117,6	100	92,4	85,4	78,0	70,0	61,5	50,5	38,0	23,4
<i>σ</i>	8,31	100	3,74	4,74	5,91	6,27	6,63	6,68	6,35	5,18
<i>C</i>	7,07	100	4,05	5,55	7,58	8,96	10,78	13,23	16,71	22,14
<i>t</i>	0,86	100	0,39	0,49	0,61	0,65	0,68	0,69	0,66	0,53
<i>P</i>	0,73	100	0,42	0,57	0,78	0,93	1,11	1,37	1,72	2,28

Из таблицы видно, что относительный сбег достигает наибольших колебаний в вершинной части, а в комлевой и срединной коэффициент вариации изменяется меньше и примерно в одних пределах. Показатель точности довольно высок, а на долю части древесного ствола до 0,6 его высоты приходится около 90% объема ствола.

Для составления таблиц объема необходимо установить связь  $D_{0,1H}$  с  $D_{1,3}$ . По нашим данным, эта связь выражается линейным уравнением вида

$$D_{0,1H} = 0,99D_{1,3} + 0,09.$$

По этому уравнению определены абсолютные значения диаметра на 0,1H для каждой ступени толщины. Путем умножения диаметра на

\* Работа выполнена под руководством доц., канд. сельскохозяйственных наук В. И. Левина.

\*\* В сборе полевого материала принимали участие студенты лесохозяйственного факультета Н. Самаркин, А. Басманов, П. Жарков и В. Клешнин.

Таблица 2

$D_{1,3} \text{ м}$	Объем ствола (0,001 м <sup>3</sup> ) при высоте ствола (м)														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	0003														
3	0007	0005	0007	0009	0010	0026	0030								
4	0012	0011	0015	0019	0023	0046	0050	0059							
5		0019	0026	0030	0033	0039	0040	0050	0102						
6			0058	0072	0086	0101	0117	0132	0146	0161					
7				0098	0118	0138	0158	0179	0198	0219					
8				0127	0153	0178	0205	0231	0258	0284					
9				0158	0191	0226	0259	0293	0325	0359	0310				
10						0280	0321	0363	0403	0444	0391	0424			
11						0338	0385	0436	0484	0534	0583	0526	0566		
12						0399	0458	0519	0579	0638	0698	0632	0679		
13							0538	0606	0677	0744	0813	0757	0817	0878	
14								0704	0784	0862	0942	0879	0949	1017	1084
15									0895	0983	1072	1165	1256	1348	1436

0,1  $H$  каждой ступени на средние проценты сбега по относительным высотам получены сглаженные абсолютные величины сбега по относительным высотам. Таким образом были найдены абсолютные значения диаметров стволов разной толщины и высоты, по которым вычерчены образующие древесных стволов. С образующих брали диаметры на середине однометровых отрезков для определения объема ствола по сложной формуле срединного сечения. Объемы стволов графически выравнивали, после чего вписывали в табл. 2.

При составлении таблицы были учтены пределы толщины и высот деревьев.

Представляет интерес сопоставление абсолютного сбега на относительных высотах с аналогичными данными В. К. Захарова [1] для сосняков Белоруссии (табл. 3).

Из таблицы видно, что относительный сбега на относительных высотах, по нашим данным, в комлевой половине ствола примерно одинаков со сбегом по В. К. Захарову, а в вершинной части сбега сосновых молодяков Архангельской области выше, чем сбега белорусских сосняков, о чем свидетельствуют коэффициенты различия (для вершинной части стволов, начиная с  $0,6H$ ,  $t > 3$ ). Различие показателей сбега в основании ствола, вероятно, объясняется тем, что данные В. К. Захарова характеризуют спелые сосняки, а также условностью понятия «шейки корня» ствола.

Таким образом, сосновые молодяки Архангельской области, видимо, благодаря своим биологическим и экологическим особенностям, характеризуются своим рядом относительного сбега на относительных высотах, отличным от общего ряда, данного В. К. Захаровым для сосняков.

Объемы маломерных стволов сосны близки к объемам стволов в таблицах В. И. Левина для высот 10—16 м и толщин 8—14 см (объемы древесных стволов сосны по диа-

Таблица 3

Исследования	Проценты сбегу по относительным выотам									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
В. К. Захарова . .	140,9	100	91,6	84,4	78,3	71,8	64,6	55,4	43,3	25,0
Наши	117,6	100	92,4	85,4	78,0	70,0	61,5	50,5	38,0	23,4
Коэффициент различия с данными В. К. Захарова . . . . .	22,2	—	2,0	1,9	0,5	2,6	4,3	6,7	7,4	2,6

метру и высоте при среднем коэффициенте формы) [2], где объемы стволов вычислены по формуле

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \left( 0,414H + \frac{0,34}{0,641 + 0,908:H} + 0,814 \right).$$

Таким образом, таблицы объемов маломерных стволов сосны являются дополнением таблиц В. И. Левина для объемов древесных стволов сосны.

Таблицы объемов маломерных стволов сосны можно использовать при определении вырубаемой части при рубках ухода при переходе в лесах Севера на подеревный учет выбираемой части.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. К. Захаров. Форма древесных стволов и методы ее исследования. Сборник научных трудов БЛТИ, вып. X, 1957. [2]. В. И. Левин, В. И. Калинин, И. И. Гусев. Таблицы по учету таежных лесов. ЦБТИ, Архангельск, 1960.

Поступила в редакцию  
4 мая 1965 г.

УДК 631.535

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ УЛЬТРАВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ, НЕФТЯНОГО РОСТОВОГО ВЕЩЕСТВА И ГЕТЕРОАУКСИНА НА УКОРЕНЕНИЕ ЗЕЛЕННЫХ ЧЕРЕНКОВ СИРЕНИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*Syringa vulgaris* L.)

Е. Е. СЫРОВАТКО

Аспирант

(Брянский технологический институт)

Махровые сорта сирени в промышленной культуре, как правило, размножают прививкой на сеянцы сирени обыкновенной. Для ускорения выращивания и увеличения выхода подвойного посадочного материала, наряду с семенным способом, может быть применен и вегетативный способ размножения путем зеленого черенкования. Изучая этот способ, исследователи установили, что сирень обыкновенная укореняется сравнительно трудно [1], [2].

Летом 1964 г. в г. Днепропетровске мы поставили опыт по зеленому черенкованию сирени обыкновенной с применением стимулирующих ростовых веществ — гетероауксина и НРВ (нефтяного ростового вещества) и с облучением электрическим полем ультравысокой частоты.

Черенки заготавливали 23—25 июня с восьмилетних кустов. В каждом варианте опыта испытывали 150 двухузловых черенков. Контрольные посадки проводили одновременно с другими вариантами.

Для облучения использовали аппарат типа 2-М. Длина волны 7,7 м, частота колебания 30 мГц, мощность 35 Вт. Дозу облучения устанавливали по продолжительности облучения (5, 10, 15, 20 мин). Четыре партии черенков обрабатывали нефтяным ростовым веществом в концентрации 0,002, 0,004 и 0,006% и гетероауксином в концентрации 0,01% в течение 6 час. Для сравнения одну партию черенков обрабатывали чистой водопроводной водой в течение 6 час. Черенки высаживали в холодный парник, защищенный рамами; спустя 4—5 час после их заготовки на глубину 1,5 см в чистый речной песок. Для поддержания определенной температуры и освещенности в парниках устраивали навес из парниковых матов. Обмазывание стекла парниковых рам известковым раствором не дало нужных результатов, так как температура воздуха в парниках в полуденные часы поднималась выше 30°С. В наших вариантах опыта температура воздуха в 13 час. дня не поднималась выше 25—28°С, влажность воздуха достигала 85%, освещенность — 10—15% от полной освещенности. Ежедневно в течение первых 10 дней проводили двукратное опрыскивание из лейки с мелким ситом; затем — один раз в сутки.

Из табл. 1 видно, что лучшие результаты укоренения получены при облучении УВЧ в течение 15 мин. По мере возрастания доз УВЧ укореняемость черенков сначала возрастает, а затем снижается. Облучение в течение 20 мин действует уже угнетающе. Из анализа данных укоренения черенков, обработанных гетероауксином и НРВ, видно, что самый

Таблица 1

Варианты опыта	Процент укоренения на				Количество корней I-II-III порядка	Общая длина корневой системы, см
	30-й день	50-й день	70-й день	90-й день		
Контроль . . . . .	8,6	36,6	40,0	48,0	295	515,6
Облучение УВЧ в течение 5 мин . . . . .	2,6	14,0	24,0	38,6	163	328,0
Облучение УВЧ в течение 10 мин. . . . .	22,3	50,8	64,6	69,4	411	815,7
Облучение УВЧ в течение 15 мин. . . . .	32,8	72,8	83,2	85,6	646	1713,0
Облучение УВЧ в течение 20 мин. . . . .	10,6	34,0	38,6	43,6	225	435,3
Обработка водопроводной водой 6 час . . . . .	13,5	38,6	53,5	53,5	360	799,0
Обработка НРВ 0,002% в течение 6 час . . . . .	8,6	42,0	58,0	70,0	259	480,0
Обработка НРВ 0,004% в течение 6 час . . . . .	3,3	29,3	71,3	80,0	260	440,0
Обработка НРВ 0,006% в течение 6 час . . . . .	8,0	42,0	53,3	58,6	264	572,8
Обработка гетероауксином 0,01% в течение 6 час . . . . .	5,3	33,3	70,0	78,6	213	372,0

высокий процент укоренения получен при обработке НРВ в концентрации 0,004% и гетероауксином — 0,01%. В наших опытах предварительное намачивание черенков в водопроводной воде в течение 6 час увеличивает укореняемость по сравнению с контролем; корневая система их развита хорошо. Таким образом, утверждения Н. К. Вехова и Д. А. Комиссарова о том, что искусственное увеличение воды в черенках приводит к снижению укореняемости, в наших опытах не подтверждаются.

Однако можно предполагать, что черенки или не содержали оптимума воды, необходимого для укоренения, так как черенкование производили в конце июня, или в водопроводной воде г. Днепропетровска имеются какие-то вещества, стимулирующие корнеобразование.

В каждом варианте опыта процесс укоренения во времени шел неодинаково. В вариантах с ростовыми веществами интенсивный процесс укоренения начался только после двух месяцев, то есть на месяц позже, чем в вариантах с облучением. Поэтому развитие корневой системы в контроле и в вариантах с обработкой НРВ и гетероауксином значительно хуже, чем в вариантах с облучением.

Данные табл. 1 показывают, что корневая система в вариантах опыта с облучением УВЧ в течение 10 и 15 мин развита гораздо лучше, чем в обработанных ростовыми веществами и в контроле.

Черенки, обработанные гетероауксином, на 30-й день укоренения образовали сильно развитый каллюс до 1,5 см в диаметре, чего не наблюдалось в других вариантах опыта. Вероятно, это задержало корнеобразование, поэтому корневая система развита слабее.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. В. Гроздов. Опыт вегетативного размножения древесных и кустарниковых пород зелеными черенками. Труды Брянского лесохозяйственного института, т. IV, 1940. [2]. Н. К. Вехов. Сирени. Изд-во Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1953.

УДК 634.0.165.61 : 674.032.475.542

## К ИЗУЧЕНИЮ ФОРМОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЕЛИ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

М. С. НЕКРАСОВ

Аспирант

(Уральский лесотехнический институт)

Вопросу формового разнообразия ели в литературе посвящено много работ, но преобладающая часть их освещает наличие различных форм, лесоводственные и технические свойства европейской ели [1], [2], [3], [4], [11], [12], [14], [15], [16], и лишь немногие из них относятся к сибирской ели [6], [13].

Первый этап наших исследований охватывает западный склон Среднего Урала в пределах Пермской и Свердловской областей, где главной лесообразующей породой является ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb). Изучали формовое разнообразие ели в ельниках кисличнике, черничнике, разнотравно-зеленомошниковом, крупнопоротниковом, липняковом и долгомошнике. Типы леса устанавливали в соответствии с предложенной типологией [5], [7], [8] для Среднего Урала.

### *Методика и объем выполненных работ*

Методика работы при рекогносцировочных обследованиях ельников и при стационарных наблюдениях в основном повторяет методы изучения формового разнообразия как ели [3], [4], [11], [15], [16], так и других древесных пород [1], [10]. Лишь при изучении доли участия выделенных групп деревьев ели сибирской по классам возраста и связи между ними мы пошли несколько иным путем. В наиболее распространенном типе леса ельнике разнотравно-зеленомошниковом пробные площади закладывали на участках, которые вырубали в период нашего обследования. Это позволило нам при описании всех намеченных деревьев более точно измерить и полнее описать все изучаемые признаки в диапазоне со II по VIII класс возраста и, что очень важно, дало возможность точнее установить возраст. Естественные насаждения были разновозрастными.

При обследовании ели сибирской учитывали наиболее устойчивые и легко различимые признаки: степень и характер шероховатости коры, цвет молодых женских шишек и тип ветвления. Ввиду того, что рисунок строения коры создается целым рядом отдельных элементов: наличием чешуй, направленностью и глубиной борозд, длиной и шириной корковых пластин, характером и углом отслоения корки; цвет молодых женских шишек — интенсивностью окраски; а тип ветвления — длиной и расположением ветвей первого и второго порядков и охвоением, измен-

чивость данных признаков чрезвычайно обширна не только в возрастном аспекте, но и от дерева к дереву даже в одном возрасте. Поэтому при выделении различных по морфологическим признакам групп деревьев у ели сибирской мы положили в основу названия, которые были установлены ранее рядом авторов: по характеру строения коры [1], [3], [4] — гладкокорая, пластинчатокорая и продольнотрещиноватая; по цвету молодых женских шишек [2], [11], [15] — красношишечная, зеленошишечная и переходная; по типу ветвления [6], [12], [14], [16] — гребенчатая, неправильногребенчатая, компактная и плосковетвистая.

На 41 пробной площади с участием ели в составе древостоя от 70 до 80% было отобрано и обследовано 8254 дерева, из них более половины (4871 шт.) описано в ельнике-кисличнике и ельнике разнотравно-зеленомошниковом.

Для установления связи между долей участия тех или иных выделенных у ели сибирской групп деревьев и классом возраста вычисляли коэффициент корреляции.

### Результаты и их обсуждение

Из общего числа описанных деревьев ели сибирской наибольшее количество (69%) составляет пластинчатокорая группа деревьев, а на долю гладкокорой и продольнотрещиноватой приходится соответственно 8 и 23% (рис. 1). Проявление этого признака позволяет усмотреть некоторую закономерность его в зависимости от типа леса, что иллюстрируется данными табл. 1, в которой показана встречаемость (%) выделенных групп деревьев ели сибирской V—VI классов возраста по типам леса.

Таблица 1

Типы ельников	Гладкокорая	Пластинчатокорая	Продольнотрещиноватая
Кисличник . . . . .	16,0	69,0	15,0
Черничник . . . . .	7,0	79,0	14,0
Ра нетравно-зеленомошниковый . . . . .	6,0	72,0	22,0
Липняковый . . . . .	3,0	79,0	18,0
Крупнопоротниковый . . . . .	1,0	71,0	28,0
Долгомошник . . . . .	0,3	63,7	36,0

Приведенные данные показывают, что во всех типах леса преобладает пластинчатокорая группа деревьев. Доля участия гладкокорой уменьшается с ухудшением условий местопрорастания, достигая минимума (0,3%) в ельнике-долгомошнике. Для продольнотрещиноватой формы, наоборот, характерно повышение доли участия с ухудшением почвенно-грунтовых условий.

Связь между долей участия гладкокорой, пластинчатокорой и продольнотрещиноватой групп деревьев у ели сибирской и возрастом, вычисленная по методам статистического анализа [9], характеризуется соответственно следующими коэффициентами корреляции:  $-0,978 \pm 0,002$ ;  $0,343 \pm 0,018$  и  $0,946 \pm 0,001$ . Из приведенных данных следует, что с возрастом доля участия гладкокорой группы деревьев в популяции снижается, а продольнотрещиноватой, наоборот, возрастает; доля участия пластинчатокорой ели тоже увеличивается, но незначительно, возможно, эта группа деревьев является переходной, гибридной. При изучении форм древесных пород В. П. Гаврись [3] установил, что «многоформность ели — это не что иное, как результат расщепления гетерозиготных

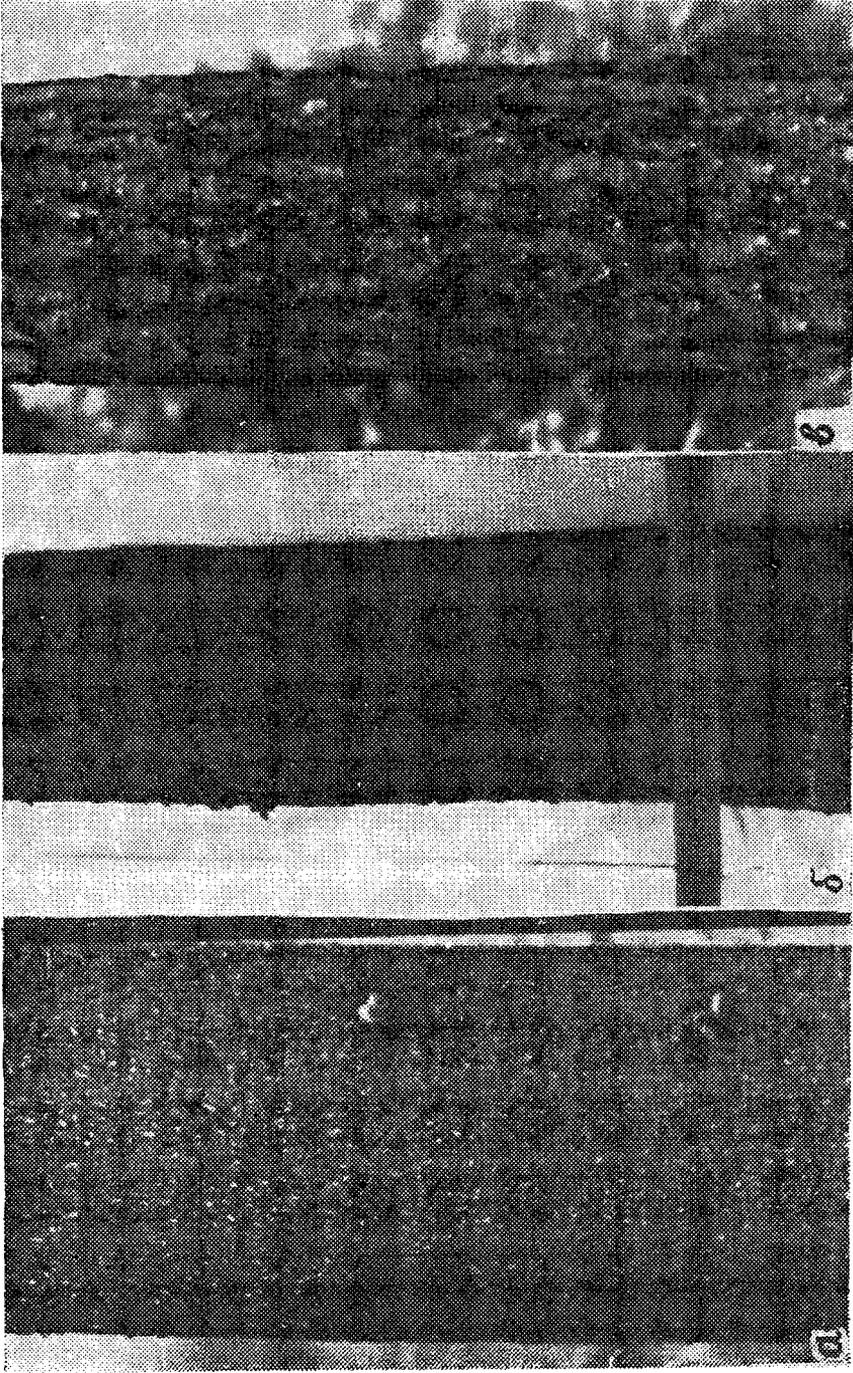


Рис. 1. Формы ели сибирской на Среднем Урале в Висимо-Уткинском ЛПУХ, Свердловской области, квартал 55.  
а — ель гладкокожая, возраст 103 лет; б — ель пластинчатокорая, возраст 109 лет; в — ель продольнотрещиноватая, возраст 114 лет.

форм ее». В результате переопыления у произрастающих рядом различных по морфологическим признакам групп деревьев ели сибирской образуется множество переходных форм.

Рядом авторов [3], [4] установлено, что гладкокорая форма ели менее долговечна. Это же подтвердилось и в наших исследованиях. Можно предположить поэтому, что выпадение, связанное с различной по времени и условиям местообитания смертностью различных по морфологическим признакам групп деревьев у ели, вызывает столь низкое участие гладкокорой группы деревьев в спелых и перестойных насаждениях. Данное предположение требует дополнительных исследований.

Доля участия выделенных групп деревьев у ели по характеру строения коры в наиболее ценных в хозяйственном отношении классах возраста (V и VI) выражена соответственно следующими цифрами: гладкокорая — 13 и 8%, пластинчатокорая — 63 и 67% и продольнотрещиноватая — 24 и 25%. Довольно значительное участие гладкокорой группы деревьев ели в спелых и перестойных насаждениях говорит о наследственном характере данного морфологического признака.

Цвет молодых женских шишек ели в диагностическом отношении ограничен, ибо срок действия его определяется несколькими месяцами (3,5—4,0 на Среднем Урале в вегетационный период). Тем не менее он характерен, и ряд авторов [1], [2], [11], [15] расценивает его как формовой признак.

По этому признаку у ели сибирской мы выделили три группы деревьев: красношишечную, зеленошишечную и переходную.

Мы установили, что закономерность распределения групп деревьев ели сибирской по окраске молодых женских шишек по типам леса выражена не резко. Однако следует отметить, что преобладает ель красношишечная во всех перечисленных типах леса (среднее число равно 51%).

Закономерность доли участия между выделенными группами деревьев у ели сибирской по характеру строения коры и цвету молодых женских шишек можно проследить по табл. 2 (количество описанных деревьев принято за 100%).

Таблица 2

Группы деревьев	Красно- шишечная $q \pm m_q$	Зелено- шишечная $q \pm m_q$	Переходная $q \pm m_q$	Итого
Гладкокорая . . . . .	4,0 $\pm$ 0,2	1,1 $\pm$ 0,1	2,7 $\pm$ 0,2	7,8
Пластинчатокорая . . . . .	34,0 $\pm$ 0,6	9,2 $\pm$ 0,4	22,4 $\pm$ 0,5	65,9
Продольнотрещиноватая . . . . .	13,7 $\pm$ 0,4	3,7 $\pm$ 0,2	8,9 $\pm$ 0,4	26,3
Итого . . . . .	52,0	14,0	34,0	100,0

Примечание:  $q$  — число деревьев, в процентах от общего числа описанных;  $m_q$  — ошибка процентной частоты, определенная по формуле  $m_q = \pm \sqrt{\frac{q(100-q)}{n}}$  [9], где  $q$  — полученный процент,  $n$  — число описанных деревьев (6089 шт.).

По данным табл. 2 можно сделать следующие выводы: а) у всех выделенных групп по характеру строения коры преобладает красный цвет молодых женских шишек; б) наиболее распространена пластинчатокорая группа деревьев ели с красным и меньше всего гладкокорая с зеленым цветом молодых женских шишек.

Попутно необходимо отметить, что все 18 вычисленных показателей достоверности различия больше 3. Коррелятивной связи между

этими признаками не было обнаружено. Таким образом, можно констатировать, что все группы деревьев ели, выделенные по указанным морфологическим признакам, обособлены.

По выражению Н. В. Сукачева [12], тип ветвления является важным диагностическим признаком. В ельниках Среднего Урала наиболее распространенными являются гребенчатая, неправильногребенчатая, компактная и плосковетвистая группы деревьев.

Мы приводим данные для деревьев ели, имеющих пластинчатую кору и красный цвет молодых женских шишек, ввиду того, что это самые распространенные группы деревьев, а по другим признакам получены идентичные результаты. Во всех типах леса преобладает компактная (48%) и плосковетвистая (35%) группы деревьев; наименьшее значение имеет гребенчатая (3%) группа деревьев: минимальное участие в ельнике-кисличнике (1%) и ельнике-черничнике (1%), максимальное — в ельнике разнотравно-зеленомошниковом (6%). В ельнике-долгомошнике этот признак встречен нами в смешении с другими. Неправильногребенчатая ель занимает в среднем 14%.

С возрастом доля участия гребенчатой группы деревьев ели сибирской уменьшается ( $r = -0,857 \pm 0,019$ ), а компактной — увеличивается ( $r = +0,836 \pm 0,054$ ), а также наблюдается значительное уменьшение плосковетвистой группы деревьев ( $r = -0,555 \pm 0,015$ ); у неправильногребенчатой коррелятивной связи между этими признаками не обнаружено, что объясняется почти одинаковым присутствием этой группы деревьев во всех описанных классах возраста.

Статистическая обработка закономерности доли участия между группами деревьев по характеру строения коры и типу ветвления показала, что наиболее часто встречаются деревья с пластинчатой корой и компактным типом ветвления ( $31,6\% \pm 0,6\%$ ) и наименее — с гладкой корой и гребенчатым типом ветвления ( $0,2\% \pm 0,0\%$ ); между типом ветвления и цветом молодых женских шишек: наиболее часто встречаются деревья с компактным типом ветвления и красным цветом молодых женских шишек ( $25,0\% \pm 0,6\%$ ) и наименее — с гребенчатым типом и зеленым цветом шишек ( $0,4\% \pm 0,0\%$ ). Между этими группами деревьев не обнаружено коррелятивной связи по морфологическим признакам, что указывает на обособленность последних друг от друга.

Отмеченные закономерности трех диагностических признаков безусловно сами по себе не могут решить до конца поставленной задачи — выявление наиболее хозяйственно ценных форм ели на Среднем Урале. Только дальнейшее углубленное изучение лесоводственно-таксационных преимуществ намеченных групп деревьев, физико-механических и химических свойств их древесины позволит закрепить выделенные группы деревьев ели сибирской в формовой признак с той или иной ценностью для научно-практических целей.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. В. Альбенский. Методы улучшения древесных пород. Гослесбумиздат, 1954. [2]. П. И. Врйчаль. Культуры внутривидовых форм ели. Труды Архангельского лесотехнического института, т. 14, 1955. [3]. В. П. Гавришь. Многоформенность лесных пород и практическое использование ценных форм сосны и ели. Журн. «Лесное хозяйство» № 1, 1938. [4]. Д. С. Голд. Некоторые закономерности в распределении форм ели обыкновенной по типам леса. Сборник ботанических работ, вып. 3, Минск, 1961. [5]. П. Л. Горчаковский. Важнейшие типы горных еловых и сосновых лесов южной части Среднего Урала. Сборник трудов по лесному хозяйству УЛТИ, вып. 3, Свердловск, 1956. [6]. Г. И. Зайчиков. Сборник работ аспирантов экономической и биологической специальностей, Омский СХИ, Омск, 1961. [7]. Б. П. Колесников. Генетическая классификация типов леса и ее задачи на Урале. Труды Института биоло-

гии УФАН СССР, вып. 27, Свердловск, 1961. [8]. Н. А. Коновалов, Л. А. Куклина. Ельники района верховьев реки Сулема в Свердловской области. Труды комиссии по охране природы УФАН СССР, вып. 1, Свердловск, 1964. [9]. Ю. Л. Поморский. Вариационная статистика. Ч. 1, Л., 1929. [10]. Л. Ф. Правдин. Селекция и семеноводство кедра сибирского. Труды Института леса и древесины СО АН СССР, вып. 1962, 1963. [11]. В. И. Пчелин. К лесоводственной характеристике различных форм ели обыкновенной в условиях Марийской АССР. Сборник трудов ПЛТИ, № 52, Йошкар-Ола, 1957. [12]. В. Н. Сукачев. Дендрология с основами лесной геоботаники. М., 1938. [13]. Ф. А. Теплоухов. О сибирской ели. Сообщение на собрании Лесного общества. «Лесной журнал», вып. 6, 1872. [14]. И. И. Шишков. Формы ели Лисинского лесхоза. Техническая информация научно-исследовательских работ ЛТА, № 35—36, Л., 1955. [15]. И. Д. Юркевич. Биологические особенности красношишечной и зеленошишечной форм ели обыкновенной. АН БССР, т. 2, № 3, Минск, 1958. [16]. Н. Юрре. Типы ветвления ели обыкновенной. Журн. «Лесное хозяйство» № 7, 1939.

---

Поступила в редакцию  
5 апреля 1965 г.

УДК 634.0.55 : 674.031.21

## ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА БЕРЕЗОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

*Н. П. ЧУПРОВ*

Научный сотрудник

(Архангельский институт леса и лесохимии)

Сорокалетняя история сплошных рубок на Севере показала, что естественное возобновление леса на вырубленных площадях идет главным образом через смену пород. Около  $\frac{2}{3}$  площади вырубок Архангельской области возобновляется лиственными породами, большей частью березой.

При изучении березовых насаждений нами установлено, что на вырубках и гарях (в еловых типах) формируются березняки трех категорий: чистые, смешанные елово-березовые с елью последующего возобновления и смешанные елово-березовые с елью предварительного возобновления. Смешанные насаждения двух последних категорий занимают 80% площади березняков (без учета сосново-березовых насаждений).

Главной причиной появления чистых березняков явились сплошные концентрированные рубки. Березняки с елью последующего возобновления во втором ярусе возникают вследствие пожаров и сплошных рубок.

Насаждения с елью предварительного возобновления появляются главным образом в результате рубок с сохранением части подроста, а также в результате ветровалов и буреломов в хвойных древостоях.

В связи с разным составом, формой и происхождением указанные категории насаждений имеют различную возрастную структуру.

Для изучения возрастной структуры и периода возобновления березняков мы использовали 63 пробные площади в возрасте от 5 до 170 лет, заложенные в преобладающих в области типах леса черничник свежий III класса бонитета и черничник влажный IV класса бонитета (по березе). В чистых березняках заложено 9 пробных площадей, в березняках с елью последующего возобновления — 26, с елью предварительного возобновления — 28. Всего срублено и обмерено 2878 учетных деревьев, в том числе 1773 — березы и 1105 — ели. Деревья отбирали статистически (каждое десятое в средневозрастных и спелых и двадцатое — в молодняках) с пропорциональным представительством по ступеням толщины. В зависимости от возраста на каждой пробе рубили от 25 до 100 деревьев.

Для анализа возрастной структуры мы применили метод распределения числа деревьев по естественным ступеням возраста. Таким образом возрастная структура насаждений разного возраста приведена к единому масштабу. Обработка материалов показала следующее.

Возрастная структура березовой части насаждений во всех трех категориях сходна, поэтому мы рассматриваем ее вместе. Береза начинает заселять вырубку и гари сразу же после рубки или пожара. Этому способствует ее обильное ежегодное плодоношение. Несмотря на то, что в первые годы появляется основная масса всходов березы, период поселения деревьев может растягиваться до 30 лет. Береза заселяет гари значительно интенсивней, чем вырубку, и насаждения, сформировавшиеся на гарях, имеют большую густоту. Березняки, возникшие в местах рубок, часто имеют неравномерную густоту. В табл. 1 приведены средние ряды распределения числа деревьев березы для трех возрастных групп по естественным ступеням возраста.

Для молодняков и средневозрастных насаждений диапазоны распределения деревьев по ступеням возраста сходны. Деревья в них располагаются в пределах 0,5—1,5 ступеней возраста. Для приспевающих и спелых березняков характерен меньший диапазон ступеней — от 0,7 до 1,2. Преобладающее же число деревьев в молодняках сосредоточено в шести ступенях, близких к средней (0,8—1,3) — 89%. Такой же процент деревьев в средневозрастных насаждениях находится в пяти ступенях (0,8—1,2), а в приспевающих и спелых три центральные (0,9—1,1) содержат 94% всего числа деревьев.

Амплитуда колебаний возраста деревьев березы в абсолютном выражении также меняется с возрастом насаждений. В молодняках она равна 8 годам, в средневозрастных — 24, в приспевающих и спелых — 40. Однако в пределах ступеней с преобладающим числом деревьев она меньше и равна: в молодняках (0,8—1,3) — 5 годам, в средневозрастных (0,8—1,2) — 10, а в приспевающих и спелых (0,9—1,1) — 16 годам.

Коэффициент вариации возраста деревьев березы в насаждении довольно высок, особенно в молодняках. В приспевающих и спелых насаждениях он значительно ниже.

В смешанных елово-березовых насаждениях с елью последующего возобновления (II категория) средний возраст ели лишь незначительно меньше среднего возраста березы. Эта разница колеблется в пределах 1—12 лет. Это говорит о том, что основная часть ели поселяется на гарях и вырубках почти одновременно с березой, хотя период поселения части еловых деревьев может растягиваться до 40 лет, а в отдельных случаях и более. На гарях, а также вырубках, пройденных огнем, заселение ели и березы идет более интенсивно, чем на площадях, не затронутых пожаром, вследствие чего на них формируется более густой второй еловый ярус. В табл. 2 приведены средние ряды распределения числа деревьев ели по естественным ступеням возраста и коэффициенты вариации возраста в елово-березовых насаждениях с елью последующего возобновления.

Данные таблицы показывают, что распределение числа деревьев ели по ступеням возраста зависит от возраста насаждения. В молодняках в шести ступенях (0,8—1,3) сосредоточено 98% деревьев; амплитуда колебания возраста в них равна 13 годам. В средневозрастных насаждениях в четырех центральных ступенях (0,8—1,1) находится 93,5%, а в приспевающих и спелых почти такое же количество (94,1%) — лишь в трех ступенях (0,9—1,1). Амплитуды колебания возраста деревьев в средневозрастных и спелых насаждениях соответственно равны 16 и 24 годам. С возрастом изменяется коэффициент вариации возраста деревьев.

В результате смены пород через стадию елово-березовых насаждений с елью последующего возобновления возникают одновозрастные ельники.

Таблица 1

Возрастные группы	Количество проб		Средний возраст		Коэффициент вариации	Распределение числа деревьев березы по естественным ступеням возраста, %										
	от — до	в среднем	от — до	в среднем		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Молодняки . . . . .	18	9	4—20	9	19	1,0	4,7	3,2	16,8	10,3	31,4	12,8	6,6	11,5	0,8	0,9
Средневозрастные . . . . .	17	27	21—39	27	16	0,7	2,6	5,9	10,2	11,3	30,6	26,3	10,9	1,3	0,2	—
Приспевающие и спелые . . . . .	28	83	44—177	83	8	—	—	1,8	3,2	10,4	61,2	22,4	1,0	—	—	—

Таблица 2

Возрастные группы	Количество проб	Средний возраст ели		березы в среднем	Коэффициент вариации	Распределение числа деревьев ели по естественным ступеням возраста, %										
		от — до	в среднем			0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Молодняки . . . . .	7	15—37	26	27	13,0	1,0	1,9	4,8	27,0	31,8	24,0	4,8	3,8	0,9	—	—
Средневозрастные . . . . .	7	42—65	54	66	11,0	—	0,7	9,6	22,3	37,1	24,5	4,4	0,7	—	—	0,7
Приспевающие и спелые . . . . .	11	83—170	116	123	9,0	0,3	1,4	4,2	13,1	40,6	40,4	0,3	—	—	—	—

Таблица 3

Возрастные группы	Количество проб		Средний возраст березы		Коэффициент вариации	Распределение числа деревьев ели по естественным ступеням возраста, %																			
	от — до	в среднем	от — до	в среднем		0,3	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—2,3		
Молодняки . . . . .	13	25—55	39	4—19	11	43,0	1,0	4,0	6,9	13,9	8,9	8,9	7,9	9,9	8,9	7,9	2,0	5,9	3,9	1,0	3,0	2,0	—	4,0	
Средневозрастные . . . . .	4	41—73	63	23—28	29	40,0	—	—	2,3	34,0	4,5	4,5	11,4	9,2	4,5	6,8	4,5	2,3	2,3	6,8	2,3	2,3	—	—	2,3
Приспевающие и спелые . . . . .	11	68—165	122	44—123	75	32,0	—	2,6	1,3	6,6	5,3	15,9	21,1	15,8	13,1	7,9	—	1,3	1,3	1,3	—	—	2,6	2,6	1,3

Средний возраст ели первого яруса (с возраста 70 лет в первый ярус выходит до 10% числа деревьев ели) на 2—10 лет выше среднего возраста ели второго яруса.

В елово-березовых насаждениях с елью предварительного возобновления (III категория) ель имела еще до рубки материнского насаждения. От 40 до 60% деревьев этой ели выходит в первый ярус, остальная часть находится во втором ярусе. Возраст ее может быть самым разнообразным. Средний возраст ели предварительного возобновления на 8—70 лет выше, чем у березы, а колебания возраста деревьев находятся в пределах от 20 до 190 лет.

Пробные площади, заложенные нами в таких насаждениях, распределены на три группы по среднему возрасту березы.

Приведенные в табл. 3 данные показывают, что деревья ели предварительного возобновления в елово-березовых насаждениях во всех группах распределяются в 20—21 естественных ступенях возраста. Кривые распределения асимметричны, максимум кривой в молодняках и средневозрастных насаждениях находится в ступени 0,6, а в приспевающих и спелых в ступени 0,9. Возрастное строение ели данной категории насаждений сходно с возрастной структурой асимметрично-разновозрастных ельников [2] и разновозрастных ельников второй группы [1]. Коэффициент вариации возраста ели предварительного возобновления в три раза выше, чем ели последующего возобновления. Заметна зависимость этого коэффициента от возраста насаждения. Средний возраст ели первого яруса выше, чем второго. Эта разница колеблется в пределах от 5 до 96 лет.

При глазомерной таксации березовую часть насаждения нужно таксировать как одновозрастную. Также следует таксировать ель последующего возобновления второго яруса в елово-березовых насаждениях, причем средний возраст ее может быть незначительно ниже (на 1—12 лет), чем у березы.

В существующей практике еловый ярус в елово-березовых насаждениях с елью последующего возобновления в молодняках и средневозрастных насаждениях таксируют как подрост. Это нельзя признать правильным, так как ель второго яруса имеет такой же средний возраст (одной генерации), что и береза. Ель в таких насаждениях с момента ее возникновения правильней таксировать как второй ярус.

Средний возраст ели предварительного возобновления в елово-березовых насаждениях лучше определять синтетически, так как здесь не наблюдается четкого разграничения возрастных поколений. Средний возраст ели следует устанавливать отдельно по ярусам. Вместе с тем имеет смысл указывать пределы колебания возраста.

Число необходимых наблюдений (деревьев) при нахождении среднего возраста березовых насаждений с заданной степенью точности может быть найдено по известной в вариационной статистике формуле  $n = \frac{v^2}{p^2}$  с использованием установленных нами коэффициентов вариации.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. И. И. Гусев. К вопросу о возрастной структуре ельников Архангельской области. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1962. [2]. Р. Г. Си н е л ь щ и к о в. К вопросу о возрастной структуре ельников. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1958.

УДК 634.0.524.12 : 674.031.21

## О ПОЛНОДРЕВЕСНОСТИ СЕВЕРНОЙ БЕРЕЗЫ

О. А. НЕВОЛИН

Старший преподаватель

(Архангельский лесотехнический институт)

Полнодревесность березы северной тайги раньше не изучали. Исходным материалом для нашей работы послужили 3709 модельных деревьев березы, взятых на пробных площадях в сосново-березовых, елово-березовых и березовых, преимущественно приспевающих и спелых древостоях и, в меньшем количестве, в средневозрастных и молодых насаждениях с полнотой 0,6—1,0, кисличных, черничных, брусничных и долгомошных типов леса, в разных районах Архангельской области.

Модельные деревья сгруппированы по классам коэффициента формы с интервалом 0,03 и разрядам высот через 3 м с учетом смещения древостоев, класса бонитета и типа леса. Полноту древостоев при этом не учитывали, так как исследованиями Н. В. Третьякова [6] и В. И. Левина [1] доказано, что связь коэффициента формы с полнотой очень слаба и весьма неустойчива.

Проанализировав обработанный материал, мы пришли к выводу, что все исследуемые совокупности деревьев березы по различию и сходству средних коэффициентов формы следует объединить в две группы. В одну группу включены насаждения II и III классов бонитета ( $q_2 = 0,682 \pm 0,001$ ), в другую — IV и V классов ( $q_2 = 0,698 \pm 0,002$ ).

При сравнении средних величин коэффициентов формы в насаждениях II и III, а также IV и V классов бонитета, достоверного различия между ними не выявлено, так как показатель существенности различия средних значений  $t$  не превышает 1,8 и 1,7. Между же выделенными группами различие достоверно ( $t > 3$ ). Распределение деревьев березы по ступеням коэффициента формы очень близко к кривой нормального распределения Гаусса-Лапласа (рис. 1). Средний коэффициент формы в целом по области у березовых стволов составил  $0,688 \pm 0,001$  при коэффициенте вариации  $\pm 8,8\%$  (по данным А. В. Тюрина [3],  $q_2 = 0,664$ ,  $C = \pm 8,1\%$ ). Амплитуда коэффициентов формы у березы северной тайги шире на один класс (0,87); по исследованиям А. В. Тюрина этого класса не оказалось. Очень важно выяснение наличия или отсутствия у стволов березы определенной закономерной связи коэффициента формы  $q_2$  с высотой дерева. Для многих древесных пород этот вопрос решен, и найдена ясно выраженная закономерность. В отношении стволов березы исследователи получили различные данные в разных географических районах. Так, В. С. Мирошников [2] установил, что в лесах Белорусской ССР характер изменения формы стволов сосны и березы аналогичен. По

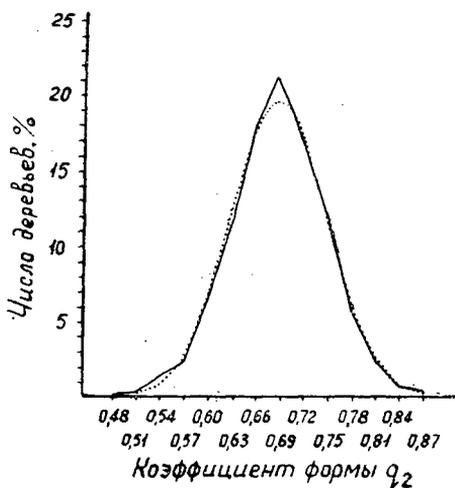


Рис. 1. Распределение стволов березы по коэффициентам формы  $q_2$ . Действительный ряд — сплошная линия; теоретический ряд нормального распределения — точечный пунктир.

данным А. В. Тюрина [3], закономерная связь  $q_2$  с высотой у березы отсутствует. Эта связь не выявилась и в березняках Целинного края [5].

Результаты наших исследований позволяют утверждать, что между высотой и коэффициентом формы  $q_2$  у стволов березы нет закономерной связи. Вычислены показатели меры связи для всей совокупности стволов березы: коэффициент корреляции  $0,039 \pm 0,016$ ; корреляционное отношение  $0,11 \pm 0,015$ . Показатель криволинейности 0,01.

Средние высоты по ступеням значений (классам) коэффициента формы изменяются весьма незначительно и в пределах каждой группы практически одинаковы. Колебания средних взвешенных коэффициентов формы по ступеням высот очень малы, а отклонения их от среднего коэффициента формы составляют: в насаждениях II и III классов бонитета для наиболее часто встречающихся (77%) высот 18—24 м — от +1,0 до -0,3%, в насаждениях IV и V классов для 95% стволов высотой 15—21 м — от +0,7 до -1,1%.

Из этих фактов следует определенный вывод. В лесотаксационной практике для березы Архангельской области надо принимать  $q_2$  независимо от средней высоты равным: в насаждениях II и III классов бонитета — 0,68; в насаждениях IV и V классов — 0,70.

До последнего времени лесостроители принимали  $q_2 = 0,66$ , установленный А. В. Тюриным по исследованиям березы в более южных областях нашей страны.

Закономерная взаимосвязь между видовыми числами, высотами и коэффициентами формы у древесных пород определено и бесспорно установлена исследованиями многих ученых и сформулирована М. Е. Ткаченко в законе формы древесных стволов [4]. Таблица всеобщих видовых чисел, составленная М. Е. Ткаченко, широко применяется в лесостроительной практике.

Вычисление видовых чисел у березы в лесах области можно легко, быстро и достаточно точно производить по формулам, зная лишь класс бонитета и среднюю высоту древостоя:

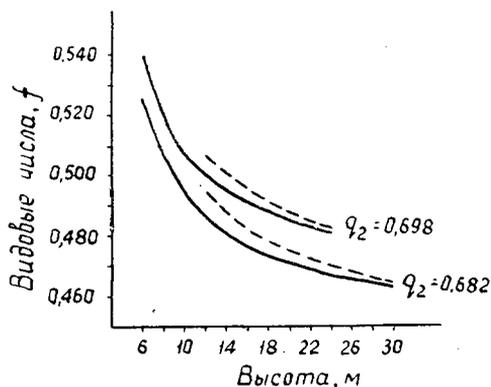


Рис. 2. Взаимосвязь между видовыми числами, высотами и коэффициентами формы у березы. Сплошная линия — видовые числа, вычисленные по формулам; пунктирная линия — видовые числа по таблице М. Е. Ткаченко.

для насаждений II—III классов бонитета

$$f = 0,447 + \frac{0,47}{H};$$

для насаждений IV—V классов

$$f = 0,462 + \frac{0,46}{H},$$

где  $f$  — видовое число;  
 $H$  — средняя высота.

Сопоставление видовых чисел, вычисленных по этим формулам, с видовыми числами по М. Е. Ткаченко (рис. 2) показывает, что формулы дают некоторое преуменьшение, изменяющееся с высотой древостоя.

Эта разница в абсолютных величинах колеблется от 0,001 (при высоте 30 м) до 0,009 (при высоте 12 м) в насаждениях II—III классов бонитета и от 0,002 (при высоте 24 м) до 0,007 (при высоте 12 м) в IV—V классах. В том и другом случаях преуменьшение составляет в среднем 0,005, то есть такое же, как у А. В. Тюрина [3] при сопоставлении видовых чисел, вычисленных по фактическим замерам, с видовыми числами по М. Е. Ткаченко. Применение установленных нами коэффициентов формы для березы будет способствовать повышению точности лесосчетных работ при устройстве таежных лесов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. И. Левин. К вопросу о строении сосняков Архангельской области. Труды АЛТИ, XIII, Архангельск, 1949. [2]. В. С. Мирошников. Сосново-березовые насаждения БССР, их строение, лесоводственное и хозяйственное значение. Автореферат кандидатской диссертации. Минск, 1955. [3]. М. М. Орлов, Д. И. Товстолес, В. К. Захаров, Б. А. Шустов, А. В. Тюрин. Массовые таблицы для сосны, ели, дуба, березы и осины по классам бонитета. Сельколхозгиз, 1931. [4]. М. Е. Ткаченко. Закон объемов древесных стволов и его значение для массовых и сортиментных таблиц. Сельколхозгиз, М., 1932. [5]. Т. Х. Токмурзин. Строение колочных березняков Целинного края. Автореферат кандидатской диссертации, Алма-Ата, 1962. [6]. Н. В. Гретьяков. Закон единства в строении насаждений. Изд-во «Новая деревня», М.—Л., 1927.

УДК 634.0.56 : 674.032.475.352

## ОСОБЕННОСТИ РОСТА ЛИСТВЕННОЙ СУКАЧЕВА В ГОРЬКОВСКОМ ЗАВОЛЖЬЕ

*Н. В. КУПРИАНОВ*

Аспирант

(Горьковский государственный университет)

Ход роста лиственницы Заволжья изучен недостаточно. Отдельные указания можно найти у Н. И. Кузнецова [5], В. А. Поварницына [6], Ф. Кеппена [4] и др. Интересна статья Д. И. Товстолеса [8], изучавшего продуктивность лиственницы в Костромской и Пермской губерниях.

Изучение хода роста лиственницы Сукачева в естественных условиях мы проводили в течение двух лет в ряде лесхозов Горьковской области, в основном в двух ассоциациях, имеющих наиболее широкое распространение в Заволжье: в лиственничном сосняке вейниково-брусничном и лиственничном сосняке липовом вейниково-черничном.

Чтобы проследить ход роста лиственницы с раннего возраста, проводили 40—70 замеров высот лиственницы и других древесных пород по группам возраста 3—5, 6—10 лет на вырубках при исследовании естественного возобновления. Затем было заложено по две пробные площади в каждой из ассоциаций в насаждениях с примесью лиственницы в возрасте 10—15 лет, а в лиственничном сосняке липовом еще четыре пробные площади в возрасте 30—40 лет. Кроме того, на анализ хода роста было взято из числа средних 8 стволов лиственницы, в том числе 3 ствола в возрасте 95—100 лет в лиственничном сосняке вейниково-брусничном и 5 стволов в возрасте 120—150 лет в лиственничном сосняке липовом. Для выявления продолжительности и энергии роста лиственницы, березы, сосны и ели в течение вегетационного периода 1964 г. на одной из пробных площадей в лиственничном сосняке вейниково-брусничном проводили ряд замеров приростов — с начала и до конца вегетационного периода. Здесь же и на одной из проб в лиственничном сосняке липовом замерены приросты пород за ряд лет у 10—15 стволиков из числа хорошо развитых.

Данные замеров высот на вырубках и приростов на пробных площадях обработаны статистическим методом и являются достоверными.

Для сравнения роста лиственницы в естественном произрастании с ее ростом в культурах в различных районах области было заложено шесть пробных площадей в культурах лиственницы в возрасте от 8 до 56 лет. По одной-двум средним моделям анализирован ход роста культур.

Закладку пробных площадей и обработку стволов на ход роста производили обычным методом, принятым в таксации.

Пробные площади в культурах закладывали на участках, в которых своевременно проводили уход за почвой и за составом и где, следовательно, лиственница не испытывала сильной конкуренции ни со стороны напочвенного покрова, ни со стороны древесных пород.

Следует иметь в виду, что лиственница Сукачева в Заволжье в настоящее время не образует чистых древостоев и что лиственнично-сосновые насаждения в прошлом периодически подвергались пожарам, и их бессистемно эксплуатировали ([2], [3], [1], [7] и др.). Стволы лиственниц для анализа взяты или из редин, образовавшихся после выборки сосны 10—15 лет назад, или из 15—25-летних хвойно-лиственных насаждений, где куртинами сохранилась лиственница в возрасте 100—150 лет.

### *Лиственничный сосняк вейниково-брусничный*

Рост лиственницы в высоту в первые годы замедлен. Особенно это стносится к вырубкам, где лиственница в возрасте до 5 лет почти вдвое ниже сосны. К возрасту 6—10 лет она по высоте не отстает от сосны или даже превосходит ее. Береза же, как правило, всегда выше этих пород. Однако сосна к этому возрасту имеет хорошо развитую крону, хорошее укоренение, диаметр ствола на высоте груди достигает 2,5 см; лиственница отличается слабо развитой кроной, менее прочным укоренением, диаметр стволика на высоте груди равен 1,8 см. В первые недели вегетационного периода лиственница отстает в росте от сосны. Если первая к началу июля дает только немногим более половины годичного прироста, то сосна к этому времени в основном уже заканчивает свой рост. Следовательно, вейник для лиственницы является более сильным конкурентом, чем для сосны, так как к началу июля вейник в основном заканчивает свой рост в высоту, перегоняет лиственницу, и она оказывается под его пологом. Рост лиственницы в высоту в 1964 г. наблюдался с середины мая до конца августа — начала сентября, сосны — соответственно с середины мая до конца июля — первых чисел августа, продолжительность роста березы совпадает примерно с таковой у лиственницы, а у ели с сосной. Значительно ослабляет позиции лиственницы майский хрущ. Корневая система у лиственницы повреждается в возрасте 3—15 лет, причем обгрызание личинками корней до полного усыхания наблюдается у отдельных лиственниц в возрасте 8—10 лет. Большинство же поврежденных лиственниц хотя и выживает, но сильно отстает в росте, раньше сбрасывает хвою и прекращает вегетацию. Раскопки корневых систем 3—15-летних лиственниц показали, что примерно у 80% корни в различной степени повреждены. В большинстве случаев наблюдалось полное или частичное обгрызание стержневого корня.

Характерно, что личинки майского хруща обладают избирательной способностью к обгрызанию корней определенных пород. В первую очередь они обгрызают корни у лиственницы, затем у сосны и березы. Поэтому если на вырубке или под пологом леса, где есть в возобновлении эти породы, встречаются экземпляры с поврежденными корневыми системами, то можно быть уверенным, что лиственница при прочих равных условиях уже вся поражена личинками хруща.

Примерно до 30 лет рост лиственницы в высоту находится в пределах III класса бонитета (по общей бонитировочной шкале), к 40 годам приближается ко II классу, а к 70—80 годам переходит в I класс.

### *Лиственничный сосняк липовый вейниково-черничный*

Рост лиственницы на вырубках в первое десятилетие мало отличается от ее роста в вейниково-брусничной ассоциации. Но высота лиственницы в обеих ассоциациях в сформировавшихся десятилетних молодняках значительно превосходит среднюю высоту лиственницы примерно этого же возраста на вырубках. Сказывается конкуренция

травянистого покрова на вырубках. Характерно, что лиственницы растут полагается в молодняках куртинами, биогруппами, и максимальной высоты отдельные экземпляры достигают в биогруппах. Такое расположение сохраняется и в старых насаждениях. К возрасту 30—40 лет лиственница почти не обгоняет в росте сосну, но отстает от березы.

В целом прирост по высоте в липовой ассоциации больше, чем в вейниково-брусничной, и также повышен в засушливые годы. Для заморов избирали экземпляры лиственниц из числа лучших в биогруппах. Эти данные только подтверждают, что в биогруппах, где конкуренция со стороны других древесных пород и травянистого покрова ослаблена, лиственница может удерживать свои позиции.

По сравнению с вейниково-брусничной ассоциацией рост лиственницы характеризуется несколько более энергичными темпами в первые годы жизни, но тенденция замедленного роста примерно до 30—40 лет сохраняется и здесь. Отмечается лучший рост по диаметру и по массе.

Все приведенные данные свидетельствуют о том, что лиственница Сукачева в естественном произрастании в Горьковском Заволжье в возрасте до 40 лет не отличается быстрым ростом, что значительно понижает ее конкурентные способности в борьбе с травяной и древесной растительностью. Экологические условия, в которых оказывается лиственница, например, на вырубках, особенно в первое пятилетие, не являются благоприятными. В данных условиях биологические особенности лиственницы (ее способность к быстрому росту) отступают на второй план по отношению к условиям среды. Весьма показательно, что та же лиственница, но в чистых культурах, действительно обладает быстрым ростом, далеко превосходящим рост не только сосны, но и березы.

К возрасту спелости лиственница Сукачева накапливает запасы, превосходящие запасы сосны, и в целом по производительности, как правило, она на один класс бонитета выше сосны, вместе с которой она произрастает. Эту особенность отмечал еще Д. И. Товстолес [8], изучавший ход роста лиственницы в Пермской и Костромской губерниях.

В Заволжье лиственница Сукачева может давать значительные запасы. Если условно допустить, что в изучаемых нами лиственнично-сосновых насаждениях произрастает только лиственница, образующая чистые насаждения, то запасы такого насаждения с полнотой 0,7—0,8 составили бы в возрасте 100—120 лет для I класса бонитета 700—770, а для II класса 630—680 м<sup>3</sup> на 1 га.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. Дюбюк. Хозяйство в казенных лесах. Материалы по статистике Костромской губернии, т. 13, вып. II, Кострома, 1920. [2]. П. Зарубин. Заметки о Варнавинском уезде. Русский вестник, т. 5, 1856. [3]. Я. Крживоблоккий. Материалы для географии и статистики России. Костромская губерния, СПб., 1861. [4]. Ф. Келпен. Географическое распространение хвойных деревьев в Европейской России и на Кавказе. Приложение к 50 тому Записок Имперской Академии Наук, СПб., 1885. [5]. Н. И. Кузнецов. Юго-западная, южная и юго-восточная границы распространения лиственницы (*Larix sibirica* Ledeb.) в пределах Европейской России, с картой. Юбилейный сборник, посвященный И. П. Бородину, Л., 1927. [6]. В. А. Поварницын. Произрастание лиственницы и ее возобновление в Баковском лесничестве Нижегородской губернии. Очерки по фитосоциологии и фитогеографии, Л., 1929. [7]. С. Я. Соколов. Типы леса восточной части Баково-Варнавинского учебно-опытного леспромхоза. Природа и хозяйство учебных леспромхозов Лесотехнической Академии, вып. II, Л., 1931. [8]. Д. И. Товстолес. Ход роста сибирской лиственницы по исследованию в Пермской и Костромской губерниях. Сборник статей по лесному хозяйству в честь 25-летней деятельности прсф. М. М. Орлова, П., 1916.

УДК 634.0.524.12 : 674.032.477.62

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ СТВОЛА АРЧИ ЗЕРАВШАНСКОЙ

И. А. КУЛЬБАЧНЫЙ

Ассистент

(Ташкентский сельскохозяйственный институт)

Из 85,6 тыс. га арчовых лесов в Узбекистане 53,5 тыс. га занимают насаждения арчи зеравшанской. Она является основной породой естественных горных лесов, произрастающих на склонах Чаткальского, Кураминского, Гиссарского и Бабатагского хребтов. Здесь встречаются участки высокополнотного арчового леса с крупномерными деревьями, с запасом до 300 м<sup>3</sup> и приростом до 3,5 м<sup>3</sup> в год на 1 га.

Арча зеравшанская (*Juniperus seravschanica* Kom.) может быть отнесена к деревьям второй величины. У нее хорошо выражен ствол, который нередко достигает довольно больших размеров. На наших пробных площадях наиболее крупные деревья имели высоту 22 м и диаметр 140 см. У самого большого из взятых модельных деревьев высота составила 19,5 м, а диаметр 55 см.

До сих пор исследованием формы ствола арчи почти не занимались, хотя этот вопрос представляет большой практический интерес.

Материалом для исследования формы ствола арчи послужили данные 160 модельных деревьев, взятых нами на 45 пробных площадях на склонах Чаткальского, Кураминского и Гиссарского хребтов Узбекистана, а также 228 моделей, взятых лесоустроителями в арчовниках Гиссарского хребта. Все модельные деревья при обработке были объединены в одну механическую совокупность.

Для характеристики формы ствола определяли и анализировали коэффициенты формы, видовые числа и сбег стволов. Коэффициент формы  $q_2$  в коре у стволов арчи зеравшанской колеблется от 0,358 до 0,965. Среднее значение  $q_2 = 0,618 \pm 0,0050$ , среднее квадратическое отклонение  $\pm 0,096$ , коэффициент вариации  $\pm 15,5\%$ . У арчи  $q_2$  значительно меньше, чем у других пород, и обладает большей изменчивостью. Это свидетельствует о значительно меньшей полндревесности стволов арчи.

С увеличением высоты и диаметра ствола  $q_2$  уменьшается. При этом связь  $q_2$  с  $D$  более тесная, чем связь  $q_2$  с  $H$ . Для стволов каждой 4-сантиметровой ступени были вычислены средние значения  $q_2$ . Используя обратную гиперболическую зависимость между  $q_2$  и  $D_{1,3}$ , мы получили уравнение для выравнивания  $q_2$  по ступеням толщины

$$q_2 = \frac{1,99}{D_{1,3}} + 0,485.$$

Фактические средние и выравненные по ступеням толщины значения  $q_2$  приведены в табл. 1.

Таблица 1

Диаметр ствола, см	Фактическое среднее значение $q_2 \pm m$	Выравненное значение $q_2$	Высота ствола, м	Фактическое среднее значение $q_2 \pm m$	Выравненное значение $q_2$
8	0,700 ± 0,015	0,734	4	0,692 ± 0,017	0,676
12	0,651 ± 0,010	0,651	5	0,649 ± 0,011	0,646
16	0,608 ± 0,009	0,609	6	0,607 ± 0,010	0,626
20	0,595 ± 0,009	0,585	7	0,582 ± 0,010	0,612
24	0,566 ± 0,014	0,568	8	0,588 ± 0,011	0,601
28	0,563 ± 0,018	0,556	9	0,616 ± 0,016	0,593
32	0,561 ± 0,019	0,547	10	0,615 ± 0,027	0,586
36	0,525 ± 0,028	0,540	11	0,617 ± 0,017	0,581
40	0,475 ± 0,031	0,533	12	0,531 ± 0,030	0,576

Связь между  $q_2$  и  $D_{1,3}$  слабая, коэффициент корреляции  $r = -44$ .

Зависимость между  $q_2$  и  $H$  ствола характеризуется данными табл. 1. Фактические значения  $q_2$  выравнивали по формуле

$$q_2 = \frac{0,60}{H} + 0,526.$$

Связь между  $q_2$  и  $H$  определяется коэффициентом корреляции  $r = -0,27$ . Видовое число у стволов арчи зеравшанской колеблется от 0,295 до 0,864. Среднее значение  $f = 0,516 \pm 0,0051$ , среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  равно  $\pm 0,091$ , коэффициент вариации — 17,6%. Видовое число зависит от размеров ствола. Даже при одинаковой форме ствола с повышением высоты оно уменьшается. В результате статистической обработки выведена формула

$$f = \frac{1,22}{H} + 0,325,$$

по которой и вычислены сглаженные значения  $f$  для разных высот (табл. 2).

Таблица 2

Высота ствола, м	Фактическое среднее значение $f \pm m$	Выравненное значение $f$	Диаметр ствола, см	Фактическое среднее значение $f \pm m$	Выравненное значение $f$
4	0,663 ± 0,015	0,630	8	0,642 ± 0,015	0,653
5	0,568 ± 0,009	0,569	12	0,570 ± 0,009	0,551
6	0,528 ± 0,010	0,528	16	0,499 ± 0,006	0,500
7	0,469 ± 0,008	0,499	20	0,472 ± 0,007	0,469
8	0,473 ± 0,009	0,477	24	0,442 ± 0,010	0,448
9	0,463 ± 0,013	0,461	28	0,437 ± 0,010	0,434
10	0,460 ± 0,014	0,447	32	0,428 ± 0,022	0,423
11	0,457 ± 0,014	0,436	36	0,406 ± 0,013	0,414
12	0,407 ± 0,022	0,427			

Связь  $f$  с  $H$  ствола выражается коэффициентом корреляции  $r$ , равным — 0,56. Связь  $f$  с  $H$  ствола наглядно показана на рис. 1.

Статистическая обработка значений  $f$  по ступеням толщины показала более тесную связь видового числа с диаметром ствола. На рис. 2 эта зависимость ясно выражена гиперболической кривой, которую пришлось очень незначительно выравнивать по уравнению

$$f = \frac{2,46}{D_{1,3}} + 0,346.$$

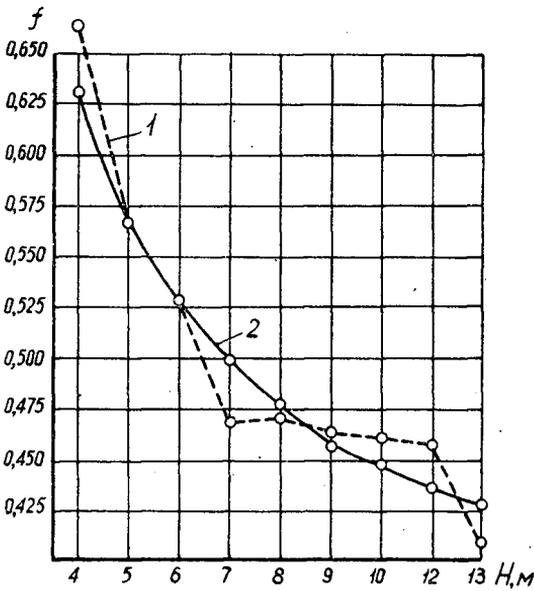


Рис. 1.

1 — фактические значения видовых чисел;  
2 — выравненные.

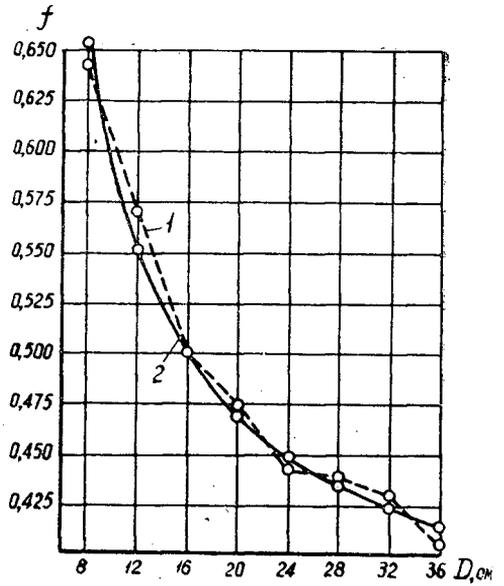


Рис. 2. Обозначения те же.

Фактические и выравненные значения  $f$  по ступеням толщины приведены в табл. 2. Связь между  $f$  и  $D_{1,3}$  обратная и довольно высокая, коэффициент корреляции  $r = -0,67$ . Коэффициент  $q_2$  всегда больше видового числа. У арчи зеравшанской эта разница представляет собой довольно устойчивую и определенную величину, в среднем равную 0,12.

$$f = q_2 - 0,12.$$

Упрощенное вычисление видового числа по формуле  $f = q_2^2$  для арчи очень сильно занижает эту величину. Формула видовых чисел Шиффеля тоже совершенно не подходит для стволов арчи, так как вычисленные по ней видовые числа примерно в два раза меньше действительных.

Сбег изучали у 160 стволов. Был найден средний сбег для всего ствола, а также для части ствола выше 0,5 м; 1,3 м и 0,1 Н. Полученные величины сбega и статистические показатели приведены в табл. 3.

Таблица 3

Вид сбega	Среднее значение сбega, см/м	Ошибка среднего $\pm m$ , см/м	Точность среднего $P$ , %	Среднее квадратическое отклонение $\pm \sigma$ , см/м	Коэффициент вариации $\pm C$ , %
Общий средний	3,15	0,07	2,40	0,82	25,8
Средний выше 0,1 Н	2,82	0,06	2,46	0,66	23,2
" " 0,5 м	2,73	0,06	2,07	0,64	23,3
" " 1,3 "	2,70	0,05	1,89	0,57	21,2

Эти данные показывают, что стволы арчи имеют большой сбег. Общий средний сбег составляет 3,15 см/м при колебании от 1,59 до 6,18 см/м. Сбег выше 0,1 Н значительно меньше — 2,82 см/м. Между ним и общим средним сбегом разница существенна, показатель существ-

величины различия  $t = 3,58$ . Значения сбега для части ствола выше 0,5 и 1,3 м очень близки — 2,73 и 2,70 см/м. Следовательно, влияние корневых наплывов на форму нижней части ствола распространяется до 0,1 Н, или фактически не превышает 0,5 м от основания ствола. Выше этого сбег равномерный и имеет величину 2,7 см/м. Это полностью согласуется с выводом В. К. Захарова о том, что «на высоте 0,1 Н практически заканчивается влияние корневых наплывов на форму ствола».

По методу В. К. Захарова для 160 стволов было вычислено процентное отношение диаметра на 0,1 Н, 0,2 Н и т. д. к диаметру на 0,1 Н. Полученные данные представлены в табл. 4.

Таблица 4

Относительные высоты	Среднее значение относительного сбега, %	Ошибка среднего значения $\pm m$ , %	Точность среднего значения $P$ , %	Среднее квадратическое отклонение $\pm \sigma$ , %	Коэффициент вариации $\pm C$ , %
0,0	125,34	1,12	0,90	14,2	11,3
0,1	100,00	—	—	—	—
0,2	86,53	0,40	0,46	5,0	5,8
0,3	76,07	0,55	0,72	6,9	9,1
0,4	65,13	0,59	0,90	7,5	11,4
0,5	55,08	0,67	1,22	8,5	15,4
0,6	44,18	0,64	1,43	8,0	18,2
0,7	33,88	0,58	1,71	7,3	21,6
0,8	23,2	0,48	2,07	6,0	26,1
0,9	12,64	0,32	2,54	4,1	32,1

Анализ этих данных показывает, что стволы арчи отличаются сравнительно небольшой комлеватостью. Диаметр у основания ствола составляет 125,3% от диаметра на 0,1 Н, в то время, как у других пород это отношение значительно больше. Выше 0,2 Н относительный сбег уменьшается очень равномерно: на каждую 0,1 высоты сбег падает в среднем на 10%.

Относительный сбег у арчи не зависит от высоты ствола: между сбегом для стволов разной высоты и средним сбегом для всех высот, в основном, нет существенного различия ( $t < 3$ ). Он почти не зависит также от района произрастания насаждений. Стволы арчи, произрастающей на разных горных хребтах, не имеют между собой существенного различия по относительному сбегу. Только арча Гиссарского хребта обнаруживает в среднем несколько больший сбег. Между диаметром на 0,1 Н и диаметром на высоте груди существует прямолинейная зависимость вида

$$D_{0,1H} = 0,93D_{1,3} + 2,9.$$

По этой формуле можно перейти от  $D_{1,3}$  к  $D$  на 0,1 Н, а от него, зная относительный сбег, к диаметрам на всех относительных высотах. Соответственно найденным диаметрам вычислены относительные объемы всех 10 частей ствола длиной по 0,1 Н каждая. Оказалось, что у арчи первый от комля отрезок ствола длиной в 0,1 Н составляет 30,6% от объема всего ствола, последующие — 20,6; 15,7; 11,9; 8,6; 5,9; 3,7; 2,0; 0,8; 0,2. На нижнюю половину (по длине) ствола приходится 87,4% объема всего ствола.

Приведенные данные по исследованию формы ствола арчи зеравшанской могут быть положены в основу составления таблиц объема и сбега стволов, а также использованы при составлении сортиментных таблиц.

УДК (634.0.56 + 634.0.892.4) : 634.0.14.7

## ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ НА РОСТ И ТАННИДОНОСНОСТЬ СКУМПИИ

Н. Х. ОСМОЛА

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Львовский лесотехнический институт)

Для того чтобы добиться максимального эффекта при выращивании скумпии, то есть получить высокий урожай листьев с большим содержанием в них дубильных веществ, необходимо располагать данными о том, какие почвенные условия для этого наиболее благоприятны.

С целью решения данного вопроса мы в один и тот же период изучали пурпурнолистную форму скумпии (*f. purpureus* Rehd.), произрастающей в Турятском и Ревнянском лесничествах Черновицкой области, а также в Соболевском и Антопольском лесничествах Винницкой области.

Результаты изучения скумпии в лесных культурах приведены в табл. 1.

№ пп.	Место проведения исследования	Тип почвы (тип условий местопроизрастания)
1	Ревнянское лесничество, Черновицкого лесокombината, Черновицкой области	Лугово-черноземные почвы на лессовидной тяжелосуглинистой материнской породе со слабо выраженным оглеением иллювия и верхней части материнской породы (D <sub>2</sub> )
2	Турятское лесничество, Черновицкого лесокombината, Черновицкой области	Светло-серые лесные средне оподзоленные почвы со слабым оглеением горизонтов A <sub>1</sub> и A <sub>2</sub> на лессовидной карбонатной суглинистой материнской породе (C <sub>3</sub> )
3	Антопольское лесничество, Крыжопольского лесхоззага, Винницкой области	Серые лесостепные оподзоленные почвы на лессовидной суглинистой карбонатной материнской породе, подстилаемой песком (D <sub>2</sub> )
4	Соболевское лесничество, Гайсинского лесхоззага, Винницкой области	Скрытоподзолистые почвы на боровых песках (B <sub>2</sub> )

Данные табл. 1 говорят о том, что наилучшими показателями роста и урожая листьев отличается скумпия, произрастающая на лугово-черноземных и серых лесостепных оподзоленных почвах.

На светло-серых лесных средне оподзоленных почвах скумпия характеризуется более низкими показателями роста. Урожай ее листьев почти в 17 раз меньше, чем у скумпии одинакового возраста (6 лет) на лугово-черноземных почвах той же климатической зоны. Это свидетельствует о том, что эту породу не следует выращивать на светло-серых лесных средне оподзоленных почвах с оглеением верхних горизонтов (С<sub>3</sub>).

Скумпия, произрастающая на серых лесостепных оподзоленных почвах, характеризуется сравнительно высокими показателями роста. Урожай ее листьев в 6,5 раз выше, чем у скумпии одинакового возраста (9 лет) на скрытоподзолистых почвах на борových песках в той же климатической зоне.

Скумпия — ценный подлесок. Ее густая крона препятствует развитию трав и способствует росту главных лесных пород. Поэтому выращивание ее в смешанных культурах на скрытоподзолистых почвах на борových песках (В<sub>2</sub>) целесообразно в лесокультурном отношении. Серые лесостепные оподзоленные почвы (D<sub>2</sub>) пригодны для промышленного и лесокультурного разведения скумпии.

Наряду с изучением роста и урожая листьев скумпии в зависимости от почвенных условий, мы исследовали также и влияние этих условий на таннидоносность скумпии. При этом в лесных культурах мы брали пробы листьев скумпии для химического количественного анализа.

Содержание таннидов в листьях скумпии мы определяли по методу взбалтывания дубильного экстракта с гольевым порошком\*.

Результаты проведенных исследований показаны в табл. 2.

Из данных, приведенных в табл. 2, видно, что наибольшее содержание таннидов выявлено в листьях скумпии, произрастающей на скрытоподзолистых почвах на борových песках.

Необходимо отметить, что у скумпии, произрастающей на скрытоподзолистых почвах, листья мелкие, шершавые и урожай их невысок.

Таблица 1

Характеристика скумпии							
возраст, лет	сохранившихся растений, %	средние					
		высота, м	диаметр, см	текущий прирост по высоте, см	количество стеблевых побегов в одном кусте, шт.	поперечники кроны (вдоль и поперек ряда), см	урожай листьев (свежесобран.) одного куста, г
6	89,3	1,9	4,1	51	4	106×155	1140
6	48,0	0,6	1,8	8	2	40×42	68
9	87,5	2,2	6,0	19	5	214×231	2400
9	84,4	1,1	2,4	9	9	124×141	374

\* ВЕМ. Всесоюзный метод исследования в кожевенном производстве. Анализ дубильных материалов и экстрактов и контроль экстрактового производства. М.—Л., 1939.

Таблица 2

Показатели	Тип почвы			
	лугово-черноземные (D <sub>2</sub> )	светло-серые лесные оподзоленные (C <sub>2</sub> )	серые лесостепные оподзоленные (D <sub>2</sub> )	скрытоподзолистые на борových песках (B <sub>2</sub> )
Возраст растений, лет . . . . .	6	6	9	9
Естественная влажность листьев, % . . . . .	54,2	52,1	57,4	50,8
Результаты анализа, %				
Аналитическая влажность . . . . .	7,8	8,7	9,7	8,3
Р (растворимые вещества) . . . . .	40,4	38,9	37,3	43,2
НР (нерастворимые вещества) . . . . .	1,5	1,6	0,7	2,1
НТ (нетаниды) . . . . .	15,8	16,0	16,7	15,6
ТН <sub>1</sub> * (таниды) . . . . .	24,6	22,9	20,6	27,6
ТН <sub>2</sub> * (таниды) . . . . .	26,7	25,1	22,8	30,1
Д (доброкачественность) . . . . .	60,9	59,0	55,2	63,9

\* ТН<sub>1</sub> — таниды в пересчете на сухое вещество при аналитической влажности;  
ТН<sub>2</sub> — таниды в пересчете на абс. сухое вещество.

В итоге проведенной работы по изучению влияния почвенных условий на рост и танидоносность скумпии можно сделать следующее заключение.

Высокие показатели роста и танидоносности имеет скумпия, произрастающая в юго-западных районах УССР на лугово-черноземных и серых лесостепных оподзоленных почвах, где и нужно выращивать эту породу с целью получения большого количества высококачественного дубильного сырья.

Поступила в редакцию  
15 февраля 1964 г.

УДК 634.0.24

## К ВОПРОСУ ОБ УКРУПНЕНИИ УЧАСТКОВ ЛЕСА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РУБОК УХОДА

*И. С. МАРЧЕНКО*

Аспирант

(Брянский технологический институт)

Анализ производственной деятельности предприятий лесного хозяйства показывает, что количество мест рубок по хозяйствам может быть очень большим. Так, например, в 1964 г. по Жиздринскому леспромхозу оно составило 190. При этом до 40% участков имеют площадь менее 4 га. Между тем, производительность труда в значительной степени зависит от величины участков и рассредоточенности мест рубок по территории.

В результате оснащения хозяйств машинами и механизмами уровень механизации рубок ухода значительно повысился, особенно в приспевающих и спелых насаждениях. Существенно изменилась технология организации и проведения рубок ухода. В рубку стали отводить значительные по площади участки (так, по Жиздринскому леспромхозу — не менее 10—15 га). Такие участки, как правило, объединяют несколько элементарных участков (таксационных выделов). А это значит, что на таком участке одновременно проводят рубку в нескольких вариантах.

Таким образом, сочетание нескольких вариантов рубок ухода на укрупненных участках — явление не случайное: оно встречается во всех лесхозах ряда управлений и требует объяснения и уточнения.

В табл. 1 приведены примеры вариантов объединения (интеграции) элементарных участков в укрупненные участки.

Каждый третий укрупненный участок состоит из элементарных участков, отличающихся одновременно по составу, полноте насаждений и богатству почвы. При этом во всех случаях насаждения различаются на один класс бонитета, как исключение — на два класса. В укрупненном участке встречаются насаждения различной полноты (от 0,6 до 1,0 и даже больше). На рис. 1 отражено одновременное выполнение прощипки в квартале 29 Жиздринского лесничества. Насаждение переднего плана имеет состав 10 Б, заднего плана — 10 С. Общий волок в центре проходит через оба насаждения и позволяет одновременно выполнять работы в обоих элементарных участках.

Вопрос об укрупнении участков леса в целях одновременного и разновременного выполнения различных лесохозяйственных мероприятий впервые четко поставлен в учении об участке леса\*.

\* В. П. Разумов. Выдел и укрупнение (группировка) участков леса Труды Брянского лесохозяйственного института, т. VII, 1956.

Таблица 1

Вид рубок ухода	Интеграция элементарных участков по признакам насаждений								При одном элементарном участке	Итого по лесхозу мест рубок
	по составу	по полноте	по богатству почвы	по составу и полноте	по составу и богатству почвы	по составу, полноте и богатству почвы	по полноте и богатству почвы			
							по полноте	по богатству		
По Бежицкому лесхозу в 1963 г.										
Осветления	4	—	—	8	—	10	—	3	6	31
Прочистки	3	1	—	6	—	5	—	—	—	15
Прореживания	1	1	—	1	—	8	—	—	1	12
Проходные	1	—	—	1	—	—	—	—	—	2
Итого по лесхозу, шт.	9	3	—	16	—	23	—	3	7	60
%	15,0	3,0	—	26,7	—	38,3	—	5,0	12,0	100
По Бежицкому лесхозу в 1964 г.										
Осветления	5	—	—	6	—	4	—	—	12	27
Прочистки	1	3	—	3	—	7	—	—	2	16
Прореживания	—	2	—	2	1	8	—	—	5	18
Проходные	—	—	—	—	—	3	—	—	—	3
Итого по лесхозу, шт.	6	5	—	11	1	22	—	—	19	64
%	9,4	7,8	—	17,2	1,6	34,3	—	—	29,7	100
По Брянскому лесхозу в 1963 г.										
Осветления	3	3	—	9	1	9	—	—	10	35
Прочистки	7	8	1	8	3	15	—	11	10	63
Прореживания	1	2	1	4	2	12	—	1	2	25
Проходные	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1
Санитарные	4	2	—	4	—	12	—	—	4	26
Итого по лесхозу, шт.	15	15	2	25	6	49	—	12	26	150
%	10,0	10,0	1,3	16,7	4,0	32,0	—	8,0	18,0	100



Рис. 1. Укрупненный участок прочисток, объединяющий два насаждения:  
на переднем плане 10Б, на заднем 10С.

Опираясь на выдвинутые в этом учении положения, от первого этапа — объединения участков в пределах одного вида рубок ухода мы подошли ко второму этапу — концентрации мест рубок с разными видами рубок ухода. Переход к такой концентрации диктуется соображениями более эффективного использования машин и механизмов, а также возможности выполнения системы мероприятий по повышению продуктивности участков леса и формированию лесов будущего на более высоком техническом уровне. Осуществить систему лесохозяйственных мероприятий помогает расчленение укрупненного участка трелевочными волоками на полосы 35—40-метровой ширины. Волоки используют как для трелевки и вывозки древесины, так и для передвижения тракторов с навесными и прицепными орудиями с целью выполнения других лесохозяйственных мероприятий (опрыскивание насаждений, разбрасывание удобрений, известки, минерализация волока для устранения возможного пожара и т. д.).

Поступила в редакцию  
17 мая 1965 г.

УДК 634.0.56 : (674.032.13 + 674.032.11)

## ХОД РОСТА И СОРТИМЕНТНАЯ СТРУКТУРА ЕЛОВО-ПИХТОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ УДМУРТСКОЙ АССР

*В. Г. КУЗНЕЦОВА*

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Почти половину лесопокрытой площади Удмуртии занимают ценные смешанные насаждения из ели и пихты. В них преобладают ельники кисличник, липовый и широколиственный, характеризующиеся насаждениями преимущественно II класса бонитета. По специальным исследованиям типов леса, проведенным в УАССР Е. Л. Любарским в 1959 г., установлено, что все три типа леса распространены в одинаковых лесорастительных условиях и коренным типом леса следует признать *Abiegn-Piceetum herboso-oxalidosum* — географический вариант типа *Piceetum oxalidosum*.

Указанный тип леса мы изучали на протяжении трех лет — 1962—1964 гг. Исследования основываются на следующем натурном материале: 29 пробных площадей на изучение хода роста, 54 ленточных и тренировочных пробы, заложенных в насаждениях III—VII классов возраста с полнотой 0,7—0,9, 897 учетных деревьев ели и пихты, 577 участков глазмерной таксации общей площадью 15 380 га.

Материал был собран в северных и центральных районах республики, где преобладают изучаемые елово-пихтовые насаждения. В результате обработки материала по методике, предложенной П. В. Горским, был составлен эскиз таблицы хода роста модальных елово-пихтовых насаждений II класса бонитета, типа леса ельник-кисличник в возрасте от 40 до 130 лет (табл. 1).

Как видно из таблицы, в течение рассмотренного 90-летнего периода роста елово-пихтовые насаждения остаются одноярусными. С возрастом постепенно изменяется их состав.

Средний прирост елово-пихтовых насаждений, получаемый суммированием средних приростов всех древостоев элементов леса, входящих в состав яруса, достигает наибольшей величины в 60 лет. Затем он начинает постепенно падать, очень медленно, в течение ряда десятилетий.

Древостои имеют максимальные средние периодические (текущие) приросты в возрасте 40—50 лет. С увеличением возраста насаждений текущий прирост начинает постепенно падать. В возрасте около 60 лет он почти сравнивается со средним приростом насаждения.

Общая производительность модальных елово-пихтовых насаждений Удмуртии при сравнении ее с производительностью чистых еловых насаждений, данной в таблице хода роста Варгаса и приведенной к

Таблица 1

Возраст, лет	Состав по элементам леса	Полнота				Запас, м³	порода	Таксационные показатели элементов леса						изменение запаса древесины		
		Высота, м	абсолютная	относительная	средняя высота, м			средний диаметр, см	запас, м³	сумма площадей сечений, м²	число стволов	число выловов	среднее общее	среднее периодическое	изменение запаса древесины	
															среднее	общее
40	5,4Е 2,6П 1,2Б 0,8Ос, ед. Лп . . .	13,5	19,6	0,75	132	Е П Б	13,0	12,0	12,0	71	10,752	951	0,508	1,77	+3,7	+1,4
50	6,2Е 2,7П 1,0Б 0,1Ос, ед. Лп . . .	15,6	22,0	0,77	173	Е П Б Ос	15,0	13,0	13,0	108	13,850	733	0,499	2,16	+3,0	+0,8
60	6,5Е 2,7П 0,8Б, ед. Ос, Лп . . .	17,6	24,2	0,79	208	Е П Б Ос	15,6	15,5	15,5	48	6,182	313	0,504	0,96	+0,7	+0,1
70	6,8Е 2,7П 0,5Б, ед. Ос, Лп . . .	19,6	25,7	0,79	241	Е П Б	17,0	17,5	17,5	16	2,061	86	0,460	0,02	-0,1	-0,1
80	7,0Е 2,7П 0,3Б . . . . .	21,2	26,9	0,79	272	Е П Б	17,0	17,5	17,5	138	15,860	600	0,489	2,30	+2,6	+0,9
90	7,1Е 2,6П 0,3Б . . . . .	22,7	27,6	0,78	296	Е П Б	17,0	19,3	19,3	55	6,700	230	0,498	0,91	+0,9	+0,2
100	7,2Е 2,6П 0,2Б . . . . .	23,7	28,3	0,78	316	Е П Б	18,5	20,1	20,1	164	17,160	500	0,481	2,34	+2,4	+0,9
110	7,3Е 2,5П 0,2Б . . . . .	24,7	28,8	0,77	334	Е П Б	20,0	22,0	22,0	64	7,020	185	0,493	0,91	+2,2	+0,2
120	7,4Е 2,4П 0,2Б . . . . .	25,4	29,1	0,76	346	Е П Б	19,6	23,9	23,9	188	18,290	407	0,473	2,35	+2,2	+0,4
130	7,5Е 2,3П 0,2Б . . . . .	26,0	29,1	0,75	350	Е П Б	21,7	24,0	24,0	73	7,300	161	0,488	0,91	+0,4	-0,2

полноте исследуемых елово-пихтовых насаждений, имеет следующую особенность.

В возрасте от 40 до 90 лет производительность модальных елово-пихтовых насаждений II класса бонитета выше, чем производительность чистых еловых насаждений того же класса бонитета при полноте, соответствующей средней полноте изучаемых насаждений. В 100-летнем возрасте производительность обоих насаждений одинакова, а, начиная со 110 лет, в смешанных насаждениях она становится ниже. Последнее объясняется более быстрым выпадением пихты в связи с зараженностью гнилями.

Составленный эскиз таблицы хода роста позволяет решить вопрос об оптимальном возрасте рубки, связанном с установлением той или иной спелости леса.

Количественная спелость в смешанных елово-пихтовых насаждениях Удмуртии наступает в 60 лет, или на 20 лет раньше, чем в однопородных еловых насаждениях. Это имеет существенное хозяйственное значение.

Естественная спелость несколько превышает 130 лет.

Возраст технической спелости для елово-пихтовых насаждений Удмуртии установлен нами для всей деловой древесины — крупной, средней и мелкой — 80 лет.

Мелкая деловая древесина в условиях Удмуртии находит полный сбыт.

Учитывая указанный возраст технической спелости на всю деловую древесину, значительную фаутность пихты в возрасте старше 80 лет и принимая во внимание преобладание в лесхозах елово-пихтовых насаждений V класса возраста, мы считаем, что главную рубку в изучаемых насаждениях вполне обоснованно можно начинать с 81 года (с V класса возраста).

### *Товарная структура древостоев ели и пихты.*

Для характеристики товарной структуры древостоев ели и пихты нами были составлены объемные, сортиментно-сортные и товарные таблицы по методике, разработанной П. В. Горским.

При сравнении таблиц для древостоев ели Удмуртии с таблицами для Пермской области, составленными П. В. Горским и опубликованными в 1960 г., существенных различий обнаружено не было.

При сортиментации 340 срубленных стволов пихты в них были выявлены различные пороки.

Наиболее распространенный порок — сучья, влияющие на сортность сортиментов. Другой часто встречающийся порок пихты — гнили. Они обнаружены у 76% срубленных стволов. Большей частью это напенные гнили, требующие перевода части деловых сортиментов в дрова (67%). Остальные стволы (9%) полностью поражены гнилью и целиком отнесены к дровам. В результате наличия гнилей разной высоты распространения до 26% деловой древесины переводят в дрова.

Выход деловой древесины по ступеням толщины колеблется от 63 до 72%; следовательно, древостои пихты относятся ко второму классу товарности.

При сортиментации стволов пихты отмечено, что гниль встречается во всех классах возраста.

В табл. 2 приведен сокращенный вариант товарной таблицы для древостоев пихты, без деления деловой древесины на сорта.

Таблица 2

Средние		Выход сортиментов по укрупненным классам толщины (%)			Итого деловой, %	Дрова, %	Лик-вид, %	Отходы, %
h, м	d, см	I-III (крупная)	IV-VII (средняя)	VIII-IX (мелкая)				
9—10	12	—	4	59	63	26	89	11
11—12	12	—	4	59	63	26	89	11
	14	—	4	59	63	26	89	11
	16	—	10	54	64	25	89	11
13—14	14	—	10	54	64	25	89	11
	16	—	10	54	64	25	89	11
	18	—	17	47	64	25	89	11
15—16	16	—	20	46	66	24	90	10
	18	1	24	41	66	24	90	10
	20	1	25	40	66	24	90	10
17—18	18	1	25	40	66	24	90	10
	20	3	27	36	66	24	90	10
	22	3	28	35	66	24	90	10
19—20	20	3	30	35	68	23	91	9
	22	5	34	29	68	23	91	9
	24	7	34	27	68	23	91	9
	26	7	34	27	68	23	91	9
21—22	22	7	37	25	69	22	91	9
	24	9	39	21	69	22	91	9
	26	9	41	19	69	22	91	9
	28	13	39	17	69	22	91	9
	30	13	39	17	69	22	91	9
	32	13	39	17	69	22	91	9
23—24	28	16	40	14	70	22	92	8
	30	18	41	11	70	22	92	8
	32	18	41	11	70	22	92	8
	34	23	36	11	70	22	92	8
	36	31	32	7	70	22	92	8
	38	32	32	6	70	22	92	8
	40	32	32	6	70	22	92	8
25 и выше	32	33	33	5	71	22	93	7
	34	33	33	5	71	22	93	7
	36	34	32	5	71	22	93	7
	38	37	32	3	72	21	93	7
	40	38	32	2	72	21	93	7

Все указанные таблицы для смешанных елово-пихтовых насаждений Удмуртии составлены впервые. При интенсивной эксплуатации лесов республики они могут иметь существенное практическое значение.

Поступила в редакцию  
28 мая 1965 г.

УДК 634.0.56 : 674.031.632.264.2 : 632.7

## ИЗМЕНЕНИЕ ПРИРОСТА В СМЕШАННОМ ДУБНЯКЕ ПРИ ОБЪЕДАНИИ ЛИСТОГРЫЗУЩИМИ НАСЕКОМЫМИ

*Е. Н. ИЕРУСАЛИМОВ*

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

При объедании верхнего полога листогрызущими насекомыми резко изменяется световая обстановка внутри леса. Подчиненные ярусы получают при этом бóльшую, чем обычно, долю световой энергии. Это вызывает в ряде случаев увеличение прироста подлеска и подроста неповрежденных пород, что неоднократно отмечалось в литературе [1], [2], [3], [4]. В этих работах авторы в основном отмечают сам факт существования этого явления и не учитывают, насколько потеря прироста главной породы компенсируется за счет неповрежденных пород.

Для изучения этого вопроса на территории Грибановского лесничества Теллермановского лесхоза (Воронежская область) в квартале 84 было заложено пять пробных площадей по 0,1 га в сложном дубово-ясеневом насаждении 48 лет II класса бонитета с подростом из клена остролистного и подлеском из клена полевого и ильма. Тип леса — нагорная снытьево-осоковая дубрава. Пробные площади несколько отличались друг от друга по составу и полноте; их подробная характеристика приведена в табл. 1.

Таблица 1

№ проб	Состав 1 яруса	Состав 2 яруса	Полнота ( $\frac{1}{1}$ ярус $\frac{2}{2}$ ярус)	Средний диаметр, см		Средняя высота, м
				дуба	ясеня	
Контроль	8Д2Яс+Кл.о	4Яс3Кл2Ил1Кл.п	$\frac{09}{01}$	20	13	17
1	5Д5Яс+Кл.о	8Кл.о2Кл.п+Лп,И	$\frac{07}{08}$	24	16	19
2	8Д2Яс+Кл.о	5Кл.о4Кл.п1Лп+И	$\frac{08}{02}$	19	17	18
3	7Д3Яс+Кл.о	6Кл.о2Яс2Кл.п	$\frac{05}{02}$	23	14	19
4	7Д3Яс+Кл.о	6Кл.о3Лп1Кл.п	$\frac{07}{02}$	17	20	17
Среднее	7Д3Яс+Кл.о	6Кл.о2Кл.п1Яс1Лп+Ил	$\frac{07}{02}$	21	16	18

Таким образом, избранные площади представляют некоторые вариации одного и того же насаждения.

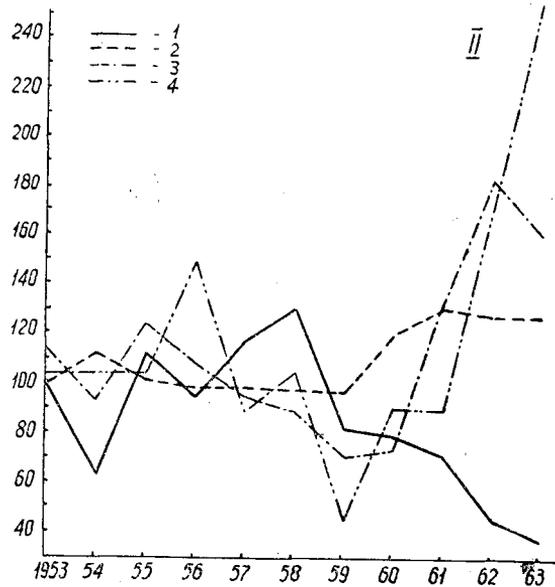
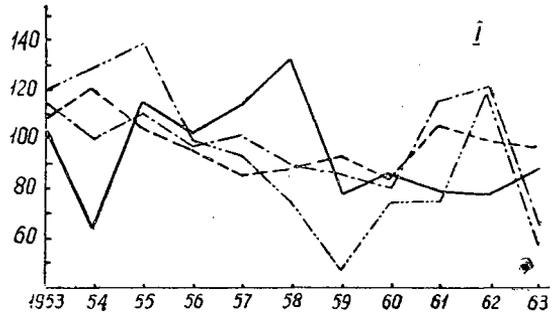


Рис. 1. Колебание прироста различных пород с 1953 г. по 1964 г.

I — насаждение не повреждено насекомыми; II — дуб в 1961—1963 гг. был объеден дубовой хохлаткой. Прирост дан в процентах от среднего прироста за 7 лет, предшествовавших объеданию. 1 — дуб; 2 — ясень; 3 — клен остролиственный; 4 — клен олевоу.

В этом насаждении в 1960 г. возник очаг массового размножения дубовой хохлатки (вредителя-монофага, повреждающего только дуб). С 1961 г. на пробах 2, 3 и 4 объедание листвы было близко к полному, а на пробе 1 оно наблюдалось с 1962 г. На контрольной пробе объедание было незначительным. Для изучения прироста на всех пробах у каждого дерева, начиная с 4-сантиметровой ступени, были взяты образцы буровом Пресслера. При камеральной обработке годовичные приросты за 11 лет были измерены с помощью окуляр-микрометра бинокля МБС-1 с точностью 0,005 см. Это дало возможность вычислять прирост по площади сечения за каждый год у каждой породы. Площадь сечения кольца прироста вычисляли по формуле

$$S = \pi d \Delta r \text{ см}^2,$$

где  $d$  — диаметр ствола, см;

$\Delta r$  — годичный прирост по радиусу, см\*.

На рис. 1 изображен суммарный прирост площади сечения различных пород за каждый из 11 лет на контроле (график I) и на одной из

\* Более точно годичный прирост по площади сечения выражается формулой  $S = \pi d \Delta r + \pi \Delta r^2$ , где величина  $\pi \Delta r^2$  обычно колеблется в пределах от  $10^{-5}$  до  $10^{-2}$  см<sup>2</sup>, то есть незначительна.

проб (график II). Прирост дан в процентах от среднего за 7 лет, предшествовавших объеданию. Графики дают наглядное представление об изменении прироста различных пород во время объедания.

Для того чтобы достоверно оценить изменение прироста различных пород в годы объедания, необходимо сравнить прирост на пробах с контролем. Данные измерений были обработаны статистически с применением критерия Стьюдента, что позволило установить границы доверительного интервала, то есть степень достоверности отличия колебания прироста на пробах от контроля. Результаты приведены в табл. 2. Жирной чертой обведены данные, характеризующие годы объедания.

Таблица 2

№ пробы	Породы	Прирост по площади сечения отдельных пород и всего насаждения (% от контроля) по годам			
		1960	1961	1962	1963
1	Дуб . . . . .	98 ± 6	109 ± 6	74 ± 5	46 ± 3
	Ясень . . . . .	102 ± 7	118 ± 8	118 ± 8	121 ± 9
	Клен обыкновенный	86 ± 8	65 ± 6	78 ± 7	128 ± 12
	Клен полевой	81 ± 14	81 ± 14	83 ± 15	277 ± 50
	Я+К+К.п	95,5 ± 6	100 ± 6	103 ± 6	120 ± 7
	Общий прирост на пробе	100 ± 6	118 ± 7	94 ± 6	87 ± 5
2	Дуб . . . . .	86 ± 6	90 ± 7	49 ± 4	28 ± 2
	Ясень . . . . .	94 ± 7	107 ± 8	106 ± 7	110 ± 8
	Клен обыкновенный	118 ± 14	114 ± 11	135 ± 12	222 ± 18
	Клен полевой . . . . .	99 ± 14	99 ± 14	123 ± 22	430 ± 72
	Я+К+К.п . . . . .	99 ± 6	102 ± 7	112 ± 7	148 ± 9
	Общий прирост на пробе . . . . .	93 ± 5	93 ± 5	69 ± 4	52 ± 3
3	Дуб . . . . .	91 ± 7	91 ± 7	54 ± 3	35 ± 2
	Ясень . . . . .	95 ± 7	121 ± 9	133 ± 10	138 ± 10
	Клен обыкновенный	113 ± 11	117 ± 11	154 ± 14	252 ± 23
	Клен полевой . . . . .	108 ± 17	193 ± 35	93 ± 16	313 ± 53
	Я+К+К.п . . . . .	98 ± 6	120 ± 7	139,5 ± 8	163,5 ± 10
	Общий прирост на пробе . . . . .	97 ± 6	107 ± 6	93 ± 5	76 ± 4
4	Дуб . . . . .	91 ± 7	89 ± 6	54 ± 4	42 ± 3
	Ясень . . . . .	113 ± 8	124 ± 9	128 ± 9	133 ± 10
	Клен обыкновенный	92 ± 8	114 ± 11	152 ± 14	250 ± 23
	Клен полевой . . . . .	120 ± 21	120 ± 21	130 ± 23	450 ± 80
	Я+К+К.п . . . . .	108 ± 7	119 ± 7	131 ± 7	152 ± 9
	Общий прирост на пробе . . . . .	101 ± 6	107 ± 6	95 ± 5	81 ± 5

В первый год объедания дуб теряет прирост незначительно (от 9 до 26%), в зависимости от погодных условий и степени объедания. На второй год потери значительно больше (около 50%). На третий год дуб теряет 60—70% прироста по сравнению с контролем. В то же время ясень, находящийся в одном ярусе с дубом, увеличивает прирост на различных пробах по-разному, что зависит, очевидно, от полноты и степени угнетения его дубом (в среднем от 110 до 140%). Прирост возрастает в течение второго и третьего годов существования очага, но незначительно.

Более резко увеличивают прирост породы, преимущественно находящиеся во втором ярусе, в частности, клены остролистный и полевой.

Если в первый год объедания повышение прироста незначительно или даже не наблюдается совсем, то на третий год он увеличивается в 3—4 раза, а порою и более по сравнению с контролем.

В реакции отдельных пород второго яруса в разные годы и на разных площадях наблюдается значительное разнообразие, что, вероятно, связано с усиленной конкуренцией отдельных пород за избыток света. Более закономерно изменяется суммарный прирост всех неповреждаемых пород, который плавно увеличивается со 110—120% в первый год объедания до 150—160% по сравнению с контролем на третий год существования очага.

Несмотря на то, что дуб занимает господствующее положение на пробах, потерю его прироста в значительной степени компенсирует прирост сопутствующего ясеня и подлеска. Благодаря этому в первый год полного объедания смешанное насаждение в большинстве рассматриваемых случаев не уменьшает общего прироста, и имеется некоторая, правда незначительная, тенденция к его увеличению по сравнению с контролем (пробы 3,4 — 1961 г.). На второй и третий годы прирост дуба уменьшается значительно, что влечет за собой падение общего прироста на пробе. Однако если на пробе 3 на второй год объедания дуб потерял около 50% прироста, то вся проба — не более 5—10%. Примерно та же картина наблюдается и на других пробах. Даже на третий год объедания прирост на пробах 3—4 упал не более, чем на 20—30%, тогда как преобладающий по составу дуб (состав 7ДЗЯс) потерял 60% прироста. На пробе 2 с менее благоприятным составом (8Д2Яс) степень компенсации меньше, но и здесь дуб потерял 72% прироста, в то время как все насаждения — только 48%.

Таким образом, увеличение прироста сопутствующих пород весьма существенно компенсирует потери от объедания главной породы. Это необходимо учитывать при решении вопроса о целесообразности истребительных мероприятий в смешанных насаждениях, а также при проектировании смещения культур и регулировании состава и полноты при рубках ухода. В данной статье не рассмотрен вопрос о том, как степень компенсации потери прироста зависит от состава и полноты насаждения, но, очевидно, возможно определить тот оптимальный состав, при котором потери от объедания будут минимальными.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Э. Н. Фалалеев. Естественное возобновление пихтовых лесов, поврежденных сибирским шелкопрядом. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1960. [2]. A. W. Chent. Mortality of overstory trembling aspen in relation of outbreaks of the forest tent caterpillar and spruce budworm. Ecology, v. 39, № 2, 1958. [3]. S. Collins. Benefits to understory from canopy defoliation by gypsy moth larvae. Ecology, v. 42, № 4, 1961. [4]. D. P. Duncan, A. C. Hodson. Influence of the forest tent caterpillar upon the aspen forests of Minnesota. For. Science, v. 4, № 1, 1958.

Поступила в редакцию  
26 июня 1965 г.

УДК 634.0.37

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

ОБОСНОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПОЛОС ДВИЖЕНИЯ  
НА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГАХ

Б. А. ИЛЬИН

Доцент, кандидат технических наук

(Всесоюзный заочный лесотехнический институт)

На вывозке леса используют как двухпутные (с двумя полосами движения), так и однопутные (с одной полосой) автомобильные дороги, причем, как правило, в пределах одной и той же лесотранспортной сети имеются дороги обоих типов. Например, магистральный путь сети часто имеет двухполосную проезжую часть, а ветки и усы — однополосную.

При небольшом объеме вывозки леса магистральные пути строят с одной полосой движения, что обеспечивает возможность значительного снижения капиталовложений на постройку дороги. Для пропуска встречных машин и автопоездов устраивают разъезды в пределах видимости, но обычно не реже чем через 300 м. На таком расстоянии хорошо виден ожидающий автомобиль, а время ожидания невелико, так как 300 м автопоезд проходит в среднем за 1—1,5 мин. На ветках либо также устраивают разъезды, либо их прокладывают по кольцевой схеме путей с односторонним движением, и поэтому разъезды не требуются.

Магистральные пути лесовозных дорог с числом полос более двух не проектируют, так как пропускная способность двухполосной дороги достаточно велика, чтобы обеспечить освоение любого, в практически возможных пределах, грузооборота.

Рассмотрим вопрос об определении размеров грузооборота, при которых целесообразен переход от однопутной магистральной дороги (с разъездами) к двухпутной.

Однополосные дороги, наряду со снижением стоимости строительства путей лесотранспорта, характерны также некоторым уменьшением производительности лесовозных машин за счет увеличения времени, затрачиваемого на рейс в связи с ожиданием встречных машин на разъездах.

Таким образом, снижение капиталовложений в данном случае сопровождается ростом эксплуатационных расходов.

Из этого следует, что условие выгодности варианта применения однопутного магистрального пути взамен двухпутного может быть выражено следующим неравенством:

$$C_0 - C_d \leq E_0 (K_d - K_0),$$

где  $K_d$  и  $K_0$  — капиталовложения на постройку двухпутной и однопутной дороги;

$C_d$  и  $C_o$  — годовые эксплуатационные расходы по вывозке древесины;

$E$  — нормативный коэффициент сравнительной эффективности.

Для установления величины  $\Delta C = C_o - C_d$ , представляющей собой полную стоимость простоев автопоездов на разездах в ожидании встречных машин, примем, что древесину вывозят по дороге, длина магистрали которой равна  $L$  км, средняя техническая скорость движения

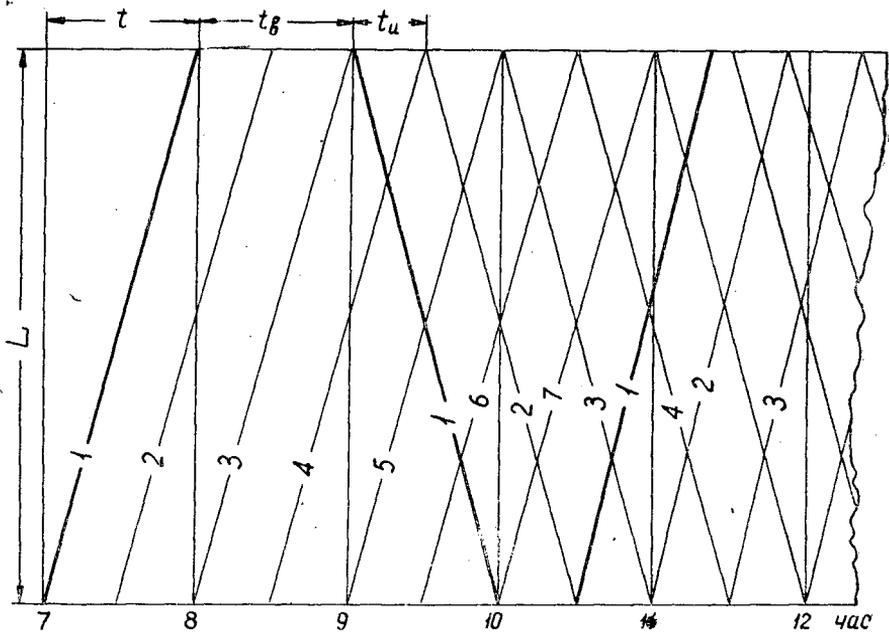


Рис. 1. Условный график движения лесовозных автомобильных поездов на дороге с одной полосой движения.

$v$  км/час, объем суточной вывозки  $Q_{сут}$  и время пребывания машины на ветках и усах (в обоих направлениях)  $t_v$  час (рис. 1). При этом число машино-рейсов за сутки

$$N = \frac{Q_{сут}}{Q_{пол}} = \frac{Q_r}{T \cdot Q_{пол}},$$

где  $Q_{пол}$  — полезная нагрузка на рейс;

$Q_r$  — объем вывозки за год;

$T$  — расчетное число рабочих дней в году.

Средний интервал времени между автопоездами одного направления на дороге

$$t_n = \frac{z T_d}{N} \text{ час},$$

где  $T_d$  — продолжительность рабочей смены, час;

$z$  — число рабочих смен.

Количество автопоездов, одновременно находящихся на магистрали (для каждого направления),

$$m = \frac{t}{t_n} = \frac{LN}{vT_d z},$$

где  $t$  — время хода автопоезда в одном направлении, час.

Если автопоезд выедет, например, с пункта погрузки леса на нижний склад, то на своем пути он встретит  $m - 1$  машин, уже находящихся на линии, и еще  $m$  машин (так как  $\frac{t}{t_n} = m$ ), которые выедут с нижнего склада за время его движения, а всего будет иметь  $2m - 1$  встреч.

Таким образом, общее число встреч для одного автопоезда за рейс

$$M_0 = 2(2m - 1).$$

При  $N$  машино-рейсов за сутки общее число встреч будет примерно равным

$$M' \approx 2N(2m - 1). \quad (2)$$

Однако, как видно из рис. 1, такой расчет дает преувеличенное количество встреч, так как в начале и конце рабочего дня все машины, находящиеся на линии, движутся в одном направлении и за это время не встречаются. Первая встреча автомобилей произойдет в начале рабочего дня лишь в то время, когда начнут возвращаться из леса груженные автопоезда и выезжать с веток и усов на магистраль. Из рис. 1 также видно, что и в начале и в конце смены не будут иметь встреч  $n_1$  машино-рейсов, причем

$$n_1 = \frac{t_b}{t_n}.$$

Кроме того, некоторое количество машино-рейсов будет иметь лишь частичные встречи за период, равный  $t = \frac{L}{v}$  час, в первой половине рабочего дня (на рис. 1 с  $8\frac{1}{2}$  до  $9\frac{1}{2}$  час. утра) и за такое же время во второй половине. За это время каждая машина будет иметь в среднем лишь  $2m - 1$  встреч (в обоих направлениях).

Такое количество встреч будут иметь  $n_2$  машино-рейсов

$$n_2 = \frac{t}{t_n} = m.$$

Таким образом,

$$\begin{aligned} M &= 2(2m - 1)(N - n_1 - n_2) + n_2(2m - 1) = \\ &= \frac{2N}{zT_d} \left( \frac{2NL}{vT_d z} - 1 \right) \left( T_d z - t_b - \frac{L}{2v} \right) \text{ встреч.} \end{aligned} \quad (3)$$

Последнее выражение целесообразно несколько упростить следующим образом.

Сравнивая значения  $M'$  и  $M$  по формулам (2) и (3), можно написать, что

$$M = M'K_{\text{сн}} = 2NK_{\text{сн}}(2m - 1), \quad (3')$$

где  $K_{\text{сн}}$  — коэффициент снижения, равный

$$K_{\text{сн}} = 1 - \left( \frac{t_b}{T_d z} + \frac{L}{2vT_d z} \right). \quad (4)$$

Если принять, например,  $t_{\text{в}} = 1$  час;  $L = 25$  км;  $v = 22$  км/час;  $T_{\text{д}} = 7$  час;  $z = 2$  смены, то  $K_{\text{сн}} = 0,89$ , а при односменной работе  $K_{\text{сн}} = 0,77$ . С округлением можно принять  $K_{\text{сн}} = 0,8 \div 0,9$ .

Теперь можно определить общую потерю времени при встречах на разъездах в течение года

$$T_{\text{пот}} = \frac{\alpha M t_{\text{пр}} T}{60} = \frac{\alpha Q_{\text{г}} K_{\text{сн}} t_{\text{пр}}}{30 Q_{\text{пол}}} \cdot \left( \frac{2 Q_{\text{г}} L}{T Q_{\text{пол}} v T_{\text{д}} z} - 1 \right) \text{ час/год}, \quad (5)$$

где  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий движение хозяйственного и прочего транспорта;

$t_{\text{пр}}$  — время простоя при встрече на разъезде (с учетом некоторого снижения скоростей движения на однополосных дорогах  $t_{\text{пр}} = 2-3$  мин);

$T$  — число рабочих дней в году.

Например, при  $Q_{\text{г}} = 100000$  м<sup>3</sup> в год;  $\alpha = 1,2$ ;  $K_{\text{сн}} = 0,9$ ;  $Q_{\text{пол}} = 15$  м<sup>3</sup>;  $L = 25$  км;  $T = 285$  дн.;  $z = 2$  смены;  $T_{\text{д}} = 7$  час;  $v = 22$  км/час;  $t_{\text{пр}} = 2$  мин величина простоев за год  $T_{\text{пот}} = 1550$  час.

Рассматривая формулу (5), можно установить, что на общую величину простоев машин на разъездах при встречах очень большое влияние оказывает грузооборот дороги. При росте грузооборота в 2 раза количество простоев увеличивается больше, чем в квадрате (в приведенном примере — в 4,6 раза).

Из этого следует, что однопутные дороги выгоднее применять при сравнительно небольшом грузообороте. Такое же большое, но обратное влияние оказывает и полезная нагрузка, при росте которой резко уменьшается количество простоев.

Зная общую величину простоев  $T_{\text{пот}}$ , нетрудно определить и разницу в эксплуатационных затратах на вывозку леса по однопутной и двухпутной дороге

$$\Delta C = C_{\text{о}} - C_{\text{д}} = T_{\text{пот}} M_{\text{час}},$$

где  $M_{\text{час}}$  — стоимость 1 машино-часа автопоезда, со всеми накладными расходами, с учетом зарплаты водителя, руб.

Разница в капиталовложениях на постройку двухпутной и однопутной дороги зависит в основном от экономии на земляных работах, в связи с уменьшением ширины земляного полотна, и на постройке дорожной одежды, вследствие уменьшения ширины проезжей части однопутной дороги.

Эту разницу капиталовложений можно выразить следующим равенством:

$$\Delta K = K_{\text{д}} - K_{\text{о}} = 1000L (B_{\text{д}} - B_{\text{о}}) (\alpha H_{\text{ср}} + \gamma b) \text{ руб.},$$

где  $L$  — длина дороги, км;

$B_{\text{д}}$  и  $B_{\text{о}}$  — ширина земляного полотна двухпутной и однопутной дороги, м;

$H_{\text{ср}}$  — средняя рабочая отметка (определяется по продольному профилю), м;

$\alpha$  — стоимость постройки 1 м<sup>3</sup> насыпи с учетом ее отсыпки, уплотнения, планировки и т. п., руб.;

$b$  — стоимость постройки 1 м<sup>2</sup> дорожной одежды, с учетом всех видов работ, выполняемых по сооружению принятого типа одежды, руб.;

$\mu$  — коэффициент, учитывающий дополнительные работы по постройке развязок на однопутных дорогах ( $\mu = 0,9$ );  
 $\gamma$  — коэффициент, учитывающий некоторое увеличение толщины дорожной одежды на однопутных дорогах по сравнению с двухпутными ( $\gamma = 0,8$ ).

Подставив значения  $\Delta C$  и  $\Delta K$  в основное неравенство (1), определяющее пределы эффективного применения однопутных дорог, получаем

$$\frac{\alpha K_{\text{сн}} t_{\text{пр}} M_{\text{час}}}{30 Q_{\text{пол}}} \left( \frac{2 Q_{\text{г}} L}{T Q_{\text{пол}} v T_{\text{д}} z} - 1 \right) = 1000 L E_0 (B_{\text{д}} - B_0) (a H_{\text{ср}} + \gamma b) \mu \text{ руб.}$$

Из этого равенства можно найти величину «критического» грузооборота дороги, при котором целесообразно переходить от однопутной дороги к двухпутной. Для этого необходимо решить квадратное уравнение вида

$$p Q_{\text{г}}^2 - q Q_{\text{г}} - r = 0, \quad (6)$$

где

$$p = \frac{\alpha K_{\text{сн}} t_{\text{пр}} M_{\text{час}} L}{15 Q_{\text{пол}}^2 v T_{\text{д}} z T} \text{ руб./м}^6; \quad (7)$$

$$q = \frac{\alpha K_{\text{сн}} t_{\text{пр}} M_{\text{час}}}{30 Q_{\text{пол}} T} \text{ руб./м}^3; \quad (8)$$

$$r = 1000 L E_0 (B_{\text{д}} - B_0) (a H_{\text{ср}} + \gamma b) \mu \text{ руб.} \quad (9)$$

Решая квадратное уравнение (6), получаем

$$Q_{\text{г}} = \frac{q + \sqrt{q^2 + 4pr}}{2p} \text{ м}^3/\text{год.} \quad (10)$$

*Пример определения критического грузооборота дороги.* Примем следующие данные:  $\alpha = 1,2$ ;  $K_{\text{сн}} = 0,9$ ;  $M_{\text{час}} = 4,3$  руб./час;  $t_{\text{пр}} = 2$  мин;  $L = 25$  км;  $Q_{\text{пол}} = 20$  м<sup>3</sup>;  $v = 22$  км/час;  $T = 285$  дн.;  $T_{\text{д}} = 7$  час;  $z = 2$  смены;  $E_0 = 0,2$ ;  $B_{\text{д}} = 8$  м;  $B_0 = 4,5$  м;  $a = 0,5$  руб./м<sup>3</sup>;  $H_{\text{ср}} = 1,2$  м;  $\gamma = 0,8$ ;  $b = 1$  руб./м<sup>2</sup> и  $\mu = 0,9$ .

Определяем значения  $p$ ,  $q$  и  $r$ :

$$p = 0,49 \cdot 10^{-6} \text{ руб./м}^6;$$

$$q = 0,54 \cdot 10^{-3} \text{ руб./м}^3;$$

$$r = 22000 \text{ руб.}$$

Искомая величина

$$Q_{\text{г}} = 209000 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Учитывая, что величина  $q$  невелика по сравнению с  $r$ , можно принять ее равной нулю и тогда, с некоторым приближением, можно получить, что

$$Q_{\text{г}} \approx \sqrt{\frac{r}{p}} = 122,5 Q_{\text{пол}} \sqrt{\frac{E_0 (B_{\text{д}} - B_0) (a H_{\text{ср}} + \gamma b) \mu v T T_{\text{д}} z}{\alpha K_{\text{сн}} t_{\text{пр}} M_{\text{час}}}} \text{ м}^3/\text{год.} \quad (10')$$

Если подставить данные из приведенного примера в эту формулу, получаем  $Q_{\text{г}} = 212000$  м<sup>3</sup>/год. Разница, как видно, незначительна.

Таким образом, при годовом грузообороте дороги менее 210 тыс. м<sup>3</sup>/год целесообразно пользоваться однопутной дорогой.

Из выражений (10) и (10') можно сделать вывод, что на величину предельного грузооборота, при котором целесообразно использование однопутных дорог, больше всего влияет размер полезной нагрузки на рейс. Например, при  $Q_{\text{пол}} = 10 \text{ м}^3$  размер предельного грузооборота при прочих равных условиях снизится в 2 раза, то есть до 100 тыс.  $\text{м}^3/\text{год}$ .

Значительное влияние имеет и средняя техническая скорость движения автопоездов, при росте которой увеличивается размер предельного грузооборота.

При удорожании строительства двухпутной дороги по сравнению с однопутной, определяемой величиной  $aH_{\text{ср}} + \gamma b$ , размер предельного грузооборота возрастает.

При решении вопроса о выборе варианта лесовозной дороги, кроме эффективности капитальных затрат, необходимо учитывать также и другие факторы.

Например, если намечена вывозка леса в зимнее время на санном прицепном составе с устройством колеяного ледяного покрытия, то в этом случае следует проектировать двухпутную магистраль, даже и в том случае, если ее расчетный грузооборот будет меньше величины, определенной неравенством (10). То же самое следует сделать и в том случае, когда ожидается значительное движение по дороге автомобилей колхозов, совхозов и других местных организаций и предприятий.

---

Поступила в редакцию  
26 марта 1964 г.

УДК 634.0378

## ХРАНЕНИЕ ЗИМНЕГО ЗАПАСА ДРЕВЕСИНЫ НА ВОДЕ

С. Н. УСОВ

Научный сотрудник

(Свердловский НИИ лесной промышленности)

Цель настоящей работы — определить наиболее эффективный способ поддержания части акватории рейда лесовыгружающего предприятия в незамерзающем состоянии, установить необходимый размер теплопритока, компенсирующего теплопотери с открытой водной поверхности, выбрать источник и способ подачи тепла к ней и найти необходимые для этого условия.

Наиболее эффективным способом создания незамерзающих акваторий на непроточных и слабопроточных глубоких водоемах является подъем придонной более теплой воды с помощью пузырьков воздуха, выпускаемых из отверстий в трубопроводе, уложенном на дне или на некотором расстоянии от него.

Условие незамерзаемости водной поверхности описывается уравнением

$$\Theta > S, \quad (1)$$

где  $\Theta$  — теплоприток к единице поверхности водоема,  $T\text{кал}/\text{м}^2\text{ час}$ ;  
 $S$  — теплопотери с единицы открытой водной поверхности,  $T\text{кал}/\text{м}^2\text{ час}$ .

Величина теплопритока

$$\Theta = \frac{3600 \cdot Q \cdot t \cdot m \cdot \rho \cdot \alpha}{f}, \quad (2)$$

где  $Q$  — расход воды в восходящем потоке,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;  
 $t$  — температура воды в восходящем потоке;  
 $m$  — теплоемкость поднимаемой на поверхность воды;  
 $\rho$  — объемный вес воды по данной температуре,  $T/\text{м}^3$ ;  
 $\alpha$  — коэффициент полезного использования тепла воды;  
 $f$  — площадь незамерзающей акватории, отнесенная к одному восходящему потоку.

Из уравнений (2) и (1) следует, что

$$Q = \frac{\Theta \cdot f}{3600 \cdot t \cdot m \cdot \rho \cdot \alpha} > \frac{S \cdot f}{3600 \cdot t \cdot m \cdot \rho \cdot \alpha}. \quad (3)$$

Величину теплопритока (теплопотерь) определяют по методике, разработанной в Государственном гидрологическом институте [4]. Величины  $f$  и  $t$  назначают, исходя из местных условий. Таким образом, в данном уравнении неизвестны две величины: 1) расход воды в восходя-

щем потоке и его зависимость от расхода воздуха и других факторов; 2) величина коэффициента полезного использования тепла поднятой на поверхность воды. Величина коэффициента  $\alpha$  может быть определена путем подстановки в уравнение (4) данных, полученных из опыта,

$$\alpha \geq \frac{S \cdot f}{3600 \cdot Q \cdot t \cdot m \cdot \rho} \quad (4)$$

По данным наших наблюдений, эта величина в широком диапазоне изменения других величин оказалась постоянной и равной в среднем 0,031.

Определение величины расхода воды в зависимости от расхода воздуха и других факторов — задача более сложная. В настоящее время нет каких-либо указаний для установления этой зависимости, кроме приближенной теории подъема придонных вод с помощью пузырьков воздуха, разработанной И. М. Коноваловым [2]. Последующие работы Б. С. Бородкина [1], В. В. Баланина [3] и др. подтверждают правильность этой теории, но не дают решения задачи для отдельного воздуховыпускного отверстия, а применение сплошной воздуховыпускной щели годится пока только для теоретических предпосылок, но не для практических рекомендаций.

И. М. Коновалов [2], исходя из методики, развитой Тольмиеном при исследовании свободных струй жидкостей и газов, использовал общее дифференциальное уравнение для плоского потока

$$\frac{\partial (u)^2}{\partial (x)^2} = a_1^2 \frac{\partial^2 (u)^2}{\partial y^2}, \quad (5)$$

где  $a_1$  — постоянная величина;

$x$  — расстояние от воздуховыпускного отверстия;

$u$  — скорость попутного потока.

Полагая, что воздух, нагнетаемый в трубы, уложенные на дне водоема, выпускается через сплошную щель по всей длине трубы, он пришел к следующей зависимости:

$$Q = k \cdot C \cdot \sqrt[3]{q}, \quad (6)$$

где  $Q$  — расход воды на 1 пог. м длины трубопровода,  $\text{м}^3/\text{сек. пог. м}$ ;

$q$  — расход воздуха,  $\text{м}^3/\text{сек пог. м}$  длины трубопровода;

$k$  — эмпирический коэффициент, равный по рекомендации И. М. Коновалова в первом приближении 0,78;

$$C = H \cdot \sqrt{\frac{10 + H}{H} \ln \left( 1 + \frac{H}{10} \right)}, \quad (7)$$

здесь  $H$  — глубина погружения воздуховода, м.

Анализируя зависимость (6), можно видеть, что расход воды прямо пропорционален глубине, так как  $C \equiv H$ . Для увеличения расхода воды в два раза необходимо увеличить или глубину примерно в два раза или расход воздуха в 8 раз. Таким образом, влияние этих факторов на расход воды далеко не одинаково. Поскольку расход воздуха является основным фактором, определяющим стоимость (эффективность) поддержания акватории в незамерзающем состоянии, и в то же время малозффективным средством повышения расхода воды, то к назначению, выбору его величины необходимо подходить осторожно. Второй вывод из анализа уравнения (6) напрашивается из рассмотрения влияния глубины, откуда следует, что эффективность данного способа и экономичность установки возрастает с увеличением глубины погружения.

воздуховода. К тому же с возрастанием глубины повышается и температура воды, что также улучшает экономичность работы установки, так как позволяет при значительно меньшем расходе воздуха обеспечить такой же размер теплопритока.

Для определения зависимости расхода воды для отдельно стоящих воздуховыпускных отверстий, что практически необходимо, данная теория не пригодна, но в ней есть предпосылки, позволяющие найти необходимую зависимость. Так, заменив, без внесения сколько-нибудь значительной погрешности, уравнение (7) уравнением  $C = 1,14 \cdot H$  и подставив эту величину в уравнение (6), получаем

$$Q = k \cdot 1,14H \cdot \sqrt[3]{q}. \quad (8)$$

Предполагая, что характер влияния глубины и удельного расхода воздуха не зависит от формы воздуховыпускного отверстия, можно записать для случая выпуска воздуха через отдельно стоящее отверстие

$$Q_{\text{п}} = A \cdot H \cdot \sqrt[3]{q}, \quad (9)$$

где  $A$  — коэффициент, величину которого определяют из опыта путем решения уравнения

$$A = \frac{Q_{\text{п}}}{H \cdot \sqrt[3]{q_0}}, \quad (10)$$

здесь  $Q_{\text{п}}$  — полный расход воды в восходящем потоке,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;

$q_0$  — полный расход воздуха через отверстие,  $\text{м}^3/\text{сек}$ .

В проведенных нами экспериментах был определен расход воды и воздуха. После многократного замера величины скоростей по всему сечению потока по их средним значениям строят эпюры расхода воды, одна из которых приведена на рис. 1. Площадь эпюры, умноженная на длину окружности с радиусом, равным расстоянию от оси восходящего потока до места, в котором сформировался горизонтальный поток, рав-

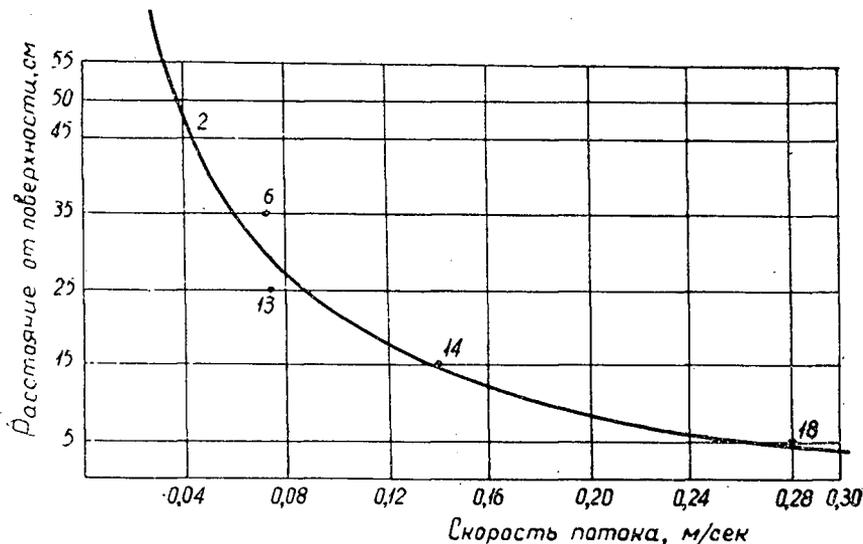


Рис. 1. Эпюра скоростей течения воды в горизонтальном потоке (по данным 53 замеров) при глубине погружения воздуховода  $H = 14,6$  м и удельном расходе воздуха  $q = 0,000333$   $\text{м}^3/\text{сек}$  пог. м.

на полному расходу воды в восходящем потоке. Непосредственный замер вертикальных скоростей и сечений восходящего потока невозможен из-за малого и переменного сечения и «блуждания» его вокруг своей оси.

Для всех случаев замера, при глубинах от 6 до 14,7 м и расходах воздуха от 0,00083 до 0,00333 м<sup>3</sup>/сек через одно воздуховыпускное отверстие, величина радиуса окружности по данным наблюдений 1,5 м. Таким образом, полный расход воды в восходящем потоке составил

$$Q_n = 2\pi R \cdot F = 2\pi \cdot 1,5F = 9,42F, \quad (11)$$

где  $F$  — площадь эпюры, м<sup>2</sup>/сек.

Подставив величины, полученные из расчета по уравнению (11), в уравнение (10), мы выяснили, что никакой зависимости коэффициента  $A$  от глубины водоема (погружения трубопровода) и расхода воздуха не наблюдается и что средняя величина коэффициента  $A$  при 5%-ной точности с 95%-ной вероятностью не выходит за пределы 0,0254—0,0284 и составляет в среднем  $A_{cp} = 0,0269$ .

Отсюда полный расход воды

$$F = 0,0269 \cdot H \cdot \sqrt[3]{q_0}; \quad (12)$$

$$Q_n = 0,254 \cdot H \cdot \sqrt[3]{q_0}. \quad (12')$$

Вместе с тем при наблюдениях было установлено, что с увеличением расстояния от оси воздуховода и толщины льда расход воды уменьшается, вследствие трения горизонтального потока о нижележащие слои воды и возникающих при этом завихрений. Для оценки количественного влияния толщины льда и расстояния от оси воздуховода на расход воды были рассчитаны эмпирические уравнения

$$F = 0,00742 \cdot H + 44,865q - 0,00848l - 0,0465; \quad (13)$$

$$F = 0,00274 \cdot H + 55,12 \cdot q - 0,0111, \quad (14)$$

где  $F$  — площадь эпюры расхода воды, м<sup>2</sup>/сек;  
 $H$  — глубина водоема (погружения воздуховода), м;  
 $q$  — удельный расход воздуха, м<sup>3</sup>/сек пог. м;  
 $l$  — расстояние от оси воздуховода, м.

Уравнение (13) было рассчитано для  $H = 11—14,7$  м и  $q = 0,000166 \div 0,000666$  м<sup>3</sup>/сек пог. м или  $q_0 = 0,001165 \div 0,0033$  м<sup>3</sup>/сек через одно воздуховыпускное отверстие. Отверстия располагались обычно через 5—10 м.

Уравнение (14) было рассчитано для тех же условий с тем, чтобы исключить влияние расстояния от оси воздуховода до точки замера.

По уравнению (13) определяли возможную ширину незамерзающей акватории  $l$  как дальность распространения потока.

Результаты сравнительного расчета по уравнениям (12) и (14) и средние данные наблюдений приведены на рис. 2. Но эти уравнения не учитывают влияние толщины льда, поэтому была найдена эмпирическая зависимость

$$C = \frac{F_{\delta=0}}{F_{\delta=i}} = 1 - 0,00593 \cdot \delta. \quad (15)$$

Решая уравнение (13) и (15) относительно  $l$  и  $\delta$

$$b = \frac{F_{l=1,5}}{F_{l=i}} = \frac{0,00742 \cdot H + 44,865 \cdot q - 0,00848 \cdot 1,5 - 0,0465}{0,00742 \cdot H + 44,865 \cdot q - 0,00848 \cdot l_i - 0,0465} \quad (16)$$

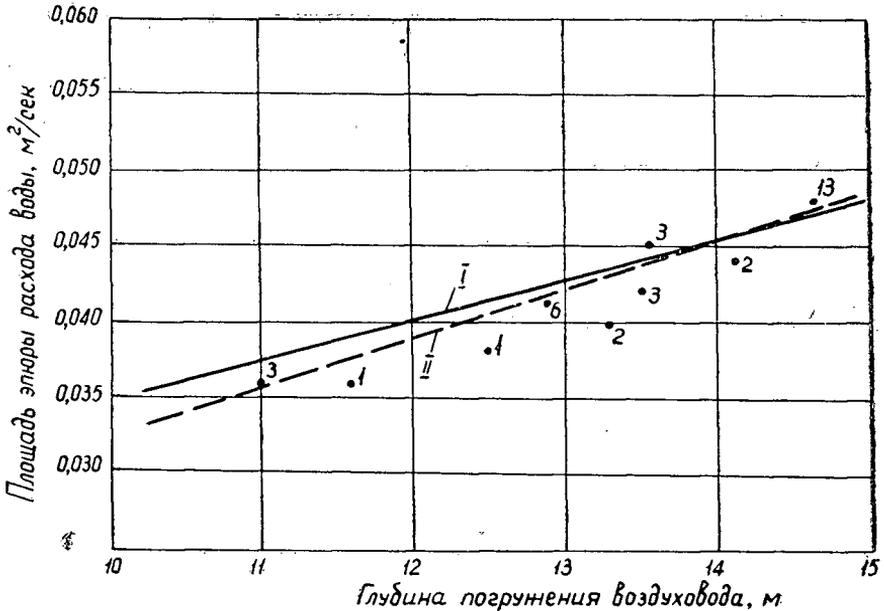


Рис. 2. График зависимости площади эпюры расхода воды от глубины погружения воздуховода при  $q = 0,000333 \text{ м}^3/\text{сек} \cdot \text{пог. м}$ .

$$I - F = 0,00274H + 55,1q - 0,0111; \quad II - F = 0,0467H \sqrt[3]{q}.$$

и определяя поправочные коэффициенты (коэффициенты приведения к  $l = 1,5$  и  $\beta = 0$ ), мы установили, что с 5%-ной точностью и с 95%-ной вероятностью  $A_{\text{ср. прив}} = 0,0309 \div 0,0341$  и составляет в среднем

$$A_{\text{ср. прив}} = \frac{A_i}{b \cdot c} = 0,0325. \quad (17)$$

Таким образом,

$$Q_{\text{п. прив}} = A_{\text{ср. прив}} \cdot H \cdot \sqrt[3]{q}. \quad (18)$$

Расчет полного расхода воды в восходящем потоке по уравнению (18) дает более близкий к истине результат и, очевидно, с достаточной точностью. Соотношение расхода воды и расхода воздуха может быть определено из уравнения (18)

$$\frac{Q_{\text{п. прив}}}{q_0} = \frac{0,306 \cdot H}{\sqrt[3]{q_0^2}}, \quad (19)$$

где  $q_0$  — полный расход воздуха через отверстие,  $\text{м}^3/\text{сек}$ .

Результаты расчета по этому уравнению приведены на рис. 3. Из графика видно, что на один объем воздуха в зависимости от глубины и расхода воздуха приходится в данных диапазонах от 100 до 550 объемов воды, что говорит о высокой эффективности данного способа, особенно при больших глубинах и малых расходах воздуха.

С получением настоящей зависимости можно достаточно обоснованно подходить к выбору параметров пневмоустановок для создания незамерзающих акваторий. То, что данные величины были получены в натуральных относительно суровых условиях Восточной Сибири, говорит в их пользу и практически доказывает возможность поддержания аквато-

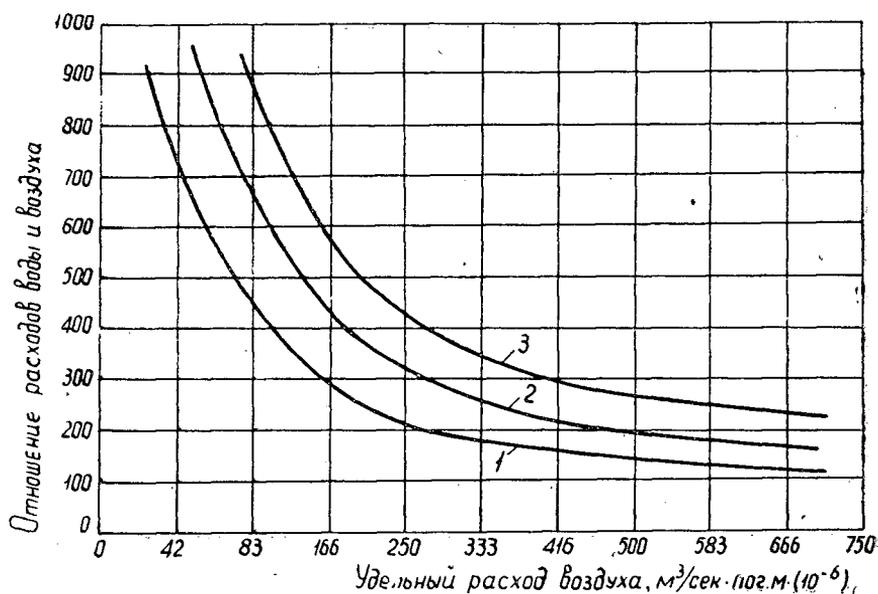


Рис. 3. График зависимости отношения расходов воды и воздуха в зависимости от глубины погружения воздуховода.

1 —  $H = 8$ ; 2 —  $H = 12$ ; 3 —  $H = 16$ .

рий в незамерзающем состоянии достаточно длительный период, определяемый зимним термическим режимом водоема, наличием естественного теплозапаса в нем, изучение которого явилось другой самостоятельной задачей исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. С. Бородин. Защита гидротехнических сооружений от давления льда применением сжатого воздуха. Диссертация, Л., 1956. [2]. И. М. Коновалов. Приближенная теория подъема глубинной воды пузырьками воздуха. Труды Ленинградского института водного транспорта, вып. 18. [3]. И. М. Коновалов, В. В. Баланин. Вопросы продления навигации на внутренних водных путях и возможности круглогодичного движения флота. Журн. «Речной транспорт» № 9, 1959. [4]. В. А. Рышша. Ледовые исследования на реках и водохранилищах. Л., 1959.

Поступила в редакцию  
17 апреля 1964 г.

УДК 634.0.378.2

## ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ФОРМИРОВОЧНОГО МЕХАНИЗМА ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ СЕКЦИИ ПЛОТОВ

Сообщение 2

### ДИНАМИКА ТОРМОЖЕНИЯ ЗАГРУЖЕННОЙ ФОРМИРОВОЧНОЙ РАМКИ

К. А. ЧЕКАЛКИН

Доцент

(Архангельский лесотехнический институт)

Формировочная рамка разворачивает пучки из поперечного, относительно течения, положения в продольное, поэтому торможение загруженной рамки происходит при близких к прямым углах встречи торцевой поверхности ряда пучков с направлением течения.

Исходя из этого, с некоторой, практически весьма незначительной, погрешностью, примем для уравнений гидродинамического момента при торможении [1] угол  $\varphi = \frac{\pi}{2}$ . В этом случае  $P_{2-3} \cdot \cos^2 \varphi = 0$ , а уравнение гидродинамического момента принимает вид

$$M = \zeta_1 T \int_0^b (v_p^2 x - 2v_p \omega x^2 + \omega^2 x^3) dx \quad (1)$$

(все обозначения даны в нашем первом сообщении [1]).

Переменными величинами являются  $x$  и  $\omega$ . Для выяснения влияния переменной скорости на величину гидродинамического момента снова, как и ранее [1], умножим левую и правую части уравнения (1) на  $d\omega$  и, считая, что при бесконечно малом приращении угловой скорости величина гидродинамического момента не изменится, напишем уравнение

$$M \int_{\omega_1}^{\omega_2} d\omega = \zeta_1 T \int_{\omega_1}^{\omega_2} \int_0^b (v_p^2 x - 2v_p \omega x^2 + \omega^2 x^3) dx \cdot d\omega.$$

После интегрирования данного уравнения и разрешения его относительно гидродинамического момента получаем

$$M = r_1 b \left[ \frac{v_p^2}{2} - \frac{v_p b (\omega_2 + \omega_1)}{3} + \frac{b^2 (\omega_2^2 + \omega_1 \omega_2 + \omega_1^2)}{12} \right], \quad (2)$$

где  $r_1 = \zeta_1 T b$ .

При торможении рамки имеем право принять  $\omega_2 = 0$  и  $\omega_1 = \omega$  (где  $\omega$  — переменная угловая скорость промежуточная между скоростью равномерного вращения и нулем). Тогда

$$M = r_1 b \left( \frac{b^2 \omega^2}{12} - \frac{v_p b \omega}{3} + \frac{v_p^2}{2} \right)$$

или

$$M = \frac{r_1 b^3 \omega^2}{12} - \frac{r_1 v_p b^2 \omega}{3} + \frac{r_1 b v_p^2}{2}. \quad (3)$$

При  $v_p = 0$ , как и ранее [1],

$$M = \frac{r_1 b^3 \omega^2}{12}. \quad (4)$$

Рассмотрим вопрос о знаке гидродинамического момента. Ранее [1] было обусловлено, что за положительные моменты принимают моменты, действующие в направлении вращения. При развороте рамки, когда угол  $\varphi$  приближается к прямому, гидродинамический момент может быть как положительным, так и отрицательным. Когда в конце пути равномерного вращения рамки \* момент привода разворота будет положительным (привод работает на тягу), гидродинамический момент будет отрицательным, и наоборот, когда первый отрицателен (то есть он работает на торможение) — второй положительный. Знак момента зависит от соотношения  $v_p$ ,  $\omega$  и  $b$ . Для установления критерия, которым можно оценивать знак гидродинамического момента, поступим следующим образом. Предположим, что при угле встречи скорости течения с лобовой поверхностью ряда пучков рамка разворачивается только под влиянием скорости потока с какой-то пока неизвестной угловой скоростью  $\omega_*$ . Можно утверждать, что момент действия сил потока на рамку при этом равен моменту привода при развороте рамки с той же равномерной угловой скоростью  $\omega_*$ , но при отсутствии скорости потока. Исходя из этого, приравняем уравнения (16) и (18) сообщения I \*\*, подставив в них вместо  $\omega$  и  $\omega_0$  неизвестную нам скорость  $\omega_*$ , и получим уравнение

$$\frac{r_1 b^3 \omega_*^2}{4} - \frac{2r_1 v_p b^2 \omega_*}{3} + \frac{r_1 b v_p^2}{2} = \frac{r_1 b^3 \omega_*^2}{4},$$

откуда

$$\omega_* = \frac{3}{4} \frac{v_p}{b}. \quad (5)$$

Отсюда можно заключить, что если к началу торможения скорость равномерного вращения рамки  $\omega_0 \geq \omega_*$ , то  $M < 0$ , а если  $\omega_0 < \omega_*$ , то  $M > 0$ . При  $v_p = 0$  всегда  $M < 0$ . Для краткости написания обозначим

$$A = \frac{r_1 b^3}{12}; \quad B = \frac{r_1 b^2 v_p}{3} \quad \text{и} \quad M_0 = \frac{r_1 b \cdot v_p}{2}.$$

Тогда уравнение (3) напишется

$$M = A\omega^2 - B\omega + M_0. \quad (6)$$

\* Предполагаем, что торможение рамки должно осуществляться на сравнительно незначительном угле пути.

\*\* При интегрировании уравнения (16) следует считать  $\varphi = \frac{\pi}{2}$  и  $\omega = \omega_* = \text{const}$ .

Последний член правой части данного уравнения  $M_0$  представляет собою момент сил давления потока на загруженную рамку, поставленную нормально к потоку относительно вертикальной оси, идущей через центр вращения, при  $\omega = 0$ .

Исходя из возможных значений гидродинамического момента при торможении загруженной рамки, считая за положительное направление — направление вращения, движение рамки при развороте опишется уравнением динамики

$$I \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -M_n \pm M. \quad (7)$$

Рассмотрим первоначально случай торможения в условиях  $v_p = 0$ . Тогда уравнение (7), с учетом выражения (4) и при

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{d\omega}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \omega \cdot \frac{d\omega}{d\varphi}, \quad (8)$$

принимает вид

$$I\omega \frac{d\omega}{d\varphi} = -M_n - \frac{r_1 b^3 \omega^2}{12}.$$

Разделив переменные и решив уравнение относительно дифференциала угла поворота, найдем величину угла поворота, на котором угловая скорость вращения снижается от  $\omega_0$  (скорость равномерного вращения) до нуля, а именно

$$\varphi = I \int_{\omega_0}^0 \frac{\omega \cdot d\omega}{-(M_n + \frac{r_1 b^3 \omega^2}{12})}.$$

После интегрирования получаем

$$\varphi = \frac{I}{2A} \ln \frac{M_n + A\omega_0^2}{M_n}, \quad (9)$$

где

$$A = \frac{r_1 b^3}{12}.$$

При необходимости нахождения величины момента привода при заданном значении угла торможения  $\varphi$  из уравнения (9) после несложных преобразований получаем формулу

$$M_n = \frac{A\omega_0^2}{e^{\frac{2A\varphi}{I}} - 1}. \quad (10)$$

Перейдем к рассмотрению динамики торможения в условиях  $v_p > 0$ . В том случае, когда  $\omega_0 > \omega_* = \frac{v_p}{b}$ , процесс торможения рамки распадается на два этапа, на первом из которых угловая скорость падает от  $\omega_0$  до  $\omega_*$ , а  $M < 0$  и на втором — от  $\omega_*$  до нуля, а  $M > 0$ .

Тогда уравнение (7) с учетом выражения (6) для первого этапа торможения принимает вид

$$I \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -(M_n + A\omega^2 - B\omega + M_0)$$

или, обозначив

$$C_1 = M_n + M_0, \quad (11)$$

получаем

$$I \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -(A\omega^2 - B\omega + C_1),$$

откуда, с учетом выражения (8), угловой путь торможения на первом этапе

$$\varphi' = I \int_{\omega_0}^{\omega_*} \frac{\omega \cdot d\omega}{-(A\omega^2 - B\omega + C_1)} = I \int_{\omega_*}^{\omega_0} \frac{\omega \cdot d\omega}{A\omega^2 - B\omega + C_1}. \quad (12)$$

Для второго этапа торможения

$$I \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -M_n + A\omega^2 - B\omega + M_0 = A\omega^2 - B\omega - (M_n - M_0)$$

или, обозначив

$$C_2 = M_n - M_0, \quad (13)$$

получаем

$$I \frac{d^2\varphi}{dt^2} = A\omega^2 - B\omega - C_2,$$

откуда угловой путь торможения на втором этапе

$$\varphi'' = I \int_{\omega_*}^0 \frac{\omega \cdot d\omega}{A\omega^2 - B\omega - C_2}. \quad (14)$$

Интегрирование уравнений (12) и (14) осуществляем с использованием табличных интегралов, выбор которых зависит от знака дискриминанта  $\Delta$  знаменателя подынтегрального выражения.

Для первого этапа торможения дискриминант определяется как

$$\Delta_1 = 4AC_1 - B^2. \quad (15)$$

Здесь  $A > 0$ ,  $C_1 > 0$ , поэтому если  $4AC_1 > B^2$ , то  $\Delta_1 > 0$ . Последнее условие напишем в развернутом виде как

$$\frac{4r_1 b^3}{12} \left( M_n + \frac{r_1 b v_p^2}{2} \right) > \left( \frac{r_1 b^2 v_p}{3} \right)^2,$$

откуда получаем условие, при котором  $\Delta_1 > 0$ ,

$$M_n > -\frac{1}{6} r_1 b v_p^2. \quad (16)$$

Нетрудно убедиться, что с учетом необходимости гашения инерционных сил при остановке должно быть обязательно соблюдено условие

$$M_n > M_0.$$

В самом деле, как уже упоминалось выше,  $M_0$  представляет собою момент взаимодействия рамки с потоком, когда она остановится под углом  $90^\circ$  к направлению течения, и, конечно, момент привода  $M_n$  при остановке должен быть больше указанного гидродинамического момента на величину, необходимую на гашение инерционных сил. Следовательно,

$$M_n > \frac{r_1 b v_p^2}{2}.$$

Таким образом, условие (15) соблюдается обязательно и поэтому всегда

$$\Delta_1 > 0.$$

Для второго этапа торможения  $A > 0$  и  $C_2 < 0$  и поэтому

$$\Delta_2 = 4A(-C_2) - B^2 < 0.$$

Интегрирование уравнений (12) и (14), с учетом доказанных знаков дискриминантов, приводит к следующим формулам для определения угловых путей торможения.

Для первого этапа

$$\varphi' = \frac{I}{2A} \left[ \ln \frac{A\omega_0^2 - B\omega_0 + C_1}{A\omega_*^2 - B\omega_* + C_1} + \frac{2B}{\sqrt{\Delta_1}} \left( \operatorname{arctg} \frac{2A\omega_0 - B}{\sqrt{\Delta_1}} - \operatorname{arctg} \frac{2A\omega_* - B}{\sqrt{\Delta_1}} \right) \right].$$

Перепишем ее окончательно следующим образом:

$$\varphi' = \frac{I}{2A} \left[ \ln \frac{A\omega_0^2 - B\omega_0 + C_1}{A\omega_*^2 - B\omega_* + C_1} + \frac{2B}{\sqrt{\Delta_1}} \left( \operatorname{arctg} \frac{B - 2A\omega_*}{\sqrt{\Delta_1}} - \operatorname{arctg} \frac{B - 2A\omega_0}{\sqrt{\Delta_1}} \right) \right]. \quad (17)$$

Для второго этапа торможения

$$\varphi'' = \frac{I}{2A} \left[ \ln \frac{-C_2}{A\omega_*^2 - B\omega_* - C_2} - \frac{2B}{\sqrt{-\Delta_2}} \left( \operatorname{Arth} \frac{-B}{\sqrt{-\Delta_2}} - \operatorname{Arth} \frac{2A\omega_* - B}{\sqrt{-\Delta_2}} \right) \right].$$

Перепишем формулу окончательно в следующем виде:

$$\varphi'' = \frac{I}{2A} \left[ \ln \frac{C_2}{C_2 + B\omega_* - A\omega_*^2} - \frac{2B}{\sqrt{-\Delta_2}} \left( \operatorname{Arth} \frac{B - 2A\omega_*}{\sqrt{-\Delta_2}} - \operatorname{Arth} \frac{B}{\sqrt{-\Delta_2}} \right) \right]. \quad (18)$$

Решение уравнения (17) возможно при условии, если

$$C_2 + B\omega_* - A\omega_*^2 > 0$$

или

$$C_2 > A\omega_*^2 - B\omega_*;$$

$$M_n - M_0 > A\omega_*^2 - B\omega_*.$$

Откуда момент привода при торможении должен быть

$$M_n > M_0 + A\omega_*^2 - B\omega_*. \quad (19)$$

Общий угловой путь торможения является суммой углов первой и второй стадий торможения, то есть

$$\varphi = \varphi' + \varphi''. \quad (20)$$

Уравнения (17) и (18) можно решать только методом подбора таких значений  $M_n$ , при которых суммарный угловой путь торможения не превышал бы 10—12°, ибо упомянутые уравнения выведены для углов встречи торцевой поверхности грани пучков с потоком, близких к прямому.

Необходимо отметить, что путь торможения на первой стадии будет значительно меньше, чем на второй.

В том случае, когда угловая скорость равномерного вращения рамки  $\omega_0$  окажется меньше или равной скорости, определяемой формулой (5), торможение будет происходить в одну стадию, и угловой тормозной путь будет определяться уравнением (18) с заменой в нем угловой скорости  $\omega$  на фактическую скорость равномерного вращения, с которой в данном случае и начнется торможение.

Изложенные в настоящей работе исследования являются основой технического расчета привода механизма для установки пучков в секции плотов.

Полученные теоретические зависимости требуют экспериментальной проверки, что явится следующим этапом наших работ в этой области.

Динамика поперечного перемещения формировочного механизма подобна динамике поперечного перемещения механизма для сортировки пучков [2]. Усилие, требуемое для выталкивания ряда пучков из формировочного механизма в сторону формируемой плотовой секции, может быть рассчитано по методике расчета усилий на разгон пучков в нагнетателе-отсекателе [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. К. А. Чекалкин. Исследования динамики формировочного механизма поточной линии по формированию секций плотов. Сообщение 1. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1965. [2]. К. А. Чекалкин. Исследования по динамике механизмов сортировочного узла поточной линии по формированию секций плотов. Сообщение 1 и 2. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1 и 2, 1965.

---

Поступила в редакцию  
28 апреля 1964 г.

УДК 634.0.848.7

## К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОЛЕТНЫХ КРАНОВ НА ЛЕСОСКЛАДСКИХ РАБОТАХ

*Н. И. ЛЕБЕДЕВ*

Доцент, кандидат технических наук

(Московский лесотехнический институт)

В последние годы лесные склады, лесобиржи и лесоперевалочные базы начали оснащаться высокопроизводительными кабельно-мостовыми и консольно-козловыми кранами различных пролетов и грузоподъемности.

Эти механизмы допускают перемещение по трем координатам склада (подъем и опускание, перемещение в глубину и по фронту склада), благодаря чему один такой механизм может производить весь комплекс погрузочно-перевалочных работ. Оборудование кабельно-мостовых и консольно-козловых кранов специальными грузозахватными устройствами (виброгрейферами, мотор-грейферами, торцевателями и т. д.) для захвата пачек в воде, в накопителях сортировочных устройств или на штабеле позволяет комплексно механизировать лесоскладские работы и исключить ручной труд.

Однако применение на лесных складах кабельно-мостовых и консольно-козловых кранов, работающих в комплексе с продольными сортировочными транспортерами (например, при сортировке сортиментов после разделки хлыстов на нижних складах ЛПХ или рейдов приплава, при поступлении на лесобазу несортированного леса), требует предварительного решения ряда организационно-технических вопросов, от которых в конечном итоге зависит эффективность использования этих механизмов (последовательность размещения подступных мест, штабелей или сортировочных дворики, установление емкости накопителей и сортировочных дворики, определение производительности и установление норм выработки на краны при их работе по той или иной технологической схеме, а также при выполнении комплекса работ).

Производительность продольных сортировочных транспортеров не зависит от взаимного расположения подступных мест вдоль фронта сортировочных работ. Однако взаимное расположение подступных мест влияет на потребляемую транспортером мощность и на коэффициент использования работающих с ним в комплексе кранов. Мощность, потребляемая продольным транспортером, определяется из выражения

$$N = \frac{\Sigma R \cdot v}{75 \cdot \eta},$$

где  $\Sigma R$  — сопротивление движению транспортера.

При постоянной скорости движения цепей транспортера  $v$  потребляемая им мощность будет зависеть от величины сопротивления  $\Sigma R$ .

В каждый период времени, при неизменной длине транспортера,  $\Sigma R$  связано с числом бревен, одновременно находящихся на нем. При расположении сортиментов, имеющих наибольший удельный вес в общем объеме сортировки, в начале фронта сортировки на цепях транспортера по его длине будет находиться меньшее число бревен, а следовательно, сопротивление движению и потребляемая транспортером мощность будут наименьшими. Значит, размещать сортименты вдоль фронта сортировки нужно по принципу минимума грузовых работ. Грузовая работа может быть определена по следующему выражению:

$$A = \Sigma q_i \cdot l_i,$$

где  $q_i$  — объем сортировки отдельных спецификаций сортиментов,  $m^3$ ;  
 $l_i$  — соответствующие им расстояния перемещения лесоматериалов,  $m$ .

При  $l_i \rightarrow \min$  для сортиментов, имеющих наибольший удельный вес,  $A \rightarrow \min$ . Следовательно, подступные места надо размещать в порядке убывания процентного содержания сортиментов в общем объеме сортировки. При таком размещении подступных мест достигается и наилучшее использование кранов, работающих в комплексе с транспортерами.

В этом случае краны, обслуживающие подступные места, в течение смены будут совершать минимум переходов от одного подступного места к другому, а, следовательно, коэффициент их использования как отношение времени полезной работы кранов (за вычетом потерь времени на переходы) к общему сменному времени будет наибольшим.

Чтобы продольные транспортеры, кабельно-мостовые и консольно-козловые краны, работающие в одной поточной линии, использовались эффективно, необходимо соответствие производительности одних механизмов другим. Производительность продольных транспортеров определяется по известной формуле следующего вида:

$$P_{cm} = \frac{n \cdot 7 \cdot 3600 \cdot v \cdot q \cdot \eta}{l + a} \text{ м}^3/\text{смену},$$

где  $n$  — число транспортеров, работающих в комплексе с кабельно-мостовыми и консольно-козловыми кранами;

$l$  — длина бревен;

$a$  — интервал между бревнами на транспортере;

$q$  — средний объем бревна,  $m^3$ ;

$\eta$  — коэффициент использования времени.

При определении производительности кабельно-мостовых и консольно-козловых кранов возникают трудности, связанные с тем, что эти краны, благодаря своей универсальности, в течение определенного периода времени могут быть использованы на самых разнообразных видах лесоперевалочных работ (на схемах накопитель — вагон, накопитель — штабель, штабель — вагон, вода — вагон и т. д.).

Применяемая в настоящее время при проведении расчетов методика определения средневзвешенной производительности этих кранов не учитывает потерь рабочего времени на внутрисменные переходы кранов от одного участка и вида работ к другому. В результате производительность оказывается завышенной по сравнению с фактической.

В связи с этим в расчет необходимо вводить коэффициент, учитывающий потери рабочего времени на внутрисменные перемещения кранов. Тогда формула для определения сменной производительности кабельно-мостовых и консольно-козловых кранов будет иметь следующий вид:

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{7 \cdot 3600 \cdot v}{t} \cdot \eta \cdot \varphi \cdot k,$$

где  $\varphi$  — коэффициент использования грузоподъемности крана;  
 $\eta$  — коэффициент использования рабочего времени;  
 $t$  — время одного цикла;  
 $v$  — средний объем перемещаемых пачек;  
 $k$  — коэффициент использования крана.

Численные значения коэффициента  $k$  можно определить как отношение времени работы крана на одном месте  $T$  к общему времени работы крана  $T_1$ , включая и переходы его от одного участка и вида работ к другому, то есть

$$k = \frac{T}{T_1}.$$

В таком виде формула не раскрывает зависимости коэффициента  $k$  от элементов времени, затрачиваемого на работу, и от других параметров. Зависимость этого коэффициента от названных факторов лучше выражает формула следующего вида:

$$k = \frac{t}{t + \frac{l_n}{v_n} + t_0},$$

где  $t$  — продолжительность цикла при укладке одной пачки (в штабель, в вагон и т. д. без учета времени на переходы крана от одного штабеля к другому), *сек*;  
 $l_n$  — расстояние перехода крана (от одного штабеля или вагона, от накопителя к другому);  
 $v_n$  — скорость перемещения крана;  
 $t_0$  — время на трогание, разгон, остановку крана и на подготовку его для работы на новом месте.

В качестве примера на рис. 1 представлен характер изменения коэффициента  $k$  в зависимости от расстояния перемещения кранов типа ККУ-7,5 и кабельно-мостовых кранов пролетом 100 и 150 м при использовании их на штабелевке из накопителей сортировочных транспортеров. Из рис. 1 видно, что с увеличением расстояния перемещения коэффициент  $k$  резко падает. Следовательно, применение большепролетных кранов, имеющих малую скорость перемещения, в технологических схемах, в которых требуется частая их перестановка, не эффективно. Применение таких кранов нужно ограничивать технологическими схемами, при которых не требуется частая их перестановка в течение смены. Коэффициент использования кранов можно повысить за счет увеличения емкости подступных мест (накопителей) или сортировочных дворишков. Однако чрезмерное увеличение емкости подступных мест требует увеличения высоты эстакад сортировочных транспортеров, а следовательно, и повышения их строительной стоимости.

Для установления оптимальной емкости подступных мест на рис. 2 представлен характер изменения коэффициента  $k$  от емкости (числа пачек) подступного места при постоянном расстоянии перемещения кранов. Из рисунка видно, что с увеличением емкости накопителей коэффициент использования кранов возрастает. Наиболее интенсивный рост  $k$  наблюдается при увеличении емкости подступных мест с одной до четырех пачек. При большем повышении емкости численное значение коэффициента  $k$  растет медленнее. В связи с этим есть основание рекомендовать емкость подступных мест на 3—4 пачки.

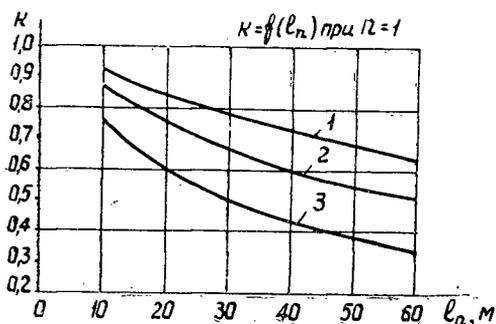


Рис. 1. Изменение коэффициента  $k$  в зависимости от расстояния перемещения кранов при штабелевке из накопителей. 1 — ККУ-7,5; 2 — кран  $L=100$  м; 3 — кран  $L=150$  м.

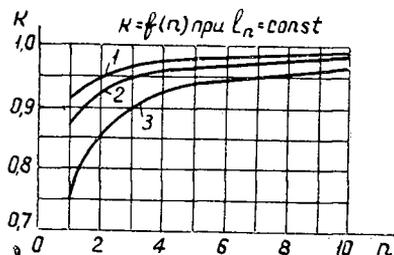


Рис. 2. Изменение коэффициента  $k$  в зависимости от емкости накопителей при работе кранов на штабелевке. Обозначения те же.

При построении графика, представленного на рис. 2, коэффициент  $k$  определяли по формуле

$$k = \frac{n \cdot t}{nt + \left( \frac{l_n}{v_n} + t_0 \right)},$$

где  $n$  — число пачек в одном подстопном месте (накопителе).

При применении консольно-козловых и кабельно-мостовых кранов на погрузке вагонов из штабелей или из накопителей, а также при применении кранов по схемам вода — вагон — штабель (при сортировке лесоматериалов на воде по сортировочным дворикам) методика определения коэффициента использования кранов аналогична.

Можно рекомендовать следующий порядок определения производительности кабельно-мостовых и консольно-козловых кранов, применяемых на складских и лесоперевалочных работах:

1) в соответствии с характером погрузочно-перевалочных работ устанавливают возможные варианты использования кранов;

2) исходя из размеров склада, размещения и емкости подстопных мест (или сортировочных двориков) вдоль фронта сортировки или выгрузки, вычисляют значения коэффициентов  $k$  для каждого варианта технологических схем;

3) с учетом коэффициента использования крана  $k$  находят его производительность для каждого варианта работ;

4) в соответствии с объемами работ по каждому варианту технологических схем вычисляют его средневзвешенную производительность по формуле

$$P_{см} = \frac{P_1 \cdot \sum p_i}{P_1 + p_2 \frac{P_1}{P_2} + p_3 \frac{P_1}{P_3} + \dots + p_n \frac{P_1}{P_n}},$$

где  $p_1; p_2; \dots; p_n$  — доля того или иного вида перевалочно-погрузочных работ от общего сменного объема перевалочных или складских работ, %;

$P_1; P_2; \dots; P_n$  — сменная производительность крана при использовании его на той или иной технологической схеме, м<sup>3</sup>/смену.

УДК 634.0.378.7

## ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ФОРМ ДОННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОПОР

**В. Т. РЕШЕТНИКОВ**

Инженер

**Г. А. МАНУХИН**

Профессор

(Архангельский лесотехнический институт)

Ранее\* мы сообщали о проведении серии сравнительных испытаний донных железобетонных опор. Лабораторные испытания на сборных моделях ставили несколько задач: а) установить влияние отдельных частей донной опоры на величину сопротивления опоры сдвигу; б) определить наиболее выгодное сочетание рабочих элементов опоры; в) выяснить влияние угла подхода шейки к опоре  $\alpha_1$  и угла отклонения шейки в сторону от плоскости симметрии опоры  $\omega$  на величину сдвигающей силы; г) провести визуальные наблюдения за поведением моделей в процессе заглубления в грунт и последующих сдвигов и др.

После обобщения материалов исследований выяснилось значение отдельных частей опоры, недостатки существующих конструкций донных опор и намечались конкретные пути увеличения сдвигающей силы  $T_{\text{сдв}}$ .

В нашей статье кратко изложены конечные результаты обоснования конструкции донной железобетонной опоры.

В моделях с массивным передним ножом и кессоном при сдвиге опоры в грунте образуется выемка. С одной стороны, существование выемки неблагоприятно сказывается на обтекании опоры водным потоком и способствует размыву грунта у опоры, с другой стороны, отсутствие контакта с грунтом в нижней части опоры безусловно снижает сопротивление сдвигу.

Избежать отрыва грунта от опоры в значительной степени можно путем применения следующих мер: уменьшения заднего угла (резания) до допустимого предела; увеличения вертикальной составляющей сопротивления грунта, вдавливающей нож и опору в толщу грунта; приближения формы подошвы опоры к очертаниям образующейся в грунте выемки; устранения частей опоры, препятствующих опусканию ее в грунт.

Из физических основ теории резания грунтов известно, что наибольшая часть сопротивления грунта вдавливанию и срезу сосредоточивается вблизи режущей кромки в нижней части ножа. Кроме того, усилие

\* Г. А. Манухин, В. Т. Решетников. Донные железобетонные опоры продольных запаней. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1964.

вдавливанию растёт по мере внедрения ножа в нижние, более плотные слои грунта. Для удовлетворения изложенных выше требований было предложено выполнить переднюю стенку опоры с разным наклоном в верхней и нижней частях.

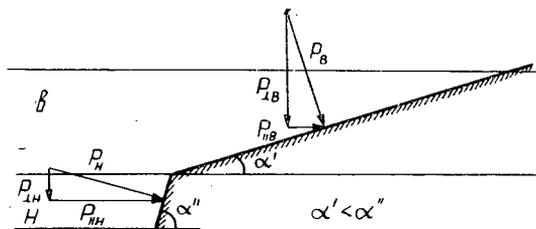


Рис. 1.

Схема действия сил на гранях передней стенки (рис. 1) показывает: а) в верхнем слое грунта нормальное давление  $P_v$  создает вертикальную составляющую  $P_{\perp в} = P_v \cdot \cos \alpha'$  тем большую, чем меньше угол  $\alpha'$ ; б) в нижнем слое сила  $P_{|| н} = P_n \cdot \sin \alpha''$  представляет основное сопротивление, оказываемое грунтом. Выбрав нужный наклон граней, при котором  $\alpha' < \alpha''$ , мы разграничим функции верхней и нижней частей стенки, а именно: нижняя часть — нож опоры будет предназначен для создания необходимой горизонтальной реакции, а верхняя — отвальная часть будет способствовать вдавливанию, заглублению опоры в толщу грунта под действием  $P_{\perp в}$ .

Толстостенные опоры-модели при протаскивании не погружаются в грунт на полную высоту. Для получения максимально возможной держащей силы донные опоры, предназначенные к эксплуатации в речных условиях, должны быть погружены в грунт на полную высоту; в этом случае опора не вызовет сжатия потока в своей зоне и, следовательно, позволит избежать деформации дна потоком воды; высота опоры должна быть по возможности меньше, чтобы можно было использовать ее на тонком слое наносов. Этим требованиям соответствует модель 11, описание ее даем ниже.

Известно, что перед тем как передать на донную опору рабочую нагрузку, необходимо произвести заглубление (запахивание) опоры нагрузкой, по возможности близкой по величине к рабочей.

Поскольку при заглублении опоры нож ее работает как режущий орган, то необходимо было установить оптимальные или близкие к ним значения углов резания  $\alpha$ , заострения  $\beta$ , заднего угла резания  $\gamma$ , при которых удельное сопротивление грунта было бы наименьшим. По мере врезания ножа в грунт характер работы ножа меняется; с нарастанием плотности грунта сопротивление его разрушению увеличивается.

$$P_h = A \cdot k \cdot h^n,$$

где  $P_h$  — усилие резания на глубине  $h$ ;

$A$  — коэффициент, отражающий конструктивные особенности режущего органа;

$k$  — параметр сопротивления грунта.

Одновременно с этим увеличивается общее сопротивление опоры сдвигу за счет опоры грунта, трения по подошве и боковым стенкам и пр.

Для того чтобы снизить давление грунта на нижнюю грань ножа, задний угол резания  $\gamma$  для острых кромок рекомендуется брать не меньше 5—7°. Если же учесть затупление режущей кромки, и боль-

шую пластичность водонасыщенных грунтов, то для ножа донной опоры целесообразно увеличить угол  $\gamma$  до  $10-12^\circ$ .

Во избежание ослабления передней стенки опоры у режущей кромки ножа угол заострения  $\beta$  следует принять около  $45^\circ$ . Тогда угол резания  $\alpha = \beta + \gamma$  составит  $55-57^\circ$ , что допустимо при резании толстых пластов, так как при резании на глубину свыше  $15\text{ см}$  минимум усилий резания смещается в сторону больших значений  $\alpha$ .

Важное значение для стабилизации опоры в направлении действия нагрузки имеет наклон боковых стенок к плоскости симметрии опоры — угол  $\psi_1$ . В случае отклонения шейки на угол  $\omega$  от плоскости симметрии опоры сопротивление грунта действует под углом  $\psi_1 + \omega$  с одной стороны, а с другой — под углом  $\psi_1 - \omega$  к плоскости боковой стенки. Для стабилизации опоры необходимо

$$P_{\psi_1 + \omega} > P_{\psi_1 - \omega},$$

где  $P_{\dots}$  — сопротивление грунта, действующее на боковые стенки.

Это условие выдерживается при значениях угла наклона

$$0 < \psi_1 + \omega < \psi_{\text{кр}},$$

так как при некоторых значениях  $\psi_{\text{кр}}$  давление грунта переходит через максимум.

Критическое значение угла наклона вычисляют по выражению

$$\psi_{\text{кр}} = \text{arctg} \frac{1}{\mu},$$

где  $\mu$  — коэффициент трения опоры по грунту, а условие устойчивого равновесия опоры при сдвиге

$$\psi_{\text{кр}} > \psi_1 + \omega \text{ или } \psi_1 < \text{arctg} \frac{1}{\mu} - \omega.$$

Значения  $\psi_{\text{кр}}$  следующие:

$\mu$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$\psi_{\text{кр}}$	$73^\circ 20'$	$68^\circ 15'$	$63^\circ 30'$	$59^\circ 00'$	$55^\circ 00'$

Если учесть, что угол отклонения шейки может достигать  $45^\circ$ , то угол наклона самой стенки должен быть, например, при  $\mu = 0,5$   $\psi_1 < \psi_{\text{кр}} - \omega = 63^\circ 30' - 45^\circ = 18^\circ 30'$ . В расчет должно быть принято максимальное значение  $\mu$ , которое для гравия ( $\varphi = 35^\circ$ ) составляет  $\approx 0,7$ . Поэтому нами угол  $\psi_1$  ограничен значением

$$\text{arctg} \frac{1}{0,70} - \omega = 55^\circ - 45^\circ = 10^\circ.$$

После выбора угловых размеров донная опора (по модели 11) сконструирована из таких частей (рис. 2): наклонная плита 1, нож опоры 2, прилив для грузовой скобы 3, горизонтальная плита 4, противовес-ребро 5, грузовая скоба 6, рым 7. Угол наклона плиты принят равным оптимальному значению заднего угла  $\gamma = 12^\circ$ .

Наклон ножа — угол резания  $\alpha = 55^\circ$ . Нижняя часть ножа выступает за противовес для того, чтобы поставленная на грунт опора сразу же действием своего веса в воде создала давление на ребро ножа.

Противовес треугольного сечения способствует прилеганию подошвы к грунту при сдвиге опоры.

После расчета опоры на опрокидывание вокруг ребра ножа и проверки на прочность соотношения размеров опоры рекомендуются следующие: длина ножа (по горизонтали) —  $1,0$ , ширина опоры —  $1,3-1,35$ , длина опоры —  $1,9-2,0$ , высота в зоне противовеса —  $0,35-0,4$ , напуск

ножа ниже противовеса — 0,1, полная высота опоры — 0,45—0,50, толщина плит — 0,12—0,16, но не меньше 15 см.

На рис. 2 размеры даны для опоры весом 11—12 кн, в скобках — относительные размеры.

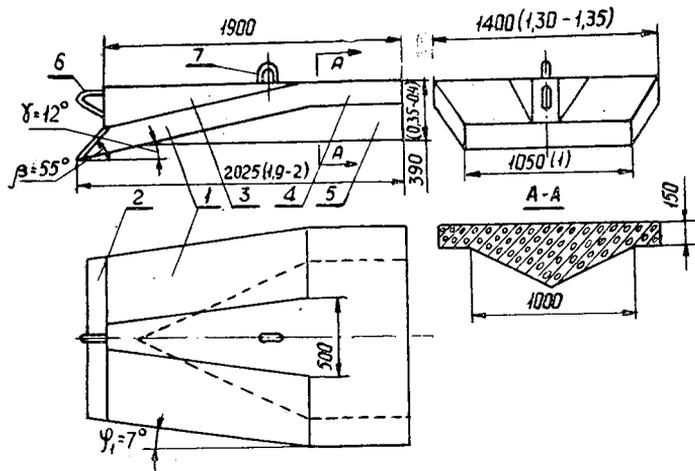


Рис. 2.

В натуральных условиях были испытаны три опоры различного веса. В табл. 1 приведены основные данные испытаний опор.

Таблица 1

Опора	Вес сухой* $Q$ , кн	Объем $W$ , м <sup>3</sup>	Объемный вес $\rho$ , кн/м <sup>3</sup>	Вес в воде $Q_0$ , кн	Сдвигающая сила* $T_{сдв}$ , кн	Коэффициент цепкости $\eta$
№ 2	40,2	1,90	21,2	21,6	226	10,46
№ 3	20,0	0,91	22,0	11,8	97,9	8,83
№ 4	12,5	0,56	22,3	7,0	57,2	8,17

\* Сдвигающая сила указана для угла  $\alpha_1 = 0-5^\circ$ .

Таким образом, конструкция новой железобетонной опоры отвечает большинству предъявленных требований, опора не сложна в изготовлении, развивает значительную держащую силу, полностью заглубляется в грунт при приложении к ней нагрузки, путь запахивания, равный 1,5—2,0 длинам опоры, не велик.

На донных опорах типа 11 в навигацию 1964 г. была установлена и успешно эксплуатировалась приемная запань Красноярской лесоперевалочной базы на р. Енисей, емкостью 50 тыс. м<sup>3</sup>. На р. Ваге была испытана и получила положительные отзывы продольная запань «Заборье» на донных железобетонных опорах (без выносов). В навигацию 1965 г. будет установлена еще одна запань без выносов на донных опорах на р. Ваге — Н. Бысторовская, емкостью 50 тыс. м<sup>3</sup>.

Методика расчета опорного узла и донной железобетонной опоры будет нами опубликована после обработки всех данных испытаний.

Поступила в редакцию  
29 мая 1965 г.

УДК 634.0.372

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ КАНАТОВЕДУЩЕГО ШКИВА КОНСТРУКЦИИ Б. И. ДОБРОМЫСЛОВА

**А. Г. ПРОХОРЕНКО**

Начальник испытательного полигона новой лесозаготовительной техники  
управления лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности  
Львовского совнархоза

Специальные виды транспорта, которые широко применяют на лесозаготовках в горных условиях, в большинстве случаев имеют канатную тягу. Для придания бесконечному стальному канату поступательного движения используют различные типы фрикционных шкивов. С 1961 г. на лесозаготовках в Карпатах начали внедрять канатоведущий шкив конструкции Б. И. Добромыслова [1], [4], отличающийся рядом конструктивных и эксплуатационных особенностей. Отсутствие теоретических и экспериментальных исследований работы такого шкива затрудняет дальнейшее улучшение его конструкции и не позволяет назначать оптимальные режимы эксплуатации.

В настоящей статье мы излагаем основные результаты исследования шкива конструкции Б. И. Добромыслова и приводим ряд рекомендаций по его использованию в канатных передачах. Отличительной особенностью шкива является размещение между канатом и роликовой цепью стальной эластичной прокладки, обеспечивающей равномерное прижатие каната по всей дуге обхвата обода. На рис. 1 в виде развертки изображена принципиальная схема шкива. Канат, зажаты между вращающимся корпусом 1 и стальной эластичной прокладкой 2, смонтированной на штифтах 3 корпуса, движется вместе с ними. Сила сжатия каната в желобе регулируется гайкой 5, установленной на валу шкива, путем изменения зазора между корпусом и дисковым копиром 4, по которому перекатываются ролики. Собранные в сепараторах, они образуют бесконечную роликовую цепь 6. В секторе входа и выхода каната беговая дорожка дискового копира несколько углублена. Благодаря этому расстояние между корпусом и стальной прокладкой увеличивается, что обеспечивает свободный вход и выход каната из желоба шкива. Работа шкива такой конструкции возможна как при наличии натяжения в сбегавшей ветви  $S_0$ , так и без него.

Рассмотрим, как распределяется натяжение каната вдоль дуги  $AB$  (рис. 2). На этой дуге возьмем какую-нибудь точку  $M$ , положение которой определяется углом  $\theta$ , и установим, какие силы действуют на элемент  $MM'$  каната, соответствующий центральному углу  $d\theta$ . Прежде всего, в точке  $M$  действует натяжение  $S = S(\theta)$ , а в точке  $M'$  —  $S + dS = S(\theta + d\theta)$ . Оба натяжения направлены по кас-

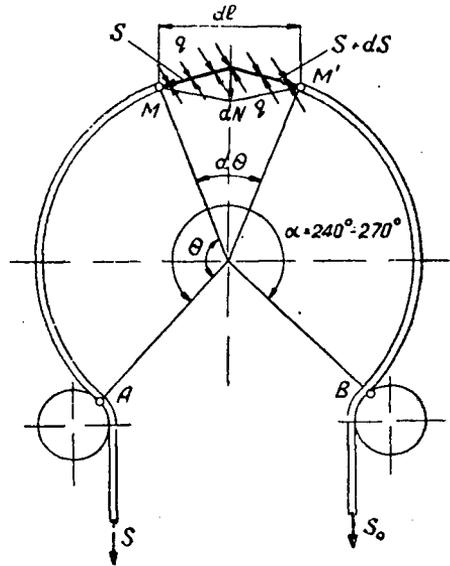


Рис. 2. Схема усилий, возникающих при огибании шкива канатом.

тельным к окружности шкива. За счет сжатия каната в желобе возникает сила трения  $T$ , которая на бесконечно малом отрезке дуги  $AB$  равна

$$dT = 2dlq\mu_1,$$

где  $q$  — погонная нагрузка от бокового давления на канат;  
 $\mu_1$  — коэффициент трения каната о боковые стенки желоба.

Сила трения между канатом и боковыми стенками  $dT$  препятствует смещению каната на дно желоба и тем уменьшает нормальное давление  $dN$ , вызванное силами  $S$  и  $S + dS$ . Следовательно, натяжение  $S + dS$  в точке  $M'$  уравнивается силами трения

$$\mu (dN - 2dlq\mu_1) + 2dlq\mu_1 = dS, \quad (1)$$

где  $\mu$  — коэффициент сцепления каната с опорной поверхностью дна желоба, зависящей от формы канавки.

Пренебрегая бесконечно малыми высших порядков, получим выражение для определения  $dN$  и  $dl$

$$dN = Sd\theta; \quad dl = Rd\theta.$$

Подставив в формулу (1) значения  $dN$  и  $dl$ , получим дифференциальное уравнение, из которого  $S$  определится как функция  $\theta$

$$d\theta\mu (S - 2Rq\mu_1) + 2Rd\theta q\mu_1 = dS. \quad (2)$$

Рассмотрим случай, когда соблюдается неравенство  $S > 2Rq\mu_1$ . Отделив переменные в уравнении (2) и проинтегрировав его, получим

$$\ln \left[ S + 2Rq \left( \frac{\mu_1}{\mu} - \mu_1 \right) \right] = \mu\theta + C. \quad (3)$$

Начальное условие: при  $\theta = 0, S = S_0$ .

$$C = \ln \left[ S_0 + 2Rq \left( \frac{\mu_1}{\mu} - \mu_1 \right) \right].$$

Подставив значение  $C$  в выражение (3), получим

$$S = S_0 e^{\mu\theta} + 2Rq \left( \frac{\mu_1}{\mu} - \mu_1 \right) (e^{\mu\theta} - 1). \quad (4)$$

При  $S_0 = 0$  уравнение (4) принимает вид

$$S = 2Rq \left( \frac{\mu_1}{\mu} - \mu_1 \right) (e^{\mu\theta} - 1). \quad (5)$$

Если принять  $\theta$  равным углу обхвата  $\alpha$ , а погонную нагрузку на канат  $q$  выразить через усилие сжатия  $P$ , то уравнения (4) и (5) будут иметь вид

$$S = S_0 e^{\mu\alpha} + \frac{2P}{\alpha} \left( \frac{\mu_1}{\mu} - \mu_1 \right) (e^{\mu\alpha} - 1); \quad (6)$$

$$S = \frac{2P}{\alpha} \left( \frac{\mu_1}{\mu} - \mu_1 \right) (e^{\mu\alpha} - 1), \quad (7)$$

где  $\alpha$  — угол обхвата, рад.

Формулы (6) и (7) действительны, если соблюдается неравенство

$$S > \frac{2P}{\alpha} \mu_1. \quad (8)$$

Величина угла  $\alpha$  из конструктивных соображений должна быть больше  $\pi$ , но не превышать  $240-260^\circ$ .

Для опытных работ была собрана установка на базе двух переоборудованных лебедок КП-2Р, оснащенных исследуемыми шкивами с диаметром желоба по дну  $D = 590$  мм и углом обхвата  $\alpha = 240^\circ$ . Схема опытной установки (рис. 3) предусматривала создание некоторого запаса длины каната (петля  $ABC$ ), за счет которого в процессе испытаний могут быть получены образцы для определения прочности каната и производятся счалки. В качестве регистрирующей аппаратуры использовали тензометрическую установку ОТ-24-51 с комплектом чувствительных элементов в виде силовых звеньев различной конструкции и двухблочной динамометрической каретки для замера величины усилия в движущемся канате [3]. Экспериментальная установка позволила получить данные о силе тяги  $S$  в зависимости от  $S_0$  и сжатия каната в желобе  $P$ , о потребном усилии на вращение самого шкива, а также определить величину скольжения на шкиве при различных режимах работы.

Для проверки приемлемости формул (6) и (7) были произведены замеры величины усилия  $S$  без натяжения и с натяжением в сбегавшей ветви каната при полном использовании суммарной силы сцепления на шкиве. На рис. 4 нанесены точки опытных величин  $S$  для канатов с различной смазкой, которая в значительной мере определяет коэффициенты  $\mu_1$  и  $\mu$ . На основании предположения о равенстве  $\mu = \mu_1$  на графике проведены прямые, которые отвечают уравнениям (6) и (7) при различных величинах  $\mu$  и соответствующим опытам монтажным натяжениям  $S_0$  в сбегавшей ветви. Из графика видно, что расположение опытных точек соответствует направлению прямых, построенных по равенствам (6) и (7). Для каната, смазанного автолом, опытные точки  $S$  находятся возле прямой, отвечающей  $\mu = 0,12$ . Смазка каната смесью, состоящей из  $2/3$  отработанного машинного масла и  $1/3$  дизельного топлива, повышает величины  $S$ , и опытные точки располагаются несколько выше расчетной  $S$  при  $\mu = 0,14$ .

Эксперименты показали, что при такой смазке и значительной погонной нагрузке ( $q = 35 \div 42 \text{ кг/пог. см}$ ) пробуксовка каната на шкиве приводит к значительному росту усилия  $S$  за счет трения с задиром. Для несмазанного каната данные несколько отличаются от приведенных. Из графика следует, что экспериментальные величины усилий  $S$  несколько (до 15%) превышают расчетные при  $P = 4 \div 5,5 T$ , причем с возрастанием усилия сжатия каната в желобе разность между опытными и теоретическими  $S$  уменьшается, а по достижении  $P = 7 \div 7,4 T$  становится отрицательной (до  $-10\%$ ). Такое явление вызывается особенностями укладки несмазанного каната в желобе при различных усилиях  $P$ . При  $P$  менее  $7,5 T$  канат более плотно прижат к опорной поверхности желоба. Это создает условия для повышения коэффициента сцепления  $\mu$  за счет формы канавки. Изменение  $P$  до величины, превышающей  $7,5 T$ , приводит к тому, что канат оказывается частично зажатым между двумя плоскостями, а это уменьшает  $\mu$ .

В подобном случае, характерном для вращательного движения щеки в грузовых сцепных приборах на подвесных дорогах, А. И. Дукельский [2] рекомендует с особой осторожностью учитывать влияние формы губок, ввиду того, что канат может оказаться зажатым между двумя плоскостями. Вследствие этого, по заключению А. И. Дукельского, в расчетах вместо коэффициента сцепления можно пользоваться коэффициентом трения, который при трении смазанного каната о стальные губки составляет  $\mu = 0,12$ .

Исходя из изложенного, а также учитывая определенные трудности экспериментального исследования влияния каждого из коэффициентов  $\mu_1$  и  $\mu$ , допустимо в первом приближении принять, что  $\mu_1 = \mu$ . Тогда равенства (6) и (7) можно переписать так:

$$S = S_0 e^{\mu \alpha} + \frac{2P}{\alpha} (1 - \mu) (e^{\mu \alpha} - 1); \quad (6, a)$$

$$S = \frac{2P}{\alpha} (1 - \alpha) (e^{\mu \alpha} - 1). \quad (7, a)$$

Погрешность при расчете по равенствам (6, а) и (7, а), как показывают данные графика  $S = f(S_0, \mu, P)$ , не превышает  $\pm 15\%$ .

Опыты показали, что усилие  $S$  во время пробуксовки каната несколько больше усилий, соответствующих нормальной эксплуатации шкива. Увеличение  $S$  объясняется нарушением поверхностной масляной пленки, вызванным пробуксовкой каната в желобе. Поэтому для расчетов можно принять коэффициент  $\mu = 0,11$  для смазанного каната. Для нового каната, покрытого антикоррозийной смазкой, в начальной стадии эксплуатации коэффициент  $\mu$  может снижаться до 0,09. Величина окружного усилия  $U = S - S_0$ , наблюдаемая во время проведения опытов, ограничивалась мощностью двигателя ГАЗ-51 и достигала  $U = 2500 \text{ кг}$  при скорости движения каната  $0,55 \div 0,58 \text{ м/сек}$ . Более высокие кратковременные значения этого усилия, полученные в основном за счет вращающихся масс двигателя, показали, что коэффициент  $\mu$  может увеличиваться до 50% при пробуксовке каната, когда  $q$  достигает величины  $38 \div 42 \text{ кг/пог. см}$ . Это следует принимать во внимание при расчете прочности привода.

В табл. 1 приводятся опытные величины усилий  $S$  и сравнение их с аналитическими значениями как при натяжении в сбегающей ветви  $S_0$ , так и без него, а также соответствующий им процент скольжения каната на шкиве. Из данных табл. 1 можно сделать заключение, что работа шкива без существенной пробуксовки каната обеспечивается превышением расчетного усилия над требуемым в пределах 20—25%.

Таблица 1

Сила тяги $S$ , кг		Сила сжатия $P$ , кг	Усилие в сбегавшей ветви $S_0$ , кг	Превышение расчетной величины над опытной, %	Процент пробуксовки каната
опытная	расчетная				
1860	1690	5630	—	—9,20	1,10
1300	1310	5250	—	0,77	11,40
1800	2060	6880	—	14,50	0,44
1830	1860	7430	—	1,60	9,80
2230	2790	7380	320	25,00	0,56
2300	2180	7000	270	—5,20	4,50
2480	3600	8350	620	45,00	0,32
2020	2360	9450	—	15,70	4,50
2570	3260	7400	590	26,80	0,16
2260	2850	9800	250	26,00	0,60
226	2930	7900	310	29,60	0,16
2670	2820	7500	580	5,60	1,10

Примечание. В числителе данные для каната  $d = 12,5$  мм со следами смазки;  $\nu = 0,13$ ; в знаменателе — для каната  $d = 12,5$  мм, смазанного автолом;  $\nu = 0,11$ . При составлении таблицы не учитывали сопротивление вращению блоков на подшипниках качения ввиду их малости по сравнению с измеряемыми величинами. Опытные замеры произведены в зимних условиях работы канатов.

На рис. 5 изображена часть осциллограммы одного из опытов, который характеризует ряд исследуемых усилий и их величины при трогании и устансвившемся движении каната. Осциллографирование показало, что сжатие каната в желобе не постоянно: при работе шкива оно всегда больше, чем при остановке, и рост его в известной степени зависит от профиля желоба. Испытывали шкивы с вертикальными стенками и клиновидной формой желоба, получившейся в результате наклона со стороны корпуса одной из плоскостей на  $10^{\circ}20'$  (рис. 1). Для последней конструкции увеличение  $P$  достигало 30—35% за счет расклинивающего действия каната при укладке его на дно канавки. Исследованиями было установлено, что клиновидный профиль желоба способствует нарушению сцепления каната со шкивом при реверсивном режиме работы, особенно при отсутствии натяжения в сбегавшей ветви. Шкив с вертикальными стенками желоба работает более устойчиво, ему свойственен меньший рост усилия сжатия (до 15%) и полное отсутствие выбрасывания каната из желоба. Поэтому такую форму желоба следует использовать при проектировании канатоведущих шкивов конструкции Б. И. Добромыслова.

Результаты замеров величины сопротивления собственному вращению исследуемого шкива с канатами  $d = 12,5$  мм и  $d = 15,5$  мм представлены на графике (рис. 6). Данные графика показывают, что для этих диаметров сопротивление колеблется незначительно (в пределах  $50 \div 60$  кг при  $S_{сб} = 3000$  кг). На изменение сопротивления вращению не оказывает существенного влияния и усилие сжатия каната в желобе при  $P$  от 4 до 9 Т. Это подтверждается расположением опытных точек на графике возле прямой, уравнение которой имеет вид  $S_{наб} = 160 + 1,06 S_{сб}$  кг, с рассеиванием в пределах точности измерений.

Сравнение сопротивлений вращению исследуемого шкива и многожелобчатого, которым снабжен канатный привод КП-2Р ( $D = 324$  мм;  $\alpha_{ведущ} = 3\pi$ ;  $\alpha_{ведом} = 2\pi$ ), также показано на рис. 6.

Опытные данные получены на экспериментальной установке, собранной по схеме рис. 3. Ведущий орган КП-2Р имеет значительно большее сопротивление вращению (примерно в 2,1 раза), чем канатный шкив конструкции Б. И. Добромыслова. Точки замеров вполне удовлетворительно согласуются с прямыми  $S_{\text{наб}} = 1,23 \cdot S_{\text{сб}}$  для каната  $d = 12,5$  мм и  $S_{\text{наб}} = 1,28 S_{\text{сб}}$  для каната  $d = 15,5$  мм. Сравнение показывает, что исследуемый шкив выгодно отличается меньшей величиной потерь на собственное вращение от многожелобчатых с ведущим органом, выполненным подобно КП-2Р, что следует учитывать при выборе типа привода. Это в первую очередь относится к специальным видам транспорта, которые работают самоходом (без двигателя).

В зависимости от режима, в котором работает шкив (силовой или тормозной), усилие в набегающей ветви то достигает максимальной величины, то равняется монтажному натяжению системы. При силовом режиме неравенство (8), как правило, всегда выполняется, а суммарная сила сцепления на шкиве определяется по формулам (6, а) или (7, а). Тормозной режим характерен тем, что величина натяжения в набегающей ветви может не соответствовать неравенству (8). Это приводит к тому, что канат оказывается зажатым между двумя плоскостями на большей или меньшей части дуги обхвата обода. Такое явление наиболее выражено при  $S_0 = 0$ . Вследствие этого слагаемое  $d \Theta_{\mu} (S - 2Rq_{\mu_1})$  равенства (2) принимает нулевое значение, а сила сцепления будет составлять

$$S = 2P_{\mu_1}. \quad (9)$$

Увеличение окружного усилия  $U$  за счет частичного касания дна желоба ( $\alpha = 60-80^\circ$ ) со стороны сбегающей ветви незначительно, и такое изменение  $U$  следует рассматривать как некоторый дополнительный запас в расчете. Для получения одинаковых значений усилий  $U$  при реверсивной работе шкива необходимо, чтобы система имела монтажное натяжение, по величине соответствующее неравенству (8). Это исключает зажим каната между двумя плоскостями, которое вызывает снижение суммарной силы сцепления при тормозном режиме работы шкива.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. И. Добромыслов. Канатный шкив. Описание изобретения к авторскому свидетельству № 136125, «Бюллетень изобретений» № 4, 1961. [2]. А. И. Дукельский. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. Машгиз, М., 1951. [3]. А. Г. Прохоренко. Измерение усилий в канатах лесотранспортных установок. Журн. «Лесоинженерное дело» № 3, 1958. [4]. Д. М. Суржож. Универсальный лебедочный шкив. Журн. «Лесная промышленность» № 5, 1961.

Поступила в редакцию  
2 марта 1963 г.

УДК 634.0.383.4

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЛИАНА КАК МАТЕРИАЛА ДЛЯ ДОРОЖНЫХ ПЛИТ

**А. В. НЕХОРОШЕВ**

Доцент, кандидат технических наук

**А. Д. ГРЯЗИН**

Аспирант

(Поволжский лесотехнический институт)

В настоящее время до 70% всей заготавливаемой древесины вывозят с помощью автомобилей.

В лесной промышленности наметилось два направления в строительстве лесовозных автомобильных дорог. В тех районах, где имеются гравийные или щебеночные материалы, рекомендуется строить дороги с гравийным или щебеночным покрытием. При отсутствии этих материалов проектируют и строят дороги с колеиным покрытием из железобетонных плит. Такие дороги в 2—3 раза дороже гравийных, главным образом, из-за высокой стоимости плит. Кроме того, для изготовления железобетонных дорожных плит требуется также каменный материал (гранитный или высокопрочный известняковый щебень), цемент высоких марок и крупнозернистый песок.

Промышленность строительных материалов уже сейчас имеет материалы, равнопрочные бетону, не требующие для их получения цемента, высокопрочного крупного (каменного) заполнителя и крупнозернистого песка. Стоимость же их значительно ниже бетона. К таким материалам можно отнести силикатный бетон, силикальцит, глиан и другие, но они не исследованы как дорожно-строительные материалы.

Лаборатории кафедр строительного дела и сухопутного транспорта леса Поволжского лесотехнического института проводят исследования физико-технических свойств глиана как материала для дорожных плит. Глиан — это новый материал, полученный из глины. В качестве исходного сырья для производства глиановых изделий пригодны любые кирпичные глины и суглинки, в том числе и карбонатные глины.

Основным показателем прочности дорожно-строительных каменных материалов является прочность при «статическом» сжатии (кубиковая прочность). Важной характеристикой бетона является также прочность при растяжении. Ее обычно определяют при испытании балочек на изгиб. Мы изучали прочность при сжатии и прочность на растяжение при изгибе. Исследования проводили на глинах двух месторождений, гранулометрический состав которых приведен в табл. 1.

Из этих глин были изготовлены образцы-балочки размером  $4 \times 4 \times 16$  см. Образцы формовали из массы влажностью 7, 9, 10% при формовочном давлении 100, 200, 300, 500 кг/см<sup>2</sup>. Все образцы были

Таблица 1

№ образца	Содержание частиц, %		
	песчаных (1-0,05 мм)	пылеватых (0,05-0,005 мм)	глинистых (мельче 0,005 мм)
1	14,7	66,6	18,7
2	44,6	39,9	15,5

годвергнуты термической обработке при 600°С в лабораторной камере полупромышленного типа. После термической обработки балочки испытывали на изгиб на разрывной машине РЦ-1, а затем их половинки — на сжатие. Результаты испытаний приведены на рис. 1 и 2.

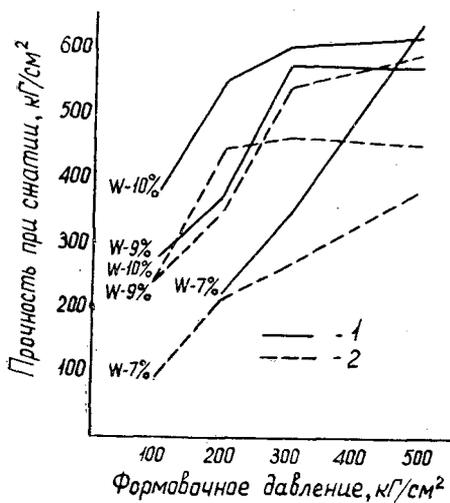


Рис. 1.

1 — прочность глины образца № 1; 2 — прочность глины образца № 2; W = 7, 9, 10% — влажность массы при формовании.

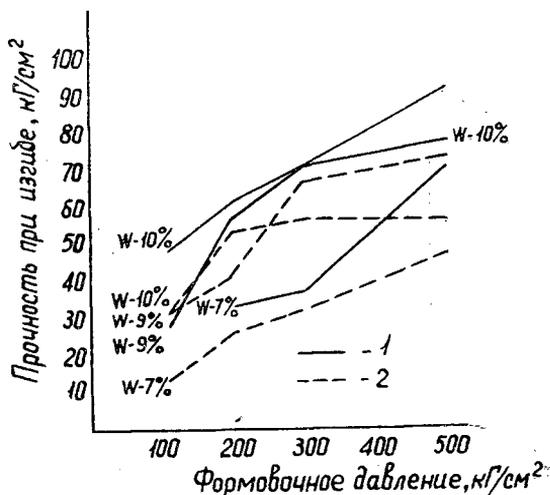


Рис. 2.

Обозначения см. на рис. 1.

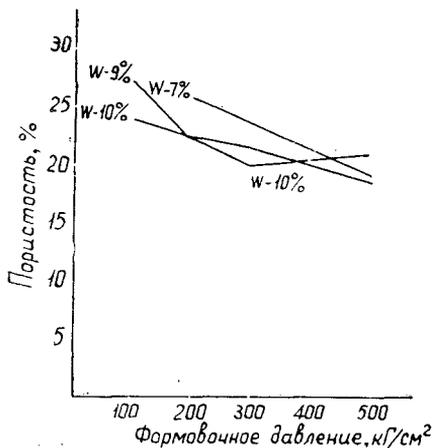


Рис. 3.

W = 7, 9 10% — влажность массы при формовании.

Анализируя рис. 1 и 2, мы увидели, что глиановые изделия, сформованные при давлении 300 кг/см² и более, по прочности вполне удовлетворяют требованиям, предъявляемым к дорожному бетону.

Не менее важными характеристиками для материалов дорожных покрытий является водопоглощение и морозостойкость. Мы провели исследования влияния формовочного давления и влажности массы при формовании на пористость глиана, а также определили водопоглощение глиана и коэффициент размягчения.

На рис. 3 показан график изменения пористости в зависимости от формовочного давления при разной влажности массы.

Результаты определения водопоглощения и коэффициента размягчения приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Формовочное давление, $\text{кг/см}^2$	Пористость (числитель), % и водопоглощение (знаменатель), % глиана при формовании в зависимости от влажности массы		
	7%	9%	10%
100	—	27,6	24,1
200	25,7	22,5	22,5
300	14,7	12,4	11,5
500	13,3	11,5	11,1
	19,0	18,6	20,5
	11,4	10,2	10,6

Таблица 3

Формовочное давление, $\text{кг/см}^2$	Прочность при сжатии сухих (числитель) и волонасыщенных (знаменатель) образцов ( $\text{кг/см}^2$ ) в зависимости от влажности массы при формовании			Коэффициент размягчения образцов в зависимости от влажности массы при формовании		
	7%	9%	10%	7%	9%	10%
100	96,0	242,0	244,0	0,57	0,79	0,88
200	54,5	192,0	214,0	0,65	0,89	0,83
300	216,0	349,0	445,0	0,98	0,78	0,90
500	140,0	312,0	368,0	0,96	0,75	0,90
	268,0	525,0	464,0			
	264,0	410,0	418,0			
	389,0	597,0	458,0			
	372,0	448,0	414,0			

Из табл. 2 видно, что водопоглощение у глиана значительно больше, чем у цементного бетона. Однако (табл. 3) оно не дает большого снижения механической прочности. Так, коэффициент размягчения в большинстве экспериментов получился больше 0,8. Считается, что в строительных конструкциях, работающих в воде или сырых местах, можно применять природные и искусственные каменные материалы, имеющие коэффициент размягчения 0,8 и более. Глиан прошел испытания в течение 100 циклов попеременного замораживания — оттаивания без заметного снижения прочности. Испытания морозостойкости продолжаются. Наши данные показывают, что глиан по основным физико-техническим свойствам вполне удовлетворяет все требования, предъявляемые к дорожному бетону. Ранее проведенными исследованиями\* установлено, что глиан имеет лучшее, чем цементный бетон, сцепление с металлической арматурой ( $30-80 \text{ кг/см}^2$ ) и что из него можно изготавливать крупноразмерные изделия. Следовательно, из глиана можно делать дорожные плиты для покрытия автомобильных лесовозных дорог. В наших лабораториях проводят исследования по технологии получения таких плит. Предварительными расчетами установлено, что глиановые плиты дешевле железобетонных примерно на 40—45%.

\* А. В. Нехорошев. Исследования по технологии глиана. Йошкар-Ола, 1963.

УДК 634.935

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

## УСТАЛОСТНОЕ РАЗРУШЕНИЕ ПОЛОТЕН ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ

И. И. ТРУБНИКОВ

Старший преподаватель

(Сибирский технологический институт)

В процессе эксплуатации ленточных пил во впадинах их зубьев нередко появляются трещины, приводящие к обрыву пил. А. Е. Феоктистов [4], исследуя причины появления трещин, обратил внимание на циклический характер нагружения полотна ленточных пил и пришел к выводу, что образование трещин и разрушение полотна объясняются усталостью металла. Пользуясь эмпирическими зависимостями и диаграммой предельных напряжений, А. Е. Феоктистов определил предел выносливости (усталости) стали 85ХФ для несимметричного цикла, в условиях которого работает ленточная пила, и нашел, что этот предел равен  $31 \text{ кг/мм}^2$  (с учетом коэффициента концентрации напряжений).

Для того чтобы проверить запас прочности ленточных пил, мы экспериментально определили предел выносливости стали 85ХФ. Из пильной ленты (толщина 1,6 мм, ширина 230 мм), находящейся в состоянии поставки, были изготовлены продольные образцы для усталостных испытаний (рис. 1). Образцы по толщине шлифовали в продольном

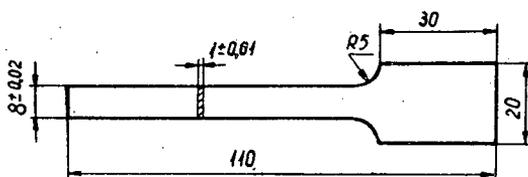


Рис. 1.

направлении мелкозернистым кругом на плоско-шлифовальном станке с применением режимов, обеспечивающих минимальный нагрев образцов и предупреждающих появление значительных по величине дополнительных внутренних напряжений.

Усталостные испытания образцов проведены на электромагнитной установке в условиях симметричного цикла. Построенная на основании результатов испытаний кривая выносливости (рис. 2) позволила определить значение предела выносливости ( $\sigma_{-1} = 43 \text{ кг/мм}^2$ ).

Впадины зубьев пилы играют роль концентраторов напряжений. Теоретический коэффициент концентрации напряжений  $\alpha$ , определяемый в условиях статического нагружения, для двух исследованных

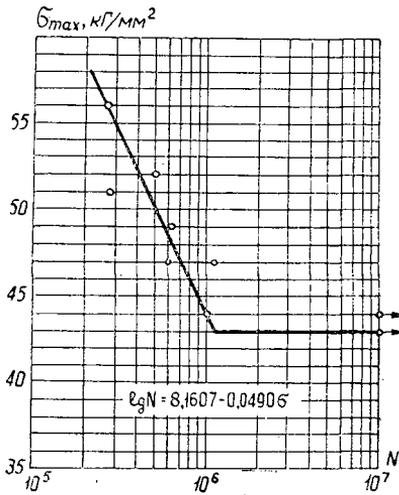


Рис. 2.

Эффективный коэффициент концентрации можно оценить количественно с помощью коэффициента чувствительности материала к концентрации напряжений

$$q = \frac{K - 1}{\alpha - 1}.$$

Сталь 85ХФ в термически обработанном состоянии имеет высокий предел прочности ( $\sigma_b$  около  $150 \text{ кг/мм}^2$ ) и, следовательно, коэффициент чувствительности, близкий к единице [2]. В этих условиях можно считать, что  $K \approx \alpha$ . Принимая на основании данных ([1] и [4])  $\alpha = 1,6$  и, следовательно,  $K = 1,6$ , получаем предел выносливости стали 85ХФ с учетом влияния концентрации напряжений

$$\sigma_{-1K} = \frac{\sigma_{-1}}{K} = 27 \text{ кг/мм}^2.$$

Известно, что предел выносливости, определенный в условиях симметричного цикла ( $\sigma_{-1}$ ), количественно отличается от предела выносливости, определенного в условиях цикла иного характера ( $\sigma_r$ ). Примерное значение величины  $\sigma_r$  можно получить путем построения диаграммы предельных напряжений [2], для чего требуется уточнить характер цикла, в условиях которого работает полотно ленточной пилы.

Обработка данных, изложенных в ряде работ [1], [4], дает следующие величины, характеризующие цикл напряжений во внешнем поверхностном слое полотна ленточной пилы: максимальное напряжение  $\sigma_{max} = +32 \text{ кг/мм}^2$ ; минимальное напряжение  $\sigma_{min} = +10 \text{ кг/мм}^2$ ; среднее напряжение  $\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = +21 \text{ кг/мм}^2$ ; амплитуда

$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = +11 \text{ кг/мм}^2$ ; коэффициент асимметрии  $r = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \approx 0,3$ .

Эти величины показывают, что во внешнем поверхностном слое полотна напряжения изменяются по закону асимметричного цикла растяжения. Растягивающие напряжения имеют минимальное значение на прямолинейном участке пилы между шкивами и максимальное — на участке огибания шкива.

профилей зуба, по данным А. Е. Феоктистова [4], имеет значение 1,69 и 1,46; по данным Е. Д. Добрынина [1],  $\alpha = 1,58$ . В условиях циклического нагружения полотна ленточных пил большой интерес представляет эффективный коэффициент концентрации  $K$ , под которым понимают отношение предела выносливости образцов без концентрации напряжений ( $\sigma_{-1}$ ) к пределу выносливости образцов с концентрацией ( $\sigma_{-1K}$ )

$$K = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{-1K}}.$$

Экспериментально определить  $K$  нам не удалось, так как малые размеры образцов, определяемые мощностью испытательной установки, не позволили имитировать впадину зуба в качестве концентратора напряжений.

Для определения предела выносливости в условиях реального цикла с учетом концентрации напряжений ( $\sigma_{0,3K}$ ) построена схематизированная диаграмма предельных напряжений (рис. 3). Точка  $A$  соответствует пределу выносливости  $\sigma_{-1K}$  с учетом концентрации напряжений в условиях симметричного цикла ( $\sigma_{max} = -\sigma_{min}$ ;  $\sigma_m = 0$ ;  $r = -1$ ). Точка  $B$  соответствует пределу прочности при статической нагрузке ( $\sigma_{max} = \sigma_{min} = \sigma_m$ ;  $r = +1$ ), умноженному на теоретический коэффициент концентрации напряжений  $\alpha$ . Линия  $AB$  представляет собой линию предельных напряжений. В рассматриваемом случае напряженное состояние полотна ленточной пилы характеризуется по диаграмме точкой  $M$  ( $\sigma_{max} = +32 \text{ кг/мм}^2$ ,  $\sigma_m = +21 \text{ кг/мм}^2$ ). Эта точка лежит ниже линии предельных напряжений, то есть полотно обладает некоторым запасом прочности, превышающим единицу. Предположим, что в процессе работы ленточной пилы напряжения в ее полотне возрастают при  $\frac{\sigma_{max}}{\sigma_m} = \text{const}$ . В этом случае точка, характеризующая напряженное состояние, будет перемещаться от точки  $M$  к точке  $N$  по лучу  $ON$ , причем коэффициент асимметрии  $r$  будет сохранять постоянные значения, так как

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_m} = \frac{2}{1+r},$$

где  $\beta$  — угол наклона луча  $ON$ .

Следовательно, при  $\frac{\sigma_{max}}{\sigma_m} = \text{const}$ ,  $r = \text{const}$ .

Точка  $N$ , лежащая на линии предельных напряжений  $AB$ , соответствует разрушающему максимальному напряжению. Проекция точки  $N$  на ось ординат дает нам предел выносливости стали 85ХФ для цикла, имеющего коэффициент асимметрии  $r = 0,3$ , с учетом концентрации напряжений ( $\sigma_{0,3K} = 50 \text{ кг/мм}^2$ ). С помощью диаграммы предельных напряжений можно определить и запас прочности

$$n = \frac{NN'}{MM'} = \frac{50}{32} \approx 1,56.$$

Такой запас прочности совершенно недостаточен тем более, что при его определении не были учтены качество поверхности полотна пилы и качество обработки впадин зубьев. Известно, что острая царапина глубиной  $0,1 \text{ мм}$ , нанесенная абразивом, снижает предел выносливости на 40% [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. Д. Добрынин. Деформации и напряжения, возникающие в ленточной пиле при движении. ИВУЗ, «Лесной журнал», № 5, 1962. [2]. С. В. Серенсен, В. П. Когаев, Р. М. Шнейдерович. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность. Машгиз, 1963. [3]. Г. В. Ужик. Методы испытания металлов и деталей машин на выносливость. Изд. АН СССР, 1948. [4]. А. Е. Феоктистов. Причины появления трещин в полотнах ленточных пил. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 5, 1960.

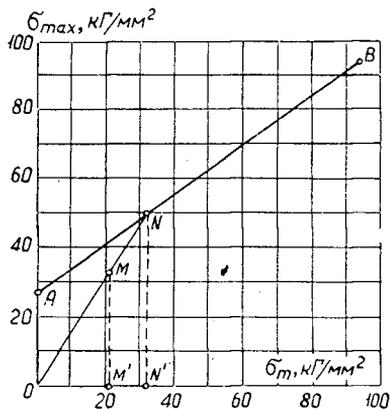


Рис. 3.

УДК 674.812

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА АНТИФРИКЦИОННОГО СЛОЯ ИЗ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В ПОДШИПНИКАХ СКОЛЬЖЕНИЯ

**П. Н. ХУХРЯНСКИЙ**

Профессор, доктор технических наук

**Л. Ф. ЯНИН, Е. И. КУЩЕВ**

Инженеры

(Воронежский лесотехнический институт)

За последнее время в промышленности в узлах трения стали широко применять неметаллические антифрикционные материалы взамен бронзы, баббита и других цветных металлов. К таким материалам относится прессованная древесина (ДП), применение которой дает большой экономический эффект. Но область применения прессованной древесины в машиностроении все еще недостаточна из-за того, что не решены некоторые вопросы эксплуатации и конструирования подшипников скольжения из ДП. Один из таких вопросов — тепловой режим подшипников скольжения, который приобретает особое значение в связи с тем, что повышение температуры подшипника, обусловленное плохой теплопроводностью ДП, существенно сказывается на механических свойствах антифрикционного слоя, величине коэффициента трения, температурных напряжениях, возникающих в теле подшипника. При работе температурный режим подшипникового узла меняется и характеризуется в начальный период изменением температур во времени — нестационарный тепловой режим, а по истечении определенного периода времени после пуска — постоянством температур во времени — стационарный тепловой режим. Каждому из этих периодов соответствует определенный закон распределения температуры в неметаллическом слое.

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В НЕМЕТАЛЛИЧЕСКОМ АНТИФРИКЦИОННОМ СЛОЕ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ ПРИ СТАЦИОНАРНОМ ТЕПЛОМ РЕЖИМЕ, РАБОТАЮЩИХ БЕЗ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

#### 1. Случай, когда вал облицован слоем ДП (рис. 1, а)

Постановка задачи. Дан тонкостенный цилиндр из ДП длиной  $l$ , ограниченный снаружи цилиндрической поверхностью диаметром  $d_2 = 2r_2$ , а внутри — цилиндрической поверхностью диаметром  $d_1 = 2r_1$ , плотно прилегающей к металлическому валу. Заданы температура внешней поверхности тонкостенного цилиндра  $t_n = \text{const}$ , коэффи-

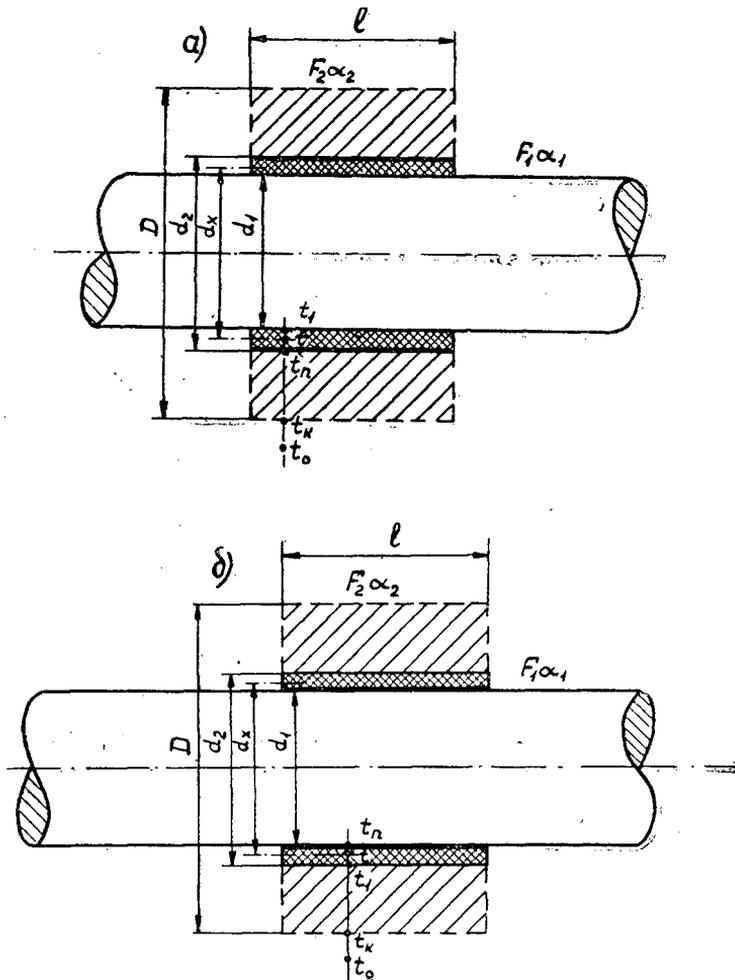


Рис. 1. Принципиальная схема конструкции подшипникового узла со слоем неметаллического антифрикционного материала.

циенты теплопроводности прессованной древесины  $\lambda_2$  и вала  $\lambda_1$ , коэффициент теплоотдачи с поверхности вала в окружающую среду  $\alpha_1$ .

Определим температуру произвольно выбранной точки тонкостенного цилиндра как функцию ее расстояния  $r_x = \frac{dx}{2}$  от оси цилиндра.

В силу того, что величина  $\lambda_2 \approx 0,1 - 1,0 \frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}}$ , а  $\frac{r_2 - r_1}{r_1} < \frac{1}{10}$ , теплоотдачей с торцов цилиндра можно пренебречь. Поэтому при решении задачи тонкостенный цилиндр можно считать неограниченным, а математическая постановка этой задачи будет следующей.

Дано дифференциальное уравнение теплопроводности для случая, когда температура есть функция только расстояния точки от оси цилиндра

$$\frac{d^2t}{dr^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{dt}{dr} = 0; \quad (1,1)$$

граничные условия первого рода

$$\begin{aligned} r_x &= r_2, & t &= t_n; \\ r_x &= r_1, & t &= t_1. \end{aligned} \quad (1,2)$$

Будем считать, что на внутренней поверхности цилиндра  $t_1$  задана. Решение уравнения (1, 1) при граничных условиях (1, 2) имеет вид [2]

$$t = t_n - \frac{t_n - t_1}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \cdot \ln \frac{d_0}{d_x}, \quad (1,3)$$

где  $d_x = 2r_x$ .

Для нахождения  $t_1$  — температуры на границе между валом и слоем ДП — при стационарном тепловом режиме воспользуемся уравнением теплового баланса

$$Q_1 = Q_2. \quad (1,4)$$

Здесь количество тепла, прошедшее через тонкостенный цилиндр,

$$Q_1 = \frac{2\pi\lambda_2 l}{\ln \frac{d_2}{d_1}} (t_n - t_1) \frac{\text{ккал}}{\text{час}}; \quad (1,5)$$

количество тепла, отданное с поверхности вращающегося вала,

$$Q_2 = \frac{\pi d_1}{2} \sqrt{\alpha_1 \cdot d_1 \cdot \lambda_1} \cdot (t_1 - t_0) \frac{\text{ккал}}{\text{час}} \quad (1,6)$$

или

$$Q_2 = \pi d_1 \sqrt{\alpha_1 \cdot d_1 \cdot \lambda_1} \cdot (t_1 - t_0) \text{ ккал/час}, \quad (1,6a)$$

где  $t_0$  — температура окружающего воздуха, °С.

Уравнение (1, 6) можно использовать для концевых подшипников, а уравнение (1, 6a) — для срединных, когда вылет вала по обе стороны от подшипника больше  $3d_1$ . Подставляя выражения (1, 5) и (1, 6) в равенство (1, 4), получим для срединного подшипника

$$t_1 = \frac{2\lambda_2 l t_n + d_1 \sqrt{\alpha_1 \cdot d_1 \cdot \lambda_1} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} \cdot t_0}{2\lambda_2 \cdot l + d_1 \cdot \sqrt{\alpha_1 \cdot d_1 \cdot \lambda_1} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}}. \quad (1,7)$$

Подставив значение  $t_1$  в выражение (1, 3), получим закон распределения температуры в тонкостенном цилиндре

$$t = t_n - \frac{t_n - t_0}{\ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{2\lambda_2 \cdot l}{d_1 \sqrt{\alpha_1 \cdot d_1 \cdot \lambda_1}}} \cdot \ln \frac{d_2}{d_x}. \quad (1,8)$$

Количество тепла можно определить и по формуле В. К. Петриченко [3]

$$Q_2 = \alpha_1 \cdot F_1 \cdot (t_1 - t_0) \text{ ккал/час}, \quad (1,9)$$

где  $F_1$  — поверхность вала ( $m^2$ ), соприкасающаяся с воздухом и ограниченная длиной до  $3d_1$  от края подшипника в каждую сторону.

Подставляя выражения (1, 5) и (1, 9) в уравнение (1, 4), найдем  $t_1$

$$t_1 = \frac{2\pi\lambda_2 l t_n + \alpha_1 \cdot F_1 \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} \cdot t_0}{2\pi\lambda_2 \cdot l + \alpha_1 \cdot F_1 \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}}. \quad (1,10)$$

Тогда закон распределения температуры в тонкостенном цилиндре примет вид

$$t = t_n - \beta \cdot (t_n - t_0) \cdot \ln \frac{d_2}{d_x}, \quad (1,11)$$

где

$$\beta = \frac{1}{\ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{2\lambda_2}{\alpha_1 \cdot d_2 \zeta}}. \quad (1,12)$$

Отношение внешней поверхности вала, участвующей в теплообмене, к поверхности трения

$$\zeta = \frac{F_1}{\pi d_2 l}. \quad (1,13)$$

Полученные формулы (1, 8) и (1, 11) хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Результаты опытов приведены в табл. 1.

Таблица 1

$d_x, \text{ м}$	Температура $t, \text{ }^\circ\text{C}$	
	расчетная по формуле (1,11)	экспериментальная
0,060	—	51,5
0,059	49,5	50,0
0,057	46,0	44,0
0,055	42,5	41,5
0,054	40,5	39,0

Геометрические размеры и режим работы подшипникового узла при эксперименте были следующие:  $d_1 = 0,054 \text{ м}$ ;  $d_2 = 0,06 \text{ м}$ ;  $l = 0,06 \text{ м}$ ; зазор  $0,35 \text{ мм}$ ; смазка капельная (автол);  $P = 15 \text{ кг/см}^2$ ;  $v = 0,6 \text{ м/сек}$ ;  $t_n = 51,5^\circ \text{ C}$ ;  $t_0 = 19,5^\circ \text{ C}$ ;  $\lambda_2 = 0,34 \text{ ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$ ;  $\alpha_1 = 13,5 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}$ ; поверхность теплоотдачи вала  $F_1 = 4,5 \pi d_1^2$ ; вал облицован ДП-К (береза).

## 2. Случай, когда слой ДП закреплен в корпусе подшипника (рис. 1, б)

При работе подшипника скольжения, когда вал вращается относительно неметаллического слоя, температура поверхности трения последнего будет некоторой функцией от расстояния выбранной точки от оси цилиндра и угла  $\Theta$ , то есть

$$t_n = U(r_x, \Theta). \quad (1,13 \text{ а})$$

Вид функции (1, 13 а) зависит от угла охвата, зазора, вида смазки, коэффициента теплопроводности  $\lambda_2$  неметаллического слоя, толщины втулки, режима работы и некоторых других факторов. Нахождение

общего решения уравнения теплопроводности в этом случае при граничных условиях (1, 13 а) представляет значительные трудности.

Наиболее жестким температурный режим работы антифрикционного слоя, как показывает опыт, оказывается на угле охвата (в зоне соприкосновения вала с подшипником)  $\Theta_0 \approx (90 \div 120)^\circ$ . Поэтому практически интересно изучить распределение температуры в указанном слое, причем на внутренней поверхности слоя ее принимаем постоянной. Тогда искомое распределение можно считать функцией только  $r_x$  и определить ее тем же методом, что и для 1-го случая.

При указанных предположениях температура в данном случае определится по формуле

$$t = t_n - \frac{t_n - t_1}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \cdot \ln \frac{d_x}{d_1}, \quad (1,14)$$

где  $t_1$  — температура на внешней поверхности исследуемого цилиндра.

Так как наружная поверхность цилиндра плотно соприкасается с металлическим корпусом, то на всей исследуемой поверхности, ограниченной углом  $\Theta_0$ , при наступлении стационарного теплового режима в силу хорошей теплопроводности металла ( $\lambda_1 = 40$  ккал/м·час·град)  $t_1$  можно также считать постоянной. Эту величину получим из уравнения теплового баланса

$$Q_3 = Q_4, \quad (1,15)$$

где  $Q_3$  — количество тепла, прошедшее через антифрикционный слой и металлический корпус подшипника, ограниченный углом  $\Theta_0$ ;  
 $Q_4$  — количество тепла, отданное с поверхности (ограниченной углом  $\Theta_0$ ) корпуса подшипника в окружающий воздух.

При наступлении стационарного теплового режима перепад температуры между внутренней и наружной поверхностями металлического корпуса подшипника  $\Delta t \approx t_1 - t_k$  составляет примерно  $(0,1-1)^\circ$  С при толщине металлических частей от 10 до 60 мм, поэтому  $t_1 \approx t_k$ . Следовательно,

$$Q_3 = \frac{\Theta_0 \cdot \lambda_2 \cdot l}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \cdot (t_n - t_k) \text{ ккал/час.} \quad (1,16)$$

$$Q_4 = \alpha_2 \cdot F'_2 \cdot (t_k - t_0) \text{ ккал/час,} \quad (1,17)$$

где  $\alpha_2$  — коэффициент теплоотдачи от корпуса подшипника в окружающую среду, ккал/м<sup>2</sup>·час·град;

$F'_2$  — величина наружной поверхности корпуса подшипника, участвующей в теплообмене;

$t_k$  — температура наружной поверхности корпуса подшипника.

Подставляя выражения (1, 16) и (1, 17) в равенство (1, 15), определим

$$t_1 = \frac{\Theta_0 \lambda_2 l t_n + \alpha_2 \cdot F'_2 \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} \cdot t_0}{\Theta_0 \lambda_2 l + \alpha_2 \cdot F'_2 \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}} \quad (1,18)$$

Подставляя это значение  $t_1$  в выражение (1, 14), получим формулу распределения температуры в цилиндрическом антифрикционном слое на участке, ограниченном углом  $\Theta_0$

$$t = t_n - \frac{t_n - t_0}{\ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{\Theta_0 \cdot \lambda_2 \cdot l}{\alpha_2 \cdot F_2}} \cdot \ln \frac{d_x}{d_1} \quad (1,19)$$

Если температуру поверхностного слоя принять постоянной на угле  $\Theta = 2\pi$ , то получим приближенную формулу для определения температуры в антифрикционном слое

$$t = t_n - \beta' \cdot (t_n - t_0) \cdot \ln \frac{d_x}{d_1}, \quad (1,20)$$

где

$$\beta' = \frac{1}{\ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{2\lambda_2}{\alpha_2 d_2 \psi'}} \quad (1,21)$$

Отношение внешней поверхности корпуса подшипника к поверхности трения

$$\psi' = \frac{F_2}{\pi d_1 l} \quad (1,22)$$

Уравнение (1,20) довольно хорошо согласуется с экспериментальными данными, что видно из табл. 2.

Таблица 2

$d_x, м$	ДП-К		ДП-ГТ	
	температура $t, ^\circ\text{C}$		температура $t, ^\circ\text{C}$	
	расчетная	экспериментальная	расчетная	экспериментальная
0,060	—	55,0	—	70,0
0,061	53,0	51,0	68,5	68,0
0,064	48,0	45,0	65,0	63,5
0,068	42,0	39,0	60,5	57,5
0,071	38,5	34,0	57,5	53,0
0,072	37,5	33,0	56,5	51,5

Геометрические размеры подшипникового узла при эксперименте следующие:  $d_1 = 0,06 м$ ;  $d_2 = 0,072 м$ ;  $l = 0,06 м$ ; зазор  $0,3 мм$ ;  $F_2 = 0,05 м^2$ . Режим работы для ДП-К— $P = 7,5 кг/см^2$ ;  $v = 0,9 м/сек$ ; смазка — дизельное масло;  $t_0 = 17^\circ\text{C}$ ; для ДП-ГТ— $P = 5 кг/см^2$ ;  $v = 1,13 м/сек$ ; смазка — машинное СВ;  $t_0 = 18^\circ\text{C}$ . Для ДП-К коэффициент теплопроводности  $0,34$ , для ДП-ГТ —  $0,82 ккал/м \cdot час \cdot град$ . Коэффициент теплоотдачи  $\alpha_2 = 12 ккал/м^2 \cdot час \cdot град$ .

**ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТНОГО  
СЛОЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ  
ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ ТЕПЛОМ РЕЖИМЕ,  
РАБОТАЮЩИХ БЕЗ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ**

Пусковой период работы подшипникового узла характеризуется изменением его температуры во времени. В силу малой теплопроводности  $\lambda^2$  неметаллического антифрикционного материала происходит быстрое повышение температуры  $t_n$  его поверхностного слоя. Для этих материалов  $t_n$  является определяющим фактором, характеризующим работоспособность всего подшипникового узла в целом. Поэтому исследование

характера изменения температуры поверхностного слоя с течением времени в зависимости от режима работы подшипникового узла и его геометрических параметров представляет большой практический интерес.

### 1. Случай, когда вал облицован слоем ДП

Для определения зависимости  $t_n = f(\tau)$  составим уравнение теплового баланса в дифференциальной форме

$$dQ_{тр} = dQ_a + dQ_n + dQ_b, \quad (2,1)$$

где  $dQ_{тр}$  — количество тепла, выделившееся при трении за бесконечно малый промежуток времени  $d\tau$ ;

$dQ_a$  — количество тепла, аккумулированное подшипниковым узлом;

$dQ_n$  — количество тепла, прошедшее через корпус подшипника и отведенное в окружающий воздух за время  $d\tau$ ;

$dQ_b$  — количество тепла, отводимое валом в окружающее пространство за время  $d\tau$ .

Количество тепла  $dQ_{тр}$  и  $dQ_a$  определяется по формулам [1], [3], [4]

$$dQ_{тр} = 8,43Pvf d\tau \text{ ккал}; \quad (2,2)$$

$$dQ_a = \Sigma G_1 \cdot c_1 \cdot dt \text{ ккал}. \quad (2,3)$$

Величины  $dQ_n$  и  $dQ_b$  выражаются следующими формулами:

$$dQ_n = \frac{\pi d_2 l (t_n - t_0)}{\frac{1}{2\lambda_1} d_2 \cdot \ln \frac{D}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot \psi}} d\tau; \quad (2,4)$$

$$dQ_b = \frac{\pi d_2 \cdot l (t_n - t_0)}{\frac{1}{2\lambda_2} d_2 \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_1 \cdot \zeta}} d\tau, \quad (2,5)$$

где  $\psi$  и  $\zeta$  имеют тот же смысл, что и в формулах (1, 13) и (1, 22)

$$\begin{aligned} \psi &= \frac{F_2}{\pi \cdot d_2 \cdot l}; \\ \zeta &= \frac{F_1}{\pi \cdot d_2 \cdot l}. \end{aligned} \quad (2,6)$$

Подставляя выражения (2,2) — (2,5) в равенство (2,1) и пренебрегая внутренним термическим сопротивлением металлического корпуса подшипника, получим

$$A_1 \cdot d\tau = A_2 dt + A_3 (t_n - t_0) \cdot d\tau, \quad (2,7)$$

где

$$A_1 = 8,43Pvf; \quad (2,8)$$

$$A_2 = \Sigma G_1 c_1; \quad (2,9)$$

$$A_3 = \pi d_2 l \left( \frac{1}{\frac{1}{2\lambda_2} d_2 \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_1 \cdot \zeta}} + \alpha_2 \cdot \psi \right). \quad (2,10)$$

Интегрируя выражение (2,7), найдем закон изменения температуры поверхностного слоя неметаллического антифрикционного материала при нестационарном режиме работы подшипникового узла

$$t_n = t_0 + \frac{A_1}{A_3} \cdot \left(1 - e^{-\tau \cdot \frac{A_3}{A_2}}\right), \quad (2,11)$$

где  $A_1, A_2, A_3$  — выражаются формулами (2,8), (2,9) и (2,10).

В частном случае температура поверхностного слоя при стационарном тепловом режиме ( $\tau \rightarrow \infty$ ) выразится формулой

$$t_n = t_0 + \frac{A_1}{A_3}. \quad (2,12)$$

Если значение  $t_n$  из уравнения (2,12) подставим в выражение (1,11), то получим формулу для определения температуры любой точки антифрикционного слоя при стационарном режиме; при этом достаточно задать температуру окружающей среды, геометрические размеры и режим работы подшипникового узла

$$t = t_0 + \frac{A_1}{A_3} \left(1 - \beta \cdot \ln \frac{d_2}{d_x}\right). \quad (2,13)$$

В табл. 3 приведены значения  $t_n$ , полученные по формуле (2,11) и экспериментально.

Таблица 3

$\tau$ , мин.	$P=10 \text{ кг/см}^2, v=1,73 \text{ м/сек}$		$P=15 \text{ кг/см}^2, v=1,13 \text{ м/сек}$	
	температура $t_n$ , °C		температура $t_n$ , °C	
	расчетная	экспериментальная	расчетная	экспериментальная
0	—	19	—	19
10	33	40	30	37
20	43	51	36	42
30	51	58	41	47
40	58	65	46	51
50	70	77	50	56
60	100	96	55	60
90	—	—	75	75
120	—	—	100	96

Геометрические параметры подшипникового узла при эксперименте следующие:  $d_1 = 0,054 \text{ м}$ ;  $d_2 = 0,06 \text{ м}$ ;  $l = 0,06 \text{ м}$ ; зазор  $0,3 \text{ мм}$ ;  $F_1 = 4,5\pi d_1^2$ ;  $F_2 = 0,05 \text{ м}^2$ ; смазка — капельная (автол). Коэффициент теплопроводности  $\lambda_2 = 0,36 \text{ ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$ , коэффициенты теплоотдачи  $\alpha_1 = 17$ ;  $\alpha_2 = 12 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}$ . Коэффициент трения в процессе работы изменялся от 0,013 до 0,026 для случая  $P = 10 \text{ кг/см}^2, v = 1,73 \text{ м/сек}$  и от 0,012 до 0,022 — для  $P = 15 \text{ кг/см}^2, v = 1,13 \text{ м/сек}$ .

В табл. 4 приведены значения  $t$ , полученные по формуле (2,13) и экспериментально.

Таблица 4

$d_x$ , м	Температура $t$ , °C	
	расчетная по формуле (2,13)	экспериментальная
0,060	—	51,5
0,059	54	50,0
0,057	49	44,0
0,055	44	41,5
0,054	42	39,0

Геометрические размеры и режим работы подшипникового узла при эксперименте следующие:  $d_1 = 0,054$  м;  $d_2 = 0,06$  м;  $l = 0,06$  м; зазор  $0,35$  мм; смазка капельная (автол);  $P = 15$  кг/см<sup>2</sup>;  $v = 0,6$  м/сек;  $t_n = 51,5^\circ$  С;  $t_0 = 19,5^\circ$  С;  $\lambda_2 = 0,34$  ккал/м · час · град;  $\alpha_1 = 13,5$  ккал/м<sup>2</sup> · час · град; поверхность теплоотдачи вала  $F_1 = 4,5 \pi d_1^2$ ; вал облицован ДП-К (береза); коэффициент трения  $f \approx 0,016$ .

## 2. Случай, когда слой ДП закреплен в корпусе подшипника

В этом случае уравнение теплового баланса имеет вид

$$dQ_{\text{тр}} = dQ_a + dQ'_n + dQ'_b, \quad (2,14)$$

где  $dQ_{\text{тр}}$  и  $dQ_n$  определяются по формулам (2,2) и (2,3).

Если пренебречь термическим сопротивлением металлических частей корпуса подшипника [6] и считать  $t_n$  только функцией времени, то количество тепла, прошедшее через тело подшипника и отданное в окружающую среду, выразится формулой

$$dQ'_n = \frac{\pi d_1 l \cdot (t_n - t_0)}{\frac{1}{2\lambda_2} d_1 \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \psi'}} d\tau. \quad (2,15)$$

Количество тепла, отданное с поверхности вращающегося вала в окружающее пространство, выразится формулой

$$dQ'_b = \pi d_1 l \alpha_1 \zeta' \cdot (t_n - t_0) d\tau, \quad (2,16)$$

где

$$\zeta' = \frac{F_1}{\pi d_1 l}. \quad (2,17)$$

Подставляя выражения (2,2), (2,3), (2,15) и (2,16) в формулу (2,14), получим

$$A_1 d\tau = A_2 dt + A'_3 \cdot (t_n - t_0) \cdot d\tau, \quad (2,18)$$

где

$$A'_3 = \pi d_1 l \left( \frac{1}{\frac{1}{2\lambda_2} d_1 \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot \psi'}} + \alpha_1 \zeta' \right). \quad (2,19)$$

Интегрируя выражение (2,18) и разрешая уравнение относительно  $t_n$ , получим

$$t_n = t_0 + \frac{A_1}{A'_3} \cdot \left( 1 - e^{-\tau \frac{A'_3}{A_2}} \right), \quad (2,20)$$

где  $A_1, A_2, A_3$  выражаются формулами (2,8), (2,9) и (2,19).

При стационарном режиме

$$t_n = t_0 + \frac{A_1}{A'_3}. \quad (2,21)$$

Учитывая равенство (2,21), выражение (1,20) можно записать в следующем виде:

$$t = t_0 + \frac{A_1}{A_3'} \left( 1 - \beta' \cdot \ln \frac{d_x}{d_1} \right), \quad (2,22)$$

то есть при стационарном тепловом режиме температуру можно определить в любой точке антифрикционного слоя, задаваясь температурой внешнего воздуха, геометрическими размерами подшипникового узла и режимом его работы.

Значения  $t_{п}$ , полученные по формуле (2,20) и определенные из эксперимента, приведены в табл. 5.

Таблица 5

$\tau$ , мин	ДП-К		ДП-ГТ	
	температура $t_{п}$ , °С		температура $t_{п}$ , °С	
	расчетная	экспериментальная	расчетная	экспериментальная
0	—	19	—	18
10	36	35	55	65
20	46	57	70	78
30	58	65	91	98
60	80	85	118	125
90	93	97	143	150
120	105	108	169	173

Геометрические размеры подшипникового узла при эксперименте следующие:  $d_1 = 0,06$  м;  $d_2 = 0,072$  м;  $l = 0,06$  м;  $F_2 = 0,05$  м<sup>2</sup>;  $F_1 = 4,5 \pi d_1^2$ ; зазор 0,25—0,3 мм. Режим работы для ДП-К —  $P = 7,5$  кг/см<sup>2</sup>;  $v = 1,5$  м/сек; смазка — автол ( $f = 0,02 \div 0,03$ ); для ДП-ГТ —  $P = 16$  кг/см<sup>2</sup>;  $v = 0,9$  м/сек, смазка — автол ( $f = 0,04 \div 0,06$ ).

Для ДП-К коэффициент теплопроводности 0,34; для ДП-ГТ — 0,82 ккал/м·час·град. Коэффициенты теплоотдачи соответственно 12 и 13—16 ккал/м<sup>2</sup>·час·град.

В табл. 6 приведены значения  $t$ , полученные по формуле (2,2) и определенные экспериментально.

Таблица 6

$d_x$ , м	ДП-К		ДП-ГТ	
	температура $t$ , °С		температура $t$ , °С	
	расчетная	экспериментальная	расчетная	экспериментальная
0,060	—	55	—	70
0,061	55	51	76	68
0,064	50	45	72	63
0,068	45	39	67	57
0,071	40	34	61	53
0,072	38	33	61	51

Геометрические размеры подшипникового узла при эксперименте следующие:  $d_1 = 0,06$  м;  $d_2 = 0,072$  м;  $l = 0,06$  м; зазор 0,3 мм;  $F_2 = 0,05$  м<sup>2</sup>. Режим работы для ДП-К —  $P = 7,5$  кг/см<sup>2</sup>;  $v = 0,9$  м/сек; смазка — дизельное масло;  $t_0 = 17^\circ$  С; для ДП-ГТ —  $P = 5$  кг/см<sup>2</sup>;  $v = 1,13$  м/сек; смазка — машинное СВ;  $t_0 = 18^\circ$  С. Для ДП-К коэффициент теплопроводности 0,34; для ДП-ГТ — 0,82 ккал/м·час·град. Коэффициент теплоотдачи  $\alpha_2 = 12$  ккал/м<sup>2</sup>·час·град. Для ДП-К коэффициент трения 0,02—0,025; для ДП-ГТ — 0,03—0,04.

## Практическое использование полученных уравнений

Пусть нам заданы геометрические размеры подшипникового узла, вид смазки и окружная скорость. Тогда из уравнения (2,8), учитывая равенство (2,21), можно определить предельное значение нагрузки  $P$  на подшипник

$$P = \frac{A'_3 \cdot (t_n - t_0)}{8,43vf} \text{ кг.} \quad (3,1)$$

Величину  $f$  берем из таблиц, указанных в литературе [5]; максимальное значение  $t_n$  определяется видом используемой смазки и допустимой максимальной температурой поверхности трения антифрикционного материала.

Если задана нагрузка на подшипник, то можно определить допустимую окружную скорость

$$v = \frac{A'_3 \cdot (t_n - t_0)}{8,43Pf} \text{ м/сек} \quad (3,2)$$

или число оборотов вала в 1 мин

$$n = 2,27 \frac{A'_3 \cdot (t_n - t_0)}{Pd_1 \cdot f} \text{ об/мин.} \quad (3,3)$$

По формуле (2,21) при заданных размерах подшипникового узла и нагрузочном режиме его работы можно определить температуру на поверхности трения, а по ней подобрать соответствующую смазку.

Результаты расчетов по формулам (3,1), (3,2), (2,21), (2,22) и сравнение их с испытаниями, проведенными в производственных условиях, приведены в табл. 7.

Таблица 7

Место работы ДП	$t$ , °C	$l$ , м	$\frac{d_1}{d_2}$	$P$ , кг	$v$ , м/сек	$t_n$ , °C	$t_1$ , °C	$t_2$ , °C	$t_3$ , °C
Подшипниковый узел ленточного транспортера	5-6	0,018	$\frac{0,020}{0,042}$	$\frac{14,7}{14,0}$	$\frac{0,33}{0,30}$	$\frac{20,0}{23,0}$	$\frac{19}{21}$	$\frac{17}{16}$	$\frac{15}{13}$
	9-10	0,015	$\frac{0,025}{0,052}$	$\frac{23,4}{30,0}$	$\frac{0,226}{0,288}$	$\frac{29,3}{28,0}$	$\frac{28,26}{26,00}$	$\frac{24,6}{20,0}$	$\frac{20,3}{17,0}$
Подшипниковый узел шнекового транспортера	0-1	0,096	$\frac{0,050}{0,074}$	$\frac{135}{144}$	$\frac{0,196}{0,21}$	$\frac{21,2}{22,0}$	$\frac{21,00}{19,50}$	$\frac{17,7}{15,0}$	$\frac{13,3}{11,0}$
	48-50	0,150	$\frac{0,150}{0,190}$	$\frac{7350}{9000}$	$\frac{0,115}{0,141}$	$\frac{129}{112}$	$\frac{125}{108}$	$\frac{110}{94}$	$\frac{92,2}{83,0}$
Вкладыш червяка МЗО привода автоматической шахтной печи	17	0,211	$\frac{0,110}{0,145}$	$\frac{25200}{27400}$	$\frac{0,0083}{0,009}$	$\frac{46,4}{44,0}$	$\frac{44,5}{40,0}$	$\frac{38,4}{35,0}$	$\frac{30,7}{28,0}$
	17	0,211	$\frac{0,110}{0,145}$	$\frac{6300}{7400}$	$\frac{0,034}{0,040}$	$\frac{52,3}{47,0}$	$\frac{50,1}{44,0}$	$\frac{43,1}{37,0}$	$\frac{34,5}{31,0}$

Примечание. В числителе приведены расчетные данные, в знаменателе — экспериментальные. Материал втулок ДП-ГТ. Коэффициент трения принимали по таблицам, приведенным в работе С. А. Чернавского [6]. Температуры  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  измеряли соответственно на расстояниях 1, 5 и 10 мм от поверхности трения.

Если на практике необходимо знать время разогревания поверхности трения антифрикционного слоя до заданной температуры, то его можно определить из формулы (2,20)

$$\tau = \frac{A_2}{A'_3} \cdot \ln \left[ \frac{A_1}{A_1 - A'_3 \cdot (t_{II} - t_0)} \right] \text{ час.} \quad (3,4)$$

Полученная формула позволяет судить о возможности использования ДП в подшипниковых узлах машин, работающих по циклическому графику. Если время цикла  $\tau_{II} < \tau$ , полученного по уравнению (3,4), то опасаться перегрева подшипникового узла не следует.

Формулы, аналогичные уравнениям (3,1) — (3,4), можно получить и для обратной пары.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Д. Крюков. Тепловой расчет трансмиссий транспортных машин. Машгиз, М.—Л., 1961. [2]. М. А. Михеев. Основы теплопередачи. Госэнергоиздат, 1956. [3]. В. К. Петриченко. Подшипники и шестерни из пластмасс. Машгиз, М., 1952. [4]. В. Ф. Платонов. Подшипники из полиамидов. Машгиз, М., 1961. [5]. П. Н. Хухрянский. Опыт применения прессованной древесины для изготовления деталей машин. ГОСНИТИ. М., 1962. [6]. С. А. Чернавский. Подшипники скольжения. Машгиз, М., 1963.

Поступила в редакцию  
22 февраля 1965 г.

УДК 0.004.15 : 674.093.26

## ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ И УРОВЕНЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В ФАНЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Е. Е. БУРСИН*

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

В фанерной промышленности СССР наблюдается непрерывное повышение уровня концентрации фанерного производства. Для характеристики этого процесса мы провели исследование с целью выявить влияние концентрации производства на использование основных фондов и уровень производительности труда. Работа была выполнена на примере тех же предприятий, которые послужили основой для нашей статьи в № 3 «Лесного журнала» за 1964 г.

В задачи исследования входило: изучить динамику среднего размера фанерного предприятия за 1959—1962 гг., определить фондоемкость на 1 м<sup>3</sup> условной (эталонной) фанерной продукции и выразить зависимость последней от размеров фанерного предприятия в виде формулы, определить структуру основных фондов, а также изучить производительность труда и численность рабочих, занятых в производстве основной группы фанерной продукции (ФБ и ФК рядовая и экспортная, ФСФ, БП-1 и БС-1, а также плиты фанерные) по группам предприятий.

При определении размера фанерных предприятий мы руководствовались тем, что действительный уровень концентрации производства и размер предприятий может характеризовать лишь объем производимой продукции или производственная мощность предприятия.

Исследование показало, что в фанерной промышленности СССР наблюдается систематический рост размера предприятия как по общему объему производства в кубометрах фанерной продукции (при трехсменной работе), так и по объему производства в кубометрах эталонной фанеры, но темпы роста постепенно замедляются. Динамика среднего размера фанерных предприятий за 1959—1962 гг. показана в табл. 1.

Одновременно с систематическим ростом размеров фанерных предприятий происходит и усложнение ассортимента вырабатываемой фанерной продукции (средний технологический коэффициент снижается).

Связь объема основных фондов с объемами фанерного производства и использование этих фондов характеризуются данными, приведенными в табл. 2.

Таблица 1

Год	Выпуск фанерной продукции в год на одно предприятие		Средний технологический коэффициент
	тыс. м <sup>3</sup> натуральных	тыс. м <sup>3</sup> эталонной фанерной продукции	
1959	29,4	39,2	0,750
1960	32,0	41,7	0,768
1961	33,4	45,4	0,737
1962	34,2	46,9	0,728
1962, % к 1959	116	120	97

Таблица 2

Группы предприятий по выпуску фанерной продукции	Фондоёмкость		Выпуск товарной продукции (в действующих оптовых ценах) на 1 руб. промышленно-производственных фондов		Удельный размер основных фондов непромышленного назначения		Удельный размер основных фондов непромышленного назначения на 1 руб. промышленно-производственных основных фондов, руб./руб.
	на 1 м <sup>3</sup> условной фанерной продукции, руб./усл. м <sup>3</sup>	на одного работающего в фанерном производстве, тыс. руб./чел.	всей продукции фанерного производства, руб./руб.	в том числе по основной группе фанерной продукции, руб./руб.	на 1 м <sup>3</sup> условной фанерной продукции, руб./усл. м <sup>3</sup>	на одного работающего в фанерном производстве, тыс. руб./чел.	
I — очень мелкие	58,0	2,06	1,35	1,18	18,0	0,64	0,31
II — мелкие	38,5	1,73	2,77	2,22	16,2	0,72	0,42
III — средние	30,2	1,49	2,96	2,42	15,1	0,75	0,50
IV — крупные	27,2	0,93	4,32	2,73	14,5	0,49	0,53
V — очень крупные	23,3	1,05	4,47	3,19	13,8	0,62	0,59

С увеличением размера фанерного предприятия снижается фондоёмкость на единицу годового объема эталонной продукции, а также размер основных непромышленных фондов; особенно сильное снижение при этом наблюдается по промышленно-производственным основным фондам. Изучение показателей фондов на одного работающего в фанерном производстве показало значительное снижение фондоёмкости с увеличением размера фанерных предприятий.

Отмеченное снижение фондоёмкости на одного работающего в фанерном производстве с одновременным ростом выпуска продукции на каждый рубль основных промышленно-производственных фондов (см. табл. 2) свидетельствует о лучшем их использовании на крупных предприятиях. Одновременно с укрупнением предприятий происходит снижение удельного веса основной, выбранной ранее группы фанерной продукции в общем объеме продукции фанерного производства. В то же время удельный размер непромышленных основных фондов на одного работающего с укрупнением предприятий практически не снижается, а на мелких и средних предприятиях размер последних даже повышается.

Исследование показало, что удельный вес рабочих в общей численности работающих по всем пяти группам предприятий изменялся незначительно. В связи с этим фондоёмкость на одного рабочего фанерного производства в табл. 2 не приведена. Соотношение объема основных фондов производственного и непромышленного назначения характеризует структуру основных фондов (табл. 3).

Таблица 3

Виды основных средств	Удельный вес (%)	
	1960 г.	1962 г.
Всего основных средств	100,0	100,0
в том числе непромышленных основных средств	34,3	34,7
Всего промышленно-производственных основных фондов	100,0	100,0
из них:		
а) здания	38,7	39,3
б) сооружения	11,9	12,7
в) силовое оборудование	7,1	6,5
г) производственное оборудование	35,3	35,1
д) передаточные устройства	2,7	2,2
е) транспортные средства	2,3	2,3
ж) инвентарь, инструмент и прочие основные фонды	2,0	1,9

За период с 1960 по 1962 гг. удельный вес зданий и сооружений в общей стоимости основных производственных фондов возрос по исследуемым нами предприятиям с 50,6 до 52%, а удельный вес производственного и силового оборудования понизился соответственно с 42,4 до 41,6%. Относительный размер промышленных основных фондов в общей стоимости основных фондов фанерной промышленности за период с 1960 по 1962 гг. практически не изменялся.

Из табл. 2 видно, что удельный размер основных фондов непромышленного назначения на 1 руб. промышленно-производственных основных фондов на крупных предприятиях почти вдвое выше, чем на мелких. Последнее обстоятельство однако ни в коей мере не свидетельствует об ухудшении структуры основных фондов на крупных предприятиях, ибо здесь на структуру оказывает влияние степень комбинирования фанерного производства с другими производствами и вследствие

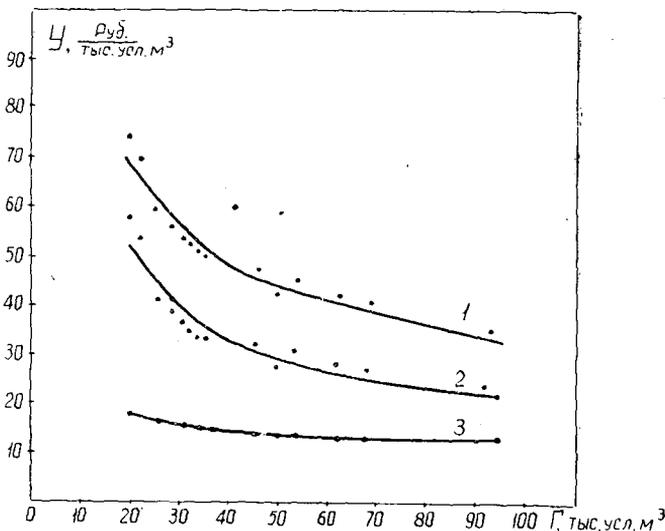


Рис. 1.

этого — порядок отнесения непромышленных основных фондов по принадлежности к тому или иному производству.

Было установлено, что между удельным размером основных фондов на единицу годового объема эталонной продукции и размером фанерного предприятия (табл. 2 и графики на рис. 1, построенные по первичным данным) существует корреляционная зависимость, которая может быть выражена гиперболическими функциями следующего вида (в этих формулах символом  $\Gamma$  обозначен годовой объем производства фанерных предприятий в тыс. кубометров условной фанерной продукции):

1. Удельный размер всех основных фондов на 1 м<sup>3</sup> условной продукции

$$ОФ = 27 + \frac{880}{\Gamma} \text{ руб. (рис. 1, кривая 1).}$$

2. Удельный размер промышленно-производственных фондов на 1 м<sup>3</sup> условной продукции

$$ОФ_{\text{ип}} = 14 + \frac{780}{\Gamma} \text{ руб. (рис. 1, кривая 2).}$$

3. Удельный размер непромышленных фондов на 1 м<sup>3</sup> условной продукции

$$ОФ_{\text{ип}} = 13 + \frac{100}{\Gamma} \text{ руб. (рис. 1, кривая 3).}$$

Связь показателя годовой выработки рабочего с размерами фанерного предприятия (тыс. кубометров условной продукции) за 1962 г. характеризуется данными, приведенными в табл. 4.

Таблица 4

Группы предприятий по выпуску фанерной продукции	Годовая выработка на одного рабочего, занятого в производстве основной группы фанерной продукции,		
	тыс. руб.	м <sup>3</sup> условной фанерной продукции	м <sup>3</sup> клееной фанеры
I	4,27	62,5	58,5
II	4,74	65,8	54,3
III	4,84	66,1	48,2
IV	5,02	67,4	45,5
V	5,09	68,4	45,2

Как следует из табл. 4, производительность труда рабочих, занятых в производстве «основной группы» фанерной продукции, растет по мере укрупнения фанерных предприятий. (Разрыв в уровне производительности труда между наивысшей и низшей группами предприятий составляет от 10 до 20% в зависимости от метода исчисления производительности труда). Эта тенденция нарушается лишь при расчете производительности труда на одного рабочего в кубометрах клееной фанеры, где с ростом размера фанерного предприятия наблюдается, наоборот, снижение уровня производительности труда. В обнаруженной понижающей тенденции нет ничего неожиданного, если учесть, что одновременно с укрупнением фанерных предприятий происходит значительное усложнение ассортимента вырабатываемой фанерной продукции.

На рис. 2 показана зависимость списочного количества рабочих (Р), занятых в производстве основной группы фанерной продукции, и их годовой выработки (ПТ) от размеров предприятия.

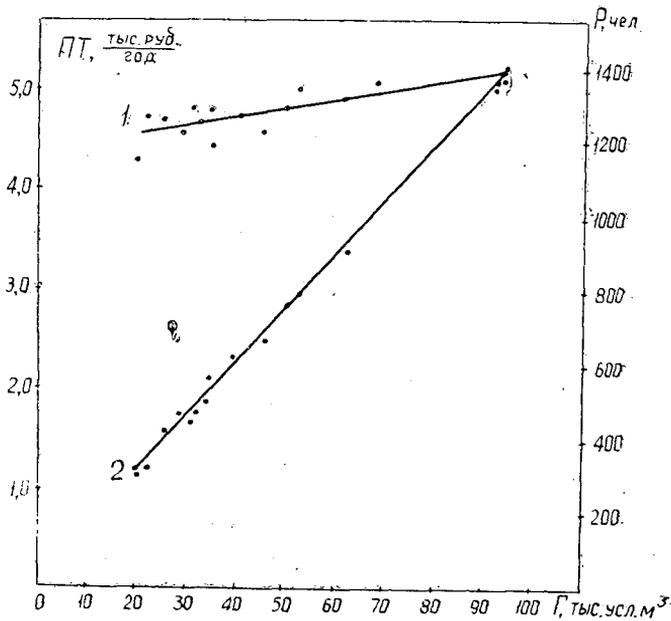


Рис. 2.

Данные табл. 4 и рис. 2 показывают, что годовая выработка на одного рабочего и численность рабочих, занятых в производстве основной группы фанерной продукции, могут быть достаточно точно выражены следующими уравнениями прямой:

1. Годовая выработка на одного рабочего

$$ПГ = 4,43 + 0,008Г \text{ руб. (рис. 2, кривая 1).}$$

2. Количество рабочих, занятых в производстве основной группы фанерной продукции

$$P = 28 + 14,35Г \text{ (рис. 2, кривая 2).}$$

Поступила в редакцию  
28 мая 1964 г.

УДК 674.093.2 : 674.031.33

## ВЫХОД ИЗ ОСИНОВОГО ПИЛОВОЧНИКА НЕОБРЕЗНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ И ИХ ПОРОКИ

**В. И. НИКАНОВ**

Старший научный сотрудник

(ЦНИИМОД)

В связи с утверждением новых стандартов на пиловочное сырье (ГОСТ 9462—60) и пиломатериалы (ГОСТ 2695—62) лиственных пород требования к качеству осинового древесины изменились. В свете этих изменений требуется в конечном счете установить нормативные выходы.

Приведенные нами количественные и качественные выходы пиломатериалов получены в 1962 г. при распиловке осинового пиловочника свежей рубки. Всего распилено 538 бревен (что составляет около 84 м<sup>3</sup>) развальным способом на необрезные доски. В состав сырья вошли бревна диаметром 14—38 см.

В распиленном пиловочнике по долевному участию по объему преобладают бревна диаметром 18—30 см, а в штуках — диаметром 18—26 см. Средний диаметр бревен 24 см, длина 3 м, объем таких бревен 0,157 м<sup>3</sup>.

Посортное соотношение пиловочных бревен по ГОСТу 9462—60 следующее: бревен I сорта 28,5; II — 35,0; III — 27,5; IV — 9,0%.

Наиболее распространенными сортообразующими пороками опытного сырья являются сучки здоровые (50%), гнилые (3,5%), гниль (12,6%). Значительное количество бревен пониженной сортности оказалось по кривизне (4,0%). Бревна с кривизной встречаются преимущественно в мелком и частично в среднем пиловочнике. Количество бревен с трещинами, проростью и некоторыми другими пороками сравнительно небольшое. Значительное количество бревен с сучками встретилось в мелком и среднем сырье. Например, среди бревен диаметром 14 см количество их пониженной сортности по сучкам здоровым составляет примерно 70%.

Выход необрезных пиломатериалов представлен в табл. 1. Общий выход товарных досок составил 60,1% от сырья. Количество пиломатериалов 1-го сорта 22,2%. С повышением сортности сырья выход пиломатериалов первого сорта заметно увеличивается. В общей массе пиломатериалов преобладают доски 1 и 2-го сорта (43,9% вместе взятых).

Пиломатериалов 3-го сорта оказалось сравнительно немного. Это объясняется тем, что влияние на необрезные доски кромочных сучков, как наиболее распространенного порока, относительно небольшое. Из сырья 4-го сорта количественный выход пиломатериалов оказался несколько меньшим. Это произошло, главным образом, из-за наличия в

Таблица 1

Сорт бревен по ГОСТу 9462—60	Количество необрезных пиломатериалов по ГОСТу 2695—62 (%) соответствующего сорта			Тарные пиломатериалы, %	Общий выход пилопродукции, %
	1	2	3		
I	32,0	18,0	11,0	1,6	62,6
II	25,3	22,5	13,0	2,0	62,8
III	16,5	25,0	18,5	1,2	61,2
IV	15,2	21,4	22,3	1,3	60,2
Итого	22,2	21,7	16,2	1,5	61,6

Таблица 2

Сортименты и потери	Выход необрезных пиломатериалов, % от объема распиленного сырья
Товарные доски длиной от 1 м и более . . . . .	60,1
Коротье от 0,3 до 1 м . . . . .	4,0
Горбыли . . . . .	12,9
Доски некондиционные (гнилые) . . . . .	2,0
Вырезки, отрезки . . . . .	3,0
Опилки . . . . .	11,0
Усушка и распыл . . . . .	7,0

Примечание. Баланс составлен при следующих исходных данных: средние размеры бревен — диаметр 24 см; длина 3 м; объем бревна 0,157 м<sup>3</sup>. Средняя сортность пиловочника по ГОСТу 9462—60: I — 28,5, II — 35,0, III — 27,5, IV — 9,0%. Распиловку производили вразвал на необрезные доски. Потери на усушку приняты из расчета конечной влажности пиломатериалов 15%.

бревнах IV сорта гнили. Товарные пиломатериалы распределены на две группы по длине 3—2 м и 1,75—1 м. В общей массе пиломатериалов преимущество составляют доски длиной 3—2 м (57,4% от сырья). С увеличением диаметра бревен количество пиломатериалов I-го сорта и общий объемный выход почти во всех сортовых группах сырья уменьшается. Это объясняется относительно большей пораженностью крупных бревен гнилью; мелкие и частично средние бревна поражены преимущественно здоровыми сучками. Однако сортность полученных из них необрезных досок по кромочным сучкам ухудшилась весьма незначительно.

В табл. 2 представлен баланс древесины при распиловке осинового пиловочного сырья на необрезные пиломатериалы. Делового коротья и вырезок оказалось значительное количество. Это произошло за счет дополнительной переработки (условной) толстомерных горбылей на тарную дощечку\*. Некондиционные доски (2%) поражены, главным образом, гнилью.

\* Распиловку бревен производили поставками без контрольных пил. При распиловке непоставных бревен (по размеру диаметров завышенных против расчетных) горбыли получились значительной толщины.

При паспортизации пиломатериалов учитывали вид пороков и размер их. Сучки по месту расположения на доске разделяли на пластевые и кромочные. Фактически на досках встретились почти только пластевые сучки. Пораженность досок пороками определяли в зависимости от размерно-качественной характеристики бревен, способа распиловки и структуры поставов. Были исследованы пиломатериалы из бревен следующих диаметров: 14; 18, 22; 26; 30 и 34 см. Данные табл. 3, характеризующие встречаемость сортообразующих пороков в осиновых пиломатериалах по ГОСТу 2695—62 несколько укрупнены, а именно: бревна по сортовым группам не подразделены, степень влияния пороков на образование того или иного сорта пиломатериалов не показана. Эти вопросы частично освещены ниже.

Таблица 3

Диаметр бревен, см	Количество пиломатериалов (в % от общего объема досок) с пороками					
	сучки здоровые	сучки гнилые	гниль	трещины	прорость	червоточина
14	58,3	4,2	—	—	—	—
18	46,7	11,2	4,6	—	—	—
22	39,0	13,6	9,0	0,2	1,3	0,2
26	38,0	13,6	9,8	0,4	3,1	0,4
30	23,0	19,6	15,4	2,0	3,8	0,7
34	21,0	20,8	16,0	2,4	6,0	1,2

Примечание. В таблицу включены товарные пиломатериалы и некондиционные доски (главным образом по гнили).

Из табл. 3 видно, что в осиновых пиломатериалах сучки — наиболее распространенный сортообразующий порок. Например, из мелких бревен диаметром 14 и 18 см количество пиломатериалов пониженной сортности по здоровым сучкам достигает примерно 58% от всех пиломатериалов. С увеличением диаметра бревен удельный вес пиломатериалов с сучками уменьшается. Из бревен диаметром 30 и 34 см количество пиломатериалов пониженной сортности по здоровым сучкам составило соответственно 23 и 21%. С увеличением диаметра бревен степень пораженности полученных из них пиломатериалов гнилыми сучками и гнилью заметно растет.

В осиновых бревнах гниль по сравнению с сучками — менее распространенный порок. Однако степень отрицательного влияния ее на выход пиломатериалов по сравнению с другими пороками наибольшая. Пиломатериалы с трещинами, проростью и червоточиной составляют сравнительно небольшую долю. Пиломатериалов с побурением и грибными окрасками не встретилось.

Из сырья I сорта пиломатериалы пониженной сортности по сучкам составляют весьма незначительное количество. Так, из бревен диаметром 18; 22; 26 и 30 см количество пиломатериалов 2 и 3-го сорта по сучкам не превышает соответственно 12; 6; 4 и 7%, тогда как из бревен этих диаметров II сорта удельный вес пиломатериалов пониженного сорта из-за сучков колеблется в пределах 27—50%. Пиломатериалы из бревен III сорта по сравнению с пиломатериалами из бревен II сорта насыщены сучками значительно больше (41—66%).

Из сырья IV сорта, главным образом крупного и частично среднего, оказалось значительное количество пиломатериалов с гнилыми сучками (15—30%).

Распространение гнили в осиновых бревнах определяли в направлениях поперечного и продольного сечения их. При этом предусматривалось установить пораженность бревен гнилью в зависимости от вершинного диаметра их и размера гнили в торцах.

Были исследованы пиломатериалы из бревен с гнилью наиболее характерных размеров, составляющих  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{5}$ ,  $\frac{1}{6}$ ,  $\frac{1}{7}$ ,  $\frac{1}{8}$  часть соответствующего диаметра бревна.

Опытное сырье было разделено на группы по следующим размерам диаметров: 16—20; 22—30; 32 и 40 см. За единицу измерения размера гнили на пиломатериалах принят 1 м<sup>2</sup>. Степень и характер распространения гнили определяли в зависимости от расстояния пласти доски до центра торца бревна. Это расстояние выражено в долях средневзвешенного диаметра (радиуса) соответствующей группы бревен. При этом в расчет принимали диаметры бревен с гнилью независимо от того вершинные они или комлевые. С учетом диаметра бревен и размера в них гнили было сформировано 9 опытных групп. В группе сырья диаметром 32 и 40 см бревен с гнилью  $\frac{1}{4}$  не встретилось.

В результате исследований оказалось, что примерно во всех опытных группах бревен в зоне 0—0,3 радиуса древесины поражена гнилью в среднем на 25%. Исключение составляют некоторые бревна с гнилью  $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{8}$ ; в этих бревнах гнили сравнительно меньше. В крупных и частично в средних бревнах с гнилью  $\frac{1}{3}$  распространение гнили достигает зоны сбega. При равных размерах гнили в торцах бревен в крупном сырье она распространяется несколько больше, чем в мелком. С увеличением размера гнили в торцах степень распространения ее внутри бревен заметно растет.

Проведенные нами исследования пока еще не позволяют установить зависимость между размерами гнили в торцах бревен и распространением ее внутри бревен.

---

Поступила в редакцию  
3 ноября 1964 г.

УДК 674.815.41

## К ВОПРОСУ СТАБИЛЬНОСТИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И РАЗМЕРОВ ПЛИТ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ЧАСТИЦ

**А. П. БЕРСЕНЕВ**

Кандидат технических наук

(Уральский ПромстройНИИпроект)

В 1962 г. мы начали изучать влияние следующих факторов окружающей среды на физико-механические свойства плит из древесных частиц: попеременного воздействия отрицательных и комнатных температур, капельно-жидкого увлажнения и высушивания, гигроскопического увлажнения и высушивания, повышенной и комнатной температур, а также длительного хранения плит в естественных условиях под навесом.

Влияние окружающей среды изучали на стружечных и опилочных плитах. Стружечные были изготовлены на смоле «Бартрев»; опилочные — из отсортированных и просушенных опилок на смоле МФ (10% к весу абс. сухих опилок). Одну часть плит изготавливали на смоле МФ без отвердителя, другую — с отвердителем хлористым аммонием (в количестве 1% к весу смолы). Плиты прессовали при температуре 150°С и давлении 15 кГ/см<sup>2</sup>; время прессования 1, мин на 1 мм толщины. Объемный вес плит 0,7 Г/см<sup>3</sup>.

Для оценки влияния тех или иных видов воздействий на физико-механические свойства плит были использованы обычные методы испытаний на статический изгиб, водопоглощение, разбухание. Кроме того, фиксировали изменение объемного веса, влажности и в отдельных случаях толщины плит. Взятие опытных образцов для испытаний, подготовка и размеры их соответствовали ГОСТу «Плиты стружечные». Испытания проводили в лабораторных условиях до и после воздействия на образцы того или иного фактора в течение различных промежутков времени (циклов обработки).

Для испытаний попеременным воздействием отрицательной и комнатной температур 150 образцов были маркированы и помещены в специальный контейнер. Цикл обработки состоял из 7-часового выдерживания образцов в морозильной камере при температуре  $-25 \pm 3^\circ\text{C}$  и 17-часового выдерживания в нормально отапливаемом помещении при температуре  $+18 \pm 2^\circ\text{C}$ . Для испытаний попеременным капельно-жидким увлажнением и высушиванием 150 образцов подвергали обработке, цикл которой заключался в увлажнении водой с температурой 10°С в течение 0,5 час и высушивании при температуре  $+18 \pm 2^\circ\text{C}$  в течение 23,5 час. После определенного числа циклов образцы выдерживали до равновесной влажности в нормально отапливаемом помещении и испытывали. Цикл обработки образцов попеременным гигроскопическим

Плиты	Число циклов обработки	Средний предел прочности образцов ( $\frac{кг}{см^2}$ )					выдержанных в естественных условиях под навесом
		с попеременным воздействием					
		отрицательной и комнатной температур	капельно-жидкого увлажнения и высушивания	гигроскопического увлажнения и высушивания	повышенной и комнатной температур		
Стружечные	Контроль	240	230	238	238	240	
"	25	198	80	224	226	214*	
"	50	182	48	217	218	160**	
"	75	180	32	214	216	—	
"	100	179	29	205	207	—	
Опилочные без отвердителя	Контроль	97	100	110	110	97	
"	25	86	13	104	—	76	
"	50	82	9	99	91	46	
"	75	82	7	96	—	—	
"	100	81	5	93	87	—	
Опилочные с отвердителем	Контроль	71	80	82	82	71	
"	25	55	10	78	—	51	
"	50	47	7	74	76	27	
"	75	47	3	70	—	—	
"	100	39	2	63	65	—	

\* После трехмесячной выдержки; \*\* после шестимесячной выдержки.

увлажнением и высушиванием состоял из 17-часового выдерживания образцов над насыщенным раствором углекислой кристаллической соды при температуре  $+18 \pm 2^\circ \text{C}$  и относительной влажности воздуха 0,92 и 7-часового выдерживания при температуре  $+18 \pm 2^\circ \text{C}$  и относительной влажности воздуха 0,5—0,6. Для проведения испытаний попеременным воздействием повышенной и комнатной температур образцы подвергали обработке, цикл которой состоял из 7-часового выдерживания образцов в термостате при температуре  $+50 \pm 2^\circ \text{C}$  и 17-часового выдерживания при температуре  $+18 \pm 2^\circ \text{C}$ . Для испытаний в естественных условиях образцы в специальных стеллажах в марте были помещены под навес, где их выдерживали в течение определенного времени.

Физико-механические показатели контрольных и опытных образцов плит из древесных частиц приведены в табл. 1.

Как видно из таблицы, прочность на статический изгиб уменьшилась, главным образом, после длительного попеременного капельно-жидкого увлажнения и высушивания, причем прочность опилочных плит снизилась более значительно, чем стружечных.

Влияние попеременного воздействия отрицательной и комнатной температур на предел прочности на статический изгиб плит оказалось весьма значительным.

Попеременное воздействие на плиты из древесных частиц повышенной и комнатной температур привело к снижению предела прочности на статический изгиб.

Наименьшее влияние на предел прочности на статический изгиб плит из древесных частиц оказало попеременное гигроскопическое увлажнение и высушивание.

Пределы прочности при статическом изгибе опилочных плит без от-

Таблица 1

Разбухание (%) за 24 час образцов					Водопоглощение (%) за 24 час образцов				
с попеременным воздействием				выдержанных в естественных условиях под навесом	с попеременным воздействием				выдержанных в естественных условиях под навесом
отрицательной и комнатной температур	капельно-жидкого увлажнения и высушивания	гигроскопического увлажнения и высушивания	повышенной и комнатной температур		отрицательной и комнатной температур	капельно-жидкого увлажнения и высушивания	гигроскопического увлажнения и высушивания	повышенной и комнатной температур	
36,7	18,2	18,3	18,3	19,5	83,5	78,2	80,9	80,9	75,9
18,8	11,6	22,5	23,1	18,0*	96,5	66,4	83,6	82,9	78,1*
18,5	11,5	22,9	22,6	13,9**	87,2	93,6	83,3	92,2	79,1***
18,2	7,0	18,7	23,6	—	83,1	95,0	84,8	90,2	—
14,1	3,7	17,3	24,5	—	87,1	97,3	73,5	84,7	—
27,2	25,0	25,1	25,1	27,2	105,8	98,7	101,9	100,9	105,8
23,8	5,7	25,7	—	25,6	110,1	77,8	106,0	—	108,5
22,8	4,6	27,8	25,5	17,3	104,1	119,0	106,8	110,8	100,1
21,3	4,0	21,7	—	—	101,1	129,7	100,1	—	—
20,3	3,8	21,1	24,3	—	109,9	107,9	97,4	105,4	—
36,5	34,7	28,4	28,4	33,4	106,5	103,0	98,2	98,2	109,0
34,1	6,9	30,9	—	26,2	115,9	78,2	97,3	—	94,0
28,5	6,8	29,0	33,4	18,7	108,3	105,0	92,3	99,5	105,6
25,0	6,7	28,1	—	—	108,3	104,0	92,1	—	—
24,0	3,9	26,7	32,1	—	105,7	108,7	91,3	106,2	—

вердителя снизились во всех опытах в меньшей степени, чем опилочных плит, изготовленных на смоле с отвердителем.

По результатам испытаний каждого цикла находим среднеарифметическое значение предела прочности на статический изгиб. При этом были также вычислены:  $\pm \sigma$  — среднеквадратическое отклонение,  $\pm m$  — средняя ошибка,  $v$  (%) — вариационный коэффициент и  $p$  (%) — показатель точности.

Таблица 2

Факторы окружающей среды (попеременное воздействие)	Плиты	Статистические показатели			
		$\pm \sigma$	$\pm m$	$v, \%$	$p, \%$
Отрицательная и комнатная температуры	Стружечные	22,15	8,21	11,5	4,2
	Опилочные без отвердителя с отвердителем	9,62	3,80	12,7	3,8
Капельно-жидкое увлажнение и высушивание	Стружечные	5,63	2,17	11,8	4,4
	Опилочные без отвердителя с отвердителем	1,77	0,66	25,1	5,4
	"	2,29	0,91	26,8	8,7
Гигроскопическое увлажнение и высушивание	Стружечные	12,1	5,2	5,5	2,4
	Опилочные без отвердителя с отвердителем	12,3	5,47	12,3	5,2
	"	11,3	4,9	13,5	5,7
Повышенная и комнатная температуры	Стружечные	18,4	8,7	8,5	3,8
	Опилочные без отвердителя с отвердителем	13,3	5,9	15,1	6,3
	"	13,0	5,6	17,2	5,6

В табл. 2 приведены средние значения статистических величин по видам испытаний плит. В большинстве случаев значения  $v$  и  $p$  не выходят из пределов допустимого.

Таблица 3

Плиты	Статистические показатели										Показатель достоверности разницы
	до хранения					после хранения					
	M	$\pm \sigma$	$\pm m$	v, %	p, %	M	$\pm \sigma$	$\pm m$	v, %	p, %	
Стружечные . . .	240	27,59	10,41	11,4	4,3	231	24,71	8,81	10,7	3,3	0,6
Опилочные без от- вердителя	96,8	39,33	3,11	9,6	3,2	100	17,26	5,75	17,3	5,8	0,4
Опилочные с от- вердителем	71,5	46,93	2,31	9,6	3,2	67,0	7,54	2,84	11,2	4,2	0,6

В табл. 3 приведены результаты определения прочности плит на статический изгиб, хранившихся в нормально отапливаемом помещении в течение 5 месяцев.

Плиты	Число циклов обработки	Объемный вес ( $\frac{g}{cm^3}$ ) образцов					Влажность (%)		
		с попеременным воздействием					выдержанных на открытом воздухе	с попеременным	
		отрица- тельной и комнатной темпера- тур	капельно- жидкого увлажне- ния и вы- сушивания	гигроско- пического увлажне- ния и вы- сушивания	повышен- ной и ком- натной температур	отрица- тельной и комнатной темпера- тур		капельно- жидкого увлажне- ния и вы- сушивания	
Стружечные	Контроль	0,64	—	—	—	—	7,0	—	
"	25	0,64	0,64	0,66	0,66	—	7,5	14,0	
"	50	0,64	0,64	0,69	0,66	—	8,0	17,0	
"	75	0,65	0,56	0,65	0,66	0,66*	7,0	17,0	
"	100	0,65	0,53	0,68	0,66	0,64**	9,0	21,0	
Опилочные без отвердителя	Контроль	0,68	—	—	—	—	7,0	—	
"	25	0,67	0,66	0,69	—	—	8,0	12	
"	50	0,68	0,48	0,69	0,68	—	9,1	22	
"	75	0,67	0,43	0,69	—	0,63*	9,8	25	
"	100	0,69	0,49	0,68	0,66	0,64**	10,8	30	
Опилочные с отвердит.	Контроль	0,65	—	—	—	—	7,0	—	
"	25	0,66	0,60	0,68	—	—	9,0	12	
"	50	0,68	0,50	0,68	0,66	—	9,8	19	
"	75	0,65	0,51	0,66	—	0,6*	10,0	21	
"	100	0,65	0,52	0,65	0,64	0,54**	10,7	30	

\* После трехмесячной выдержки; \*\* после шестимесячной выдержки.

В табл. 4 приведены данные по изменению объемного веса влажности и толщины плит в зависимости от продолжительности попеременного воздействия на них различных температурно-влажностных обработок.

Из табл. 4 видно, что с увеличением продолжительности попеременного воздействия отрицательной и комнатной температур толщина и влажность плит из древесных частиц увеличивается, а объемный вес остается без изменения.

Попеременное капельно-жидкое увлажнение и высушивание приводит к повышению влажности и увеличению толщины плит; объемный вес снижается для стружечных плит в меньшей степени, чем для опилочных. Это снижение объясняется необратимостью процесса разбухания

плит Гигроскопическое увлажнение и высушивание плит приводит к увеличению объемного веса, толщины и влажности их. При этом возрастание объемного веса, очевидно, происходит за счет большей скорости поглощения влаги (увеличение веса), по сравнению со скоростью увеличения размеров образцов (толщины). Выдерживание плит из древесных частиц на открытом воздухе также сопровождается изменением объемного веса, толщины и влажности плит.

### Выводы

1. Наиболее сильное воздействие на физико-механические свойства плит оказывает капельно-жидкое увлажнение и высушивание, затем отрицательная и комнатная температуры; гигроскопическое увлажнение и высушивание; повышенная и комнатная температуры. Снижение предела прочности плит при статическом изгибе 90—50%.

2. Выдерживание плит на открытом воздухе (под навесом) в течение шести месяцев приводит к резкому снижению их прочности при ста-

Таблица 4

образцов			Толщина (см) образцов				выдержан- ных на открытом воздухе
воздействием			с попеременным воздействием				
гигроско- пического увлажне- ния и вы- сушивания	повышен- ной и ком- натной темпера- тур	выдержан- ных на открытом воздухе	отрицательной и комнатной температур	капельно-жид- кого увлажне- ния и высу- шивания	гигроскопиче- ского увлаж- нения и высу- шивания	повышен- ной и ком- натной температур	
—	—	—	1,77	—	—	—	—
6,0	6,0	—	1,79	2,1	1,78	1,73	—
8,0	5,7	—	1,80	2,3	1,85	1,70	—
7,0	4,5	9,0*	1,87	2,3	1,88	1,74	1,8*
10,0	5,0	12,0**	1,89	2,4	1,89	1,73	1,9**
—	—	—	1,90	—	—	—	—
7	—	—	1,99	2,9	2,1	—	—
7	6,0	—	2,05	3,0	2,2	2,0	—
8	—	10*	2,12	3,4	2,2	—	2,2*
9	5,8	14**	2,11	3,7	2,2	1,98	2,3**
—	—	—	2,02	—	—	—	—
7	—	—	2,05	2,70	2,1	—	—
9	6	—	2,09	2,90	2,1	2,0	—
9	—	11*	2,17	2,93	2,1	—	2,1*
9	6	13**	2,25	3,00	2,1	2,0	2,3**

тическом изгибе (24—63%), что должно учитываться при расчете конструкций из плит.

3. Опилочные плиты менее стойки к воздействию факторов окружающей среды, чем стружечные; при этом опилочные плиты без отвердителя оказались более стойкими, чем плиты, изготовленные на смоле с отвердителем. Можно предположить, что на прочность и стойкость плит против воздействия факторов окружающей среды влияют форма и размеры частиц и отвердитель, который, очевидно, способствует деструкции смолы. Последнее предположение требует тщательных исследований химизма процесса влияния отвердителя на свойства смолы.

УДК 621.914.1

## ГЕОМЕТРИЯ НОМИНАЛЬНОЙ СТРУЖКИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

И. Г. КОРЧАГО

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Форма и размеры стружки, образующейся при обработке пиломатериалов и заготовок вращающимися ножевыми головками, имеют важное значение, так как от геометрии стружки в значительной степени зависят свойства конечного продукта, например, древесно-стружечных плит.

При проведении анализа стружки важно знать ее теоретические размеры, для определения которых в настоящее время пользуются следующими определениями и формулами.

Под длиной стружки понимают дугу (AC) контакта резца с древесиной. Для ее определения пользуются обычно следующими выражениями [1]:

$$l = \sqrt{D \cdot h} \quad (1)$$

или

$$l = R \arccos \left( 1 - \frac{h}{R} \right), \quad (2)$$

где  $D$  ( $R$ ) — диаметр (радиус) резания;  
 $h$  — глубина фрезерования;  
 $l$  — длина стружки.

Под толщиной стружки  $a$  понимают «кратчайшее расстояние между двумя смежными траекториями при данном положении лезвия» [1]. Это расстояние измеряется в направлении продолжения радиуса, проведенного из центра резания — точки  $O$  (рис. 1) в данную точку дуги контакта. Для определения толщины стружки чаще всего используют формулу Фишера [5]

$$a = U_z \cdot \sin \varphi, \quad (3)$$

где  $a$  — мгновенная толщина стружки, мм;  
 $U_z$  — величина подачи на нож, мм;  
 $\varphi$  — мгновенный угол поворота на дуге резания.

Максимальную толщину стружки  $a_{max}$  (отрезок  $BN$ ), соответствующую полному углу контакта, рассчитывают по формуле

$$a_{max} = 2U_z \sqrt{\frac{h}{D}}. \quad (4)$$



При фрезеровании древесины величина подачи на нож нередко составляет 2—4 мм, а в последнее время при некоторых видах обработки древесины наблюдается тенденция к еще большему увеличению подачи на нож в целях получения стружки или щепы с большей длиной волокна как наиболее пригодной для производства древесно-стружечных плит или выработки целлюлозы. Так, например, на некоторых заводах в США предварительную стружку пиломатериалов производят при величине подачи на нож, равной приблизительно 16 мм ( $\frac{5}{8}$ " ). На установке АРБ, разработанной ЦНИИМОДом, эта величина достигает 30 мм. При таких форсированных режимах нельзя пренебрегать смещением центра резания и отсчитывать углы поворота от вертикальной линии, так как такой способ, как будет показано ниже, приводит к значительным ошибкам при определении размеров стружки. Перейдем поэтому к рассмотрению геометрии стружки, образующейся в процессе фрезерования при форсированных режимах резания с учетом сделанного замечания.

В силу того, что при обработке древесины вращающимися ножевыми головками вершины резцов оставляют следы в древесине в виде дуг (приблизленно), процесс резания отдельным резцом начинается не в точке  $K$  (рис. 1), как это принято при выводе выше указанных формул, а в точке  $A$  и заканчивается в точке  $C$ . Следовательно, для более точного определения размеров стружки необходимо вычислить дугу  $AC$  и угол контакта  $AO_1C$ , опирающийся на эту дугу.

Угол контакта  $\varphi$  можно рассматривать как сумму двух углов  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ .

$$\angle \varphi_1 = \arccos \frac{R-h}{R}, \quad (6)$$

а угол  $\varphi_0$  определим из треугольника  $AO_1E$

$$\angle \varphi_0 = \arcsin \frac{U_z}{2R}. \quad (7)$$

Итак,

$$\angle \varphi_0 = \arccos \frac{R-h}{R} + \arcsin \frac{U_z}{2R}. \quad (8)$$

Длина дуги контакта

$$l = \frac{\pi R}{180} \cdot \varphi \quad (9)$$

или приближенно

$$l = \sqrt{Dh} + \frac{U_z}{2}. \quad (10)$$

В табл. 1 и 2 приведены значения углов и дуг контакта при некоторых значениях  $R$ ,  $U_z$  и  $h$ , вычисленные по формулам, применяемым в настоящее время (1) и (6) и вновь полученным (7), (8), (9) и (10), а также показаны относительные ошибки приближенных формул.

Как показывают данные табл. 1 и 2, ошибка в определении угла и дуги контакта по формулам (1) и (6) при  $U_z > 1$  мм достигает значительной величины. Поэтому ими можно пользоваться лишь при  $U_z = 1$  мм.

Значения длин дуг, вычисленные по формулам (9) и (10), почти полностью совпадают. Таким образом, при  $U_z > 1$  мм для определения угла контакта следует пользоваться формулой (8), а для определения длины дуги контакта — формулой (10) как более удобной для практического

Таблица 1

Глубина снимаемого слоя $h$ , мм	Радиус резания $R$ , мм	Подача на нож $U_z$ , мм	$\varphi_0$ по формуле (7), град	$\varphi_1$ по формуле (8), град	$\varphi$ по формуле (8), град	$\frac{\varphi - \varphi_1}{\varphi} \cdot 100, \%$
1	40	1	0°43'	12°50'	13°33'	5,6
		3	2°09'	12°50'	14°59'	16,8
		6	4°18'	12°50'	17°08'	33,5
		12	8°38'	12°50'	21°27'	67,37
		30	22°1'	12°50'	34°51'	171,6
	100	1	0°17'	8°07'	8°24'	3,5
		3	0°52'	8°07'	8°58'	10,7
		6	1°43'	8°07'	9°50'	21,2
		12	3°26'	8°07'	11°33'	42,5
		30	8°38'	8°07'	16°44'	106,4
5	40	1	0°43'	28°57'	29°40'	2,5
		3	2°09'	28°57'	31°06'	7,4
		6	4°18'	28°57'	33°15'	14,9
		12	8°38'	28°57'	37°35'	29,8
		30	12°1'	28°57'	49°58'	72,6
	100	1	0°17'	18°12'	18°29'	1,6
		3	0°52'	18°12'	19°03'	4,7
		6	1°43'	18°12'	19°55'	9,4
		12	3°26'	18°12'	21°38'	18,9
		30	8°38'	18°12'	26°49'	47,4

Таблица 2

Глубина снимаемого слоя $h$ , мм	Радиус резания $R$ , мм	Подача на нож $U_z$ , мм	Длина дуги контакта $l$ (мм)			$\frac{l_{(10)} - l_{(1)}}{l_{(1)}} \cdot 100, \%$
			по формуле (1)	по формуле (9)	по формуле (10)	
1	40	1	8,945	9,44	9,445	5,6
		3	8,945	10,40	10,445	16,7
		6	8,945	11,94	11,945	33,7
		12	8,945	14,97	14,945	67,2
		30	8,945	23,85	23,945	167,8
	100	1	14,1	14,60	14,6	3,5
		3	14,1	15,60	15,6	10,6
		6	14,1	17,05	17,1	21,2
		12	14,1	20,00	20,1	42,4
		30	14,1	29,00	29,1	106,0
5	40	1	20	20,7	20,5	2,5
		3	20	21,6	21,5	7,5
		6	20	23,1	23,0	15,0
		12	20	26,0	26,0	30,0
		30	20	35,0	35,0	75,0
	100	1	31,75	32,1	32,25	1,57
		3	31,75	33,1	33,25	4,73
		6	31,75	34,6	34,75	9,45
		12	31,75	37,6	37,75	18,90
		30	31,75	46,5	46,75	47,30

пользования по сравнению с формулой (9). Длину дуги контакта и примем за длину стружки.

Найдем теперь формулы для определения толщины стружки.

Под толщиной стружки в этом случае условимся понимать отрезок радиуса резания, заключенный между двумя дугами. С увеличением угла поворота, отсчитываемого от линии  $O_1A$ , толщина стружки увеличивается от своего нулевого значения в точке  $A$  до максимального в точке  $B$ , которому соответствует угол поворота  $AO_1B$ .

На рис. 1 максимальная толщина стружки обозначена отрезком  $BL$ . Из рисунка видно, что

$$BL = R - O_1B. \quad (11)$$

Величину отрезка  $O_1B$  найдем, решая треугольники  $O_1FC$  и  $O_1FB$ .

$$O_1B = \sqrt{(O_1F)^2 + (FB)^2},$$

но

$$O_1F = R - h,$$

а

$$FB = FC - BC = R \sin \varphi_1 - U_z = R \sqrt{2 \frac{h}{R} - \frac{h^2}{R^2}} - U_z.$$

Тогда

$$\begin{aligned} O_1B &= \sqrt{(R - h)^2 + \left( R \sqrt{2 \frac{h}{R} - \frac{h^2}{R^2}} - U_z \right)^2} = \\ &= \sqrt{R^2 + U_z^2 - 2RU_z \sqrt{2 \frac{h}{R} - \frac{h^2}{R^2}}}. \end{aligned}$$

Подставляя значение  $O_1B$  в формулу (11), получим

$$a_{max} = R - \sqrt{R^2 + U_z^2 - 2RU_z \sqrt{2 \frac{h}{R} - \frac{h^2}{R^2}}}. \quad (12)$$

Толщину стружки на любой высоте  $h_i$ , превышающей значение  $R - \sqrt{R^2 - U_z^2}$  (рис. 1 от точки  $K$ ), определяем по аналогичной формуле, подставив  $h_i$  вместо  $h$ , то есть мгновенная толщина стружки

$$a_i = R - \sqrt{R^2 + U_z^2 - 2RU_z \sqrt{2 \frac{h_i}{R} - \frac{h_i^2}{R^2}}}. \quad (13)$$

В точке  $K$  толщина стружки

$$a_k = R - \sqrt{R^2 - U_z^2}. \quad (14)$$

Под средней толщиной стружки условимся понимать толщину стружки, соответствующую половине глубины фрезерования. Значение ее при средних подачах на нож можно найти по формуле

$$a_{cp} = R - \sqrt{R^2 + U_z^2 - 2RU_z \sqrt{\frac{h}{R} - \frac{h^2}{4R^2}}}. \quad (15)$$

В табл. 3 приведены значения толщин стружки, вычисленные по формулам (4), (5), (12) и (15) при некоторых режимах резания.

Таблица 3.

Глубина фрезерования $h$ , мм	Радиус резания $R$ , мм	Подача на нож $U_z$ , мм	Максимальная толщина стружки (мм) по формуле		Средняя толщина стружки (мм) по формуле	
			(4)	(12)	(5)	(15)
1	40	1	0,22	0,21	0,11	0,15
		3	0,67	0,56	0,34	0,36
		6	1,34	0,83	0,67	-0,49
		12	2,68	0,88	1,34	-0,10
		30	6,70	-4,3	3,35	-6,06
	100	1	0,14	0,14	0,07	0,05
		3	0,42	0,38	0,21	0,25
		6	0,85	0,67	0,43	0,43
		12	1,70	0,98	0,85	0,48
		30	4,24	-0,2	2,12	-1,5
5	40	1	0,5	0,47	0,25	0,34
		3	1,5	1,34	0,75	0,94
		6	3,0	2,50	1,50	1,67
		12	6,0	5,86	3,00	2,45
		30	15,0	3,22	7,50	-0,8
	100	1	0,32	0,31	0,16	0,22
		3	0,95	0,89	0,48	0,63
		6	1,90	1,71	0,95	1,16
		12	3,79	3,08	1,90	1,97
		30	9,49	4,93	4,25	2,19

Данные, приведенные в табл. 3, показывают, что при  $U_z \leq 1$  мм результаты вычислений максимальной толщины стружки по формулам (4) и (12) почти полностью совпадают. Следовательно, при малых значениях величины подачи на нож толщину стружки необходимо определять по формулам (4) и (5). При средних значениях подачи на нож значения толщины стружки, вычисленные по формуле Фишера, превосходят иногда, особенно при малых радиусах резания, даже глубину фрезерования.

Следовательно, при  $U_z > 1$  мм (особенно при малых значениях  $R$ ) пользоваться формулами (4) и (5) нельзя. Толщину стружки в этом случае необходимо определять по формулам (12) и (15). При больших значениях  $U_z$  эти формулы оказываются непригодными для вычисления толщины стружки, так как при этом получаются отрицательные значения. Это объясняется тем, что способ определения толщины стружки как отрезка радиуса резания, заключенного между двумя дугами, может быть применен лишь для случая, когда величина подачи на нож не превышает значения  $R \sqrt{2 \frac{h}{R} - \frac{h^2}{R^2}}$ , то есть предельным моментом применения этого способа для определения толщины стружки является момент, когда центр резания находится строго над точкой выхода предыдущего реза из древесины (над точкой  $B$  на рис. 1). Толщина стружки в этот момент достигает своего максимального значения, равного глубине фрезерования. При дальнейшем увеличении  $U_z$  величина отрезка радиуса, заключенного между дугами резания двух соседних резцов, уменьшается до нуля. Поэтому при больших значениях подачи на нож (при  $U_z > R \sqrt{2 \frac{h}{R} - \frac{h^2}{R^2}}$ ) этот способ определения толщины стружки непригоден. В этом случае за максимальную толщину стружки следует принять максимальную величину отрезка (измеренного

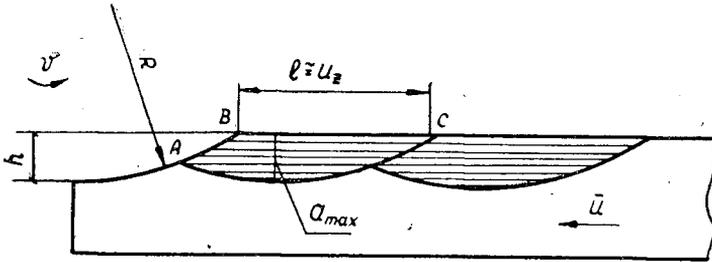


Рис. 2. Основные размеры и форма стружки, образующейся при фрезеровании с большими подачами на нож.

перпендикулярно направлению волокон), то есть практически глубину снимаемого слоя древесины (рис. 2).

$$a_{max} = h; \quad (16)$$

$$a_{cp} = \frac{h}{2}. \quad (17)$$

Форма стружки при больших величинах  $U_z$  (рис. 2) значительно отличается от таковой при малых и средних  $U_z$ . Точное значение длины стружки в этом случае можно определить, как и в предыдущем случае, по формуле (9), а приблизительно — по формуле (10). В случае, если величина  $U_z$  намного превосходит глубину фрезерования, то за длину стружки при больших подачах на нож можно приближенно принять величину  $U_z$

$$l = U_z, \quad (18)$$

так как отрезок дуги, определяющий боковую поверхность стружки, в этом случае меньше величины  $U_z$ .

Таким образом, проведенный анализ геометрии номинальной стружки показал, что несмотря на то, что кинематика процесса фрезерования едина и может быть выражена только одними какими-нибудь формулами (с той или иной степенью округления), с точки зрения определения линейных размеров стружки целесообразно различать фрезерование при малых, средних и больших значениях величины подачи на нож.

При каждом из этих режимов резания форма стружки имеет свои особенности, которые необходимо учитывать при определении теоретических размеров стружки, образующейся при фрезеровании.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Л. Бершадский. Резание древесины, М.—Л., Гослесбумиздат, 1956.  
 [2]. А. М. Розенберг. Динамика фрезерования. «Советская наука», 1945.  
 [3]. Г. С. Розенблит. О направлении подачи при фрезеровании. Журн. «Станки и инструменты» № 16, 1937. [4]. Н. И. Скрябин. Теоретическое исследование процесса фрезерования. Журн. «Вестник инженеров и техников» № 3, 1936. [5]. Фишер. Станки. 1900.

Поступила в редакцию  
21 декабря 1964 г.



На значительную роль воды в образовании муравьиной кислоты указывает В. Е. Раковский [3]. Муравьиная кислота может образовываться также в результате окислительного воздействия кислорода воздуха, попадающего в реакционную зону с измельченной сухой древесиной (при газификации — в реторте Стаффорда).

Сопоставим условия нагрева кусочка древесины при газовом и жидкостном теплоносителях. При газовом нагреве тепло передается только внешней поверхности кусочка древесины, откуда распространяется концентрическими слоями внутрь куска. При этом нагрев идет очень неравномерно. В то время как внутри куска еще продолжается сушка и температура не поднимается выше  $100^{\circ}\text{C}$ , снаружи происходит переугливание; выделяющиеся из центра куска пары воды, проходя через наружные слои при наличии кислот и высокой температуры, производят энергичные реакции гидролиза, приводящие к преждевременному распаду пентозанов и целлюлозы с дальнейшим разложением моносахаров по приведенным реакциям образования муравьиной кислоты.

При нагреве древесины в керосине вода полностью отгоняется при сравнительно низких температурах; при дальнейшем нагреве древесины разложению подвергаются только гемицеллюлозы, что приводит к значительному сокращению выделения реакционной воды. Муравьиная кислота образуется в небольшом количестве в основном за счет распада фурфурола. Окислительного воздействия воздуха в этом случае нет, так как он полностью вытесняется жидкой средой керосина до начала термического разложения.

При нагреве с газовым теплоносителем тепло, распространяясь концентрическими слоями от поверхности внутрь куска, как было указано, подвергает все слои клеточной стенки одновременному распаду в присутствии значительных количеств гигроскопической и реакционной воды. Поэтому в продуктах пиролиза появляются продукты распада всех основных компонентов древесины — гемицеллюлоз, целлюлозы и лигнина. При паровом нагреве теплоноситель также не проникает внутрь куска древесины, и картина разложения остается в этом отношении аналогичной условиям газового нагрева. Сказанное хорошо иллюстрируется исследованиями Б. Н. Осанова, по данным которого [2] в хвойных опилках при нагреве паром до  $275^{\circ}\text{C}$  пентозаны разрушаются на 50%, целлюлоза на 25 и лигнин на 12%. Более глубокое разложение дубовой древесины при нагреве ее водяным паром показано в работе Меррита и Уайта [9], где до  $240^{\circ}\text{C}$  содержание пентозанов падало от 20 до 11%, целлюлозы от 55 до 36 и содержание лигнина увеличивалось с 25 до 35%. При  $260^{\circ}\text{C}$  пентозаны и целлюлоза разрушались практически полностью. Температуру измеряли внутри кусков древесины (размер  $2,5 \times 2,5 \times 10$  см); пар впускали в реторту после того, как за счет внешнего нагрева температура парового пространства в реторте достигала  $150^{\circ}\text{C}$ . При нагреве березовых опилок в среде керосина до  $275^{\circ}\text{C}$  содержание пентозанов уменьшалось от 29,15 до 7,2%; содержание целлюлозы по количеству оставалось почти неизменным, но вязкость ее резко уменьшалась; количество лигнина увеличивалось от 24 до 28%. Все выходы при этом рассчитывали в процентах от сухой исходной свежей древесины.

Такое различие процесса пиролиза разных опилок в среде горячего керосина можно, по-видимому, объяснить большей пропитывающей способностью теплоносителя, в результате чего разложению подвергаются не все слои клеточной стенки одновременно (как при газовом, так и паровом нагреве), а только соприкасающийся с теплоносителем внутренний слой, состоящий в основном из гемицеллюлоз. Когда после разложения внутреннего слоя теплоноситель приходит в соприкосновение с по-

следующим слоем (в основном целлюлозным), процесс прекращается, и остатки теплоносителя отгоняются с водяным паром. Такой равномерный и истинно внутренний нагрев обеспечивает одновременное отщепление ацетильных групп, что при малом количестве реакционной воды (только за счет распада гемицеллюлоз) приводит к выделению в процессе предпиролиза жижки, содержащей в среднем 22—25% кислот при переработке лиственных и 12—15% — при переработке хвойных пород. При разложении с газовым теплоносителем даже абс. сухой древесины такой концентрации кислот достигнуть невозможно, так как образующаяся при распаде целлюлозы реакционная вода разбавляет жижку.

С появлением жидкостного теплоносителя понятие муравьинокисло-го числа как мерил мягкости процесса стало устаревшим и может быть отнесено только к ретортам с газовым внешним нагревом, где большую роль играют вторичные реакции распада муравьиной кислоты при соприкосновении парогазов с раскаленными стенками реторт.

В литературе часто проводят аналогию между особо мягкими условиями пиролиза древесины в газогенераторах и перегонкой в глубоком вакууме [7]. Это сравнение условно, так как в действительности давление в газогенераторе нормальное, благодаря чему отсутствует основное отличие глубоковакуумного процесса, заключающееся в значительном увеличении длины свободного пробега молекул, без чего неосуществима мягкая молекулярная перегонка. Если провести сухую перегонку мелкой щепы для получения угля в газовом потоке с такой же интенсивностью, как в газогенераторе, то в дистиллате будут обнаружены те же трудно летучие продукты (левоглюкозан и др.), как и при газогенераторном процессе. Попадание их в дистиллат объясняется уносом в потоке парогазов промежуточных продуктов пиролиза, выброшенных из капилляров древесины давлением выделяющихся паров и газов.

Быстрый вынос продуктов пиролиза из зоны высоких температур позволяет резко увеличить выход ценных компонентов. Поэтому основным требованием к рациональному аппарату для пиролиза древесины должно быть наличие минимального свободного пространства, обеспечивающего максимальные скорости выноса. Из сухой и мелкой щепы получается значительно больший выход смолы в газогенераторе, чем из сырой, вследствие значительного увеличения одновременно образующихся парогазов и соответственно возрастания скорости их выноса. Увеличение выхода обычно наблюдается за счет растворимой смолы, тогда как выход отстойной смолы колеблется в небольших пределах.

Как известно, растворимая смола образуется из наименее термостойкой углеводной части древесины, что, по-видимому, задерживает образование отстойной смолы из лигнина, находящегося в основном в наиболее глубоко расположенной срединной пластинке клеточной стенки, которая наиболее подвержена экзотермическим перегревам и повышенному давлению. Удлиненный путь выхода отстойной смолы также уменьшает ее выход (из-за дополнительного крекинга). Если образование смоляного тумана представить в результате адиабатического расширения и охлаждения паров смолы при прохождении через микропоры полостей нагретых клеток, чередующихся с полостями более холодных клеток, то каждая конденсация и новая перегонка должны уменьшать выход смолы, способствуя ее запекыванию. Чем выше концентрация смолы в парах, тем больше таких микроконденсаций и перегонок. По этой причине бурное образование растворимой смолы не способствует успешному выносу отстойной смолы.

Подтверждением сказанному могут служить опыты пиролиза свежей и бурой древесины, приведенные по средним данным из трех опре-

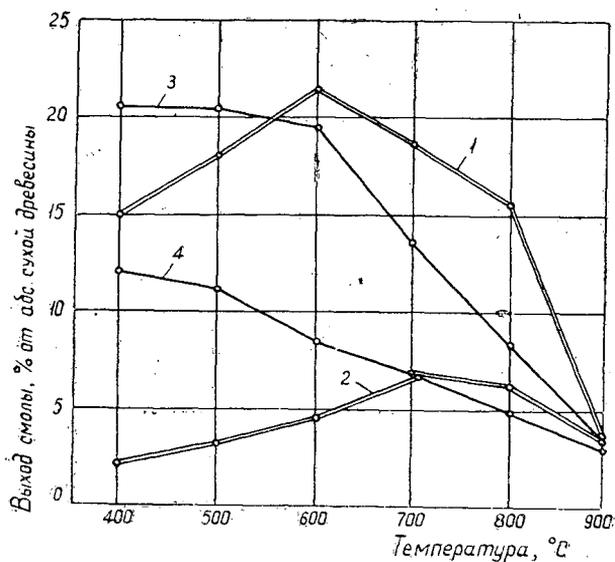


Рис. 1.

1 — отстойная смола из бурой древесины; 2 — отстойная смола из свежей древесины; 3 — растворимая смола из свежей древесины; 4 — растворимая смола из бурой древесины.

делений на рис. 1. Из графика видно, что из свежей древесины березы выход смолы растет за счет растворимой смолы, а из бурой древесины березы — за счет отстойной смолы [5]. Бурая древесина, полученная в результате предпиролиза свежей древесины в среде керосина, отличается от последней тем, что в ней в основном разрушены пентозаны и в соответствии с указанными выше соображениями образование отстойной смолы не задерживается выделением растворимой смолы из гемицеллюлозной части.

Бурая древесина представляет собой более пористый материал по сравнению со свежей, благодаря чему выход парогазов и смолопродуктов облегчается и местных перегревов образуется меньше.

Из рис. 1 также видно, что наиболее высокий выход смолы получается при температуре печного пространства, равной 600°С. Отсюда следует, что постепенный подогрев древесины приводит к снижению выхода смолы и ухудшению качества фенолов, так как деметилирование их происходит при достаточно высоких температурах. Одно из требований рационального пиролиза топлива — очень быстрый нагрев до нужной температуры с тем, чтобы сократить до минимума распад древесины при условиях, не соответствующих оптимальным [8]. Существующие методы пирогенетической переработки древесины путем сухой перегонки и газификации основаны на постепенном подогреве, что приводит к снижению выходов наиболее ценной отстойной смолы.

С этой точки зрения представляется целесообразным разделить процесс пиролиза на две стадии с разложением нетермостойких гемицеллюлоз при низких температурах и получением качественно новых пленкообразующих смол и концентрированного погона кислот, не разбавленных реакционной водой от разложения целлюлозы. Пиролиз оставшегося целлюлогина (бурой древесины) при высокой температуре, соответствующей оптимальным условиям, позволит получать высокие выходы смолы по количеству и улучшенными по качеству.

### Выводы

1. Малый выход муравьиной кислоты в процессе предпиролиза в керосине можно объяснить предварительным вытеснением воздуха и полной отгонкой воды, которая при газовом нагреве (продвигаясь из центра куска наружу) производит гидролизующее действие.

2. Муравьинокислое число Классона не может быть мерилем мягкости процесса при внутреннем нагреве, особенно с жидким теплоносителем.

3. При газовом и паровом нагревах термический распад древесины начинается во всех слоях клеточной стенки с внешней стороны, так как внутрь куска теплоноситель не проникает. При нагреве в керосине термораспад начинается с внутренних слоев клеточной полости, куда теплоноситель проникает благодаря хорошей пропитывающей способности.

4. Увеличение выхода смолы из свежей древесины достигается за счет растворимой смолы, а из бурой — за счет отстойной смолы.

5. Для увеличения выхода смолы и повышения ее качества нужно избегать разложения всей древесины при низких температурах и проводить пиролиз в две стадии.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Н. Козлов, А. А. Нимвицкий. Технология пирогенетической переработки древесины. ГЛБИ, 1954. [2]. Б. Н. Осанов. Журн. «Лесохимическая промышленность» № 6, 1939. [3]. В. Е. Раковский, Ф. Л. Каганович, Е. А. Новичкова. Химия пирогенных процессов. Минск, 1959. [4]. А. К. Славянский. Форпиролиз древесины. Диссертация, ЛТА, 1946. [5]. А. К. Славянский, А. И. Катаев и др. Отчет НИСа ЛТА № 401, 1952. [6]. А. К. Славянский, В. И. Шарков и др. Химическая технология древесины. Учебное пособие. Гослесбумиздат, 1962. [7]. Д. В. Тищенко и др. Журнал прикладной химии, 21, 976, 1948. [8]. З. Ф. Чуханов. Основы теории термической переработки топлива. Известия АН СССР ОТН № 8, 1954. [9]. *Ind. Eng. Chem.* 35, № 3, 1949.

Поступила в редакцию  
8 марта 1965 г.

УДК 634.0.813.19

## О РЕАКЦИИ МЕЖДУ СУЛЬФОКИСЛОТАМИ И СПИРТАМИ

В. М. НИКИТИН

Профессор, доктор химических наук

Я. В. НИКИТИН

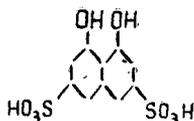
Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

В одной из работ мы высказали гипотезу о первой ступени сульфитной делигнификации древесины, в которой появление твердых, нерастворимых лигносульфоновых кислот в первый период варки объясняется получением поперечных сшивок из-за образования эфиров сульфокислот и спиртовых групп лигнина и полисахаридов.

В этой статье приведены некоторые данные, подтверждающие возможность образования таких сульфозэфиров при взаимодействии сульфокислот с некоторыми спиртами.

Прежде всего мы попытались выяснить вопрос о том, реагируют ли спирты с сульфокислотами, в какой степени и до какого предела идет эта реакция. Для этого в качестве модели была избрана хромотроповая кислота, содержащая в каждой молекуле по две сульфогруппы и по два фенольных гидроксила.



Чистая натриевая соль хромотроповой кислоты была пропущена через вофатит и получен водный раствор чистой кислоты. Кондуктометрическое титрование этой кислоты дало теоретическое содержание сульфогрупп в исследованном препарате (кривая *a* на рис. 1). В этом случае титровали 10 мл раствора, содержащего 0,1 г этой кислоты.

0,5 г водного раствора хромотроповой кислоты упаривали на водяной бане досуха, добавляли 50 мл этилового спирта ректификата (96%) и нагревали с обратным холодильником в течение 7 час. Затем спирт упаривали на водяной бане, продукт растворяли в 100 мл воды и 20 мл этого раствора, содержавшего 0,1 г этерифицированной хромотроповой кислоты, оттитровывали кондуктометрически (кривая *б* на рис. 1). Как видно из результатов титрования, на 0,1 г этерифицированного продукта пошло щелочи на 15% меньше, чем на исходную кислоту, из чего был сделан вывод, что в этих условиях около 15% сульфогрупп прореагировало с образованием сульфозэфиров.

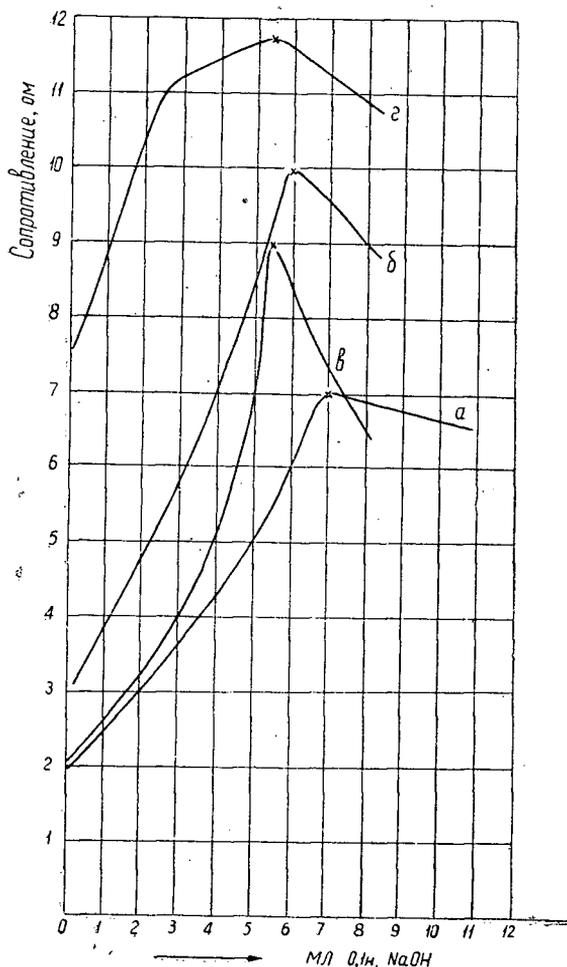


Рис. 1. Кривые кондуктометрического титрования хромотроповой кислоты.

*a* — чистая кислота; *b* — нагретая с этиловым спиртом; *в* — нагретая с метанолом; *г* — нагретая с этиленгликолем.

Учитывая, что этиловый спирт содержит около 4% воды, которая сдвигает равновесную реакцию влево, мы получили чистый безводный метанол. К выпаренному досуха раствору, содержащему 0,5 г хромотроповой кислоты, добавляли 50 мл метанола и нагревали с обратным холодильником в течение 5 час. Полученный продукт упаривали на водяной бане досуха и затем растворяли в 100 мл воды. Титрование 20 мл этого раствора (0,1 г эфира хромотроповой кислоты) кондуктометрическим методом изображено кривой *в* на рис. 1. Из кривой видно, что оттитровалось 78% сульфогрупп, а 22% прореагировало с метанолом, образуя сульфозэфиры. Количество образовавшихся эфиров контролировали по содержанию метоксидов и этоксидов, определенных по обычной методике. Оно приблизительно соответствовало результатам титрования.

Нами также выяснен вопрос о том, как реагируют сульфокислоты с многоатомными спиртами. Для этого 0,2 г хромотроповой кислоты нагревали с 30 мл этиленгликоля. Данные титрования чистой хромотроповой кислоты и продукта реакции с этиленгликолем приведены на рис. 1 (кривая *г*). В этом случае имеет место реакция между хромотроповой кислотой и этиленгликолем. Было выяснено также, что реакция проходит и с глицерином. Таким образом, на модельных реакциях мы

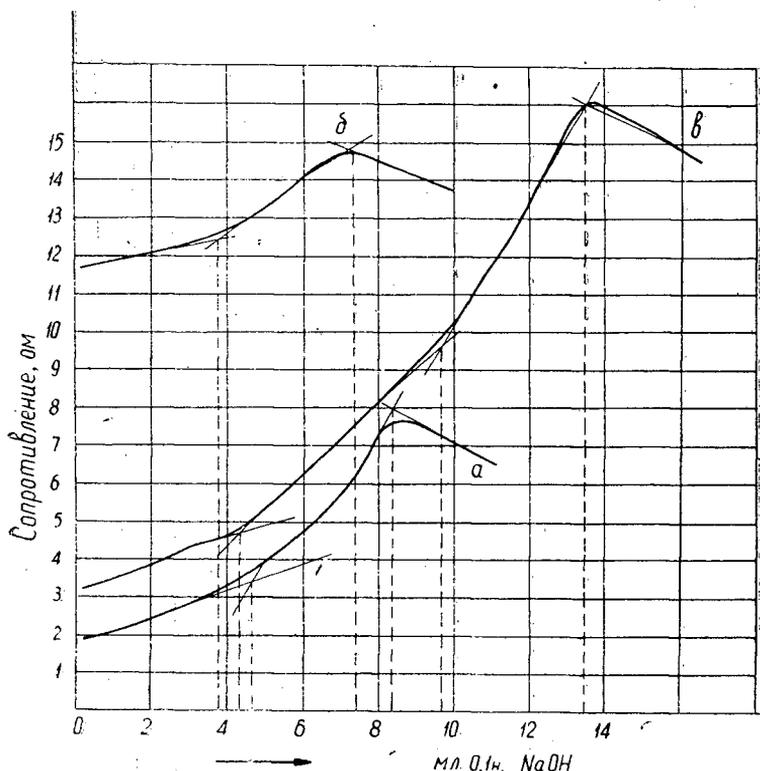


Рис. 2 Кривые кондуктометрического титрования лигносульфоновой кислоты.

а — чистая кислота; б — нагретая с этиловым спиртом; в — нагретая с 0,1 н. HCl.

показали, что сульфогруппы могут реагировать со спиртами (как одноатомными, так и многоатомными) с образованием эфиров. Образование последних было подтверждено и инфракрасными спектрами, на которых после обработки хромотроповой кислоты метиловым спиртом появляются новые полосы сульфозэфиров (около  $1440 \text{ см}^{-1}$ ).

Для выяснения вопроса о том, не происходит ли образования сульфозэфиров при действии спирта на лигносульфоновые кислоты, 0,4 г лигносульфоновой кислоты, содержащей 6,4% серы, нагревали с 50 мл этилового спирта в течение 3 час с обратным холодильником. Результаты титрования чистой лигносульфоновой кислоты даны на рис. 2. Из рисунка видно, что после нагревания со спиртом около 30% сульфогрупп лигносульфоновой кислоты реагируют и не оттитровываются щелочью.

Таким образом, полученные данные подтверждают гипотезу образования эфиров лигносульфоновых кислот на определенных стадиях сульфитной варки древесины.

УДК 634.0.86

## НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ\*

**Г. И. ГОРОХОВ**

Главный инженер

(Канский гидролизный завод)

**Г. В. АБАГЯН**

Аспирант

**П. Ю. БУТЯГИН**

Старший научный сотрудник, кандидат химических наук

(Институт химической физики АН СССР)

Образование свободных радикалов при механодеструкции постулировано в одной из работ [9], существование их в целлюлозе доказано недавно [3], [10], но значение свободно радикальных стадий при деструкции не выяснено. Последнему вопросу и посвящена наша работа.

Целлюлозу измельчали в вибрационной мельнице в инертной атмосфере, на воздухе и в кислороде при  $+20$  и  $-196^\circ\text{C}$ . Свободные радикалы наблюдали методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), а протекание деструкции — по выходам гидролизуемых фракций. Исходные материалы — древесная целлюлоза (фильтровальная бумага) с содержанием полисахаридов 99,36% и целлолигнин, приготовленный из сосновых опилок, с содержанием полисахаридов 57,09%. Влагосодержание целлюлозы 3,86, целлолигнина 4,32%. Образцы измельчали в лабораторной эксцентриковой мельнице [2]. Объем камеры мельницы  $60\text{ см}^3$ , загрузка материала 2,5 г, стальных шаров 100 г, соотношение веса материала к весу мелющих тел 1 : 40. Амплитуда колебаний корпуса мельницы 5 мм. Интенсивность подвода механической энергии 700 кал/мин (по калориметрическим данным). Охлаждение мельницы в большинстве опытов водяное, температура материала при периодическом режиме измельчения около  $+ (10-20^\circ\text{C})$ . При охлаждении жидким азотом температура колебалась от  $-196$  до  $-150^\circ\text{C}$ . Рабочие барабаны мельницы герметичны, их заполняли аргоном, воздухом или чистым кислородом. Спектры ЭПР измеряли на радиоспектрометре типа ИХФ-2 [7]. Все спектры записаны при температуре, равной  $-196^\circ\text{C}$ . На графиках показана первая производная кривой поглощения. Концентрацию радикалов оценивали сравнением наблюдаемого спектра со спектром свободного радикала дифенилпикрилгидразила. Точность определения концентрации радикалов около 20—30%.

\* В экспериментальной части работы принимали участие Л. М. Федосеева и К. П. Богатырева.

Образцы целлюлозы и целлолигнина после измельчения и измерения спектров ЭПР подвергали гидролизу и этанолизу 10%-ной серной кислотой [4]. Этанализ образцов проводили для того, чтобы избежать частичной рекристаллизации полисахарида под воздействием воды [8]. В полученных растворах определяли редуцирующие вещества (РВ) эбулостатическим методом [6] в его модификации с триоксиглутаровой кислотой [1] и по ним вычисляли выход легкогидролизуемой фракции. В остатке определяли содержание трудногидролизуемой фракции гидролизом 80%-ной серной кислотой. Содержание легко- и трудногидролизуемых фракций в пробах выражено в процентах редуцирующих веществ, определенных как глюкоза. Точность определения РВ достаточно высокая (ошибка анализа не превышает 0,5%), однако точность воспроизведения процесса измельчения значительно ниже и поэтому в параллельных опытах результаты анализов могут расходиться на несколько процентов.

Всего проведено три серии опытов с целлюлозой и целлолигнином — диспергирование в аргоне при комнатной температуре, на воздухе (при +15 и  $-196^{\circ}\text{C}$ ) и в чистом кислороде (при +15 и  $-78^{\circ}\text{C}$ ).

Основные экспериментальные данные приведены на рис. 1, 2 и 3.

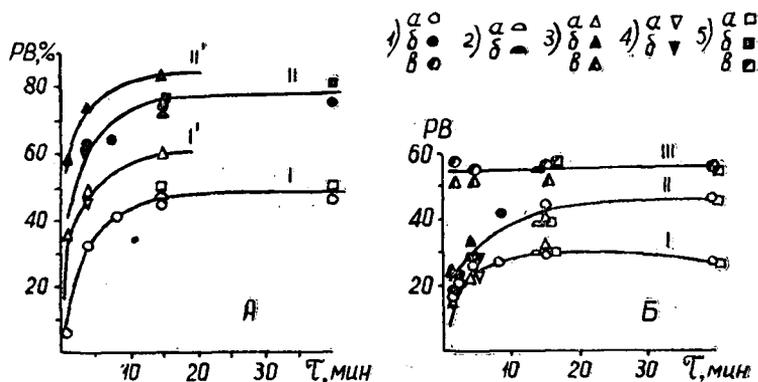


Рис. 1.

1 — деструкция на воздухе при +15°C; 2 — деструкция на воздухе при  $-196^{\circ}\text{C}$ ; 3 — деструкция в кислороде при +15°C; 4 — деструкция в кислороде при  $-78^{\circ}\text{C}$ ; 5 — деструкция в аргоне при +15°C; а — выход РВ при гидролизе; б — выход РВ при этанолизе; в — суммарный выход РВ.

На рис. 1 дан выход продуктов гидролиза при измельчении целлюлозы (А) и целлолигнина (Б). Каждой точке на графике соответствуют результаты определения редуцирующих веществ в пробе в отдельном опыте определенной продолжительности. Кривая I характеризует увеличение выхода легкогидролизуемых продуктов в процессе измельчения. В чистой целлюлозе (рис. 1, а) в первые минуты выход резко увеличивается, но уже через 10—15 мин он достигает предела (45—50%). Кривая выхода продуктов этанолиза (II) аналогична, но расположена намного выше, причем предельное значение достигает 75—80%. В инертной атмосфере (аргон) и на воздухе при +15,  $-78$  и  $-196^{\circ}\text{C}$  скорость деструкции целлюлозы практически одинакова. В чистом кислороде при +15°C (кривые I' и II' на рис. 1, а) она сильно возрастает, вместе с этим увеличиваются и предельные значения выходов РВ. При диспергировании целлолигнина (рис. 1, б) общие закономерности процесса не изменились: деструкция прекращается через 10—15 мин;

выход РВ при этанолизе примерно в 1,5 раза больше, чем при гидролизе; скорость деструкции не зависит от температуры. Различие заключается в том, что деструкция в чистом кислороде протекает так же и с той же скоростью, как в аргоне и на воздухе, то есть природа среды совсем не оказывает влияния на скорость процесса.

Суммарный выход РВ (прямая III, на рис 1, б) равен  $55 \pm 2\%$ , что совпадает с содержанием целлюлозы в целлолигнине; после диспергирования в кислороде выход РВ снижается до 51—52%, что связано, вероятно, с окислительной деструкцией мономерных звеньев.

Спектры ЭПР целлюлозы и целлолигнина измерены во всех опытах. Наиболее характерные из них показаны на рис. 2. В целлюлозе после диспергирования на воздухе и в кислороде при низких температурах ( $-78$  и  $-196^\circ\text{C}$ ) возникает несимметричный сигнал ЭПР с  $g$ -фактором, близким к таковому свободного электрона. По форме и параметрам линии этот спектр близок к спектру ЭПР перекисных радикалов [5], то есть характеризует, вероятно, продукты вторичной окислительной реакции  $R^\bullet + O_2 \rightarrow ROO^\bullet$ , где  $R^\bullet$  — радикал со свободной валентностью, локализованной на атоме углерода. Аналогичная реакция присоединения кислорода к алкильным свободным радикалам возможна при  $-150^\circ\text{C}$  и выше, причем перекисные радикалы, как правило, устойчивы при температурах ниже  $0^\circ\text{C}$ .

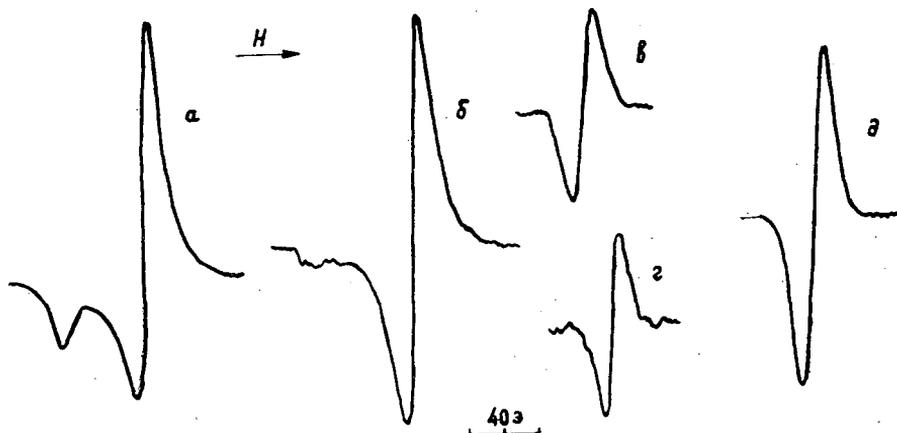


Рис. 2. Спектры ЭПР в целлюлозе и целлолигнине после измельчения.

*а* — измельчение целлюлозы на воздухе при  $-196^\circ\text{C}$ ; *б* — размораживание в течение 20 мин при температуре  $0^\circ\text{C}$ ; *в* — размораживание в течение 20 мин при комнатной температуре; *г* — размораживание в течение 20 мин при комнатной температуре; *д* — измельчение целлолигнина на воздухе при  $-196^\circ\text{C}$ . Масштабы спектров *б* и *г* увеличены в 7—8 раз по сравнению с *а*.

Концентрация свободных радикалов в целлюлозе после 15 мин диспергирования в жидком азоте ориентировочно равна  $5 \cdot 10^{17} - 1 \cdot 10^{18} \text{ г}^{-1}$ . При размораживании образца от  $-196$  до  $-78^\circ$  при  $0^\circ$ , от  $+20$  и далее до  $+50^\circ\text{C}$  интенсивность спектра падает.

На рис. 3 показано уменьшение концентрации свободных радикалов целлюлозы (кривая I) при нагревании. Концентрация радикалов выражена здесь в долях единицы. Продолжительность нагревания при каждой температуре 20 мин.

При  $0^\circ$  спектр из анизотропного превращается в симметричный сигнал шириной около 10 э и интенсивностью в 7—8 раз меньшей, чем исходный сигнал. По-видимому, исходный спектр принадлежит свободным радикалам двух типов; перекисные радикалы в диапазоне  $-78 - 0^\circ\text{C}$ .

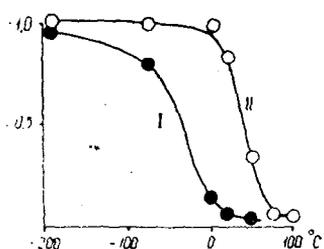


Рис. 3.

гибнут и остаются радикалы, характеризующиеся одиночной симметричной линией поглощения; содержание их в исходном спектре не превышает 10—15%.

После диспергирования целлюлозы при комнатной температуре в аргоне, на воздухе и в кислороде наблюдаются одинаковые спектры ЭПР; сигнал представляет собой одиночную симметричную линию шириной 9—10 э такую же, как и после нагревания образца, измельченного при  $-196$  до  $+20^\circ\text{C}$  (рис. 2, г).

В исходном целлолигнине мы наблюдали небольшой спектр ЭПР, соответствующий концентрации радикалов менее  $10^{16}\text{ Г}^{-1}$ . После диспергирования интенсивность спектра увеличилась в 10—100 раз, но форма линии (симметричный синглет шириной 9—10 э) осталась та же (рис. 2, д). Спектр ЭПР в целлолигнине одинаков во всех опытах при  $-196$ ,  $-78$  и  $+20^\circ$  в аргоне, на воздухе и в кислороде. Форма спектра не изменяется также при нагревании образцов от  $-196$  до  $+50^\circ\text{C}$ . Концентрация свободных радикалов в целлолигнине наибольшая в опыте при  $-196^\circ\text{C}$  и равна  $5 \cdot 10^{18}\text{ Г}^{-1}$  то есть в 5—10 раз больше, чем в целлюлозе. Падение концентрации радикалов при нагревании целлолигнина до  $+100^\circ\text{C}$  показано на кривой II рис. 3. Так же как и для целлюлозы, концентрация здесь выражена в долях единицы. Радикалы в целлолигнине более стабильны и гибнут, в основном, в диапазоне  $0$ — $75^\circ\text{C}$ . Симметричная одиночная линия, наблюдаемая в измельченном целлолигнине (рис. 2, д), и спектр остающийся в целлюлозе после ее нагревания до комнатной температуры (рис. 2, г), практически одинаковы. Можно предположить, что свободные радикалы, с которыми связано появление этой одиночной линии, также одинаковы и возникновение линии в измельченной целлюлозе связано с небольшой примесью лигнина. В табл. 1 приведены концентрации радикалов в продуктах измельчения целлюлозы и целлолигнина.

Таблица 1

Среда	Температура, $^\circ\text{C}$	Концентрация свободных радикалов (усл. ед.) при продолжительности диспергирования, мин			
		1	4	15	40
Аргон	+15	—	—	$\frac{1,70}{18,00}$	$\frac{1,50}{21,00}$
		—	0,70	0,80	0,85
Воздух	+15	$\frac{32,00}{—}$	$\frac{35,00}{—}$	$\frac{50,00}{35,00}$	$\frac{38,00}{—}$
	-196	—	—	$\frac{35,00}{115,00}$	—
Кислород	+15	$\frac{0,60}{31,00}$	$\frac{0,70}{70,00}$	$\frac{0,65}{70,00}$	—
	-78	—	$\frac{6,50}{92,00}$	—	—

Примечание. В числителе приведены данные для целлюлозы, в знаменателе — для целлолигнина.

После диспергирования образцов при температуре жидкого азота концентрация свободных радикалов в целлюлозе примерно в три раза меньше, чем в целлолигнине, и составляет 35 усл. ед. или ориентировоч-

но  $5 \cdot 10^{17}$  —  $1 \cdot 10^{18}$  радикалов/Г. В опытах при комнатной температуре в каждом материале — целлюлозе и целлолигнине — концентрации радикалов близки друг к другу и почти не зависят от природы среды и продолжительности диспергирования. Значительное снижение концентрации радикалов при комнатной температуре (по сравнению с температурой  $-196^\circ$ ) и постоянство концентрации для каждой серии опытов связано, вероятно, с процессами гибели и малым временем жизни радикалов при этой температуре (рис. 3); поэтому данные табл. I не характеризуют общее количество образовавшихся радикалов, а отражают стационарные концентрации, устанавливающиеся в процессе измельчения.

На основании полученных данных можно предположить, что механическая деструкция целлюлозы протекает по свободно-радикальному механизму. О природе и свойствах первичных радикалов, образующихся на месте разрыва химических связей в целлюлозе, мы пока не имеем сведений. Основная часть свободных радикалов, наблюдаемых при низкотемпературной деструкции ( $80-120^\circ \text{K}$ ), способна присоединять кислород по реакции  $R^\cdot + O_2 \rightarrow ROO^\cdot$ , то есть представляет собой скорее всего алкильные радикалы со свободной валентностью атома углерода. При разрыве глюкозидной связи должны были бы возникать также радикалы со свободной валентностью на кислороде; однако, они не обнаружены.

Можно предположить, что первичные свободные радикалы обладают высокой химической активностью и уже при низких температурах ( $-150^\circ \text{C}$  и ниже) они вступают в различные реакции, которые приводят к их гибели или стабилизации, окислению или другим превращениям.

Суммарный выход свободных радикалов в чистой целлюлозе сравнительно мал даже при азотной температуре; в целлолигнине концентрация радикалов в 6—8 раз больше. В то же время скорости деструкции обоих материалов различаются не более, чем в 1,5 раза. Вероятно, лигнин, содержащий двойные и сопряженные связи, является ловушкой, хорошим стабилизатором свободной валентности и поэтому в целлолигнине большая часть радикалов сохраняется к моменту измерений\*. Эти радикалы устойчивее, чем в чистой целлюлозе, выдерживают нагревание до комнатной температуры, не окисляются даже в чистом кислороде. Вследствие пассивности радикалов, стабилизированных лигнином, процесс деструкции целлолигнина почти не подвержен влиянию среды и температуры. С этой точки зрения лигнин в природной целлюлозе можно рассматривать как защитное вещество, задерживающее развитие свободно-радикальных реакций.

\* Здесь мы подразумеваем, что количество радикалов, возникающих при деструкции лигнина, соизмеримо с количеством радикалов, возникающих в целлюлозе. Это предположение необходимо проверить.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. В. Абло в, Д. Г. Батыр. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 2, 1960. [2]. М. И. Аронов. Журн. «Приборы и техника эксперимента» № 1, 153, 1959. [3]. П. Ю. Бутягин. ДАН. Т. 140, № 1, 1961, стр. 145—148. [4]. Г. И. Горюхов, ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1963. [5]. Ю. Н. Молин, Ю. Д. Цветков, В. В. Воеводский. ЖТФ. Т. 33, 1959, 1231. [6]. В. К. Низовкин, И. З. Емельянова. ЖПХ. Т. XXXII, 1959, 2516. [7]. А. Г. Семенов, Н. Н. Бубнов. Журн. «Приборы и техника эксперимента» № 1, 1959, 92. [8]. В. И. Шарков. Сборник трудов НИИГСа. Т. X. Гослесбумиздат 7—27, 1962. [9]. K. Hess, E. Steurer. Z. phys. Chemie. 193, 234, 1944. [10]. L. Ronald. Journal of Polymer Science Part A, vol. 2. № 2, 973—982, 1964.

УДК 674.815—41

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРЕССОВАНИИ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

### Сообщение 2

#### ВЛИЯНИЕ ОТВЕРДИТЕЛЯ НА ХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ДРЕВЕСИНЫ

**Г. Ф. ПОТУТКИН**

Аспирант

**Г. Л. ДРАНИШНИКОВ**

Доцент, кандидат химических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

В предыдущем сообщении [10] мы показали, что при прессовании древесно-стружечных плит происходит заметное химическое взаимодействие компонентов древесины со связующим на основе мочевино-формальдегидной смолы МФ-17. В последнее время в печати появились работы [1], [2], [8], [9], в которых авторы предлагают проводить прессование древесных стружек со связующим без применения отвердителя, за счет каталитического действия веществ кислого характера, выделяющихся из древесины при прессовании. В связи с этим представляет интерес выяснить степень изменений компонентов древесины и глубину химического взаимодействия связующего с компонентами древесины при прессовании плит с применением отвердителя и без отвердителя.

С этой целью мы провели ряд запрессовок древесно-стружечных плит с отвердителем и без отвердителя с последующими физико-механическими испытаниями плит и химическим анализом полученных из этих плит опилок.

#### *Экспериментальная часть*

Для изготовления древесно-стружечных плит были использованы стружки еловой древесины от деревообрабатывающих станков лесозавода. Методика подготовки связующего и сырья к прессованию описана ранее [10]. Были изготовлены древесно-стружечные плиты с применением отвердителя и без него. Во втором случае при приготовлении связующего вместо отвердителя вводили 10% воды от веса абс. сухой смолы с тем, чтобы не изменять условий прессования и влажности стружечно-клеевой смеси при прессовании плит без отвердителя.

Древесно-стружечные плиты прессовали на прессе П-454 с электрообогревом плит пресса при температуре 140°С и удельном давлении прессования 16 кг/см<sup>2</sup>. Выдержка при прессовании 1 мин на 1 м<sup>2</sup> готовой плиты. По окончании прессования плиты (размером 550×650×

×19 мм) выдерживали в течение недели при 18—20°С и обрезали со всех сторон, затем подвергали физико-механическим испытаниям по ГОСТам 10634—63 и 10635—63. Образцы для этих испытаний отбирали по ГОСТу 10633—63. Результаты сведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Размерность	Плита, запрессованная	
		без отвердителя	с отвердителем
Набухание . . . . .	%	57,0	22,7
Водопоглощение . . . . .		100,9	78,3
Объемный вес . . . . .	Г/см <sup>3</sup>	0,7	0,7
Предел прочности при статическом изгибе	кГ/см <sup>2</sup>	123,3	147,0

Были проведены запрессовки плит с целью определения потери в весе плиты при прессовании. Потеря в весе составила 1,5%. Для выяснения характера химических изменений компонентов древесины опилки, полученные из плит, были подвергнуты химическому анализу по изложенной ранее методике [10]. Все результаты анализов приведены в процентах к абс. сухой необессмоленной древесно-стружечной плите и сведены в табл. 2. В табл. 2 приведены также данные анализа исходной древесины, пересчитанные в процентах к абс. сухой необессмоленной древесине и в процентах к абс. сухой стружечно-клеевой смеси.

Таблица 2

Показатели	Исходная стружка	Исходная стружечно-клеевая смесь	Древесно-стружечная плита, запрессованная	
			без отвердителя	с отвердителем
Влажность . . . . .	6,17	9,00	5,51	5,75
Экстрагируемые:				
горячей водой . . . . .	1,33	1,28	7,50	4,59
эфиром . . . . .	3,75	3,41	3,26	1,10
спирто-бензолом . . . . .	5,13	4,56	6,40	2,89
Лигнин . . . . .	25,50	23,90	29,38	30,10
Целлюлоза . . . . .	46,35	42,20	40,30	48,50
Пентозаны в древесине . . . . .	10,07	9,20	9,90	9,50
в целлюлозе (от целлюлозы) . . . . .	5,29	5,29	4,65	4,80
Метоксильные группы в лигнине . . . . .	13,80	13,80	11,10	11,80
Холоцеллюлоза . . . . .	56,13	51,10	60,70	61,90
Целлюлоза в холоцеллюлозе (от холоцеллюлозы) . . . . .	61,40	61,40	54,30	70,80
Лигнин в холоцеллюлозе (от холоцеллюлозы) . . . . .	0,36	0,36	0,94	3,41
Пентозаны . . . . .	7,76	7,76	7,81	7,75

Для того чтобы выяснить, может ли связующее, отвержденное в условиях прессования, определяться как компоненты древесины, были проведены запрессовки плит с инертным наполнителем — волокнистым асбестом как в присутствии отвердителя, так и без него по описанной ранее методике [10].

В табл. 3 приведены результаты анализа плит с инертным наполнителем (в процентах от веса введенной смолы).

Как мы показали ранее [10], связующее химически взаимодействует с лигнином древесины. Поэтому представляло интерес определить со-

Таблица 3

Показатели	Асбест		
	исходный	запрессованный со смолой	
		с отвердителем	без отвердителя
Влажность . . . . .	0,43	8,30	5,80
Экстрагируемые:			
эфиром . . . . .	Не обнаружены	3,42	0,46
горячей водой . . . . .	"	100,0	100,0
Лигнин . . . . .	"	4,24	0,46
Целлюлоза . . . . .	"	Не обнаружена	Не обнаружена
Пенгозаны . . . . .	"	"	"
Холоцеллюлоза . . . . .	"	"	"

держание азота в лигнине, полученном из древесно-стружечных плит, и в водном экстракте из таких плит. Оказалось, что если в лигнине из исходной древесины азот не обнаружен, то в лигнине из плиты, запрессованной с отвердителем, содержится 1,7% азота, а в лигнине из плиты без отвердителя — 1,4% азота (от веса абс. сухого лигнина). В водном экстракте из исходной древесины было обнаружено 3,5% азота, в водном экстракте из плиты, запрессованной с отвердителем и без отвердителя — соответственно 3,2 и 11,7% (от веса абс. сухого экстракта).

Был проведен также элементарный количественный анализ лигнина из плит, запрессованных со связующим в присутствии отвердителя и без отвердителя. Результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4

Лигнин	% С	% Н
Из исходной древесины . . . . .	62,66	6,37
Из древесно-стружечной плиты, запрессованной с отвердителем . . . . .	51,38	5,95
Из древесно-стружечной плиты, запрессованной без отвердителя . . . . .	51,27	5,82

НН водных вытяжек из исходной древесины — 4,53; из древесно-стружечных плит, запрессованных в присутствии отвердителя и без отвердителя — соответственно 4,65 и 5,00.

### Обсуждение результатов

Прессование сопровождается значительными химическими изменениями компонентов древесины (табл. 2). Количество веществ, экстрагируемых горячей водой, резко увеличивается, причем в древесине плит, запрессованных без отвердителя, содержание веществ, экстрагируемых горячей водой, почти в 1,5 раза больше, чем в древесине плит, запрессованных с отвердителем. Это показывает, что при прессовании без отвердителя связующее лишь частично взаимодействует с компонентами древесины, экстрагируемыми горячей водой. В присутствии отвердителя происходит более глубокое взаимодействие компонентов древесины, экстрагируемых горячей водой, со связующим с образованием продуктов, не растворимых в воде. Если принять, что связующее не взаимодействует с компонентами древесины, то при экстракции горячей водой из плиты, за-

прессованной без отвердителя, должно извлекаться около 11,33% веществ от веса абс. сухой плиты, в том числе 1,33% водорастворимых в исходной стружке и 10% введенной карбамидной смолы, которая полностью экстрагируется из плиты с минеральным наполнителем (см. табл. 3). Фактически из плиты без отвердителя извлекается 7,5% веществ, а из плиты с отвердителем — 4,59%. Отвердитель в процессе прессования является катализатором не только отверждения связующего, но и процесса конденсации связующего с веществами, экстрагируемыми горячей водой. В водном экстракте из плит, запрессованных без отвердителя, содержится азота больше, чем с отвердителем. Это свидетельствует о том, что процесс отверждения связующего в присутствии хлористого аммония протекает более глубоко, с образованием продуктов, трудно гидролизуемых водой.

pH водной вытяжки из плиты без отвердителя значительно увеличивается по сравнению с pH водной вытяжки из исходной древесины. Однако вопрос о влиянии кислот, выделяющихся из древесины при прессовании, на процесс отверждения требует специального исследования.

Количество веществ, экстрагируемых эфиром, уменьшается по сравнению с исходной древесиной, причем в плитах, запрессованных без отвердителя, веществ, экстрагируемых эфиром, в три раза больше, чем в плитах, запрессованных с отвердителем (см. табл. 2).

Из табл. 3 видно, что из плиты с инертным наполнителем эфиром извлекается лишь очень незначительная часть связующего и, следовательно, присутствие связующего не может значительно исказить результатов при определении веществ, экстрагируемых эфиром из плит.

Количество веществ, экстрагируемых спирто-бензолом из древесины плиты, запрессованной без отвердителя, несколько увеличивается по сравнению с исходной древесиной, а для плиты, запрессованной с отвердителем, — сильно падает (табл. 2). Изменение количества веществ, экстрагируемых эфиром и спирто-бензолом, показывает, что эти вещества активно связываются при прессовании плит в присутствии отвердителя и плохо взаимодействуют со связующим (при отсутствии отвердителя).

Количество веществ, определяемых как целлюлоза в плитах, запрессованных с отвердителем, увеличивается по сравнению с исходной стружечно-клеевой смесью и уменьшается в плитах, запрессованных без отвердителя. Хотя определение азота в целлюлозе прямо не подтвердило химического взаимодействия целлюлозы со связующим, но это не дает основания утверждать, что такое взаимодействие не имеет места. При выделении целлюлозы в жестких условиях, возможно, происходит разрушение образующегося соединения.

Количество пентозанов изменяется незначительно.

Содержание веществ, определяемых как лигнин, в плитах, запрессованных без отвердителя, значительно больше, чем в исходной древесине. Опыты показали, что этот лигнин содержит до 1,6% азота, не отщепляемого даже в жестких условиях выделения лигнина серной кислотой. Содержание веществ, определяемых как лигнин, в древесно-стружечной плите, запрессованной с отвердителем, незначительно отличается от количества лигнина, выделенного из плиты, запрессованной без отвердителя, а азота содержится в нем незначительно больше, чем в лигнине из плиты, запрессованной без отвердителя. Приведенные нами расчеты [10] показывают, что лигнин активно взаимодействует со связующим и присутствие его в древесине играет существенную роль при прессовании древесно-стружечных плит. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при прессовании древесно-стружечных плит с отвердителем про-

исходит более глубокое взаимодействие связующего с лигнином древесины. Заниженное содержание углерода в лигнинах, выделенных из древесно-стружечных плит, по сравнению с лигнином исходной древесины также указывает на то, что в процессе прессования лигнин претерпевает заметные качественные изменения, характер которых предстоит выявить.

Как известно, при нагревании древесины уменьшается количество целлюлозы, пентозанов в целлюлозе и в древесине, метоксильных групп в лигнине, и увеличивается количество лигнина, разрушаются гемицеллюлозы [3], [4], [5], [6], [7]. Аналогичная закономерность наблюдается и в наших опытах при прессовании без отвердителя. Частичная деструкция древесины при температуре прессования в поверхностных слоях плит, безусловно, имеет место и в присутствии отвердителя. Однако при прессовании с отвердителем в присутствии кислого катализатора отверждения, каким является хлористый аммоний, связующее взаимодействует с наиболее активными функциональными группами компонентами древесины, что придает образуемому химическому соединению (древесина — смола) значительную термическую устойчивость. В отсутствие дополнительно вводимого катализатора (отвердителя) древесина более чувствительна к термическому воздействию. При прессовании плит без отвердителя процесс конденсации протекает медленнее, скорость термической деструкции древесины превышает скорость конденсации компонентов древесины со связующим и связующее взаимодействует уже с частично деструктированной древесиной.

Наряду с различным химизмом взаимодействия компонентов древесины со связующим в присутствии отвердителя и без отвердителя при прессовании древесно-стружечных плит, вероятно, имеет место также определенное различие и в химизме поликонденсации связующего. Можно полагать, что при поликонденсации связующего без отвердителя образуются молекулы преимущественно линейного строения, а в присутствии отвердителя (катализатора), как известно, процесс протекает значительно глубже и завершается образованием сетчатых структур.

Различие в химизме процессов, происходящих при прессовании древесно-стружечных плит с отвердителем и без отвердителя, проявляется и в физико-механических свойствах плит (см. табл. 1). Так, плиты, запрессованные без отвердителя, имеют худшие показатели по разбуханию, водопоглощению и меньший предел прочности при статическом изгибе.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. Ф. Антронова, И. П. Пермикин. Сборник СverdНИИПДрева. Вып. 1, 1963.
- [2]. Н. А. Вахрушева, В. Н. Петри. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 11, 1962.
- [3]. Б. Т. Ив, П. А. Иссинский. Журн. «Лесохимическая промышленность» № 1—2, 1934.
- [4]. В. Н. Козлов, Т. П. Крымский. Труды Института химии и металлургии. Вып. 2, 1955.
- [5]. В. И. Корякин. Термическое разложение древесины. ГЛБИ, 1962.
- [6]. В. Г. Матвеев, И. М. Четвериков. Журн. «Лесохимическая промышленность» № 2, 1938.
- [7]. Н. И. Никитин. Химия древесины. 1935.
- [8]. И. П. Пермикин. Журн. «Механическая обработка древесины» № 3, 1962.
- [9]. В. Н. Петри, И. П. Пермикин. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1962.
- [10]. Г. Ф. Потуткин, Г. Л. Дранишников. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1965.

УДК 634.0.866.1

## НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСНО-СМОЛЯНЫХ МАСЕЛ

### Сообщение 2

**А. И. КИПРИАНОВ**

Доцент, кандидат технических наук

**З. И. ФОЛИАДОВА**

Младший научный сотрудник

**Г. П. СОЙТОНЕН**

Лаборант

(Ленинградская лесотехническая академия)

В предыдущем сообщении [3] мы привели значения удельного веса, температурного коэффициента плотности и вязкости масел, полученных непрерывной разгонкой газогенераторной смолы на модельной установке трубчатой печи.

Для определения молекулярного веса мы применяли криоскопический метод Бекмана [1]. В качестве растворителя использовали бензол. Расчетное уравнение имело вид

$$M = K_{\text{зам}} \frac{W_2 \cdot 1000}{W_1 \cdot \Delta T_{\text{зам}}}, \quad (1)$$

где  $K_{\text{зам}}$  — криоскопическая константа;

$W_1$  — навеска растворителя, г;

$W_2$  — навеска исследуемого вещества, г;

$\Delta T_{\text{зам}}$  — понижение температуры замерзания раствора, °С.

Криоскопическая константа бензола уточнена при определении молекулярного веса дифениламина ЧДА, значение этой константы получено равным  $5,12 \pm 0,016$ .

Криоскопический метод не дает отклонений при определении молекулярного веса в идеальных, а также в сильно разбавленных растворах, приближающихся по своим свойствам к идеальным, но сильное разбавление уменьшает точность определения, так как значение  $\Delta T_{\text{зам}}$  становится очень мало [6].

Для определения концентрации раствора, при которой можно получить истинный молекулярный вес масел, мы определяли молекулярный вес одного и того же образца при различном разбавлении [5]. Результаты приведены в табл. 1.

Результаты определения показали, что концентрация масла до 5 г на 1000 г бензола не дает искажения молекулярного веса, а в принятой

Таблица 1

С, Г/1000Г	$T_{\text{зам}}$ , °С	$\frac{T_{\text{зам}}}{C}$	М
0,67	0,028	0,041	123,4
1,26	0,051	0,040	126,0
2,73	0,112	0,041	124,9
2,83	0,119	0,042	121,6
3,88	0,166	0,043	120,0
4,74	0,211	0,044	125,4
5,14	0,216	0,042	121,9
9,13	0,356	0,0389	131,4
14,33	0,512	0,0357	143,0
17,55	0,500	0,0284	179,0
20,84	0,569	0,0223	187,0
27,88	0,769	0,0278	185,6

нами методике на 16—17 Г бензола брали 30—50 мГ исследуемого масла. Каждый образец исследовали 4—7 раз с последующим подсчетом среднего значения.

В табл. 2 приведены результаты определения молекулярного веса масел газогенераторной смолы. Из таблицы видно, что при разгонке ОИ (однократное испарение) молекулярный вес вначале растет пропорционально температуре ОИ; начиная с 220°С происходит снижение роста молекулярного веса.

Таблица 2

Температура разгонки ОИ, °С	Молекулярный вес
180	116
200	128
220	145
240	152
260	164
280	173

Такая же закономерность наблюдается и во фракциях масел после разгонки по Энглеру (табл. 3).

Это явление указывает на изменение химического состава сырья с образованием низкомолекулярных соединений при тепловой обработке смолы (разгонка ОИ) и масел (разгонка по Энглеру) в температурном интервале 220—240°С.

Таблица 3

Пределы кипения фракций, °С	Молекулярный вес фракций (после разгонки по Энглеру) масел, полученных разгонкой ОИ с температурой, °С					
	180	200	220	240	260	280
180—200	106	107	114	129	127	120
200—220	118	116	127	141	138	130
220—240	124	124	143	150	148	139
240—260	131	138	156	158	155	149
260—280	151	159	169	170	167	167
280—300	162	169	184	202	172	185
300—310	—	—	—	212	177	188

С повышением молекулярного веса закономерно изменяются некоторые физические свойства отдельных представителей какого-либо гомологического ряда. Для всех возможных случаев состава многокомпонентной смеси нельзя дать универсальную формулу, связывающую температуру кипения этой смеси и молекулярный вес ее. Однако для смесей определенного происхождения и состава подобная зависимость может быть установлена с достаточной для технических расчетов точностью.

Известны эмпирические формулы Б. П. Войнова [2], Крэга [8], М. И. Якимова [7], дающие зависимость молекулярного веса и средней температуры кипения парафиновых углеводородов, продуктов разгонки каменноугольных смол, сланцевых смол, нефтепродуктов. Все эти уравнения носят узко конкретный характер. Более универсальную формулу, проверенную на продуктах различного происхождения, дают К. В. Никифоров и К. А. Рябчинская [4]

$$T = a \sqrt{M}, \quad (2)$$

где  $T$  — средняя объемная температура кипения, °К;  
 $a$  — постоянная величина.

В табл. 4 приведены значения молекулярного веса масел, полученные расчетным путем по формуле (2) и экспериментально.

Таблица 4

Температура разгонки ОИ, °С	$M$ экспериментальное	$M$ расчетное	Средняя объемная температура кипения, °К
180	116	133	476
200	128	142	495
220	145	143	496
240	152	148	505
260	164	150	509
280	173	153	514

Значение величины  $a$  для фракций масел колеблется от 45 до 40, и наибольшее отклонение расчетного молекулярного веса от экспериментального составляет  $\pm 10\%$ . Следовательно, можно использовать формулу (2) для технических расчетов по молекулярному весу древесно-смоляных масел.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] А. Вайсбергер. Физические методы органической химии. Т. 1, ИЛ, М., 1950, стр. 44—50. [2] Б. П. Войнов. Журн. «Азербайджанское нефтяное хозяйство» № 5, 1930 и № 4, 1937. [3] А. И. Киприанов, З. И. Фолиадова, О. Н. Быстрова. Некоторые физические свойства древесно-смоляных масел. Сообщение 1, ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1965. [4] К. В. Никифоров, К. А. Рябчинская. Химия твердого топлива. Вып. III, 1937, 449. [5] С. Р. Рафиков, С. А. Павлова, И. И. Твердохлебова. Методы определения молекулярных весов и полидисперсности высокомолекулярных соединений. Изд-во АН СССР, 1963, стр. 212—217. [6] Т. И. Темникова. Курс теоретических основ органической химии. Госхимиздат, Л., 1959, стр. 158—172. [7] М. И. Якимов. Химия твердого топлива. Вып. VII, 1936, 114. [8] C r a g o e. Thermal prop. of Petr. Prod., Washington, 1929.

Поступила в редакцию  
10 августа 1964 г.

УДК 634.0.866.5

## К ВОПРОСУ О КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ СТВОЛОВОГО ОСМОЛА

**Б. С. ФИЛИППОВ**

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

Стволовый осмол может явиться одним из значительных источников сырья для получения канифольно-скипидарных продуктов. Имеющиеся опытные данные [6], [7], [10] показывают, что выделенная из него канифоль имеет вполне удовлетворительные качественные показатели и соответствует требованиям стандарта на канифоль 2-го сорта. Однако для получения экстракционной канифоли стволовый осмол не применяется ввиду довольно низкой смолистости по сравнению с пневым осмолем. Переработка его на канифольно-экстракционных предприятиях по обычной схеме, предполагающей использование обессмоленной щепы как топлива, мало эффективна. Экономически более выгодно комплексная переработка стволового осмола. Один из путей такого использования — непосредственная переработка стволового осмола в сульфатно-целлюлозном производстве в виде добавки к обычному сырью, что дает возможность получить из осмольной древесины целлюлозу и значительно повысить выход лесохимических продуктов [13]. Другой возможный вариант — применение стволового осмола в канифольно-экстракционном производстве с использованием обессмоленной щепы в гидролизном производстве [5] или для получения сульфатной целлюлозы.

Мы приводим результаты опытов по получению сульфатной целлюлозы и побочных лесохимических продуктов из обессмоленной древесины стволового осмола. Для опытов использован стволовый осмол Вельского химлеспрома Архангельской области, полученный при восьмилетней осмолородочке соснового насаждения V класса бонитета. Из осмолородочных хлыстов выпиливали диски толщиной 18—20 мм, а затем из них получали щепу, имеющую длину вдоль волокон 18—20 мм и толщину 2—3 мм. Смолистые вещества из приготовленной щепы экстрагировали в производственных условиях на Нейво-Рудянском лесохимическом комбинате. Результаты анализов стволового осмола и обессмоленной щепы, а также групповой состав смолистых веществ, выделенных из них, приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что осмольная щепка после экстракции имеет довольно высокое содержание смолистых веществ, а коэффициент извлечения канифоли составляет около 60%. Увеличение выхода канифоли может быть достигнуто экстрагированием более мелкой щепы, что, однако, нежелательно, так как может ухудшить механические показатели получаемой из нее целлюлозы [2], [4], [8]. Имеющиеся данные

Таблица 1

Сырье	Влаж-ность	Содержание канифоли, %		Сумма смолистых веществ, %		Коэффициент извлечения, %		Групповой состав канифоли, %			
		от абс. сухой древеси-ны	от обес-смолен-ной древеси-ны	от абс. сухой древеси-ны	от обес-смолен-ной древеси-ны	кани-фоли	смо-ли-стых ве-ществ	неомы-ляе-мые веще-ства	оки-сленные веще-ства	жи-рные ки-слоты	смоля-ные ки-слоты
Стволовый осмол	18,4	12,71	14,84	14,37	16,78	—	—	6,10	17,23	12,62	64,06
Стволовый осмол после экстракции образец 1 . . .	6,5	5,45	5,82	6,41	6,84	60,8	59,3	—	32,25	—	—
" 2 . . .	6,0	5,93	6,37	6,85	7,35	57,1	56,3	7,39	31,19	12,48	47,28
" 3 . . .	5,1	7,27	7,88	7,77	8,42	46,9	49,8	8,71	21,16	12,50	55,72

показывают также, что содержание окисленных веществ в смолистых осмола после экстракции примерно в 2 раза выше, чем в смолистых веществах исходного стволового осмола.

Опытные варки сульфатной целлюлозы из обессмоленной щепы и контрольные из стволового осмола, не подвергавшегося предварительной экстракции, проводили в стационарном лабораторном автоклаве с электрическим обогревом. В автоклав загружали около 400 Г древесины и заливали варочный щелок и воду с таким расчетом, чтобы при жидкостном модуле 4—4,5 расход активной щелочи составил 17—22% от абс. сухой древесины. Используемый щелок имел общую щелочность в пересчете на  $\text{Na}_2\text{O}$  — 95 Г/л, активную щелочность — 80 Г/л и сульфидность — около 23%. Температурный режим опытных варок был принят следующий: заварка до температуры 170°С в течение 3 час и варка при 170°С — 30 мин. После окончания варки и быстрого охлаждения автоклава целлюлозу отделяли от черного щелока и промывали горячей водой. Характеристика полученных образцов сульфатной целлюлозы [9], [12] приведена в табл. 2.

Таблица 2

№ варок	Характеристика сырья	№ образца сырья (по табл. 1)	Расход активной щелочи, % от абс. сухой древесины	Выход абс. сухой целлюлозы, % от		Непровар, % от абс. сухой древесины	Перманганатная жесткость	Содержание смол и жиров, %
				абс. сухой древесины	сухой обессмоленной древесины			
1	Стволовый осмол после экстракции смолистых веществ.	1	17,0	44,1	47,1	5,9	134,6	0,12
2		1	17,3	46,1	49,3	3,5	128,8	0,13
3		2	17,3	46,0	49,4	3,4	131,5	0,17
4		3	17,3	45,3	49,2	3,4	129,7	0,20
5		3	17,9	43,6	47,3	1,5	117,6	0,08
6		2	20,2	40,8	43,6	0,51	108,3	0,16
7		2	22,3	40,1	43,0	0,32	101,7	0,10
8	Стволовый осмол до экстракции смолистых веществ	—	17,3	42,4	49,5	1,4	124,0	0,08
9		—	17,5	43,6	51,0	0,73	121,1	0,07
10		—	18,4	43,1	50,8	0,56	115,5	Нет
11		—	18,5	43,3	51,0	0,65	114,1	Нет

Результаты анализов (табл. 2) показывают, что выход целлюлозы на абс. сухую древесину с увеличением расхода активной щелочи уменьшается, а выход целлюлозы на сухую обессмоленную древесину практически одинаков как при использовании проэкстрагированной щепы, так и в контрольных варках при расходе активной щелочи 17,3—17,5%. Перманганатная жесткость полученных образцов сульфатной целлюло-

зь отличается незначительно, однако при варке обессмоленной щепы получается целлюлоза, имеющая несколько большую жесткость. Количество непровара при варке предварительно проэкстрагированного осмола также несколько выше, чем в контрольных опытах. Объясняется это, очевидно, ухудшением условий пропитки древесины щелоком, которое вызвано низкой влажностью осмола после экстракции — всего 5—6% [4], [8]. Для снижения количества непровара и перманганатной жесткости целлюлозы до значения этих величин в контрольных варках необходимо увеличить расход активной щелочи на варку в среднем на 3—4%.

Для определения выхода и качества сульфатного мыла щелока, полученные в проведенных варках, собирали отдельно для каждого опыта и анализировали [3]. В дальнейшем их упаривали под вакуумом до заданной плотности (в пределах 1,16—1,22  $T/m^3$ ) и выделяли сульфатное мыло путем отстаивания черного щелока в течение 15 час. После снятия мыла, всплывшего на поверхность щелока, разложения мыла кислотой и экстракции смолистых веществ серным эфиром, определяли выход сульфатного мыла в пересчете на талловое масло. На основании опытных данных для обоих вариантов варок были построены кривые, характеризующие зависимость степени извлечения сульфатного мыла от плотности щелока (рис. 1). Полученные результаты показывают, что

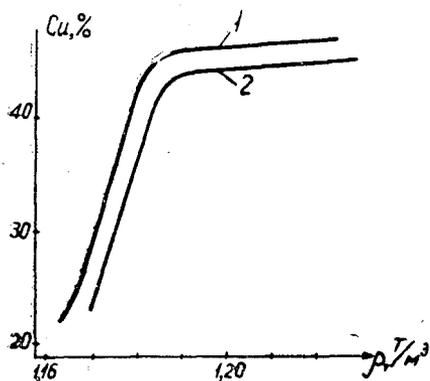


Рис. 1.

1 — стволово́й осмол; 2 — стволово́й осмол после экстракции смолистых веществ.

степень извлечения сульфатного мыла, достигнув 43—47% при плотности щелока 1,18—1,19  $T/m^3$ , при дальнейшем увеличении плотности возрастает незначительно, причем в опытах, где перерабатывали стволово́й осмол без предварительного выделения смолистых веществ, степень извлечения на 3—5% выше, чем при варках проэкстрагированной древесины.

Групповой состав таллового масла приведен в табл. 3. Как и следовало ожидать, это масло по своему составу значительно отличается от обычного [1], [11], [14], что вызвано различиями в составе смолистых веществ древесины сосны и стволового осмола. Талловое масло имеет более высокое содержание окисленных веществ, особенно для варок проэкстрагированной осмольной щепы, и пониженное содержание жирных кислот.

Таким образом, при варке сульфатной целлюлозы из стволового осмола без предварительного извлечения смолистых веществ кроме сульфатного скипидара и целлюлозы (с выходом на сухую обессмоленную древесину около 50%) может быть получено талловое масло в количестве 45—47% от содержания канифоли в сырье. Использование

Таблица 3

№ варки	Степень извлечения сульфатного мыла, %	Состав смолистых веществ сульфатного мыла, %			
		неомыляемые вещества	окисленные вещества	жирные кислоты	смоляные кислоты
3	43,7	5,48	9,00	20,29	64,90
4	43,5	4,86	8,37	21,45	64,52
5	44,2	7,86	15,32	20,53	55,01
6	44,1	7,42	17,24	22,22	51,46
7	43,2	7,86	15,09	20,86	55,35
8	46,2	9,16	7,51	19,25	61,57
10	46,6	5,00	11,26	19,93	63,92
11	45,4	6,44	9,96	22,76	61,04

стволового осмола в виде 20—30%-ной добавки к обычному сырью позволяет, как было показано нами [13], увеличить выход таллового масла до 55—58%.

Извлечение смолистых веществ экстракцией до варки дает возможность довести выход канифольных продуктов до 80%, получив при этом 57—60% канифоли и 17—20% таллового масла. Отрицательные стороны этого способа — низкий коэффициент извлечения канифоли при экстракции смолистых веществ, а также несколько повышенный расход активной щелочи на варку целлюлозы.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Богомолов, А. А. Соколова. Побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства. Гослесбумиздат, М., 1962. [2]. В. С. Васечкин. Технология экстрактивных веществ дерева. Гослесбумиздат, М.—Л., 1953. [3]. В. И. Вершук, Н. А. Гурич. Методы анализа сырья и продуктов канифольно-скипидарного производства. М.—Л., 1960. [4]. А. В. Житков. Подготовка древесины для производства целлюлозы и древесной массы. Гослесбумиздат, М., 1962. [5]. Б. К. Красноселов, В. Н. Козлов. Гидролиз экстрагированной щепы канифольно-экстракционных заводов. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 3, 1957. [6]. В. И. Лебедев. Осмоло-терпентинное подсачивание. КОИЗ, М.—Л., 1932. [7]. Ф. А. Медников. О применении стволового осмола в производствах химической технологии древесины. Труды ЛТА, 91, 1960. [8]. Н. Н. Непенин. Производство целлюлозы. Гослесбумиздат, М., 1940. [9]. А. С. Сергеева. Технологический контроль целлюлозно-бумажного производства. Гослесбумиздат, М.—Л., 1961. [10]. Д. Н. Смирнов, Ф. А. Медников. К вопросу о качественной характеристике канифоли из молодых пней и смолья-подсочки. Труды ЛТА, 61, 1947. [11]. Ф. Т. Солодкий. О составе сульфатного мыла и приемах его использования. Сборник лесохимических работ ЛТА, Л., 1938. [12]. Справочник бумажника. Т. 1, Гослесбумиздат, М.—Л., 1955. [13]. Б. С. Филиппов, А. Е. Соснин. Использование стволового осмола в сульфатно-целлюлозном производстве. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1963. [14]. В. Д. Худовиков. Сульфатное мыло и талловое масло. Гослесбумиздат, М.—Л., 1952.

Поступила в редакцию  
28 декабря 1964 г.

УДК 674.0.93.2 : 62—52

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

О РАСЧЕТЕ МАКСИМАЛЬНЫХ ВЫХОДОВ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН**А. Н. ЯБЛОКОВ**

Старший научный сотрудник

(ЦНИИМОД)

Благодаря трудам советских ученых [1], [3], [4], [5], [6], [7], [10], [11], [12], практика лесопиления располагает в настоящее время не только самой совершенной теорией расчета максимальных поставов, но и разработкой ее практических приложений. Однако за последние три десятилетия (с момента опубликования работы Х. Л. Фельдмана [11]) теория раскроя бревен развивалась в направлении выработки наиболее простых и наглядных, преимущественно графических методов расчета поставов и практических рекомендаций по планированию раскроя, ориентируясь на ручные методы вычислений. С внедрением в лесопиление техники автоматического контроля, учета и управления технологическими процессами открываются широкие возможности автоматизации учета многообразных факторов, определяющих качество планирования, а с применением средств электронной вычислительной техники планирование может быть динамичным, отражающим состояние лесопильного производства на каждый необходимый момент времени.

Таким образом, при решении общей проблемы автоматизации планирования лесопильного производства с применением ЭВМ одна из первостепенных задач — алгоритмизация и программирование расчета максимальных поставов, а анализ существующих теорий максимальных поставов показывает, что ни одна из них не отвечает в полной мере аналитическим и логическим требованиям алгоритмизации.

Теории Фельдмана—Шапиро [11], [12] и В. А. Залгаллера [6] составлены для планирования раскроя всего объема бревна на пиломатериалы оптимальных размеров; теория Н. А. Батина [2] базируется на раскрое части объема древесины бревна на две доски оптимальных размеров, Титкова—Гутермана [5], [9] исходит из получения максимума использования части объема древесины бревна на одну доску оптимальных размеров. Как будет показано ниже, классическая теория Фельдмана—Шапиро, дополненная логическими переходами в зональных расчетах и условиями относительного и абсолютного максимальных поставов; теория В. А. Залгаллера, дополненная аналитической интерпретацией с видоизменением самого графического метода, и теория Н. А. Батина, упрощенная и дополненная логическими переходами в зональных расчетах и условиями относительного и абсолютного максимумов, — тождественны. Из этих теорий следует, что местоположение и оптимальные размеры доски, подлежащей расчету, определяются ха-

рактической характеристикой размеров и формы бревна, местоположением и размерами смежной (в направлении к периферии бревна) доски, толщиной пропила между смежной и рассчитываемой досками и зонами бревна, в которых находятся смежная и рассчитываемая доски.

Теория Титкова—Гутермана исходит из расчета оптимальных размеров доски в функции от части объема бревна, а не в функции от размеров смежной доски. Условие максимума объема для каждой доски, решаемое методом проб и последовательных приближений, имеет сложную аналитическую форму и поэтому обладает существенными недостатками по сравнению с рассмотренными теориями расчета максимальных поставов.

Рассмотрение трех указанных теорий максимальных поставов с соответствующими видоизменениями и дополнениями позволяет прийти к обобщенной теории, пригодной не только для графических расчетов, но и для программирования на электронных моделирующих и цифровых вычислительных машинах.

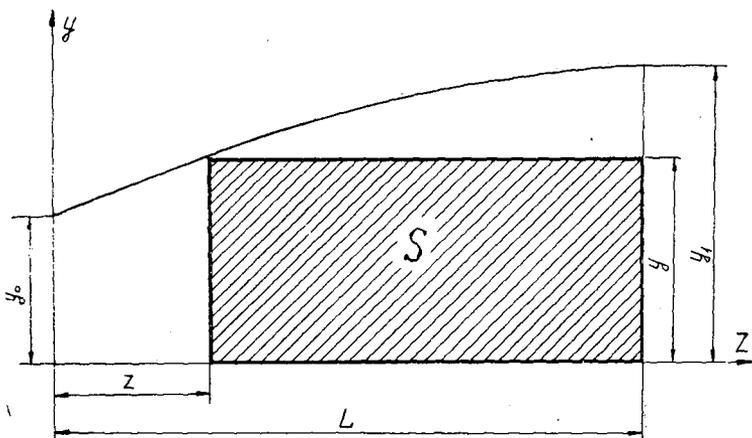


Рис. 1.

Так же, как и в классической теории, допускаем, что математическая модель бревна — усеченный параболоид второго порядка, описываемый уравнением

$$r^2 = y^2 + x^2 = 2pz. \quad (1)$$

В сечениях поверхности бревна плоскостями, параллельными продольной оси, получаются усеченные параболы (рис. 1) вида

$$y^2 - y_0^2 = 2pz. \quad (2)$$

Оптимальные размеры наружной пласти обрезной доски можно получить вписыванием прямоугольника  $S$  с максимальной площадью в наружную пластъ необрезной доски.

Если

$$S = y(L - z) = \sqrt{2pz - y_0^2} \cdot (L - z),$$

то оптимальная величина укорочения необрезной доски может быть выражена формулой

$$z_{\text{опт}} = \frac{1}{3} \left( L - \frac{y_0^2}{p} \right), \quad (3)$$

а оптимальная длина обрезной доски

$$l_{\text{опт}} = L - z_{\text{опт}} = \frac{1}{3} \left( 2L - \frac{y_0^2}{p} \right). \quad (4)$$

Из уравнения (3) также следует, что при  $z_{\text{опт}} = 0$

$$y_0^2 = y_{\text{кр}}^2 = pL. \quad (5)$$

Несложные вычисления показывают, что

$$\begin{aligned} \frac{r_1^2 - r_0^2}{2} &= r_1^2 - r_{1/2}^2 = r_{1/2}^2 - r_0^2 = \frac{y_1^2 - y_0^2}{2} = y_1^2 - y_{1/2}^2 = \\ &= y_{1/2}^2 - y_0^2 = pL = y_{\text{кр}}^2 = r_0^2 - m_{\text{кр}}^2. \end{aligned} \quad (6)$$

С учетом уравнения (5) и соотношений (6) получаем важное для дальнейших расчетов выражение оптимальной длины доски

$$l_{\text{опт}} = L \cdot K, \quad (7)$$

где

$$K = \frac{y_3^2}{y_{\text{кр}}^2}. \quad (8)$$

$$y_3 = \frac{\sqrt{r_1^2 - m_l^2}}{\sqrt{3}} \leq y_{\text{кр}}. \quad (9)$$

Из формул (8) и (9) следует, что при  $m_l > m_{\text{кр}}$  коэффициент относительной длины  $K < 1$ , то есть все доски, наружные пласти которых находятся в этой (называемой в дальнейшем эллиптической) зоне, подлежат укорочению.

Несложные преобразования формулы коэффициента относительной длины доски (8) показывают, что для эллиптической зоны эта формула является уравнением приведенных ширин досок по методу В. А. Залгаллера [6], имеющим вид

$$y = \frac{2}{3} \cdot \frac{D^2 - 4x^2}{D^2 - d^2}.$$

Если на уравнение (8) наложить дополнительное логическое условие

$$y_3 = Y = y_{\text{кр}} \quad (\text{при } m_l < m_{\text{кр}}), \quad (10)$$

то уравнение (7) справедливо и для зоны бревна, расположенной в пределах  $m_{\text{кр}}$ , называемой критической; для этой зоны  $K = 1$ . В критической зоне полуширины досок рассчитывают по формуле

$$y_{\text{кр}} = \sqrt{r_0^2 - m_l^2}. \quad (11)$$

Предполагаем, что функция  $y = \varphi_1(m_l)$  описывает закон изменения полуширин досок в эллиптической и критической зонах, представляемый (на рис. 2) графиком  $A_1 y_{\text{кр}} M_2 y_3 B$ , тогда функция  $y = \varphi_2(m_l)$ , описываемая графиком  $A_2 K M y_3 B$ , совпадает с функцией  $\varphi_1$  в эллиптической зоне и равна постоянной величине  $y_{\text{кр}}$  в критической зоне. Если принять ординату  $M m_{\text{кр}} = y_{\text{кр}}$  равной в масштабе длине бревна  $L$ , то функция относительных длин досок (7), (8) может быть представлена графиком  $A_2 M K B$  на рис. 2.



Расчет оптимальных толщин для поставка производят по методике, положенной в основу графического метода В. А. Залгаллера. Для простоты изложения принимаем  $\frac{r_0}{r_1} = 1$ , тогда максимум выхода пиломатериалов будет совпадать с максимумом суммы площадей поперечных сечений пиломатериалов, вписанных в поперечный срез бревна (рис. 3).

Пусть сумма площадей прямоугольников, вписанных в четверть круга радиусом  $r$ , имеет вид

$$S = \sum_1^n S_i = \sum_1^n \Delta_i \cdot f(m_i).$$

Максимум суммарной площади найдем, если

$$\frac{\partial S}{\partial \Delta_i} = f(m_i) + \Delta_i \cdot f'(m_i) = 0.$$

При

$$S = \Delta_1 \sqrt{r^2 - m_1^2} + \Delta_2 \cdot \sqrt{r^2 - m_2^2} + \dots \\ \dots + \Delta_i \sqrt{r^2 - m_i^2} + \dots + \Delta_{n-1} \cdot \sqrt{r^2 - m_{n-1}^2} + \Delta_n \cdot \sqrt{r^2 - m_n^2},$$

(где  $m_i = \Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_i + t_0 + t_1 + t_2 + t_{i-1}$ )

(12)

частные производные  $\frac{\partial S}{\partial \Delta_i}$  образуют систему уравнений

$$\frac{\partial S}{\partial \Delta_1} = \sqrt{r^2 - m_1^2} - \frac{m_1 \cdot \Delta_1}{\sqrt{r^2 - m_1^2}} - \frac{m_2 \cdot \Delta_2}{\sqrt{r^2 - m_2^2}} - \dots - \frac{m_n \cdot \Delta_n}{\sqrt{r^2 - m_n^2}} = 0;$$

$$\frac{\partial S}{\partial \Delta_n} = \sqrt{r^2 - m_n^2} - \frac{m_n \cdot \Delta_n}{\sqrt{r^2 - m_n^2}} = 0.$$

Из последнего уравнения системы находим, что при

$$r^2 - m_n^2 = y_{kn}^2$$

$$\Delta_n = \frac{y_{kn}^2}{m_n};$$

для произвольной  $i$ -той доски, располагающейся в критической зоне, можно получить методом индукции

$$\Delta_{ki} = \frac{y_{ki}}{m_i} \cdot [y_{ki} - y_{ki+1}].$$

Выполняя аналогичные расчеты для эллиптической зоны и для совмещенного случая, когда доски могут располагаться как в эллиптической, так и в критической зонах, можно доказать, что толщина любой доски в каждом случае может быть подсчитана по формуле

$$\Delta_i = \frac{y_i}{m_i} \cdot \left[ y_i - y_{i+1} \cdot \frac{K_{i+1}}{K_i} \right]. \quad (13)$$

В уравнении (13) всегда  $y_{i+1} < y_i$ ;  $K_i \leq K_{i+1}$ , а формулы их расчета подчинены логическим условиям, зависящим от местоположения наружных пластей досок  $m_i$  и  $m_{i+1}$ .

Приведенные выше расчетные формулы для определения оптимальных размеров досок в максимальном поставе и логические переходы в

зональных расчетах, представляющие в единстве основу алгоритма для расчета максимальных поставов, сведены в табл. 1.

Таблица 1

Оптимальный размер доски	Логическое условие	Расчетные формулы
$y_i$	$m_i > m_{кр}$	$y_{\partial i} = \sqrt{\frac{r_1^2 - m_i^2}{3}}$
	$m_i = m_{кр}$	$y_{ni} = \sqrt{\frac{r_1^2 - m_i^2}{3}} = \sqrt{r_0^2 - m_i^2}$
	$m_i < m_{кр}$	$y_{ki} = \sqrt{r_0^2 - m_i^2}$
$l_i$	$m_i > m_{кр}$	$l_{\partial i} = L \cdot K_i = L \cdot \frac{y_{\partial i}^2}{y_{кр}^2}$
	$m_i = m_{кр}$	$l_{ni} = L$
	$m_i < m_{кр}$	$l_{ki} = L$
$\Delta_i$	$m_{i+1} > m_{кр}$	$\Delta_{\partial i} = \frac{y_{\partial i}}{m_i} \cdot \left[ y_{\partial i} - y_{\partial i+1} \cdot \frac{K_{i+1}}{K_i} \right]$
	$m_i > m_{кр}$	$K_{i+1} < K_i < 1.$
	$m_{i+1} > m_{кр}$	$\Delta_{ni} = \frac{y_{ki}}{m_i} \cdot \left[ y_{ki} - y_{\partial i+1} \cdot K_{i+1} \right]$
	$m_i \leq m_{кр}$	$1 = K_i < K_{i+1}$
	$m_{i+1} \leq m_{кр}$	$\Delta_{ki} = \frac{y_{ki}}{m_i} \cdot \left[ y_{ki} - y_{ki+1} \right]$
	$m_i < m_{кр}$	$K_i = K_{i+1} = 1$

Из приведенного алгоритма расчета максимальных поставов видно, что основная трудность заключается в выполнении расчетов толщин досок  $\Delta_i$ . В достоверности приведенных формул расчета толщин можно убедиться по соответствующим формулам теорий Фельдмана—Шапиро и Н. А. Батина, если в последних сделать подстановки, приведенные в табл. 2.

Из анализа структуры формул в табл. 1 нетрудно усмотреть, что при величине  $L$ , в масштабе равной величине  $y_{кр}$ , график относительных длин досок может быть представлен кривой  $A_2KMKB$  (рис. 2).

Расчет толщин досок для бревен с произвольным сбегом относительно просто можно произвести по методике В. А. Залгаллера, но техника выполнения касательных к «бесцентровой» кривой приведенной ширины доски в эллиптической зоне трудоемка и не обеспечивает необходимой точности.

Этот недостаток метода В. А. Залгаллера может быть устранен, если на график-квадрант (рис. 2) нанести семейство кривых линий, подобных кривой  $A_3D$ ; последняя представляет собой поправку к ординате  $y_{i+1}$ , зависящей от местоположения наружной пласти  $i$ -той доски. В этом случае расчет толщин досок производят с помощью вектора  $\rho$  (с постоянным центром вращения  $O$ ) и скользящей нормали  $N$  так, как показано на рис. 2. Следует добавить, что изложенная графического расчета максимального постава открывает возможности

Таблица 2

Обобщенная теория	Классическая теория	Теория Н. А. Батина
$\Delta_i$	$\Delta_m$	$a_x = m_i - c$
$m_i$	$\frac{E_{m-1}}{2}$	$c + a_x$
$y_{кр}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \cdot \sqrt{D^2 - d^2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{R^2 - r^2}$
$y_{ki}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{d^2 - E_{m-1}^2}$	$\sqrt{r^2 - (c + a_x)^2}$
$y_{k_{l+1}}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{d^2 - E_{m-2}^2}$	$\sqrt{r^2 - (c + b)^2}$
$y_{эi}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \cdot \sqrt{D^2 - E_{m-1}^2}$	$\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{R^2 - (c + a_x^2)}$
$y_{э_{i+1}}$	$\frac{\sqrt{D^2 - E_{m-2}^2}}{2\sqrt{3}}$	$\frac{\sqrt{R^2 - (c + b)^2}}{\sqrt{3}}$
$\frac{2}{3\sqrt{3}} y_{кр}^2$	$A$	—
$K = \frac{l}{L} = \frac{Y^2}{y_{кр}^2}$	$\frac{l}{L} = \frac{2}{3} \cdot \frac{D^2 - E_{m-1}}{D^2 - d^2}$	—

построения одного график-квадранта с двумя семействами кривых линий — относительных длин и поправочных коэффициентов  $\frac{K_{l+1}}{K_l}$  для всего практического диапазона изменения сбежистости пиловочных бревен.

Относительно максимальным поставом в отличие от предложенного Д. Ф. Шапиро [12] будем называть постав, в котором сумма толщин досок и разделяющих их пропилов удовлетворяет условию [12]. Очевидно, в зависимости от количества досок в поставе может быть первый, второй и так далее относительно максимальные поставки на одну, две и более досок.

С увеличением количества досок при толщине пропила, отличного от нуля, полезный выход вначале увеличивается (на что указывается и в работе Г. И. Стоева [8]); при некотором количестве досок он достигает максимума, а затем падает. Такой постав, который при выполнении условия, указанного в формуле (12), дает наибольший полезный выход из всех возможных относительно максимальных выходов, следует называть абсолютно максимальным.

Если объем физической модели бревна — параболоида 2-го порядка

$$V_0 = \pi r_{1/2}^2 \cdot L,$$

а сумма объемов досок в относительно максимальном поставе имеет вид

$$V_d = 4 \sum_{i=1}^{i=n} y_i \cdot \Delta_i \cdot l_i,$$

то условие абсолютного максимума может быть записано в виде

$$P = \frac{V_d}{V_6} \cdot 100 = \frac{4 \sum_{i=1}^{i=n} y_i \cdot \Delta l_i \cdot l_i}{\pi \cdot r_{12}^2 L} \cdot 100 = \max.$$

По изложенному алгоритму для расчета максимальных поставок составлена программа для электронно-вычислительной машины Минск-1\* и проведены расчеты по отысканию относительно и абсолютно максимальных выходов пиломатериалов для возможных диапазонов изменения статистических характеристик бревен. Установление статистических характеристик формы и сбежистости пиловочных бревен, а также способов перехода от теоретических размеров досок к спецификационным — задача неотложных исследований.

\* Программирование и проведение расчетов на электронной машине по приведенному алгоритму выполнила инж. ВЦПГУ Н. И. Хрусталева с участием инж. ЦНИИМОДа В. В. Дунаевой, Н. С. Житниковой и Г. Ф. Гисматулиной.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. П. Аксенов. Теоретические основы раскроя пиловочного сырья. Гослесбумиздат, М.—Л., 1960. [2]. Н. А. Батин. Графики для составления поставок ЦНТУ и П БССР, Минск, 1962. [3]. Н. А. Батин. Графики для составления поставок. Научные доклады высшей школы № 4, 1958. [4]. Г. Д. Власов. Методы расчета поставок. Гослесбумиздат, М., 1950. [5]. М. Н. Гутерман. Основные вопросы теории первичного раскроя древесины на лесозаводах. Труды ЦНИИМОДа, Гослесбумиздат, М., 1950. [6]. В. А. Залгаллер. Новое в составлении поставок на распиловку бревен. Изд-во ЦНИИЛтреста Севзаплес, 1956. [7]. А. Н. Песоцкий. Лесопильно-строгальное производство. Гослесбумиздат, М., 1958. [8]. Г. И. Стоев. Определение максимального выхода пиломатериалов. Сокращенный перевод с болгарского. Гослесбумиздат, М.—Л., 1961. [9]. Г. Г. Титков. Теоретические основы наивыгоднейшего объемного использования бревен. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Изд-во ЛТА им. С. М. Кирова, 1959. [10]. Г. Г. Титков. Краткое руководство по составлению и расчету поставок. Гослесбумиздат, М., 1955. [11]. Х. Л. Фельдман. Система максимальных поставок на распиловку. Гослестехиздат, М., 1932. [12]. Д. Ф. Шапиро. Лесопильно-строгальное производство. Гослестехиздат, М., 1935.

Поступила в редакцию  
3 мая 1965 г.

УДК 62—52 : 634.0516

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОБМЕРА И УЧЕТА КРУГЛОГО ЛЕСА

*В. А. ЛЕБЕДЕВ*

Научный сотрудник

(Ленинградская лесотехническая академия)

Переход от ручного труда по обмеру и учету круглого леса к автоматическому позволит значительно снизить трудозатраты на данной операции и повысить точность замеров. Созданные к настоящему времени устройства дают возможность определять кубатуру леса как при поштучной подаче, так и в пучках (пакетах).

Первые опытные образцы измерительных устройств по конструктивной разработке и способу замера обеспечивали частичную замену ручного труда на обмере и учете круглого леса, производя в основном замер диаметра бревен или поперечных сечений пучка (пакета), а все остальные данные и подсчет кубатуры должен был производить оператор. Такие устройства называют кубатурниками.

В отличие от последних автокубатурники не только производят замер, но и выдают конечные результаты. Участие оператора сводится к функциям контроля. По способу учета устройства подразделяют на массовые и поштучные. Автокубатурники по аналогии с вычислительными машинами имеют два класса счетно-решающих приборов (СРП) — цифровые (дискретного счета) и моделирующие (непрерывного действия).

По методу определения кубатуры устройства разделяют на геометрические, гидростатические и объемно-весовые.

Существенное значение для поштучных устройств имеет способ перемещения бревна: от продольной или поперечной подачи прежде всего зависит производительность устройства, а также конструктивное исполнение. Устройства должны удовлетворять следующим основным требованиям: 1) иметь производительность, соответствующую производительности ведущего агрегата; 2) обеспечивать достаточную для практических целей точность замера; 3) обеспечивать надежность в работе; 4) давать экономическую эффективность в сравнении с ручным способом учета.

Производительность устройств определяют по формуле

$$\Pi = \frac{3600 \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2}{T} \cdot W \text{ м}^3/\text{час}, \quad (1)$$

где  $\varphi_1$  — коэффициент использования рабочего времени, равный 0,80—0,85;

$\varphi_2$  — коэффициент загрузки устройства;  $\varphi_2 = 0,10—0,75$  для устройств с поперечной поштучной подачей бревен;  $\varphi_2 = 0,50—0,90$  для всех прочих устройств;

$W$  — объем транспортной единицы,  $m^3$ ;  
 $T$  — продолжительность рабочего цикла,  $сек$ .

Продолжительность рабочего цикла зависит от скорости перемещения и размеров транспортных единиц. Самый короткий рабочий цикл\* ( $0,65—1,00 сек$ ) имеют устройства с поперечной подачей бревен. Гидростатические устройства для обмера леса в пучках производят подъем и затопление пучка со скоростью  $0,05—0,10 м/сек$  при горизонтальной скорости перемещения его, равной  $0,1—0,3 м/сек$ . Продолжительность цикла в этих устройствах составляет  $80—110 сек$ . По затраченному времени на единицу объема устройства на базе поперечных транспортеров и гидростатические для обмера пучков равноценны и имеют одинаковую производительность. В устройствах с поперечной подачей пучков и определением весовых нагрузок на отдельных измерительных площадках продолжительность цикла можно практически довести до  $60 сек$ , что значительно повысит их производительность. Эти устройства могут обеспечивать одновременно до трех сплотовых машин.

Расчетные значения производительности устройств за смену для частных значений длины и объема транспортной единицы, скорости перемещения ее и заданного коэффициента загрузки  $\varphi_2$  приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование устройства	Транспортная единица		Скорость перемещения, $м/сек$	Коэффициент загрузки $\varphi_2$ , $дм^3/дм^3$	Продолжительность цикла $T$ , $сек$	Производительность, $м^3/смену$
	объем, $м^3$	длина, $м$				
Устройство на базе продольного транспортера . . . . .	0,21	6,5	0,50	0,50	13,0	160,0
	0,21	6,5	0,50	0,90	13,0	290,0
	0,21	6,5	1,00	0,90	6,5	580,0
Устройство на базе поперечного транспортера . . . . .	0,21	6,5	0,30	0,10	0,65	650,0
	0,21	6,5	0,30	0,75	0,65	4850,0
Гидростатическое устройство с продольной подачей пучков	10,0	6,5	0,10	0,50	84,0	1200,0
	30,0	6,5	0,10	0,90	110,0	5000,0
Гидростатическое устройство с замером пучков на двух последовательно установленных площадках . . . . .	30,0	6,5	0,10	0,90	60,0	9000,0

Производительность устройств на базе продольных транспортеров можно довести до  $580 м^3$  в смену, если обеспечить механизированную загрузку транспортера при скорости движения  $1,0 м/сек$ .

По степени точности определения кубатуры бревен оценку устройств дают в сравнении с фактическим объемом при учете штучных бревен и с табличным при учете совокупности бревен.

#### Учет штучных бревен

Фактический объем бревен с помощью автоматических устройств геометрического замера определяют по формуле

\* В продолжительность рабочего цикла не включены интервалы между транспортными единицами, так как их учитывает коэффициент загрузки  $\varphi_2$

$$V_{\phi} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot l \cdot \sum_{i=1}^n d_i^2, \quad (2)$$

где  $K_1$  — поправочный коэффициент, учитывающий неточность определения площади поперечного сечения бревна по формуле круга в сравнении с ее фактическим значением;

$K_2$  — поправочный коэффициент, учитывающий неточность определения диаметров за счет одностороннего замера бревна;

$K_3$  — поправочный коэффициент, учитывающий сбеги по длине бревна;

$l$  — длина условного отрезка бревна, м;

$d_i$  — текущий диаметр бревна, м.

По данным исследований С. Е. Осетрова, принимаем  $K_1 = 0,94—1,005$  для сосны и  $K_1 = 0,87—1,003$  для ели. В результате исследований мы получили следующие значения поправочных коэффициентов:  $K_2 = 0,87—1,20$  для сечений бревна в целом и  $0,82—1,37$  для отдельных сечений бревна;  $K_3 = 0,97—1,03$  для комлевых отрезков бревна при длине условного отрезка  $l = 10$  см;  $0,75—1,25$  для комлевых отрезков бревна при  $l = 1,0$  м и  $0,99—1,01$  для бревна в целом при  $l = 10$  см. Подставив значения коэффициентов при длине условного отрезка 10 см в формулу (2), получим

$$V_{\phi} = 0,81 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot l \sum_{i=1}^n d_i^2.$$

При учете достаточно большого количества бревен отклонения замеров в меньшую сторону будут компенсироваться отклонениями в большую, и ошибка будет стремиться к нулю. Для измерительных устройств табличных объемов значения объема находят по зависимости

$$V_T = K_n \cdot K_k \cdot K_q \cdot V_{\phi}, \quad (3)$$

где  $K_n$  — поправочный коэффициент на припуск, равный  $0,94—1,07$ ;

$K_k$  — поправочный коэффициент на кору, равный  $1,00—0,75$ ;

$K_q$  — поправочный коэффициент, учитывающий класс формы бревна;

$V_T$  — табличный объем бревна, м<sup>3</sup>.

Поправочный коэффициент  $K_q$ , учитывающий класс формы бревна, характеризуемого коэффициентом формы  $q_{3/1}$ , имеет существенное практическое значение. Таблицы ГОСТа 2708—44 составлены с учетом среднего значения  $q_{3/1} = 0,894$ , и всякое отклонение от этого значения дает погрешность. На основании многочисленных натуральных замеров бревен установлены следующие значения коэффициентов:

коэффициент формы $q_{3/1}$	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00
коэффициент $K_q$	0,84	0,87	0,93	0,98	1,03	1,08	1,12

Отдельные тонкомерные бревна имеют коэффициент формы  $q_{3/1} = 0,60$ . Фактический объем таких бревен примерно в 2,5 раза больше табличного. Учитывать коэффициент  $K_q$  необходимо как при штучном учете, так и при сортиментном. Фактический объем бревна при определении гидростатическими устройствами находят по зависимости

$$V_{\phi} = K_B \cdot K_C \cdot K_A \cdot \frac{P+Q}{\gamma}, \quad (4)$$

где  $K_v$  — поправочный коэффициент, учитывающий вес воды, которая не успевает стекать к моменту взвешивания;  
 $K_c$  — поправочный коэффициент, учитывающий сопротивление движению;  
 $K_d$  — коэффициент динамичности;  
 $P$  — вес бревна или пучка, кг;  
 $Q$  — вес воды в объеме надводной части бревна или пучка (запас плавучести), кг;  
 $\gamma$  — объемный вес воды, равный 1000 кг/м<sup>3</sup>.

При перемещении бревен (со скоростью до 0,3 м/сек) однорядной щетью без перекосов погрешность за счет остаточного количества воды и ударных нагрузок не превышает 1,0%.

Дополнительные нагрузки за счет сопротивления движению возникают при расположении измерительных площадок на вертикальном или наклонном участках движения бревна (пучка), поэтому в устройствах весовые нагрузки в момент полного затопления бревна измеряют на горизонтальном участке перемещения. Тогда  $K_c = 1,0$ . В автокубатурнике СевНИИПа нагрузки определяют при вертикальном перемещении пучка, однако ввиду малых скоростей перемещения (до 0,1 м/сек) эта погрешность составляет около 0,7%. Устройства, основанные на гидростатическом методе, обладают высокой точностью замера штучных бревен и пучков, и их можно использовать в исследовательских целях.

#### Учет совокупности бревен

Объем леса в пучке, штабеле или в заданной партии леса находят как сумму объемов штучных бревен. При учете леса в пучках значительно проще определить объем сразу для всего пучка.

При геометрическом замере пучков объем находят по зависимости

$$V_T = K \cdot V_G, \quad (5)$$

где  $V_T$  — объем леса в пучке, соответствующий табличному, м<sup>3</sup>;  
 $K$  — коэффициент полнодревесности и формы пучка, равный 0,48—0,62;  
 $V_G$  — геометрический объем пучка, м<sup>3</sup>.

Степень точности определения объема зависит от выбора коэффициента  $K$  и точности замера ширины и высоты пучка. Величина погрешности определения объема леса в пучке по таблицам за счет неточного замера и определения коэффициента  $K$  может составлять  $\pm 14,5\%$ .

При определении объема леса в пучке по замеру срединного диаметра каждого бревна, как показали производственные испытания, отклонения от табличного объема составляют  $\pm 2,5—3,5\%$  с наибольшим отклонением до  $\pm 4,5\%$ . Это объясняется тем, что при замерах происходит завышение или занижение диаметров за счет неровностей поверхности бревен (например, сучки), а также перекосов и плохой центровки бревен на измерительном участке устройства.

В гидростатических устройствах для определения объема леса в пучках или поперечной щети бревен использована следующая формула:

$$V_T = K'_n \cdot K'_k \cdot K'_q \cdot \frac{P+Q}{\gamma}. \quad (6)$$

Обозначения те же, что в формулах (3) и (4).

В производственных условиях практическое значение имеют средние величины поправочных коэффициентов для совокупности бревен. Некоторые значения этих коэффициентов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование объекта наблюдений	Количество замеренных бревен	Средняя длина припуска, см	Средние величины коэффициентов			
			$K'_п$	$K'_к$		$q_{3/4}$
				для сосны	для ели	
Бобровский рейд	375	15,7	0,976—0,983	0,94	0,92	0,867
Рыбежский рейд	774	7,3	0,983—0,990	0,95	0,92	0,894
Кингисеппский леспромхоз	776	6,3	0,987—0,992	0,94	0,91	0,895

Поправочный коэффициент  $K'_к$  принят с учетом отпада коры. Средняя величина отпада коры для Бобровского рейда составляет примерно 18,3% от объема коры на бревне, для Рыбежского рейда — 16,6% и для Кингисеппского леспромхоза — 11,6%.

При сортиментном учете кубатуры леса в пучках, как это обычно принято на сплаве, коэффициент  $K'_а$  в зависимости от среднего диаметра в верхнем отрезе находят по специальным графикам. Наибольшие отклонения фактического объема составляют 22,5% от табличного, что всегда должны учитывать данные коэффициенты. В процессе работы измерительных датчиков с электронными и электромеханическими СРП возможна погрешность показаний приборов в пределах  $\pm 1,0\%$ ; погрешность механических и электрических систем около  $\pm 1,5—2,0\%$ .

В настоящее время лучшую надежность в работе обеспечивают устройства для учета леса в пучках. Это объясняется тем, что за смену работы устройства производят до 300 замеров в случае подачи леса пучками, 2000 — при подаче бревен на продольных транспортерах и 15 000 — при поперечной подаче. В устройствах с поперечной подачей бревен возможен захват бревен одним крюком, в результате чего бревно разворачивается и может пройти мимо измерительной площадки или остановить транспортер. По металлоемкости и количеству обслуживающего персонала экономически эффективны устройства с поштучным учетом на базе продольных и поперечных транспортеров. Устройства массового учета в пучках имеют большую металлоемкость и не исключают тяжелого ручного труда на подаче и продвижении пучков по измерительному участку. Они могут быть экономически эффективны при обслуживании одновременно 2—3 сплочных машин, а также в случае качественного улучшения пучка (изменение формы его при подъеме из воды). Практика показывает, что устройства следует строить более легкими и использовать как навесное оборудование с переносными счетно-решающими приборами.

Автоматические устройства по учету круглого леса должны выдавать полную информацию о бревнах (объем, объемный вес и количество).

Устройства геометрических замеров с учетом фактической кубатуры или по таблицам могут быть использованы как на береговых установках, так и на рейдах. Для учета леса на воде целесообразнее использовать гидростатические автокубатурники как более простые по конструкции и обеспечивающие большую производительность.

УДК 631.8.022.3 : 674.032.475.45

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИББЕРЕЛЛИНА  
ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА САЖЕНЦЕВ КЕДРА СИБИРСКОГО

В. Д. РОЩИНА

Доцент

(Воронежский лесотехнический институт)

В последние годы большое внимание уделяют изучению действия гиббереллинов на растения, в том числе и древесные. Однако реакция хвойных пород на обработку гиббереллином изучена недостаточно. Этому способствовало установившееся мнение, что хвойные очень слабо или вовсе не реагируют на гиббереллин [1], [3]. Некоторое стимулирующее действие гиббереллина наблюдали А. С. Коверга и Е. А. Коверга [2] на сеянцах метасеквойи и кипариса пирамидального и Байлан и Кемп [4] на однолетних сеянцах *Pinus taeda* L.

Мы подвергали обработке гиббереллином пяти- или шестилетние саженцы кедров сибирского, произрастающие в питомнике Воронежского лесотехнического института. Опыты ставили в течение вегетационных периодов 1963 и 1964 гг. В их проведении активное участие принимали студентки Т. Ф. Алексашикина, З. В. Быкова и Ф. И. Волкова.

На точку роста наносили 0,01%-ный раствор гиббереллина с добавлением смачивателя ОП-10 капельным способом или 1%-ную ланолиновую пасту. В конце вегетации производили учет контрольных и опытных растений. Определяли прирост саженцев в высоту, влажность и сухой вес хвои. В хвое опытных и контрольных растений устанавливали содержание хлорофилла по методу Годнева. В 1963 г. обрабатывали пятилетние саженцы кедров, при этом гиббереллин наносили на точки роста капельным способом. В контрольной группе было 47 растений со средней высотой 25 см, в опытной — 54 растения со средней высотой 23,5 см. Опытные растения были обработаны 20 раз с интервалом в 2—3 дня. На точки роста контрольных растений в те же дни наносили воду с добавлением смачивателя. В мае, а у опытных растений и в июне, наблюдался интенсивный рост, затем наступал резкий спад и очень слабый рост продолжался у контрольных до 1 июля, а у опытных до 15 июля. Обработка гиббереллином приводила не только к усилению скорости роста, но и к увеличению его продолжительности. В результате к концу наблюдений прирост опытных растений оказался в среднем на 4 см больше, что составляет 30%.

Растения перезимовали без повреждений и в следующем году дали прирост, почти не отличающийся от прироста в контроле.

В 1964 г. стимуляции подвергали шестилетние саженцы кедров. Контрольных растений было 48 (средняя высота 32 см), опытных 44 (высота 31,6 см). Обработку опытных растений проводили ланолиновой пастой, содержащей 1%-ную гиббереллиновую кислоту, путем наложения на точку роста. Растения обработаны три раза с интервалом в две недели. В 1964 г. рост кедров начался несколько позднее, чем в предыдущем году, достиг максимума в середине июня и закончился в средних числах июля. К этому периоду высота контрольных растений увеличилась на 13,2 см, опытных — на 18,4 см. Разность в приросте составила 5,2 см (около 40%). Более энергичный рост кедров в 1964 г., по-видимому, явился следствием более благоприятных погодных условий этого года. Необычайно высокая температура в конце апреля и начале мая 1963 г. вызвала более раннее возобновление роста. А недостаток влаги (год был засушливым) привел к раннему завершению ростовых процессов.

Для выяснения влияния гиббереллина на размер хвои, ее влажность и содержание хлорофилла в июле (в 1963 и 1964 гг. исследования проводили одинаково) с каждого пятого растения с побегов последнего года было собрано по 2 г хвои. Всего было взято с опытных и контрольных растений по десять проб. Затем подсчитывали количество

Таблица 1

Показатели	Величина показателей у растений			
	обработанных гиббереллином		контрольных	
	1963 г.	1964 г.	1963 г.	1964 г.
Средний вес одной хвоинки, мг.	11,7±2,9	19,8±5,3	14,6±2,6	33,0±4,2
Средняя длина одной хвоинки, мм	47,0±2,84	56,9±3,47	53,6±2,53	77,7±2,83
Влажность, %	55,3±1,76	64,8±1,21	57,5±1,41	62,3±1,03
Содержание хлорофилла в хвое, % к сухому весу	0,45±0,02	0,61±0,03	0,53±0,02	0,66±0,03

хвоинок в навеске. Разделив сухой вес навески на число хвоинок, находили средний вес хвоинки в пробе. Длину хвоинок определяли с помощью обычной линейки. Цифры, приведенные в табл. 1, представляют собой средние данные из десяти проб, кроме содержания хлорофилла, где повторность была пятикратной.

### Выводы

1. Гиббереллин способствует усилению темпов и продлению сроков роста саженцев кедра сибирского.
2. Обработка гиббереллином приводит к увеличению длины побегов, но вес и длина хвои при этом уменьшается.
3. Применение гиббереллина сопровождается некоторым нарушением обмена веществ, которое приводит к снижению содержания хлорофилла.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. И. Ахромейко, М. В. Журавлева, А. В. Савина. Влияние гиббереллина на рост и передвижение веществ у древесных растений. Известия АН СССР № 1, 1961. [2]. А. С. Коверга, Е. А. Коверга. Влияние гиббереллиновой кислоты на рост некоторых парковых и лиственных древесных растений. Известия АН СССР, серия биологическая № 1, 1961. [3]. Д. А. Комиссарова. Действие гиббереллина на рост древесных пород. Сборник работ по лесному хозяйству, вып. 5, 1962. [4]. M. W. Bilan, A. K. Kemp. Effect of gibberellin on height growth of one Year old Seedlings of Loblolly pine. Journ. Forestry, 58, № 1, 1960, 35—37.

Поступила в редакцию  
21 октября 1964 г.

УДК 536.7

## ДАВЛЕНИЕ НАСЫЩЕННОГО ПАРА КАК ФУНКЦИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ДИАПАЗОНЕ ОТ 0 ДО 100° С

**Н. Н. СУРОДЕЙКИН**

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельск)

В книге М. П. Вукаловича \* приведена эмпирическая формула, на основании которой подсчитаны значения давления насыщенного пара в интервале от 0 до 95° С

$$\lg p = 0,0141966 - 3,142305 \left( \frac{10^3}{T} - \frac{10^3}{373,16} \right) + 8,21g \left( \frac{373,16}{T} \right) - 0,0024804(373,16 - T).$$

Ввиду сложности этого уравнения оно может быть использовано лишь для составления таблиц. Для непосредственного подсчета давления насыщенного водяного пара в зависимости от температуры (в интервале от 0 до 100° С) мы предлагаем уравнение

$$p_n = 62,3 (1 + 0,01t_n)^{7,4} \text{ кг/м}^2 \quad (1)$$

или ему равноценное

$$p_n = 4,58 (1 + 0,01t_n)^{7,4} \text{ мм рт.ст.} \quad (2)$$

Значения давления насыщенного пара, получаемые по уравнению (1), а следовательно, и по уравнению (2), отличаются от табличных данных в диапазоне от 0 до 93° С (включительно) не более как на 1%, а в диапазоне от 94 до 100° С не более чем на 2%. В связи с этим указанные уравнения с успехом могут быть использованы при решении большинства технических вопросов. Приведенная нами формула (1) (также и формула (2)), позволяет наглядно показать зависимость температуры от величины давления

$$t_n = 100 \cdot \left( \sqrt[7,4]{\frac{p_n}{62,3}} - 1 \right). \quad (3)$$

Из формулы видно, что при этом можно легко найти значения как первой, так и других производных давления по температуре, в частности:

$$\frac{dp_n}{dt_n} = 4,60 \cdot (1 + 0,01t_n)^{6,4} \text{ кг/м}^2 \text{ } ^\circ\text{С} \quad (4)$$

или

$$\frac{dp_n}{dt_n} = 0,339 (1 + 0,01t_n)^{6,4} \text{ мм рт.ст./}^\circ\text{С.} \quad (5)$$

Приведенные формулы окажутся полезными при работе электронно-вычислительных машин в тех случаях, когда требуется определить связь между температурой и парциальным давлением водяных паров в воздухе или иной газообразной среде. Они также могут найти применение при решении студентами задач на практических занятиях, так как в этом случае вся вычислительная работа может быть проведена с помощью логарифмической линейки.

\* М. П. Вукалович. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Машгиз, 1958.

УДК 0.02.6 (088.8)

## РАЗВИТИЕ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВА И ПАТЕНТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ В СССР

Э. А. ПАВЛОВ

Кандидат технических наук  
Начальник отдела сельского хозяйства и лесной промышленности  
ЦНИИ патентной информации

Большую помощь в создании совершенных образцов новой техники и новых технологических решений нашим научным работникам и инженерам оказывает хорошо налаженная служба технической информации, прежде всего, патентной.

Сама постановка вопроса о развитии изобретательства и патентной службы в нашей стране не нова, она относится еще к началу прошлого столетия.

Первый закон об изобретательстве был издан в России 17 июня 1812 г. и именовался «Высочайшим Манифестом о привилегиях на разные изобретения и открытия в художествах и ремеслах». Привилегии выдавали различные министерства, описания их публиковали в качестве приложений к журналам Имперского Русского Технического общества и в специальных сводах. В 1896 г. был издан закон о рассмотрении заявок на предполагаемые изобретения и выдаче привилегий в специально созданном Комитете по техническим делам при Департаменте Торговли и мануфактур.

После Великой Октябрьской революции в январе 1918 г. Комитет по техническим делам вместе с библиотекой перешли в ведение ВСНХ. За годы советской власти изобретательская деятельность в стране приобрела большой размах и необходимый охват.

В настоящее время работу по изобретательству возглавляет Государственный комитет по делам изобретений и открытий СССР. В ведении Госкомитета имеется Всесоюзная патентно-техническая библиотека (ВПТБ), Всесоюзный НИИ Государственной патентной экспертизы (ВНИИГПЭ), Центральный НИИ патентной информации и технико-экономических исследований (ЦНИИПИ) и Центральные курсы повышения квалификации инженерно-технических работников в области патентоведения.

В ВПТБ сосредоточены патенты и авторские свидетельства по всем отраслям промышленности и областям знания. Ежегодное пополнение фонда патентами на разных языках превышает 200 тыс. наименований. Основной патентный фонд страны систематизирован и хранится в Москве. Почти весь патентный фонд замикрофильмирован и размножается для передачи в дублирующие патентные фонды республиканских центров и отраслевые патентные фонды головных научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро. ВПТБ является центром методического руководства библиотеками Советского Союза в области работы с патентной литературой. ВНИИГПЭ — единственное всесоюзное учреждение, ведущее контрольную научную экспертизу заявок на изобретение, ЦНИИПИ систематизирует и осуществляет всю патентную информацию в стране. Издательская и научная деятельность этого учреждения многообразна.

С 1963 г. ЦНИИПИ регулярно издает сигнальную патентную информацию, содержащую сведения обо всех отечественных и иностранных изобретениях. Первые публикуются в «Бюллетене изобретений и товарных знаков» и каталожных библиографических карточках. Вторые даются оперативно (за 2—3 последних месяца) в реферативных картах, излагающих иллюстрированные краткие публикации об изобретениях, зарегистрированных в США, Англии и ФРГ, переводимых на русский язык из реферативных патентных журналов «Офишел Газет» (США), «Эбриджмент оф Спесификейшн» (Англия) и «Ауссюге аус ден патентаммельдунген унд патентбладт» (ФРГ). В 1966 г. предполагается аналогичный перевод реферативных патентных журналов Франции и Японии. По другим странам, присылающим тексты патентных описаний, издают библиографические карточки, содержащие названия изобретений на языке оригинала, их перевод, страну, номер патента.

Для ознакомления работников предприятий, КБ и НИИ с сущностью зарегистрированных в СССР изобретений, использования в новых разработках и внедрения наиболее ценных из них на производстве издаются иллюстрированные описания изобретений к авторским свидетельствам и патентам, выдаваемым в СССР, рассылаемые всем республиканским и краевым библиотекам. На все описания изобретений к авторским свидетельствам также издаются каталожные библиографические карточки.

Справочные издания института включают указатели патентов, каталоги переводов описаний изобретений и библиографические сборники патентных материалов зарубежных стран, правовую и инструктивную литературу.

Классификационные материалы, кроме переиздания указателя классов изобретений СССР, включают издаваемые впервые на русском языке указатели классов изобретений США и Великобритании, реклассификационные таблицы национальных классификаций США, Англии, Австралии, Австрии и Швейцарии применительно к индексам классификатора СССР, УДК и МПК. Системы классификации патентной литературы, применяемые в разных странах, не одинаковы: функциональная — американская, логическая — международная (МПК), алфавитно-предметная — ФРГ и т. п., поэтому для отыскания отраслевых патентных материалов специалистами необходимо основательно ознакомиться с сущностью классификации вообще, и различными методами классификации заявок на изобретения, в частности.

Особое место занимают издаваемые ЦНИИПИ ретроспективные аналитические технико-экономические обзоры важнейших зарубежных патентов, опубликованных в разных странах за последние три-пять лет. Они издаются по отраслевым сериям отдельными иллюстрированными брошюрами объемом 2,5—3,5 печ. листа стоимостью 20 и 10 коп. каждая. Обзоры охватывают от 500 до нескольких тысяч просмотренных патентов, из числа которых отбирается 30—40 важнейших, краткое описание существа которых с иллюстрациями и оценкой приводится в брошюрах. Эти обзоры излагают статистику поступлений, анализ конкретных направлений в изобретательстве и вероятной тенденции дальнейшего развития оборудования\*. По лесной промышленности, в частности, изданы первые девять обзоров, аннотации которых даны ниже.

Д. В. Можаяев. Механизация лесозаготовок (53 стр., 32 илл.). Обзор дает представление об изобретениях, направленных на дальнейшее развитие и усовершенствование современной техники и технологии работ по заготовке, трелевке и вывозке древесины в США, Канаде, Швеции и некоторых других капиталистических странах.

Характерной особенностью техники лесозаготовок у крупных зарубежных заготовителей древесины остается широкое использование механизмов общего назначения, оборудованных специальными приспособлениями. К специальным лесозаготовительным машинам, получившим широкое распространение, можно отнести лишь многообразные варианты переносных механических пил для валки и разделки, просовые устройства для транспортировки древесины в горных условиях и некоторые виды попрузочных механизмов (например, челюстные попрузчики).

Большое количество лесозаготовительных участков с незначительным объемом работ и широкое развитие лесозаготовок с прямой доставкой заготовляемой древесины автомобилями в сортаментах непосредственно потребителю определяет характер патентов на лесозаготовительные машины и механизмы, имеющиеся в фонде ВПТБ и рассмотренные в обзоре.

Однако, несмотря на указанную специфику лесозаготовок за рубежом, из большого числа патентов (свыше 1000 отобранных и 70 приведенных в обзоре, просмотренных с 1959 г. по 1964 г.) внимание советских разработчиков новой лесозаготовительной техники и технологии может привлечь значительное число оригинальных запатентованных решений, направленных на удлинение срока службы бензомоторных пил, использование их веса для увеличения усилия подачи, усовершенствование валочных устройств, тросово-аэрозотатных трелевочных установок, виброочистку стволов деревьев от прязи перед их обработкой, дробление древесины на лесосеке и транспортировку полученной щепы по трубопроводам к месту потребления и т. д.

Ю. С. Никифоров. Механизация лесопиления (50 стр., 22 илл.). Обзор состоит из следующих разделов: склады сырья, лесопильный цех, сортировочные и пакетифицирующие устройства, способы распиловки.

В первом разделе рассказано о сортировочных устройствах для бревен и приведены описания устройств со сбрасывателями правитационного и сталкивающего действия.

\* Запросы на высылку проспектов изданий по патентной литературе адресуются: Москва, Д-376, Дружниковская ул., д. 11-а, ЦНИИПИ. По этому же адресу следует направлять заказы на высылку обзоров зарубежных патентов (брошюр стоимостью 10 и 20 коп.) за наличный расчет, оплатой перечислением (расчетный счет № 114017 в Бауманском отделении Госбанка г. Москвы) или наложенным платежом (при условии одновременного заказа не менее 5 брошюр).

По оборудованию лесопильного цеха наибольший интерес представляют приведенные в обзоре различные механизмы перемещения пил и обрезных станков с преселективными системами управления. Интересна конструкция рейкоотделительного устройства для обрезного станка, при которой возможна установка подвижной пилы на новый размер до выхода доски из устройства. Кроме того, определены тенденции дальнейшего развития конструирования лесопильных рам, ленточнопильного оборудования полотен пил.

В обзоре даны описания устройства для автоматической сортировки пиломатериалов по размерным признакам. Большое внимание уделено машинам для формирования сушильных пакетов.

В последнем разделе обзора рассказано о механизме для распиловки бревен с одновременным получением с помощью специального инструмента технологической щепы для целлюлозно-бумажного производства.

А. Я. Пивоваров, Р. Х. Ботнер. Конструкция деревообрабатывающих станков и агрегатов (41 стр., 21 илл.). Обзор содержит анализ патентных фондов пятнадцати капиталистических стран за 1958—1964 гг. При его составлении использовано 848 патентов на следующие виды деревообрабатывающего оборудования: столярные ленточнопильные и лобиковые станки, круглопильные для поперечного и продольного распиливания, форматные, фуговальные, рейсмусовые, четырехсторонние плоскофрезерные, фрезерные, копировально-фрезерные, шипорезные, сверлильные, долбежные, токарные и шлифовальные станки, автоподатчики и приспособления, комбинированные станки, автоматические линии и агрегаты.

Выявлены характерные направления в развитии деревообрабатывающего оборудования вообще и по группам оборудования, в частности, что подтверждается ссылками и описанием конкретных патентов. Особое внимание авторы уделили оригинальным конструктивным решениям. Описание большинства из них дано с иллюстрациями.

В числе основных направлений развития деревообрабатывающего оборудования указано дальнейшее совершенствование конструкций станков на основе достижений общего машиностроения, применения современных средств автоматизации, повышения точности обработки и удобства обслуживания станков. Большое внимание уделено позиционному оборудованию. Рассмотрены некоторые новые виды обработки древесины, в частности, новый способ имитации текстуры ценных пород.

А. Я. Пивоваров, Р. Х. Ботнер. Конструкции околостаночного оборудования для деревообрабатывающих производств. На современном деревообрабатывающем предприятии большой удельный вес в общем балансе затрат труда имеют загрузочные, транспортные, сортировочные и другие подобные отрасли.

Данный обзор составлен с целью ознакомления работников деревообрабатывающей промышленности и машиностроения с состоянием и развитием околостаночного оборудования на основании анализа патентных фондов семнадцати иностранных государств и фонда авторских свидетельств СССР за 1958—1964 гг. В обзоре рассмотрены патентные фонды на следующие виды оборудования: питатели и загрузочные устройства для брусковых и шитовых деталей, транспортные средства, поворотные устройства и переключатели, сортирующие устройства, укладчики, контейнеры, стеллажи, подсобные приспособления, подъемники. В обзоре использованы патенты не только на оборудование для деревообработки, но и для смежных областей промышленности. По каждому виду оборудования выявлены вероятные тенденции развития. Дано краткое описание характерных и наиболее интересных патентов, часть из них с рисунками. В приложении приведен указатель классов патентов, использованных в обзоре.

Р. П. Алпаткина, З. В. Бороненко. Способы и средства сушки древесины (22 стр., 13 илл.). Обзор охватывает 89 иностранных патентов (из общего числа 6090 просмотренных) по способам и средствам сушки древесины. В нем рассмотрены изобретения в области высоко- и низкотемпературной сушки пиломатериалов в камерах непрерывного и периодического действия.

В брошюре дано описание устройства центробежной сушильной камеры по шведскому патенту, конструкций сушильной камеры для сушки пиломатериалов токами высокой частоты, конденсатороотводчиков и т. п.

Е. Н. Гаврилова. Изобретения в области механизации и автоматизации сплава леса за рубежом (35 стр., 20 илл.). Обзор составлен на основе изучения и анализа 576 патентов девятнадцати стран за 1960—1964 гг. с выборочным привлечением отдельных патентов за 1958 и 1959 гг. В нем отражены патенты на различные механизмы для сортировки, учета и обмера леса, полуавтоматические устройства для увязывания пакетов, различные соединительные и пружозахватные устройства, пригодные для использования на сплаве.

В обзоре не рассмотрены патенты зарубежных стран на мелиоративно-строительные машины и механизмы, суда различного назначения, погрузочные краны и т. п., хотя это оборудование и находит применение на лесоплавных работах.

Изучение патентного фонда, в частности, показало, что за последнее десятилетие патентование узкоспециализированных высокопроизводительных машин и механизмов

для лесосплава значительно уменьшилось, что отчасти объясняется отставанием смежных работ, усиленная разработка которых находит свое отражение в патентных материалах.

Обзор заканчивается заключением, излагающим результаты анализа патентных материалов, и рекомендациями, вытекающими из изучения и оценки наиболее перспективных патентов.

Содержание названных обзоров может содействовать разработке обоснованных прогнозов развития мировой техники (имеется в виду прежде всего повышение технического уровня и структуры общественного производства). Такая разработка тем более необходима в высших учебных заведениях и научных учреждениях, так как позволяет, в частности, определить основные тенденции развития мировой техники, сопоставить уровни развития мировой и отечественной техники в целом и по отраслям, наметить рациональные пути повышения производительности труда и экономическую эффективность производства.

Названные задачи являются прямой целью и основной деятельностью научно-исследовательских секторов втузов и вузов, но без знания богатейшего патентного фонда осуществить их в полной мере невозможно. Не случайно поэтому в недавнем решении Всесоюзного совещания руководителей патентных подразделений страны отмечена безотлагательная необходимость введения и прохождения во втузах и вузах специализированного курса (50—60 час) патентоведения для вооружения молодых специалистов необходимыми специфическими знаниями.

На основе изложенного и настоятельных рекомендаций Министерств высшего и среднего специального образования СССР и РСФСР, техническим библиотекам специализированных втузов и вузов, их нисам и техническим кафедрам, в частности лесотехнического профиля, необходимо регулярно пополнять свои книжные фонды основными изданиями патентной литературы, издаваемой ЦНИИПИ. Наибольший практический интерес для студенческих, преподавательских и научных кругов этих учебных заведений представляют прежде всего «Бюллетень изобретений и товарных знаков», описания изобретений к авторским свидетельствам и патентам и каталожные карточки к ним, а также обзоры зарубежных патентов по профилям, соответствующим их отраслевым классам.

Поступила в редакцию  
25 июня 1965 г.

УДК 016 : 674.032.475

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

## ЦЕННАЯ КНИГА\*

Кавказ представляет собою единственную в СССР по богатству видового и формового состава область произрастания деревьев и кустарников.

Для ведения правильного лесного хозяйства и озеленительных работ, базирующихся на последних данных науки и техники, особенно в связи с широким курортным строительством, необходимо широкое и углубленное изучение биоэкологии отдельных видов и форм, образующих сложную ботаникотопографическую мозаику лесов Кавказа.

Среди большого разнообразия пород этой своеобразной ботанической области особый интерес представляют реликтовые виды, запасы которых весьма ограничены и которые к тому же очень слабо изучены в лесоводственном отношении. Поэтому можно приветствовать выпуск книги А. И. Колесникова.

Книга «Сосна пицундская и близкие к ней виды» написана на основании тридцатилетних научных исследований автора и критического изучения им большого количества отечественной и зарубежной литературы.

Впервые не только в отечественной, но и в мировой литературе автор дает уточненное описание ареала сосны пицундской в Крыму и на всем Черноморском побережье Кавказа от Анапы до Пицунды и несколько южнее ее, где он лично обследовал все древостой и даже отдельные мелкие группы и одиночные деревья.

Особенной полнотой отличается комплексная характеристика одного из известных памятников природы — Пицундской сосновой рощи. Автор дает исчерпывающее описание почвенно-климатических, биологических и экологических условий, характеризующих прошлое и настоящее этой рощи и сосны, в ней произрастающей. Придавая роще большое

многостороннее хозяйственно-научное значение, автор дает ряд разработанных им рекомендаций и мероприятий, направленных на ее сохранение и улучшение, а также на широкое разведение сосны пицундской путем лесокультур и озеленительных работ в производственных масштабах на Черноморском побережье и в опытных целях — за пределами побережья.

В своей книге автор много внимания уделил и «сестре» сосны пицундской — сосне эльдарской — наиболее засухо- и жароустойчивой сосне в СССР, отметив, что культуры этой сосны в Грузии и Азербайджане по сравнению с культурами сосны пицундской получили значительно больший размах и эффективность. А. И. Колесников дает также указания о соснах брутской и алапской, придавая, однако, им меньше значения, чем первым двум. Тем не менее, ядром содержания книги является сосновая роща на мысе Пицунда, для упорядочения хозяйства в которой в связи с начатым на ее территории широким курортным строительством автор дает ряд ценных советов, выполнение которых сохранит, улучшит и расширит эту изумительную по красоте и санитарно-гигиеническому значению рощу.

Книга А. И. Колесникова, несомненно, найдет вдумчивых читателей среди лесоводов, специалистов по озеленению и паркостроительству, а также среди любителей природы Кавказа — краеведов, географов, туристов и учащихся. Она написана простым, ясным, доступным языком. В ней много оригинальных фотографий, выполненных самим автором, книга хорошо оформлена.

Давая положительную оценку книге А. И. Колесникова, хочется выразить пожелание, чтобы в ближайшие годы были выпущены подобные монографические книги и по другим редким и ценным породам Кавказа.

Г. И. Адамьянц.

Инженер-лесовод.

\* А. И. Колесников. Сосна пицундская и близкие к ней виды. Гослесбуиздат, М., 1963.

УДК 06.091

## ЮБИЛЕИ

## ЭНТУЗИАСТ ЛЕСНОГО ДЕЛА

(К 70-летию проф. Б. Д. Жилкина)

Исполнилось 70 лет со дня рождения и 50 лет производственной, научно-педагогической и общественной деятельности заведующего кафедрой лесоводства Белорусского технологического института им. С. М. Кирова проф. Бориса Дмитриевича Жилкина.

лесоинспектором, заведующим лесоустроительной партии.

С 1921 г. начинается его непрерывная педагогическая и научно-исследовательская работа. Первые пять лет он работает в Лубянском лесном техникуме и Лубянском учебно-опытном лесничестве,



Борис Дмитриевич родился в семье помощника лесничего Гостынского лесничества Варшавской губернии. Работать в лесном хозяйстве он начал с 1915 г., будучи студентом Петербургского лесного института.

В июне 1917 г. он окончил Петроградский лесной институт и был направлен на работу помощником лесничего Мамадышского лесничества Казанской губернии. Затем он работал лесничим,

ве, созданных по его инициативе и при его деятельном участии.

С 1926 г. Борис Дмитриевич — доцент, декан лесного факультета Казанского сельскохозяйственного института, затем и. о. директора Казанского лесотехнического института.

С 1930 г. по 1947 г. он работает в Брянском лесохозяйственном институте. В 1931 г. его утверждают в звании профессора по лесоведению и лесоводству.

В Брянском институте Борис Дмитриевич не только заведовал кафедрой лесоводства и дендрологии, но и значительное время занимал должности декана и заместителя директора по учебной и научной работе.

В 1946 г. он был назначен заведующим кафедрой лесоводства Белорусского лесотехнического (ныне технологического) института им. С. М. Кирова, где работает до настоящего времени.

Имя Бориса Дмитриевича Жилкина широко известно в нашей стране и за ее пределами. Им написано свыше 70 научных работ по вопросам биологии и типологии леса, ухода за лесом, влияния леса на водный баланс и повышения продуктивности лесов.

Особенно большое научное и практическое значение имеют его работы по повышению продуктивности лесов культурой многолетнего люпина. За эти работы Борис Дмитриевич награжден пятью медалями ВСХВ, серебряной медалью ВДНХ и почетными грамотами республиканского и союзного Министерств высшего и среднего специального образования.

За многолетнюю и безупречную работу по подготовке специалистов лесного хозяйства и развитие науки проф. Б. Д. Жилкин награжден орденом Ленина и тремя медалями.

Многие ученики Бориса Дмитриевича успешно защитили докторские и кандидатские диссертации. Свыше 4000 лесоводов высшей и средней квалификации подготовлено в нашей стране при непосредственном участии Бориса Дмитриевича.

Широкая эрудиция, исключительные энтузиазм и работоспособность, страстность и убежденность в правоте своих научных воззрений, чуткое, внимательное отношение к сотрудникам и студентам — вот наиболее характерные отличительные черты Бориса Дмитриевича как ученого.

Его многочисленные ученики с благодарностью вспомнят о нем в эти дни и вместе с нами от всей души пожелают дорогому юбиляру доброго здоровья и новых творческих успехов в его научной, педагогической и общественной деятельности на благо нашей великой Родины.

**Коллектив кафедры  
лесоводства Белорусского  
технологического института.**

УДК 06.091

## ЮБИЛЕЙ проф. К. Ф. МИРОНА

25 июля 1965 г. исполнилось 70 лет со дня рождения и 40 лет научно-педагогической и общественной деятельности профессора Белорусского технологического института Казимира Феликсовича Мирона.

Свой трудовой путь Казимир Феликсович начал с семнадцати лет. Высшее образование он получил в 1925 г. в Московском лесном институте. Еще будучи студентом, К. Ф. Мирон проявил большой интерес к научно-исследовательской работе и под руководством проф. Н. Н. Степанова сделал первые шаги в науке.

Лесные культуры Белоруссии К. Ф. Мирон начал изучать с 1927 г., вначале работая ассистентом Центральной лесной опытной станции БССР, а затем старшим научным сотрудником Белорусского научно-исследовательского института лесного хозяйства.

Уже в 1928 г. он публикует первые статьи. В 1935 г. Казимиру Феликсовичу присуждается ученая степень кандидата сельскохозяйственных наук.

С этого же времени начинается его педагогическая деятельность в Белорусском лесотехническом (ныне технологическом) институте. Сначала он работает по совместительству в должности доцента, а с 1945 г. по настоящее время ведущим кафедрой лесных культур.

В годы Великой Отечественной войны К. Ф. Мирон находился в рядах Советской Армии.

К. Ф. Мирон внес большой вклад в дело развития науки и практики лесного

хозяйства. Им написаны и опубликованы 54 научные работы, посвященные различным вопросам искусственного лесовозобновления и лесоразведения. Он является соавтором учебника «Лесные культуры» для лесотехнических и лесохозяйственных вузов. В последние годы Казимир Феликсович успешно ведет работу по

отбору и внедрению в производство наиболее высокопродуктивных и зимостойких для условий БССР гибридных форм и сортов тополей.

Научные исследования Казимир Феликсович совмещает с большой педагогической работой, является высококвалифицированным педагогом, умело передает свои знания и накопленный опыт своим ученикам и пользуется у них заслуженным авторитетом.

За время работы в институте К. Ф. Мирон участвовал в подготовке и выпуске свыше 1500 инженеров лесного хозяйства. Он также ведет успешную подготовку молодых научных кадров.

В 1962 г. Казимир Феликсович был утвержден в ученом звании профессора.

Советское правительство высоко оценило плодотворную научно-педагогическую и общественную деятельность К. Ф. Мирона, наградив его орденом Трудового Красного Знамени и медалями. В связи с 70-летием он награжден Почетной грамотой Верховного Совета Белорусской ССР.

Мы, ученики Казимира Феликсовича, отмечая славный юбилей, желаем ему долгих лет жизни и плодотворной работы в деле развития лесной науки и подготовки научных и инженерных кадров.

**Ю. Д. Сироткин.**

*Доц.; канд. сельскохозяйственных наук.*

**Е. Д. Манцевич.**

**Н. Д. Картель.**

*Канд. сельскохозяйственных наук.*

*(Белорусский технологический институт).*



## СОДЕРЖАНИЕ

Ускорение технического прогресса в лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности — важная задача вузов . . . . .	3
Н. Е. Декатов. Интенсификация лесного хозяйства и повышение производительности лесов . . . . .	5

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Ю. И. Стахеев. Анализ работы двигателя и энергетического баланса лесопалочного агрегата . . . . .	9
Н. Н. Соколов. Таблицы объема маломерных стволов сосны . . . . .	17
Е. Е. Сыроватко. Влияние электрического поля ультравысокой частоты, нефтяного ростового вещества и гетероауксина на укоренение зеленых черенков сирени обыкновенной ( <i>Syringa vulgaris</i> L.) . . . . .	20
М. С. Некрасов. К изучению формового разнообразия ели на Среднем Урале . . . . .	22
Н. П. Чупров. Возрастная структура березовых насаждений Архангельской области . . . . .	28
О. А. Неволин. О полнодревесности северной березы . . . . .	32
Н. В. Куприянов. Особенности роста лиственницы Сукачева в Горьковском Поволжье . . . . .	35
И. А. Кульбачный. Исследование формы ствола арчи зеравшанской . . . . .	38
Н. Х. Осмола. Влияние почвенных условий на рост и таннидность скумпии . . . . .	42
И. С. Марченко. К вопросу об укрупнении участков леса при выполнении рубок ухода . . . . .	45
В. Г. Кузнецова. Ход роста и сорtimentная структура елово-пихтовых насаждений Удмуртии . . . . .	48
Е. Н. Иерусалимов. Изменение прироста в смешанном дубняке при объедании листогрызущими насекомыми . . . . .	52

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

Б. А. Ильин. Обоснование количества полос движения на лесовозных дорогах . . . . .	56
С. Н. Усов. Хранение зимнего запаса древесины на воде . . . . .	62
К. А. Чекалкин. Исследование динамики формировочного механизма поточной линии по формированию секций плотов. Сообщение 2. Динамика торможения запруженной формировочной рамки . . . . .	68
Н. И. Лебедев. К вопросу использования пролетных кранов на лесоскладских работах . . . . .	74
В. П. Решетников, Г. А. Манухин. Обоснование конструктивных форм донных железобетонных опор . . . . .	78
А. Г. Прохоренко. Исследование некоторых параметров работы канатоведущего шкива конструкции Б. И. Добромьслова . . . . .	82
А. В. Нехорошев, А. Д. Грязин. Исследование физико-технических свойств глиана как материала для дорожных плит . . . . .	88

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

И. И. Трубников. Усталостное разрушение полотен ленточных пил . . . . .	91
<b>П. Н. Хухрянский</b> , Л. Ф. Янин, Е. И. Кушчев. Исследование температурного режима антифрикционного слоя из прессованной древесины в подшипниках скольжения . . . . .	94
Е. Е. Бурсин. Влияние концентрации производства на использование основных фондов и уровень производительности труда в фанерной промышленности . . . . .	106
В. И. Никанов. Выход из осинового пиловочника необрезных пиломатериалов и их пороки . . . . .	111
А. П. Берсенев. К вопросу о стабильности физико-механических свойств и размеров плит из древесных частиц . . . . .	115
И. Г. Корчаго. Геометрия номинальной стружки при фрезеровании . . . . .	120

## ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

А. К. Славянский. Некоторые вопросы теории пиролиза древесины . . . . .	127
В. М. Никитин, Я. В. Никитин. О реакции между сульфокислотами и спиртами . . . . .	132
Г. И. Горохов, Г. В. Абагян, П. Ю. Бутягин. Некоторые закономерности образования свободных радикалов при вибрационном измельчении целлюлозы . . . . .	135
Г. Ф. Потуткин, Г. Л. Дранишников. Исследование химических процессов при прессовании древесно-стружечных плит. Сообщение 2. Влияние отвердителя на химические изменения компонентов древесины . . . . .	140
А. И. Киприанов, Э. И. Фолиадова, Г. П. Сойтонен. Некоторые физические свойства древесно-смоляных масел. Сообщение 2 . . . . .	145
Б. С. Филиппов. К вопросу о комплексном использовании стволового осмолы . . . . .	148

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

А. Н. Яблоков. О расчете максимальных выходов пиломатериалов с применением электронных вычислительных машин . . . . .	152
Б. А. Лебедев. Сравнительная оценка устройств для обмера и учета круглого леса . . . . .	160

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

В. Д. Решина. Опыт применения гиббереллина для стимуляции роста саженцев кедра сибирского . . . . .	165
Н. Н. Сурodeйкин. Давление насыщенного пара как функция температуры в диапазоне от 0 до 100°С . . . . .	167
Э. А. Павлов. Развитие изобретательства и патентная информация в СССР . . . . .	168

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Г. И. Адамян. Ценная книга . . . . .	172
--------------------------------------	-----

## ЮБИЛЕИ

Энтузиаст лесного дела (к 70-летию проф. Б. Д. Жилкина) . . . . .	173
Ю. Д. Сироткин, Е. Д. Манцевич, Н. А. Картоль, Юбилей проф. К. Ф. Мирона . . . . .	175

## ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ.

«Лесной журнал» № 6.

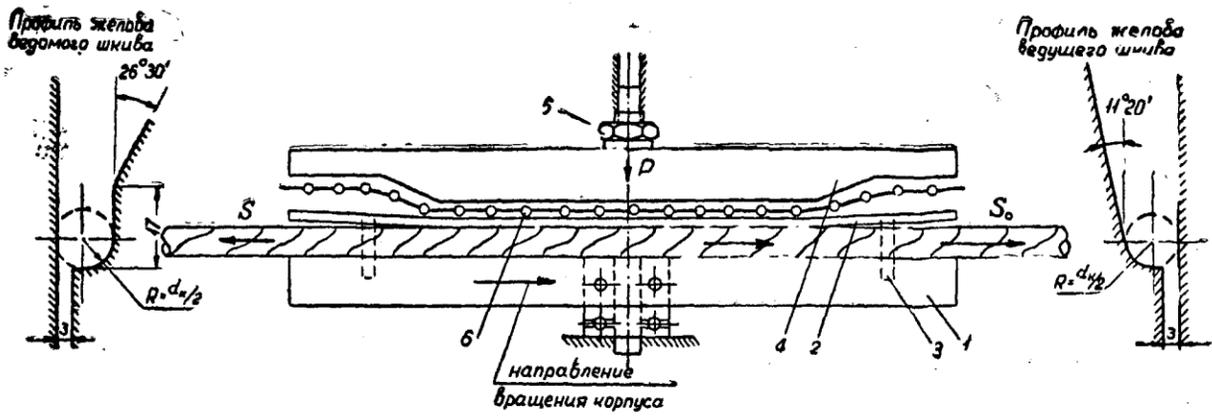


Рис. 1. Принципиальная схема шкива.

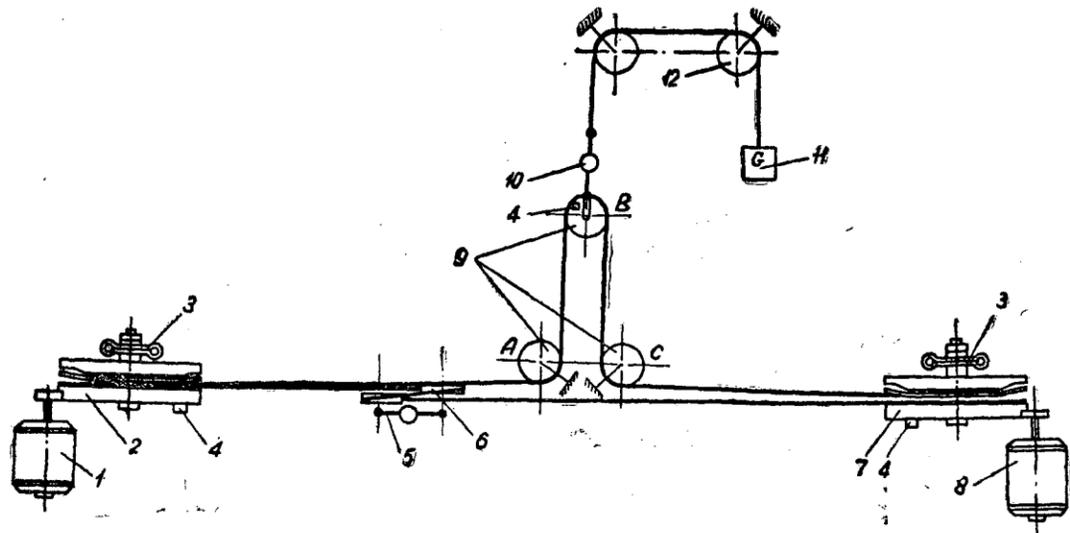


Рис. 3. Схема для исследования работы шкива Б. И. Добрымыслова.

1 — двигатель ГАЗ-51; 2 — ведущий шкив; 3 — силовое звено; 4 — отметчик пути; 5 — силовое звено; 6 — динамометрическая каретка; 7 — ведомый шкив; 8 — генератор постоянного тока; 9 и 12 — направляющие блоки; 10 — силовое звено; 11 — натяжной груз.

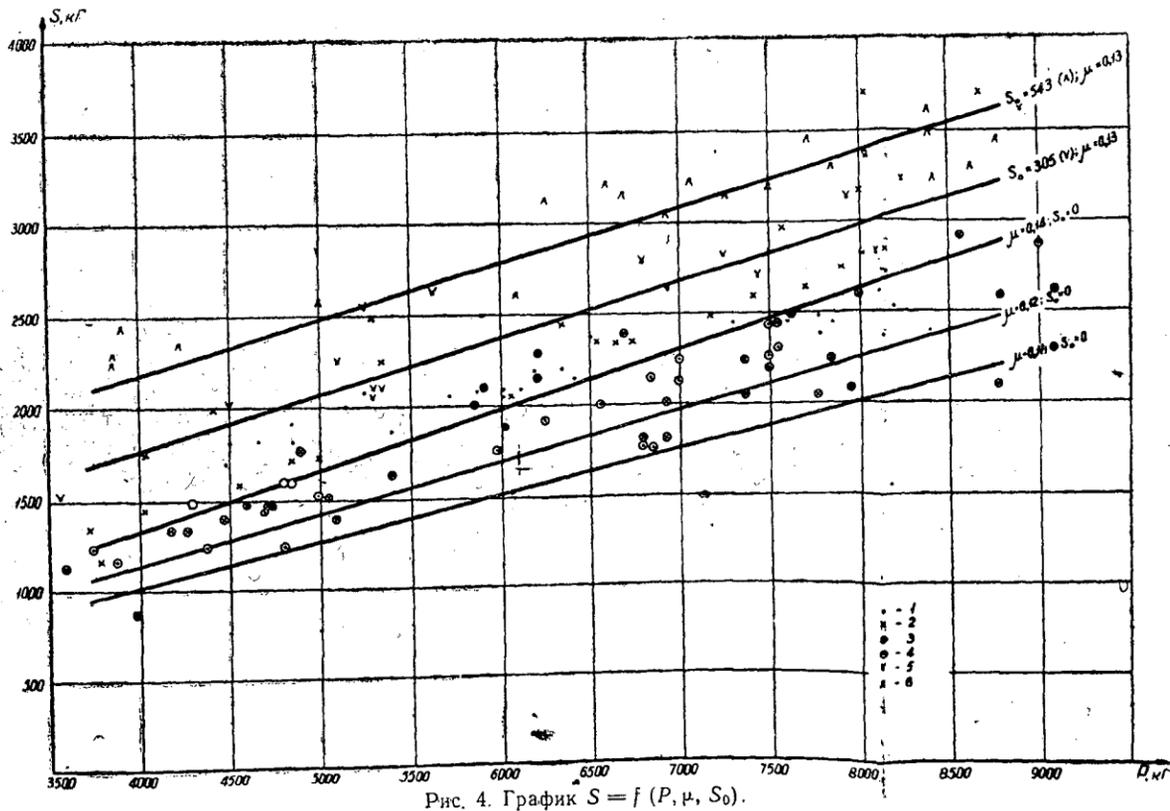


Рис. 4. График  $S = f(P, \mu, S_0)$ .

1 — канат не смазан; 2 — канат смазан смесью  $\frac{1}{4}$  солянки +  $\frac{3}{4}$  отработанного машинного масла; 3 — канат смазан авт.мол.; 4 — смазка очищена бензином, канат не высушен; 5 — то же, груз 620 кг; 6 — то же, груз 1100 кг.

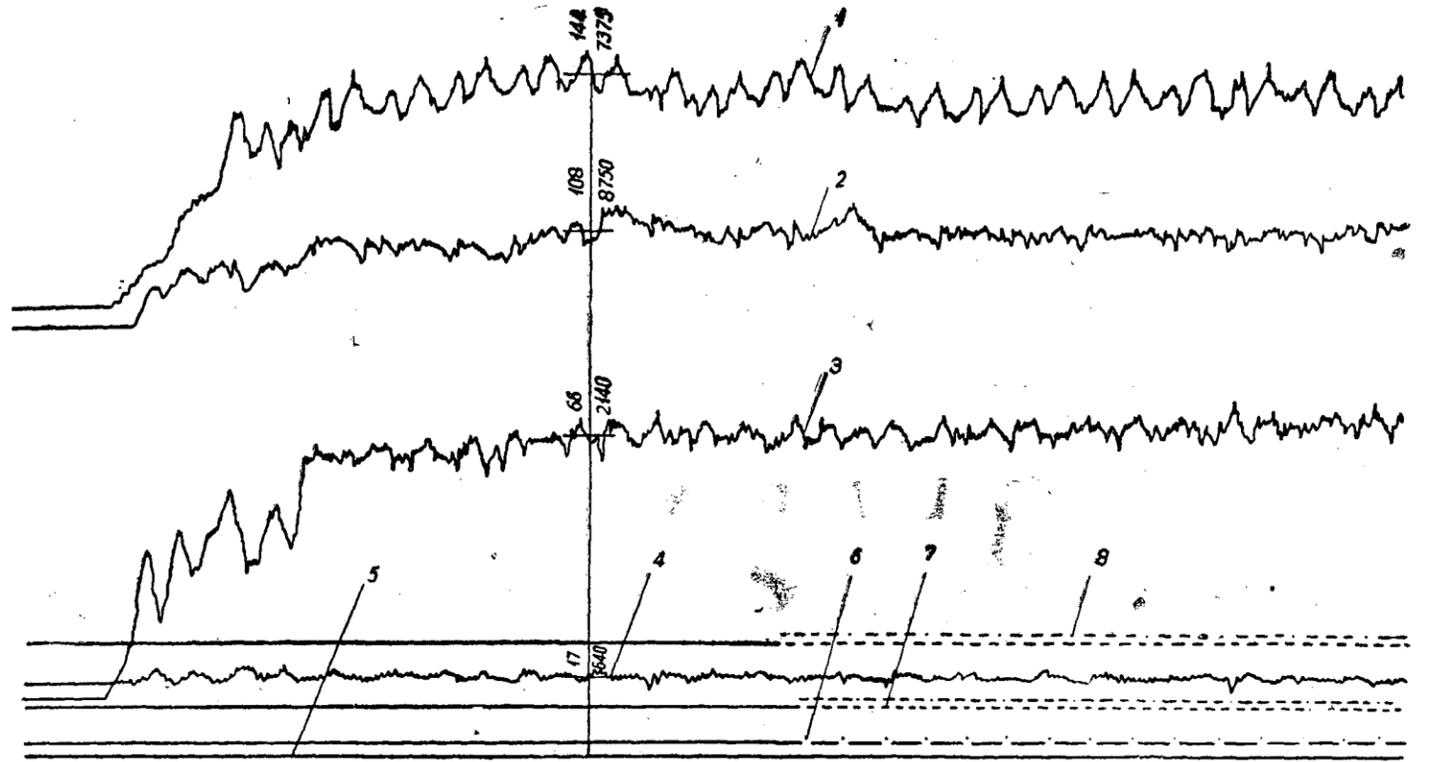


Рис. 5. Осциллограмма усилий при трогании и установившемся движении каната шкива Б. И. Добрымыслова.

1 — усилие сжатия каната на ведущем шкиве; 2 — то же на ведомом шкиве; 3 — усилие в набегающей ветви; 4 — усилие в сбегающей ветви; 5 — нулевая линия; 6 — отметчик натяжного блока; 7 — отметчик ведущего шкива; 8 — отметчик ведомого шкива.

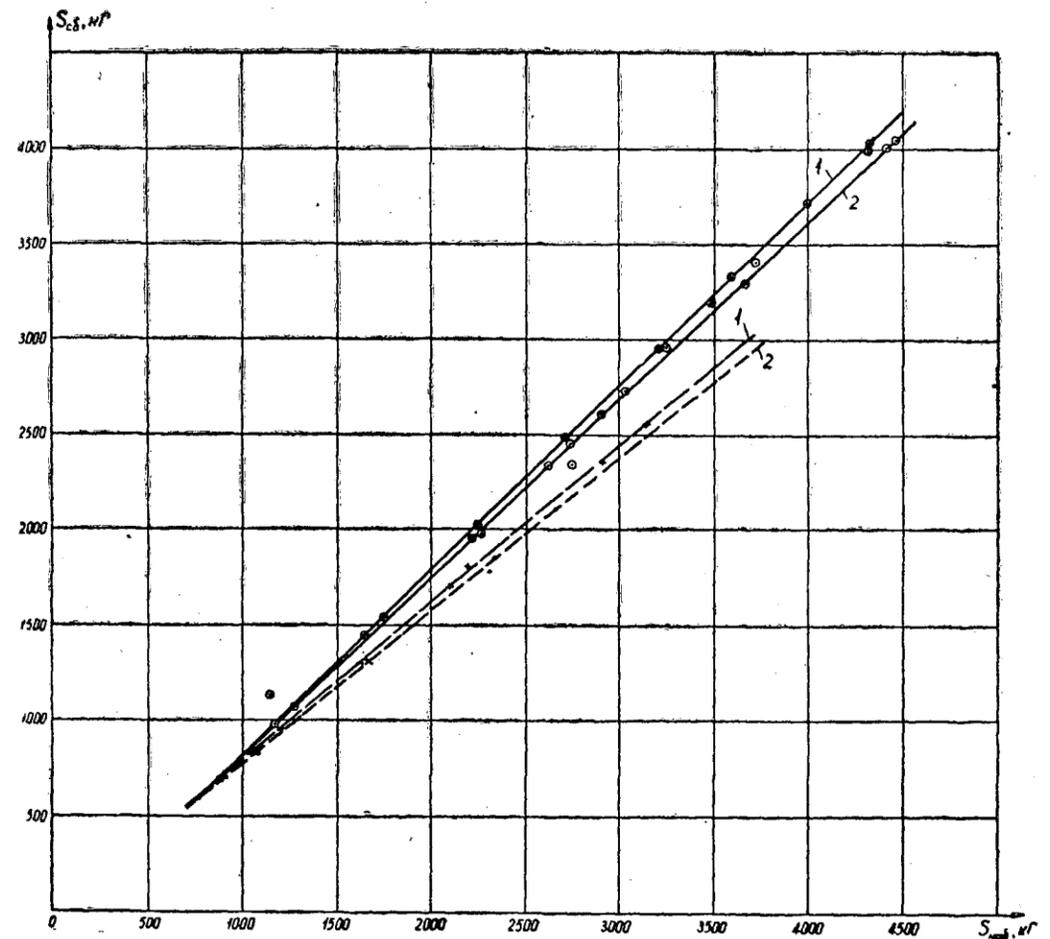
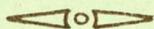


Рис. 6. График  $S_{об} = f(S_{вед}, d)$  для канатоведущего шкива конструкции Б. И. Добрымыслова (сплошная линия) и канатного привода КП-2Р (пунктир).

1 — диаметр 12,5 мм; 2 — диаметр 1,5 мм.

МИНИСТЕРСТВО  
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ  
ЖУРНАЛ



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

**Подписывайтесь  
на журнал на 1966 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»  
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР**

Р а з д е л

**„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, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964 и 1965 гг. высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».