МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ВТОРОЙ

4

1959

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

Выходит 6 раз в год.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная имени Сталина, 17. Лесотехнический институт, тел. 3-63-27.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЛЕСНОГО СЕМЕНОВОДСТВА

В. В. ОГИЕВСКИЙ

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

В наше время, когда объем лесокультурных работ непрерывно растет, когда поставлен вопрос о повышении производительности лесов, лесоводы должны обеспечить лесное хозяйство семенами основных лесообразующих пород, имеющими хорошую наследственную основу и дающими возможность вырастить высокопроизводительные древостои лучшего качества.

До настоящего времени заготовка семян и использование их в лесном хозяйстве практически производятся без учета типа леса, состояния и возраста насаждения (по усмотрению рабочих, проводящих заготовку). Географическому происхождению семян также не уделяется необходимого внимания. В документации культур, созданных посадкой, указывается не происхождение семян, из которых выращены сеянцы, а питомник, откуда они получены.

При постановке вопроса о развитии лесного семеноводства первоначально были выдвинуты предложения о закладке лесосеменных участков.

Первой, раньше всего возникшей и наиболее распространенной формой закладки семенных участков являлось применение равномерного изреживания (преимущественно естественных молодняков), проводимого в несколько приемов. В конечном результате на одном гектаре должно оставаться около 200 семенных деревьев, обособленных друг от друга, с хорошо развитыми, низко опущенными кронами. Инициатором закладки первого такого участка в Сиверском лесхозе Ленинградской области (еще до Отечественной войны) был В. Г. Каппер.

Второй формой явилось такое размещение деревьев, при котором и в возрасте зрелости кроны никогда не смыкаются и нижние ветви не отмирают. Число деревьев на 1 *га* в зависимости от породы может изменяться. Инициаторами применения этого варианта являются А. М. Словцов и А. В. Альбенский.

В третьем варианте формируются «опушки» из деревьев, сохранивших нижние ветви. В естественных молодняках или культурах, вступающих в возраст плодоношения, для этого прорубаются коридоры с оставлением между ними кулис одинаковой с коридорами ширины (ориентировочно 3 *м*); во второй прием вырубаются четные кулисы. Эта форма, предложенная мною [2], в большей степени обеспечивает возможность использования механизмов при заготовке лесосеменного сырья и должна обеспечивать получение большего урожая с единицы площади.

Наконец, в четвертом случае семена должны собираться с комплексных крон (опушек) биогрупп (густая культура местами, гнездовые культуры, биогруппы в естественных молодняках). Это важно для лиственниц.

При использовании естественных молодняков или культур, вступивших в возраст плодоношения или близких к нему, возможность селекционного отбора невелика. При проведении новых специализированных посадок отодвигается время вступления участка в эксплуатацию.

В последнее время возник вопрос о закладке лесосеменных плантаций, отличающихся от лесосеменных участков тем, что здесь имеют место специализированные культуры (посадка) с последующим применением прививки. Первоначально отбираются «элитные» деревья (плюсдеревья). С них могут заготовляться семена для выращивания подвоев и, главное, черенки для прививки (привои). Применяются прививки: а) стадийно зрелыми черенками, взятыми с элитных деревьев на подвои, выращенные из семян с тех же деревьев; б) стадийно зрелыми черенками с элитных деревьев на «неэлитные» подвои и в) стадийно молодыми элитными черенками на стадийно старые подвои. Селекционные возможности здесь гораздо шире, а сроки начала плодоношения сокращаются. В настоящее время, следуя зарубежным веяниям, в этом направлении ведут работу наши научные учреждения и некоторые лесхозы.

При отборе семенных насаждений и при закладке лесосеменных участков следует отдавать предпочтение высокопроизводительным насаждениям и особям, характеризующимся высокими таксационными показателями; при закладке семенных плантаций ориентируются на выбор элитных деревьев, обладающих всеми положительными качествами и лишенных каких-либо пороков. Но при этом также следует учитывать условия местопроизрастания и другие факторы среды.

Одним из примеров, подтверждающих высокую значимость условий среды, является превращение «сосны по болоту» после осушения Суланды (Лисинский лесхоз) в высокобонитетные насаждения.

В литературе имеют место высказывания о том, что следует избегать заготовки семян с суковатых деревьев, так как суковатость может передаваться по наследству. Как уже отмечалось, в настоящее время при закладке лесосеменных участков и плантаций признается необходимым отбирать или выращивать маточные деревья с хорошо развитыми низко опущенными кронами, то есть суковатые и сбежистые. Вполне уместным является вопрос, можно ли здесь опасаться передачи по наследству этих нежелательных свойств. Наличие суковатости и низко опущенных крон в одном поколении обычно наблюдается при редком стоянии деревьев. При выращивании густых древостоев из семян, собранных с таких сбежистых и суковатых деревьев, вследствие приспособляемости организма к обычным условиям роста в лесу, образуются полнодревесные стволы, нормально очищающиеся от сучьев.

На моих глазах происходило зарастание большой вырубки в квартале 42 (старая нумерация) Долгого бора Собичского лесничества. Первоначально вырубка заселилась одиночными соснами с раскидистыми кронами, спускавшимися до земли. В дальнейшем эти деревья обсеменили свободные пространства между ними; образовалось сомкнутое насаждение, и у второго поколения стволы были уже стройные, хорошо очищенные от сучьев.

Однако в некоторых случаях приходится наблюдать плохое очищение от сучьев даже при большой густоте древостоя. Зависит ли это от каких-либо взаимосвязей между средой и организмом или от наследственных свойств — трудно сказать.

Далеко не всегда можно считать, что подверженность грибным за-

болеваниям, энтомологическим повреждениям является свойством, которое должно передаваться по наследству. Во многих случаях слабая сопротивляемость насаждений и отдельных деревьев может быть связана с изменениями условий среды, случайными для них, например, вызываемыми пожарами, подтоплением и т. п. явлениями.

Общим является стремление использовать при заготовке существующие деревья или вырастить новые, обеспечивающие получение максимального урожая. Однако, когда задачей является выращивание не семян, а древесины, способность обильно плодоносить становится уже отрицательным показателем, так как ведет к непродуктивному расходованию деревом накопляемых веществ.

Обычны высказывания, что наиболее полноценными в качестве маточных являются деревья среднего возраста. Между тем многолетняя практика показала, что опасения могут иметь место лишь в тех случаях, когда заготовка семян проводится в перестойных, дряхлых древостоях. Это подтверждают работы С. А. Самофала [3] и др.

Затронем попутно вопрос о формах, связанных с географическим происхождением семян (климатипы) и с условиями местопроизрастания (эдафотипы), существования которых я не отрицаю. Однако многие породы обладают весьма большой приспособляемостью к разнородным климатическим условиям. Примерами могут служить лиственница сибирская, бархат амурский, клен ясенелистный и др.

Интересная закономерность была выявлена Г. П. Санниковым [4]. Он убедился в том, что первоначально пониженная интенсивность роста отдаленных географических форм сосны с возрастом нарастает и тем в большей степени, чем больше было раньше отставание. Только географические крайности — сосна из Заволжья и северной половины таежной зоны — давали в Сумской области отрицательный результат.

Выявленная закономерность показывает, что даже такой старый вид, как сосна, обладает большой пластичностью, способностью приспособляться к различным климатическим и, надо полагать, эдафическим условиям, причем такой процесс является затяжным. При изучении этого вопроса закономерности, выявленные для одной породы, нельзя слепо переносить на другие, а изучение нельзя ограничивать первыми годами жизни деревьев. Опыты должны быть длительными и закладываться на сравнительно больших площадях (отдельные варианты и повторности 1—0,5 *га*) в местах, обеспечивающих сохранность культур на многие десятилетия.

Остановимся, наконец, на вопросах, связанных с закладкой лесосеменных плантаций. В этом случае ставится несколько задач. Первой является снижение возраста плодоношения методами, аналогичными применяемым в плодоводстве (путем прививки стадийно зрелых привоев). Второй задачей является разведение высокопродуктивных форм (сортов). При этом особое значение придается весьма строгому отбору элитных деревьев и использованию их как маточных для прививок в качестве привоев и для выращивания сеянцев, используемых в качестве подвоев. Нам кажется, что в последнем случае отчасти механически заимствуются приемы семеноводства из сельского хозяйства, отчасти принимаются в основу положения формальной генетики. Для того чтобы выведенные формы древесных пород сохраняли свои положительные свойства, необходимо, чтобы условия среды на протяжении длительной жизни дерева благоприятствовали этому, иначе выведенные формы могут терять свои положительные качества, вырождаться. Теми возможностями управлять условиями среды, которые имеются в сельском хозяйстве, лесное хозяйство не располагает. Нет никаких

оснований полагать, что потомство элитных деревьев будет сохранять свои положительные свойства в любых лесорастительных условиях. Надо учитывать и то, что потомство их не будет «чистопородным». В лесных насаждениях имеются формы, «которые объединяют индивидуумы по отдельным биологическим признакам», и формы, имеющие «эдафический или фитоценотический ареалы» [5]; имеет место перекрестное опыление. Это облегчает возможность перерождения выведенных форм. Если добиваться получения «чистосортных семян», выращивая несколько поколений на плантациях путем прививок, то прежде всего исчезают показатели для проведения отбора; возникают также опасения, что признаки низкорослости и суковатости, сохраняемые на плантациях в нескольких поколениях, могут закрепиться и приобрести наследственный характер.

Т. Д. Лысенко [1] в своей работе «О наследственности и ее изменчивости» говорит: «Между тем известно, что хорошие сорта растений, а также хорошие породы животных в практике создавались и создаются только при условии хорошей агротехники, хорошей зоотехники. При плохой агротехнике не только из плохих сортов никогда нельзя получить хорошие, но во многих случаях даже хорошие культурные сорта через несколько поколений делаются плохими». Эти положения мы считаем правильными. Однако механически переносить их в лесное семеноводство недопустимо. Нельзя ставить знак равенства между естественными лесорастительными условиями и создаваемыми агротехникой, между семенами внутривидовых форм лесных пород, из которых при лесном семеноводстве отбираются элитные деревья, и элитными семенами сортов сельскохозяйственных культур.

При выращивании семян на лесосеменных плантациях основной задачей является обеспечение семенами производственных работ, при этом стремятся не к выведению чистых сортов, а к получению наиболее производительного потомства.

Исходя из изложенного, можно сказать следующее: лесосеменные участки предпочтительно закладывать в наиболее распространенных хозяйственно ценных типах леса и использовать молодняки, вступающие в возраст плодоношения, в которых имеется достаточное количество деревьев с хорошо развитыми низко опущенными кронами.

При изреживании следует учитывать характер насаждения; при создании специализированных лесосеменных участков и плантаций возможны селекционный отбор и получение гибридных семян, обеспечивающих возможность создания высокопродуктивных насаждений.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Т. Д. Лысенко. О наследственности и ее изменчивости. Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1949. [2]. В. В. Огиевский. Организация лесосеменных участков в борах. «Лесное хозяйство» № 10, 1952. [3]. С. А. Самофал. Естественное возобновление и культуры в борах Украины. «Труды по лесному опытному делу Украины», вып. 2, 1929. [4]. Г. П. Санников. Современное значение географических культур В. Д. Огиевского. «Известия высших учебных заведений», «Лесной журнал» № 2, 1958. [5]. В. Н. Сукачев. Дендрология с основами геоботаники. ГЛТИ, Л., 1938.

Поступила в редакцию
20 декабря 1958 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

К ВОПРОСУ БОНИТИРОВАНИЯ НАСАЖДЕНИЙ

К. Е. НИКИТИН

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Украинская академия сельскохозяйственных наук)

В 1911 г. нашей отечественной лесоустроительной практикой, по предложению проф. М. М. Орлова, была принята единая шкала распределения насаждений по классам бонитета, в основу которой легли результаты исследования хода роста нормальных сосновых насаждений.

В последующем установленные для сосновых насаждений критерии были приняты и для бонитирования насаждений всех других лесообразующих древесных пород семенного происхождения.

Принятие единой и общей для всех семенных насаждений бонитировочной шкалы позволило лесоводам значительно упростить классификацию их по продуктивности и улучшить постановку таксации лесных массивов. Но, вместе с тем, принцип единых нормативов изменения высот высокоствольных насаждений имеет и весьма существенный недостаток, заключающийся прежде всего в том, что эта общая шкала не отражает во всех случаях действительных особенностей хода роста в высоту лесообразующих древесных пород, на что указывал и сам автор [5].

Проф. Третьяков [12], отмечая недостатки единой бонитировочной шкалы и ссылаясь при этом на результаты исследований ряда зарубежных и отечественных авторов [15], [14] и др., пишет: «...даже для нормальных насаждений существует несколько типов развития, не охватываемых не только рамками одного и того же класса бонитета, но иногда даже и двух смежных общепринятых классов бонитета».

Недочеты единой бонитировочной таблицы дают себя чувствовать в нашей современной лесоустроительной и лесохозяйственной практике.

Многие лесоводы неоднократно отмечали, что при применении этой шкалы приходится наблюдать такие явления, как «падение» или «повышение» класса бонитета.

Накопившиеся в лесоводственной литературе значительные материалы по результатам таксационных исследований насаждений показывают, что характер их роста в высоту при прочих равных условиях зависит и от породы и от условий местопроизрастания в значительно большей степени, чем это установлено границами общебонитировочной таблицы.

Так, в пределах ареала теневыносливые древесные породы (ель, пихта и др.) растут в высоту в молодом возрасте, как правило, медленнее, чем породы светолюбивые (лиственница, сосна и др.).

В табл. 1, в сравнении с всеобщей бонитировочной шкалой приведены высоты еловых насаждений (по материалам Варгаса де Бедемара для Ленинградской области) и лиственничных насаждений (по материалам автора для Украины).

Таблица 1

Возраст насаждений, лет	Высота насаждений I бонитета в *м*		
	по общебонитировочной шкале	еловых (по Варгасу)	лиственничных (по материалам автора)
20	9—8	6,4	10,5
30	13—12	9,8	15,1
40	17—15	13,4	18,8
50	20—18	16,8	19,5
60	23—20	19,5	23,8
80	27—24	23,8	26,8
100	30—27	27,4	28,6

Из таблицы видно, что разница в высоте еловых и лиственничных насаждений в возрасте 100 лет относительно небольшая — всего 1,2 *м*. Оба вида в этом возрасте по всеобщей шкале относятся к I классу бонитета. Разница в высотах у насаждений до 100 лет уже более существенна. При этом до 60 лет включительно еловые насаждения относятся к более низкому, а лиственничные к более высокому классу бонитета в сравнении с тем, который эти насаждения имеют в столетнем возрасте.

Таким образом, единая бонитировочная шкала не отражает с достаточной для хозяйственных целей точностью действительных соотношений между возрастами и высотами в насаждениях всех древесных пород, произрастающих в различных лесорастительных зонах СССР.

Идея бонитировки всех высокоствольных насаждений по единым критериям противоречит основам мичуринской науки, поскольку она не полностью учитывает биологические особенности древесных пород и условия среды, в которых последние произрастают.

Наблюдения показывают, что средние высоты насаждений в зависимости от условий среды и биологии древесной породы колеблются, особенно в молодом возрасте, в значительно больших границах, чем это предусмотрено в общебонитировочной таблице.

Этот факт был отмечен еще Ф. Флюри [15] при исследовании роста ели в Швейцарии, который установил, что эта порода как в горных, так и в равнинных условиях достигает к возрасту 100 лет примерно одинаковой высоты. Однако в молодом возрасте она растет по-разному: в горах значительно медленнее, чем в равнинных условиях.

То же явление отмечал и А. Гуттенберг [14] при исследовании хода роста ели в Южном Тироле и Нижней Австрии.

Таблица 2

Возраст насаждений, лет	Высота насаждений в *м*		
	Линдуловская роща	ЛОД ТСХА	УССР
20	4,3	8,4	10,5
30	9,6	14,6	15,1
40	16,0	19,9	19,0
50	20,6	23,2	22,2
60	24,2	25,1	24,9

На несоответствие общебонитировочной шкалы в пределах породы по отдельным лесорастительным зонам указывали и многие наши отечественные ученые — П. П. Поляков [6], Г. А. Смагин [7], С. М. Соколов [8] и др. В качестве примера существенного различия в росте одной и той же породы, произрастающей в различных зонах, можно сослаться на результаты исследований хода роста лиственницы сибирской, выполненные проф. Д. И. Товстолесом [10] в Линдуловской роще под Ленинградом, проф. В. П. Тимофеевым [9] в Лесной опытной даче Тимирязевской сельскохозяйственной академии и нами [4] на Украине (см. табл. 2).

Как видно из приведенных цифр, анализируемые насаждения в возрасте 60 лет имеют примерно одинаковую высоту и относятся по общебонитировочной шкале к одному — Iа классу бонитета.

Однако в более молодом возрасте этого совпадения в высотах не наблюдается, и чем моложе насаждения, тем разница больше.

Примеров этих можно было бы привести значительно больше. Однако и этого достаточно, чтобы подтвердить правильность идеи, высказанной лесоводами более пятидесяти лет назад о том, что ограничиваться одной бонитировочной шкалой, независимо от породы и географической зоны ее произрастания, нельзя, поскольку она не отражает хода изменения высоты с возрастом.

Проф. М. М. Орлов [5], указывая на необходимость принятия единой бонитировочной таблицы, отмечал в то же время, что в ней «....несомненно имеется ряд частных несовершенств, неизбежных на первое время вследствие еще сравнительно малой изученности хода роста насаждений...».

За истекшее пятидесятилетие в нашей стране накопились очень богатые материалы по изучению роста естественных насаждений и культур, произрастающих в различных зонах СССР. Это дает основание ставить вопрос о необходимости расширения границ существующей бонитировочной таблицы за счет введения двух дополнительных шкал.

Положение это высказывалось и ранее.

Более двадцати пяти лет тому назад проф. Н. В. Третьяков [12] писал, что накопленный материал позволяет наметить некоторые типы развития нормальных насаждений: а) обычный тип, характеризующийся определенным изменением интенсивности роста в процессе развития насаждений; б) тип развития с падающей интенсивностью роста по мере увеличения возраста насаждения; в) тип развития с возрастающей интенсивностью роста при тех же условиях. Вместе с тем и проф. М. М. Орлов [5] отмечал, что «Последующее накопление материала даст возможность вносить в эти таблицы исправления и, таким образом, постепенно создать непоколебимо прочные основы для однообразной классификации всех насаждений...»

Проф. И. М. Науменко [3] приходит к выводу, что «...назрела необходимость внесения поправок и дополнений в общебонитировочную шкалу проф. М. М. Орлова...»

Однако практического разрешения эта проблема до сих пор не получила.

В настоящее время, когда в социалистическом лесном хозяйстве проводятся огромные по масштабам лесокультурные, лесохозяйственные и другие работы, вопрос об основах таксационной классификации насаждений приобретает исключительную значимость. Без разрешения этой проблемы невозможно правильно решить такие чрезвычайно важные вопросы, как изучение хода роста различных насаждений, установление размера промежуточного пользования лесом, обоснование возрастов технической спелости леса и др.

Распределение насаждений по классам бонитета
А. Насаждения с относительно быстрым

Возраст, лет	Высоты семенных насаждений			
	Iв	Iа	I	II
10	9,8— 8,4	8,3— 7,1	7,0— 5,7	5,6— 4,4
15	12,7—11,1	11,0— 9,6	9,5— 8,0	7,9— 6,4
20	15,3—13,6	13,5—11,8	11,7—10,0	9,9— 8,2
25	18,0—16,0	15,9—14,0	13,9—11,9	11,8— 9,9
30	20,3—18,2	18,1—15,9	15,8—13,7	13,6—11,5
35	22,4—20,1	20,0—17,7	17,6—15,3	15,2—12,9
40	24,4—21,8	21,7—19,3	19,2—16,8	16,7—14,2
45	26,2—23,5	23,4—20,8	20,7—18,1	18,0—15,4
50	27,8—25,0	24,9—22,1	22,0—19,3	19,2—16,5
55	29,3—26,3	26,2—23,4	23,3—20,4	20,3—17,4
60	30,7—27,6	27,5—24,5	24,4—21,3	21,2—18,2
65	31,9—28,7	28,6—25,5	25,4—22,2	22,1—19,0
70	33,0—29,7	29,6—26,4	26,3—23,0	22,9—19,7
75	34,1—30,7	30,6—27,3	27,2—23,8	23,7—20,4
80	35,0—31,6	31,5—28,1	28,0—24,5	24,4—21,0
85	35,9—32,4	32,3—28,8	28,7—25,1	25,0—21,5
90	36,7—33,1	33,0—29,4	29,3—25,7	25,6—22,0
95	37,5—33,8	33,7—30,0	29,9—26,2	26,1—22,5
100	38,3—34,5	34,4—30,7	30,6—26,8	26,7—23,0

Распределение насаждений по классам бонитета
Б. Насаждения с относительно медленным

Возраст, лет	Высоты семенных насаждений			
	Iв	Iа	I	II
10	4,1— 3,5	3,4— 2,9	2,8— 2,2	2,1— 1,6
15	7,0— 6,0	5,9— 5,0	4,9— 4,0	3,9— 3,1
20	9,8— 8,5	8,4— 7,1	7,0— 5,8	5,7— 4,5
25	12,4—10,8	10,7— 9,2	9,1— 7,6	7,5— 6,0
30	14,9—13,1	13,0—11,2	11,1— 9,3	9,2— 7,4
35	17,3—15,2	15,1—13,1	13,0—11,0	10,9— 8,8
40	19,7—17,3	17,2—15,0	14,9—12,6	12,5—10,2
45	21,9—19,3	19,2—16,8	16,7—14,2	14,1—11,6
50	24,0—21,3	21,2—18,5	18,4—15,7	15,6—12,9
55	26,0—23,1	23,0—20,1	20,0—17,2	17,1—14,2
60	27,9—24,8	24,7—21,7	21,6—18,6	18,5—15,5
65	29,6—26,4	26,3—23,1	23,0—19,9	19,8—16,7
70	31,3—27,9	27,8—24,5	24,4—21,2	21,1—17,8
75	32,7—29,3	29,2—25,8	25,7—22,3	22,2—18,9
80	34,2—30,6	30,5—27,0	26,9—23,4	23,3—19,9
85	35,3—31,7	31,6—28,0	27,9—24,4	24,3—20,8
90	36,5—32,8	32,7—29,0	28,9—25,3	25,2—21,7
95	37,5—33,7	33,6—30,0	29,9—26,1	26,0—22,4
100	38,3—34,5	34,4—30,7	30,6—26,8	26,7—23,0

Таблица 3

на основании возраста и высоты ростом в молодом возрасте

классам бонитета в *м*

III	IV	V	Va
4,3— 3,0 6,3— 4,8	2,9—1,7 4,7—3,3	1,6— 0,3 3,2— 1,7	0,2— — 1,6—0,1
8,1— 6,4 9,8— 8,0	6,3—4,7 7,9—6,0	4,6— 2,9 5,9— 4,0	2,8—1,1 3,9—2,0
11,4— 9,4 12,8—10,6	9,3—7,2 10,5—8,3	7,1— 5,0 8,2— 5,8	4,9—2,8 5,7—3,5
14,1—11,7 15,3—12,7	11,6—9,2 12,6—10,0	9,1— 6,6 9,9— 7,3	6,5—4,1 7,2—4,6
16,4—13,6 17,3—14,4	13,5—10,7 14,3—11,4	10,6— 7,9 11,3— 8,4	7,8—5,0 8,3—5,4
18,1—15,1 18,9—15,8	15,0—12,0 15,7—12,5	11,9— 8,9 12,4— 9,3	8,8—5,8 9,2—6,1
19,6—16,4 20,3—16,9	16,3—13,0 16,8—13,5	12,9— 9,7 13,4—10,0	9,6—6,4 9,9—6,6
20,9—17,4 21,4—17,9	17,3—13,9 17,8—14,3	13,8—10,3 14,2—10,6	10,2—6,8 10,5—7,1
21,9—18,3 22,4—18,7	18,2—14,6 18,6—15,0	14,5—10,9 14,9—11,2	10,8—7,3 11,1—7,5
22,9—19,2	19,1—15,4	15,3—11,5	11,4—7,8

Таблица 4

на основании возраста и высоты ростом в молодом возрасте

по классам бонитета в *м*

III	IV	V	Va
1,5— 1,0 3,0— 2,1	0,9— 0,4 2,0— 1,1	0,3— — 1,0— 0,1	— — —
4,4— 3,2 5,9— 4,4	3,1— 1,9 4,3— 2,7	1,8— 0,6 2,6— 1,1	0,5— — 1,0— —
7,3— 5,5 8,7— 6,6	5,4— 3,6 6,5— 4,5	3,5— 1,7 4,4— 2,4	1,6— — 2,3—0,3
10,1— 7,8 11,5— 9,0	7,7— 5,5 8,9— 6,4	5,4— 3,1 6,3— 3,8	3,0—0,7 3,7—1,3
12,8—10,2 14,1—11,3	10,1— 7,4 11,2— 8,3	7,3— 4,6 8,2— 5,4	4,5—1,8 5,3—2,4
15,4—12,4 16,6—13,4	12,3— 9,3 13,3—10,2	9,2— 6,2 10,1— 6,9	6,1—3,1 6,8—3,7
17,7—14,4 18,8—15,4	14,3—11,1 15,3—11,9	11,0— 7,7 11,8— 8,5	7,6—4,4 8,4—5,0
19,8—16,3 20,7—17,1	16,2—12,7 17,0—13,5	12,6— 9,2 13,4— 9,8	9,1—5,6 9,7—6,2
21,6—17,9 22,3—18,6	17,8—14,2 18,5—14,8	14,1—10,5 14,7—11,0	10,4—6,8 10,9—7,3
22,9—19,2	19,1—15,4	15,3—11,5	11,4—7,8

Вместе с тем, существующая единая бонитировочная таблица, как это было отмечено выше, не обеспечивает необходимой точности при классификации насаждений по классам бонитета.

Погрешности, которые имеют место здесь, достигают значительных размеров, и не считаться с ними лесохозяйственное производство уже не может. Основная идея проф. Орлова о создании единого принципа таксационной классификации насаждений по классам бонитета на основании их возраста и высоты является совершенно правильной. Нет оснований возражать и против того, чтобы принять для всех высокоствольных насаждений (при распределении их по классам бонитета) те единые придержки по высоте в возрасте 100 лет, которые были предложены проф. Орловым.

Наше предложение сводится лишь к тому, чтобы расширить общебонитировочную шкалу двумя дополнительными шкалами для возраста до 100 лет. В этом случае бонитировочная таблица будет состоять из трех шкал, причем первая шкала будет служить основанием при бонитировании тех насаждений, которые в молодом возрасте отличаются относительно быстрым ростом, вторая — для насаждений с умеренным ростом и третья для насаждений с замедленным в молодости ростом. Такая дифференцированная бонитетная шкала, как нам представляется, будет лучше отражать характер изменений высот с возрастом, чем единая бонитировочная таблица, поскольку в ней найдут некоторое отражение и биология древесной породы, и зона произрастания.

Несомненно, что введение двух дополнительных шкал несколько усложнит работу по бонитированию насаждений, так как при этом появится необходимость предварительного выбора шкалы. Однако это не настолько сложно, чтобы могло служить препятствием в практическом использовании дифференцированной бонитетной таблицы. Мы считаем, что таксатор, проанализировав рост модельных деревьев в высоту, определит характер роста различных насаждений в зависимости от лесообразующей породы, происхождения и условий местопроизрастания и установит, какой шкалой следует пользоваться при бонитировании их.

Надежность исследования роста насаждений в высоту по модельным деревьям достаточно убедительно показана в работе проф. В. К. Захарова [2].

В современных социалистических условиях ведения интенсивного лесного хозяйства возникает необходимость более строгого учета лесного фонда. Поэтому в бонитетных таблицах высоту следует указывать с точностью до 0,1 *м* (как это сделано проф. Н. П. Анучиным [1]; возраст же следует давать таким образом: до 100 лет — по пятилетиям, от 100 до 160 лет — по десятилетиям, от 160 лет и выше — по двадцатилетиям.

При разработке дополнительных шкал для бонитетной таблицы были использованы материалы проведенных нами в УССР исследований хода роста культур лиственницы польской, европейской и сибирской, ели, сосны и естественных насаждений граба, а также данные пробных площадей, заложенных экспедицией по разработке Генерального плана развития лесного хозяйства УССР в насаждениях сосны, ели, дуба, бука, граба и др. (преимущественно естественного происхождения).

Помимо этого, были использованы также опубликованные в печати результаты исследования хода роста насаждений различных древесных пород.

Изучение всех этих материалов дало возможность наметить наиболее вероятные границы изменений высот с возрастом в насаждениях, отличающихся различной энергией роста. В последующем было проведено выравнивание величин: вначале в пределах отдельных классов бонитета,

а затем по всем бонитетам в целом. Установленные вероятные границы изменений высот с возрастом были также увязаны с общебонитировочной шкалой. Таким путем были окончательно получены таблицы для распределения насаждений по классам бонитета на основании возраста, высоты и энергии роста (табл. 3 — для насаждений с умеренным ростом в молодом возрасте и табл. 4 — для насаждений с быстрым ростом в молодом возрасте).

Дифференцированная бонитетная таблица является также условной классификационной шкалой и поэтому полностью не сможет отразить всех особенностей роста насаждений, которые имеют место в природе. Однако она в достаточной степени исключит те неточности, с которыми так часто приходится иметь дело в производственных условиях в связи с применением единой бонитировочной шкалы.

В частности, дифференцированная таблица значительно лучше отражает характер изменений высот, показанный почти во всех опубликованных опытных таблицах хода роста насаждений.

Расхождения имеют место лишь в виде редких исключений и главным образом в том случае, когда интервалы между классами бонитета в опытных таблицах хода роста являются непостоянными.

Все изложенное выше дает нам основание обратиться к работникам лесного хозяйства с просьбой проверить в производственных условиях предлагаемые нами цифровые нормативы по бонитированию насаждений и высказать по этому поводу свои соображения.

Поскольку фактический материал, положенный в основу разработки дифференцированной бонитировочной шкалы, собран главным образом в Украинской ССР, таблица может быть рекомендована в первую очередь для западных и центральных районов СССР.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. П. Анучин. Сортиментные таблицы для сосны, ели, лиственницы, кедра, пихты, березы, осины, дуба и бука карпатского. Гослесбумиздат, М.-Л., 1954. [2]. В. К. Захаров. О рационализации методики составления таблиц хода роста насаждений. Сб. научных работ по лесному хозяйству института леса АН БССР, вып. 7, 1956. [3]. И. М. Науменко. Об опытных таблицах хода роста насаждений. «Лесное хозяйство» № 2, 1956. [4]. Таблиці ходу росту і товарності насаджень деревних порід України. Міністерство сільского господарства Українськоі РСР, Держсільгоспвидав УРСР, Київ, 1958. [5]. М. М. Орлов. Лесная таксация, 1929. [6]. П. П. Поляков. Основы хозяйства в Подгорной лесной даче Сибирского института сельского хозяйства и лесоводства. Т. XII, 1929. [7]. Г. А. Смагин. Таксационная характеристика типов леса Бузулукского Бора. Сб. статей ГНИИЛХ, Л., 1929. [8]. С. М. Соколов. Типы леса восточной части Быково-Варнавинского леспромхоза. 1931. [9]. В. П. Тимофеев. Лиственница в культуре. Гослестехиздат, М.—Л., 1947. [10]. Д. И. Товстолес. Лиственничные насаждения Линдуловской рощи. «Известия Лесного института», вып. 15, 1907. [11]. Д. И. Товстолес. Типы и бонитеты. «Лесное хозяйство», 1926. [12]. Н. В. Третьяков. Методика учета среднего и текущего приростов деревьев. Вопросы лесной таксации. Сб. трудов ЦНИИЛХ, Гослестехиздат, Л., 1937. [13]. А. В. Тюрин, И. М. Науменко, П. В. Воропанов. Лесная вспомогательная книжка. Гослесбумиздат, 1956. [14]. A. Guttenberg. Wachstum und Ertrag Fichte im Hochgebierge, 1915. [15]. Ph. Flury. Ertragstafelen f. d. Fichte und Buche der Schweiz, 1907.

Поступила в редакцию
7 декабря 1958 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

ТИПЫ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ СОВЕТСКИХ КАРПАТ И ИХ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ

Г. А. ТЫШКЕВИЧ

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Львовский лесотехнический институт)

Управление жизненными процессами леса с помощью лесохозяйственных мероприятий только в том случае дает положительный эффект, когда оно осуществляется на типологической основе, а у выделенных типов леса известны лесоводственные признаки.

Еловые леса Советских Карпат, занимающие около 642 тыс. *га*, или 45,4% всей покрытой лесом площади, еще очень мало изучены в типологическом отношении.

Выделение и описание типов леса производилось нами путем маршрутного обследования еловых лесов Дрогобычской, Станиславской и Закарпатской областей и закладки пробных площадей в наиболее типичных участках.

Карпаты обычно делят на три части: Западные, Восточные и Южные. В пределы СССР входит северо-западная часть Восточных Карпат.

В геологическом отношении Восточные Карпаты имеют относительно простое строение, они сложены в основном горными породами флишевой формации: песчаниками мелко- и тонкозернистыми глауконитовыми и сланцами глинистыми и глауконитовыми; крайне бедны известняками.

Еловые леса сосредоточены в основном на востоке Советских Карпат. Климат в зоне распространения ели на высоте до 1100—1200 *м* над уровнем моря умеренно теплый и влажный, на высоте более 1200 *м* становится умеренно холодным и влажным. Среднегодовая температура воздуха в нижней части (700—1100 *м* над уровнем моря) +5° С, годовое количество осадков 800—1100 *мм*; в верхней части (1200—1400 *м* над уровнем моря) среднегодовая температура воздуха падает до +3° С, а количество осадков увеличивается до 1200—1300 *мм*.

Карпатские рамени

Влажная карпатская пихтово-буковая рамень имеет широкое распространение на высоте от 600 до 1050 *м* над уровнем моря на достаточно пологих склонах, большей частью северной экспозиции.

Почвы здесь бурые, кислые, мощностью 90 *см* и иногда более, подстилаются глинистыми сланцами. По механическому составу это чаще всего средние или тяжелые суглинки с относительно высокой для карпатских почв степенью насыщенности основаниями (табл. 1).

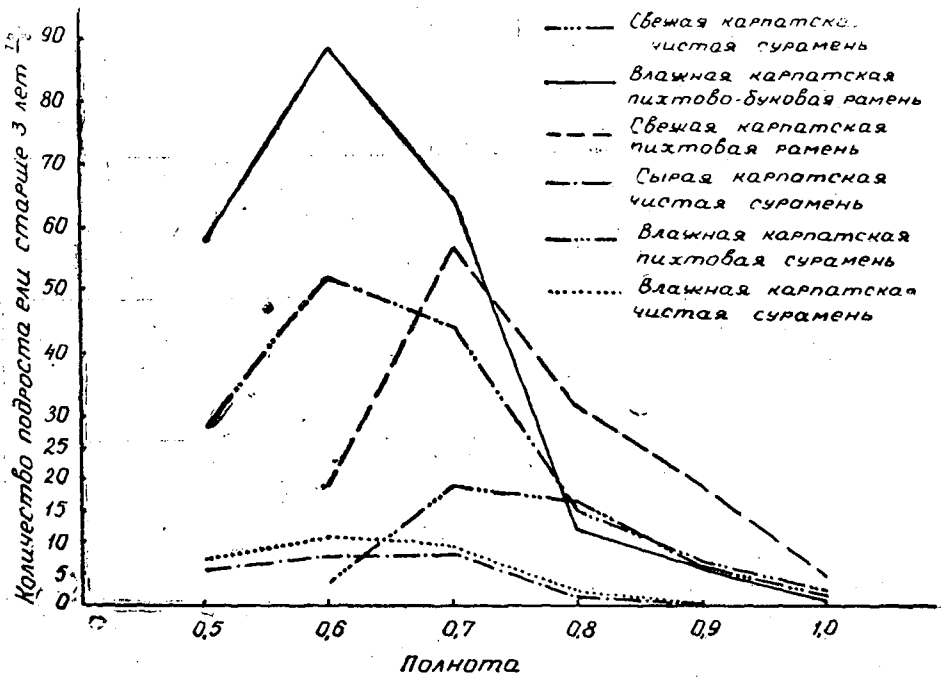


Рис. 1. Естественное возобновление ели под пологом леса.

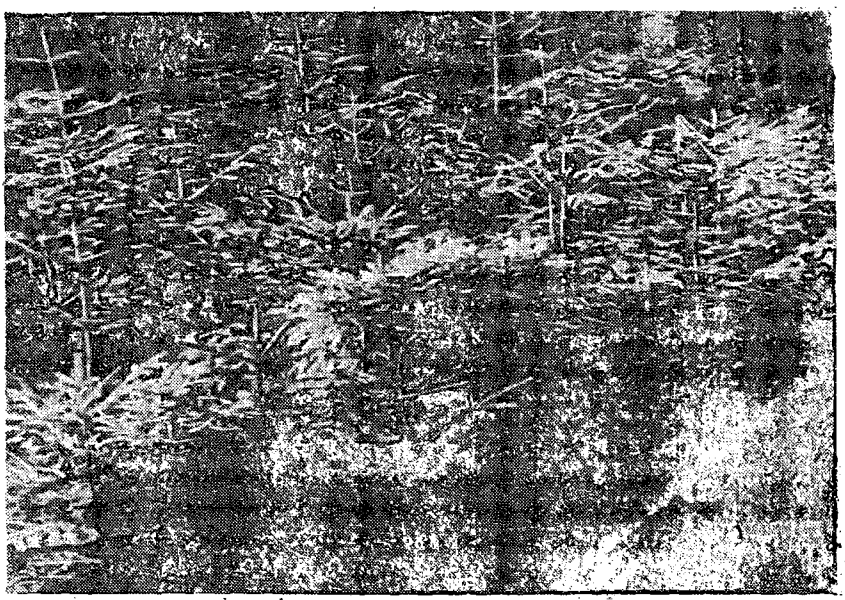


Рис. 2. Влажная карпатская пихтово-буковая рамень. Возобновление ели и пихты под пологом леса.

Данные химического и механического анализов

Лесхоз, тип леса	Высота над уровнем моря в *м*, экспозиция, крутизна склона	Генетический горизонт	Глубина взятия образца в *см*	Гумус в %	pH солевой вытяжки	Степень насыщенности основаниями в %
Раховский. Влажная карпатская пихтово-буковая рамень	880, С, 18°	A_1 A_2 B_1 B_2	5—10 20—25 50—55 70—75	4,86 3,21 2,12 1,30	4,8 4,8 4,7 4,8	42,4 35,6 20,5 22,4
Раховский. Свежая карпатская пихтовая рамень	1020, ЮВ, 18°	A_1 A_2 B C	5—10 20—25 50—55 70—75	5,41 4,06 2,22 1,04	4,7 4,5 4,6 4,6	36,8 31,5 24,2 20,8
Надворнянский. Сырая карпатская чистая сурамень	1210, С, 23°	A_1 A_2 B	6—10 20—25 40—45	7,58 5,04 2,02	4,0 4,1 4,1	15,6 11,4 10,8
Тересвянский. Влажная карпатская пихтовая сурамень	1040, С, 26°	A_1 A_2 B C	5—10 20—25 50—55 70—75	6,21 4,34 2,82 0,84	4,5 4,5 4,7 4,6	32,4 24,6 24,8 18,9
Раховский. Влажная карпатская чистая сурамень	1120, СВ 25°	A_1 A_2 B	5—10 20—25 50—55	7,93 6,22 2,43	4,3 4,5 4,6	24,6 20,3 12,2
Надворнянский. Свежая карпатская чистая сурамень	1120, Ю, 34°	A_1 A_2 B	5—10 20—25 40—45	8,06 4,64 2,42	4,2 4,4 4,5	23,6 21,5 15,9
Надворнянский. Ельник влажной карпатской субори	1380, В, 36°	A_1A_2 B	5—10 15—20	10,24 7,76	4,2 4,2	10,2 6,88
Надворнянский. Ельник свежей карпатской субори	1360, ЮЗ, 38°	A_1A_2 B	5—10 15—20	9,46 6,24	4,1 4,3	6,7 3,4

Древостой состоит из ели, пихты, бука, явора, ясеня. Ель имеет наивысшую производительность — Iб бонитет. Средняя высота в спелом возрасте достигает 37—40 *м*, средний диаметр 41—43 *см*, запас на 1 *га* 1000—1200 $м^3$.

Подлесок редкий из жимолости черной, лещины, бузины красной, волчьего лыка.

Живой напочвенный покров состоит из кислицы, кочедыжника женского, щитовника мужского, щитовника Линнея, недотроги желтой, вороньего глаза, зубянки луковичной, воронца колосистого, селезеночника, ясменника душистого, подмаренника Шультеса, хвоща лесного, будры плющевидной, зеленчука желтого, гомогины альпийской, купены многоцветковой, купены мутовчатой, медуницы неясной, звездчатки лесной, пролески многолетней, шалфея клейкого, крапивы двудомной, фиалки удивительной, эуринхиума, гилокомиума прорастающего, ритидиадельфуса треугольного, дикранума прутьевидного и др.

Таблица 1

почв под еловыми лесами Карпат

Подвижная фосфорная кислота в *мг* на 100 *г* почвы	Общий азот в %	Количество частиц в %, размером в *мм*					
		1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	0,001 и менее
0,056	0,249	6,56	31,49	20,41	10,32	16,36	14,76
0,042	0,218	7,38	33,54	19,66	8,52	18,24	12,66
0,031	0,183	8,96	32,82	17,35	9,63	16,56	14,68
0,024	0,160	8,54	32,78	16,84	7,56	15,43	18,85
0,041	0,314	10,56	27,52	26,35	7,58	15,36	12,73
0,032	0,282	11,23	28,65	24,46	9,36	14,21	12,28
0,031	0,154	10,24	30,84	23,24	8,46	18,24	8,98
0,022	0,105	13,21	27,26	22,58	7,64	13,62	15,69
0,036	0,211	15,24	36,44	16,52	9,46	6,34	15,80
0,011	0,161	16,43	34,22	17,45	7,98	8,31	15,61
0,020	0,075	15,21	33,47	17,28	8,35	8,27	17,42
0,031	0,263	7,34	38,42	22,52	10,24	16,57	4,91
0,025	0,244	9,26	36,54	21,42	8,36	19,11	5,31
0,027	0,162	8,42	34,22	24,54	7,92	17,24	7,66
0,017	0,062	10,44	35,21	22,37	8,35	17,25	6,38
0,034	0,276	18,21	33,29	16,36	8,37	5,64	18,13
0,027	0,267	17,34	35,31	19,24	9,43	6,21	12,47
0,020	0,143	16,26	35,46	19,22	6,52	5,23	17,31
0,021	0,265	23,56	36,58	15,26	4,54	7,26	12,80
0,020	0,192	24,29	36,29	15,34	5,43	7,34	11,33
0,018	0,110	22,51	34,56	18,14	4,27	8,21	12,31
0,032	0,241	15,94	46,81	14,24	7,92	5,23	9,86
0,024	0,224	18,36	45,34	15,58	7,12	5,66	7,94
0,027	0,236	17,36	44,53	18,12	4,82	8,47	6,70
0,012	0,194	19,10	43,21	16,38	6,71	5,32	9,28

Возобновление ели во влажных раменях под пологом леса происходит хорошо; этому благоприятствуют почвенные условия (рис. 1, 2). Подстилка из опада ели, пихты, бука, явора хорошо разлагается и не препятствует прорастанию семян и развитию всходов ели.

Во влажных раменях под пологом спелых насаждений с полнотой 0,5—0,7 насчитывается иногда до 150—200 тыс. подроста ели на 1 *га* в возрасте от 1 года до 10 лет. Высота подроста в 5—10 лет — от 22 до 107 *см*. Часто под пологом спелых и перестойных насаждений можно встретить 40—50-летний еловый подрост с хорошо охвоенной кроной, достигающий высоты 4—4,5 *м*.

На открытых площадях во влажных раменях возобновление ели происходит за счет подроста предварительного и последующего происхождения. Предварительного подроста после лесозаготовок, особенно механизированных, как правило, остается очень мало, в среднем не более 10—15%; очень редко сохраняется до 30—35%.

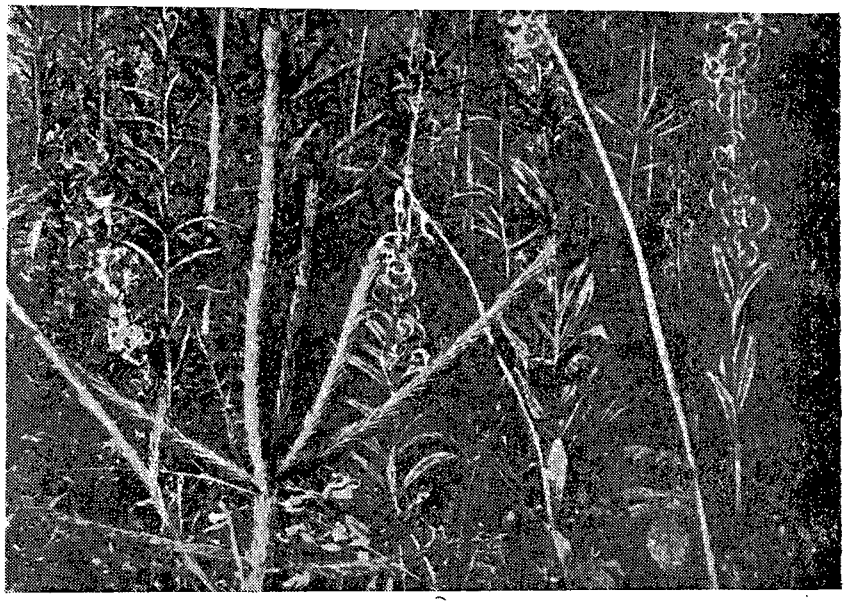


Рис. 3. Возобновление ели на лесосеке под защитным пологом кипрея.

Последующее возобновление ели почти всегда появляется на вырубках во влажных раменях, приуроченных по преимуществу к пологим северным склонам, но часто заглушается буйно разрастающейся кустарниковой (ежевика) и травянистой растительностью (осоки: трясунковая, пальчатая, бледноватая, волосистая).

Наблюдается и хорошее последующее возобновление ели, особенно на небольших лесосеках (площадью 3—4 *га*), заросших кипреем.

В лесоводстве имеет место неправильный взгляд на ель как на породу, которая не может появляться на открытых площадях в качестве пионера. Об ошибочности этого взгляда говорят наблюдения и исследования таких ученых, как Н. Е. Декатов, И. С. Мелехов, М. Е. Ткаченко, А. В. Тюрин и других, которые показали, что ель может как пионер появляться на вырубках под защитой кипрея, значительно умеряющего температурные колебания под своим пологом.

По нашим данным, успешность возобновления вырубок во влажных раменях существенно зависит от изменений в живом напочвенном покрове после рубки леса. На небольших вырубках, покрытых кипреем, как правило, возобновление хорошее (на 1 *га* насчитывается до 26 тыс. штук подроста ели в возрасте старше 3 лет, рис. 3), на вырубках же с покровом из осок, ежевики ель почти не возобновляется.

И. С. Мелехов совершенно справедливо указывает на необходимость типологии вырубок в связи с изменениями в напочвенном покрове, чтобы еще до рубки можно было предвидеть эти изменения и направлять их определенным образом.

Свежая карпатская пихтовая рамень имеет относительно ограниченное распространение на высоте от 700 до 1050 *м* над уровнем моря на пологих склонах южной экспозиции. Почвы здесь бурые, кислые, мощностью до 80 *см*; по своим свойствам они близки к почвам влажных раменей (табл. 1).

Древостой состоит из ели, пихты с примесью явора. Бонитет ели Iа—Iб. Средняя высота в столетнем возрасте 34—36 *м*, средний диаметр 39—40 *см*, запас на 1 *га* 900—1050 $м^3$. В подлеске встречается волчье лыко, бузина красная.

Живой напочвенный покров представлен следующими видами: кислица, майник двулистный, зеленчук желтый, ясменник душистый, купена многоцветковая, купена мутовчатая, воронец колосистый, подлесник европейский, ветреница дубравная, вороний глаз, герань Роберта, гилокомиум прорастающий и др.

Возобновление ели под пологом леса происходит также успешно, особенно при больших полнотах. Это, очевидно, связано с приуроченностью свежих раменей к южным склонам с более интенсивной инсоляцией (рис. 1). Подстилка здесь хорошо разлагается даже при значительных (0,8—0,9) полнотах и имеет толщину не более 3—4 *см*.

Возобновление сплошных вырубок в свежих раменях за счет предварительного подроста происходит так же редко, как и во влажных раменях. Удовлетворительное последующее возобновление наблюдается на небольших вырубках, заселенных кипреем, но реже, чем во влажных раменях.

Карпатские сурамени

Сырая карпатская чистая сурамень встречается довольно часто на высоте 1200—1250 *м* над уровнем моря на северных более пологих склонах, где почвы бурые, кислые, мощностью 50—60 *см*, на песчаниках с примесью глинистых сланцев, отличающиеся высокой кислотностью и низкой степенью насыщенности основаниями (табл. 1).

Древостой состоит из ели III бонитета. Средняя высота в 100 лет 21—23 *м*, средний диаметр 23—25 *см*, запас на 1 *га* 500—540 $м^3$. Насаждения отличаются ветровальностью. Подлесок отсутствует. Живой напочвенный покров состоит из таких видов: черника, плаун годичный, плаун булавовидный, подбел, гомогине альпийская, щитовник остистый, щитовник мужской, хвощ лесной, кукушкин лен, дикранум волнистый, гилокомиум прорастающий, сфагнум и др.

Естественное возобновление ели в сырых сурамениях сильно затруднено избыточным увлажнением почвы и наличием толстого слоя (6—10 *см*) плохо разлагающейся подстилки, подушек кукушкина льна и сфагнума (рис. 1).

Подрост ели селится главным образом на остатках древесины: полусгнивших пнях, валежинах. Остатки разлагающейся древесины богаты питательными веществами и отличаются хорошей аэрацией. Вырубки обычно зарастают полевицей белой, малиной, кукушкиным льном, иногда осокой заячьей и раздвинутой. Последующее возобновление на таких вырубках почти не происходит, иногда сохраняется незначительное количество предварительного подроста по микроповышениям, но состояние его болезненное.

Влажная карпатская пихтовая сурамень встречается часто на высоте 900—1100 *м*, иногда до 1200 *м* над уровнем моря на склонах северной экспозиции крутизной 20—27°.

Почвы бурые, кислые мощностью до 70 *см*. По сравнению с раменями почвы здесь несколько более кислые с более низкой степенью насыщенности основаниями (табл. 1).

Древостой состоит из ели с большей или меньшей примесью пихты. Бонитет I—Iа. Средняя высота в спелом возрасте достигает 30—35 *м*, средний диаметр 34—38 *см*, запас на 1 *га* 850—1000 $м^3$.

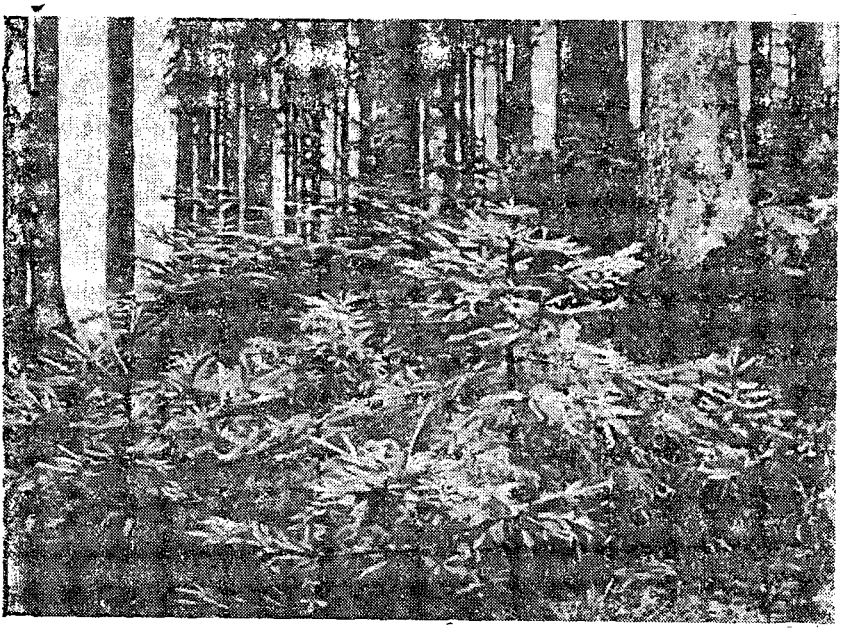


Рис. 4. Влажная карпатская пихтовая сурамень. Возобновление ели под пологом леса.

Подлесок большей частью редкий из рябины, бузины красной, волчьего лыка.

Живой напочвенный покров представлен следующими видами: кислица, черника, купена многоцветковая, кочедыжник женский, ясменник душистый, ожика лесная, плаун годичный, щитовник мужской, щитовник австрийский, щитовник Линнея, зубянка железистая, подмаренник Шультеса, хвощ лесной, ритидиадельфус треугольный, дикранум прутьевидный и др.

Возобновление ели под пологом леса происходит хорошо, особенно при полноте 0,6—0,7 (рис. 1, 4). Возобновление вырубок во влажной пихтовой сурамени так же, как и в раменях, зависит от изменений в живом напочвенном покрове. В случае зарастания небольших вырубок (3—4 *га*) кипреем наблюдается хорошее последующее возобновление ели. На вырубках, покрытых вейником, осоками и ежевикой, последующее возобновление отсутствует.

Влажная карпатская пихтово-буковая сурамень встречается часто на высоте 800—1100 *м* над уровнем моря на склонах северной экспозиции и близких к ней, крутизной 20—25°.

Почвы бурые кислые по своим свойствам близки к почвам влажной пихтовой сурамени.

Древостой состоит из ели с примесью пихты и бука. Бонитет I—Ia. Таксационные элементы такие же, как у влажной карпатской пихтовой сурамени. Подлесок редкий из жимолости черной, волчьего лыка, бузины красной, лещины. Живой напочвенный покров состоит из следующих видов: кислица, ожика лесная, дороникум австрийский, щитовник мужской, щитовник остистый, щитовник Линнея, кочедыжник женский, зеленчук желтый, медуница неясная, ветреница дубравная, воронец колосистый, купена многоцветковая, ясменник душистый, вороний глаз, зубянка железистая, фиалка лесная, плаун булавовидный, плаун го-

дичный, ритидиальдельфус треугольный, эуринхиум, гилокомиум прорастающий, дикранум прутьевидный и др.

Возобновление происходит так же, как и в предыдущем типе.

Влажная карпатская чистая сурамень встречается часто на высоте 1050—1250 *м* над уровнем моря, большей частью на северных склонах крутизной 20—30°.

Почвы здесь бурые кислые с более высокой, чем во влажных пихтовой и пихтово-буковой сураменях, актуальной кислотностью верхних горизонтов и более низкой степенью насыщенности основаниями (табл. 1). Древостой состоит из ели. Бонитет I—II. Средняя высота в 100 лет — 25—29 *м*, средний диаметр — 28—33 *см*, запас на 1 *га* 650—800 $м^3$.

Подлесок редкий из рябины, смородины альпийской, волчьего лыка.

Из представителей живого напочвенного покрова наиболее часто встречаются черника, плаун годичный, седмичник европейский, майник двулистный, воронец колосистый, ожика лесная, кислица, щитовник мужской, щитовник австрийский, хвощ лесной, гилокомиум прорастающий, дикранум волнистый, кукушкин лен, плеурозиум Шребера и др.

Возобновление ели здесь происходит слабее, чем в предыдущих типах влажных сураменей (рис. 1), что до известной степени обусловлено некоторым ухудшением почвенных условий.

Свежая карпатская чистая сурамень имеет ограниченное распространение на высоте 1000—1250 *м* над уровнем моря на склонах южной экспозиции крутизной 30—35°. Почвы здесь бурые, кислые, мощностью 40—50 *см*, подстилаемые песчаниками с примесью глинистых сланцев. Данные химического и механического анализов их представлены в табл. 1.

Древостой состоит из ели II бонитета. Средняя высота в столетнем возрасте составляет 25—27 *м*, средний диаметр 28—30 *см*, запас на 1 *га* 650—700 $м^3$. Подлесок редкий из рябины, волчьего лыка.

Живой напочвенный покров состоит из кислицы, осоки волосистой, ожики лесной, черники, подмаренника Шультеса, гомогины альпийской, фиалки лесной, герани Роберта, гилокомиума прорастающего и др.

Возобновление ели под пологом среднеполнотных насаждений происходит удовлетворительно (рис. 1). На вырубках возобновление в большинстве случаев отсутствует. Объясняется это тем, что свежие сурамени занимают крутые южные склоны. Последующее возобновление здесь невозможно, так как семена смываются талыми водами к подножию склона, а появившийся самосев сразу погибает от неблагоприятных метеорологических условий.

Живой напочвенный покров, развивающийся на лесосеках в свежих сураменях, состоит из полевицы белой, вейника, которые также не благоприятствуют возобновлению.

Свежая карпатская пихтовая сурамень встречается редко на высоте 1000—1200 *м* над уровнем моря на южных склонах крутизной 27—35°.

Почвы здесь близки к почвам свежих чистых сураменей. Древостой состоит из ели с примесью пихты, явора. Бонитет II, иногда I. Средняя высота, диаметр и запас на 1 *га* такие же, как для свежей карпатской чистой сурамени. Редко средняя высота достигает 28,5 *м*, средний диаметр 32 *см* и запас на 1 *га* 750—780 $м^3$. Подлесок редкий из рябины, волчьего лыка.

Живой напочвенный покров состоит из кислицы, майника двулистного, черники, щитовника мужского, подмаренника Шультеса, ожи-

ки волосистой, орляка, вероники лекарственной, фиалки удивительной, гилокомиума прорастающего и др.

Естественное возобновление ели происходит так же, как и в предыдущем типе леса.

Карпатские субори

Ельник влажной карпатской субори имеет относительно большое распространение на высоте 1250—1400 *м* над уровнем моря на крутых склонах разных экспозиций.

Почвы здесь бурые кислые, мелкие, легкие по механическому составу, с очень низкой степенью насыщенности основаниями (табл. 1).

Древостой состоит из ели IV бонитета. Средняя высота в столетнем возрасте составляет 18—20 *м*, средний диаметр 18—21 *см*, запас на 1 *га* 400—450 $м^3$. Подлесок редкий из рябины.

Живой напочвенный покров состоит из черники, брусники, орляка, грушанки однобокой, плауна годичного, майника двулистного, кукушкина льна, плеурозиума Шребера и др.

Возобновление ели под пологом леса происходит иногда удовлетворительно, чаще же слабо. Подрост большей частью приурочен к старым полусгнившим валежинам, селится также на подушках мха, покрывающих камни. Здесь на мелких каменистых почвах моховой покров играет большую положительную роль в возобновлении ели. Мхи (дикранум, гилокомиум, кукушкин лен), покрывая камни, создают благоприятную среду для прорастания семян ели и образования самосева. Значительная часть подроста при этом гибнет, не будучи в состоянии дотянуться до мелкозема и не получая необходимого питания. У части же подроста развивается сильная корневая система с длинными горизонтальными корнями, проникающими между камнями до мелкозема, в результате чего он выживает.

Вследствие неблагоприятных почвенных условий подрост здесь отличается очень слабым ростом. В 5—10 лет высота елочек не превышает 10—18 *см*. На открытых площадях в ельниках влажной субори естественного возобновления совсем не происходит.

Ельник свежей карпатской субори встречается реже, чем предыдущий тип, на высоте 1250—1400 *м* над уровнем моря на очень крутых (40—45°) южных склонах. Почвы отличаются теми же неблагоприятными свойствами, что и в ельниках влажной субори (табл. 1). Древостой состоит из ели IV бонитета. Средние таксационные элементы такие же, как для ельника влажной карпатской субори.

Живой напочвенный покров состоит из брусники, грушанки однобокой, орляка, черники, дикранума волнистого и др. Естественное возобновление ели затрудняется теми же причинами, что и в ельниках влажной субори.

Хозяйственное значение описанных типов леса велико. Прежде всего они выполняют важную роль как фактор почвозащитный, водоохранный и климатический.

Влажные и свежие карпатские рамени и сурамени являются источниками ценной древесины с высокими физико-механическими свойствами. Так, по нашим данным, ель (гребенчатая форма) во влажной карпатской пихтово-буковой рамени имеет объемный вес 0,44 $г/см^3$, предел прочности при сжатии вдоль волокон 382 $кг/см^2$, при статическом изгибе в тангентальном направлении 743 $кг/см^2$, при растяжении вдоль волокон — 1023 $кг/см^2$. Во влажной карпатской пихтовой сурамени объемный вес ели (гребенчатая форма) 0,46 $г/см^3$, предел

прочности при сжатии вдоль волокон 421 *кг/см*^{2}, при статическом изгибе в тангентальном направлении 812 *кг/см*^{2}, при растяжении вдоль волокон — 1249 *кг/см*^{2}.

Ельники карпатских суборей, произрастающие на значительной высоте над уровнем моря, на крутых каменистых склонах, имеют исключительное почвозащитное значение. Ель здесь развивает поверхностную, но мощную корневую систему с длинными горизонтальными корнями, которые, обвивая камни, прекрасно укрепляют крутые склоны. Сплошные рубки в суборях ведут к образованию бесплодных каменистых россыпей, облесение которых представляет огромные трудности, так как связано с необходимостью подноски почвы от подножья склонов. Сплошные рубки здесь должны быть безусловно запрещены; там возможны только добровольно-выборочные рубки.

Поступила в редакцию
3 октября 1958 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

О ЕСТЕСТВЕННОМ СЕМЕННОМ ВОЗОБНОВЛЕНИИ ДУБА ПОД ПОЛОГОМ ЛЕСА В ПРИВОЛЖСКИХ НАГОРНЫХ ДУБРАВАХ ЧУВАШСКОЙ АССР

М. М. МИХАЙЛОВ

Ассистент

(Поволжский лесотехнический институт)

В государственном лесном фонде Чувашской АССР дубовые насаждения занимают 129,7 тыс. *га*, или 23,8%, из них семенные составляют 86,5%. В нагорном правобережье Волги дубовые насаждения являются преобладающими. Так, в Марпосадском и Опытном лесхозах они по площади составляют более 80%. Почти все эти дубравы семенные, относятся к лесам первой группы, выполняют водоохранную почво- и полезащитную роль и одновременно с этим являются источником удовлетворения потребности народного хозяйства в ценной высококачественной дубовой древесине. В них проводятся лесовосстановительные рубки, обычно сплошными лесосеками шириной 50—100 *м*. В рубку поступают насаждения большей частью 220—250 лет. Приспевающих и спелых дубовых насаждений в лесном фонде крайне мало.

Из-за недостаточного количества самосева и подроста дуба под пологом леса почти все вырубаемые площади возобновляются искусственным путем: посадкой однолетних сеянцев. В то же время в лесоводственной литературе отмечается, что в данном районе всегда имеется достаточное количество самосева дуба. Несоответствие это вызвало необходимость проведения учета самосева, который был проведен в 1953—1958 гг. в Марпосадском и Опытном лесхозах, а в 1957 г. и в Вурнарском лесхозе. Работа была выполнена на площади более 800 *га* в нагорных семенных насаждениях 50—260-летнего возраста в наиболее распространенном типе леса — свежей снытьевой кленово-липовой дубраве на серых слабо- и среднеподзолистых лёссовидных суглинках. Дубовые насаждения относятся ко II бонитету. В первом ярусе только дуб, во втором — клен, ильм, липа с полнотой 0,1—0,2 в древостоях 50—120 лет, и 0,3—0,5 в 200—260-летних; в подлеске лещина: редкая в древостоях 50—120 лет и густая — в 200—260-летних.

В нагорных дубравах данного района удовлетворительное плодоношение дуба по наблюдениям Б. И. Гузовского [2] повторяется через три года. Н. В. Напалков [8] указывает, что обильные урожаи желудей здесь бывают через 6—7 лет. За последнее десятилетие в 1949 и 1957 гг. — плодоношение было обильным, в 1954 г. — ниже среднего.

Учет самосева дуба под пологом дубовых насаждений, произведенный в 1953—1954 гг. (то есть через 4—5 лет после урожайного года), показал, что в древостоях от 50 до 260 лет самосева и подроста дуба крайне мало или почти совсем нет: 53% насаждений имели ме-

нее 1,5 тыс. дубочков на 1 *га*, 15% — от 1,5 до 2,5 тыс., 20% — от 2,5 до 5,0 тыс. и лишь 12% насаждений имели более 5,0 тыс. штук. В то же время самосев клена остролистного 1—5 лет на всех участках был обильным. К. Б. Лосицкий и А. П. Чаркина [6] также установили, что в Марпосадском лесхозе естественное возобновление дуба под пологом леса в большинстве случаев протекает неудовлетворительно.

С целью разработки эффективного способа посева под пологом леса в Марпосадском лесхозе весной 1955 г. на четырех участках по 0,30 *га* был проведен посев желудей в древостоях 50, 130, 250 и 260 лет.

На каждой пробной площади посев желудей производился в следующих вариантах:

1) В площадки, обработанные на глубину 20 *см*, — конвертом в пять лунок по пять желудей с заделкой на 6—7 *см*.

2) В необработанные площадки под подстилку (под листья) — вразброс по 25 желудей.

3) Шпиговкой на глубину 5—6 *см* на каждом посевном месте (гнезде) — в три лунки по пять желудей, с уплотнением места шпиговки легким нажимом ноги.

Расстояния между рядами 5 *м*, между посевными площадками — 2 *м*, размеры площадок 70 × 70 *см*.

В первых двух вариантах посевы проводились: 1) в прорубленные под пологом леса коридоры и 2) без прорубки коридоров.

Учет результатов опыта, производившийся в августе 1955 г., показал, что на трех пробных площадях (из четырех), а именно, в древостоях 130 лет с полнотой первого яруса 0,8, 250 лет с полнотой 0,6 и 260 лет с полнотой 0,5, всходов дуба совершенно не оказалось. Все площадки были изрыты мышами, здоровые желуди полностью уничтожены, на местах посевов остались лишь околоплодники от здоровых желудей и зараженные (почерневшие) желуди. Только на четвертом участке под пологом 50-летнего насаждения результаты опыта (см. табл. 1) оказались несколько лучшими.

Таблица 1

Варианты опыта	Число площадок с наличием всходов дуба в % от общего количества площадок	Число высеянных в площадку желудей	Среднее число дубочков в площадке с наличием всходов в шт.	Усохшие всходы в % от здоровых дубочков
1. Посев в обработанные площадки	20	25	1,5	36
2. Посев под подстилку без обработки почвы . .	21	25	1,1	32
3. Посев шпиговкой . .	40	15	5,4	24

Как видно из табл. 1, посев шпиговкой, благодаря хорошей защитной заделке, дал лучший результат *. При учете всходов в августе было обнаружено, что мыши не только уничтожают желуди, но и перегрызают нежные стволики дубочков в местах прикрепления семядолей.

Кроме описанных выше, проводились и осенние (октябрь 1954 г.) посевы желудей под пологом леса на шести пробных площадях по 0,15 *га* в тех же вариантах. При учете в августе 1955 г. ни на одной из этих шести пробных площадей всходов дуба не оказалось. Все здоровые желуди были уничтожены мышами, причем на площадках при луночном посеве мыши разрывали почву точно на месте лунки.

* Проф. В. Ю. Фалькенштейн [10] также указывает, что в случае хорошей защитной заделки грызунам гораздо труднее отыскивать желуди.

Весной 1955 г. в Сотниковском лесничестве Марпосадского лесхоза на сплошной вырубке площадью 3,5 *га*, подготовленной осенью 1954 г., был проведен посев желудей под лопату в площадки 50 × 50 *см* по 5 шт. на глубину 5—7 *см*. Учет, произведенный в июле 1955 г., показал, что лишь 16% площадок имеют по 1—2 всхода дуба, а остальные желуди уничтожены мышами.

Из-за неуверенности в успехе лесхозы почти совсем не проводят посевов на сплошных вырубках, а сажают однолетние сеянцы дуба.

Вред, причиняемый мышами семенному возобновлению дуба, очень велик. В связи с этим большой интерес представляют рекомендованные проф. Б. Ю. Фалькенштейном [10] меры химической защиты высеянных желудей от грызунов. В условиях Сочинского лесхоза опыт предпосевной обработки желудей пробкового дуба фосфидом цинка оказался очень удачным [1]. Также хорошие результаты получены при защите высеянных семян сосны от грызунов в условиях Казахстана [3].

В целях достижения успешного результата в возобновлении дуба И. Н. Никитин [9] рекомендует проводить осенние посевы наклюнувшимися желудями, так как проросших желудей мыши не трогают, не повреждаются такие желуди и энтомо- и фитовредителями. Об успешном опыте таких посевов в Белоруссии говорит И. В. Маракулин [7]. В приволжских дубравах Чувашской АССР, к сожалению, подобные опыты до сих пор не закладывались.

Проводившийся в 1955—1957 гг. учет самосева и подроста дуба под пологом 50—260-летних насаждений также показал, что в эти годы естественное возобновление в дубравах не изменилось.

Осенью 1957 г. в Марпосадском и Опытном лесхозах, как и в других лесхозах республики, в насаждениях 50—120 лет (а также у некоторых деревьев 20—30 лет) был обильный урожай желудей. Вследствие того, что в таких древостоях кроны дубов обычно смыкаются, поверхность почвы после опадения плодов была усеяна желудями хорошего качества довольно равномерно. В 240—260-летних насаждениях подавляющее большинство деревьев также плодоносило, но из-за малой сомкнутости крон и неравномерного распределения деревьев дуба по площади имелись большие «прогалины», где не было желудей. И доброкачественных желудей на одном квадратном метре непосредственно под кроной здесь было меньше, чем в древостоях 50—120 лет.

Учет самосева дуба под пологом дубовых древостоев в сентябре 1958 г., дал следующие результаты. В древостоях 50—130 лет непосредственно под кронами дубов на одном квадратном метре в среднем было 1—7 дубочков (или на 1 *га* 10—70 тыс. штук). На отдельных учетных площадках размером 1 × 1 $м^2$ число самосева дуба доходило до 23 шт. В древостоях же 240—260 лет даже под кронами плодоносивших дубов, у которых осенью 1957 г. было много желудей, самосева дуба оказалось мало, так как здесь большая часть желудей была уничтожена мышами. В большинстве случаев под кронами материнских деревьев на 5—6 $м^2$ в среднем приходился только один дубочек. Учитывая пространства между кронами, в среднем на 1 *га* число дубового самосева было менее 1,5 тыс., а в отдельных случаях — 600—900 шт. Лишь небольшая часть 240—260-летних древостоев имела в среднем на 1 *га* 3—6 тыс. шт. самосева дуба, неравномерно распределенных по территории.

Если в древостоях 50—130 лет в обильно урожайный год на 1 *га* выпадает такое большое количество желудей, что грызуны не в состоянии растаскать и уничтожить их полностью, то в древостоях 200—260 лет, по-видимому, валовой урожай на 1 *га* гораздо меньше (из-за некоторого ослабления плодоношения деревьев, с одной стороны, и рез-

кого уменьшения числа деревьев — с другой). Поэтому здесь мыши в состоянии уничтожить все даже в урожайные годы.

Особенностью приволжских старых дубовых насаждений является то, что на 1 *га* имеется в среднем лишь 30—50 крупных дубовых деревьев, которые по территории обычно размещаются неравномерно. Деревьев — спутников много, они во втором ярусе. По нашим исследованиям, в древостоях 240—260 лет при полноте первого яруса 0,6, состоящего только из дуба, сомкнутость крон составляет лишь 0,3. В результате такого строения древостоев на вырубках дубовый молодняк будет произрастать лишь вокруг пней в радиусе 8—10 *м*, а в пространстве между этими гнездами дуба вырастут лишь клен, ильм, липа. Расстояние между гнездами нередко достигает 20 *м* и более. С целью создания полноценных дубовых насаждений, даже при наличии самосева вокруг пней, пространства между гнездами возобновления должны быть обязательно закультивированы дубом.

В приволжских нагорных дубравах Чувашской АССР, где сплошные рубки проводятся в течение целого столетия, имеются массовые примеры прекрасного возобновления дуба естественным семенным путем не только на узких, но и на крупных по площади лесосеках (размером 50—100 *га*). В то же время имеются и такие молодняки, где возобновление дуба произошло лишь редкими гнездами, а поэтому большая часть площади занята только сопутствующими породами.

По подсчетам, произведенным М. А. Кудрявцевым, в пределах бывшей Сотниково-Тогаево-Яндашевской корабельной рощи в неизменных границах площадью 15 399 *га*, со времени первого лесоустройства 1856 г. по 1955 г., то есть за столетие, вырублено сплошными лесосеками 10 009 *га* (почти все они были дубовыми древостоями). Лесными культурами возобновлено 37% площади этих вырубок. Остальная площадь возобновилась естественным (семенным) путем в результате проведения мер ухода за самосевом и подростом дуба. Смена дуба другими породами в приволжских дубравах республики была предотвращена полностью. Молодняки и средневозрастные дубовые насаждения как естественного, так и искусственного происхождения на большей части площади имеют хороший рост и состояние. Особого внимания заслуживают культуры Б. И. Гузовского [2], заложенные им в Ильинском лесничестве Опытного лесхоза. Высокая их успешность отмечена М. Д. Даниловым [4] и Д. И. Дерябиным [5].

Изучение естественного семенного возобновления дуба под пологом леса в приволжских нагорных семенных дубравах Чувашской АССР позволяет сделать для данного района следующее заключение:

1. Почти за столетний период на сплошных вырубках естественное семенное возобновление дуба произошло на 63% площади. Остальные вырубки облесены искусственно (по данным Марпосадского лесхоза). Смена семенного дуба другими породами почти полностью устранена.

2. Хорошее естественное семенное возобновление дуба на большинстве участков сплошных вырубок обеспечивалось даже на крупных по размерам вырубках по 50—100 *га* (0,5 × 1; 1 × 1 *км*).

3. Полноценные дубовые молодняки выращены благодаря своевременному уходу за самосевом дуба под пологом леса и систематическому проведению осветлений и прочисток в молодняках.

4. В период 1953—1957 гг., то есть через 5—7 лет после очень урожайного года (даже при отсутствии систематической пастьбы скота), лишь одна треть приспевающих спелых и старовозрастных насаждений имела достаточное количество самосева дуба под пологом. Мнение некоторых лесоводов о том, что под пологом дубовых насаждений всегда

имеется достаточное количество самосева и торчков дуба, является ошибочным.

5. На следующий год после обильного урожая желудей под пологом дубовых насаждений 50—130 лет появилось большое количество самосева дуба (от 10 до 70 тыс. шт. на *га*). В то же время 50% дубовых насаждений 240—260 лет имели лишь до 1,5 тыс. шт. самосева на 1 *га*. В последних, хотя дубы и плодоносят, но желуди даже в очень урожайные годы почти целиком уничтожаются мышами.

6. Посевы желудей под пологом насаждений (осенние и весенние) в отдельные годы и на некоторых участках не дают положительных результатов, так как посеянные желуди уничтожаются мышами.

7. Опытные посевы желудей под пологом леса показали, что шпиговка дает более хороший результат, чем посевы в обработанные площадки и под подстилку на необработанную почву.

8. Одной из главных причин, препятствующих появлению самосева дуба под пологом леса как естественным путем, так и при посеве, являются мыши, которые часто в мало- и среднеурожайные годы почти полностью уничтожают желуди (а в насаждениях 240—260 лет — даже в сильноурожайные годы).

9. Чтобы сохранить от уничтожения мышами желуди, высеянные под пологом леса и на вырубках в приволжских дубравах, необходимо испытать и, в случае успеха, внедрить в производство предпосевную обработку желудей фосфидом цинка, соблюдая при этом соответствующие правила предосторожности. Также следует проводить другие опытные работы, в том числе осенние посевы проросших желудей.

10. Работники лесхозов должны обратить внимание на сохранение самосева и подроста дуба, имеющихся в спелых и старовозрастных насаждениях, а также на вырубках.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. С. И. Васин и А. Г. Козлов. Опыт химической борьбы с мышами. «Лесное хозяйство» № 9, 1954. [2]. Б. И. Гузовский. Хозяйство в нагорных дубравах Ильинского лесничества Казанской губернии, Козмодемьянск, Типография Г. П. Зубкова, 1909. [3]. А. Гурко. Сохраним посевы сосны от грызунов. «Лесное хозяйство» № 11, 1956. [4]. М. Д. Данилов. Успешность искусственного возобновления дуба в нагорных дубравах ЧАССР, «Тр. Чувашского научно-исследовательского института промышленности», вып. IV, Чувашгосиздат, Чебоксары, 1934. [5]. Д. И. Дерябин. Опыт лесовосстановительных мероприятий в дубравах Чувашской АССР, Чувашгосиздат, Чебоксары, 1956. [6]. К. Б. Лосицкий и А. П. Чаркина. Определение возраста защитной спелости лесов 1 группы. Сб. работ по лесному хозяйству. ВНИИЛМ, вып. 32, 1956. [7]. И. В. Маракулин. Осенние гнездовые посевы дуба наклюнувшимися и проросшими желудями. «Лесное хозяйство» № 8, 1952. [8]. Н. В. Напалков. Дубравы северо-восточной лесостепи. Татгосиздат, Казань, 1953. [9]. И. Н. Никитин. Методы осеннего посева желудей. «Лес и степь» № 9, 1950. [10]. Б. Ю. Фалькенштейн. Методические указания к проведению системы мероприятий по борьбе с сусликами при степном лесоразведении. ВИЗР, Л., 1953.

Поступила в редакцию
21 января 1959 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

О РОСТЕ ЛИСТВЕННИЧНЫХ МОЛОДНЯКОВ В УЧЕБНО-ОПЫТНОМ ЛЕСХОЗЕ АЛТИ

В. И. КАЛИНИН

Ст. преподаватель

(Архангельский лесотехнический институт)

В соответствии с задачами, поставленными XXI съездом КПСС перед страной, в Архангельской области будут созданы десятки тысяч гектаров новых насаждений из хозяйственно-ценных и быстрорастущих древесных пород. К 1965 г. на сотнях тысяч гектаров будут проведены работы по содействию естественному возобновлению на вырубках и уходу за лесом.

На Севере основными хозяйственно-ценными древесными породами считаются сосна и ель. Между тем, во многих районах (Плесецкий, Онежский, В.-Тоемский, Виноградовский, Емецкий, Пинежский и Мезенский) Архангельской области в естественных условиях произрастает лиственница Сукачева, обладающая высокими техническими качествами [1], [2], [4].

К сожалению, работники лесхозов Архангельской области еще недостаточно оценивают эту быстрорастущую породу и очень робко внедряют в практику лесокультурного дела. Причиной этого, на наш взгляд, является трудность сбора и низкое качество семян лиственницы, а также недостаточное знание местных особенностей роста.

Кафедрой лесной таксации Архангельского лесотехнического института в 1952 г. начато изучение строения и роста лиственницы в смешанных сосново-лиственничных насаждениях в бывш. Шелековской даче учебно-опытного лесхоза (Плесецкий район, Архангельской области).

Лиственница там встречается в виде примеси к сосне и ели от «единично» до 0,6, чаще всего и в наибольшем количестве в сосняках-черничниках и брусничниках. Площадь насаждений с примесью лиственницы составляет 60,7% общей покрытой лесом площади дачи. Лиственничные насаждения преимущественно перестойные, в. возрасте 160—250 лет; очень небольшая часть молодняков, возникших на гарях и вырубках.

В целях изучения особенностей роста лиственницы в Шелековской даче нами заложено 15 пробных площадей и учетных площадок в смешанных лиственнично-сосновых молодых насаждениях в возрасте от 5 до 60 лет. На большинстве пробных площадей у всех деревьев произведен замер высот и прирост по высоте за последние 4—5 лет. Для каждой ступени высоты срублены модельные деревья и произведен анализ их хода роста.

Пробные площади заложены в насаждениях, произрастающих на открытых местах (на вырубках и гарях), а также под пологом спелого насаждения. Для выяснения роста в течение вегетационного периода в 1955, 1956 и 1957 гг. произведено наблюдение за небольшим количеством (4—2) деревьев лиственницы, сосны и ели, произрастающих на вересковой вырубке и под пологом спелого сосново-лиственничного древостоя IV класса бонитета, с полнотой 0,7.

Объем статьи не позволяет привести полный анализ полученного материала, поэтому ограничимся материалами лишь двух пробных площадей — № 18 и 22.

Пробные площади заложены в одинаковых условиях вблизи друг от друга в лиственнично-сосновых молодняках, возникших на гари 1932 г. недалеко (в 50—60 *м*) от оставшихся после пожара лиственничных деревьев.

Почва — супесчаная, свежая, на тяжелом карбонатном суглинке. В покрове брусника, черника, дикранум и в понижениях кукушкин лен. Бонитет IV. Краткая таксационная характеристика пробных площадей приведена в табл. 1.

Таблица 1

Порода	Возраст, лет	Средние: диаметр в *см*	Средние: высота в *м*	Число деревьев на 1 *га*: в тыс. шт.	Число деревьев на 1 *га*: в %	Состав
Пробная площадь № 18						
Лиственница	13	1,2	2,18	29,1	57,3	6Л4С+Бед.Е
Сосна	16	0,87	1,56	18,9	37,4	
Береза	16	1,78	2,35	2,4	4,7	
Ель	15	—	0,86	0,3	0,6	
Пробная площадь № 22						
Лиственница	15	1,47	2,36	23,7	48,0	
Сосна	16	1,1	1,77	24,9	50,3	
Береза	16	3,4	3,2	0,6	1,1	5Л5С ед.Б,Е
Ель	14	0,67	1,5	0,3	0,6	

Возраст лиственничных деревьев на пробной площади № 18 колеблется от 10 до 16 лет, а сосновых — от 12 до 22 лет. Пробная площадь № 22 была заложена на год позднее первой. Возраст лиственницы здесь колеблется от 11 до 17 лет, а сосны — от 13 до 20 лет. В среднем возраст отдельных пород отличается всего лишь на 2—3 года.

Таблица 2

Ступени высоты в *м*	Число деревьев в %: лиственницы (Пробная площадь № 18)	Число деревьев в %: сосны (Пробная площадь № 18)	Число деревьев в %: лиственницы (Пробная площадь № 22)	Число деревьев в %: сосны (Пробная площадь № 22)
0,2	0,3	0,5	—	—
0,5	1,4	1,0	—	—
1,0	17,2	34,4	15,8	30,4
1,5	15,8	34,0	15,5	26,1
2,0	22,7	13,7	22,8	22,1
2,5	16,8	11,7	11,9	11,7
3,0	13,4	3,7	14,1	4,7
3,5	6,9	0,5	8,1	2,7
4,0	5,5	0,5	6,3	1,3
4,5	—	—	4,2	0,3
5,0	—	—	1,0	0,7
5,5	—	—	0,3	—

Наибольшую высоту имеют березовые деревья, затем лиственничные, сосновые и еловые. Высоты лиственничных и сосновых деревьев колеблются в больших пределах. В табл. 2 приводится процентное распределение числа деревьев лиственницы и сосны по условным ступеням высоты. Наибольшее число деревьев лиственницы на пробах № 18 и 22 имеют высоту 2, а сосны 1 и 1,5 *м*.

Статистические показатели, характеризующие среднюю высоту и колебания в высотах, выражаются величинами, приведенными в табл. 3.

Таблица 3

Статистические показатели	Пробная площадь № 18		Пробная площадь № 22	
	лиственница	сосна	лиственница	сосна
Средняя высота H в *м*	2,18	1,56	2,36	1,77
Основная ошибка средней m в *м*	±0,048	±0,042	±0,058	±0,042
Среднее квадратическое отклонение σ	0,821	0,583	0,974	0,726
Коэффициент варьирования V	37,7	37,4	41	41
Точность исследования P	2,2	2,7	2,45	2,4
Коэффициент различия t	9,6		8,2	

Статистические величины подтверждают правильность вычисленных средних высот. Точность вычислений 2,2—2,7%.

Высокий коэффициент вариации (V) показывает, что в молодняках наблюдаются чрезвычайно большие колебания в высотах.

Способность лиственницы давать большие колебания в диаметрах и высотах в насаждении была отмечена В. В. Матренинским [3] и В. П. Тимофеевым [5]. По данным проф. В. П. Тимофеева, в лиственничном насаждении 57 лет максимальная высота превышает минимальную в 5,6 раза, а в сосновых только в 1,6 раза.

По нашим данным, максимальная высота лиственницы превышает минимальную на пробной площади № 18 в 21 раз, а на пробной площади № 22 в 9 раз, сосны соответственно в 10 и 8 раз.

Как видим, у лиственницы наблюдаются бо́льшие колебания в высотах, чем у сосны. Средние высоты лиственницы по сравнению с сосной на обеих пробных площадях в 1,3—1,4 раза больше, что подтверждается высоким коэффициентом различия ($t = 8{,}2$—$9{,}6$). Отсюда можно сделать вывод, что лиственница обладает бо́льшей энергией роста в высоту, чем сосна.

Таблица 4

Ступени высоты в *м*	Пробная площадь № 18					Пробная площадь № 22				
	лиственница		сосна		расхождение приростов в %	лиственница		сосна		расхождение приростов в %
	число деревьев	текущий прирост в *см*	число деревьев	текущий прирост в *см*		число деревьев	текущий прирост в *см*	число деревьев	текущий прирост в *см*	
1,0	3	9,1	2	9,1	0	2	11,1	3	8,6	—22,5
1,5	4	12,9	6	14,2	+10,1	7	18,4	6	12,4	—32,6
2,0	42	18,1	25	16,2	—10,5	5	18,8	7	15,2	—19,1
2,5	45	23,0	23	19,5	—15,2	3	21,2	4	19,3	— 8,6
3,0	28	26,2	5	24,7	— 5,7	3	30,8	3	23,8	—22,7
3,5	7	30,3	2	30,9	+ 2,0	5	32,5	3	24,8	—23,7
4,0	3	38,2	1	32,2	—15,7	2	35,5	—	—	—
4,5	2	30,2	—	—	—	3	42,4	1	32,5	—23,3

Примечание. Коэффициент различия на пробе № 18 равен 3,26, а на пробе № 22—3,3.

Показателем энергии роста является прирост. У 164 деревьев лиственницы и 91 дерева сосны произведен замер прироста по годам (за последние 5 лет). Распределение числа модельных деревьев и их текущий прирост по ступеням высоты приводится в табл. 4.

Для выяснения хода роста лиственницы по сравнению с сосной в более раннем возрасте на пробной площади № 22 срублено и сгруппировано по ступеням высоты 30 модельных деревьев лиственницы и 27 — сосны. Путем непосредственного замера высоты в 5, 10 и 15 лет произведен анализ хода роста каждого дерева и вычислены средние высоты по пятилетиям для каждой группы модельных деревьев:

Таблица 5

Ступени высоты в *м*	Число деревьев		Средние высоты по ступеням в возрасте, лет					
	лиственница	сосны	5	10	15	5	10	15
	лиственница					сосна		
1,0	2	3	0,34	0,76	1,00	0,31	0,62	1,10
1,5	7	6	0,49	1,03	1,60	0,36	0,81	1,36
2,0	5	7	0,64	1,31	2,10	0,37	0,90	1,55
2,5	3	4	0,73	1,39	2,33	0,55	1,17	2,18
3,0	3	3	0,61	1,42	2,66	0,58	1,37	2,41
3,5	5	3	0,68	1,56	2,91	0,69	1,56	2,67
4,0	2	—	0,90	1,50	3,05	—	—	—
4,5	3	1	0,84	2,06	3,75	1,00	2,25	3,73

Средние высоты древостоев оказались равными:

Таблица 6

Возраст, лет	Средняя высота	
	лиственницы	сосны
5	0,64 ± 0,026	0,47 ± 0,031
10	1,35 ± 0,060	1,06 ± 0,069
15	2,35 ± 0,136	1,87 ± 0,131

Анализируя табл. 5, можно убедиться, что дифференциация деревьев по высоте началась в раннем возрасте. Деревья, имеющие максимальную высоту в настоящее время, имели максимальную высоту и в 5, 10 и 15 лет (эта особенность роста деревьев была подмечена проф. А. В. Тюриным [7] и в более старых насаждениях). Средние высоты почти совпадают с ранее вычисленными по массовым замерам. Разность средних высот сосны и лиственницы составляет 20—26%; по нашим данным, разность в средних высотах с увеличением возраста уменьшается. Это доказывается и коэффициентом различия *t*, который в пятилетнем возрасте равен 4,2, в десятилетнем — 3,2, а в пятнадцатилетнем только 2,5. Объясняется это тем, что число модельных деревьев по ступеням высоты было взято непропорционально общему числу деревьев на пробе.

Все приведенные данные подтверждают преимущество лиственницы перед сосной и характеризуют ее как породу быстрорастущую, обладающую высокой энергией роста.

Дополнительно нами проводились наблюдения за индивидуальным ростом деревьев лиственницы, сосны и ели в течение вегетационного периода в 1955, 1956 и 1957 гг. Высота деревьев от 1 до 3 *м*, возраст от 20 до 30 лет.

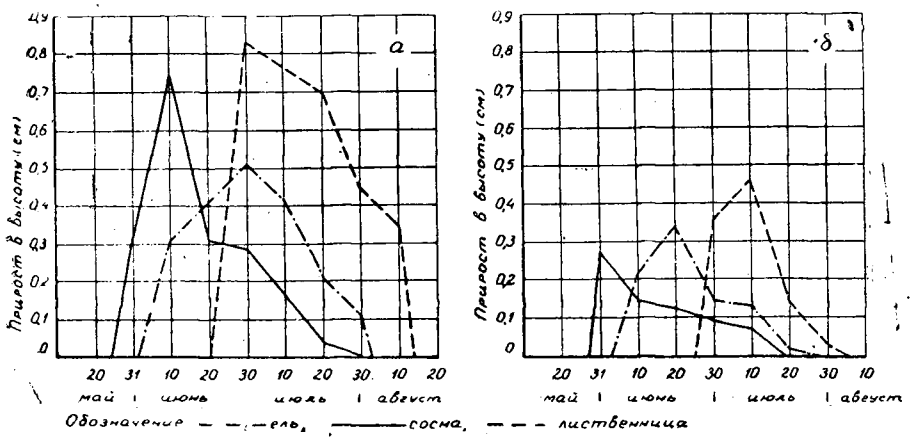


Рис. 1. Среднесуточный прирост в высоту деревьев лиственницы, сосны и ели (по наблюдениям 1955, 1956 и 1957 гг.).

а — на вырубке; *б* — под пологом.

Как оказалось, в условиях Плесецкого района лиственница обладает своеобразными особенностями роста, отличными от тех, которые приводятся в литературе (в частности, от особенностей роста лиственницы в Московской области [6]).

В условиях Шелековской дачи хвоя на лиственнице появляется в конце первой и в начале второй половины мая. У лиственничных дедевьев, произрастающих под пологом, хвоя появляется на 3—4 дня позднее. Продолжительность роста хвои 15—20 дней.

Рост побегов у лиственницы начинается значительно позднее (на 25—30 дней), чем у сосны и ели, и продолжается с конца июня до середины августа. Продолжительность периода роста лиственницы, произрастающей на свободе, больше чем под пологом, но меньше чем у сосны и ели.

Несмотря на более короткий период роста, лиственница дает относительно большой общий прирост в высоту. Максимальный прирост в высоту у лиственницы наблюдается в начале периода роста (см. рис. 1, *а* и *б*).

Все это характеризует лиственницу как породу быстрорастущую, обладающую высокой энергией роста.

Но не всегда и не везде одинаково хорошо себя чувствует лиственница. В отдельные годы у молодых деревьев при одиночном или редком стоянии обмерзают верхушечные почки. В 1956 г. нами было обнаружено в отдельных участках гари и вырубки массовое обмерзание молодых побегов лиственницы. Для определения количества обмерзших деревьев в квартале № 35 в мохово-лишайниковом бору была заложена учетная площадка размером 50 × 20 = 0,1 *га*.

На площадке учтено 252 дерева сосны, 240 — лиственницы и 124 — березы. Состав насаждения (по числу деревьев) 4Л4С2Б. Возраст лиственницы 11—20, сосны 16—20, березы 18—25 лет. Средняя высота лиственницы 1,4 *м*, сосны 1,8 *м* и березы 2 *м*.

При перечете установлено, что зимой 1955/56 гг. у 203 деревьев (из 240) обмерзла верхушечная почка, что привело к отмиранию прошлогоднего побега. У 70 деревьев обнаружены следы обмерзания прошлых лет.

Обмерзание молодых деревьев лиственницы отмечено также на вырубках в тех участках, где лиственничные деревья находятся в свобод-

ном стоянии. В более густых смешанных сосново-лиственничных молодняках с примесью березы, а также под пологом, обмерзания лиственницы не обнаружено.

Кафедрой лесных культур АЛТИ в том же году отмечено стопроцентное обмерзание семилетней лиственницы на лесокультурной площади.

На основе приведенных материалов можно сделать следующие выводы:

1. В одинаковых условиях и в одном возрасте (13—17 лет) лиственница дает на 10—25% больший прирост в высоту, чем сосна.

2. В густых лиственнично-сосновых молодых насаждениях с примесью березы лиственница обладает большей энергией роста, имеет большую высоту, чем сосна.

3. В сильно разреженных молодых насаждениях наблюдаются случаи обмерзания верхушечных побегов лиственницы. Во избежание обмерзаний, нам думается, следует создавать густые смешанные лиственнично-сосновые насаждения с примесью березы.

Приведенные особенности роста, по нашему мнению, следует учитывать в лесокультурном деле при содействии естественному возобновлению и при проектировании мер ухода за молодыми насаждениями лиственницы в Архангельской области.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ф. И. Коперин. Зависимость строения и физико-механических свойств древесины хвойных пород от лесорастительных условий. «Труды Архангельского лесотехнического института им. В. В. Куйбышева», вып. XVI, 1955. [2]. Н. А. Курбатов. Лиственница Европейского Севера. Физико-механические свойства древесины дуба, лиственницы, березы и осины, ЦНИИМОД, 3, 1934. [3]. В. В. Матренинский. Современное и прошлое состояние старых лиственничных и пихтовых насаждений в Лисинском учебно-опытном лесничестве Ленинградского лесного института. «Новая деревня», 1928. [4]. И. С. Мелехов, Н. И. Стрекаловский. К характеристике древесины сибирской лиственницы. «Механическая обработка дерева» № 9, 1934. [5]. В. П. Тимофеев. Лиственница в культуре. М.-Л., 1947. [6]. В. П. Тимофеев. Биологические особенности лиственницы и агротехника ее выращивания. «Лесное хозяйство» № 11, 1954. [7]. А. В. Тюрин. Еловые насаждения в северной и северо-восточной России. «Труды по лесному опытному делу в России», вып. VII, 1916.

Поступила в редакцию
12 ноября 1958 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

К МЕТОДИКЕ УЧЕТА КУЛЬТУР, ПРОИЗВЕДЕННЫХ АЭРОСЕВОМ

П. И. ВОЙЧАЛЬ

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Архангельский лесотехнический институт)

В практике лесокультурного дела огромное значение имеет учет культур, проводимый во всех лесхозах при ежегодных инвентаризационных работах. Значение правильного учета особенно важно в хозяйствах, применяющих различные методы и способы лесных культур. Правильный учет позволяет сравнить эти методы и способы и сделать обоснованные выводы о том, какие из них целесообразно практиковать в дальнейшем в различных климатических и почвенно-грунтовых условиях.

В настоящее время даже в северных областях лесные культуры занимают значительные площади, на которых исключена возможность проведения сплошного учета всех сеянцев. Естественно, что мы вынуждены применять выборочный метод учета; при этом обычно по правилам математической статистики закладываются учетные единицы различной величины и формы, совокупность которых должна правильно отразить количество и качество сеянцев на всем изучаемом участке.

Такой метод случайной выборки безукоризнен с математической точки зрения; он действительно применим к различным (но не всем) вариантам размещения культур. Так, например, при рядовой посадке учетные единицы (отрезки борозд) можно расположить на изучаемой площади чисто механически (скажем, каждый десятый ряд и каждый десятый метр на этих рядах). То же относится к рядовому посеву, посадкам и посевам в площадки и т. д. Но механический подход становится не только спорным, но иногда и совершенно недопустимым в применении к такому довольно распространенному способу культур, как аэросев, который является особой разновидностью разбросного посева.

Проведя учетную линию поперек летных линий (как это всегда и делается), мы получим в схеме ряд посевных полос, непосредственно примыкающих друг к другу. В действительности картина, конечно, сложнее, однако необходимо допустить некоторую схематизацию, чтобы разобраться в его сущности. После этого можно и нужно будет сделать замечания, относящиеся к реальному расположению посевных полос.

На каждой посевной полосе семена и сеянцы (деревца) располагаются неравномерно: в середине — гуще, к крям — реже. Это иллюстрируется табл. 1 (в которой показано число семян на учетных щитах при аэросеве в Бирюковском лесхозе Вологодской области в 1941 г. — летная линия № 8) и табл. 2 (в которой показано число сосенок посева 1952 г. на площадках 1×1 *м*, расположенных непосредственно одна за другой по линии, перпендикулярной к летным линиям, в Квандозерском лесничестве Плесецкого лесхоза).

Таблица 1

№ щита	Число учтенных семян
1	13
2	34
3	77
4	174
5	146
6	44
7	10
8	1
9	0
10	2

Таблица 2

№ площадки	Число сосенок	№ площадки	Число сосенок
1	—	14	8
2	1	15	8
3	1	16	5
4	1	17	6
5	2	18	3
6	3	19	7
7	5	20	7
8	8	21	3
9	15	22	2
10	12	23	1
11	11	24	1
12	5	25	2
13	4		

Обобщая многие случаи распределения семян и сеянцев поперек посевной полосы, можно сказать, что это распределение подчинено законам теории вероятностей и изображается кривой Лапласа — Гаусса (см. рис. 1 и 2). Такое обобщение позволяет математически определить нужные величины вероятностей и проанализировать применяемые способы учета культур, созданных аэросевом.

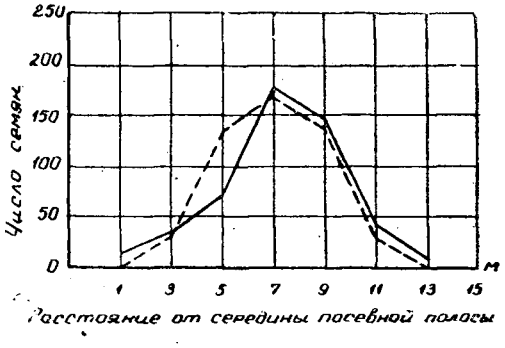


Рис. 1.

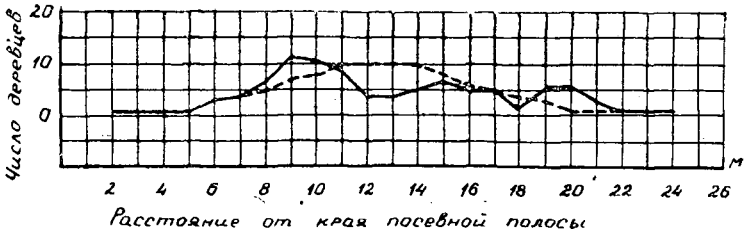


Рис. 2.

Как показывается в настоящей статье, случайное размещение учетных площадок на территориях аэросева может дать несопоставимые цифры, выводы из их сравнения станут невозможными, и весь «статистически обоснованный» учет превратится в ту самую «игру в цифирки», против которой предостерегал В. И. Ленин.

Чтобы показать справедливость только что высказанной мысли, достаточно взять примеры из практики аэросева на Севере.

Пример первый — культуры сосны 1940 г. в Тотемском лесхозе Во-

логодской области. Посев производился по летным линиям, отстоящим друг от друга на 30 *м*. Для учета в 1947 г. через каждые 50 и 100 *м* закладывались учетные площадки размером 10 × 10 *м*. При расположении площадок через 50 *м* первая посевная полоса будет представлена пробной площадью, занимающей первую треть полосы — от 0 до 10 *м*, вторая полоса — площадью от 50 до 60 *м*, четвертая — от 100 до 110 *м*, шестая — от 150 до 160 *м*, и т. д. Пользуясь таблицей значений интеграла вероятности, нетрудно вычислить относительное количество сеянцев (или семян) на каждой учетной площадке. Очевидно, это число сеянцев будет численно равно площади кривой Лапласа — Гаусса, приходящейся на интервал, занимаемый площадкой. В последующем принято, что вся площадь кривой заключается в пределах $\pm 3\sigma$.

Относительные количества сеянцев, приходящихся на различные учетные площадки, показаны в табл. 3 (расстояние между центрами площадок 50 *м*) и в табл. 4 (расстояние между центрами 100 *м*).

Таблица 3

№ площадки	Координаты площадки в *м*	Относительное количество сеянцев (в % от количества сеянцев в полосе)
1	0—10	16
2	50—60	16
3	100—110	48

Из табл. 3 видно, что первая и вторая посевные полосы представлены площадками, включающими 16% всего числа сеянцев в каждой полосе, на третьей и пятой полосах площадок не будет, а на четвертой полосе закладывается площадка, в которую войдут 48% всех растущих там сеянцев. Начиная с шестой полосы, все это распределение повторяется.

Таким образом, площадки, расположенные через 50 *м*, оказались далеко неравноценными.

Таблица 4

№ площадки	Координаты площадки в *м*	Относительное количество сеянцев (в % от количества сеянцев в полосе)
1	0—10	4
2	100—110	68
3	200—210	4

В этом случае первая и седьмая посевные полосы будут представлены площадками, на которых находится всего около 4% сеянцев; вторая, третья, пятая, шестая, восьмая, девятая и десятые полосы окажутся вне учета; на четвертой полосе будет заложена площадка, охватывающая 68% растущих на ней сеянцев. Неравноценность площадок здесь еще более разительна, чем в выше разобранном случае.

Пример второй — культуры сосны 1955 г. в Красноборском лесхозе Архангельской области, учет 1955 г. Учетные площадки 1 × 1 *м* закладывались через каждые 3 *м*. Расстояние между соседними летными линиями — 20 *м*. Относительное количество сеянцев, приходящееся на различные учетные площадки (при ширине посевной полосы 20 *м* и расстояниях между центрами площадок 3 *м*), представлено в табл. 5.

Таблица 5

№ площадки	Координаты площадки в *м*	Относительное количество сеянцев (в % от количества сеянцев в полосе)
1	0— 1	0
2	3— 4	4
3	6— 7	14
4	9—10	24
5	12—13	18
6	15—16	6
7	18—19	1
8	21—22	1
9	24—25	6
10	27—28	18
11	30—31	24
12	33—34	14
13	36—37	4
14	39—40	0
15	42—43	2
16	45—46	10
17	48—49	22
18	51—52	22
19	54—55	10
20	57—58	2
21	60—61	0

Как видно из табл. 5, отдельные учетные площадки весьма неравноценны в том, как они отражают число сеянцев в целой посевной полосе: относительное количество сеянцев в площадке колеблется от 24 до 0%. Однако в каждой посевной полосе имеется несколько учетных площадок (6 или 7); суммируя численность сеянцев на них, можно получить следующее: в пределах первой полосы (первая — седьмая площадки) учитывается 67%, в пределах второй полосы (восьмая — четырнадцатая площадки) — 67%, в пределах третьей полосы (пятнадцатая — двадцатая площадки) — 68% сеянцев. Из этих цифр видно, что во втором примере расположение площадок значительно удачнее — оно в одинаковой степени отражает число сеянцев в каждой посевной полосе. Следует попутно отметить, что в рассматриваемом случае протяженность перечетов составляет 30—35% протяженности всей линии, на которой располагаются учетные площадки. В первых же двух случаях (пример первый) эта протяженность составляет соответственно 20 и 10%. Отсюда напрашивается вывод, что, по-видимому, протяженность перечетов должна быть не менее 30% протяженности учетной линии.

С другой стороны, вышеизложенные материалы и подсчеты показывают, что расстояние между учетными площадками нельзя принимать произвольно. Если, например, взять такой случай расположения выделов на территории аэросева, при котором один выдел простирается от 30 до 180 *м* и представлен учетной площадкой № 2 (согласно табл 4), а другой выдел тянется от 180 до 290 *м* и учтен площадкой № 3, то только за счет расположения этих площадок число сеянцев, учтенных на первом выделе, будет в 17 раз больше числа сеянцев, учтенных на втором выделе. Конечно, в этих условиях совершенно невозможно правильно судить о степени влияния различных факторов лесорастительной среды на количество сеянцев (грунтовую всхожесть и приживаемость). Опираясь на небольшой материал, имеющийся в нашем распоряжении, мы можем сказать, что указанное обстоятельство затрудняет также суждения о качестве сеянцев, поскольку ближе к границам посевной полосы часто при посеве ложатся более легкие семена, обладающие пониженными посевными достоинствами.

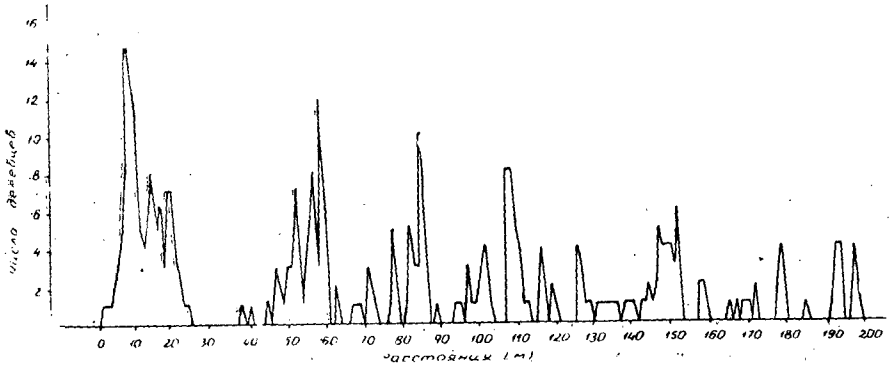


Рис. 3.

Все сказанное относится к идеальному случаю распределения семян и сеянцев по кривой Лапласа — Гаусса в направлении, перпендикулярном летным линиям. Реальное распределение более или менее отличается от этого идеального случая вследствие ряда причин, среди которых можно назвать такие, как отклонение курса самолета от указываемой линии, снос семенной волны боковым ветром, различное качество семян в разных местах посевной полосы и, вероятно, другие (см. рис. 3). Одно, на наш взгляд, остается безусловным — при всех отклонениях от идеального случая распределение семян и сеянцев остается неравномерным, имеющим волнообразный характер.

В этих реальных условиях возможность ошибок в определении числа сеянцев, надо полагать, еще возрастет. Поэтому необходима разработка таких способов учета культур, произведенных аэросевом, которые исключали бы возможность появления отмеченных выше ошибок и были бы безукоризненными в методическом отношении. Безусловно, для разработки таких способов следует внимательно проанализировать существующие опытно-исследовательские и производственные материалы учета культур, посеянных с самолета. Здесь же можно высказать некоторые предварительные соображения.

Исходя из всего сказанного, нам представляется, что наиболее общим решением вопроса о методике учета культур, произведенных аэросевом, должен являться отказ от закладки учетных площадок (особенно при редком их расположении) и переход к ленточным перечетам вдоль всей учетной линии с разделением перечета по сделанным ранее выделам, отличающимся лесорастительными условиями, в первую очередь по типам вырубок. Это может увеличить объем учетных работ, но зато, безусловно, обеспечит получение надежных цифр и правильных выводов. В первые годы жизни культур, при наличии большого количества сеянцев, возможно применение отдельных площадок, однако, они должны быть достаточно близкими друг к другу.

Затронутый в настоящей статье вопрос пока очень мало разработан и нуждается в накоплении и обобщении большого натурного материала. Поэтому крайне желательна скорейшая его разработка, существенно важная как для научной теории аэросева, так и для широкой лесохозяйственной практики.

Поступила в редакцию
23 декабря 1958 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТАДИЙНО-ВОЗРАСТНОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИНСКИХ ДЕРЕВЬЕВ

Т. А. ЛЕУХИНА

Ассистент

(Поволжский лесотехнический институт)

Вопросам наследования морфологических особенностей всегда уделялось большое внимание; об этом писали в своих трудах И. В. Мичурин [3], а также ряд ученых-лесокультурников и селекционеров.

Акад. А. С. Яблоков [4] указывал, что для заготовки высококачественных семян с хорошими породными особенностями необходим отбор лучших маточных насаждений, а в пределах насаждений — наиболее ценных деревьев.

Мы поставили задачу выяснить, имеется ли закономерная связь между морфологическими признаками сеянцев сосны и возрастным стадийным состоянием их материнских деревьев; установить, в какой мере передаются по наследству основные морфологические особенности материнских деревьев, выяснить значение отбора семенных деревьев и сеянцев при выращивании наиболее быстро растущих насаждений. Исследования проводились с 1953 по 1958 г. Летом 1953 г. в квартале 88 Кундышевского лесничества Суслонгерского лесхоза была заложена пробная площадь в 0,7 *га*. Тип леса — свежий бор; состав насаждения 10С, ед. Б; древостой IV класса возраста; полнота 0,8; площадь полога 44,8%.

Таблица 1

Категория, число деревьев	Таксационная характеристика деревьев							
	высота в *м*	диаметр в *см*	проекция крон				длина кроны	расстояние до первого живого сучка
			С	Ю	З	В		
IA/68	24,2	34,5	2,3	3,0	3,0	3,6	13,0	11,0
I/58	26,7	36,0	2,2	3,0	3,5	2,0	12,0	14,0
II/94	26,5	32,3	3,1	2,0	2,2	1,8	10,5	14,5
III/84	23,0	26,1	1,2	1,9	1,5	1,2	10,0	12,0

Рельеф пробной площади ровный, со слабым понижением к северу. Почва слабоподзолистая, песчаная на древнеаллювиальных рыхлых песках. Летом 1953 г. был проведен сплошной перечет деревьев по категориям согласно классификации М. Д. Данилова [1], причем фаутные и поврежденные деревья не учитывались. Обработанные материалы перечета даны в табл. 1.

После сплошной рубки с каждого дерева раздельно собирали шишки, часть которых брали с одинокостоящих деревьев. Семена извлекались в шишкосушильне Куярского лесхоза. Посев семян произведен в 1954 г. на площади 0,1 *га* в питомнике учебно-опытного лесничества Поволжского лесотехнического института, расположенном в квартале 59 (тип леса — свежий бор) на почве, сходной с почвой пробной площади, где производили сбор.

В 1955 и 1956 гг. семена высеяли на территории дендрологического сада Поволжского лесотехнического института на дерново-среднеподзолистой суглинистой почве и в питомнике Нолькинского лесничества учебно-опытного лесхоза на легкосуглинистой среднеподзолистой почве.

Посев производился вручную.

Норма высева — 1,5 *г* на 1 *пог. м.* Расстояние между рядками 20 *см*.

В табл. 2 показано распределение осадков по месяцам в течение вегетационных периодов 1954, 1955 и 1956 гг.

Таблица 2

Годы	Месяцы				
	III декада мая	июнь	июль	август	первая декада сентября
1954	13	33	157	17	6
1955	17	43	46	44	1
1956	35	28	76	59	16

Примечание: Количество осадков в течение года колебалось от 518 до 571 *мм*. Средняя температура была 2,8° С.

Недостаточное количество осадков в мае и июне 1954 г. сказалось несколько отрицательно на состоянии всходов. Для сохранения влаги в почве проводилось временное мульчирование.

Весной 1956 г. двухлетние сеянцы (7600 шт.) были отсортированы согласно ГОСТу 3317—55 и в пределах каждого сорта — на группы по следующим морфологическим признакам *: высоте сеянцев, длине главного корня, диаметру у корневой шейки, длине хвои, углу отхождения боковых побегов и, следовательно, расположенной на них попарно хвои, углу отхождения боковых корней первого и второго порядков, наличию или отсутствию почек или слабых ответвлений у основания головки сеянцев, длине и количеству междоузлий и инверсии междоузлий.

В результате изучения этих признаков в пределах каждого сорта выявились 4 группы сеянцев, условно обозначенных соответственно обозначению категорий деревьев: IA, I, II и III.

Сеянцы группы IA характеризуются сравнительно коротким, толстым у корневой шейки стволиком. У основания головки (первые междоузлия снизу) имеется много развитых почек, иногда слабых ответвлений. Головка (часть стволика, несущая хвою) короткая. Угол отхождения хвои второго года и первых боковых корней больше, чем у сеянцев других групп. Признаки этой группы наиболее резко выражены у сеянцев, полученных из семян одинокостоящих деревьев.

* По методике Н. П. Кренке [3] и его сотрудников.

Сеянцы I группы у основания головки имеют две или три почки, не развивающиеся в побеги. Угол отхождения хвои меньше, чем в группе IA. Большая часть сеянцев из семян деревьев I категории имеют признаки этой группы.

У сеянцев II группы головка длинная. Боковые почки или едва заметны, или отсутствуют. Боковые корни отходят под сравнительно острым углом.

У сеянцев III группы хвоя отходит под острым углом. Боковые почки у основания головки отсутствуют. Диаметр корневой шейки и высота меньше, чем у сеянцев II группы; более острый угол отхождения хвои.

Таблица 3

Морфологические признаки сеянцев	Статистические величины	Группы сеянцев посева							
		1954 г.				1956 г.			
		IA	I	II	III	IA	I	II	III
Высота в *см*	*M*	10,41	15,0	14,5	12,0	14,0	18,0	17,3	15,7
	σ	—	—	—	—	2,60	2,45	0,62	1,55
	m	—	—	—	—	0,58	0,56	0,13	0,34
	C	—	—	—	—	18,3	12,9	3,5	9,8
	P	—	—	—	—	4,1	3,0	0,7	2,1
Диаметр корневой шейки в *см*	*M*	3,0	3,7	3,5	2,8	4,07	3,6	3,5	3,0
Длина главного корня в *см*	*M*	26,0	29,0	29,0	28,0	33,0	35,0	34,5	28,3
	σ	—	—	—	—	3,8	4,8	2,5	2,2
	m	—	—	—	—	1,0	1,3	0,65	0,54
	C	—	—	—	—	11,5	13,6	7,5	7,9
	p	—	—	—	—	3,0	3,7	2,0	1,9
Длина головки в *см*	*M*	5,5	10,0	11,5	7,5	11,0	15,3	14,8	12,7
	σ	—	—	—	—	2,60	2,20	1,40	1,51
	m	—	—	—	—	0,58	0,50	0,37	0,34
	C	—	—	—	—	23,7	14,5	9,4	11,8
	p	—	—	—	—	5,7	3,2	2,5	2,6
Количество хвои второго года, шт.	*M*	42	70	86	44	82	122	104	98
	σ	—	—	—	—	18,0	22,0	15,1	19,2
	m	—	—	—	—	4,5	5,0	3,3	4,3
	C	—	—	—	—	22,0	18,0	14,6	20,0
	p	—	—	—	—	5,4	4,1	3,1	4,4
Длина хвои второго года в *см*	*M*	10,8	10,2	10,0	9,4	9,96	9,66	9,18	7,72
Угол отхождения хвои второго года от стволика в °	*M*	—	—	—	—	60,6	48,7	37,0	35,6
	σ	—	—	—	—	11,5	8,0	7,15	6,9
	m	—	—	—	—	0,821	0,560	0,510	0,420
	C	—	—	—	—	18,9	16,3	19,3	19,3
	p	—	—	—	—	1,35	1,1	1,37	1,18
Инверсия междоузлий	*M*	—	—	—	—	0,350	0,553	0,648	0,667
	σ	—	—	—	—	0,071	0,060	0,067	0,077
	m	—	—	—	—	0,018	0,011	0,017	0,018
	C	—	—	—	—	20,4	10,9	10,4	11,5
	p	—	—	—	—	5,14	2,06	2,60	2,70

Примечания: 1. Инверсией Н. П. Кренке названо отношение между длиной последних междоузлий первого года и первых междоузлий второго года. 2. *M* — среднее значение признака; σ — среднеквадратичное отклонение; *m* — ошибка среднего; *C* — коэффициент изменчивости; *p* — показатель точности.

Согласно теории Н. П. Кренке, возрастное состояние растения (обусловливающееся не только календарным возрастом, но и факторами внешней среды и наследственными свойствами организма) проявляется в изменении формы и величины метамерных органов.

На основании изучения морфологических, физиологических и биохимических признаков растения в определенных условиях выращивания можно предусмотреть особенности дальнейшего развития его (скороспелость или позднеспелость).

Введение в ГОСТ дополнительного критерия оценки сеянцев по морфологическим признакам имеет большое значение для выращивания насаждений с более высокой продуктивностью.

Производство культур сеянцами, отсортированными с учетом их морфологических особенностей, позволит в какой-то мере предсказать будущие свойства насаждений, создаваемых в определенных условиях среды.

Количественные показатели морфологических особенностей различных групп двухлетних сеянцев посева 1954 и 1956 гг. приведены в табл. 3.

Следует оговориться, что рост и развитие сеянцев зависят от условий среды, поэтому количественные показатели морфологических признаков не могут иметь абсолютно устойчивого значения.

Морфологические особенности сеянцев различных групп одновременно отражают их физиологическую разнокачественность. Сеянцы группы IA обладают более быстрым развитием. Сеянцы группы II и III имеют признаки, характеризующие их медленное развитие.

Раздельный посев семян от каждого дерева позволил нам учесть количественное соотношение сеянцев вышеуказанных групп в потомстве каждого дерева (см. табл. 4).

Таблица 4

Категории деревьев по классификации проф. М. Д. Данилова	Распределение сеянцев (в %) по морфологическим группам			
	IA	I	II	III
Одинокостоящие	100	—	—	—
IA	59,0	22,2	9,7	9,0
I	40,0	30,0	6,5	23,5
II	20,8	5,0	51,2	23,8
III	21,2	9,3	17,3	52,3

Данные выхода сеянцев по морфологическим группам из семян различных категорий деревьев по классификации проф. М. Д. Данилова приводят к выводу о наследовании морфологических особенностей материнских деревьев.

Различие в качестве сеянцев, выращенных из семян одновозрастных деревьев различных категорий, сказывается так же на характере их роста в культурах. В апреле 1956 г. двухлетние сеянцы были высажены на площади 2,2 *га* на лесосеке 1955 г. в квартале 47 учебно-опытного лесхоза. Тип леса — свежая суборь. Почва дерново-подзолистая на глубоких древнеаллювиальных слоистых супесях с прослойками суглинков. Рельеф ровный.

Посадка сеянцев производилась под меч Колесова. Сеянцы высаживались рядами, раздельно от каждого материнского дерева. Уход за культурами заключался в своевременной прополке и осветлении. В течение трех лет в сентябре каждого года все саженцы измерялись. Данные измерений суммировались по категориям материнских деревьев и обрабатывались статистически. В табл. 5 показана высота (в *см*) саженцев различных категорий.

Таблица 5

Дата измерений	Статистические показатели	Категории материнских деревьев				
		одиноко-стоящие	IA	I	II	III
XI-1957 г.	*M*	30,3	27,7	36,9	37,6	34,5
	σ	5,4	6,44	7,4	7,2	7,2
	m	1,4	0,75	0,76	0,61	0,44
	C	17,8	23,2	20,0	19,1	20,8
	p	4,6	2,7	2,06	1,6	2,7
XI-1958 г.	*M*	59,48	65,04	74,9	79,04	71,18
	σ	10,8	16,5	12,5	12,12	12,0
	m	1,8	1,17	1,18	0,81	1,0
	C	18,1	25,3	16,6	15,3	16,8
	p	3,01	1,8	1,57	1,02	1,4

Данные табл. 5 указывают на значительные различия в быстроте роста саженцев. Если высоту саженцев, полученных из семян деревьев, выросших на свободе, за сентябрь 1958 г. принять за 100%, то высота саженцев от деревьев IA категории составит 109%, от деревьев I категории — 126%, II категории — 133%, от деревьев III категории — 120%.

Саженцы I, II и III групп и в культурах отличаются более ровным стволиком и стройностью.

Морфологические особенности саженцев на третий год проявляются отчасти в характере заложения побегов мутовки. У некоторых саженцев один из побегов мутовки догоняет в росте осевой побег, вследствие чего получается двухвершинность, которая встречается в потомстве всех категорий деревьев; однако наибольшее количество двухвершинных сосенок отмечено у саженцев, выращенных из семян деревьев категории IA.

Категории материнского дерева . . .	IA	I	II	III
Количество двухвершинных саженцев в %	21	9,3	8,6	5,0

Данные учета особенностей роста и развития саженцев от трехсот сорока четырех деревьев определенно показывают, что в условиях свежей субори лучший рост и формирование более стройного стволика наблюдается у саженцев, выращенных из семян деревьев I, II и III категорий.

Выводы

1. Морфологические особенности сеянцев отражают их физиологическую разнокачественность, особенности их роста и развития.

2. Наследственные качества семян находятся в зависимости от стадийно-возрастного состояния семенных деревьев. Морфологические особенности материнских деревьев наследственны. Лучшими семенными деревьями являются наиболее быстрорастущие, мало сбежистые деревья (по классификации проф. М. Д. Данилова — деревья I и II категорий).

3. По морфологическим признакам можно производить отбор посадочного материала с лучшими лесоводственными качествами.

4. Для выращивания прямоствольных, быстрорастущих и долговечных насаждений лучшим посадочным материалом являются сеянцы с высоким прямым стволиком, с длинной головкой и хорошо развитой корневой системой (сеянцы морфологических групп I и II).

5. Сортирование посадочного материала с учетом морфологических признаков особенно важно при посеве семенами, разнородными по происхождению.

6. Выращивание сеянцев из семян деревьев I и II категорий, производство культур отборными сеянцами с учетом их морфологических особенностей позволит создать насаждения, лучшие по энергии роста и качественным наследственным признакам.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. М. Д. Данилов. Классификация деревьев в древостоях на основе теории стадийного развития. «Лесное хозяйство» № 3, 1949. [2]. Н. П. Кренке. Теория циклического старения и омоложения растений. Сельхозгиз, 1940. [3]. Проф. А. С. Яблоков. Лесное семеноводство и селекция. Гослесбумиздат, 1949.

Поступила в редакцию
17 января 1959 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

О СНИЖЕНИИ ВОЗРАСТА РУБКИ ДЛЯ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ (Abies sibirica) В СВЯЗИ С ЗАРАЖЕННОСТЬЮ ЕЕ ГНИЛЯМИ, ВЫЗЫВАЕМЫМИ ГРИБАМИ

П. А. МИШИН

Инженер

(Гипролестранс)

В западном Предуралье и в большей части Сибири весьма распространенными являются древостои пихты сибирской, причем в отдельных географических районах (Алтай, Хакассия, предгорья Саян) сконцентрировано огромное количество ее (промышленные запасы древесины исчисляются там многими сотнями млн. $м^3$). Однако, как показывает ряд исследователей (В. П. Драверт и В. В. Попов — Горная Шория; Б. И. Кравцов — Ойротия, Саяны и бывший Кузнецкий район; И. Е. Андреев — Башкирская АССР; С. Н. Горшин — Семитское лесничество Татарской АССР; проф. А. А. Юницкий — Ижевские леса), большая часть древостоев поражена гнилями, вызванными грибами.

Установление количества и видов фаутности и общего санитарного состояния лесов имеет большое практическое значение как для ведения правильного лесного хозяйства, так и для промышленного освоения их. В связи с этим вызывают интерес данные, полученные комплексной экспедицией Гипролестранса 1940 г., производившей технические изыскания для промышленного освоения лесных массивов бассейна р. Убы (правого притока р. Иртыша) Убинского лесхоза В.-Казахстанской области.

В комплекс работ экспедиции, помимо изысканий путей, входили лесоинвентаризация на общей площади 44,7 тыс. *га* с таксацией по визирам через 250 и 500 *м*, съемка рельефа, исследования почв, типов леса, лесовозобновления и зараженности древостоя.

Лесосырьевой группой экспедиции под руководством автора этой статьи были произведены специальные исследования зараженности гнилями, вызываемыми грибами, древостоев пихты сибирской *.

Лесные массивы, подвергшиеся специальному обследованию, расположены в западной части горного Алтая и представлены типичным горным лесным ландшафтом с колебаниями высот рельефа от 700 до 1200—1400 *м* над уровнем моря. Отдельные вершины в лесной зоне достигают 1600—1800 *м*.

---

* В работе экспедиции (а также и как консультант) принимал непосредственное участие доцент кафедры древесиноведения Ленинградской лесотехнической академии им. С. М. Кирова Ф. А. Соловьев.

Обследованный лесной массив рубкам не подвергался.

Покрытая лесом площадь составляет 61% и представлена древостоями с господством пихты сибирской, произрастающей главным образом на северных склонах. (Южные склоны большей частью безлесны и покрыты густой кустарниковой растительностью из акации желтой, таволги, шиповника, жимолости татарской и др.)

Распределение древостоев пихты по классам бонитета и возраста следующее:

Класс бонитета	%	Класс возраста	%
II	12	III	4
III	71	IV	31
IV	15	V	47
V	3	VI	16
		VII	2
		VIII	Менее 1

В смежном районе по рр. Черной и Белой Убе в аналогичных условиях рельефа, климата и почв имеются наравне с древостоями пихты и древостои ельников, представленных VII классом возраста — 14%, VIII — 19% и IX — 12%. Это обстоятельство указывает на то, что пихта сибирская значительно менее долговечна, чем ель.

Как показали исследования, жизнеспособность пихты тесно связана с ее зараженностью гнилями.

Массовый количественный и качественный учет зараженности древостоев пихты (в основном III бонитета и V класса возраста), произведенный различными методами, дал следующие результаты:

Таблица 1

Способ учета	Всего учтено деревьев, шт.	Здоровых		Зараженных	
		шт.	%	шт.	%
Сплошной перечет на 1442 ленточных пробах общей площадью 28,8 *га*	12804	8700	68	4104	32
Сплошной перечет на товарных пробных площадках с разбивкой стволов на здоровые и зараженные (10 пробных площадей по 1 *га*)	4897	2982	61	1915	39
Учет по модельным деревьям (до их рубки, отобранным статистическим методом на товарных пробных площадях (проводили подробный осмотр и простукивание)	624	267	43	357	57
То же после их раскряжевки	633	243	38	390	62
Учет гнилей по пням на лесосеках сплошной рубки площадью 2 *га*	965	316	33	649	67

Глазомерный метод учета зараженности всегда дает значительно преуменьшенные результаты, так как при этом не обнаруживаются скрытые формы гнилей. Наиболее близкие к действительности результаты дает метод учета модельных деревьев, отобранных статистическим методом и затем раскряжеванных. Метод учета зараженности по пням дает хорошие результаты только в отношении корневых и комлевых гнилей, вызываемых различными грибами. В случае же повреждения дерева грибом-трутовиком Гартига результаты будут преуменьшены, так как гниль от этого гриба, опускаясь из ствола, не всегда достигает высоты пня.

Распределение (в %) зараженности деревьев пихты различными видами грибов в пределах указанных методов учета дается ниже.

Таблица 2

Способ учета	*Fomes annosus*	*Fomes Hartigii*	*Polyporus faligi-nosus*	*Pholiota adipo-sa*	Прочие виды
Перечет на ленточных пробах	63	28	4	1	4
Перечет на товарных пробах	51	30	5	2	12
Глазомерный учет по моделям	48	29	8	4	11
После раскряжевки выбранных моделей	58	13	7	3	18
Учет по пням на лесосеке	78	6	11	3	2

Видовой состав грибов, вызывающих гниль у растущей пихты, ограничен (в противоположность мертвой древесине, для которой число видов достигает 100).

Главным и наиболее распространенным вредителем является корневая губка (*Fomes annosus* Fr.): Гниль, вызываемая ею, относится к типу сердцевинных комлевых гнилей (рис. 1).

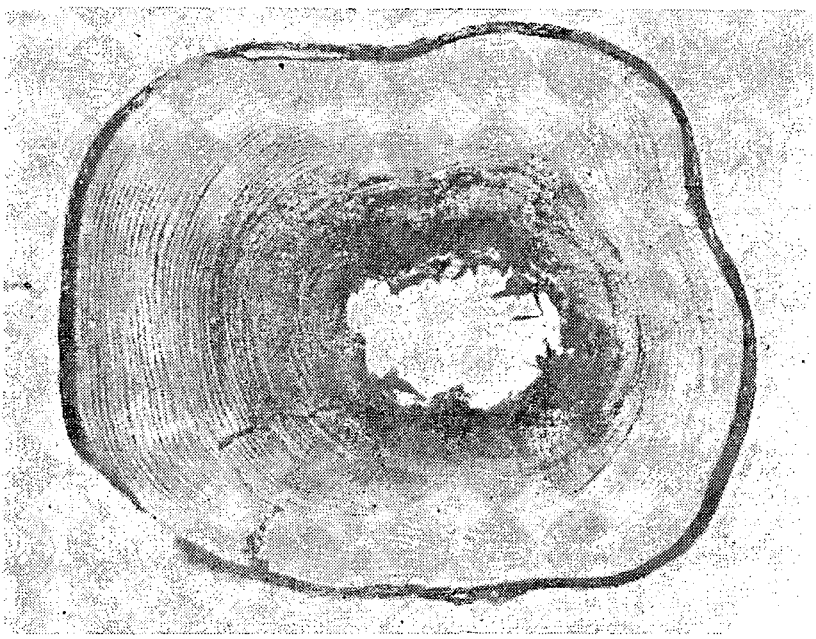


Рис. 1. Сердцевинная гниль сибирской пихты от гриба *Fomes annosus* Fr. — корневая губка.

Деревья пихты, зараженные корневой губкой, составляют от 50 до 75% общего числа зараженных деревьев.

Распространение этого вида гнили по стволу находится в корреляционной и эмпирической зависимости от распространения ее по диаметру на пне.

В табл. 3 приводятся данные этой зависимости, полученные для древостоев III бонитета.

(Приведенные в таблице данные имеют практическое значение при раскряжевке хлыстов.)

На втором месте по степени встречаемости стоит трутовик Гартига (*F. Hartigii* All. [*Phellinus Hartigii* (All. et Schnab.) Bond]), повреждения которым достигают 30% от общего числа зараженных деревьев.

Таблица 3

Диаметр гнили в *см* на высоте пня 20—25 *см*	Протяженность гнили по стволу в *м*
4	0,48
6	0,58
8	0,63
10	0,76
12	0,93
14	1,14
16	1,43
18	1,67
20	2,00
22	2,36

Помимо указанных в табл. 2 видов грибов, наиболее видное место занимает бурая сердцевинная гниль (поражает 4—6 *м* длины ствола).

Плодовых тел грибов этой гнили обнаружить не удалось.

Кроме того, встречаются *Pholiota Squarrosa* Karst. в припойменной части; *Fomes pinicola* Fr. (трутовик окаймленный) на срубленной и валежной древесине и единично на растущих деревьях; *Polyporus Schweinitzii* Fr. (трутовник Швейнитца); *Polyporus triqueter* Secr. (еловый трутовик) на единичных деревьях с сильным разрушением древесины; *Armillaria mellea* (Vahl) Quel. (опенок осенний), более распространенный в условиях временного избыточного увлажнения.

Кроме гнилей, следует отметить весьма распространенный порок растущей пихты — водослой (мокрослой — избыточное увлажнение внутренней части спелой древесины, достигающее 80—90%); водослой поражает 70—90% общего количества деревьев, и только в высокогорных пихтачах IV—V бонитета он встречается реже. Причины образования водослоя у пихты до настоящего времени не изучены, однако можно предполагать, что образование его имеет связь с заражением корневой губкой.

В табл. 4 показано (в%) количество здоровых и поврежденных гнилями деревьев пихты в зависимости от возраста, полученное по модельным деревьям, срубленным и раскряжеванным на товарных пробных площадях.

Таблица 4

Категория деревьев	Группы возраста, лет								
	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	101—110	111—120	121—130	131—140
Здоровые	92	92	83	76	66	63	33	9	9
С гнилью до $^1/_5$ диаметра	2	2	5	4	6	5	5	17	25
С гнилью свыше $^1/_5$ диаметра	6	6	12	20	28	32	62	74	66

В табл. 5 приводятся результаты массового глазомерного учета зараженных деревьев на ленточных и товарных пробах применительно к условиям местопроизрастания.

Таблица показывает, что чем выше бонитет, тем больше зараженность, и наоборот.

Это подтверждается исследованиями Горшина (I бонитет — 95% зараженности) и Андреева (IV бонитет — 25% зараженности).

Весьма характерно, что отношение массы пораженных гнилями стволов к массе всех стволов в 1,7—1,8 раза больше чем для числа

Таблица 5

Часть склона	Бонитет	Класс возраста	Всего учтено деревьев	Здоровых		Зараженных	
				в % от числа деревьев	в % от общей массы	в % от числа деревьев	в % от общей массы
Нижняя . .	III÷II	V÷VI	5713	63,5	37,6	36,5	62,4
Средняя . .	III	V÷VI	7391	69,2	46,2	30,8	53,8
Верхняя . .	IV÷V	V	3272	75,5	54,7	24,4	45,3

стволов, что указывает на поражение гнилями преимущественно толстомерных деревьев, то есть более старых по возрасту.

Как уже указывалось, массовый глазомерный учет зараженности на пробах дает значительно преуменьшенные результаты; следовательно, фактическая зараженность будет выше, чем показано в табл. 5.

Прямым следствием зараженности пихты гнилями грибов является наличие большого количества сухостоя и валежа.

Так, на 28,8 *га* ленточных пробных площадей сухостой происхождения 1940 г. составляет 2—2,5%, а ветровал и бурелом до 3% массы растущих деревьев (то есть ежегодный отпад — 5%). Наличие учтенного накопленного сухостоя за годы, предшествующие 1940 от 10 до 12%, а валежа до 10%.

Этим объясняется невысокая (0,5—0,6) средняя полнота исследуемых древостоев пихты.

Ветровал и бурелом на 94% состоят из зараженных деревьев. Из общего количества ветровальных деревьев 90% заражено корневой губкой.

Иное наблюдается у бурелома, где на корневую губку приходится 39%, трутовик Гартига — 29%, смешанную гниль — 12% и на прочие гнили — 20%.

Свыше 70% ветровальных и буреломных деревьев имеют диаметры от 32 до 60 *см* (при среднем диаметре древостоев 26—28 *см*).

Средняя высота слома при поражении трутовиком Гартига 5 *м*, а при прочих гнилях от 0,7 до 2 *м*.

Зараженность растущих деревьев (III бонитет) гнилями, вызванными грибами, в сильной степени влияет на выход деловой древесины, что наглядно иллюстрируется на помещаемом ниже графике (см. рис. 2).

При этом надо учесть, что первая стадия гнили под названием «твердая темника», хотя и допускается в деловой древесине, но значительно снижает качество и сортность ее.

В результате всестороннего исследования древостоев пихты сибирской в Западном Алтае, а также древесины на складах, установлено, что пихта в сильной степени заражена дереворазрушающими грибами, и что степень зараженности находится в прямой зависимости от возраста.

Начальный возраст пихты, при котором происходит заметное развитие гнили в стволе (главным образом, от корневой губки), определился в 40—50 лет; в возрасте 100 лет зараженность растущих деревьев пихты достигает катастрофических размеров (см. табл. 1).

Массовая зараженность древостоев пихты гнилями в V классе возраста приводит к потерям древесины, в два раза превышающим средний прирост древостоев.

Появляющийся сухостой и валежник (10—12% запаса растущего леса) создают очаги заражения и захламление древостоев, опасные в пожарном отношении.

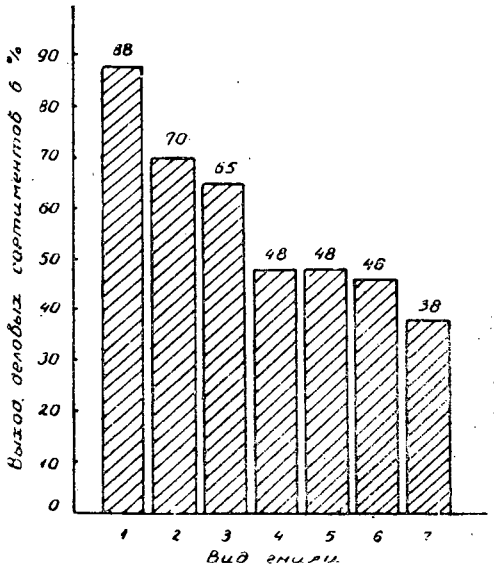


Рис. 2. Выход деловых сортиментов из здоровых и зараженных различными видами грибов стволов пихты (III бонитет). *1* — здоровые; *2* — *Ph. adiposa*; *3* — *F. annosus*; *4* — *F. robustus*; *5* — *P. fuliginosus*; *6* — бурая гниль; *7* — смешанная гниль.

Во избежание массовых потерь древесины, снижения сортности и качества ее необходимо вести рубку в возрасте, дающем меньшие потери выхода деловых сортиментов.

Как показали наши исследования, этим условиям будет отвечать возраст 70—80 лет, обеспечивающий в достаточной степени наиболее распространенный выход сортиментов, как-то: пиловочные и строительные бревна, крепежный лес и балансы.

Есть все основания полагать, что и для других районов (как это видно из материалов многих исследователей) этот возраст будет близким к указанному нами.

Простое организационное мероприятие (вытекающее из биологических особенностей пихты и ее восприимчивости к грибным заболеваниям) — установление оптимального возраста рубки, — будет иметь большое народнохозяйственное значение в экономике нашей страны: во-первых, рубка в этом возрасте повысит выход деловой древесины на 15—20% по сравнению с рубкой в VI классе возраста, установленном Министерством лесного хозяйства для пихты; во-вторых, ускорит оборачиваемость пользования лесом на 20—30 лет без потерь в приросте за это время; в-третьих, позволит вовлечь в эксплуатацию мощные запасы резервов древесины V класса, находящихся под запретом для рубки, и создаст условия рентабельного применения комплексной механизации лесозаготовок и транспорта (при существующих требованиях этого сделать нельзя, так как участки древостоев пихты VI класса и старше носят вкрапленный характер и не могут представлять объекта лесоэксплуатации); в четвертых, будет прекращено ненужное накопление запасов с массовой зараженностью древостоев гнилями.

Одновременно с этим вырубка с 70—80 лет поведет к постепенному омоложению и оздоровлению пихтачей и откроет возможности их реконструкции за счет ввода устойчивых против гнилей пород.

Министерству сельского хозяйства СССР необходимо в самое ближайшее время пересмотреть в ряде районов организационные формы хозяйства на пихту сибирскую, используя для этой цели имеющиеся исследовательские материалы.

Кроме того, необходимо специально заняться изучением зараженности пихты гнилями по отдельным лесорастительным и экономическим районам для установления соответствующих форм хозяйства с учетом целевого назначения лесосырьевых баз в районах тяготения к предприятиям целлюлозно-бумажной и угольной промышленности.

Нельзя мириться дальше с тем положением, когда лесное хозяйство и лесная промышленность страны несут большие потери из-за неправильно установленного возраста рубки для древостоев пихты сибирской.

Поступила в редакцию
20 октября 1958 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

СОСТОЯНИЕ КУЛЬТУР СОСНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗМЕЩЕНИЯ РАСТЕНИЙ И ГУСТОТЫ ПОСАДКИ

Н. Т. СМИРНОВ

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Саратовский сельскохозяйственный институт)

В районах Поволжья, где 23% лесной площади представлено необлесившимися лесосеками, погибшими древостоями и другими непокрытыми лесом площадями, основным источником повышения продуктивности лесов являются лесные культуры.

Успешное выращивание высокопроизводительных и хозяйственно-ценных насаждений в большой степени зависит от густоты посадки и правильного размещения растений на лесокультурной площади. Однако по этим вопросам в литературе имеются различные мнения. Одни ученые (В. В. Попов, Б. Д. Жилкин и др.) считают, что лучшие результаты дают насаждения, созданные рядками. Другие ученые (В. Д. Огиевский, Г. И. Матякин, И. П. Пряхин, Н. И. Фортунатов, А. Шипулин, А. П. Сляднев, В. В. Огиевский, Е. Д. Годнев и др.) указывают на лучший рост и состояние культур по площадкам. Расходятся мнения ученых и в вопросе о густоте посадки. П. С. Кондратьев, Г. И. Высоцкий, Н. П. Чардымов, А. Д. Бурмистров, Л. А. Князев, К. Ф. Мирон и др. являются сторонниками редких посадок; Б. Д. Жилкин, Е. Д. Годнев, М. И. Лубяко, Г. Р. Эйтинген, К. Г. Жеребцов и др. — сторонниками густых посадок.

Влияние способа и густоты посадки на рост и развитие культур сосны изучалось нами в условиях Базарно-Карабулакского лесхоза Саратовской области.

Опытные культуры созданы на песчаном пустыре. Местоположение участка возвышенное. Почва дерново-подзолистая, песчаная; задернение среднее. При посадке сосны зараженность почвы майским хрущем составляла 1,2 личинки на 1 $м^2$.

Осенью 1948 г. была проведена сплошная тракторная вспашка на глубину 22—25 *см*. Посадка проводилась в апреле 1949 г. однолетними сеянцами под меч Колесова. Культуры созданы двумя способами: рядовая посадка (1,25 × 0,75 *м*) на площади 3,0 *га* и посадка в площадки размером 2 × 1 *м* по методике Е. Д. Годнева. Посадка в площадки проведена в трехкратной повторности в следующих вариантах: 200 площадок на гектаре с 20, 50, 100 и 200 растений на площадке и 625 площадок с 20 растениями на площадке. Общая площадь культур по площадкам 7,0 *га*. Площадки расположены строго на пересечении взаимно-перпендикулярных линий с образованием квадратов между центрами площадок 7 × 7 и 4 × 4 *м*.

Метеорологические условия в 1949 г. были неблагоприятными для производства лесных культур: была очень ранняя весна, уже в апреле температура достигала +31° С, дули сильные юго-восточные ветры.

В 1949 г. проведено пять, в 1950 г. — четыре ухода за почвой. В посадках по площадкам проводилась ручная прополка и рыхление мотыгой. В рядовых культурах проводилась конная культивация в междурядьях и ручное мотыжение в рядах. В 1950 г. проведено пополнение культур. Лесоводственные меры ухода в культурах еще не проводились.

В 1949 и 1950 гг. работники лесхоза провели учет приживаемости культур, измерили высоты и диаметры корневой шейки саженцев. В 1955 и 1956 гг. на учетных единицах (каждая пятая площадка в квадратных посадках и пробные площади в рядовых культурах) нами измерялись высота каждого дерева в *см*, диаметр корневой шейки в *мм*, прирост в высоту за каждый год и поперечник кроны. Для детального изучения характера роста растений в каждом варианте посадок взято по два максимальных модельных дерева и сделана раскопка их корневых систем.

В табл. 1 приведены (по данным лесхоза) фактические расходы денежных средств и рабочей силы на создание 1 *га* культур сосны в зависимости от способа и густоты посадки.

Таблица 1

№ опыта	Количество площадок на 1 *га*, шт.	Количество растений на площадке, шт.	Количество посадочных мест в тыс. шт. на 1 *га*	Стоимость посадочного материала, руб.	Затраты на посадку		Затраты на уходы		Общие затраты	
					человеко-дней	руб.	человеко-дней	руб.	человеко-дней	руб.
1	200	200	40	2440	39	396,50	17	160,70	50	2966,20
2	200	100	20	1220	20	190,67	17	160,70	37	1571,37
3	200	50	10	610	11	109,36	17	160,70	28	880,06
4	200	20	4	244	7	66,70	17	160,70	24	471,40
5	625	20	12,5	76,5	13	129,60	51	482,10	64	1374,20
6	рядовая		10	610	12	114,14	42	451,34	54	1175,48

Стоимость посадочного материала определена по ценам на посадочный материал (для сосны 61 руб. за 1000 шт.). Затраты на подготовку почвы под лесокультуры не учитывались, так как способ подготовки почвы во всех опытах был один и тот же.

Общие затраты на создание 1 *га* культур сосны получились наибольшими в случае 200 и 100 растений на площадке, что обусловливается стоимостью посадочного материала и затратами на посадку. Стоимость уходов оказалась самой высокой при 625 площадках на 1 *га* и в культурах рядами. При этом стоимость уходов, как и общие затраты денежных средств и рабочей силы, при культурах рядами меньше, чем при квадратной посадке 4×4 *м*. В то же время рядовые культуры полностью сомкнулись, имеют очень редкий травяной покров и не нуждаются в уходе за почвой, тогда как в культурах по площадкам почва между площадками задернена. Кроме того, необходимо еще учесть, что в рядовых культурах уходы проводились на всей площади, а в культурах по площадкам почва обрабатывалась частично (при 625 площадках на 1 *га* около 15%, а при 200 площадках на 1 *га* только 5%).

Процент сохранившихся растений в культурах сосны, а также абсолютное количество их на 1 *га* приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ опыта	Количество площадок на 1 *га*, шт.	Количество растений на площадке, шт.	Количество высаженных сеянцев в тыс. шт. на 1 *га*	Сохранилось растений по годам					
				1949		1950		1955	
				тыс. шт.	%	тыс. шт.	%	тыс. шт.	%
1	200	200	40	33,72	84,3	32,32	80,8	21,43	53,6
2	200	100	20	16,80	84,0	15,56	77,8	13,32	66,6
3	200	50	10	7,45	74,5	7,33	73,3	7,16	71,6
4	200	20	4	3,11	77,7	3,00	75,0	3,00	75,0
5	625	20	12,5	9,75	78,0	9,64	77,1	9,60	76,9
6	рядовая		10	8,58	85,8	8,57	85,7	8,38	83,8

В первые годы жизни растений густые посадки имеют лучшую сохранность, так как большое число деревьев на площадке способствует борьбе с неблагоприятными внешними условиями; к тому же в таком молодом возрасте для нормального роста растений требуется небольшая площадь питания; двухметровая площадка оказывается достаточной для 200 сеянцев. На седьмом году жизни чрезмерное загущение культур уже вызывает значительную гибель растений вследствие недостаточной площади питания и бедных сухих почв; с увеличением густоты посадки процент сохранившихся деревьев уменьшается.

Это положение подтверждается также интенсивностью роста опытных культур сосны в высоту (табл. 3) и по диаметру (табл. 4).

Таблица 3

№ опыта	Средняя высота в *см* по годам							В % к высоте культур, высаженных рядами
	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	
1	14	30	56	86	119	157	186	75
2	12	30	55	87	124	163	194	79
3	9	25	53	88	133	183	223	90
4	8	24	53	93	140	191	238	96
5	10	24	55	96	151	213	260	105
6	15	31	48	83	126	189	247	100

В первые два года после посадки наибольшую высоту имели очень густые культуры по площадкам (200 и 100 растений на площадке) и рядовые культуры. Хороший первоначальный рост в высоту культур рядами связан с тем, что в течение двух лет проводились уходы за почвой.

Начиная с 1951 г., когда уходы за почвой прекратились и культуры начали заглушаться сорной травянистой растительностью, рост в высоту сосны при посадке рядками резко ухудшается по сравнению с культурами по площадкам, где кроны сосны внутри площадки в этом возрасте уже почти сомкнулись и задернение почвы внутри гнезда не происходит. Но уже с четырехлетнего возраста рост сосны в чрезмерно густых культурах по площадкам ухудшился, и на седьмом году жизни растений средняя высота была на 10—25% меньше высоты сосны в культурах рядками, хотя в более редких посадках (20 растений на площадке) она все еще остается больше.

Проведенные исследования также показали, что в первые 3—5 лет после посадки (в зависимости от густоты) в культурах по площадкам

№ опыта	Число деревьев на площади 0,1 *га* с диаметром									
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
1	209	559	465	366	218	145	97	50	14	13
2	53	142	245	260	170	151	124	79	52	37
3	41	40	47	67	98	84	109	91	70	56
4	23	17	10	18	28	14	38	40	41	35
5	49	46	34	32	40	58	76	111	123	106
6	44	40	14	24	36	3	64	64	64	76

лучше растут центральные деревья, а в последующие годы — периферийные. Объясняется это тем, что в первые годы в центре площадки создаются лучшие условия роста, так как центральные деревья не заглушаются сорной травянистой растительностью и в то же время не испытывают стеснения в росте.

Но уже с третьего года жизни культур площадь питания в центре площадки является недостаточной для нормального роста деревьев, рост их ухудшается, а многие из них погибают. В этот период на периферии площадки травянистая растительность не так страшна деревьям, которые в то же время лучше обеспечены светом, влагой и питательными веществами.

К этому возрасту периферийные деревья имеют хорошо развитую боковую корневую систему, благодаря чему они используют влагу и питательные вещества из пространства, которое не занято площадками. У центральных же сосенок корневая система развивается только в глубь почвы.

Особенно большая разница между отдельными вариантами опытных культур наблюдается по диаметру корневой шейки (табл. 4).

С уменьшением густоты растений на площадке наблюдается более равномерное распределение деревьев по ступеням толщины и увеличивается количество крупных сосенок как в абсолютных числах, так и в процентах от общего числа деревьев. В очень густых культурах преобладают плохо развитые, находящиеся на грани отмирания, деревья (у 75% всех деревьев диаметр корневой шейки до 2 *см*). В рядовых культурах большинство деревьев относится к высшим ступеням толщины (54% деревьев имеют диаметр корневой шейки 5 *см* и больше).

В семилетних культурах диаметр корневой шейки был наибольшим в рядовых посадках, а из различных вариантов культур сосны по площадкам — в посадках с 20 растениями на площадке.

Продуктивность культур тесно связана с развитием ассимиляционного аппарата деревьев, поэтому для сравнения различных способов посадки приводим размеры крон у культур сосны (табл. 5).

Таблица 5

№ опыта	Площадь проекции кроны одного дерева в $м^2$	Сомкнутость крон в % от площади участка
1	0,24	12,6
2	0,41	14,4
3	0,64	14,5
4	1,15	14,6
5	1,09	43,5
6	1,25	104,7

Средняя площадь проекции кроны одного дерева больше в рядовых культурах. С увеличением густоты посадки проекции крон у деревьев уменьшаются.

Сумма площадей проекций крон растений на одной площадке в 11—17 раз больше размера самой площадки, и кроны в 4—5 раз перекрывают друг друга. Сосна же является породой светолюбивой и излишне

Таблица 4

корневой шейки в *см*							Средний диаметр в 1955 г.	
5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	в *см*	в % к среднему диаметру культур, высаженных рядами
4	3	—	—	—	—	—	2,0	40
13	5	1	—	—	—	—	2,7	54
31	17	5	—	—	—	—	3,5	70
31	29	15	1	3	1	1	4,4	88
61	47	22	8	2	1	—	4,1	82
110	116	80	38	26	8	2	5,0	100

густое стояние сильно ухудшает ее рост и приводит к большому отпаду культур. Сомкнутость крон (отношение общей площади проекции крон деревьев к площади опытного участка) в рядовых культурах составляет 104,7% (то есть кроны не только полностью закрывают поверхность почвы, но даже перекрывают друг друга), в то время как в культурах по площадкам сомкнутость крон между площадками составляет 43,5% (625 двухметровых площадок на 1 *га*) и 14,5% (200 площадок на 1 *га*).

По сомкнутости крон видно, что рядовые культуры находятся по классификации проф. Н. П. Кобранова в начале фазы «дифференциации искусственно созданных древостоев по степени господства». Во всех вариантах культур сосны по площадкам общее смыкание крон еще не наступило, поэтому по Н. П. Кобранову они находятся в фазе «индивидуального роста и развития культур». Однако внутри площадки кроны сомкнулись уже на третьем — пятом году жизни и сейчас в них происходит усиленная дифференциация деревьев; поэтому и эти культуры следует отнести к фазе формирования древостоя.

От способа посадки и густоты стояния растений в площадке зависит также характер развития корневых систем.

В квадратной посадке с 200 растениями на площадке периферийные экземпляры сосны имеют однобокую корневую систему со слабо развитым стержневым корнем, проникающим в почву на глубину до 90 *см* и с хорошо развитыми боковыми корнями, идущими в поверхностном горизонте почвы в стороны от площадок на 2,5 *м*. В центре площадки корневая система сосенок (особенно боковые корни) развиты слабо.

В площадках с меньшим числом деревьев (20 растений на площадке) корневая система деревьев более развита, особенно боковые корни, которые распространяются на 3,5 *м* в стороны от площадок. Стержневые корни проникают в почву на глубину до 1 *м*.

Корневая система у рядовых культур отличается более мощным развитием стержневого корня, проникающего на глубину в 1,2 *м*, и более толстыми боковыми корнями, идущими в поверхностном горизонте почвы в стороны от рядков на 2 *м*.

Приведенный в этой работе материал показывает, что семилетние культуры сосны рядами отличаются лучшими показателями роста, развития и экономическими показателями по сравнению с культурами по площадкам в том же возрасте и в тех же условиях местопроизрастания. При невозможности сплошной подготовки почвы (культуры на нераскорчеванных лесосеках, при пополнении низкополнотных молодняков) подготовка почвы часто производится площадками. Среди различных вариантов культур сосны по площадкам наиболее перспективным оказался вариант с 625 площадками на гектаре по 20 растений на двух-

метровую площадку. Однако и при частичной обработке почвы культуры во многих случаях можно создавать полосами или по бороздам.

В связи с этим следует остановиться на работе Е. Д. Годнева «Результаты квадратно-гнездовых культур сосны в Александровском лесхозе Владимирской области (1955 г.)», в которой он приводит данные, свидетельствующие о лучшем росте рядовых культур, однако вывод делает в пользу квадратной посадки.

Преимущества квадратных посадок, по мнению Е. Д. Годнева, состоят в возможности перекрестного ухода за почвой при помощи тракторов средней и малой мощности, в удобстве проведения в культурах рубок ухода, повышении противопожарной устойчивости культур, возможности проведения борьбы с вредителями внутри насаждения с применением конно-моторных и тракторных опыливателей и опрыскивателей.

Разберем эти положения, начиная с рубок ухода. Как показали наши семилетние исследования, рубки ухода в культурах по площадкам являются очень сложным мероприятием, требующим большого опыта и осторожности, так как нельзя вырубать крайние в площадке деревья, чтобы не уменьшить сомкнутость крон между площадками Вырубка же деревьев в центре площадки связана с большими трудностями. Кроме того, малейшая неосторожность при проведении рубок ухода в гнездах приводит к тому, что оставшиеся после рубки сильно вытянутые в высоту под влиянием густоты стояния стволики сгибаются и ломаются под действием ветра и навала снега и в большом количестве засыхают.

В густых гнездах всегда имеется большое количество отмирающих деревьев и сушняка, которые опасны в пожарном отношении и в то же время грозят размножением вредных насекомых. Кроме того, рядовые культуры сосны обычно создаются в смеси с лиственными породами, что повышает их устойчивость к пожару; создавать же смешанные культуры при посадке площадками значительно сложнее.

Основной довод в пользу квадратных посадок гнездами — возможность перекрестного ухода за почвой и сокращение в связи с этим ручного труда. Однако и это преимущество не так существенно. Б. Д. Жилкин рекомендует создавать на гектаре 1089 однометровых площадок, М. Н. Лубяко — 625 площадок размером 2×2 *м*, Е. Д. Годнев — 1600 гнезд.

В этих же пределах предлагают создавать площадки и многие другие лесоводы; таким образом, в первые годы в квадратных посадках гнездами (без учета неизбежной защитной зоны вокруг площадок) при уходах площадь, требующая ручного труда, составляет от 1000 до 2500 *м*² на 1 *га*.

В культурах рядами с шириной междурядья 1,5 *м* и при нормальной ширине защитной зоны (15 *см*) площадь ручной обработки составляет 1800 *м*² на 1 *га* *, то есть находится в тех же пределах. При закладке же лесокультур на высоком агротехническом уровне и при несложных приспособлениях к существующим культиваторам, можно свести объем ручного мотыжения в рядах до минимума. Необходимо отметить, что посадка в площадки производится исключительно ручным способом, а объем механизированных работ по обработке междурядий перекрестным способом в два раза превышает объем таких работ при обработке междурядий в рядовых культурах.

По предлагаемым Б. Д. Жилкиным, Е. Д. Годневым и М. И. Лу-

* Н. И. Сус. Агролесомелиорация. 1956.

бяко схемам посадки расстояние между площадками-гнездами равно 2 *м* (между центрами площадок 2,5—4 *м*), тогда как по исследованиям П. С. Нартова требуемая ширина междурядий с учетом ширины кроны для прохода внутри них почти всех марок тракторов (за исключением ХТЗ-7) превышает 2 *м*. При обработке же почвы в культурах рядами трактор проходит над рядом; это труднее сделать в культурах по площадкам. Кроме того, ширину междурядий в рядовых культурах можно увеличить, и в последние годы все чаще в засушливых условиях создаются культуры с междурядьями в 2,3—2,5 *м*; лесные культуры можно создавать и кулисно-коридорным способом, как предлагает Л. А. Князев. При этом сократится объем ручного труда по уходу и отпадет последний довод в пользу культур площадками, так как борьба с вредителями внутри насаждений при помощи трактора станет легко осуществимой и в рядовых посадках.

Поступила в редакцию
4 августа 1958 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

О ДВИГАТЕЛЯХ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ ЛЕСНЫХ МАШИН

С. А. АЛЕКСЕЕВ

Доцент, кандидат технических наук

Г. П. КУЗЬМИНОВ

Доцент, кандидат технических наук

(Всесоюзный заочный лесотехнический институт)

Главная масса лесов промышленного значения находится в северных областях Европейской части СССР и в таежной зоне Сибири и Дальнего Востока. Как известно, лесозаготовительные работы производятся круглогодично, но преимущественно зимой.

Современные автотракторные двигатели плохо приспособлены для работы в зимних условиях: при низких температурах повышается износ двигателя и увеличивается расход топлива. Опытами Центрального научно-исследовательского института транспорта (ЦНИИТ) установлено, что при температуре воды в системе охлаждения, равной 30° С, износ двигателя в шесть раз, а расход топлива на 35—40% больше, чем при температуре воды, равной 85—90° С.

В течение пяти зимних месяцев проводилось наблюдение за системой охлаждения 56 машин, работающих в четырех леспромхозах Северо-западной зоны СССР (Ленинградская, Вологодская области и Карельская АССР). В течение указанного срока зарегистрировано 69 крупных неисправностей, связанных с системой охлаждения двигателей. При этом простой машин составил более 400 рабочих часов.

Среди указанных 69 неисправностей оказались: дефекты водяного насоса — 23 (33%); течь радиатора — 18 (26%); неисправности вентилятора — 7 (10%); разрыв блока цилиндров, головки и радиатора вследствие замерзания воды — 6 (8,7%); появление воды в цилиндрах или картере (из-за пробивания прокладки или заглушки) — 4 (5,8%) и кипение воды — 11 (16%).

Столь серьезные аварии, как разрыв блока цилиндров, головки или радиатора наблюдаются повсеместно и возникают, прежде всего, из-за халатности водителей машин. По данным ремонтно-механического завода «Ленлеса» из 59 двигателей, поступивших в ремонт, 2 имели разрыв блока цилиндров, 6 — разрыв головки блока и 4 — разрыв радиатора.

Длительные простои вызываются также пробиванием прокладки головки блока, выпадением заглушек в системе охлаждения и трещинами в цилиндрах, появляющимися при частых запусках двигателя, система охлаждения которого не заполнена водой.

Больше всего неисправностей зарегистрировано в работе водяного насоса (течь сальников, обрыв шпонки крепления, износ валика, крыльчатки и корпуса), что указывает на несовершенство конструкции этого узла.

Нередко наблюдается обрыв лопастей вентилятора, что приводит к повреждению радиатора. Течь радиатора (26% всех неисправностей) вызывается главным образом сложными условиями работы тракторов (ударные нагрузки, рывки, бездорожье). Даже в зимнее время нередко наблюдается кипение воды, возникающее вследствие засорения радиатора и системы охлаждения мотора.

В леспромхозах не уделяется должного внимания заправке двигателя чистой водой и своевременной очистке системы охлаждения от накипи. Мы наблюдали прибывшие в капитальный ремонт двигатели ЗИС-21, у которых просветы водяной рубашки и радиатора были сплошь забиты грязью, торфом, хвоей и т. п.

По нашим наблюдениям, в зимнее время 15—20% всех простоев тракторов КТ-12 и ТДТ-40 связаны с неполадками в системе охлаждения двигателя. По данным ремонтно-механического завода «Ленлес», в среднем 14% стоимости капитального ремонта двигателя (ЗИС-21) падает на систему охлаждения.

Разумеется, имеется возможность улучшить эксплуатацию автотракторных двигателей и благодаря этому сократить число неисправностей, порождаемых системой охлаждения. Но дело в том, что в условиях низких температур (а равно и очень высоких) двигатели водяного охлаждения неизбежно обнаруживают присущие им пороки.

В настоящее время значительная часть автотракторных дизелей в Чехословакии, Германской Демократической Республике и в других странах имеет воздушное охлаждение.

На промышленной выставке, проводившейся в 1956 г. в Ганновере (ФРГ), было представлено свыше 150 новых моделей тракторов, причем больше половины из них имели двигатели воздушного охлаждения.

В Чехословакии заводы «Татра» и «Прага» имеют многолетний опыт по производству автомобильных дизельных двигателей с воздушным охлаждением. Двигатели этих заводов отличаются высокой топливной экономичностью.

Учитывая, что развитие двигателей воздушного охлаждения представляет несомненно прогрессивную тенденцию в технике, в Советском Союзе Научно-исследовательский тракторный институт (НАТИ) совместно с Владимирским, Харьковским и Липецким заводами разработали новые конструкции тракторных дизелей воздушного охлаждения. Две марки этих двигателей уже подготовлены к массовому производству на Владимирском тракторном заводе.

Большое внимание уделяет вопросам изучения, испытания и проектирования автомобильных двигателей воздушного охлаждения и Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт (НАМИ).

У нас и за рубежом накопился значительный опытный материал, который свидетельствует о высоких достоинствах двигателей воздушного охлаждения. При этом имеется в виду меньший вес, большая экономичность, надежность и долговечность, чем у двигателей водяного охлаждения. Решающим преимуществом воздушного охлаждения является отсутствие в двигателе воды и ликвидация вызываемых ею неудобств в эксплуатации. Как известно, вода далеко не идеальный охладитель: при низких температурах двигатель переохлаждается, а при высоких — вода кипит.

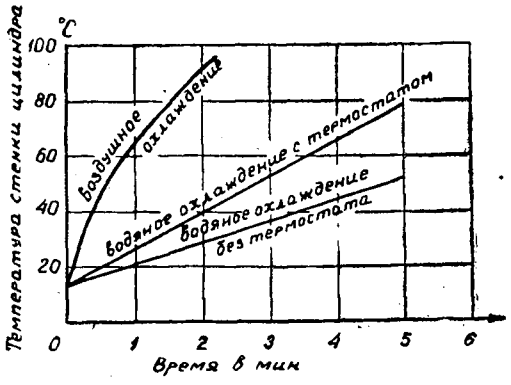


Рис. 1.

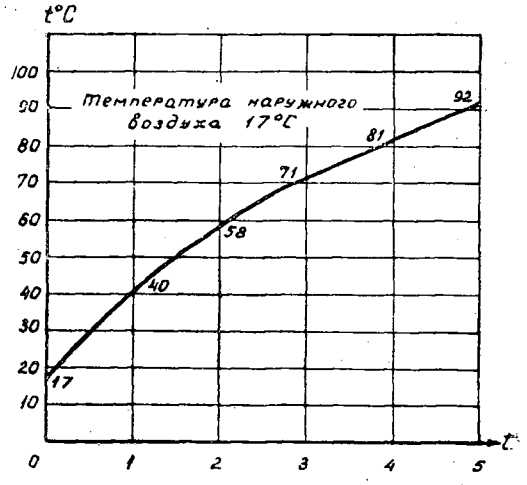


Рис. 2.

При воздушном охлаждении создаются весьма благоприятные условия работы двигателя.

Непревзойденным достоинством двигателя воздушного охлаждения следует считать быстрое достижение рабочей температуры после холодного стояния.

Рис. 1 характеризует скорость достижения стенками цилиндра рабочей температуры после запуска (температура среды равна 18° С) при различных способах охлаждения.

На основании опытов, проведенных авторами, на рис. 2 представлена кривая разогрева стенок цилиндра (замер производился посредине высоты рабочей части цилиндра у корня ребра бензинового двигателя воздушного охлаждения).

Пусковые качества двигателей воздушного охлаждения также оказались весьма удовлетворительными. По литературным данным, дизель воздушного охлаждения запускается при температуре —30° С после прогрева камеры сгорания свечой накаливания в течение 1 *мин*. Все виды предпускового прогрева газов здесь быстрее приводят к цели. При очень низких температурах оказывается возможным запустить двигатель после десятиминутного прогревания бензиновой лампой воздуха, поступающего в кожух охлаждения.

Опыты показали, что в зимнее время можно осуществить надежный запуск двигателя воздушного охлаждения довольно быстро и весьма простыми средствами. В двигателе водяного охлаждения предпусковой прогрев двигателя горячей водой неэкономичен, требует большой затраты времени и сравнительно сложных приспособлений.

Двигатели воздушного охлаждения не обнаруживают свойственной двигателям водяного охлаждения склонности к переохлаждению даже при длительной работе на холостом ходу или малых нагрузках. Испытание дизеля с воздушным охлаждением (при 2000 *об/мин*) показывает, что в режиме холостого хода температура стенки цилиндра составляет 130° С, при одной трети полной нагрузки — 148° С, а при полной нагрузке— 195° С (рис. 3).

Исследование двигателя водяного охлаждения У-2 показало, что при малых нагрузках температура гильзы цилиндра, замеренная около верхней мертвой точки, составляла примерно 90° С. Столь низкая тем-

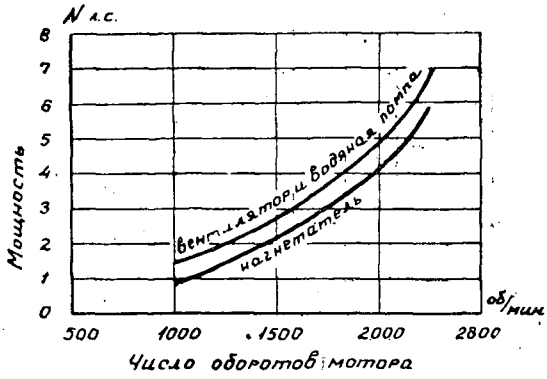


Рис. 3.

пература обусловливает конденсацию паров воды и других продуктов, содержащихся в выхлопных газах и, как следствие этого, увеличенные износы.

Температура наружного воздуха оказывает сильное влияние на теплоотвод двигателя с водяным охлаждением. Совсем иначе ведет себя при крайних (очень высоких и очень низких) температурах двигатель с воздушным охлаждением. Испытание двигателей воздушного охлаждения, работавших непрерывно в течение длительного времени при высокой температуре, не подтверждает опасений относительно перегрева, возможного повреждения подшипников или пригорания поршневых колец.

При низкой же температуре двигатели воздушного охлаждения со всей убедительностью обнаруживают свои неоспоримые преимущества. Испытание серии бензиновых двигателей с воздушным охлаждением проходило в Аляске в тяжелых условиях зимнего времени (температура доходила до —52° С, глубокий снег, сильный ветер). Согласно заключению специалистов, двигатели воздушного охлаждения полностью себя оправдали в условиях суровой арктической зимы.

На основании опытов установлено, что расход мощности на вспомогательный привод больше при водяном охлаждении (вентилятор и водяная помпа), чем при воздушном охлаждении (нагнетатель). На рис. 4 показаны результаты сравнительных испытаний дизеля мощностью 75 *л. с.* при $n = 2000$ *об/мин*.

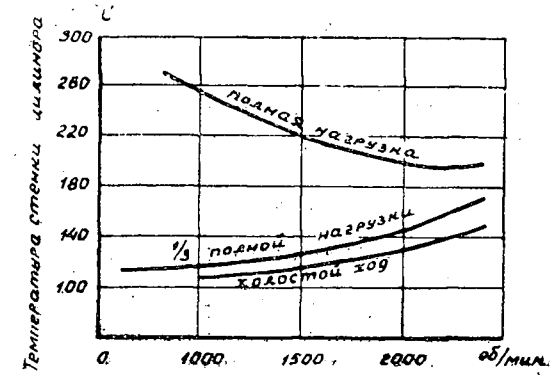


Рис. 4.

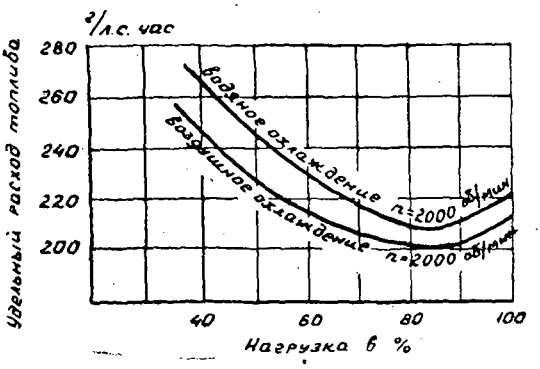


Рис. 5.

При переходе на воздушное охлаждение коэффициент наполнения двигателя уменьшается на 3—5%; при этом, однако, вследствие меньших потерь на трение и сравнительно меньшей затраты мощности на привод нагнетателя увеличивается механический к. п. д. двигателя. Поэтому, если в отдельных случаях и наблюдается падение мощности, то оно весьма незначительно.

По экономичности двигатели воздушного охлаждения не уступают однотипным двигателям водяного охлаждения, а в ряде случаев обнаруживается некоторое преимущество дизелей воздушного охлаждения и по этому показателю. На рис. 5 показаны кривые удельного расхода топлива для совершенно однотипных дизелей «Дойц» с водяным и воздушным охлаждением. Как видно из кривых, расход топлива при воздушном охлаждении на 5—7% меньше. Это объясняется более высоким значением механического к. п. д.

Установлено, что для двигателей воздушного охлаждения нет необходимости предъявлять особые требования к качеству топлива и масла. Наоборот, опыт эксплуатации показывает, что эти двигатели менее чувствительны к качеству топлива и масла; в частности, они обеспечивают удовлетворительную работу на топливах, имеющих значительное содержание серы.

При воздушном охлаждении сравнительно высокая температура стенок цилиндра благоприятно влияет на долговечность работы двигателя. Во многих исследованиях отмечена высокая стойкость двигателей воздушного охлаждения против износов, особенно при увеличенном содержании серы в топливе. Сравнительное испытание дизельных тракторов с воздушным и с водяным охлаждением в течение 1000 часов на различных работах (в том числе 250 час. на пахоте) показывает, что износ цилиндров и поршневых колец у двигателей с воздушным охлаждением значительно меньше, чем в двигателях с водяным охлаждением. На рис. 6 показано влияние температуры стенки цилиндра и способа охлаждения двигателя на износ цилиндра за 1000 часов работы.

С конструктивной стороны переход на воздушное охлаждение дает значительное уменьшение удельного веса и отчасти габаритов двигателя. Для производства оребренных цилиндров можно применять легкие металлы. Особенно успешно показали себя в работе алюминиевые цилиндры с хромовым покрытием.

Однако следует заметить, что современные двигатели воздушного охлаждения не лишены некоторых недостатков. К их числу относятся: 1) значительная неравномерность нагрева отдельных точек цилиндра и особенно головки (наличие «горячих точек»), 2) шум при работе, 3) от-

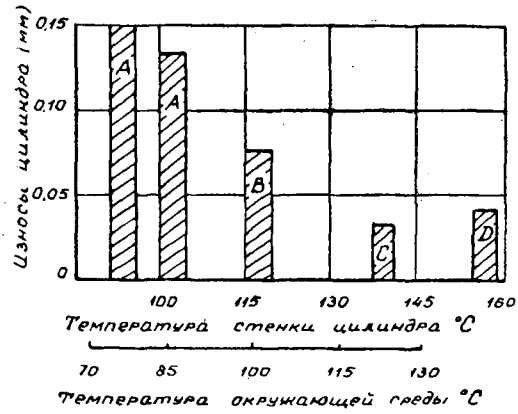


Рис. 6. *А* — водяное охлаждение;
В — испарительное охлаждение;
С — этиленгликоль с водой;
Д — воздушное охлаждение.

сутствие устройств, обеспечивающих удовлетворительную очистку охлаждающего воздуха от пыли.

Несмотря на эти недостатки, двигатели воздушного охлаждения во все возрастающих масштабах применяются на тракторах и автомобилях. Имеются сведения, что в ряде стран двигатели воздушного охлаждения начинают внедряться и в лесной промышленности.

Особенности лесозаготовительного производства создают исключительно благоприятные условия для применения двигателей воздушного охлаждения на трелевочных тракторах и лесовозных автомобилях. Как известно, работа трелевочного трактора характеризуется частичными нагрузками при сравнительно низких температурах воздуха, в котором практически отсутствует пыль. Бо́льшая часть рабочего времени трактора затрачивается на холостой ход и маневры на лесосеке по формированию пакета и зацепке его. В условиях неравномерной нагрузки, особенно при низких температурах воздуха, водяное охлаждение оказывает на двигатель губительное действие. Тряска и толчки вредно действуют на радиатор, вызывая трещины в трубках и, как следствие этого, течь воды. В условиях низкой температуры воздуха двигатели лесных машин с водяным охлаждением требуют большой заботы, труда и времени от обслуживающего персонала.

Из вышесказанного ясно, что оборудование трелевочных тракторов в лесозаготовительных предприятиях двигателями воздушного охлаждения является безусловно целесообразным и необходимым. Для лесовозных автомобилей следует также отдать предпочтение дизелю с воздушным охлаждением.

В этой связи следует остановиться на интересном опыте, который осуществил Центральный научно-исследовательский институт механизации и энергетики лесной промышленности (ЦНИИМЭ).

В Оленинском ЛПХ Калининской области с 10 декабря 1957 г. по 10 апреля 1958 г. на вывозке леса в общей колонне с автомобилями отечественного производства, снабженными двигателями водяного охлаждения, работали чехословацкие автомобили «Прага» и «Татра» с дизелями воздушного охлаждения. Результаты наблюдений дают возможность провести сравнительный анализ работы этих машин.

В табл. 1 представлена сравнительная техническая характеристика машин, работавших на лесовывозке.

Таблица 1

Марка автомобиля	Автомобиль				Двигатель				
	тип	максимальная скорость по шоссе *км/час*	грузоподъемность с прицепом, *т*	вес автомобиля, *кг*	тип	мощность, *л. с.*	число оборотов мотора *об/мин*	удельный расход топлива, *г/л. с. час.*	„Сухой" вес, *кг*
„Прага ВЗС"	Грузовой	59	8	5470	Дизель воздушного охлаждения .	98	2100	175	630
„Татра"	„	61	25	6700	„	180	1800	175	970
ЗИЛ-151	„	65	8	5500	Бензиновый двигатель водяного охлаждения . .	95	2800	255	430
МАЗ-501	„	45	15	6400	Дизель водяного охлаждения . .	110	2000	205	800

Из этой таблицы видно, что автомобиль «Прага» можно сравнить с отечественной машиной ЗИЛ-151, а автомобиль «Татра» с машиной МАЗ-501. Седельный тягач МАЗ-502 исключается из рассмотрения, так как ввиду наличия полуприцепа условия погрузки этой машины совершенно иные, чем для других машин.

В табл. 2 показаны предварительные результаты работы лесовозных автомобилей за три месяца (январь — март). Для всех машин средняя длина рейса (в оба конца) была примерно одинаковой и составляла 48 *км*.

Таблица 2

Марка машины	Число рейсов	Перевезено древесины, *м³*	Расход топлива, *кг*	Средняя нагрузка на 1 рейс, *м³*/рейс	Расход топлива на 1 *м³* древесины, *кг*
„Прага ВЗС"	152	2294	2858	15,1	1,24
ЗИЛ-151*	139	836	3940	6,0	4,70
„Татра-111"	137	2938	4613	21,4	1,57
МАЗ-501	123	2349	3959	19,0	1,69

* Средние данные по шести автомобилям.

Грузовые автомобили с дизелями воздушного охлаждения проделали наибольшее количество рейсов при относительно большой загрузке на один рейс. Это объясняется прежде всего быстротой запуска двигателей воздушного охлаждения, так как для этих двигателей затрата времени на запуск в зимних условиях примерно в два раза меньше. По количеству вывезенной древесины и по расходу топлива на кубометр полезного груза машины с двигателем воздушного охлаждения также оказались на первом месте.

Следует отметить высокие показатели машины «Прага-ВЗС». Что касается отечественных машин ЗИЛ-151, то они работали в условиях значительной неравномерности и недогрузки, ввиду чего расход топлива на единицу груза оказался чрезмерно высоким. Кроме того, экономичность бензинового двигателя этих машин, разумеется, значительно ниже, чем у дизелей.

За указанный период эксплуатации двигатели воздушного охлажде-

ния при минимальных затратах времени на уход работали безупречно и очень экономично.

Разумеется, проведенный в Оленинском ЛПХ опыт имеет частное значение. Однако, суммируя многочисленные и разносторонние данные о работе двигателей воздушного охлаждения, необходимо решительно высказаться в пользу этих двигателей.

В настоящее время в СССР предпринимаются серьезные шаги по освоению производства автотракторных дизелей воздушного охлаждения. В связи с этим вполне уместно поставить вопрос о широком применении дизелей воздушного охлаждения на тракторах и автомобилях, работающих в лесной промышленности. В первую очередь дизелем воздушного охлаждения следует снабдить трелевочный трактор. Поскольку наша тракторная промышленность находится накануне массового выпуска дизелей воздушного охлаждения, этот вопрос приобретает актуальное значение для лесозаготовительного производства.

XXI съезд КПСС поставил перед нашей машиностроительной промышленностью величественные задачи — «создание и производство машин на базе использования последних достижений и открытий науки и техники»; «повышение технико-экономических характеристик и показателей изготовляемых машин и оборудования: коэффициента полезного действия, производительности, надежности при значительном снижении их веса».

Автотракторный двигатель воздушного охлаждения является более прогрессивной машиной, так как обладает рядом важных эксплуатационных преимуществ по сравнению с двигателями водяного охлаждения.

Применение двигателей воздушного охлаждения на тракторах и автомобилях даст большой экономический эффект в лесной промышленности.

Поступила в редакцию
27 марта 1959 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

ПРОХОДИМОСТЬ МАШИН И ПОЕЗДОВ ПО МЕРЗЛЫМ БОЛОТАМ

М. М. КОРУНОВ

Доцент, кандидат технических наук

(Уральский лесотехнический институт)

Учет и обеспечение условий проходимости машин и поездов на дорогах, проложенных по мерзлым покровам болот, являются весьма важным вопросом в работе лесозаготовительных предприятий, так как именно в зимние периоды начинается усиленная эксплуатация лесных массивов, расположенных на заболоченных участках. Последнее объясняется дешевизной устройства зимних дорог через болота.

Если лед открытых водоемов образуется неодинаковым как по толщине, так и по своей прочности, то еще сложнее характер промерзания покрова болот. Это объясняется неодинаковой теплопроводностью различных участков болот, наличием в водоемах ряда болот растворенных органических соединений и т. п. Вследствие этого грузоподъемность сплошных торфяных, сапропелевых и сплавинных болот при одной и той же толщине мерзлого слоя будет различной.

Глубину промерзания болот можно определять по упрощенной формуле А. П. Доманицкого:

$$h = \sqrt{8\Sigma T + (4h')^2} - 4 \text{ см}, \tag{1}$$

где ΣT — сумма среднесуточных отрицательных температур воздуха за период промерзания;

h' — средняя толщина снежного покрова в *см*.

Из формулы и рис. 1 видна зависимость глубины промерзания от толщины снежного покрова. Что касается требуемой толщины мерзлого слоя болота, обеспечивающей нормальные условия движения, то она может быть определена по эмпирическим и аналитическим формулам.

На основе опытов и некоторых теоретических предпосылок нами [5] была предложена формула для расчета грузоподъемности ледяных переправ:

$$P = \frac{h^2}{100} \text{ т}, \tag{2}$$

где P — нагрузка на дорогу в *т*;

h — наименьшая толщина слоя льда в *см*.

Позднее проф. С. А. Бернштейн [2] получил подобную формулу теоретическим путем. Физико-технический институт АН СССР (ФТИ) на

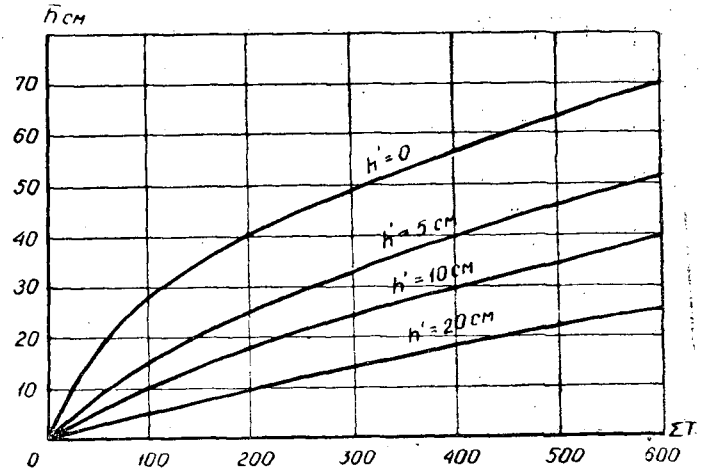


Рис. 1.

основе многочисленных опытов с различными грузами установил [4], что грузоподъемность ледяного покрова по разрушающей нагрузке равна:

$$P_{раз} = 20h^2 \text{ кг} \quad \text{или} \quad P_{раз} = \frac{h^2}{50} \text{ т}.$$

При двойном запасе прочности это будет соответствовать допускаемой нагрузке:

$$P = \frac{h^2}{100} \text{ т}. \tag{3}$$

Таким образом, можно считать установленным, что допускаемая нагрузка при движении по ледяным переправам одиночных машин с достаточной степенью точности определяется по вышеприведенной формуле (2). Опытами также установлено, что мерзлые грунты (в том числе и болотистые) по своей прочности превосходят прочность льда в 3—5 раз [8]. Если принять, что допускаемые напряжения на изгиб мерзлого болотистого грунта в 3 раза выше прочности льда, то получим:

$$P = \frac{h^2}{33{,}3} \quad \text{и} \quad h = \sqrt{33{,}3P} \text{ см}. \tag{4}$$

При тех же условиях разрушающая нагрузка (по опытам ФТИ) равна:

$$P_{раз} = \frac{3h^2}{50} \text{ т}. \tag{5}$$

и

$$P = \frac{P_{раз}}{2} \text{ т}. \tag{5'}$$

Эти формулы обеспечивают двойной запас прочности при расчете разрушающих нагрузок для моховых болот первого типа, а следовательно, и безопасную проходимость как колесных, так и гусеничных машин, несмотря на значительную разницу в удельных давлениях. Опытами ФТИ также установлено [4], что распределение груза по площади ледяного покрова в слабой степени влияет на изменение его грузоподъемности. Этот вывод, вероятно, в равной степени можно отнести и к мерзлому покрову болот.

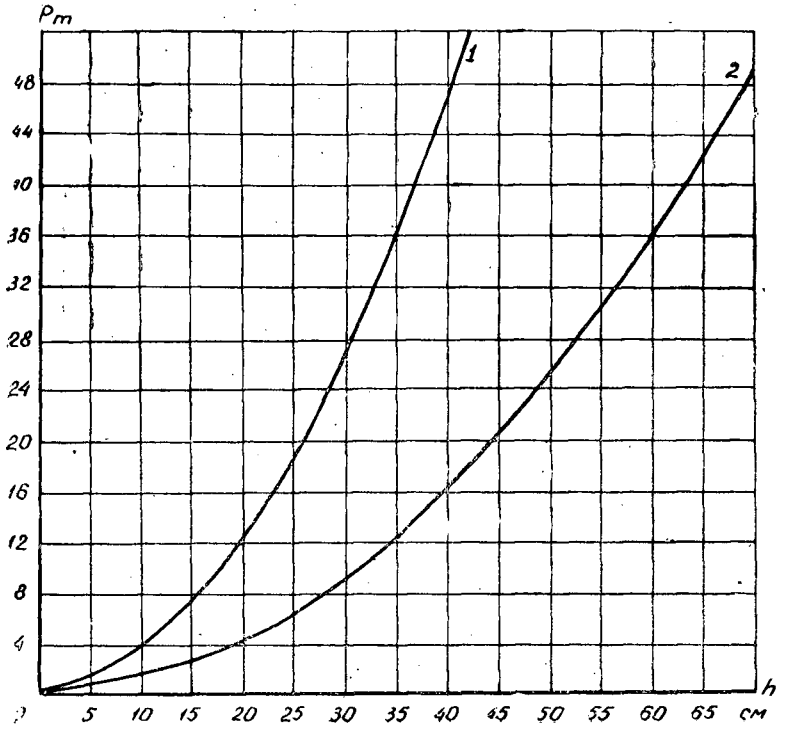


Рис. 2. *1* — мерзлое болото; *2* — ледяной покров.

Считается, что прочность мерзлого слоя травяных болот на 20—30% превосходит прочность промерзшего слоя моховых болот.

С нашей точки зрения, нет необходимости давать какие-то дифференцированные поправочные коэффициенты для отражения разницы в грузоподъемности и необходимой толщине мерзлого слоя болот в зависимости от их типа, а также и типа машин, эксплуатируемых на данном участке.

Однако грузоподъемность сапропелевых и сплавинных болот, имеющих разрывы в сплошности мохового покрова, следует определять, как и для льда открытых водоемов, по формуле:

$$P = \frac{h^2}{100} m.$$

Для сравнения на рис. 2 сопоставлены значения грузоподъемности льда и мерзлого болотистого покрова.

Аналитический расчет грузоподъемности мерзлых болот можно проводить по методу проф. С. А. Бернштейна [1]. На эту возможность в прениях по докладу автора на межвузовской научно-технической конференции [6] указал доцент, кандидат технических наук В. В. Щелкунов. Метод Бернштейна заключается в применении формул для расчета круглых пластин неограниченных размеров, лежащих на сплошном упругом основании с нагрузкой, распределенной по кругу. Грузоподъемность мерзлого слоя болота, вычисленная по методу Бернштейна, равна:

$$P = \frac{\sigma_{доп} h^2 m}{3(m+1)C(\alpha)} m, \qquad (6)$$

где h — толщина мерзлого слоя в *м* (наименьшая по замерам);
m — величина, обратная коэффициенту Пуассона.

Она принимается равной $m = 3$; тогда

$$P = \frac{\sigma_{доп} \cdot h^2}{4C(\alpha)} \; m \text{ и } h = \sqrt{\frac{4PC(\alpha)}{\sigma_{доп}}} \; м, \tag{7}$$

где $\sigma_{доп}$ — допускаемое напряжение мерзлого слоя на изгиб;
$C(\alpha)$ — характеристика удельного напряжения, определяемая по графику (рис. 3), в зависимости от отношения:

$$\alpha = \frac{r}{l},$$

где r — радиус распределения нагрузки в *м*;
l — упругая характеристика льда в *м*.

Нагрузка, передающаяся от машины на мерзлый слой грунта, распределяется по площади эллипса с полуосями, равными половине базы машины $\frac{b}{2}$ и половине ширины ее хода $\frac{a}{2}$. Площадь круга, равновеликого эллипсу, имеет радиус

$$r = \frac{1}{2}\sqrt{a \cdot b}. \tag{8}$$

Упругая характеристика льда находится по формуле:

$$l = \sqrt{\frac{m^2 E h^3}{(m^2 - 1)\,12}} \; м. \tag{9}$$

Кажущееся несоответствие размерностей в выражении для l объясняется тем, что при выводе этой формулы опущен фактор $K = 1$, имеющий размерность $[K] = m/м^3$.

Для льда модуль Юнга E принимается равным 90 000 *кг/см*². Для мерзлого торфяного слоя при полной его влагоемкости модуль Юнга будет меньше, а фактическая величина его зависит от типа болота, соотношения массы торфа и воды. Будем условно считать, что E меняется пропорционально весу воды в единице объема торфа и при минимальном ее количестве, равном 60%, $E \approx 54\,000$ *кг/см*² или 54 *т/м*². Однако, как показывают расчеты, даже резкое изменение E мало влияет на окончательные результаты. Об этом свидетельствуют цифры табл. 1, представляющие собой значения упругой характеристики льда.

Таблица 1

h в *см*	$E = 90$ *т/м*²	$E = 30$ *т/м*²	$E = 54$ *т/м*²
10	3,0	2,3	2,6
20	5,1	3,9	4,5
30	6,9	5,2	6,0
40	8,6	6,5	7,5
50	10,2	7,7	9,0
60	11,7	8,8	10,0

Как видно из таблицы, при изменении модуля Юнга в три раза упругая характеристика мерзлого слоя изменяется примерно на 24%.

Применимость метода Бернштейна при условии, что модуль Юнга для мерзлого слоя болота равен 54 000 *кг/см*², а допускаемое напряжение на изгиб в три раза больше, чем среднее для льда, то есть $\sigma_{доп} = 30$ *кг/см*², подтверждается приведенными ниже примерами.

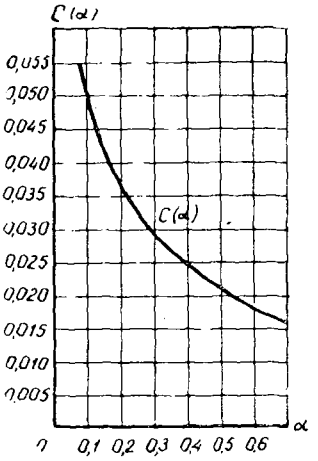


Рис. 3.

Пример 1. Какова должна быть минимальная толщина мерзлого слоя болота, обеспечивающая проходимость автомашин ЯАЗ-214 с полуприцепом, имеющих общий вес $P = 30$ *т*, $b = 18$ *м* и $a = 2$ *м*.

а) По формуле автора:

$$h = \sqrt{33{,}3P} = \sqrt{33{,}3 \cdot 30} = 31{,}6 \text{ см}.$$

Разрушающая нагрузка по формуле (5) при $h = 31{,}6$ *см*

$$P = \frac{3h^2}{50} = \frac{3 \cdot 31{,}6^2}{50} \cong 60 \text{ т},$$

а допускаемая нагрузка при двойном запасе прочности:

$$P = \frac{P_{раз}}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ т}.$$

б) По методу Бернштейна:

Упругая характеристика льда толщиной $h = 31{,}6$ *см* равна $l = 6{,}0$ *м*, радиус распределения нагрузки:

$$r = \frac{1}{2}\sqrt{a \cdot b} = \frac{1}{2}\sqrt{3 \cdot 18} = 3 \text{ м}.$$

Коэффициент распределения нагрузки

$$\alpha = \frac{r}{l} = \frac{3{,}0}{6{,}0} = 0{,}5.$$

Согласно графику на рис. 3, этому коэффициенту соответствует значение удельного напряжения $C(\alpha) = 0{,}022$. Расчетная толщина мерзлого слоя болота равна:

$$h = \sqrt{\frac{4PC(\alpha)}{\sigma_{доп}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 30 \cdot 0{,}022}{30}} = 0{,}297 \text{ м}.$$

Разница в расчете:

$$\frac{(31{,}6 - 29{,}7)\,100}{31{,}6} \cong 6\%.$$

Пример 2. Определить h для гусеничной машины, если $P = 26$ *т*, $b = 6$ *м* и $a = 3$ *м*.

а) $h = \sqrt{33{,}3P} = \sqrt{33{,}3 \cdot 26} = 29{,}4$ *см*.

$$P_{раз} = \frac{3 \cdot h^2}{50} = \frac{3 \cdot 29{,}4}{50} = 52 \text{ т}.$$

$$P = \frac{P_{раз}}{2} = \frac{52}{2} = 26 \text{ т}.$$

б) По Бернштейну:

$$r = \frac{1}{2}\sqrt{a \cdot b} = \frac{1}{2}\sqrt{3 \cdot 6} = 2{,}12 \text{ м},$$

$$\alpha = \frac{r}{l} = \frac{2{,}12}{6{,}0} \cong 0{,}35 \text{ и } C(\alpha) = 0{,}027,$$

$$h = \sqrt{\frac{4PC(\alpha)}{\sigma_{доп}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 26 \cdot 0{,}027}{30}} = 0{,}306 \text{ м}.$$

В данном случае разница в расчете получается около 4%. Эти и многие другие примеры показывают, что при одинаковых исходных данных получаются близкие друг к другу результаты по эмпирической формуле (5), формуле автора и теоретической формуле проф. Бернштейна. При движении поездов длиной более 20—25 *м* предпочтительнее пользоваться методом Бернштейна, так как формулы автора и ФТИ дают в этом случае большое преувеличение. Так, при $P = 100$ *т*, $b = 50$ *м* и $a = 3{,}4$ *м*, получаем по формуле автора и ФТИ $h = 58$ *см*, а по методу Бернштейна $h = 48$ *см*, то есть меньше почти на 21%. Расчет грузоподъемности и мерзлого слоя сплошных торфяных болот той или иной толщины может быть определен и по аналитическому методу, предложенному СоюзДОРНИИ, но за отсутствием надежных величин модулей деформаций мерзлого и талого слоя болотистых грунтов следует считать, что решение этой задачи находится лишь в начальной стадии. Метод СоюзДОРНИИ, по сравнению с другими, имеет то преимущество, что он учитывает величину интенсивности движения. Касаясь кратко оценки эмпирических и аналитических методов расчета проходимости мерзлых болот, следует отметить, что теоретические формулы в ряде случаев дают рекомендации, значительно уступающие практическим. Это является, как справедливо отмечает проф. Гастев [3], следствием того, что лед обладает особенными свойствами анизотропности, пластической деформируемости во времени, как и при кратковременных нагрузках, и все это вместе взятое «заставляет относиться с некоторым сомнением к возможности применения методов теории упругости к расчету льда». В равной и даже большей степени это можно отнести и к расчету мерзлого покрова болот. Неудовлетворительные результаты расчетов получаются по аналитическим формулам проф. Гастева [3] и проф. Снитко [7], что проверено на приведенных выше примерах.

Выводы

1. Для одиночных машин и поездов длиной до 25 *м* предпочтительнее оценивать проходимость мерзлых болот по формуле автора или формуле ФТИ.

2. При поездах длиной более 25 *м* рекомендуется проводить расчет грузоподъемности мерзлого слоя болот по методу проф. Бернштейна.

3. Для сплавинных и сапропелевых болот, имеющих разрывы сплошности торфяного покрова, рассчитывать грузоподъемность рекомендуется так же, как и для ледяных переправ.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. С. А. Бернштейн. Ледяные переправы. Научно-технический комитет НКПС, вып. № 84, Транспечать, 1929. [2]. С. А. Бернштейн. Расчет ледяных переправ для танковых войск. Труды Военной ордена Ленина Академии механизации и моторизации им. И. В. Сталина, № 1 (17), Ташкент, 1942. [3]. В. А. Гастев. Расчет льда при устройстве переправ. Труды военно-транспортной Академии, вып. II, Трансжелдориздат, 1945. [4]. П. П. Кобеко, Н. И. Шишкин и др. Пролом и грузоподъемность льда. «Журн. технической физики», т. XVI, вып. 3, изд. АН СССР, 1946. [5]. М. М. Корунов. Расчет ледяных переправ. Автобронетанковый журнал, № 8, 1939. [6]. М. М. Корунов. О проходимости машин по замерзшим болотам. Межвузовская научно-техническая конференция «Пути развития транспорта леса». Тезисы докладов, Красноярск, 1959. [7]. Н. К. Снитко. Грузоподъемность ледяных переправ. Труды военно-транспортной Академии, Трансжелдориздат, 1945. [8]. А. М. Чекотилло. Применение снега, льда и мерзлых грунтов в строительных целях. Изд. АН СССР, 1945.

Поступила в редакцию
27 марта 1959 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

СОПРОТИВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЮ ПЕТЛЕВОЙ СУЧКОРЕЗКИ

П. А. НОВИКОВ

Ассистент

(Ленинградская лесотехническая академия)

Некоторые результаты исследования и теоретического обоснования работы петлевой сучкорезки были изложены автором в предыдущей статье *. В настоящей работе изучаются основные усилия, возникающие при протаскивании дерева через сучкорезку. Усилие, затрачиваемое при протаскивании очищаемого от сучьев дерева через сучкорезку, представляет собой сумму усилия, необходимого для перемещения ствола по настилу, и усилия W в переднем тросе, которым сучкорезка крепится к эстакаде. Определение усилия W, а также его составляющих и явилось целью настоящего исследования.

Для подтверждения теоретических выводов проводились лабораторные испытания, включающие протаскивание сучкорезки по неподвижному стволу.

Усилия, возникающие при движении сучкорезки без срезания сучьев

Ножевые полотна работающей сучкорезки касаются очищаемого от сучьев ствола только в узкой зоне, примыкающей к точкам режущей кромки. При этом трение между полотнами и стволом можно считать аналогичным трению нити, огибающей цилиндр. Такой случай рассмотрен в технической литературе — имеется в виду расчет нити, огибающей вращающийся цилиндр (блок, шкив) и находящейся в плоскости, перпендикулярной к его оси. В этой же плоскости находятся векторы скорости и действующих на нить сил.

Зависимость между усилиями в сбегающей и набегающей ветвях нити в этом случае выражается формулой Эйлера:

$$T = te^{\mu\alpha}.$$

Однако, если нить расположена на стволе по винтовой линии и двигается аналогично режущей кромке, то векторы сил, растягивающих нить, направлены по касательной к винтовой линии и составляют угол β с образующими ствола, а движение нити оказывается поступательным вдоль оси ствола (рис. 1).

---

* См. «Известия высших учебных заведений», «Лесной журнал» № 2, 1959.

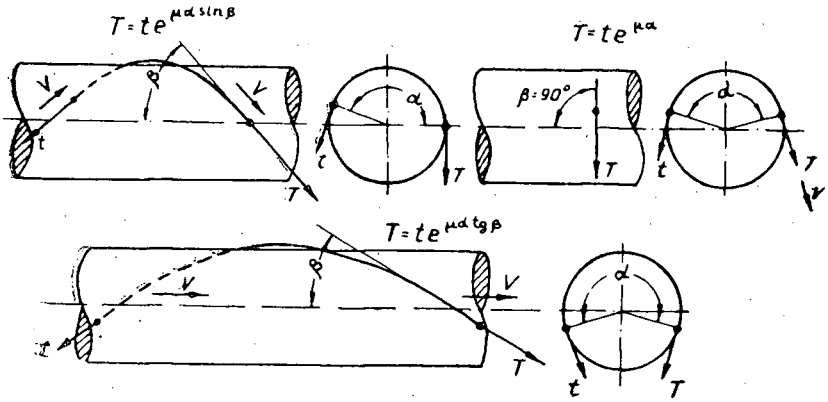


Рис. 1.

Для этого случая расположения и движения нити формула Эйлера принимает вид:

$$T = te^{\mu\alpha \operatorname{tg} \beta}*. \tag{1}$$

Формула (1) использована в настоящей работе для определения величины сил трения, возникающих при движении сучкорезки по стволу. Из формулы следует, что сила T, приложенная к переднему концу нити, особенно сильно зависит от величины угла встречи β. При углах $\beta > 25 - 30°$, усилие T возрастает особенно быстро, а при $\beta > 80°$ становится бесконечно большим.

Приняв закономерности изменения натяжения нити и режущей кромки полотна в описанных выше условиях аналогичными, обозначим через t начальное натяжение, приложенное к задней кромке полотна, и через T — конечное натяжение, приложенное к передней кромке. Тогда по формуле (1) можно определить натяжение в любой промежуточной точке режущей кромки и по ним определить напряжение от внецентренного растяжения в любом поперечном сечении полотна.

Если обе части равенства в формуле (1) умножим на $2\cos\beta$ и затем промежуточные выражения $2T\cos\beta$ и $2t\cos\beta$ заменим соответственно через U и u, то получим новую аналогичную формулу

$$U = ue^{\mu\alpha \operatorname{tg} \beta}, \tag{2}$$

где U — усилие в переднем тросе сучкорезки,

u — начальное натяжение в заднем тросе.

По этой формуле можно определять усилия в концевых тросах сучкорезки при ее движении по стволам, с которых предварительно удалены все сучки. Из формулы следует, что в этом случае общее усилие U зависит от величины начального натяжения u и величины показателя степени $\mu\alpha \operatorname{tg} \beta$.

Величина коэффициента трения, возникающего при движении полотен по стволу, должна быть определена опытным путем. Угол обхвата (рис. 1) сучкорезки можно считать равным 2π, так как оба полотна сучкорезки полностью или почти полностью охватывают ствол (например, в сучкорезках, у которых передние концы полотен выступают за крюки). Угол встречи можно найти из формулы

$$2l \sin \beta = \pi d, \tag{3}$$

* Формула (1) получена автором. Вывод ее аналогичен выводу формулы Эйлера.

которую нетрудно составить, рассмотрев развертку одного полного витка винтовой линии на цилиндре. Здесь l — длина сучкорезки, принятая равной длине режущей кромки каждого из ее полотен, заключенной между задней и передней точками пересечения кромок на стволе.

При установившемся движении общее усилие U, необходимое для протаскивания сучкорезки по стволу (без срезания сучьев), расходуется на преодоление начального натяжения и трения, возникающего между полотнами и стволом. Величину этого трения можно определить по формуле

$$U - u = u\left(e^{\mu\alpha \operatorname{tg}\beta} - 1\right). \tag{4}$$

Возникновение сил трения является специфической особенностью в работе петлевой сучкорезки. В зависимости от условий работы эти силы могут оказаться весьма значительными. Они могут вызвать большие усилия в переднем тросе, привести к остаточным деформациям в полотнах и их поломке и, тем самым ограничить срок службы сучкорезки. Поэтому исследование изменений сил трения и отношений $\frac{U}{u}$ и $\frac{U-u}{u}$ приобретает важное значение и практический интерес.

Силы трения и усилия резания измерялись при протаскивании сучкорезки по точеным деревянным цилиндрическим стволам диаметром 8—20 *см*. В этих опытах применялась сучкорезка с полотнами длиной 63 *см* и поперечным сечением 2×40 *мм*, на режущей кромке имелись зубцы с шагом 8 *мм*.

Протаскивание производилось на специальной установке (рис. 2), включающей ручную лебедку *1*, пружинный динамометр *2*, записывающее устройство (самописец) *3* с механическим приводом от вала лебедки, приспособление для крепления стволов *4* и блоки с контргрузом *5*. Трос от барабана лебедки шел к подвижному концу динамометра через подвижной блок. Этот блок через короткий ведущий трос крепился к переднему узлу сучкорезки *6*. Скорость блока и сучкорезки при этом была около 0,04—0,05 *м/сек*.

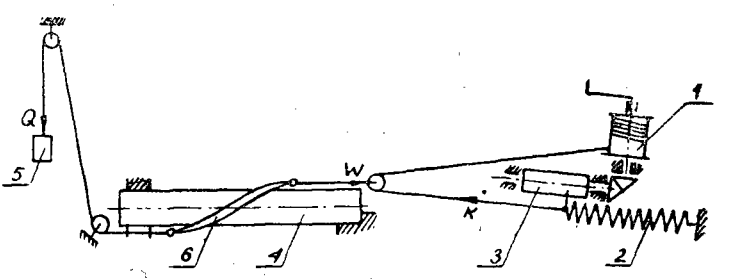


Рис. 2.

В испытаниях сучкорезка протаскивалась зубцами назад и зубцами вперед. Для обеспечения надежности прилегания полотен к стволу и для создания начальных натяжений к заднему узлу сучкорезки крепился трос, который оттягивался контргрузом *5* $Q = 42$ *кг*. С учетом потерь на трение в блоках начальное натяжение U в этом случае оказалось равным 1,1 Q, а формулы (2) и (4) приняли вид:

$$U = 1{,}1 Q e^{\mu\alpha \operatorname{tg}\beta}. \tag{2a}$$

$$U - 1{,}1Q = 1{,}1Q\left(e^{\mu\alpha \operatorname{tg}\beta} - 1\right). \tag{4a}$$

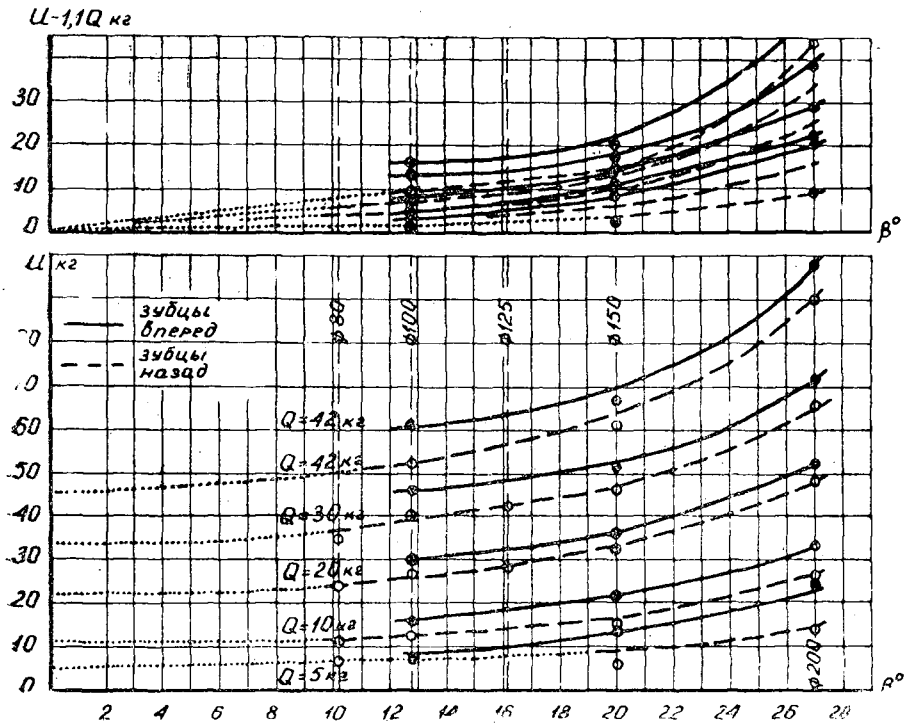


Рис. 3.

Записанные самописцем диаграммы после каждого опыта обмерялись планиметром. Найденные по диаграммам средние усилия представляли собой среднее за время опыта усилие в переднем тросе сучкорезки. Так был получен ряд значений общего усилия U в переднем тросе (табл. 1), а по ним был подсчитан соответствующий ряд значений усилий трения, в каждом случае представляющий собой разницу усилий натяжения переднего и заднего тросов сучкорезки. Величины усилий U и усилия трения $U - 1{,}1\ Q$, подсчитанные таким путем для различных условий, приводятся в диаграммах на рис. 3.

Таблица 1

d мм	Вес контргруза Q кг								
	5	7	10	15	20	25	30	35	42
	Общее сопротивление U при движении зубцами назад								
80	—	—	11,0	18,4	23,6	30,0	35,3	41,5	—
100	—	—	13,7	21,0	27,6	34,0	41,5	46,5	52,5
125	—	9,0	14,4	21,7	29,7	36,1	43,1	47,1	—
150	7,0	11,0	16,4	23,8	31,4	37,5	46,1	52,2	60,5
200	14,0	19,5	25,7	38,0	48,0	57,0	65,6	74,0	99,0
	Общее сопротивление U при движении зубцами вперед								
100	7,2	11,2	16,0	23,5	30,0	38,2	46,1	53,7	62,1
150	14,0	17,0	22,2	30,8	36,9	44,0	50,2	56,0	66,2
200	25,0	29,0	32,8	43,0	51,1	62,5	72,0	82,0	98,0

На основе данных табл. 1 были подсчитаны величины отношений $\frac{U}{1{,}1Q}$ и $\frac{U-1{,}1Q}{1{,}1Q}$. Эти отношения показывают, во сколько раз общее усилие и сопротивление трения $U - 1{,}1\,Q$ в условиях испытания оказались больше вызвавшего их первоначального натяжения. Однако во всех случаях первое отношение больше второго на единицу (рис. 4).

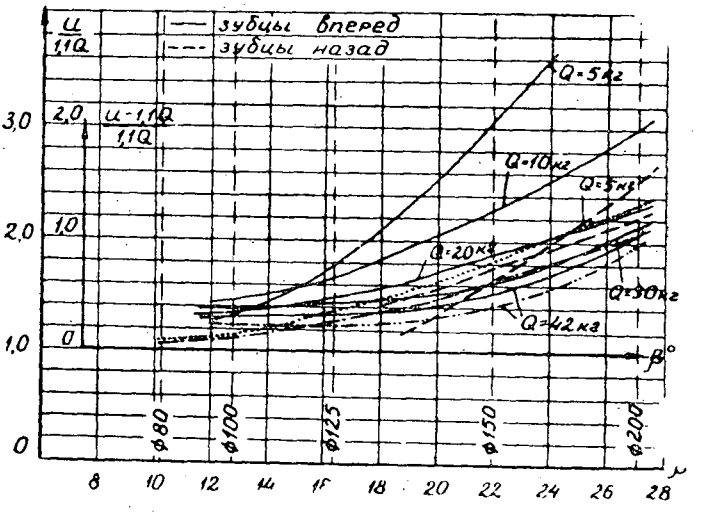


Рис. 4.

Для определения коэффициентов трения, имевшего место во время испытаний, уравнение (2а) решалось относительно μ. Для этого в уравнение из табл. 1 подставлялись величины усилий U и соответствующие им различные величины контргрузов Q, углов обхвата α и углов встречи β. По вычисленным значениям μ была составлена приведенная здесь диаграмма (рис. 5).

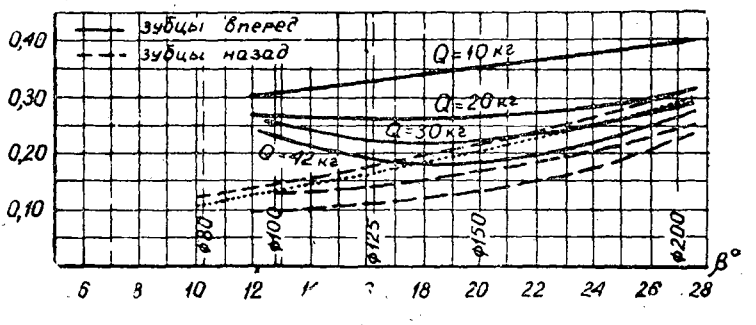


Рис. 5.

Из диаграммы видно, что $\mu = 0{,}10 \div 0{,}30$ при движении полотен сучкорезки зубцами назад и что $\mu = 0{,}20 \div 0{,}40$ при движении зубцами вперед. Во втором случае коэффициенты трения больше, чем в первом, что объясняется наблюдавшимся незначительным продольным строганием поверхности ствола. В обоих случаях эти коэффициенты незначительно возрастают с увеличением угла встречи и уменьшаются с увеличением начального натяжения.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. При увеличении начального натяжения, диаметра ствола и угла встречи общее усилие U в переднем тросе возрастает.

2. Общие усилия $U_в$ при движении полотен зубцами вперед всегда больше аналогичных усилий $U_н$ при движении зубцами назад вследствие того, что в последнем случае имеет место строгание ствола (рис. 3).

3. Пределами усилия $U_н$ являются величина начального натяжения 1,1 Q при $\beta = 0$ и бесконечность — при $\beta = 90°$. Пределами сил трения $U_н$ — 1,1 Q являются соответственно нуль и бесконечность.

4. При движении сучкорезки по оптимальному* участку ствола независимо от величины начального натяжения, общее усилие $U_в$ превышает начальное натяжение в 1,4 раза, а усилие $U_н$ — в 1,25 раза. Сопротивление трения при этом составляет соответственно 40 и 25% от начального натяжения.

5. При движении сучкорезки по участкам ствола, диаметры которых приближаются к предельному, общее усилие $U_в$ превышает начальное натяжение в 4,5—2,1 раза, а усилие $U_н$ — в 2,55—2,1 раза. В обоих случаях меньшие из указанных пределов относятся к начальным натяжениям при $Q = 20—42$ *кг*. Сопротивление трения при этих контргрузах оказалось примерно равным первоначальному натяжению. Те же кривые на рис. 4 указывают, что на участках ствола, диаметр которых равен или больше предельного, даже при $Q = 30—42$ *кг* сопротивление трения значительно превосходит начальное натяжение.

6. Полученные в испытаниях коэффициенты трения не отличаются от коэффициентов, которые для аналогичных условий приводятся в различных литературных источниках.

7. Результаты испытаний находятся в хорошем соответствии с формулами (1), (2), (4), выражающими закономерность в изменениях сопротивления движению полотен и всей сучкорезки по стволу без резания.

Усилия, возникающие при движении сучкорезки, срезающей сучья

В этом случае общее усилие W на передвижение сучкорезки складывается 1) из рассмотренного выше усилия U, возникшего при движении сучкорезки по стволу, лишенному сучьев и 2) из усилия V, возникающего в сучкорезке вследствие дополнительного натяжения, обусловленного срезанием сучьев. Таким образом, $W = U + V$.

Возникновение и характер изменения усилий U и V принципиально совершенно аналогичны. В первом случае довольно постоянное по величине начальное натяжение было приложено к задним концам полотен сучкорезки. Здесь же, во втором случае, начальным натяжением является усилие, которое возникает при резании сучьев. Это усилие может возникнуть на любом участке полотна, быть различным по величине и длительности. Поэтому при одновременном срезании двух сучьев, расположенных в каком-либо поперечном сечении ствола, дополнительное усилие V можно определить по формуле, аналогичной формуле (2),

$$V = Pe^{\mu\varphi \operatorname{tg} \beta}. \qquad (5$$

* В статье «О некоторых параметрах петлевой сучкорезки» было показано, что диаметр оптимального участка ствола $d_{опт} = 0{,}16\ l$, а диаметр предельно-допустимого для очистки участка $d_{пред} = 0{,}4\ l$.

При срезании большого числа как угодно расположенных сучьев усилия резания будут последовательно складываться и формула (5) примет вид:

$$V = \Sigma P e^{\mu\varphi \operatorname{tg}\beta}. \qquad (6)$$

В обеих формулах P — усилие, прикладываемое при одновременном срезании двух противостоящих сучьев, φ — общий угол обхвата ствола обоими полотнами, образованный дополнительно натянутыми участками режущей кромки.

Усилие W при наличии начального натяжения можно определить теперь по следующей общей формуле:

$$W = ue^{\mu\alpha \operatorname{tg}\beta} + \Sigma P e^{\mu\varphi \operatorname{tg}\beta}. \qquad (7)$$

Эта формула выражает зависимость между всеми основными факторами, влияющими на величину общего усилия W.

Лабораторные испытания имели целью проверить зависимость величины общего усилия W от следующих факторов: 1) угла встречи, 2) участка полотна, которым производится резание, и 3) расстояния между сучьями. Одновременно проверялись соотношения между сопротивлением трения и усилиями начального натяжения и резания.

В лабораторных условиях сучья заменялись сосновыми или еловыми стержнями-пробками диаметром 11,5—12 *мм*, которые забивались в ствол на глубину 30—35 *мм* и выступали из него на 20—25 *мм*. Пробки располагались двумя рядами. Расстояние между рядами подбиралось таким, чтобы срезание каждой пары противостоящих пробок производилось передними, средними или задними участками полотна сучкорезки. Для каждого испытания пробки в рядах забивались с некоторым определенным шагом. Срезание пробок на стволах производилось на описанной выше сучкорезной установке (рис. 2) при постоянном начальном натяжении, создаваемом грузом $Q = 30$ *кг*.

В испытаниях диаграмма самописца фиксировала в некотором масштабе суммарное усилие $W = U + V$. Это опытное усилие использовалось в расчетной формуле (7), которая для условий испытания приняла следующий вид:

$$W = 1{,}1 Q e^{\mu\alpha \operatorname{tg}\beta} + P e^{\mu\varphi \operatorname{tg}\beta}. \qquad (7а)$$

Общий угол обхвата φ, зависящий от расстояния между рядами пробок, принимался равным $\varphi_1 = \frac{\alpha}{6}$, $\varphi_2 = \frac{\alpha}{2}$ или $\varphi_3 = 5/6\,\alpha$ (рис. 6).

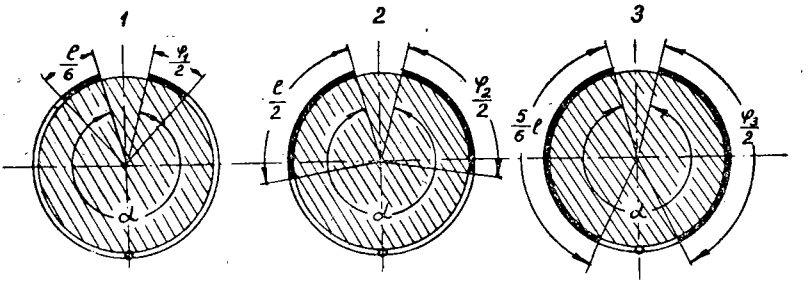


Рис. 6.

Полученные в испытаниях общие усилия W в переднем тросе приведены в левой части табл. 2 и представлены кривыми на рис. 7. Путем последовательной подстановки значений этого усилия в формулу (7а)

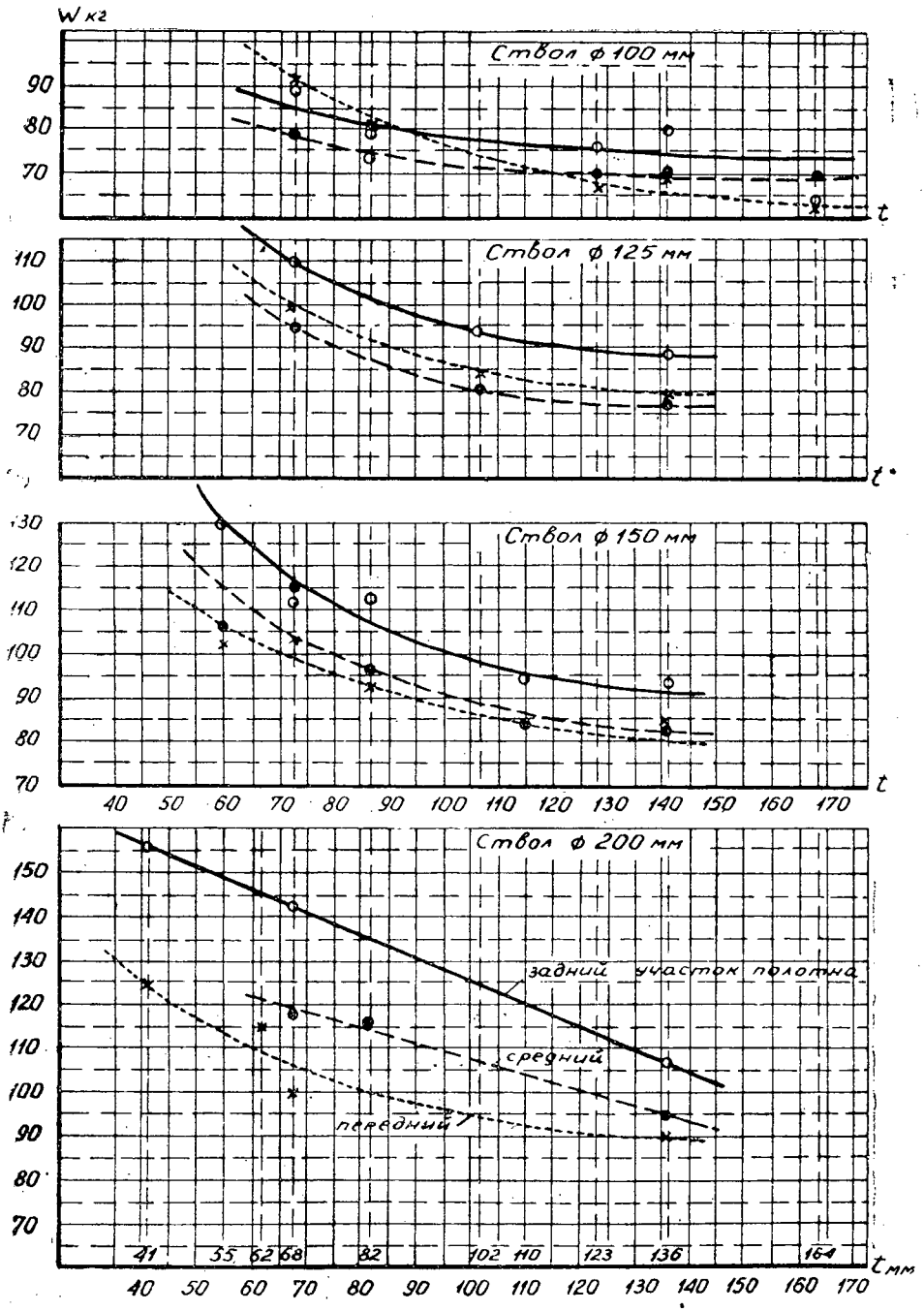


Рис. 7.

были найдены расчетные усилия резания *P*. Эти усилия и взятые для расчета коэффициенты трения приведены в правой части табл. 2. Зависимость среднего усилия резания от расстояния в рядах между пробками и от угла встречи, полученная на основе данных этой таблицы, приведена в диаграммах на рис. 8 и 9.

Таблица 2

d мм	t мм	Режущий участок полотна: передний	средний	задний	μ	Режущий участок полотна: передний	средний	задний	Среднее значение
		Общее усилие W кг				Расчетное усилие P кг			
100	68	91,7	78,7	88,5	0,20	47,6	32,4	37,8	39,3
	82	81,4	73,4	78,5		37,7	27,7	29,7	31,7
	123	67,0	70,4	75,8		23,8	25,1	27,5	25,4
	136	69,5	76,0	80,2		26,3	30,0	31,1	29,1
	164	62,9	70,1	62,8		19,9	25,3	16,8	20,1
125	68	99,4	94,8	109,5	0,22	49,9	40,6	47,3	46,0
	102	84,5	81,0	94,0		35,8	29,0	35,6	33,4
	136	80,7	77,3	88,6		32,7	25,9	31,6	30,1
150	55	102,2	106,5	130,3	0,24	45,6	42,4	52,3	46,8
	68	103,4	115,6	111,9		46,7	49,6	40,0	45,5
	82	93,1	96,8	113,5		37,2	34,7	41,0	37,6
	110	82,4	82,5	94,7		26,3	23,4	28,2	26,0
	136	84,5	82,7	93,3		29,2	23,6	27,3	26,7
200	41	124,3	—	156,0	0,26	50,0	—	48,3	49,1
	62	115,4	—	—		42,1	—	—	42,1
	68	94,5	117,5	142,0		23,6	34,6	40,6	33,0
	82	—	116,0	—		—	33,6	—	33,6
	136	90,0	94,4	107,1		19,6	18,5	21,5	19,8

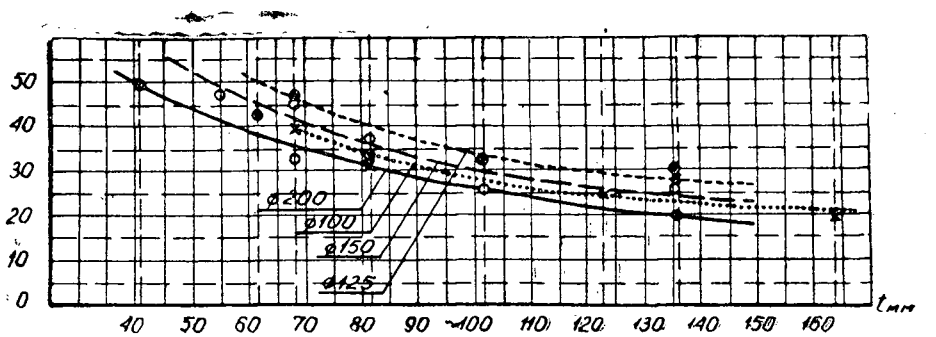


Рис. 8.

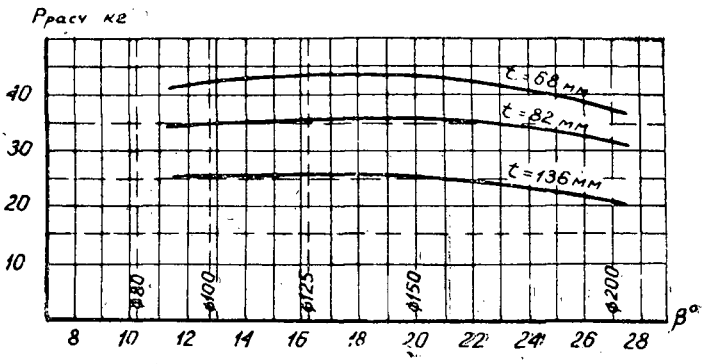


Рис. 9.

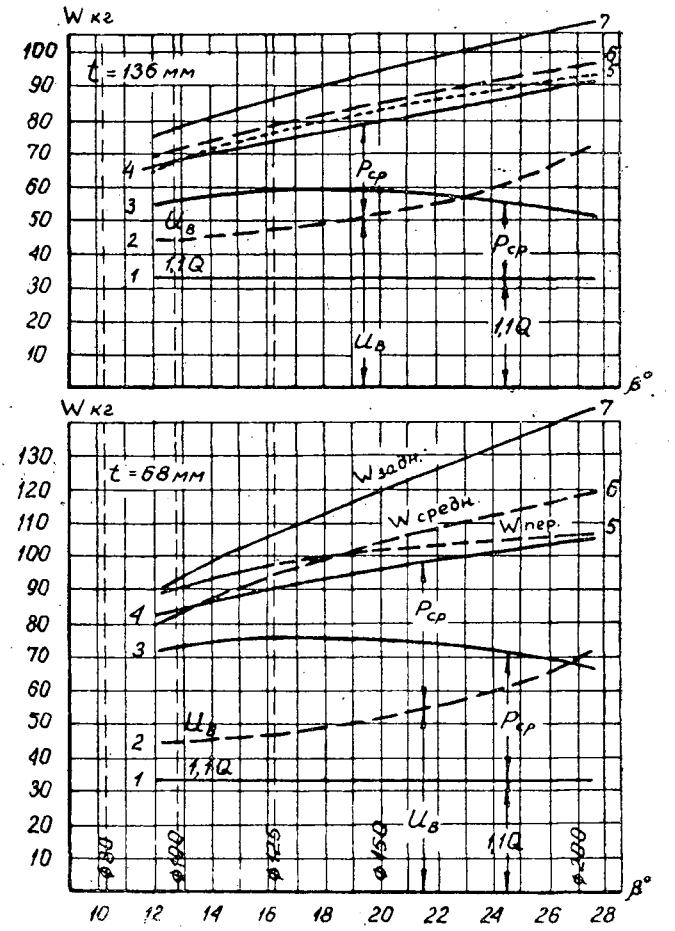


Рис. 10.

Чтобы подвести общий итог всему изложенному о силах, составляющих вместе общее усилие W, были построены две однотипные комплексные диаграммы (рис. 10) для двух расстояний в рядах между пробками. Эти диаграммы наглядно показывают зависимость усилия W от его составляющих, показывают соотношение между силами трения и силами, которые их вызывают, и хорошо иллюстрируют основную расчетную формулу (7).

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Общее усилие W складывается из усилия на передвижение сучкорезки по стволу, свободному от сучьев дополнительного усилия, возникающего при резании. Первое возникает от начального натяжения, а второе — от сопротивления резания. Усилие W может быть определено по формуле (7).

2. Общее усилие W зависит от коэффициента трения, который в наших опытах оказался равным 0,20—0,24 (в производственных условиях следует ожидать меньшей величины).

3. Общее усилие W сильно зависит от длины сучкорезки l, от диаметра очищаемого ствола и угла встречи β. Работа сучкорезки оказывается наиболее благоприятной на участках ствола, когда $d \cong 0{,}16\,l$, а

угол встречи $\beta = 10—12°$. Усилия становятся большими, а резание даже невозможным на участках ствола, когда $d \geqslant 0{,}4\,l$, а угол встречи $\beta \geqslant 38°$.

4. Дополнительное усилие, возникающее при резании, зависит от диаметра срезаемых сучьев и интенсивности их распределения на очищаемом участке ствола.

5. В связи с увеличением угла обхвата φ дополнительное усилие при резании сучьев задними участками полотна больше, чем при резании передними участками.

6. Имеется хорошее совпадение между значениями усилия резания P, рассчитанными по формуле (7а) и полученными опытным путем при срезании пробок на доске, когда влияние трения полностью исключалось (эти испытания и полученные в ходе их результаты в статье не приведены).

7. Общее трение при протаскивании сучкорезки сильно возрастает на толстых участках ствола. В условиях испытания оно составляет $^1/_6$ — $^1/_5$ часть общего усилия W на оптимальных участках и около половины — на участках, диаметр которых приближается к предельному.

Поступила в редакцию
3 мая 1958 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

РАСЧЕТ РЕЛЬСОВОГО СТЫКА ПО МЕТОДУ УПРУГИХ ОПОР

Н. Н. БУТОРИН

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

До сих пор рассчитывают рельсовый путь по целому сечению рельсовой нити в середине звена, несмотря на то, что самым слабым местом рельсового пути, самым опасным его сечением является стык. Объясняется это большой сложностью расчета стыка.

Так же, как и звено, стык можно рассчитывать по методу сплошного упругого основания и по методу отдельных упругих опор. Основным недостатком первого метода является то, что в нем стык рассматривается как упругий шарнир. Это не дает возможности учесть влияние на работу стыка размеров и геометрических характеристик его элементов, а также натяжения стыковых болтов.

Метод отдельных упругих опор отличается громоздкостью вычислений [8], [3], [4]. Ниже предлагается способ расчета по методу упругих опор, позволяющий учесть воздействие на стык системы сил. Объем вычислений при этом сокращается за счет применения таблиц некоторых функций, входящих в расчетные формулы.

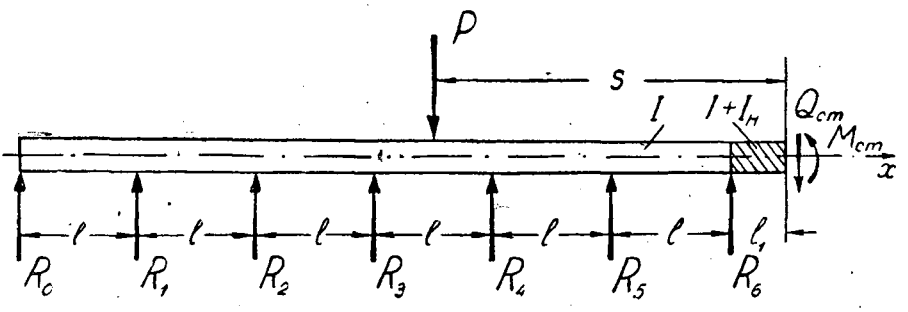


Рис. 1.

Расчетная схема приведена на рис. 1. Рельс рассматривается как неразрезная балка, опирающаяся на отдельные точечные упругие опоры.

Опоры расположены симметрично относительно стыка, по семь опор с каждой стороны (на рис. 1 изображена левая половина балки). Расстояние между опорами l постоянное, за исключением стыкового пролета, где оно равно $2l_1$. Причем $2l_1 < l$.

Реакция каждой опоры принимается пропорциональной ее просадке, то есть

$$R_к = Dy_к,$$

где D — коэффициент пропорциональности. За характеристику упругости пути принимается величина

$$\gamma = \frac{6EI}{Dl^3},$$

где EI — жесткость рельса.

Как известно, осадка одной шпалы под нагрузкой вызывает некоторую осадку смежной шпалы, если даже она не несет на себе нагрузки. Это объясняется свойствами основания рельсового пути. Для опор, расположенных в середине звена, этим явлением можно пренебречь, так как между ними расстояние достаточно велико и, кроме того, сам эффект уменьшается с удалением от стыкового сечения. Так как стыковые шпалы находятся ближе друг к другу, то просадки их при одном и том же значении реакции будут больше, чем просадки шпал в середине звена. Поэтому для стыковых шпал принимаем:

$$R_б = D'y_б, \text{ причем } D' < D.$$

Соответственно характеристика упругости пути в зоне стыка имеет вид:

$$\gamma' = \frac{6EI}{D'l^3}.$$

Очевидно, что $\gamma' > \gamma$.

Значение γ определяется по известной методике опытным путем. Величину γ' определить значительно труднее. В первом приближении значения γ' можно найти следующим способом. Решая задачу Буссинеска для плоского напряженного состояния [1], найдем, что осадка

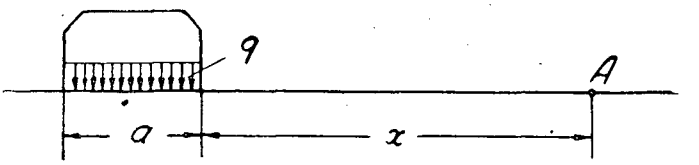


Рис. 2.

кромки полуплоскости в точке, удаленной на расстояние x от границы действия равномерно распределенной нагрузки от подошвы шпалы, описывается формулой (рис. 2).

$$\Delta y = \frac{qa}{\pi E_0}\left[2\frac{a+x}{a}\ln\frac{d}{a+x} - 2\frac{x}{a}\ln\frac{d}{x} + (1-\mu)\right],$$

где q — интенсивность равномерно распределенной нагрузки, передаваемой на грунт от подошвы шпалы;
a — ширина подошвы шпалы;
E_0 — модуль упругости основания;
d — расстояние вниз по вертикали от подошвы шпалы до точки, в которой вертикальное перемещение можно принять равным нулю;
μ — коэффициент Пуассона.

Просадка одиночной шпалы при $x = -\frac{a}{2}$, равна

$$y = \frac{qa}{\pi E_0}\left[2\ln\frac{2d}{a} + (1-\mu)\right].$$

Если вертикальная сила, действующая на путь, приложена в стыковом сечении, то обе стыковые шпалы будут иметь одинаковые реакции и одинаковые просадки, равные

$$y + \Delta y.$$

Следовательно

$$D' = \frac{R_6}{y + \Delta y}.$$

Так как

$$\frac{\gamma'}{\gamma} = \frac{D}{D'} = \frac{y + \Delta y}{y} = 1 + \frac{\Delta y}{y},$$

то

$$\frac{\gamma'}{\gamma} = 1 + \frac{2\left(1 + \frac{x}{a}\right)\ln\frac{d}{a+x} - 2\frac{x}{a}\ln\frac{d}{a} + (1-\mu)}{2\ln\frac{2d}{a} + (1-\mu)}.$$

Если принять $d = 1$ *м*, то значение отношения $\frac{\gamma'}{\gamma}$ можно найти в зависимости от расстояния между стыковыми шпалами $2l_1$ (табл. 1).

Таблица 1

Значения отношения $\frac{\gamma'}{\gamma}$

$2l_1$ *см*	40	41÷50	50÷60	Более 60
γ'/γ	1,3	1,2	1,1	1,0

В стыковом пролете на длине накладки момент инерции балки (рис. 1) принят равным сумме моментов инерции рельса и двух накладок. Длина накладок оказывает большое влияние на величину вертикальных напряжений в шейке рельсов [2]. Эти напряжения можно рассчитать, зная изгибающий момент, воспринимаемый стыковыми накладками. Сам же стыковой изгибающий момент, так же как и просадка и поперечная сила в стыке, при изменении длины накладки меняется незначительно [4]. Поэтому в расчетной схеме для упрощения расчетов длина накладки принята равной длине стыкового пролета $2l_1$. По той же причине [8] зазор между рельсовыми концами в стыке принят равным нулю.

Так как целость рельсов в стыковом сечении нарушается, то в месте зазора упругая линия рельсовой нити при работе стыка претерпевает излом на некоторый угол ψ. Величина угла ψ зависит от многих факторов. Это в первую очередь стыковой изгибающий момент, момент инерции накладок и рельса, натяжение стыковых болтов, степень изношенности накладок и рельсов и т. д.

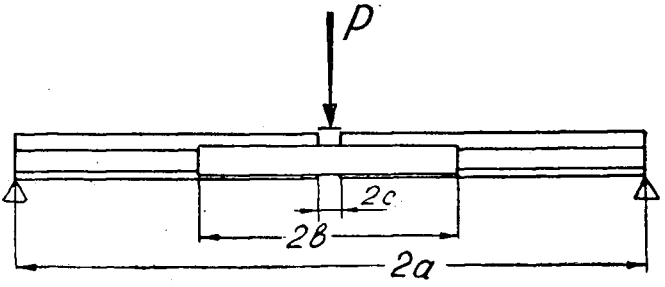


Рис. 3.

Опытным путем ψ определяется сравнительно просто. Для этого нужно собрать стык из двух коротких отрезков рельсов и накладок и установить его на двух жестких опорах, как показано на рис. 3. Величина ψ определяется при этом по формуле:

$$\frac{\psi}{P} = 2\,\frac{y_р - y_{ст}}{aP} - \frac{I_н\, b}{3E\,(I_н + I)\,Ia}\,(3a^2 - 3ab + b^2) + \frac{ac}{EI_н},$$

где $y_{ст}$ — измеренный прогиб стыка;

$y_р$ — измеренный прогиб целого, нагруженного посередине рельса, покоящегося на двух опорах с пролетом $2a$;

$I_н$ — момент инерции двух накладок.

Смысл остальных обозначений понятен, если обратиться к рис. 3.

В лаборатории кафедры сухопутного транспорта леса АЛТИ таким методом было испытано большое число стыков узкоколейных рельсов Р24, Р18 и Р15.

Для каждого типа рельсов применялись накладки различной длины (до шести вариантов) и различных моментов инерции (5—6 вариантов). Всего было испытано 44 различных стыка при неизменном натяжении стыковых болтов, приблизительно равном 800 *кг* (рис. 4). В опытах принимали участие доцент В. В. Щелкунов и инженер Л. П. Биричевский.

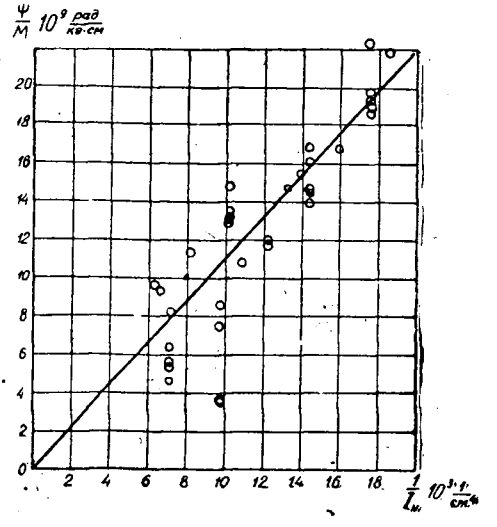


Рис. 4.

В результате статистической обработки полученного материала было найдено, что угол ψ пропорционален стыковому изгибающему моменту и обратно пропорционален моменту инерции накладок

$$\psi = m \frac{M_{ст}}{I_н}.$$

Коэффициент пропорциональности для дорог узкой колеи может быть принят равным $m = 1{,}1 \cdot 10^{-6}$ при коэффициенте корреляции $r = 0{,}87$.

Подвижная сила P (рис. 1) может перемещаться влево от стыкового сечения на расстояние до $s = l_1 + 3\,l$. При перемещении на большее расстояние сила P влияет на работу стыка незначительно, а само влияние не может быть учтено с достаточной точностью вследствие близости точки приложения силы к крайней опоре, на которой свободно (принимается условно) покоится конец рельса.

Уравнение упругой линии неразрезной ступенчатой балки, изображенной на рис. 1, может быть составлено по способу, предложенному Микеладзе и изложенному [7] в следующем виде:

$$Ey = E(y_0 + x\varphi_0) + \frac{1}{6l}\sum_k R_k (x - kl)^3 - \frac{1}{6}\frac{P_s}{I_s}(x - 6l - l_1 + s)^3 - \frac{1}{2}\frac{I_н}{(I_н + I)I} M_{6l}(x - 6l)^2 - \frac{1}{6} Q_{6l}(x - 6l)^3. \quad (1)$$

Уравнение углов поворота:

$$Ey' = E\varphi_0 + \frac{1}{2l}\sum_k R_k (x - kl)^2 - \frac{1}{2}\frac{P_s}{I_s}(x - 6l - l_1 + s)^2 - \frac{I_н}{(I_н + I)I} M_{6l}(x - 6l) - \frac{1}{2}\frac{I_н}{(I_н + I)I} Q_{6l}(x - 6l)^2. \quad (2)$$

Здесь y_0 и φ_0 — просадка и угол поворота сечения рельса на крайней левой опоре, R_k — реакция $к$ — той опоры.

В сумму $\sum\limits_k$ входят реакции всех опор, расположенных слева от сечения x.

M_{6l} и Q_{6l} — изгибающий момент и поперечная сила в сечении, характерном скачкообразным изменением момента инерции балки, то есть при $x = 6\,l$.

Подвижная сила P_s, а также M_{6l} и Q_{6l} учитываются только в том случае, когда они приложены левее сечения x при $x < 6l + l_1 - s$ $P_s = 0$, а при $x < 6l$ $M_{6l} = Q_{6l} = 0$.

I_s — момент инерции балки в том сечении, где приложена сила P_s.

Если подвижная сила P_s находится вне пределов стыкового пролета, то есть $s > l_1$, то будем иметь:

$$M_{6l} = M_{ст} - Q_{ст} \cdot l_1$$

и

$$Q_{6l} = Q_{ст}. \quad (3)$$

Если сила P_s приложена в стыковом пролете, то есть при $s < l_1$

$$M_{6l} = M_{ст} - Q_{ст} \cdot l_1 + P(s - l_1)$$

и

$$Q_{6l} = Q_{ст} + P. \tag{4}$$

Уравнения упругой линии и углов поворота правой половины балки будут отличаться от уравнений (1) и (2) тем, что в них не содержится сила P, а поперечная сила в стыковом сечении $Q_{ст}$ имеет обратный знак.

При этом начало координат для правой половины балки следует считать на крайней правой опоре, а направление оси x — изменить на обратное.

Неизвестными в уравнении (1) являются 7 опорных реакций, просадка и угол поворота сечения рельса на крайней опоре, стыковой изгибающий момент $M_{ст}$ и поперечная сила $Q_{ст}$.

Для нахождения неизвестных используем условие пропорциональности просадки и реакции на каждой опоре $R = Dy$. Тогда после некоторых преобразований получим из (1) следующие уравнения:

$$\left.\begin{aligned}
&Dl\gamma\varphi_0 + (1-\gamma)R_0 + \gamma R_1 = 0;\\
&2Dl\gamma\varphi_0 + (8-\gamma)R_0 + R_1 + \gamma R_2 = 0;\\
&3Dl\gamma\varphi_0 + (27-\gamma)R_0 + 8R_1 + R_2 + \gamma R_3 = 0;\\
&4Dl\gamma\varphi_0 + (64-\gamma)R_0 + 27R_1 + 8R_2 + R_3 + \gamma R_4 = \Gamma_{\alpha+2}P(\beta-\alpha-2)^3\\
&5Dl\gamma\varphi_0 + (125-\gamma)R_0 + 64R_1 + 27R_2 + 8R_3 + R_4 + \gamma R_5 =\\
&\qquad = \Gamma_{\alpha+1}P(\beta-\alpha-1)^3\\
&6Dl\gamma\varphi_0 + (216-\gamma)R_0 + 125R_1 + 64R_2 + 27R_3 + 8R_4 + R_5 +\\
&\qquad + \gamma' R_6 = \Gamma_\alpha P(\beta-\alpha)^3,
\end{aligned}\right\} \tag{5}$$

где $\beta = \frac{s}{l}$; $\alpha = \frac{l_1}{l}$;

Γ_α — функциональный прерыватель, то есть функция от аргумента β, принимающая значения при $\alpha < \beta$ $\Gamma_\alpha = 1$ и при $\alpha \geqslant \beta$ $\Gamma_\alpha = 0$.

Уравнения равновесия в статике имеют вид:

$$\left.\begin{aligned}
&R_0 + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 = P + Q_{ст}\\
&6R_0 + 5R_1 + 4R_2 + 3R_3 + 2R_4 + R_5 = P(\beta-\alpha) - Q_{ст}\alpha + \frac{M_{ст}}{l}
\end{aligned}\right\} \tag{6}$$

Решая совместно уравнения (5) и (6), выразим все опорные реакции через $M_{ст}$ и $Q_{ст}$.

Сравнение просадок в стыке левой и правой половины балки дает:

$$y_{лев} = y_{прав} + \delta,$$

где δ — так называемая «ступенька» в стыке, обусловленная возникающей под действием поперечной силы деформации смятия по площади соприкосновения накладки и рельса. Величина этой ступеньки по сравнению с просадкой очень мала, поэтому в данном случае ею вполне можно пренебречь. Тогда вышеуказанное условие запишется следующим образом:

$$y_{лев} = y_{прав}; \tag{7}$$

Сравнивая углы поворота торцовых сечений рельсов в стыке, получим:

$$y'_{\text{лев}} + y'_{\text{прав}} = \psi. \tag{8}$$

Подставляя в равенства (7) и (8) значения просадок и углов поворота для левой и правой половины балки, полученные из (1) и (2), при $x = 6l + l_1$, а также используя выражения для реакций опор, найденные при решении уравнений (5) и (6), найдем в окончательном виде:

$$-Q_{\text{ст}} = \frac{\Sigma P\left\{c - (\beta-\alpha)B_0 + \alpha\left[B - (\beta-\alpha)A\right] + \frac{I}{I_S}\left[(\beta-\alpha)^3 + 3\alpha(\beta-\alpha)^2\right]\right\}}{4\frac{I}{I+I_{\text{н}}}\alpha^3 + 2A\alpha^2 + 4B_0\alpha + 2C_0} \tag{9}$$

$$M_{\text{ст}} = \frac{\Sigma Pl\left[B - (\beta-\alpha)A + 3\frac{I}{I_S}(\beta-\alpha)^2\right]}{2A + 12\alpha\frac{I}{I+I_{\text{н}}} + 6\frac{\varphi}{l}\frac{I}{I_{\text{н}}}}. \tag{10}$$

Просадка стыка:

$$y = \sum\frac{Pl^3}{12EI}\left[C - B_0(\beta-\alpha) + \frac{I}{I_S}(\beta-\alpha)^3\right] + \frac{\Sigma M_{\text{ст}}l^2}{6EI}\left(3\alpha^2\frac{I}{I+I_{\text{н}}} + \right.$$
$$\left. + 3\alpha\frac{\varphi}{l}\frac{I}{I_{\text{н}}} - B_0\right) \tag{11}$$

Реакция пристыковой шпалы:

$$R_6 = \sum P\left\{\Gamma_\alpha(\beta-\alpha)^3 + B_0\left[\alpha\frac{Q_{\text{ст}}}{P} - \frac{M_{\text{ст}}}{Pl} - (\beta-\alpha)\right] + C_0\frac{Q_{\text{ст}}}{P} + C\right\}\frac{1}{\gamma'} \tag{12}$$

Здесь $\varphi = mE$ (для узкой колеи можно принимать $\varphi = 2{,}3$).

I_S — момент инерции балки в том сечении, где приложена сила P. Если сила P находится в пределах стыкового пролета, то $I_S = I + I_{\text{н}}$, если же сила P расположена от стыкового сечения дальше, чем на l, то $I_S = I$. A, B и C — коэффициенты, зависящие от γ, γ' и положения подвижной силы P.

$$A = \frac{1}{\Delta}\left[\gamma^6 + 882\gamma^5 + 21514\gamma^4 + 71412\gamma^3 + 60429\gamma^2 + 16522\gamma + 1351 + \right.$$
$$\left. + \gamma'(6\gamma^5 + 1834\gamma^4 + 19832\gamma^3 + 34074\gamma^2 + 14650\gamma + 1616)\right];$$

$$B = \frac{1}{\Delta}\left\{(21\gamma^5 + 2366\gamma^4 + 17652\gamma^3 + 24939\gamma^2 + 9587\gamma + 989)\gamma' - \right.$$
$$- \Gamma_\alpha(\beta-\alpha)^3(21\gamma^5 + 2366\gamma^4 + 17652\gamma^3 + 24939\gamma^2 + 9587\gamma + 989) +$$
$$+ \Gamma_{\alpha+1}(\beta-\alpha-1)^3\left[\gamma^5 + 630\gamma^4 + 10464\gamma^3 + 22140\gamma^2 + 10656\gamma + \right.$$
$$\left. + 1254 - \gamma'(15\gamma^4 + 847\gamma^3 + 3052\gamma^2 + 1935\gamma + 265)\right] +$$
$$+ \Gamma_{\alpha+1}(\beta-\alpha-2)^3\left[2\gamma^5 + 839\gamma^4 + 7662\gamma^3 + 5880\gamma^2 - 618\gamma - 336 + \right.$$
$$\left.\left. + \gamma'(-9\gamma^4 + 57\gamma^3 + 1931\gamma^2 + 1981\gamma + 336)\right]\right\};$$

$$C = \frac{1}{\Delta}\left[(91\gamma^5 + 4472\gamma^4 + 22308\gamma^3 + 24904\gamma^2 + 8285\gamma + 780)\gamma' - \right.$$
$$- \Gamma_\alpha(\beta-\alpha)^3(91\gamma^5 + 4472\gamma^4 + 22308\gamma^3 + 24904\gamma^2 + 8285\gamma + 780) -$$
$$- \Gamma_{\alpha+1}(\beta-\alpha-1)^3(70\gamma^4 + 2211\gamma^3 + 6400\gamma^2 + 3655\gamma + 474)\gamma' +$$

$$+ \Gamma_{\alpha+2} (\beta - \alpha - 2)^3 (-49\gamma^4 - 510\gamma^3 + 1255\gamma^2 + 1854\gamma + 336)\gamma' \Big];$$

$$\Delta = 91\gamma^5 + 4472\gamma^4 + 22308\gamma^3 + 24904\gamma^2 + 8285\gamma + 780 +$$
$$+ (105\gamma^4 + 1744\gamma^3 + 3690\gamma^2 + 1776\gamma + 209)\gamma'.$$

Значения A, B и C для расчетов можно брать по приведенным ниже табл. 2, 3 и 4. Значения B_0 и C_0 берутся из соответствующих таблиц при $\beta - \alpha = 0$.

Таблица

Значения коэффициента A

γ	$\gamma'=\gamma$	$\gamma'=1{,}1\,\gamma$	$\gamma'=1{,}2\,\gamma$	$\gamma'=1{,}3\,\gamma$
0	1,7321	1,7321	1,7321	1,7321
0,5	2,9360	2,9796	3,0365	3,0648
1	3,5709	3,6362	3,7001	3,7628
2	4,4060	4,4981	4,5875	4,6742
3	4,9975	5,1120	5,2131	5,3151
4	5,4680	5,5911	5,7091	5,8225
5	5,8638	5,9975	6,1268	6,2476
6	6,2086	6,3300	6,4874	6,6170
7	6,5161	6,6664	6,8095	6,9457
8	6,7946	6,9517	7,1008	7,2425
9	7,0500	7,2131	7,3676	7,4968
10	7,2871	7,4549	7,6143	7,7649
11	7,5692	7,6802	7,8437	7,9984
12	7,7136	7,8913	8,0588	8,2170

Формулы для расчета пути в середине рельсового звена могут быть получены, как частный случай, из (9), (10), (11) и (12), если в них положить $2\,l_1 = l$, то есть

$$\alpha = \frac{1}{2}, \quad I_н = 0, \quad \varphi = 0 \text{ и } \frac{\gamma'}{\gamma} = 1.$$

Ниже в табл. 5 приведены результаты расчета просадки стыка, стыкового момента и напряжений в накладках при статическом воздействии на путь паровоза серии ВП и тележки сцепа ЭМ-51. Рассчитаны рельсы Р18, при $l = 68$ *см*, $2\,l_1 = 50$ *см*, $\gamma' = 1{,}2\gamma$, накладки стандартные угловые, $I_н = 67{,}22$ *см*^{4} (ГОСТ 8141—56). При определении максимальных напряжений в накладках расчетный изгибающий момент принимался равным 0,85 $M_{ст}$ [5].

Расчет выполнен для двух характеристик упругости пути: $\gamma = 1$ для магистральных путей на минеральных грунтах и $\gamma = 5$ для путей на болотах.

Таблица 5

Расчет стыка

Силовые показатели	Паровоз ВП		Сцеп ЭМ-51	
	$\gamma=1$	$\gamma=5$	$\gamma=1$	$\gamma=5$
Наибольший стыковой изгибающий момент, *тм*	21,0	35,0	25,6	36,8
Наибольшие напряжения в накладках, *кг/см*^{2}	940	1565	1145	1645
„ просадки стыка, *см*	0,20	0,96	0,12	0,50

Таблица 3

Значение коэффициента *B*

x	Коэффициент относительной жесткости основания и рельса γ														β—α
	0	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
							$\gamma'=\gamma$								
0	0,0000	0,4688	0,8129	1,3679	1,8315	2.2416	2,6151	2,9611	3,2856	3,5922	3,8839	4,1627	4,4303	4,6878	0
0,2	—0,0101	0,4613	0,8064	1,3624	1,8266	2,2371	2,6109	2,9571	3,2818	3,5886	3,8805	4,1594	4,4271	4,6847	0,2
0,4	—0,0812	0,4088	0,7609	1,3241	1,7924	2,2057	2,5816	2,9295	3,2556	3,5635	3,8563	4,1361	4,4044	4,6628	0,4
0,6	—0,2739	0,2663	0,6373	1,2202	1,6996	2,1206	2,5021	2,8545	3,1842	3,4952	3,7907	4,0728	4,3433	4,6034	0,6
0,8	—0,6492	—0,0112	0,3967	1,0177	1,5189	1,9547	2,3473	2,7084	3,0453	3,3623	3,6629	3,9496	4,2241	4,4878	0,8
1,0	—1,2679	—0,4688	0,0000	0,6839	1,2210	1,6812	2,0921	2,4676	2,8162	3,1432	3,4524	3,7464	4,0275	4,2972	1,0
1,2	—2,1781	—8,1448	—0,5873	0,1839	0,7787	1,2748	1,7125	2,1093	2,4753	2,8169	3,1387	3,4438	3,7347	4,0131	1,2
1,4	—3,3763	—2,0521	—1,3813	—0,4858	0,1729	0,7165	1,1898	1,6148	2,0040	2,3653	2,7039	3,0230	3,3279	3,6181	1,4
1,6	—4,8462	—3,1966	—2,3936	—1,3556	—0,6132	—0,0113	0.5061	0,9663	1,3846	1.7706	2,1306	2,4694	2,7900	3,0953	1,6
1,8	—6,5715	—4,5847	—3,6359	—2,4360	—1,5963	—0,9259	—0,3561	0,1460	0,5994	1,0152	1,4012	1,7626	2,1037	2,4274	1,8
2,0	—8,5358	—6,2226	—5,1197	—3,7426	—2,7935	—2,0449	—1,4147	—0,8636	—0,3694	0,0814	0,4980	0,8865	1,2518	1,5975	2,0
2,2	—10,7263	—8,1148	—6,8546	—5,2886	—4,2195	—3 3836	—2,6855	—2,0789	—1,5380	—1,0469	—0,5949	—0,1750	0,2183	0,5895	2,2
2,4	—13,1441	—10,2604	—8,8420	—7,0785	—5,8896	—4,9500	—4,1770	—3,5089	—2,9159	—2,3797	—1,8881	—1,4328	—1,0077	—0,6073	2,4
2 6	—15,7932	—12,6571	—11,0808	—9,1144	—7,7812	—6,7493	—5,8960	—5,1612	—4,5115	—3,9258	—3,3905	—2,8961	—2,4355	—2,0029	2,6
2,8	—18,6784	—15,3022	—13,5704	—11,3985	—9,9254	—8,7876	—7,8490	—7,0433	—6,3326	—5,6935	—5,1108	—4,5741	—4,0750	—3,6135	2,8
3,0	—21,8036	—18,1937	—16,3098	—13,9330	—12,3174	—11,0704	—10,0432	—9,1626	—8,3877	—7,6917	—7,0584	—6,4760	—5,9354	—5,4292	3,0
							$\gamma'=1{,}1\gamma$								
0	0,0000	0,5119	0,8845	1,4816	1,9778	2,4152	2,8126	3,1800	3,5238	3,8483	4,1509	4,4509	4,7330	5,0044	0
0,2	—0,0101	0,5044	0,8781	1,4762	1,9730	2,4108	2,8085	3,1762	3,5201	3,8448	4,1532	4,4477	4,7299	5,0014	0,2
0,4	—0,0812	0,4523	0,8330	1,4385	1,9394	2,3801	2,7799	3,1492	3,4945	3,8203	4,1297	4,4250	4,7080	4,9801	0,4
0,6	—0,2739	0,3109	0,7108	1,3361	1,8483	2,2966	2,7021	3,0759	3,4250	3,7538	4,0659	4,3635	4,6485	4,9226	0,6
0,8	—0,6492	0,0354	0,4728	1,1368	1,6709	2,1342	2,5508	2,9333	3,2895	3,6244	3,9416	4,2437	4,5327	4,8103	0.8
1,0	—1,2679	—0,4188	0,0804	0,8081	1,3785	1,8663	2,3012	2,6982	3,0662	3,4110	3,7367	4,0463	4,3418	4,6253	1,0
1,2	—2,1781	—1,0900	—0,5006	0,3207	0.9441	1,4681	1,9300	2,3483	2,7337	3,0931	3,4315	3,7520	4,0573	4,3495	1,2
1,4	—3,3763	—1,9911	—1,2863	—0,3443	0,3488	0,9206	1,4183	1,8649	2,2735	2,6526	3,0079	3,3432	3,6617	3,9655	1,4
1,6	—4,8462	—3,1284	—2,2890	—1,2024	—0,4246	0,2060	0,7481	1,2300	1,6678	2,0716	2,4482	2,8023	3,1374	3,4563	1,6
1,8	—6,5715	—4,5084	—3,5203	—2,2693	—1,3931	—0,6932	—0,0985	0,4258	0,8987	1,3325	1,7351	2,1120	2,4675	2,8048	1.8
2,0	—8,5358	—6,1376	—4,9923	—3,5611	—2.5738	—1,7948	—1,1392	—0,5656	—0,0515	0,4173	0,8506	1,2548	1,6345	1,9936	2,0
2,2	—10,7263	—8,0209	—6,7149	—5,0910	—3,9819	—3,1144	—2,3902	—1,7605	—1,1994	—0,6900	—0,2212	0,2143	0,6223	1,0070	2,2
2,4	—13,1441	—10,1576	—8,6891	—6,8637	—5,6237	—4,6600	—3,8602	—3,1683	—2,5546	—1,9998	—1,4911	—1,0200	—0 5800	—0,1663	2,4
2,6	—15,7932	—12,5451	—10,9147	—8,8817	—7,5038	—6,4374	—5,5 62	—4,7967	—4,1258	—3,5211	—2,9683	—2,4577	—1,9821	—1,5360	2.6
2,8	—18,6784	—15,1811	—13,3906	—11,1474	—9,6270	—8,4526	—7,4851	—6.6536	—5,9210	—5,2624	—4,6619	—4,1085	—3,5941	—3,1125	2,8
3,0	—21,8036	—18,0633	—16,1163	—13,6631	—11,9972	—10,7115	—9,6539	—8,7466	—7,9487	—7,2329	—6,5811	—5,9817	—5,4254	—4,9054	3,0
							$\gamma'=1{,}2\gamma$								
0	0,0000	0,5544	0,9545	1,5919	2,1188	2,5819	3,0015	3,3887	3,7504	4,0914	4,4148	4,7233	5,0188	5,3028	0
0,2	—0,0101	0,5470	0,9481	1,5866	2,1141	2,5776	2,9975	3,3849	3,7468	4.0880	4,4115	4,7201	5,0158	5,2998	0,2
0,4	—0,0812	0,4953	0,9036	1,5495	2,0811	2,5475	2,9695	3,3586	3,7218	4,0641	4,3886	4,6981	4,9945	5,2792	0,4
0,6	—0,2739	0,3548	0,7827	1,4486	1,9917	2,4654	2,8934	3,2870	3,6540	3,9993	4,3265	4,6383	4,9367	5,2233	0,6
0,8	—0,6492	0,0813	0,5472	1,2523	1,8175	2,3065	2,7454	3,1477	3,5218	3,8732	4,2055	4,5218	4,8241	5,1143	0,8
1,0	—1,2679	—0,3696	0,1591	0,9286	1,5302	2,0440	2,5012	2,9180	3,3039	3,6652	4,0060	4,3297	4,6386	4,9346	1,0
1,2	—2,1781	—1,0360	—0,4157	0,4483	1,1036	1,6537	2,1381	2,5762	2,9795	3,3553	3,7087	4,0433	4,3620	4,6666	1,2
1,4	—3,3763	—1 9310	—1,1936	—0,2071	0,5184	1,1165	1,6368	2,1033	2,5298	2,9254	3,2957	3,6450	3,9767	4,2930	1,4
1,6	—4,8462	—3,0612	—2,1861	—1,0538	—0,2427	0,4146	0,9794	1,4814	1,9372	2,3575	2,7491	3,1172	3,4655	3,7966	1,6
1,8	—6,5715	—4,4332	—3,4074	—2,1078	—1,1971	—0,4700	0,1479	0,6924	1,1835	1,6337	2,0514	2.4424	2,8109	3,1605	1,8
2,0	—8,5358	—6,0540	—4,8678	—3,3850	—2,3620	—1,5588	—0.8758	—0,2817	0,2507	0,7362	1,1848	1,6028	1,9957	2,3650	2,0
2,2	—10,7263	—7,9287	—6,5780	—4,8993	3,7518	2,8562	—2,1078	—1,4572	—0,8774	—0,3512	0,1329	0,5825	1,0037	1,4008	2,2
2,4	—13,1441	—10,0566	—8,5396	—6,6 55	5,3758	4,3820	—3,5571	—2,8439	—2,2112	—1,6393	—1,1150	—0,6296	—0,1762	0,2498	2,4
2,6	—15,7932	—12,4349	—10,7521	—8,6563	7,2363	6,1385	—5,2311	—4,4497	—3,7531	—3,1369	—2,5682	—2,0432	—1,5542	—1,0957	2,6
2,8	—18,6784	—15,0620	—13,2147	—10,9042	9,3390	8,1316	—7,1368	—6,2825	—5,5297	—4,8531	—4,2363	—3,6681	—3,1402	—2,6459	2,8
3,0	—21,8036	—17,9354	—15,9271	—13,4016	—11,6881	—10,3676	—9,2815	—8,3505	—7,5316	—6,7972	—6,1287	—5,5142	—4,9440	—4,4113	3,0
							$\gamma'=1{,}3\gamma$								
0	0,0000	0,5963	1,0230	1,6988	2,2549	2,7420	3,1823	3,5879	3,9662	4,3224	4,6599	4,9814	5,2890	5,5845	0
0,2	—0,0101	0,5890	1,0167	1,6936	2,2503	2,7378	3,1784	3,5842	3,9627	4,3191	4,6567	4,9783	5,2860	5,5816	0,2
0.4	—0,0812	0,5376	0,9726	1,6570	2,2179	2,7082	3,1510	3,5585	3,9383	4,2958	4,6344	4,9569	5,2653	5,5616	0,4
0,6	—0,2739	0,3981	0,8530	1,5577	2,1300	2,6281	3,0765	3,4885	3,8721	4,2326	4,5739	4,8986	5,2091	5,5072	0,6
0,8	—0,6492	0,1266	0,6201	1,3643	1,9589	2,4720	2,9316	3,3524	3,7430	4,1096	4,4560	4,7852	5,0996	5,4012	0,8
1,0	—1,2679	—0,3211	0,2360	1,0454	1,6767	2,2147	2,6927	3,1279	3,5304	3,9068	4,2619	4,5982	4,9191	5,2265	1,0
1,2	—2,1781	—0,9828	—0,3327	0,5722	1,2575	1,8320	2,3372	2,7936	3,2135	3,6045	3,9719	4,3194	4,6500	4,9659	1,2
1,4	—3,3763	—1,8717	—1,1027	—0,0740	0,6820	1,3048	1,8460	2,3309	2,7740	3,1846	3,5688	3,9311	4,2746	4,6022	1,4
1,6	—4,8462	—2,9948	—2,0866	—0,9096	—0,0673	0,6149	1,2010	1,7214	2,1938	2,6291	3,0346	3,4155	3,7756	4,1180	1,6
1,8	—6,5715	—4,3590	—3,2969	—1,9508	—1,0081	0,2555	0,3839	0,9470	1,4547	1,9200	2,3515	2,7552	3,1357	3,4984	1,8
2,0	—8,5358	—5,9715	—4,7460	—3,2139	—2,1576	1,3245	—0,6233	—0,0104	0,5387	1,0394	1,5018	1,9327	2,3373	2,7199	2,0
2,2	—10,7263	—7,8377	—6,4443	—4,7730	—3,5316	—2,6083	—1,8370	—1,1675	—0,5706	—0,0292	0,4189	0,9314	1,3643	1,7724	2,2
2,4	—13,1441	—9,9567	—8,3934	—6,4530	—5,1369	—4,1150	—3,2667	—2,5339	—1,8838	—1,2963	—0,7580	—0,2598	0,2056	0,6427	2,4
2,6	—15,7932	—12,3265	—10,5930	—8,4368	—6,9784	—5,8511	—4,9195	—4,1180	—3,4096	—2,7716	—2,1888	—1,6506	1,1496	—0,6798	2,6
2,8	—18,6784	—14,9446	—13,0429	—10,6670	—9,0 12	—7,8231	—6,8029	—5,9279	—5,1567	—4,4640	—3,8327	—3,2512	2,7110	—2,2054	2,8
3,0	—21,8036	—17,8091	—15,7421	—13,1467	—11,3902	—10,0372	—8,9244	—7,9718	—7,1340	—6,3828	—5,6996	—5,0714	4,4887	—3,9445	3,0

Таблица 4

Значения коэффициента C

$\beta-\alpha$	Коэффициент относительной жесткости основания и рельса γ														$\beta-\alpha$
	0	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
							$\gamma'=\gamma$								
0	0,0000	0,4634	0,8899	1,6883	2,4412	3,1634	3,8620	4,5418	5,2056	5,8558	6,4939	7,1215	7,7396	8,3489	0
0,2	—0,0080	0,4560	0,8828	1,6815	2,4347	3,1571	3,8558	4,5357	5,1996	5,8499	6,4881	7,1158	7,7340	9,3833	0,2
0,4	—0,0640	0,4041	0,8329	1,6343	2,3891	3,1128	3,8126	4,4934	5,1580	5,8090	6,4477	7,0759	7,6946	8,3044	0,4
0,6	—0,2160	0,2632	0,6977	1,5060	2 2654	2,9926	3,6952	4,3783	5,0450	5,6977	6,3381	6,9677	7,5876	8,1986	0,6
0,8	—0,5120	—0,0112	0,4343	1,2561	2,0246	2,7585	3,4665	4,1542	4,8248	5,4810	6,1245	6,7569	7,3794	7,9927	0,8
1,0	—1,0000	—0,4635	0,0000	0,8441	1,6275	2,3726	3,0896	3,7848	4,4619	5,1238	5,7724	6,4093	7,0360	7,6532	1,0
1,2	—1,7280	—1,1393	—0,6494	0,2277	1,0330	1,7945	2,5249	3,2313	3,9180	4,5884	5,2445	5,8883	6,5212	7,1441	1,2
1,4	—2,7440	—2,0886	—1,5640	—0,6433	0,1913	0,9752	1,7236	2,4452	3,1451	3,8269	4,4935	5,1466	5,7879	6,4187	1,4
1,6	—4,0960	—3,3624	—2,7957	—1,8207	—0,9491	—0,1370	0,6345	1,3755	2,0923	2,7892	3,4692	4,1344	4,7868	5,4279	1,6
1,8	—5,8320	—5,0118	—4,3960	—3,3568	—2,4404	—1,5936	—0,7936	—0,0285	0,7093	1,4248	2,1216	2,8020	3,4674	4,1223	1,8
2,0	—8,0000	—7,0878	—6,4169	—5,3031	—4,3340	—3,4461	—2,6121	—1,8180	—1,0547	—0,3165	0,4006	1,0996	1,7829	2,4528	2,0
2,2	—10,6480	—9,6409	—8,9095	—7,7116	—6,6820	—5,7463	—4,8723	—4,0441	—3,2507	—2,4858	—1,7443	—1,0231	—0,3195	0,3693	2,2
2,4	—13,8240	—12,7203	—11,9237	—10,6336	—9,5361	—8,5462	—7,6270	—6,7596	—5,9315	—5,1357	—4,3659	—3,6192	—2,8920	—2,1810	2,4
2,6	—17,5760	—16,3848	—15,5097	—14,1201	—12,9481	—11,8985	—10,9285	—10,0173	—9,1503	—8,3196	—7,5177	—6,7418	—5,9877	—5,2518	2,6
2,8	—21,9520	—20,6527	—19,7174	—18,2219	—16,9700	—15,8553	—14,8299	—13,8703	—12,9601	—12,0906	—11,2531	—10,4447	—9,6607	—8,8963	2,8
3,0	—27,0000	—25,6030	—24,5947	—22,9902	—21,6536	—20,4692	—19,3838	—18,3717	—17,4144	—16,5024	—15,6256	—14,7813	—13,9641	—13,1685	3,0
							$\gamma'=1,1\gamma$								
0	0,0000	0,5061	0,9684	1,8285	2,6362	3,4085	4,1537	4,8775	5,5832	6,2735	6,9500	7,6146	8,2684	8,9127	0
0,2	—0,0080	0,4987	0,9614	1,8219	2,6298	3,4023	4,1477	4,8717	5,5774	6,2678	6,9444	7,6091	8,2629	8,9073	0,2
0,4	—0,0640	0,4472	0,9121	1,7753	2,5851	3,3589	4,1054	4,8303	5,5368	6,2279	6,9051	7,5703	8,2247	8,8695	0,4
0,6	—0,2160	0,3073	0,7782	1,6490	2,4636	3,2412	3,9906	4,7180	5,4266	6,1195	6,7984	7,4651	8,1208	8,7669	0,6
0,8	—0,5120	0,0350	0,5177	1,4030	2,2272	3,0119	3,7670	4,4992	5,2120	5,9085	6,5906	7,2602	7,9185	8,5670	0,8
1,0	—1,0000	—0,4140	0,0881	0,9974	1,8374	2,6339	3,3985	4,1386	4,8581	5,5606	6,2480	6,9224	7,5851	8,2375	1,0
1,2	—1,7280	—1,0851	—0,5544	0,3902	1,2535	2,0675	2,8462	3,5979	4,3275	5,0389	5,7341	6,4156	7,0848	7,7431	1,2
1,4	—2,7440	—2,0282	—1,4602	—0,4686	0,4259	1,2634	2,0610	2,8287	3,5723	4,2956	5,0017	5,6929	6,3709	7,0373	1,4
1,6	—4,0960	—3,2949	—2,8614	—1,6316	—0,6978	0.1697	0,9918	1,7799	2,5412	3,2802	4,0003	4,7042	5,3938	6,0708	1,6
1,8	—5,8320	—4,9363	—4,2701	—3,1508	—2,1694	—1,2653	—0,4132	0,4004	1,1838	1,9421	2,6799	3,3998	4,1039	4,7943	1,8
2,0	—8,0000	—7,0037	—6,2781	—5,0786	—4,0412	—3,0933	—2,2053	—1,3612	—0,5510	0,2310	0,9903	1,7296	2,4515	3,1582	2,0
2,2	—10,6480	—9,5482	—8,7573	—7,4671	—6,3652	—5,3666	—4,4364	—3,5562	—2,7143	—1,9042	—1,1192	—0,3570	0,3864	1,1127	2,2
2,4	—13,8240	—12,6188	—11,7578	—10,3679	—9,1936	—8,1375	—7,1592	—6,2377	—5,3591	—4,5167	—3,7020	—2,9128	—2,1447	—1,3955	2,4
2,6	—17,5760	—16,2641	—15,3294	—13,8319	—12,5784	—11,4586	—10,4267	—9,4589	—8,5393	—7,6602	—6,8119	—5,9920	—5,1958	—4,4204	2,6
2,8	—21,9520	—20,5331	—19,5221	—17,9108	—16,5721	—15,3831	—14,2924	—13,2735	—12,3082	—11,3883	—10,5024	—9,6483	—8,8205	—8,0157	2,8
3,0	—27,0000	—25,4744	—24,3856	—22,6555	—21,2266	—19,9634	—18,8091	—17,7347	—16,7194	—15,7549	—14,8276	—13,9358	—13,0729	—12,2358	3,0
							$\gamma'=1,2\gamma$								
0	0,0000	0,5481	1,0449	1,9646	2,8243	3,6436	4,4326	5,1975	5,9422	6,6696	7,3818	8,0808	8,7677	9,4440	0
0,2	—0,0080	0,5408	1,0379	1,9580	2,8180	3,6375	4,4267	5,1917	5,9365	6,6640	7,3763	8,0754	8,7624	9,4388	0,2
0,4	—0,0640	0,4896	0,9892	1,9122	2,7741	3,5950	4,3853	5,1513	5,8969	6,6251	7,3381	8,0377	8,7252	9,4020	0,4
0,6	—0,2160	0,3508	0,8568	1,7878	2,6548	3,4796	4,2730	5,0416	5,7894	6,5195	7,2342	7,9354	8,6242	9,3023	0,6
0,8	—0,5120	0,0804	0,5991	1,5455	2,4226	3,2550	4,0543	4,8279	5,5800	6,3139	7,0318	7,7360	8,4276	9,1082	0,8
1,0	—1,0000	—0,3654	0,1741	1,1460	2,0398	2,8845	3,6938	4,4756	5,2348	5.9748	6,6983	7,4074	8,1035	8,7882	1,0
1,2	—1,7280	—1,0317	—0,4616	0.5479	1,4661	2,3293	3,1533	3,9473	4,7170	5,4661	6,1978	6,9142	7,6169	8,3077	1,2
1,4	—2,7440	—1,9688	—1,3586	—0,2993	0,6519	1,5399	2,3837	3,1944	3,9783	4,7401	5,4829	6,2094	6,9213	7,6205	1,4
1,6	—4,0960	—3,2284	—2,5693	—1,4482	—0,4554	0,4641	1,3335	2,1656	2,9679	3,7459	4,5034	5,2430	5,9669	6,6770	1,6
1,8	—5,8320	—4,8619	—4,1460	—2,9513	—1,9083	—0,9500	—0,0493	0,8094	1,6348	2,4331	3.2088	3,9649	4,7039	5,4278	1,8
2,0	—8,0000	—6,9211	—6,1413	—4,8613	—3,7589	—2,7547	—1,8161	—0,9253	—0.0721	0,7509	1,5490	2,3252	3,0826	3,8236	2,0
2,2	—10,6480	9.4570	—8,6069	—7,2306	—6,0599	—5,0020	—4,0191	—3,0906	—2,2042	—1,3519	—0,5271	0,2731	1,0526	1,8140	2,2
2,4	—13,8240	12,5187	—11,5931	—10,1109	—8,8635	—7,7447	—6,7115	—5,7395	—4,8150	—3,9288	—3,0731	—2,2448	—1,4396	—0,6543	2,4
2,6	—17,5760	16,1553	—15,1502	—13,5535	—12,2224	—11,0361	—9,9465	—8,9258	—7,9584	—7,0338	—6,1430	—5,2828	—4,4481	—3,6358	2,6
2,8	—21,9520	20,4154	—19,3279	—17,6104	—16,1887	—14,9292	—13,7778	—12,7033	—11,6882	—10,7210	—9,7910	—8,8951	—8,0275	—7,1847	2,8
3,0	—27,0000	25,3478	—24,1764	—22,3327	—20,8152	—19,4771	—18,2587	—17,1257	—16,0585	—15,0445	—14,0713	—13,1359	—12,2318	—11,3551	3,0
							$\gamma'=1,3\gamma$								
0	0,0000	0,5895	1,1200	2,0966	3,0056	3,8695	4,6999	5,5033	6,2842	7,0462	7,7794	8,5221	9,2398	9,9457	0
0,2	—0,0080	0,5822	1,1131	2,0902	2,9994	3,8635	4,6941	5,4977	6,2787	7,0408	7,7741	8,5169	9,2346	9,9406	0,2
0,4	—0,0640	0,5315	1,0649	2,0450	2.9563	3,8219	4,6536	5,4581	6,2400	7,0028	7,7368	8,4801	9,1984	9,9049	0,4
0,6	—0,2160	0,3936	0.9339	1,9224	2,8391	3,7088	4,5437	5,3509	6,1350	6.8999	7,6358	8,3805	9,1002	9,8080	0,6
0,8	—0,5120	0,1251	0,6789	1,6837	2,6110	3,4885	4,3297	5,1421	5,9306	6,6993	7,4390	8,1865	8,9090	9,6193	0,8
1,0	—1,0000	—0,3175	0,2585	1,2902	2,2349	3,1254	3,9768	4,7977	5,5936	6,3687	7,1145	7,8665	8,5937	9,3081	1,0
1,2	—1,7280	—0,9795	—0,3706	0,7008	1,6713	2,5809	3,4476	4,2811	5,0879	5,8724	6,6273	7,3862	8,1202	8,8408	1,2
1,4	—2,7440	—1,9103	—1,2591	—0,1350	0,8700	1,8055	2,6928	3,5437	4,3653	5,1627	5,9303	6,6984	7,4418	8,1711	1,4
1,6	—4,0960	—3,1628	—2,4596	—1,2703	—0,2217	0,7468	1,6608	2,5338	3,3745	4,1888	4,9727	5,7531	6,5087	7,2493	1,6
1,8	—5,8320	—4,7886	—4,0250	—2,7578	—1,6563	—0,6474	0,2992	1,1999	2,0646	2,8999	3,7044	4,5000	5,2711	6,0260	1,8
2,0	—8,0000	—6,8395	—6,0078	—4,6503	—3,4865	—2,4295	—1,4435	—0,5094	0,3843	1,2451	2,0750	2,8892	3,6794	4,4517	2,0
2,2	—10,6480	—9,3668	—8,4623	—7,0008	—5,7651	—4,6520	—3,6197	—2,6462	—1,7181	—0,8268	0,0333	0,8697	1,6827	2,4760	2,2
2,4	—13,8240	—12,4200	—11,4330	—9,8612	—8,5447	—7,3680	—6,2833	—5,2642	—4,2962	—3,3697	—2,4743	—1,6122	—0,7726	0,0453	2,4
2,6	—17,5760	—16,0478	—14,9760	—13,2831	—11,8782	—10,6309	—9,4869	—8,4174	—7,4046	—6,4382	—5,5028	—4,6113	—3.7413	—2,8954	2,6
2,8	—21,9520	—20,2991	—19,1396	—17,3184	—15,8183	—14,4941	—13,2854	—12,1594	—11,0972	—10,0864	—9,1056	—8,1817	—7,2778	—6,4002	2,8
3,0	—27,0000	—25,2225	—23,9738	—22,0187	—20,4176	—19,0110	—17,7322	—16,5457	—15,4285	—14,3689	—13,3382	—12,3795	—11,4367	—10,5241	3,0

Наибольшие изгибающие моменты и просадки в стыке получаются при расположении в стыковом сечении второй оси паровоза или одной из осей тележки сцепа, за исключением одного случая при $\gamma = 1$, когда наибольший изгибающий момент получился при расположении над стыком первой оси паровоза.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. И. Безухов. Теория упругости и пластичности. М., 1953. [2]. Л. П. Биричевский. Вертикальные напряжения в торцах шеек узкоколейных рельсов. «Труды АЛТИ», вып. XVIII, Архангельск, 1957. [3]. Е. М. Бромберг, М. Ф. Вериго, В. Н. Данилов, М. А. Фришман. Взаимодействие пути и подвижного состава. Трансжелдориздат, 1956. [4]. Н. Н. Буторин. К вопросу о рельсовом стыке узкой колеи, «Труды АЛТИ», вып. XVI, 1955. [5]. Н. Н. Буторин, В. В. Щелкунов. Исследование узкоколейных стыковых накладок. «Труды АЛТИ», вып. XVIII, 1957. [6]. В. Н. Данилов. Расчет рельсовой нити в зоне стыка. «Труды ВНИИЖТ», вып. 70, Трансжелдориздат, 1952. [7]. Ш. Е. Микеладзе. Некоторые задачи строительной механики. Гостехиздат, 1948. [8]. А. А. Холодецкий. Исследование влияния внешних сил на верхнее строение железнодорожного пути. Журн. «Инженер», 1896, 1897, 1898.

Поступила в редакцию
17 марта 1959 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВОПРОСУ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ДРЕВЕСНЫМ ПЕКОМ ДЛЯ ДОРОЖНЫХ ЦЕЛЕЙ

Н. С. КОЛБАС

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

В настоящее время в СССР автотранспортом вывозится более 60% всего объема заготовляемой древесины. Несмотря на это, качество автомобильных дорог и темпы их строительства еще очень отстают от потребностей лесозаготовителей. Это чаще всего обусловлено недостатком, а иногда и полным отсутствием в лесной зоне основных дорожно-строительных материалов: камня, щебня, гравия, песка. Завоз этих материалов на большие расстояния резко повышает стоимость строительства автодорог.

Повсеместное использование местных строительных материалов и, в особенности — грунтов, позволяет снизить стоимость строительства лесовозных дорог. Однако грунты в естественном состоянии часто не отвечают требованиям, предъявляемым к дорожно-строительным материалам, так как их физико-механические свойства резко изменяются в зависимости от гранулометрического состава, влажности, плотности и т. п.

Задача активного инженерного воздействия на грунты состоит в том, чтобы путем проведения мероприятий технологического и строительного порядка коренным образом изменить качество грунтов и придать им требуемую механическую прочность и водоустойчивость (стабилизировать грунты).

Известно много способов стабилизации грунтов, главнейшие из которых следующие: 1) стабилизация грунтов гранулометрическими добавками (оптимальный грунт), 2) битумирование и дегтевание грунтов, 3) цементация, 4) известкование, 5) стабилизация (гидрофобизация) фурфурол-анилиновой смолой, 6) силикатирование, 7) обжиг и другие.

Чаще всего в практике строительства дорог применяются битумирование, дегтевание, цементация и известкование. Остальные способы пока не вышли за рамки исследований.

Отмеченные выше способы стабилизации грунтов по тем или иным причинам мало приемлемы, а в некоторых случаях и вовсе непригодны для строительства лесовозных автодорог.

По нашему мнению, наиболее перспективным направлением при выборе способов укрепления проезжей части лесовозных дорог является стабилизация грунтов продуктами и отходами лесохимических производств — фурфуролом, древесным пеком, древесной смолой и сульфитно-спиртовой бардой в комплексе с другими добавками.

Кафедра сухопутного транспорта Ленинградской лесотехнической академии им. С. М. Кирова (ЛТА) в течение последних двух лет проводит исследования грунтов, стабилизированных продуктами и отходами лесохимических производств. К настоящему времени выяснено, что наилучшими качествами обладают грунты, стабилизированные древесным смоляным пеком.

Древесный пек представляет собой остаточный продукт разгонки древесных смол хвойных и лиственных пород.

Древесный пек до сих пор почти не находил применения, в то время как годовые ресурсы древесного пека по Союзу составляют около 50 тыс. *т*. После внедрения в производство энергохимических установок, разработанных в ЛТА, имеется возможность в ближайшие 2—3 года получать дополнительно еще около 50 тыс. *т* пека в год.

Расход пека при строительстве 1 *км* лесовозной автодороги может составить в среднем около 70 *т*. Прейскурантная стоимость тонны пека 145 руб.

В литературе не встречается данных по вопросу использования древесного пека в дорожном строительстве. Поэтому мы провели ряд лабораторных исследований, имевших целью доказать возможность стабилизации грунтов древесным пеком.

Грунты стабилизировались сухоперегонным древесным пеком, полученным с Сявского лесохимического комбината. Пек имел следующие физико-химические свойства: удельный вес — 1,26; температура размягчения +85° С; предел прочности на сжатие — 100 *кг/см*², растворимость в ацетоне — 40%, зольность — 1,6%.

Грунт, содержащий 4% молотого пека, обладает заметной гидрофобностью. Частицы нерастворимого в воде пека заполняют поры грунта, что приводит к резкому сокращению скорости проникновения воды в грунт. При взаимодействии порошкообразного пека с грунтом большое значение имеют поверхностные (сорбционные) эффекты. Очень мелкие частицы пека адсорбируются на поверхности минеральных частиц и их агрегатов, создавая водоустойчивый слой, который в значительной степени предохраняет грунт от разрушающего действия воды.

Вышеуказанное предположение подтверждается данными опыта. Так, образцы, изготовленные из супесчаного грунта, содержащего 4% порошкообразного древесного пека, при испытании на размокание не разрушались в воде в течение 2—3 суток и более. Аналогичные образцы из того же грунта, но не стабилизированные пеком, при погружении в воду полностью разрушались в течение 10—20 *мин*.

Придавая грунту гидрофобность, вводимый стабилизатор (пек) должен, кроме того, обеспечить достаточное сцепление между частицами грунта, то есть обладать хорошими клеящими свойствами. Это придает грунту необходимую прочность. Чтобы древесный пек стал клейким, его необходимо нагреть до температуры плавления 110—120° С и более, так как в порошкообразном состоянии при обычной температуре пек не обладает клеящими свойствами. В расплавленном состоянии он хорошо сцепляется с поверхностью минералов.

Термически обработанная смесь грунта с пеком и названа нами пекогрунтом.

При нагревании образцов пекогрунта до 120—130° С интенсивно испаряется не только свободная вода, но и физически связная (пленочная) вода, молекулы которой адсорбировались на поверхности минералов. При этом граница раздела двух фаз минерал — вода заменяется границей раздела минерал — воздух, а молекулы расплавленного пека, которые частично находятся также и в парогазовой фазе, ввиду их большой

поверхностной активности, вытесняют молекулы воздуха и прочно адсорбируются на поверхности минерала, образуя границу раздела минерал — пек.

Таким образом, чтобы придать грунту, в который введен древесный пек, механическую прочность, необходимо этот грунт подвергнуть термической обработке. При этом частицы пека, расплавляясь, соединяются между собой и создают прочный водонепроницаемый объемный каркас, ячейки которого заполнены частицами грунта. При охлаждении такая смесь приобретает монолитность.

Для определения физико-механических свойств пекогрунта, стабилизации древесным пеком были подвергнуты суглинистые, супесчаные грунты и грунт оптимального состава (табл. 1). Методика испытаний при определении большинства показателей приближалась к общепринятой.

Таблица 1

Гранулометрический состав (в % по весу) и некоторые физические свойства исследуемых грунтов

Тип грунта	Размер частиц в *мм*						Оптимальная влажность в %	Оптимальная плотность в *г/см*³	Граница текучести в %
	2,0—1,0	1,0—0,5	0,5—0,25	0,25—0,05	0,25—0,005	менее 0,005			
Суглинистый	2,6	11,2	14,0	21,5	33,8	16,8	17	1,75	28
Супесчаный	3,6	8,9	11,9	29,7	35,6	10,4	12	1,92	20
Оптимальный . .	32,4	18,2	6,2	12,3	22,5	7,4	9	2,12	14

Испытываемые образцы пекогрунта обладали оптимальной плотностью и влажностью. Температура в ходе термической обработки образцов составляла 140° С, время прогревания 20 *мин*. Древесный пек, предназначенный для стабилизации, просеивался через сито с отверстиями 0,25 *мм*. Значение каждого показателя есть среднее из пяти определений.

При исследовании пекогрунта, первоначально производилось испытание образцов на размокание в воде, ибо быстро разрушающиеся в воде образцы данной смеси не представляют интереса для дальнейшего исследования. Образцы, которые при полном водонасыщении не разрушались в воде, считались неразмокаемыми и подвергались испытаниям, результаты которых представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что введение в грунт 4—6% пека резко повышает его водоустойчивость, а термическая обработка делает образцы практически неразмокаемыми. Однако при малых дозировках пека набухание достигает значительной величины. Кроме того, и другие показатели, как мы увидим дальше, при малых дозировках пека не соответствуют требованиям, предъявляемым техническими условиями.

Для образцов, не разрушающихся в воде, определялось водонасыщение. Результаты этого исследования показаны на рис. 1.

Из графика (рис. 1) видно, что с увеличением дозировки пека водонасыщение для всех грунтов уменьшается. Согласно указаниям Госстроя СССР [1], влажность водонасыщенных грунтов, стабилизированных органическими вяжущими, не должна превышать сверхоптимальную влажность больше, чем на 2%. В данном случае при стабилизации грунтов древесным пеком этим условиям отвечают: суглинистые грунты при

Таблица 2

Скорость размокания образцов в зависимости от дозировки пека и термообработки

Наименование грунтов	Дозировка пека в % по весу	Температура термообработки в °С	Скорость размокания	Набухание образцов в % по объему
Суглинистый грунт	0	140	40 *мин*	—
	6	Не обработан	6 суток	—
	6	140	Не размокаем	6,0
	8	Не обработан	12 суток	—
	8	140	Не размокаем	4,0
	10	Не обработан	„	8
	10	140	„	2,0
Супесчаный грунт	0	140	20 *мин*	—
	4	Не обработан	3 суток	—
	4	140	Не размокаем	4,0
	6	Не обработан	5 суток	—
	6	140	Не размокаем	3,2
	8	Не обработан	6 суток	—
	8	140	Не размокаем	2,0
Оптимальный грунт	0	140	15 *мин*	—
	4	Не обработан	3 суток	—
	4	140	Не размокаем	3,0
	6	Не обработан	5 суток	—
	6	140	Не размокаем	2,5
	8	Не обработан	6 суток	—
	8	140	Не размокаем	1,6

дозировке пека, равной 10%, супесчаные грунты при дозировке пека, равной 8%, грунты оптимального состава при дозировке пека, равной 6%.

Для качественного сравнения прочности образцов пекогрунта в зависимости от дозировки пека производилось определение предела прочности образцов при сжатии. Результаты этого испытания показаны на рис. 2.

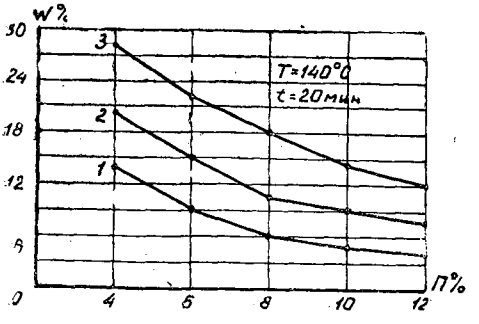


Рис. 1. Водонасыщение пекогрунта в зависимости от дозировки пека.

1 — оптимальный грунт; *2* — супесчаный грунт; *3* — суглинистый грунт.

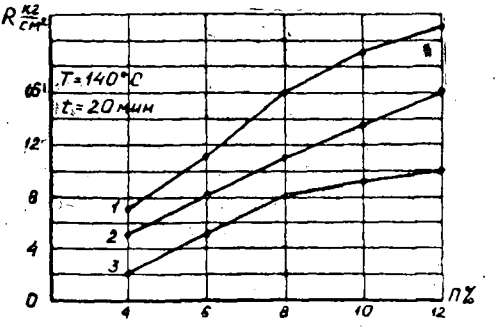


Рис. 2. Влияние дозировки пека на прочность пекогрунта.

1 — оптимальный грунт; *2* — супесчаный грунт; *3* — суглинистый грунт. (Среднее из трех определений).

Из графика (рис. 2) видно, что предел прочности образцов из пекогрунта наиболее интенсивно возрастает при дозировке пека, по весу равной 8—10%.

При дальнейшем увеличении дозировки пека прочность пекогрунта повышается, но со значительно меньшей интенсивностью.

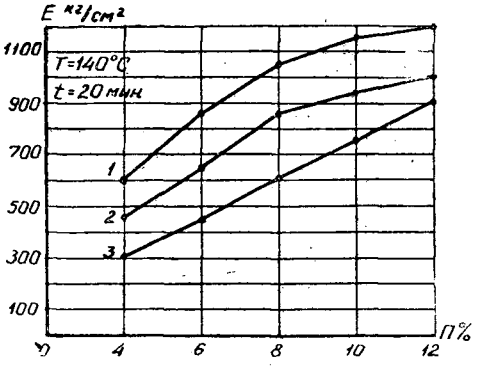


Рис. 3. Изменение величины модуля деформации пекогрунта в зависимости от дозировки пека.

1 — оптимальный грунт; *2* — супесчаный грунт; *3* — суглинистый грунт. (Среднее из трех определений).

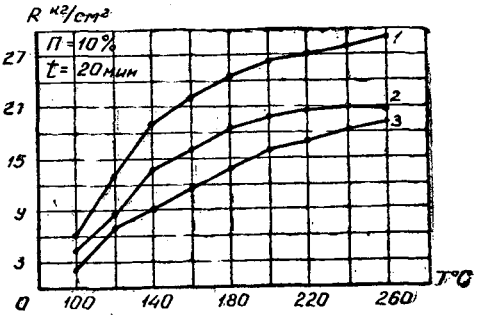


Рис. 4. Прочность пекогрунта в зависимости от температуры прогрева.

1 — оптимальный грунт; *2* — супесчаный грунт; *3* — суглинистый грунт.

Прочность и жесткость пекогрунта в условиях дорожной одежды наиболее полно характеризуется модулем деформации. Этот показатель необходим также для расчета толщины дорожной одежды и ее отдельных конструктивных элементов. Графическая зависимость модуля деформации от величины дозировки пека показана на рис. 3.

Из графика (рис. 3) видно, что наибольшую прочность имеют оптимальные и супесчаные грунты. Значительно меньшая прочность суглинистого грунта объясняется повышенным содержанием глинистой фракции.

Согласно инструкции Главдорстроя СССР [2], грунтовые оптимальные смеси должны иметь модуль деформации не меньше 200 *кг/см²*. Таким образом, прочность пекогрунтов, дозировка пека в которых равна 10%, в 3—4 раза превышает допустимую прочность оптимальных грунтовых смесей и они могут успешно применяться при устройстве усовершенствованных покрытий лесовозных автодорог. Расчет показывает, что толщина дорожной одежды из пекогрунта составит 8—12 *см*. Интенсивность движения при этом может достигать 200 автомобилей в сутки.

Для выявления оптимальной температуры термообработки производилось исследование влияния температуры прогрева на прочность пекогрунта. Данные исследования показаны на графике на рис. 4, из которого видно, что прочность пекогрунта интенсивно повышается лишь до температуры 140—160° С.

Таким образом, оптимальной температурой термообработки пекогрунта, при которой достигается достаточная прочность, следует считать температуру 140° С. Незначительное повышение прочности при больших температурах термообработки может не оправдать расходов, связанных с большими затратами энергии на прогрев.

Лабораторные и полевые исследования влияния продолжительности прогрева на прочность пекогрунта показали, что наиболее интенсивное повышение прочности наблюдается при прогреве образцов пекогрунта в течение 15—20 *мин*.

В лабораторных условиях было исследовано также влияние тонкости помола пека на прочность пекогрунта. Результаты этого исследования представлены на рис. 5, из которого видно, что тонкость помола пека оказывает большое влияние на прочность пекогрунта. Чем тоньше помол вводимого в грунт пека, тем выше проч-

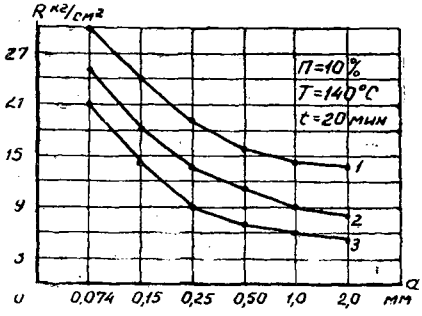


Рис. 5. Влияние тонкости помола пека на прочность пекогрунта.

1 — оптимальный грунт; *2* — супесчаный грунт; *3* — суглинистый грунт; *d* — диаметр отверстий сита.

ность пекогрунта. Это объясняется тем, что тонко помолотые частицы, распределяясь в грунте более равномерно, образуют однородный и прочный каркас (объемную решетку) пека после прогрева, что придает пекогрунту большую прочность и водоустойчивость.

Чтобы иметь более полное представление об эксплуатационных качествах пекогрунта, было проведено исследование образцов на погодо- и морозоустойчивость. Результаты этого исследования помещены в табл. 3.

Погодоустойчивыми мы считали такие образцы, которые после десяти циклов водонасыщения — высушивания имели предел прочности не менее 5 *кг/см²*, а потери в весе образца при этом не превышали 3%. Морозостойкими считались образцы, которые после десяти циклов замораживания — оттаивания имели предел прочности не менее 5 *кг/см³*, при потерях в весе, не превышающих 3%.

Таблица 3

Результаты испытаний образцов пекогрунта на погодо- и морозоустойчивость

Наименование грунта	Дозировка пека в %	Объемный вес сухих образцов в *г/см³*	Предел прочности после десяти циклов водонасыщения—высушивания в *кг/см²*	Потери в весе в %	Предел прочности после десяти циклов замораживания—оттаивания в *кг/см²*	Потери в весе в %
Суглинистый грунт	4	1,68	Разрушился на 4-м цикле	—	Разрушился на 2-м цикле	—
	6	1,66	3,5	4,5	3,0	5,0
	8	1,65	5,0	3,4	4,4	3,8
	10	1,63	6,0	2,7	5,5	3,0
	12	1,63	7,3	2,5	6,5	2,6
Супесчаный грунт	4	1,78	Разрушился на 3-м цикле	—	Разрушился на 3-м цикле	—
	6	1,76	5,5	3,0	5,0	3,3
	8	1,75	6,4	2,8	6,1	2,9
	10	1,75	8,0	2,0	7,2	2,5
Оптимальный грунт	5	1,88	5,0	3,4	4,5	3,7
	6	1,87	8,0	2,8	7,0	3,0
	8	1,85	10,0	2,5	9,2	2,6
	10	1,85	12,0	1,8	11,0	2,0

Анализ табл. 3 показывает, что испытание пекогрунта на морозоустойчивость является наиболее жестким.

Достаточную морозоустойчивость имеют: суглинистые грунты при дозировке пека, равной 10%, супесчаные грунты при дозировке пека, равной 8% и грунты оптимального состава при дозировке пека, равной 6%.

При устройстве дорожной одежды из пекогрунта все работы должны выполняться на готовом земляном полотне. При этом может быть рекомендована следующая технологическая последовательность: 1) устройство корыта, 2) укрепление основания, 3) устройство дорожной одежды, 4) термическая обработка, 5) поверхностная обработка.

Корыто на земляном полотне делается с помощью грейдера на глубину толщины покрытия. Грунт из корыта перемещается на обочины. Грунт основания укрепляется, если это требуется, введением без термообработки 2—4% молотого пека. Улучшенный таким образом суглинистый грунт приобретает повышенную водоустойчивость, а прочность его не уступает прочности оптимальных смесей.

После уплотнения основания грунт с обочин перемещается грейдером в корыто. Затем производится введение в грунт необходимого количества молотого пека. Эта операция может осуществляться распределителем цемента Д-18/а или, в крайнем случае, сельскохозяйственной сеялкой.

Смесь грунта с древесным пеком тщательно перемешивается дорожной фрезой или грейдером, а затем уплотняется катком. Степень уплотнения несущего слоя дорожной одежды должна составлять не менее 0,95% стандартной плотности, полученной в лаборатории.

Уплотненная смесь грунта с пеком подвергается термической обработке. В качестве механизма для термообработки рекомендуется выпускаемый промышленностью асфальторазогреватель Д-199.

Один асфальторазогреватель Д-199 может обеспечить термообработку дорожной одежды до 150 *пог. м* за две смены (при ширине проезжей части 3,5 *м*).

Для увеличения износостойкости дорожной одежды из пекогрунта целесообразно производить обработку поверхности дороги битумом или дегтем.

В результате такой обработки создается прочный защитный коврик (слой износа) толщиной 1,5—2,0 *см*, который в процессе эксплуатации дороги периодически возобновляется через 1—2 года.

В 1958 г., по вышеуказанной технологии, в Лодейнопольском ЛПХ треста «Ленлес» был построен опытный участок автодороги с покрытием из пекогрунта. При эксплуатации опытного участка в период осенней распутицы заметных деформаций или разрушений дороги не обнаружено.

Таким образом, выполненными исследованиями установлена возможность укрепления грунтов древесным пеком и на основании этого получен новый дорожно-строительный материал — пекогрунт.

Выводы

1. Прочность и водоустойчивость пекогрунта зависят от дозировки пека, тонкости помола, температуры прогрева, а также от гранулометрического состава грунтов. Лучшие результаты получаются при укреплении грунтов оптимального гранулометрического состава.

2. При создании производительной термообрабатывающей машины пекогрунт может найти широкое применение в строительстве дорог.

3. В связи с бурным развитием лесохимической промышленности на многих предприятиях неизбежно будут создаваться в виде вторичных отходов большие запасы древесного пека, поэтому целесообразно шире развернуть научно-исследовательскую работу по изучению и совершенствованию способа стабилизации грунтов древесным пеком.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Указания по применению в дорожном и аэродромном строительстве грунтов, укрепленных вяжущими материалами. СН 25—58, Госстрой СССР, М., 1958. [2]. Инструкция по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого типа. ВИ 103-57, Главдорстрой СССР, М., 1957.

Поступила в редакцию
2 апреля 1959 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ КЛЕНА БССР

В. С. МИРОШНИКОВ

Кандидат сельскохозяйственных наук

Н. И. ФЕДОРОВ

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Белорусский лесотехнический институт)

Чистые кленовые насаждения в природе встречаются редко; обычно клен остролистный (*Acer plataneides* L.) произрастает совместно с дубом, ясенем, грабом и другими породами, образуя сложные многоярусные древостои. В Белоруссии насаждения с участием клена расположены преимущественно в южных районах республики: Гомельской, Могилевской, Брестской и Минской областях. Как правило, эти леса отличаются высокой продуктивностью.

Древесина клена обладает значительной твердостью, прочностью, мало коробится и растрескивается, мелкие блестящие сердцевинные лучи придают ей характерный рисунок.

Высокие технические свойства древесины клена обеспечили широкое применение ее в мебельной, фанерной, авиационной промышленности, а также в производстве музыкальных инструментов, ружейных лож, сапожных колодок и различных художественных изделий.

Физико-механические свойства древесины клена, произрастающего в Белоруссии, изучены недостаточно. Можно указать лишь на работу А. К. Петруша [5], посвященную изучению влияния подсочки клена на технические свойства его древесины.

С целью исследования физико-механических свойств древесины клена нами были заложены две пробные площади в Глусском лесхозе БССР. Ниже приводим краткую характеристику насаждений пробных площадей.

Пробная площадь № 1 — отведена в насаждении 125-летнего возраста, состав: 6Кл2Гр1Б1Ос+Яс, ед. Д; площадь пробы 1,0 *га*. леса — кленовик дубово-грабово-кисличный (*Aceretum querceto-carpineto-oxalidosum*). Средний диаметр клена 32,1 *см*. Средняя высота 21,9 *м*. Бонитет III. Полнота 0,7, запас 240 *м*³/*га*. Подрост хорошо развит, состоит из граба, клена, липы, ильма, ясеня и осины. Подлесок представлен лещиной и бересклетом. В покрове: кислица, сныть, зеленчук, седмичник, копытень, медуница, крапива и звездчатка. Почва дерново-подзолистая, среднеоподзоленная, внизу оглеенная, развивающаяся на супеси легкой песчанистой, подстилаемой песком рыхлым.

Пробная площадь № 2. Площадь пробы — 1,0 *га*. Тип леса — кленовик дубово-грабово-осоковый (*Aceretum querceto-carpineto-caricosum*). Состав: 4Кл3Д2Ол1Ос+Б, Яс, ед. Гр. Возраст 120 лет, средний диаметр клена 33,9 *см*, средняя высота 22,5 *м*;

бонитет III, полнота — 0,7, запас — 280 *м*³/*га*. В подросте. вяз, осина, берест, ясень, ильм. Подлесок — бересклет европейский, редко лещина. Покров — сныть, хвощ лесной, зеленчук, копытень, медуница; злаки, осоки, крапива и седмичник. Почва дерново-подзолистая, среднеоподзоленная, внизу оглеенная, развивающаяся на суглинке легком, подстилаемом песком рыхлым, мелкозернистым.

Для исследования физико-механических свойств древесины клена на каждой пробе было срублено по шесть модельных деревьев. Из стволов моделей вырезались по два кряжа длиной 1,5 *м*: один — на высоте 1,3—2,8 *м*; второй на высоте 8,0—9,5 *м* от шейки корня.

Характеристика модельных деревьев приведена в табл. 1. Разделка кряжей на рейки, изготовление образцов и испытания проводились по стандартной методике [4].

Таблица 1

Характеристика модельных деревьев клена

№ пробной площади	№ модели	Возраст, лет	Диаметр на высоте 1,3 *м* в *см*	Высота в *м*	Класс роста	Коэффициент формы q_2	Расстояние от корневой шейки до первого живого сучка в *м*	Проекция кроны в *м*²	Объем ствола в *м*³
1	1	123	20	18,0	II	0,76	8,0	21,3	0,27
	2	122	24	19,0	II	0,74	9,6	22,8	0,42
	3	120	28	19,0	II	0,70	9,5	23,7	0,53
	4	122	32	23,5	I	0,68	12,0	23,1	0,84
	5	129	32	22,3	I	0,73	10,6	33,7	0,84
	6	128	32	22,2	I	0,75	11,2	45,6	0,84
2	7	124	20	17,5	II	0,74	8,5	22,7	0,27
	8	121	24	19,0	II	0,72	9,0	24,6	0,42
	9	123	28	20,0	II	0,70	9,3	24,1	0,56
	10	120	32	21,1	I	0,72	11,5	28,4	0,78
	11	126	32	23,0	I	0,69	12,0	31,6	0,84
	12	130	32	22,4	I	0,76	10,8	42,3	0,84

Типы леса, в которых были заложены пробные площади, имеют некоторые различия, поэтому при подборе объектов исследования мы ставили задачу наряду с определением физико-механических свойств древесины клена проследить влияние на них условий произрастания.

Показатели физико-механических свойств древесины клена, полученные в результате испытания, характеризуются данными, приведенными в табл. 2.

Древесина клена, как видно из данных табл. 2, обладает весьма высокими физико-механическими свойствами и, согласно шкале, составленной В. Е. Вихровым [1], может быть охарактеризована как умеренно-тяжелая, умеренно-усыхающая и прочная.

Приведенные показатели свойств древесины клена двух пробных площадей различаются между собой незначительно и эти различия находятся в пределах точности исследования. Это объясняется тем, что типы леса, в которых были заложены пробные площади, по ряду признаков весьма близки друг к другу.

Известно, что показатели физико-механических свойств древесины разных участков ствола не остаются постоянными, при этом характер и величина этих изменений для отдельных древесных пород различны.

Физико-механические свойства древесины клена по радиусу и высоте ствола изменяются весьма незначительно (табл. 3). Это свидетельствует о большой однородности древесины клена, взятой из различных частей ствола.

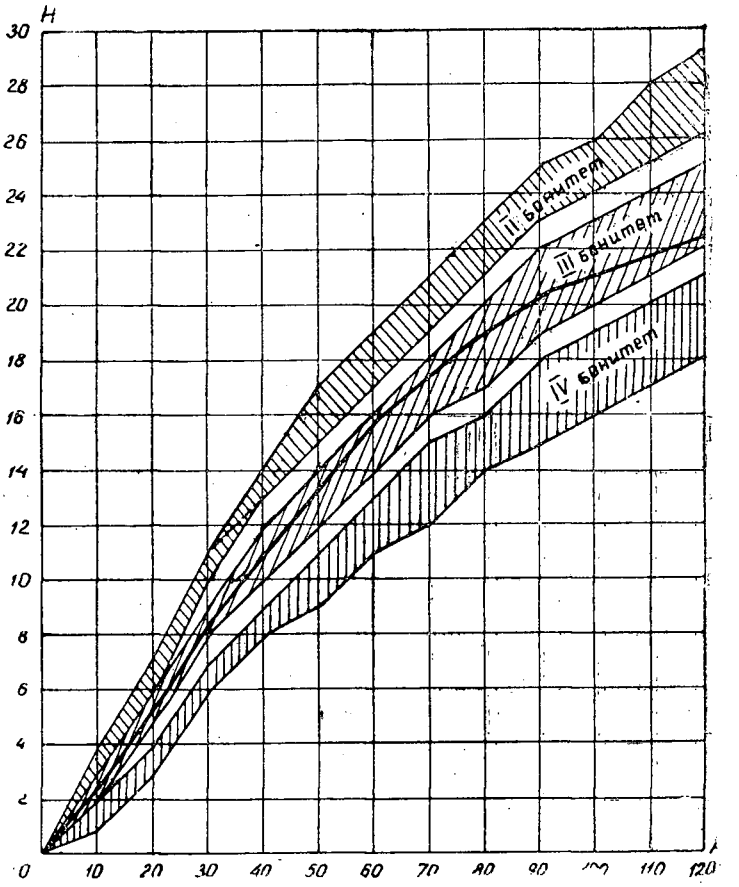


Рис. 1. Ход роста по высоте клена остролистного.

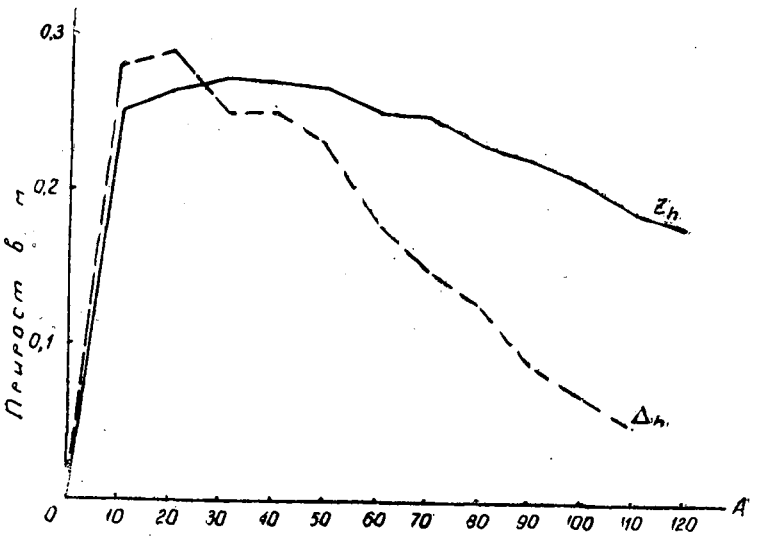


Рис. 2. Соотношение текущего и среднего приростов по высоте клена остролистного.

Таблица 2

Физико-механические свойства древесины клена

Наименование показателя, характеризующего свойства древесины	Пробная площадь № 1 (тип леса кленовик дубово-грабово-кисличный)						Пробная площадь № 2 (тип леса кленовик дубово-грабово-осоковый)						Достоверность различия t
	n	M	$\pm\sigma$	$\pm m$	$V\%$	$P\%$	n	M	$\pm\sigma$	$\pm m$	$V\%$	$P\%$	
Число годичных слоев на 1 *см*	52	8,6	2,78	0,76	32,4	10,9	51	8,2	290	0,99	33,9	11,76	0,3
Объемный вес, *г/см³*	54	0,650	0,033	0,012	5,1	1,86	53	0,656	0,037	0,012	5,7	1,9	0,5
Коэффициент объемной усушки в %	49	0,496	0,071	0,025	14,5	5,0	52	0,546	0,067	0,023	12,4	4,2	1,4
Предел прочности в *кг/см²* при:													
а) сжатии вдоль волокон	53	498	37,6	12,86	7,88	2,7	53	487	48,5	16,7	10,3	3,43	0,5
б) поперечном изгибе (в тангентальном направлении)	52	1192	118,0	55,2	14,0	4,6	51	1144	172,7	60,5	15,2	5,3	0,6
в) скалывании вдоль волокон в тангентальной плоскости	51	124	12,4	3,3	10,0	2,9	52	112	16,0	5,38	14,3	3,4	1,9
г) скалывание вдоль волокон в радиальной плоскости	54	107	13,7	4,7	12,6	4,3	54	96	11,6	3,79	12,46	4,0	1,9
Удельная работа при ударном изгибе в тангентальном направлении в *кг/см³*	53	0,336	0,081	0,026	30.0	10,1	50	0,300	0,053	0,024	23,0	7,8	1,0
Торцовая твердость в *кг/см²*	55	554	45,2	16,0	8,9	3,0	56	522	80,2	28,0	16,4	4,0	0,6

Таблица 3

Изменение показателей физико-механических свойств древесины по радиусу и высоте ствола деревьев клена

Наименование показателя, характеризующего свойства древесины	Центральная часть ствола	Средняя часть ствола	Периферийная часть ствола	На высоте от шейки корня в *м*	
				от 1,3 до 2,8	от 8 до 9,5
	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$
Число годичных слоев на 1 *см*	8,4+1,12	8,9+1,17	8,9+1,04	8,8+0,92	8,4+0,83
Объемный вес в *г/см*³	0,652+0,026	0,665+0,011	0,661+0,009	0,667+0,013	0,652+0,009
Предел прочности при сжатии вдоль волокон в *кг/см*²	463+22,9	473+15,3	479+9,8	470+13,2	461+15,6
Предел прочности при поперечном изгибе в *кг/см*²	1209+20,7	1204+39,6	1226+31,8	1210+44,5	1172+51,7
Удельная работа при ударном изгибе в *кг/см*³	0,35+0,025	0,376+0,028	0,36+0,026	0,36+0,026	0,28+0,022
Торцовая твердость в *кг/см*²	555+19,4	546+11,8	540+19,3	548+14,3	542+15,8

Таблица 4

Физико-механические свойства древесины клена, дуба, березы и ольхи

Порода	Район произрастания	Объемный вес в *г/см*³	Предел прочности при сжатии вдоль волокон в *кг/см*²	Предел прочности при поперечно-статическом изгибе в *кг/см*²	Сопротивление ударному изгибу в *кг/см*³	Предел прочности при скалывании вдоль волокон в *кг/см*²		Торцовая твердость *кг/см*²
						в радиальной плоскости	в тангентальной плоскости	
Дуб	Европейская часть СССР	0,72	520	935	0,37	85	104	622
Береза	„	0,64	447	997	0,47	85	110	392
Ольха	„	0,52	368	692	—	—	—	338
Клен (по нашим данным)	БССР	0,65	498	1192	0,34	107	124	554

Для сопоставления показателей физико-механических свойств древесины клена со свойствами других лиственных пород были взяты данные из ГОСТ 4631—49 «Показатели физико-механических свойств древесины» [3] (табл. 4).

Как видно из данных табл. 4, древесина клена незначительно уступает по показателям физико-механических свойств древесине дуба и превосходит соответствующие показатели для березы и ольхи.

Высокие физико-механические свойства древесины клена и большая потребность в ней народного хозяйства требуют бережного и рационального ее использования.

Вопросами рационального использования древесины клена в Белоруссии занималась специальная экспедиция научно-исследовательского института под руководством проф. В. К. Захарова [2]. В результате уточнения сырьевой базы республики, закладки и таксации 65 пробных площадей и разделки 999 стволов клена экспедицией был установлен

процент выхода кряжей, пригодных для выработки мебельных деталей. Он составил 58,8% действительного объема древесины на корню.

Если принять во внимание, что этот показатель не учитывает имеющего место выхода других более мелких деловых сортиментов, заготавливаемых из клена, то вероятный выход деловой древесины соответственно может быть увеличен.

По результатам проведенной промышленной сортиментации исследуемых древостоев составлена табл. 5.

Таблица 5

Виды сортиментов в процентах от общего запаса клена на корню

№ пробной площади	Выход сортиментов в %						
	пиловочник	фанерный кряж	мебельный кряж	тонкомер	итого деловых	дрова	всего
1	31,4	26,8	11,3	1,1	70,6	29,4	100
2	36,6	23,8	7,0	1,2	68,6	31,4	100
Среднее	34,0	25,4	9,1	1,1	69,6	30,4	100

Данные табл. 5, составленные на основе фактических обмеров, показывают, что выход деловой древесины из стволов клена достигает 70%.

По данным Управления лесной, бумажной и деревообрабатывающей промышленности СНХ БССР, выход деловой древесины клена значительно ниже (табл. 6).

Таблица 6

Выход сортиментов из 24,5 тыс. $м^3$ клена (разделка производилась в 1958 г.)

Наименование сортиментов	Объем в $м^3$	%
Фанерный кряж	500	2
Пиловочник	9800	40
Прочая деловая	1800	7,3
Итого деловой	12100	49,3
Дров	12400	50,7
Всего	24500	100

Показатели табл. 6 свидетельствуют о том, что клен разрабатывается крайне нерационально.

Технология разработки смешанных многоярусных древостоев усложняется многообразием заготовляемых промышленных сортиментов различных размеров, сортности и назначения. В результате этого ценная древесина клена и других твердолиственных пород часто идет на заготовку второстепенных сортиментов или в дрова.

Сложные многоярусные насаждения с участием дуба, ясеня, клена и других пород наиболее полно удовлетворяют разнообразным потребностям народного хозяйства. Это позволяет рекомендовать лесохозяйственному производству республики при наличии благоприятных почвенно-

грунтовых условий создавать смешанные культуры с участием этих пород, а работникам лесной промышленности необходимо перестроить технико-организационные формы эксплуатации сложных древостоев и добиться полного и рационального использования древесины клена и других твердолиственных древесных пород.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. Е. Вихров. Диагностические признаки древесины главнейших пород СССР. Гослестехиздат, М.-Л., 1947. [2]. В. К. Захаров. Выход мебельных деталей из стволов клена. «Лесная индустрия» № 8, 1934. [3]. ГОСТ 4631—49. Показатели физико-механических свойств древесины, Стандартгиз, М., 1952. [4]. ГОСТ 6336—52. Методы физико-механических испытаний древесины. Стандартгиз, М., 1955. [5]. А. К. Петруша. Физико-механические свойства древесины клена и влияние подсочки клена на технические свойства древесины. Записки Белорусского лесотехнического института имени С. М. Кирова, вып. V, Минск, 1940.

Поступила в редакцию
30 марта 1959 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЗА ЛЕСОПИЛЬНЫМИ РАМАМИ

П. С. КОНОПЛЕВ

Ассистент

(Архангельский лесотехнический институт)

Увеличение объема и качества выпускаемой продукции при существующей организации труда и технической оснащенности предприятий в значительной степени зависит от эффективности использования основного оборудования. В лесопильной промышленности названные показатели в первую очередь определяются эффективностью использования лесопильных рам.

Настоящая статья ставит целью выявить влияние основных конструктивных и технических параметров направляющих ножей * на качество распиловки и производительность рам.

Анализ параметров дается по результатам исследований, проведенных автором на лесопильных заводах № 2, 3, 16—17 и 25 треста «Северолес», № 2 «Архгорстройтреста», № 40 треста «Севзаплес» и в лесопильном цехе учебно-производственных мастерских Архангельского лесотехнического института.

ПОСТАВ НОЖЕЙ

Поставом ножей мы называем расстояние между внутренними поверхностями ножей в плоскости, перпендикулярной продольной оси рамы.

Разность между поставом ножей и суммой толщин фактических размеров пиломатериалов, находящихся между ножами, представляет собой зазор постава.

На ширину постава ножей, а следовательно, и на величину зазора, влияют способ распиловки, размеры распиливаемых бревен, число, способ установки и профилировка ножей, толщина пил, величина развода или плющения зубьев пил и т. п.

Исследования показывают, что величина зазора влияет как на производительность лесопильной рамы, так и на качество распиловки. При больших зазорах и недостаточно надежном креплении бревна в зажимах тележки возможно его свертывание, особенно комлевой части, что приводит к снижению качества пиломатериалов. При распиловке

* Правильней назвать не «направляющих ножей», а «направляющих плоскостей», но, учитывая широкое распространение первого термина в технической литературе и в производстве, мы считаем возможным его применение в данной статье.

вершиной вперед наличие больших зазоров нередко приводит к тому, что в постав ножей попадают горбыли и боковые доски (имеющие шилохвостость), вызывая заклинивание бревна в ножах. Зажимы бревен возникают и при распиловках с очень малыми зазорами. Заклинивание вызывает простои рамы, снижая ее производительность.

С увеличением диаметра распиливаемого бревна увеличивается толщина выпиливаемого бруса и количество досок, вводимых в постав ножей. В связи с этим увеличивается и величина зазора, что подтверждают исследования, проведенные в производственных условиях (графики *а* и *б* рис. 1).

Исследование расхода мощности на подачу, потерь посылки и качества выпиливаемых пиломатериалов при различных зазорах показывает, что с уменьшением зазора расход мощности на подачу и потери посылки от скольжения увеличиваются, а качество пиломатериалов улучшается. Из графика рис. 1 можно видеть, что при распиловке бруса уменьшение зазора с 6 до 3 *мм* увеличивает расход мощности на подачу на 8,5%, а уменьшение зазора до 2 *мм* — на 17,4%. Потери посылки при тех же условиях соответственно составили 5 и 7,3%.

При распиловке бревен уменьшение зазора с 6 до 2 *мм* снижает удельный вес технического брака из-за кривизны и крыловатости на 20—25%.

При изучении работы лесопильных рам с направляющими ножами часто отмечались случаи «утыкания» * или зажима бревен, что вызывает возрастание расхода мощности на подачу до 40%. Последнее обстоятельство неблагоприятно сказывается на работе механизма подачи, так как вызывает ускоренный износ фрикционной рамы подающего механизма.

При распиловке вразвал уменьшения зазора можно достичь, применяя ножи, имеющие поперечное сечение лезвия в виде двухстороннего клина (рис. 2, *а*).

Согласно рис. 2, *а*:

$$B_1 = B - nb + S, \tag{1}$$

где B_1 — постав ножей,
B — расстояние между срединами пропилов, против которых установлены ножи,
n — число досок, вводимых в постав ножей,
b — ширина пропила,
S — величина зазора.

Применение двойных направляющих ножей также дает возможность сократить зазор путем уменьшения постава второй пары ножей.

Теоретически величина зазора не зависит от толщины бруса и должна быть минимальной. Однако в действительности по мере роста толщины бруса зазор увеличивается, так как при одинаковых углах свертывания большую абсолютную величину свертывания получают брусья с широкими пластями. Поэтому для устранения «утыканий» бруса в ножи, сопровождающихся простоями рамы или образованием сколов пиломатериалов, зазор искусственно увеличивают.

Свертывание бревна чаще всего происходит при распиловке комлевой части бревна, имеющей неправильную форму, то есть в тех случаях, когда неизбежно возникновение пары сил (рис. 2, *б*).

---

* Под термином «утыкание» подразумевается остановка движения бревна вследствие непопадания ножей в пропилы или по другим причинам.

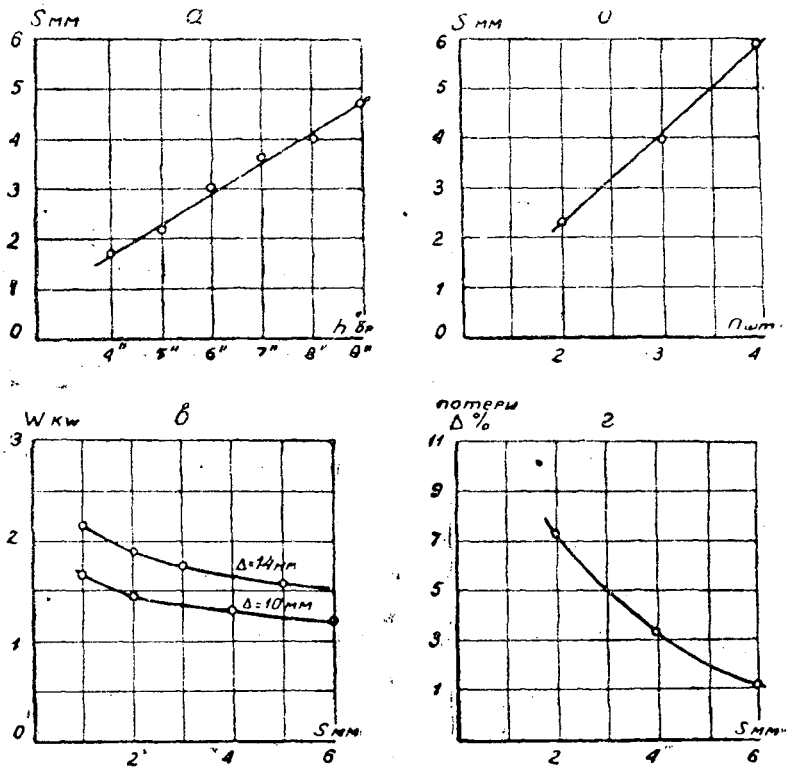


Рис. 1. *а* — влияние толщины бруса на величину зазора; *б* — влияние количества досок, вводимых в постав ножей, на величину зазора; *в* — влияние величины зазора на расход мощности при толщине бруса $h_{бр} = 180$ *мм* и поставе $1 \times 150{,}6 \times 25$; *г* — влияние величины зазора на потерю посылки.

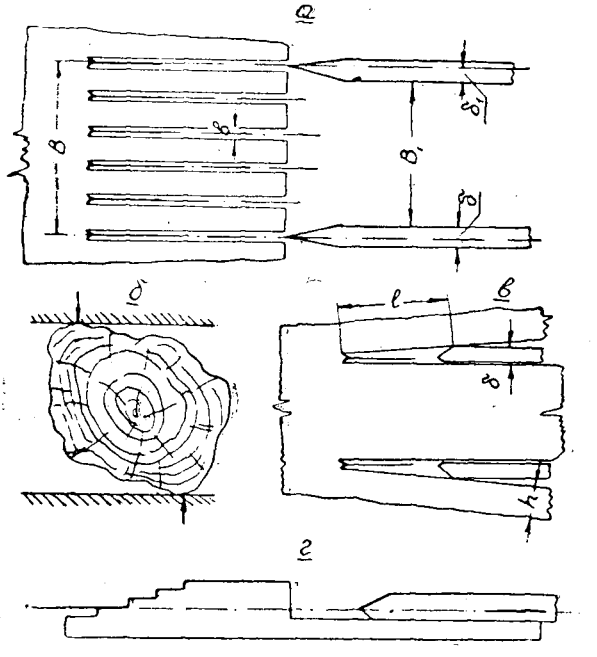


Рис. 2.

Изучение показывает, что простои рам по причинам, связанным с применением направляющих ножей, увеличиваются при распиловках комлем вперед (особенно в зимних условиях).

При распиловках комлем вперед ухудшается также качество пиломатериалов. Так, например, удельный вес технического брака из-за крыловатости при распиловке комлевой части бревна в 3—3,5 раза выше, чем при распиловках вершиной вперед *.

Анализ причин, вызывающих увеличение простоев и снижение качества распиловки, показывает, что, кроме способа распиловки и типа направляющих устройств, большое влияние на эти показатели оказывает тип тележек, удерживающих бревно от свертывания.

В табл. 1 приводятся данные об усилиях свертывания, при которых в различных конструкциях тележек крыловатость остается в пределах, допускаемых ГОСТом 3008—45. Из приведенной таблицы видно, что применение пневматических тележек при распиловках комлем вперед не может создать достаточной устойчивости бревна.

Для обеспечения необходимой устойчивости бревна в пневматических тележках можно рекомендовать углубление насечки зажимных дисков и неподвижную посадку верхнего прижимного диска на своей оси.

Таблица 1

Тип тележки	Усилие на зажимах тележки в *кг*	Усилие, при котором свертывание превышает допустимую крыловатость по ГОСТу 3008—45 в *кг*	Примечание
Винтовая типа „Геркулес“	550—600	1000—1100	Усилие на штурвале зажимного механизма 35÷40 *кг*
Пневматическая завода „Северный коммунар“	400—425	150—200	Давление в магистрали 6,7—7 *атм*

На основании данных исследований за оптимальную величину зазора можно принять зазор, равный 1,5 ÷ 2 *мм*. Указанный размер зазора согласуется также с величиной допустимых отклонений размеров пиломатериалов, предусмотренных стандартами.

Расстояние от постава пил до направляющих ножей

При распиловке с малыми зазорами свертывание бревен, имеющих неправильную форму, приводит к образованию сколов и «утыканий» бревен в ножи. Изучение простоев лесопильных рам, связанных с применением направляющих ножей, показывает, что с уменьшением расстояния от постава пил до направляющих ножей, при прочих равных условиях, простои рам снижаются (см. табл. 2).

Таблица 2

Диаметр бревна в *см*	Постав пил		Расстояние от постава пил до направляющих ножей в *мм*	Простои рам на рамо-смену в *мин*	Примечание
20	1×120	4×25	330	4,6	Раму обслуживало 2 чел.
20	1×5″	4×1″	500	9,1	» » 3 чел. **
22	1×150	4×25	830	16,5	

** Один из рабочих периодически «направлял» ножи и пропилы:

* Приведенные данные относятся к лесопильным рамам, обслуживаемым пневматическими тележками и навесными ножами.

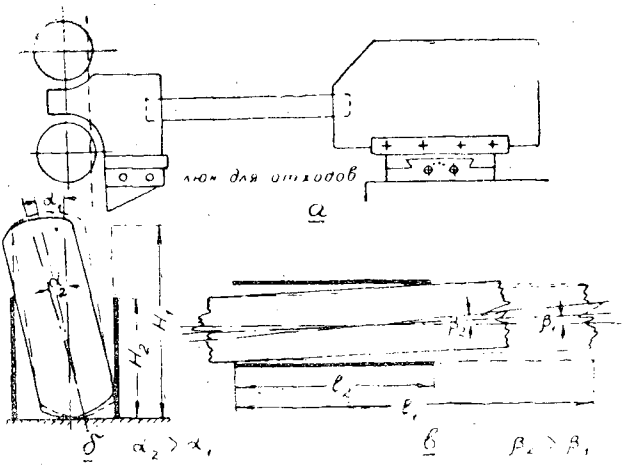


Рис. 3.

Следовательно, для уменьшения простоев рам и сколов необходимо максимально приближать ножи к пилам. Одним из способов, обеспечивающих приближение ножей к пилам, может служить изменение бокового профиля ножей (рис. 3, *а*).

Место установки ножей

На практике применяются три установки стационарных * ножей.

1) Нижняя, когда ножи устанавливаются на полу (напольные) или крепятся к станине рамы ниже нижних подающих вальцов. Ножи с нижней установкой могут быть как одинарные, так и двойные.

2) Верхняя — ножи монтируются на задних воротах рамы, выше верхних подающих вальцов (навесные ножи).

3) Смешанная — применяется при двойных ножах, когда первая пара состоит из навесных ножей, а вторая пара из напольных.

При двойных ножах обе пары ножей могут быть связаны между собой направляющими планками (поводками).

Верхняя и смешанная установка ножей применяется за рамами с механизированным подъемом вальцов, а нижняя — за рамами с ручным подъемом вальцов.

В табл. 3 приводятся данные о простоях лесопильных рам при различных типах установки направляющих ножей.

Таблица 3

Тип установки ножей	Простои рам в *мин* на рамо-смену
Одинарные напольные	7,47
„ навесные	8,55
Двойные напольные (связанные)	11,33
„ смешанная установка (связанные) . . .	22,41
„ „ „ (несвязанные) . .	30,07

* Передвижные направляющие устройства, как не получившие широкого распространения, в нашей статье не рассматриваются.

Из таблицы видно, что применение навесных одинарных ножей приводит к некоторому увеличению простоев по сравнению с тем случаем, когда применяются напольные одинарные ножи.

Рост простоев при применении навесных направляющих ножей можно объяснить следующими причинами:

1) При распиловке кривых бревен комлем вперед и кривизной вниз наблюдается «утыкание» бревен верхней частью переднего торца в направляющие оси ножей.

2) Ножи в применяемых навесных конструкциях на 100—150 *мм* выше, чем у напольных, и работают своей нижней частью. При действии одинаковых сил в направлении, перпендикулярном продольной оси рамы, они легче отгибаются в сторону, что приводит к увеличению числа «утыканий» и преждевременному ослаблению крепления ножей.

3) Толщина навесных ножей, особенно у рам первого ряда, мала (16 *мм*), поэтому такие ножи, имея большую высоту, не могут в достаточной степени противостоять действию изгибающих усилий.

Большие простои лесопильных рам, в которых применены двойные направляющие ножи, в основном объясняются отсутствием приборов и приспособлений для настройки их по поставу пил, несовершенностью узла настройки второй пары ножей, а при смешанной установке, кроме этого, и причинами, связанными с применением навесных ножей.

Изучение качества распиловки на рамах с применением навесных и напольных направляющих ножей подтвердило, что технический брак (особенно крыловатость) при распиловках с напольными ножами снижается.

Способ настройки ножей по поставу пил

Значительная часть простоев лесопильных рам, связанных с применением направляющих ножей, приходится на настройку ножей по поставу пил. Особенно велики эти простои при применении двойных направляющих ножей. Практически направляющие ножи предварительно устанавливаются «на глазок», а окончательная установка проводится при недопиленном бревне после прекращения подачи. Величина зазора при этом определяется на ощупь.

Для обеспечения достаточной точности настройки постава ножей по поставу пил необходимо применять специальные приспособления и приборы.

Хорошую точность настройки обеспечивает оптический визирный прибор для установки направляющих ножей конструкции доц. В. Д. Иванова.

Одним из простых приспособлений, обеспечивающих удовлетворительную настройку ножей по поставу пил, является специальная линейка (рис. 2), прием пользования которой понятен из рассмотрения рисунка. Величину зазора при установке ножей можно легко определить, если известны толщина пил, величина развода или плющения зуба и количество пиломатериалов, включенных в постав ножей.

Толщина ножей и угол заострения передней кромки

На толщину ножей существенное влияние оказывает способ распиловки. При распиловке бруса толщина ножей определяется неравенством (рис. 2, *а*):

$$\delta \geqslant \delta_1 = \frac{b \cdot n + S}{2} \qquad (2)$$

где δ — толщина ножей;
δ_1 — величина внутренней фаски ножа;
b — ширина пропила;
n — количество досок в поставе ножей;
S — величина зазора.

При распиловке бревен, когда неизбежно возникновение свертывающих усилий, вызывающих отгиб ножа, толщина ножей определится из условий прочности на изгиб:

$$\delta = \sqrt{\frac{6PH}{lR_{изг}}}, \qquad (3)$$

где P — боковое усилие, вызывающее отгиб ножа;
H — расстояние от точки крепления ножей до точки приложения силы, действующей на ножи;
l — длина ножа в ослабленном сечении;
$R_{изг}$ — допускаемое напряжение на изгиб материала ножей.

Расчет показывает, что боковые усилия, вызывающие отгиб ножа, в зависимости от диаметра бревна, числа и толщины пил, числа оборотов рамы, посылки и т. п. изменяются в больших пределах и могут достигать значительной величины (1500 *кг* и более).

Согласно выражению (3) при $P = 1500$ *кг* *, $H = 40$ *см*, $l = 110$ *см* и $R_{изг} = 900$ *кг/см*^{2}

$$\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot 1500 \cdot 40}{110 \cdot 900}} = \sqrt{3{,}64} = 1{,}909 \text{ см} \approx 19 \text{ мм}.$$

Приведенный расчет подтверждает правильность замены на заводах тонких ножей толстыми, обеспечивающими более качественную распиловку.

При увеличении толщины ножей и приближении их к поставу пил, необходимо учитывать сопротивление боковых досок отгибу.

Рассматривая боковую доску, как балку, заделанную одним концом (рис. 2), можно определить реакцию доски на ножи:

$$R = \frac{b \cdot h^3 \cdot \delta \cdot E}{4l^3}, \qquad (4)$$

где δ — толщина ножей;
a — ширина доски;
h — толщина доски;
l — длина деформируемого конца доски;
E — модуль упругости древесины доски.

Практика распиловки бревен больших диаметров показывает, что при толстых боковых досках, не включенных в постав ножей, или при толстых горбылях наблюдается уменьшение фактической посылки, а иногда и прекращение подачи. Поэтому при эксплуатации направляющих ножей следует включать в постав ножей все толстые доски и не допускать выпиловки толстых горбылей. Если это невозможно, то в целях увеличения производительности рамы необходимо увеличивать расстояние от пил до ножей, что подтверждается практикой работы Тулунского лесозавода.

Анализ последнего выражения также позволяет сделать вывод, что с приближением ножей к пилам следует уменьшать их толщину или

* Величина P получена путем расчета.

*

уменьшать угол заострения ножей. Уменьшение же толщины при одинарных направляющих ножах нежелательно.

Принимая во внимание результаты анализа отдельных параметров (место установки, толщина), можно сделать вывод о целесообразности применения двойных направляющих ножей, но существующие конструкции их должны быть усовершенствованы.

На наш взгляд более рациональной конструкцией будут двойные направляющие ножи с нижней установкой. При этом первая пара относительно тонких ножей небольших размеров монтируется на станине рамы ниже подающих вальцов. Вторая же пара более длинных и толстых ножей устанавливается на полу за люком, через который удаляются отходы. Между собой обе пары ножей соединяются направляющими планками *. Схема таких ножей приводится на рис. 3, *а*.

Высота ножей и углы установки ножей относительно вертикальной оси

На рис. 3, *б* легко видеть, что с уменьшением высоты ножей, при прочих равных условиях, величина свертывания увеличивается.

При распиловке бревен оптимальная высота ножей должна быть равна максимальному диаметру распиливаемого бревна. При распиловке же бруса на доски, когда свертывание исключается, высота ножей может быть равной или несколько меньше максимальной толщины распиливаемого бруса. При распиловке с минимальными зазорами величина угла установки ножей относительно вертикальной оси не должна выходить за пределы, соответствующие допускаемой величине зазора. Если по каким-либо причинам невозможно установить ножи строго вертикально, предпочтение следует отдавать установке ножей с наклоном верхней кромки ножей внутрь постава, а не наружу, так как в первом случае абсолютная величина свертывания будет меньше.

Длина ножей и углы установки ножей относительно продольной оси

О влиянии длины ножей на качество распиловки можно судить по рис. 3, *в*. Из рисунка видно, что при прочих равных условиях величина возможного отклонения от прямолинейного движения с уменьшением длины ножей увеличивается. Исследования качества распиловки, проведенные в производственных условиях, подтверждают сказанное. Так, например, при увеличении длины направляющих ножей от 1130 до 2630 *мм*, удельный вес технического брака из-за кривизны снизился на 9,4% **. Измерения фактических посылок указывают на некоторое увеличение скольжения при удлинении ножей.

Длина направляющих ножей зависит от длины распиливаемого бревна, зазора между брусом и ножами, углов установки ножей относительно горизонтальной оси, расстояния от пил до ножей и т. д.

Исследования показывают, что с некоторым приближением длину ножей можно определять из выражения ***:

$$l = 25\sqrt{L \cdot S}, \qquad (5)$$

* Конструкция модернизированных двойных ножей предложена доц. В. Д. Ивановым.

** По наблюдениям за работой одной рамы при одинарных и двойных ножах в одинаковых условиях (постав, посылка, диаметр бревна и др.).

*** Выражение (5) является эмпирическим. Оно получено в результате обработки результатов наблюдений за работой ножей в производственных условиях.

где l — длина ножей;
S — зазор;
L — длина бревна.

Размер кривизны при такой длине ножей не превышает допустимых ее значений по стандартам на пиломатериалы.

Оптимальным значением угла установки ножей относительно продольной оси следует считать угол, равный 0°. Изменение его, если есть в этом необходимость, не должно выходить за пределы, соответствующие величине зазора.

Проведенные исследования параметров направляющих устройств за лесопильными рамами указывают пути дальнейшего их усовершенствования, способствующие более полному использованию производственной мощности рам и повышению качества продукции лесопильного производства.

Поступила в редакцию
18 марта 1959 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОТОКА В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

А. Л. БЕРШАДСКИЙ

Профессор, доктор технических наук

(Белорусский лесотехнический институт)

Вопросам автоматизации в деревообработке посвящено пока еще незначительное число опубликованных работ. Однако, уже с самого начала отмечается большая неустойчивость в терминологии, в определениях, в буквенных обозначениях, в предлагаемых методах расчета коэффициентов использования автоматических линий и их производительности. Все это побуждает дать краткое изложение основных положений, связанных с расчетом производительности автоматического потока в деревообработке, уделив особое место терминологии и определениям, ибо последнее — язык науки и техники, а для взаимного понимания надо говорить на одном языке.

Объем статьи заставляет ограничиться только основными определениями и положениями.

I. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Рабочее место — совокупность средств труда, сосредоточенных на соответствующей площади и необходимых для выполнения заданной обработки от начала (установка предмета труда) до конца (объем готовой продукции).

Операция — вся последовательность отдельных воздействий на предмет труда в пределах одного рабочего места от момента установки предмета труда до съема готовой продукции.

Переход — каждое отдельное специфическое воздействие на предмет труда при выполнении операции.

Производственный процесс — комплекс взаимосвязанных последовательных операций, необходимых для изготовления из предметов труда — продуктов труда (изделия, полуфабрикаты, детали и т. д.).

Стадии — обособленные участки основного процесса (раскрой, сушка, сборка, отделка и т. д.).

Технологические операции — это операции, в ходе которых меняется форма, объем и внешний вид поверхности предмета труда: или, иначе, операции, в ходе которых предмет труда непосредственно обрабатывается или качественно изменяется.

Нетехнологические операции — транспортные, контрольно-измерительные и т. п., не изменяющие форму, объем и внешний вид поверхности предмета труда.

Пролеживание — промежуток времени между операциями (межоперационные запасы) и между стадиями производства (буферизация для комплектования); относятся к перерывам по организационно-механическим причинам.

Технологический процесс — последовательность технологических операций в отличие от производственного процесса, в котором чередуются технологические и нетехнологические операции.

Технологический переход — воздействие на предмет труда, приводящее к изменению его формы, объема и внешнего вида; рассматривается в границах операций.

Нетехнологический переход — установка, съем, перемещение, холостой ход, контроль; рассматривается в границах операций.

Позиция — переход при неподвижной детали.

Проход — переход при проходной обработке одной и той же поверхности обработки.

Установка — каждое отдельное закрепление детали для обработки.

Производственный поток — порядок последовательного движения обрабатываемых деталей и узлов в производственном процессе от операции к операции.

В одном и том же производственном процессе производственные потоки могут различаться; также разной может быть длительность пребывания предмета труда в потоке, что зависит от организации самого потока.

а) Универсальная поточная линия — это расположенные в порядке последовательности технологических операций автономные рабочие места, связь между которыми поддерживается независимыми транспортными устройствами (например, вагонетками разных конструкций).

б) Поточная линия с распределительным транспортером, в которой связь между отдельными рабочими местами поддерживается общим транспортером.

Особенность универсальной поточной линии и поточной линии с распределительным транспортером — совмещение одновременной обработки разных деталей и узлов изделия в потоке на разных рабочих местах.

в) Поточно-конвейерная линия — поточная линия, в которой предметы труда, загружаемые в разных местах на конвейер, перемещаются по нему от одного исполнителя к другому, причем сама работа производится непосредственно на конвейере.

г) Полуавтоматические станочные линии — линии с установленной специальной механизированной связью от станка к станку, с частичным самоуправлением, требующие, однако, того или иного вмешательства рабочих для восстановления производственного цикла.

д) Автоматические линии — линии с полным самоуправлением в течение производственного цикла. Роль рабочего — наблюдение и контроль за работой линии.

В зависимости от техно-экономических соображений можно решать вопрос о смешанном применении любого типа производственного потока.

Производственный цикл — время движения партии изделия в производственном потоке от операции к операции, включая и время пролеживания как между рабочими местами, так и в буферных промежуточных складах между стадиями производства. Производственный цикл делится на стадийные циклы, а стадийные на операционные, которые состоят из переходов.

Пролеживание в потоке — пролеживание, возникающее по технологическим причинам (выдержка после склейки, отделки) и по организационным причинам (например, в зависимости от организации потока — последовательно, параллельно — последовательно, параллельно и т. д.).

Операционный цикл — время полной обработки деталей на рабочем месте от установки детали до ее съема. Время технологических переходов $t_{тех}$ — технологическое время.

Вспомогательное время — время нетехнологических переходов $t_{всп}$ (например, $t_{х.х}$ — время холостого хода, $t_у$ — время установки, $t_с$ — время съема).

Операционный цикл $t_ц = t_у + \Sigma t_{тех} + \Sigma t_{всп} + t_с$,

где $\Sigma t_{всп} + t_у + t_с$ — цикловые потери.

Кроме цикловых потерь, различают еще внецикловые потери $t_{пот}$ (организационные, наладка, заточка, простои и т. п.).

Закладка — число одновременно обрабатываемых деталей.

Транспортной партией — число одновременно доставленных деталей, обрабатываемых, однако, не одновременно, а последовательно (например, число деталей в контейнере, на питающем лифте и т. п.).

Ритм (R) — это промежуток времени между сходом с линии двух последовательных транспортных партий.

Такт (τ) — это промежуток времени между сходом двух деталей с линии. При поштучной загрузке $\tau = R$.

В дальнейшем с учетом поштучной обработки в деревообработке принимаем термин «ритм» R.

Ритм R — время выдачи каждого продукта труда с рабочего места (или с линии)

$$R = \frac{T_л}{П_т},$$

где $T_л$ — время изготовления продуктов труда на рабочем месте (или линии);

$П_т$ — выдача продуктов труда в шт. за время $T_л$.

Вообще, для операции $R \leqslant t_ц$ и зависит от технологической схемы станка.

Темп — величина, обратная ритму.

$$Темп = \frac{1}{R} = \frac{П_т}{T_л}.$$

Ритм — время, затрачиваемое на выпуск единицы изготовляемой продукции.

Темп — выпуск продукции в единицу времени.

На конвейере следует различать рабочие зоны, то есть участки конвейера, на которых находятся обрабатываемые изделия. В каждой рабочей зоне может быть расположено одно или несколько рабочих мест (рабочих). Сумма операций, производимых каждым рабочим, в данной рабочей зоне назовем условно комплексной операцией.

Таким образом, на конвейере чередуются в потоке единичные операции и комплексные операции. Так как все n рабочих зон конвейера перемещаются и делают одновременный останов, то все перемещения равны одному и тому же промежутку времени R и, следовательно, R надо выбирать по максимальному операционному ритму R_{max} отдельного рабочего места. Тогда цикл конвейера $T_{ц.к} = R_{max} \cdot n$. Так как количество всех единичных операций больше или равно числу комплекс-

ных операций $(n_0 \geqslant n)$, то затрата времени на изготовление изделия на конвейере $T_к = R_{max} n_0 \geqslant T_{ц.к}$.

Понятно также, что ритм конвейера, равный R_{max}, больше любого другого операционного ритма, то есть $R < R_{max}$.

II. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СТАНКОВ

Теоретическая производительность $(П_т)$ — производительность, не учитывающая внецикловые потери

$$П_т = \frac{1}{R}.$$

Коэффициент использования рабочего дня $\eta_{р.д}$ — отношение времени работы на рабочем месте $T_{ст}$ к общему фонду времени $T_{р.д}$.

$$\eta_{р.д} = \frac{T_{ст}}{T_{р.д}} = \frac{T_{ст}}{T_{ст} + T_{пот}} = \frac{1}{1 + \frac{T_{пот}}{T_{ст}}} = \frac{1}{1 + \mu} < 1,$$

где $T_{р.д}$ — время рабочего дня (фонд времени);

$T_{ст}$ — время работы на рабочем месте $T_{ст} = T_{тех} + T_{всп}$;

$T_{тех}$ — время, затрачиваемое непосредственно на обработку;

$T_{всп}$ — вспомогательное время при работе на станке;

$T_{пот}$ — время потерь вне цикла работы на рабочем месте;

$\mu = \frac{T_{пот}}{T_{ст}}$ — коэффициент потерь, то есть отношение всех внецикловых потерь ко времени работы станка [2].

Действительная производительность $(П_д)$ — производительность, учитывающая коэффициент использования рабочего дня

$$П_д = \frac{\eta_{р.д}}{R} = \eta_{р.д} П_т.$$

Штучное время $t_{шт} = \frac{R}{\eta_{р.д}}$.

Так как при однопозиционных станках $t_ц = R$, то $t_{шт} > t_ц$.

Во всех схемах станков, где $R < t_ц$, может оказаться $t_{шт} \lesseqgtr t_ц$.

Коэффициент производительности станка $(\eta_{ст})$ — коэффициент, характеризующий использование технологических (обработочных) возможностей станка. Этот коэффициент равен отношению времени технологических переходов $T_{тех}$ ко всему времени работы на станке.

$$T_{ст} = T_{тех} + T_{всп}; \quad \eta_{ст} = \frac{T_{тех}}{T_{ст}} = \frac{1}{1 + \frac{T_{всп}}{T_{тех}}} = \frac{1}{1 + \mu_ц},$$

где $\mu_ц = \frac{T_{всп}}{T_{тех}}$ коэффициент цикловых операционных потерь.

Технологическая производительность $П_{тех} = \frac{1}{\eta_{ст} R}$. Здесь учитывается технологическое время ритма $R' = \eta_{ст} R$; $П_т = \eta_{ст} П_{тех}$.

Коэффициент использования станка $(\eta_{исп})$ — коэффициент, характеризующий действительную производительность

$$\frac{П_д}{П_{тех}} = \eta_{р.д}\eta_{ст} = \eta_{исп};$$

то есть $П_д = \eta_{р.д}\eta_{ст}П_{тех} = \eta_{исп}П_{тех}$.

Общее выражение для $\eta_{р.д}$. Обычно $\eta_{р.д}$ определяют как произведение частных значений η_1, η_2, η_3, учитывающих разные внецикловые потери, то есть $\eta_{р.д} = \eta_1\eta_2\eta_3$.

Этот метод определения $\eta_{р.д}$ нельзя признать теоретически правильным.

а) Если линия работает безостановочно, то $t_1 = T_л$; если далее обозначим через T_1 потери времени, связанные с запуском партии деталей или узлов и окончанием работы, то фонд времени равен $t_2 = T_л + T_1$, а коэффициент использования определяется выражением

$$\eta_1 = \frac{t_1}{t_2} = \frac{T_л}{T_л + T_1} = \frac{1}{1 + \frac{T_1}{T_л}} = \frac{1}{1 + \mu_1}.$$

Преобразуя последнюю формулу, получаем выражение для коэффициента потерь:

$$\mu_1 = \frac{T_1}{T_л} = \frac{1 - \eta_1}{\eta_1}.$$

б) Если обозначить потери времени на смену инструмента через T_2, и предположить отсутствие других потерь, то аналогичным образом получаем

$$t_3 = T_л + T_2.$$

Тогда получим

$$\mu_2 = \frac{T_2}{T_л} = \frac{1 - \eta_2}{\eta_2}.$$

Подобные выражения можно составить для любых потерь.

Если все эти потери не перекрывают друг друга, то фонд времени представляется в виде суммы:

$$T = T_л + T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5$$

$$\eta_{р.д} = \frac{T_л}{T} = \frac{1}{\frac{T}{T_л}} = \frac{1}{1 + \Sigma\mu}.$$

После подстановки вместо μ_1, μ_2 .... их значений через соответствующие η_1, η_2 ..., получим:

$$\eta_{р.д} = \frac{\eta_1\eta_2\eta_3\eta_4\eta_5}{\eta_1\eta_2\eta_3\eta_4 + \eta_1\eta_2\eta_3\eta_5 + \eta_1\eta_2\eta_4\eta_5 + \eta_1\eta_3\eta_4\eta_5 + \eta_2\eta_3\eta_4\eta_5 - 4\eta_1\eta_2\eta_3\eta_4\eta_5}$$

Если та, либо иная потеря перекрывается, то, соответственно, $\eta = 1$. Например, если три потери (η_1, η_2, η_3) перекрываются, то

$$\eta_{р.д} = \frac{\eta_1\eta_2}{\eta_1 + \eta_2 - \eta_1\eta_2}.$$

$\eta_{р.д}$ может быть определен реально только в случае планирования пропуска отдельных партий деталей на линии при условии соблюдения комплексности их выпуска. При этом объем буфера не рекомендуется делать больше семи- восьмисуточного запаса.

III. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

1. Приступая к проектированию выпуска, деталируем заданное изделие и составляем спецификацию по размерам и количеству деталей в единице изделия (деталь № 1 — m_1 шт., № 2 — m_2 шт. и т. д.).

2. Разрабатываем маршрут каждой детали до сборки и отделки включительно, то есть составляем карту технологического подетального и пооперационного процесса с расчетом $t_{ст}$ без внецикловых потерь.

3. Идентичные маршруты объединяем, причем в объединение включаем маршруты деталей, не проходящие через все рабочие места линии.

4. После соответствующего объединения определяем число разнородных линий, с полной или частичной автоматизацией.

5. По каждой линии, для каждой детали определяем, какой должна быть переустановка (переналадка), если деталь a_1 идет после детали a_2, или после a_3 и т. д. При этом отмечаем:

а) сохраняется ли настройка полностью,

б) сохраняется ли инструмент или требуется только размерная переустановка,

в) требуется ли и замена инструмента и размерная переустановка,

г) необходима ли перестройка кинематическая с учетом синхронности обработки деталей (переход от продольной к поперечной обработке и к позиционным операциям).

При переналадке определяется время на переустановку линии с учетом времени работы загрузочно-разгрузочных устройств, а также времени, необходимого для заточки и замены инструмента.

6. Устанавливаем режимы для качественной обработки деталей и по t_{max} операции определяем ритм линии R_1, R_2, R_3 для каждого отдельного запуска разнородных деталей.

7. Регламентированные перерывы в работе линии не должны иметь места. Рабочие должны заменяться подсменщиками высокой квалификации (инструментальщики-наладчики).

8. Составляем для деталей, изготовляемых на линии, расчетную ведомость, не учитывающую внецикловых потерь.

Таблица

Наименование деталей	Число деталей в изделии шт. m	Ритм *мин*/шт. R	Время, затрачиваемое на изготовление деталей Rm	Односменная программа в шт. $A_{см}$	Количество времени на сменный запуск *час* $\frac{AmR}{60}$	Количество времени на запуск в „a" смен в *час* $a\frac{AmR}{60}$	Примечание
Деталь № 1	6	0,06	0,36	$\frac{480'}{\Sigma Rm} = \frac{480'}{2,71} \approx \approx 180$ шт.	1,08	4,32	* $a = 4$ для данного примера
„ № 2	4	0,08	0,32		0,96	3,84	
„ № 3	2	0,06	0,12		0,36	1,44	
„ № 4	16	0,07	1,12		3,36	13,44	
„ № 5	2	0,06	0,10		0,30	1,20	
„ № 6	1	0,03	0,03		0,09	0,36	
„ № 7	2	0,09	0,18		0,54	2,06	
„ № 8	4	0,12	0,48		1,44	5,76	

* Считая работу линии при запуске (длительностью не меньше 2 *час*) одной группы деталей непрерывной, определяем a по среднему значению $Rm = 0,18$ *мин* (деталь № 7)

$$a = \frac{2.60}{0,18A_{см}} \approx 4 \text{ смены.}$$

Следовательно, партия запуска равна $4 \times 180 = 720$ шт. Если рассчитывать a по Rm_{min} (деталь № 6), то получим партию запуска на 22 смены, что приводит к очень большому объему производства для комплектации. Если же рассчитывать a по Rm_{max} (деталь № 4), получим $a \approx 0{,}6$ смены, что будет означать очень частые переналадки и большие потери времени.

9. Проводим планирование отдельных запусков деталей с учетом переустановок и инструментальных правок.

1-я смена (деталь № 4) — 3,7 *час* + 0,3 *час* (правка инструмента) = 4 *час*.

Обеденный перерыв-подналадка (деталь № 4) — 3,7 *час* + 0,3 *час* (правка инструмента) = 4 *час*.

2-я смена (деталь № 4) — 3,7 *час* + 0,3 *час* (на правку инструмента) = 4 *час*.

Обеденный перерыв (деталь 4) — 2,3 *час* + 0,5 *час* (переустановка) + 1,2 *час* (деталь № 5) = 4 *час*.

Переустановка для 3-й смены (деталь № 7) — 2 *час* + 0,5 *час* (переустановка) + 1,5 *час* (деталь № 3) = 4 *час*.

Обеденный перерыв — переустановка (деталь № 8) 3,75 *час* + + 0,25 *час* (правка инструмента) = 4 *час*.

4-я смена (деталь № 8) — 2,0 *час* + 0,5 *час* (переустановка) + 1,5 *час* (деталь № 1) = 4 *час*.

Обеденный перерыв, подналадка (деталь № 1) — 2,8 *час* + 0,8 *час* (переустановка) + 0,4 *час* (деталь № 6) = 4 *час*.

Переустановка до 5-й смены (деталь № 2) — 3,8 *час* + 0,2 *час* (правка инструмента) = 4 *час*.

Итого на изготовление партии затрачивается 4,5 смены, если учесть внецикловые потери на переустановки и правку инструмента.

Следовательно, $\eta_1 = \frac{4}{4{,}5} \approx 0{,}89$.

Если кроме того учесть организационные потери $\eta = 0{,}9$, то

$$\eta_{р.д} = \frac{0{,}89 \cdot 0{,}9}{0{,}9 + 0{,}89 - 0{,}89 \cdot 09} = 0{,}8.$$

Следовательно, из годового фонда времени при двухсменной работе на работу линии падает $2\ (307 \times 8 - 56 \times 2) \cdot 0{,}8 = 3750$ *час*.

Годовая программа, которую можно выполнить на автоматической линии:

$$3750 \frac{180}{8} = 84\,400 \text{ шт.}$$

Ближайшая задача — изучить потери на автоматических линиях, составить соответствующие нормативы и разработать организационные и технические мероприятия по уменьшению потерь. Решая эти вопросы, можно в качестве первого приближения использовать результаты исследований канд. технических наук Г. Н. Коссовского [2], Н. О. Нахамкина [3] и П. П. Аксенова [1].

ЛИТЕРАТУРА

[1]. П. П. Аксенов. Организация производственного потока в деревообработке. Гослестехиздат, М., 1939. [2]. Г. Н. Коссовский. Проектирование и внедрение автоматических станочных линий в деревообрабатывающей промышленности. Гослесбумиздат, М.-Л., 1958 [3]. Н. О. Нахамкин. Проектирование предприятий деревообрабатывающих производств. Гослесбумиздат, М.-Л., 1957.

Поступила в редакцию
20 апреля 1959 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

ИЗНОС И ТРЕНИЕ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ

П. Н. ХУХРЯНСКИЙ

Профессор, доктор технических наук

(Воронежский лесотехнический институт)

Всестороннее изучение физико-механических свойств прессованной древесины необходимо для выявления возможности более полного использования этого материала как заменителя цветных металлов. Настоящая статья посвящена исследованию малоизученного свойства прессованной древесины — ее износостойкости.

Для определения износостойкости был применен «способ шлифовального диска». Этот способ, как известно [12], заключается в том, что испытываемый образец прижимают к цилиндрической поверхности вращающегося абразивного диска и по количеству снятого материала судят об износостойкости исследуемого материала.

Износостойкость прессованной березы изучалась на машине МИ. В качестве абразивного материала был взят шлифовальный круг зернистости «30»; диаметр диска — 65,5 *мм*, скорость вращения — 200 *об/мин*.

Образцы прессованной древесины с объемным весом $\gamma = 1{,}2$ *г/см*^{3} имели форму кубика с ребром, равным 15 *мм*.

Истирающая поверхность диска предохранялась от забивки частицами износа тонкой струей керосина, который подавался из резервуара по резиновой трубочке в зону соприкосновения абразивного круга с испытуемым образцом.

Испытывался износ образцов прессованной древесины в трех плоскостях, а каждая плоскость в двух взаимно-перпендикулярных направлениях. Для каждого испытания было взято по три образца. Все образцы были вырезаны из одного бруска, спрессованного в радиальном направлении. Образцы испытывались в порядке возрастания давления при следующих усилиях прижима: 3, 5, 7, 10, 13, 16 и 19 *кг/см*^{2}. Линейный износ образца определялся микрометром с точностью до 0,01 *мм*. По показателям интегратора определялась работа, затраченная на износ, по счетчику оборотов — длина пути истирания.

Результаты испытаний

Линейный износ (U). Износ прессованной древесины при истирании в сильной степени зависит от давления (p) (рис. 1).

Наиболее износостойкой оказалась торцовая поверхность, а самый большой износ отмечен при истирании боковой поверхности (тангентальной и радиальной плоскостей) поперек волокон.

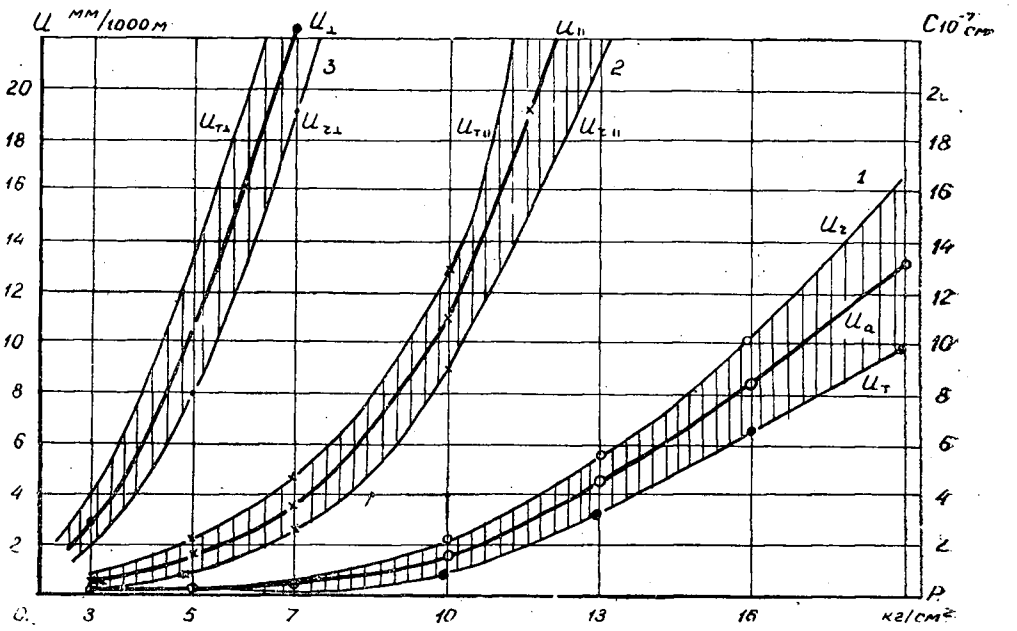


Рис. 1. Линейный износ U и толщина стружек C при истирании прессованной древесины березы об абразивный круг при разном давлении:
1 — в торец: U_r — в радиальном и $U_т$ — в тангентальном направлении; $U_а$ — среднее;
2 — вдоль волокон: $U_{r\parallel}$ — радиальная и $U_{т\parallel}$ — тангентальная плоскость, $U\parallel$ — среднее; 3 — поперек волокон: $U_{r\perp}$ — радиальная и $U_{т\perp}$ — тангентальная плоскость; $U_\perp$ — среднее.

Для определения связи между U и p будем рассматривать истирание древесины об абразивный круг как процесс резания. Действительно, зерна абразива, вдавливаясь в поверхность древесины, производят резание с образованием мельчайших стружек различной формы и размеров.

С повышением осевого давления увеличивается и глубина погружения зерен абразива в поверхность древесины; вместе в этим растет и количество снимаемой древесины за счет увеличения толщины стружек.

Исходя из этих предпосылок, можно написать следующее уравнение, выражающее связь между интенсивностью износа (понимая под этим отношение $\frac{dU}{dp}$) и линейным износом U:

$$\frac{dU}{dp} = a + bU, \tag{1}$$

где a и b — постоянные, зависящие от свойств поверхностей трущихся пар.

Решая это уравнение, получим:

$$U = \frac{a}{b}(e^{bp} - 1), \tag{2}$$

где $a = 0{,}022$, $b = 0{,}34$ при истирании в торцовой плоскости;
$a = 0{,}133$, $b = 0{,}34$ » » вдоль волокон;
$a = 1{,}150$, $b = 0{,}24$ » » поперек волокон.

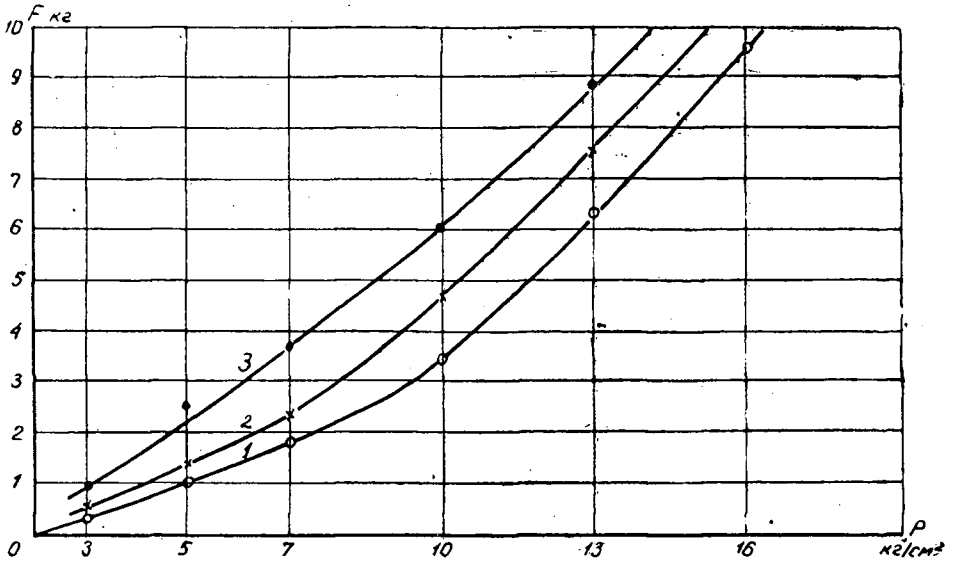


Рис. 2. Изменение силы трения F в зависимости от давления p при истирании прессованной древесины березы об абразивный круг: *1* — в торец, *2* — вдоль и *3* — поперек волокон.

Кривые $U - p$, построенные по этим уравнениям, находятся в хорошем соответствии с эмпирическими кривыми.

На величину линейного износа значительно влияет и направление движения абразивного круга по отношению к сердцевинным лучам.

Линейный износ торцовой поверхности в радиальном направлении больше в среднем в 1,87 раза, чем износ в тангентальном направлении. Износ тангентальной плоскости больше, чем радиальной при истирании вдоль волокон в 1,88 и поперек волокон — в 1,78 раза.

Сила трения. Изменение силы трения F при истирании в зависимости от давления p характеризуется графиком на рис. 2.

Во всех случаях сила трения с повышением давления увеличивается. Зависимость между F и p выражается уравнением.

$$F = ap^z, \tag{3}$$

где $a = 0{,}063$, $z = 1{,}75$ при истирании в торцовой плоскости;
$a = 0{,}087$, $z = 1{,}72$ » » вдоль волокон;
$a = 0{,}139$, $z = 1{,}45$ » » поперек волокон.

Направление сердцевинных лучей сказывается на величине силы трения практически только при истирании торцовой поверхности; в этом случае истирание в радиальном направлении в среднем на 19% выше, чем в тангентальном.

Между силой трения и линейным износом имеется теснейшая связь: с увеличением силы трения повышается и линейный износ (рис. 3).

Связь между линейным износом и силой трения при истирании может быть выражена уравнением

$$U = C\sqrt{F^3}, \tag{4}$$

где $C = 0{,}25$ при истирании в торцовой плоскости;
$C = 1{,}00$ » » вдоль волокон;
$C = 3{,}00$ » » поперек волокон.

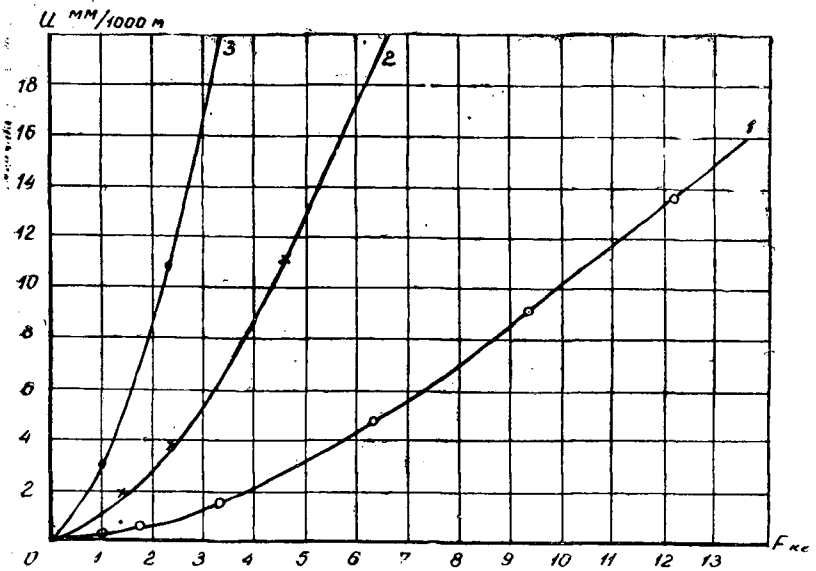


Рис 3. Влияние силы трения F на линейный износ U при истирании прессованной древесины березы об абразивный круг: *1* — в торец; *2* — вдоль и *3* — поперек волокон.

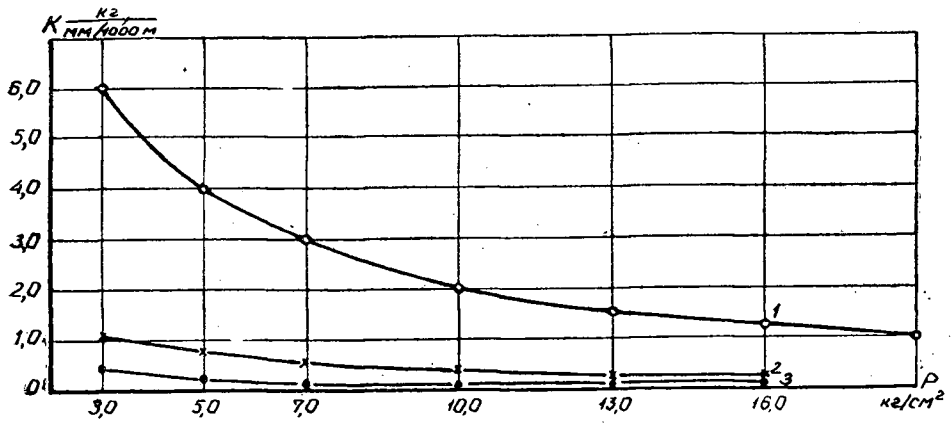


Рис. 4. Изменение удельного сопротивления истиранию K прессованной древесины в зависимости от давления: *1* — в торец, *2* — вдоль и *3* — поперек волокон.

Если рассматривать силу трения как усилие, затрачиваемое на резание зернами абразива, то отношение $K = F : U$ условно можно назвать удельным сопротивлением резания при истирании, или более точно, удельным сопротивлением истирания (при этом ширина абразива принята за единицу).

На рис. 4 по средним показателям построены кривые зависимости удельного сопротивления истирания от давления. Эти зависимости могут быть выражены уравнением (при ширине истираемого образца, равной единице)

$$K = \frac{1}{A+Bp} \; \frac{кг}{мм/1000\ м}, \qquad (5)$$

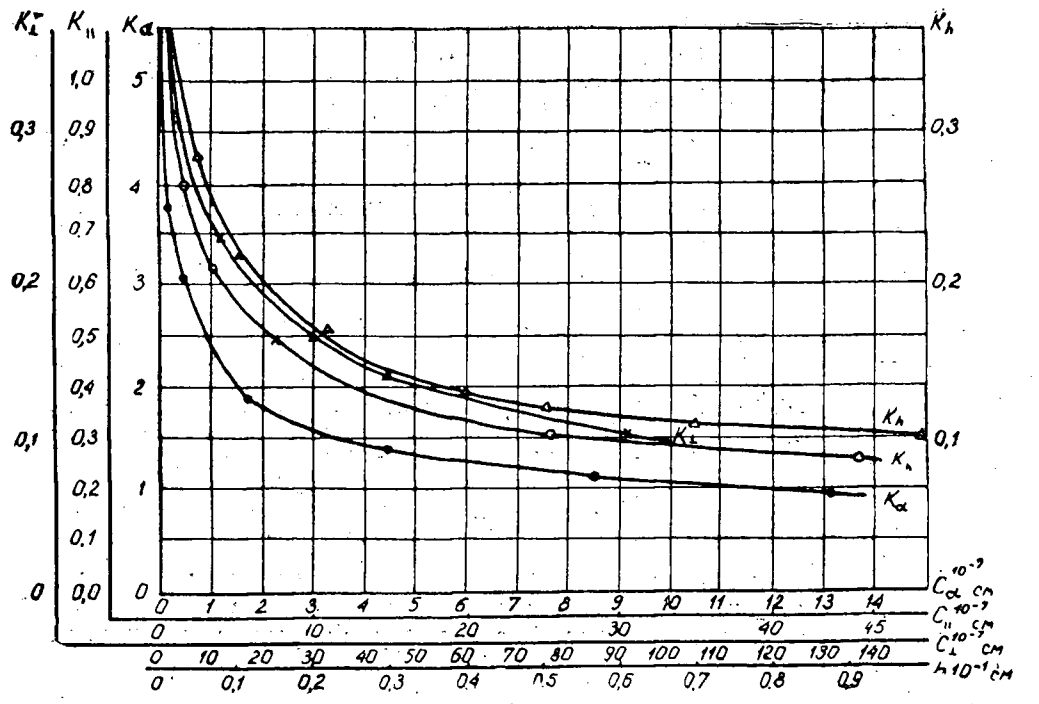


Рис. 5. Зависимость сопротивления истиранию K от толщины C снимаемого слоя древесины (C_α и K_α — в торец, $C_\parallel$ и $K_\parallel$ — вдоль и $C_\perp$ $K_\perp$ поперек волокон) и удельное сопротивление резанию K_h (по данным К. М. Ашкенази) при разной толщине стружки h.

где $A = 0{,}016$, $B = 0{,}05$ при истирании в торцовой плоскости;
$A = 0{,}214$, $B = 0{,}216$ » » вдоль волокон;
$A = 1{,}00$, $B = 0{,}613$ » » поперек волокон.

Удельное сопротивление истиранию в любом направлении при повышении давления уменьшается.

Величина удельного сопротивления истиранию, кроме того, зависит от плоскости сечения и направления движения абразива по отношению к сердцевинным лучам.

Удельное сопротивление имеет наибольшее значение при истирании торцовой поверхности и наименьшее при истирании радиальной и тангентальной плоскостей поперек волокон.

Удельное сопротивление истиранию торцовой поверхности в радиальном направлении составляет в среднем 65% величины удельного сопротивления истиранию в тангентальном направлении, причем с повышением давления эта разница уменьшается.

При истирании как вдоль, так и поперек волокон удельное сопротивление истиранию тангентальной поверхности составляет в среднем: в первом случае 59% и во втором — 58% величины удельного сопротивления истиранию радиальной поверхности. Здесь, как и в случае торцовой поверхности, с повышением давления разница в удельных сопротивлениях при истирании уменьшается.

Следует отметить, что удельное сопротивление истиранию изменяется в зависимости от толщины снимаемого слоя древесины так же, как и сопротивление резанию в зависимости от толщины стружки (рис. 5).

Зерна абразива в данном случае можно рассматривать как макрорезцы. Режущие кромки таких резцов не имеют определенных угловых параметров, как у обычных резцов, применяемых для резания древесины, и, тем не менее, сопротивление резанию в обоих случаях подчиняется одному и тому же закону.

Проанализируем процесс истирания древесины абразивными зернами.

Принимаем, что на всем пути истирания толщина снимаемого слоя оставалась неизменной. В таком случае можно написать следующее равенство:

$$hbL = Ubl,$$

где h — толщина снимаемого слоя, *мм*;
b — ширина образца, *мм*;
L — длина пути истирания, *мм*;
U — линейный износ за весь путь истирания L, *мм*;
l — длина дуги истираемой площади образца, *мм*.

Тогда

$$h = \frac{Ul}{L} \text{ мм}. \tag{6}$$

Такой толщины слой снимается всеми n зернами абразива, находящимися на дуге длиной l. Если считать, что $n = z \cdot l$, где z — число зерен на единице длины, то подача C на одно зерно абразива выражается формулой

$$C = \frac{U}{zL} \text{ мм}. \tag{7}$$

Формула (7) справедлива, если допустить, что каждое зерно абразива снимает стружку, частицу древесины. При таком условии и в предположении, что $z = 1$, толщина стружки, снимаемой каждым зерном абразива, по данным опыта равняется: при истирании торцовой поверхности $C = 0{,}8$ Å и $C = 1{,}74$ *mμ*, при истирании вдоль волокон $C = 5$ Å и $C = 11$ *mμ* и при истирании поперек волокон $C = 28{,}5$ Å и $C = 46$ *mμ* (рис. 1), когда давления соответственно равны 3 и 10 *кг/см*². Имея такие данные о толщине стружек, снимаемых при истирании, можно утверждать, что стружки состоят из мицелл или их кусочков, а также из обрывков фибрилл.

При дальнейшем анализе следует иметь в виду, что у березы радиального прессования сердцевинные лучи на торцовом срезе имеют вид извилистой линии и что радиальные стенки либриформа частично смяты.

Осевая нагрузка от абразивного круга на торцовую поверхность воспринимается, в основном, либриформом (на долю этих клеток приходится 64,8% объема древесины [2]). Клетки сердцевинных лучей (они занимают около 10,5% объема древесины), воспринимающие на себя самую незначительную долю осевой нагрузки, тонкостенны, непрочны и вследствие этого легко деформируются поперек волокон.

При истирании торцовой поверхности в радиальном направлении происходит резание: а) либриформа «в торец» вдоль смятых и поперек несмятых его стенок и б) сердцевинных лучей «вдоль волокон». При истирании этой поверхности в тангентальном направлении происходит резание: а) либриформа в торец вдоль несмятых и поперек смятых его клеток и б) сердцевинных лучей поперек волокон.

Не допуская большой погрешности, можно пренебречь усилием резания смятых стенок либриформа и клеток сердцевинных лучей; в таком случае все усилие истирания, то есть вся сила трения расходуется на резание несмятых стенок либриформа.

Несмятые стенки либриформа при резании абразивными зернами в радиальном направлении не имеют подпора на значительной своей длине; при резании же в тангентальном направлении эти стенки имеют подпор почти по всей своей длине. Вследствие этого при истирании в радиальном направлении неизбежны отщепы стенок, что, естественно, увеличивает износ древесины.

При истирании в радиальном направлении несмятую стенку либриформа одновременно режет большее число резцов (зерен абразива), чем при истирании в тангентальном направлении: в первом случае число резцов пропорционально длине, а во втором — толщине стенки клетки. Этот фактор, видимо, и обусловливает различие в величине силы трения при истирании торцовой поверхности в радиальном и тангентальном направлениях. Однако сила трения при истирании торцовой поверхности в радиальном направлении не будет пропорциональна числу резцов, одновременно участвующих в резании, так как при истирании в этом направлении за каждой несмятой стенкой либриформа следует воздушная прослойка.

Истирание торцовой поверхности при движении в радиальном направлении протекает как бы рывками, что, в свою очередь, оказывает влияние на увеличение износа древесины. Опыт показывает, что износ растет быстрее, чем сила трения при истирании в радиальном направлении, что и сказывается на величине удельного сопротивления истиранию.

Осевая нагрузка при истирании радиальной поверхности воспринимается несмятыми стенками либриформа; сердцевинные лучи под действием этой нагрузки подвергаются прессованию поперек волокон.

Осевая нагрузка при истирании тангентальной поверхности воспринимается смятыми (в данном случае — спрессованными) стенками и торцом сердцевинных лучей.

При истирании вдоль волокон радиальной поверхности происходит резание «поперек волокон» сердцевинных лучей и «вдоль волокон» «ребра» несмятых и «пласти» смятых стенок либриформа; при истирании в этом же направлении тангентальной поверхности происходит резание в торец сердцевинных лучей и «вдоль волокон» «пласти» несмятых и «ребра» смятых стенок либриформа.

При истирании поперек волокон радиальной поверхности происходит резание «вдоль волокон» сердцевинных лучей и «поперек волокон» «пласти» смятых и «ребра» несмятых стенок либриформа; при истирании в этом же направлении тангентальной поверхности происходит резание в торец сердцевинных лучей и «поперек волокон» «пласти» несмятой и «ребра» смятой стенки либриформа.

Весьма сложные по своей неоднородности процессы резания при истирании вдоль и поперек волокон еще больше усложняются наличием при этом осевой силы прижима древесины абразивным кругом.

Участие смятых стенок либриформа в линейном износе при истирании тангентальной и радиальной поверхностей разное, в первом случае износ смятых стенок значительно выше, чем во втором. Этим различием и объясняется больший линейный износ при истирании тангентальной поверхности как вдоль, так и поперек волокон по сравнению с износом, имеющим место при истирании радиальной поверхности.

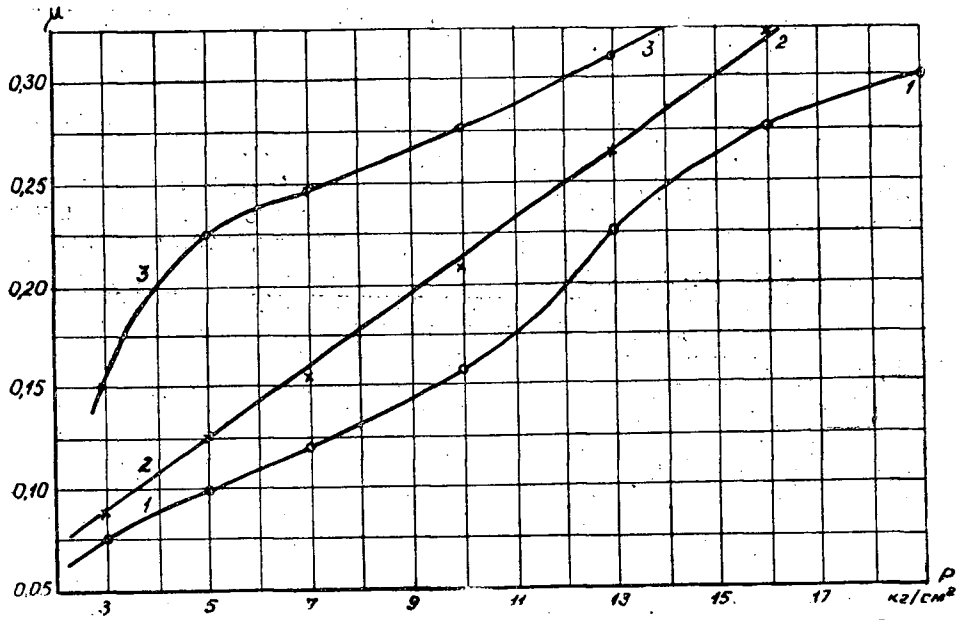


Рис. 6. Изменение коэффициента трения μ в зависимости от давления P при истирании прессованной древесины об абразивный круг: *1* — в торец, *2* — вдоль и *3* — поперек волокон.

Сила трения в процессе истирания вдоль и поперек волокон не остается постоянной: она непрерывно изменяется от максимума до минимума. Для тангентальной поверхности элементарная сила трения (сила, затрачиваемая на истирание одной клетки либриформа) достигает максимума при истирании пласти несмятой стенки либриформа и минимума — при истирании ребер смятых стенок либриформа; для радиальной поверхности сила трения достигает максимума при истирании ребер несмятых стенок и максимума — при истирании пласти смятых стенок либриформа. Силы трения при истирании тангентальной и радиальной поверхности приблизительно равны друг другу, а удельное сопротивление истиранию, обратно пропорциональное линейному износу, в первом случае меньше.

Коэффициент трения. Коэффициент трения при истирании прессованной древесины об абразивный круг сильно зависит от давления: с увеличением давления увеличивается и коэффициент трения (рис. 6). Для случая истирания торцовой поверхности и поперек волокон связь между давлением и коэффициентом трения — криволинейная; при истирании вдоль волокон эта связь — прямолинейная.

Коэффициент трения минимален для случая истирания торцовой поверхности, а наибольший — при истирании поперек волокон.

Направление сердцевинных лучей по отношению к направлению вращения абразивного круга влияет на коэффициент трения только при истирании торцовой поверхности.

Коэффициент трения при истирании торцовой поверхности в радиальном направлении в среднем на 21% выше, чем в тангентальном направлении.

Коэффициент трения при истирании вдоль волокон тангентальной поверхности больше в среднем на 8%, а при истирании поперек волокон, наоборот, меньше на 4%, чем для соответствующих случаев истирания радиальной поверхности.

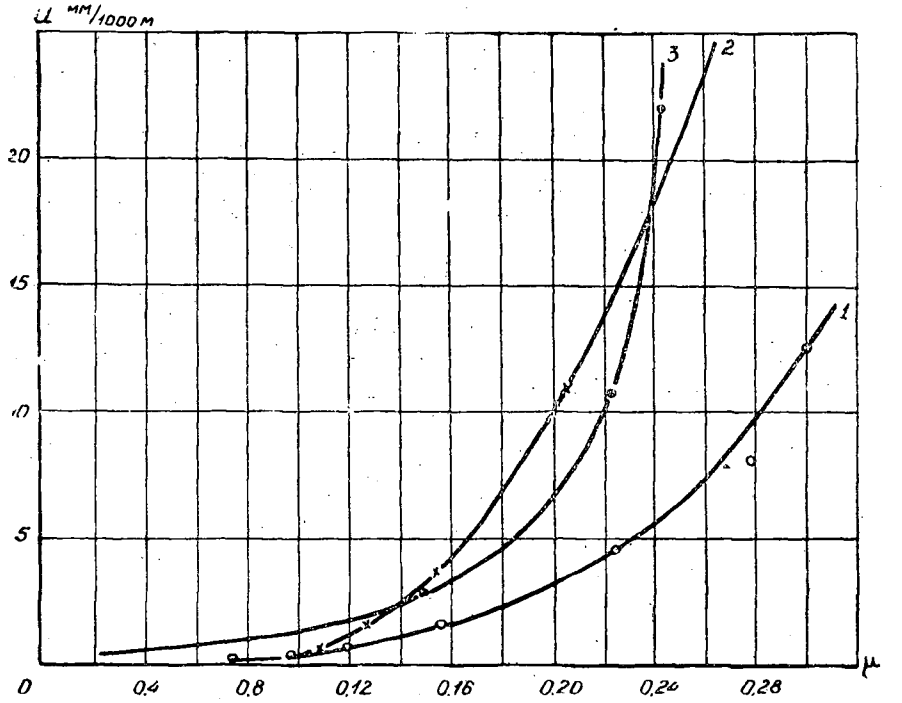


Рис. 7. Влияние коэффициента трения μ на линейный износ U прессованной древесины при истирании: *1* — в торец, *2* — вдоль и *3* — поперек волокон.

Во всех случаях истирания между коэффициентом трения и линейным износом наблюдается теснейшая криволинейная связь: с увеличением трения увеличивается и износ (рис. 7). Эта связь может быть выражена уравнением

$$U = C\mu^z, \tag{8}$$

где $C = 3640$, $z = 4{,}2$ при истирании в торцовой плоскости;
$C = 4270$, $z = 3{,}75$ » » вдоль волокон;
$C = 1870$, $z = 4{,}7$ » » поперек волокон.

По коэффициенту трения, следовательно, можно судить об износе истираемого материала.

Удельная работа при истирании. Удельная работа определяется по формуле

$$a = \frac{A}{V}\ \frac{кгм}{мм^3},$$

где A — работа, затраченная при истирании, *кгм*;
V — объем снятой древесины, *мм*³.

Подставив сюда значения

$$A = FL \quad \text{и} \quad V = Ubl,$$

получим другое выражение для удельной работы

$$a = C\frac{F}{U} = CK, \tag{9}$$

где $\frac{L}{bl} = C$ — постоянная величина.

Из последнего равенства следует, что удельная работа пропорциональна удельному сопротивлению истирания, или, иначе, удельная работа при истирании изменяется в зависимости от давления по тому же закону, как и удельное сопротивление истиранию. Это положение полностью подтверждается опытами.

Внешняя работа при истирании расходуется на резание и нагрев древесины. По опытам Н. А. Бессонова [2], при истирании кристаллов каменной соли 70—85% работы переходит в тепло. Нами не определялась доля внешней работы, превращающейся в тепло при истирании прессованной древесины; однако, если учесть, что упругость древесины выше упругости каменной соли, то можно считать, что и при истирании прессованной древесины в тепло переходит не меньшее количество работы. Наибольшее количество тепла, естественно, затрачивается на нагрев истираемого слоя древесины.

За счет внешней работы истираемый слой древесины нагревается на Δt, определяемое выражением:

$$\Delta t = \frac{\eta FL}{427\, C_{др}}, \tag{10}$$

где η — коэффициент пропорциональности;
$C_{др}$ — теплоемкость древесины.

Подставив сюда вместо F его значение по уравнению (3), получим зависимость нагрева древесины от давления при ее истирании:

$$\Delta t = \frac{a\eta L}{427\, C_{др}} P^z. \tag{11}$$

Из опытов Ф. И. Белянкина [11], Н. Л. Леонтьева и др. известно, что прочность древесины уменьшается с повышением температуры по линейному закону:

$$\sigma_t = \sigma_0 - \alpha t, \tag{12}$$

где σ_t и σ_0 — прочность древесины при $t°$ С и 0° С;
α — коэффициент пропорциональности.

Воспользовавшись этим законом, можем составить уравнение зависимости прочности древесины истираемого слоя от давления:

$$\sigma_{t+\Delta t} = \sigma_0 - \alpha t - Cp^z, \tag{13}$$

где

$$C = \alpha \frac{a\eta L}{427\, C_{др}}.$$

Из последнего уравнения видно, что с повышением давления уменьшается прочность истираемого слоя древесины, а следовательно, увеличивается и ее линейный износ, что и подтверждается опытами.

Определим отношение силы трения F к массе M * снятой древесины По теории В. Д. Кузнецова [2], при истирании кристаллических тел это отношение равно постоянной величине

$$F : M = C.$$

* Термину «масса», применяемому здесь, не следует придавать фундаментального физического смысла, а понимать его как меру весового количества древесины, снятой в процессе истирания.

Масса снятой при истирании древесины

$$M = Vd = U\omega d,$$

где V — объем снятого слоя;
d — объемный вес древесины;
ω — площадь истираемой поверхности.

При истирании прессованной древесины

$$\frac{F}{M} = C\frac{F}{U} = CK, \tag{14}$$

где $C = 1 : \omega d$ — постоянная.

Удельное сопротивление K истиранию прессованной древесины — величина переменная, зависящая от силы трения, а потому теория Кузнецова в чистом виде для нашего случая неприменима; это отклонение от теории Кузнецова объясняется тем, что при истирании прочность древесины в результате нагрева сильно изменяется, чего нельзя сказать о кристаллах.

Выводы

1. Износостойкость, коэффициент трения и удельная работа, затрачиваемая при истирании прессованной древесины, изменяются в зависимости от плоскости и направления истирания по отношению к сердцевинным лучам. Это следует учитывать при конструировании трущихся деталей, работающих в абразивной среде.

2. С увеличением силы прижима при истирании уменьшается износостойкость и удельная работа, затрачиваемая при этом, и повышается коэффициент трения.

3. По коэффициенту трения можно судить и об износе древесины.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ф. П. Белянкин. Механические характеристики древесины дуба и сосны при разных гидротермических ее состояниях в связи с теорией гнутья древесины. Киев, 1939. [2]. В. Д. Кузнецов. Физика твердого тела, т. IV. Томск, 1947. [3]. Л. М. Перелыгин. Строение древесины. Изд. АН СССР, М., 1954.

Поступила в редакцию
11 февраля 1959 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

О ВАЛЬЦОВКЕ РАМНЫХ ПИЛ

Ю. И. ЮРЬЕВ

Старший преподаватель

(Архангельский лесотехнический институт)

Качество пиломатериалов и производительность оборудования при распиловке на лесопильных рамах в значительной мере зависят от правильной подготовки пил к работе. Одной из основных операций подготовки пилы является вальцовка полотна, повышающая устойчивость кромок пилы против воздействия боковых сил, возникающих при резании.

В настоящей статье рассматривается вопрос о характере влияния вальцовки на изменение жесткости рамных пил.

Известно, что в результате вальцовки полотно пилы, находясь в ненатянутом состоянии, испытывает внутренние напряжения: удлиненная по сравнению с кромками средняя часть сжата за счет натяжения боковых частей полотна.

Согласно принятой в настоящее время гипотезе, приводимой в ряде работ [3], [7], большая жесткость натянутого вальцованного полотна рамной пилы объясняется неравномерностью натяжения отдельных зон полотна по ширине при установке пилы в раму; при этом более короткие крайние части вальцованного полотна получают большие нормальные напряжения растяжения, чем средняя часть (рис. 1). Рассматривая данное положение, нельзя не отметить, что разница в длинах отдельных зон вальцованного полотна пилы по ширине наблюдается только при продольном изгибе пилы. Следовательно, неравномерность натяжения отдельных зон полотна по ширине будет иметь место в том случае, если натягивать изогнутое полотно пилы, например, полотно ленточной пилы при плоских ободах пильных шкивов. Рамные же пилы натягиваются в плоском состоянии, когда разницы в длинах отдельных зон полотна нет.

В этом случае вальцованное полотно не отличается по своим параметрам от невальцованного и, следовательно, характер распределения нормальных напряжений по ширине натянутого вальцованного полотна должен быть таким же, как и для невальцованного.

Этот вывод подтверждается результатами опытов М. Н. Орлова, исследовавшего характер распределения нормальных напряжений по ширине натянутой пилы [9]. При натяжении опытной вальцованной пилы (степень вальцовки $f = 0{,}15—0{,}2$ *мм*) как с уклоном, так и без уклона, установлено, что изменение нормальных напряжений по ширине полотна происходит в соответствии с общими закономерностями, определяемыми теорией сопротивления материалов. Увеличения нормальных напряжений на кромках натянутой вальцованной пилы не обнаружено.

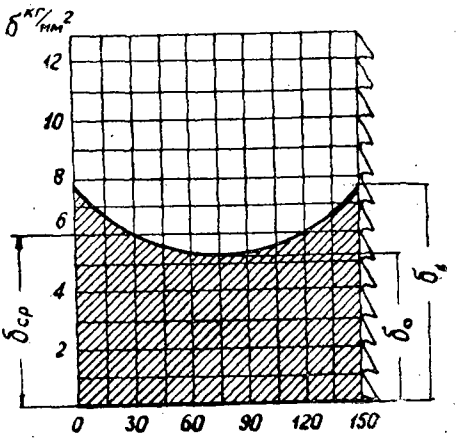


Рис. 1. Характер распределения нормальных напряжений в натянутой провальцованной рамной пиле (по А. Э. Грубе).

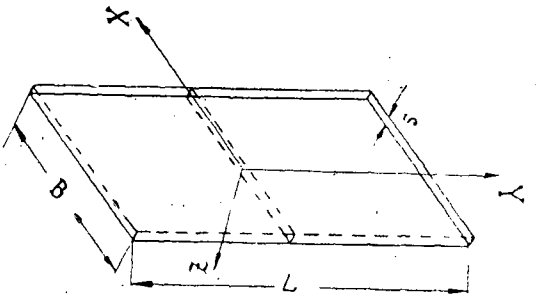


Рис. 2. Схема координатных осей.

Очевидно, указанная гипотеза о влиянии вальцовки на жесткость полотна, являясь справедливой (в определенной степени) для ленточных пил, не может быть распространена на рамные пилы.

При вальцовке, как частном случае холодной прокатки металла, в зоне контакта валков с пилой имеет место пластическая деформация, результатом которой является остаточная деформация металла этой зоны. Величина удлинения зависит от величины усилия нажима валков на металл. Металл соседних зон может испытывать как пластические, так и упругие деформации, в зависимости от положения этих зон по ширине полотна. Разница в удлинениях отдельных полос, являющаяся следствием неодинаковой величины усилия нажима валков, обусловливает появление в полотне пилы после вальцовки внутренних остаточных напряжений. Под остаточными напряжениями, по определению Н. Н. Давиденкова [5], понимаются напряжения, существующие в теле при отсутствии внешних сил и появляющиеся при выходе за пределы упругости.

Напряжения от вальцовки, относящиеся, согласно классификации Н. Н. Давиденкова, к остаточным напряжениям I рода, действуют в направлении осей X и Y (рис. 2). Величина напряжений, действующих вдоль оси X, значительно меньше напряжений, действующих вдоль оси Y, так как деформация направлена вдоль оси Y. Поэтому практически важно рассмотреть напряжения, действующие вдоль оси Y, которые в дальнейшем мы будем называть осевыми остаточными напряжениями.

Процесс появления осевых остаточных напряжений, обусловленных вальцовкой, можно представить следующим образом.

Средняя часть полотна, находящаяся в зоне действия линий прокатки под большим нажимом валков, вследствие вытяжки металла пилы в процессе прокатки, получает вместе с ними остаточные удлинения. Края полотна, прилегающие к зоне линий прокатки и находящиеся под нажимом, получают удлинения соответственно меньшие. Однако вследствие непрерывности среды и упругой связи крайних и средних зон полотна, края полотна дополнительно растянутся, но эти дополнительные деформации являются упругими.

После вальцовки пластически растянутая средина полотна не даст возможности упруго растянутым краям вернуться в исходное положение. Последние же, стремясь к этому, будут сжимать средину и, таким образом, средняя более удлиненная часть полотна будет испытывать напряжения сжатия, а крайние части — напряжения растяжения. При этом правильно подготовленная пила, положенная на проверочную плиту, должна иметь плоскую форму.

Таким образом, в результате вальцовки в полотне пилы наступают следующие изменения:

а) неравномерность механических свойств металла в поперечном сечении, так как металл, находившийся в зоне контакта валков с пилой, изменяет свои механические свойства. По данным ряда работ [4], [10], [12] холодная прокатка повышает пределы прочности, текучести и твердости, снижая относительное удлинение металла;

б) наличие остаточных напряжений I рода, — растягивающих по краям полотна и сжимающих, — в середине.

Кроме того, полотно пилы в целом несколько удлинится, так как деформации металла в зонах контакта валков с пилой остаточные, необратимые.

Учитывая, что изменение механических свойств металла происходит, главным образом, в средине пилы по ширине (по линиям прокатки с бо́льшим усилием нажима валков), влияние его на жесткость кромок натянутой пилы будет незначительным. Общее удлинение полотна не может отразиться на его жесткости. Следовательно, основным фактором, влияющим на изменение жесткости натянутой рамной пилы, является наличие остаточных напряжений и характер распределения их по ширине полотна пилы.

Данный вывод находится в полном соответствии с выводами ряда работ [12], [13], посвященных изучению влияния остаточных напряжений в телах на сопротивление их упругим деформациям. Так, в работе Я. Б. Фридмана [12] указывается: «До предела упругости поведение данного элемента объема под влиянием внутренних напряжений I рода таково же, как под влиянием внешних напряжений той же величины. Поэтому внутренние напряжения, складываясь и вычитаясь с внешними напряжениями, изменяют напряженное состояние и, таким образом, меняется и механическое поведение тела под нагрузкой». В работах Н. Н. Давиденкова и его школы [5], [6], [1] показано, что остаточные напряжения I рода, вызванные пластической или упруго-пластической деформацией, могут быть обнаружены лишь путем разрезки изделия на части и исследования происходящих при этом изменений формы. Н. М. Беляев [1] подчеркивает также, что «Опытами на растяжение остаточные напряжения, как правило, не могут быть выявлены». Учитывая непреложность факта о невозможности определения остаточных напряжений опытами на растяжение, подтвержденную применительно к рамным пилам опытами М. Н. Орлова, можно полагать, что характер

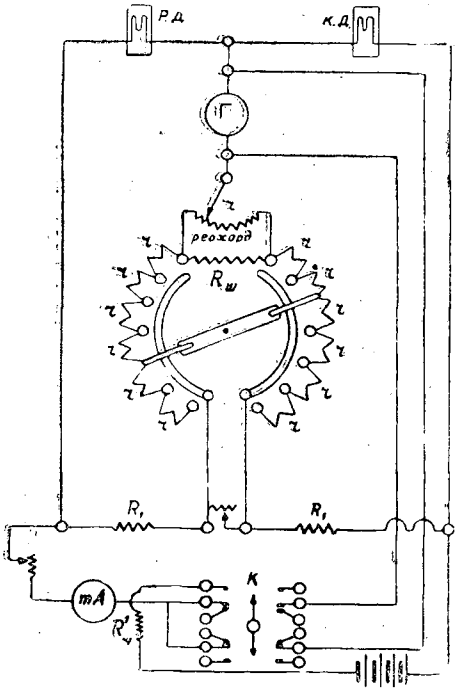


Рис. 3. Принципиальная схема установки для определения напряжений.

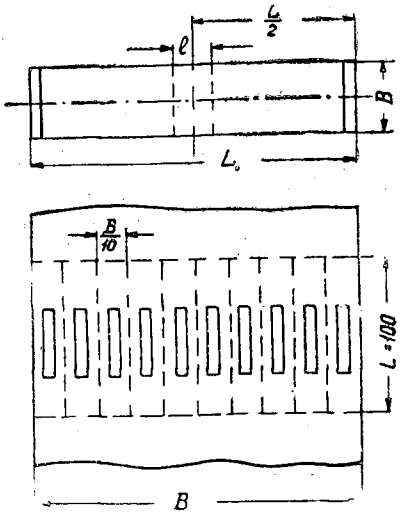


Рис. 4. Схема разрезки полотна пилы.

распределения напряжений в натянутой вальцованной пиле, очевидно, может быть представлен результатом суммирования эпюры остаточных осевых напряжений и эпюры нормальных напряжений, вызываемых растягивающей силой. Так как эпюра нормальных напряжений по ширине полотна, как доказано опытами А. Э. Грубе и М. Н. Орлова, может быть определена с помощью соответствующих формул сопротивления материалов, то наибольший интерес представляет экспериментальное исследование величины и характера распределения осевых остаточных напряжений по ширине полотна пилы.

Ниже приводятся результаты измерений остаточных напряжений в рамных пилах.

Измерительная аппаратура и метод измерения. Измерение остаточных напряжений в полотне пилы производилось электрическим методом с помощью проволочных датчиков сопротивления и регистрирующего устройства. Параметры применявшихся датчиков: база 20 *мм*, сопротивление 180 *ом*, проволока константановая диаметром 30 *мк*. Для наклейки датчиков применялся целлулоидный клей. В качестве регистрирующего устройства была принята мостовая схема, питающаяся от источника постоянного тока. Замер величины изменения омического сопротивления датчика производился методом нулевого измерения. В качестве прибора для регистрации тока, проходящего через измерительную диагональ моста, применялся зеркальный гальванометр типа ГЗП-47. Принципиальная схема устройства приведена на рис. 3. Данная установка обеспечивала определение напряжений в местах приклейки датчиков с точностью до 0,1 *кг/мм*^{2}.

Определение остаточных напряжений в полотне пилы производилось согласно методике, предложенной Н. Н. Давиденковым. Участок полот-

на пилы длиной 100 *мм* размечался на десять полосок (рис. 4). В пределах каждой полосы наклеивался датчик. Разрезка полотна по линиям разметки производилась сначала по длине его, а затем по ширине полуторамиллиметровой дисковой фрезой. При разрезке полотна по длине часть осевых напряжений снимается; разрезка по ширине снимает остаточные напряжения, действующие в поперечном направлении, и оставшиеся осевые напряжения могут быть определены непосредственно по деформации.

Таким образом, величина осевых остаточных напряжений в каждой полоске может быть выражена как

$$\sigma_y = -(\sigma_1 + \sigma_2) \ кг/мм^2,$$

где σ_1 — величина остаточных напряжений, снятых при разрезке полотна по длине;

σ_2 — величина остаточных напряжений, снятых при разрезке полотна по ширине.

Минус в формуле поставлен потому, что знак остаточных напряжений должен быть обратным знаку деформаций.

Так как показания регистрирующего прибора электроизмерительной схемы снимались для каждого датчика до разрезки и после разрезки полотна, то величина осевых остаточных напряжений определялась на тарировочном графике по разности между каждым предыдущим и последующим показаниями прибора.

Технологические операции изготовления и подготовки полотна пилы, предшествующие вальцовке (холодная прокатка стали, разрезка, термическая обработка, насечка зубьев) также вызывают появление в полотне остаточных напряжений. Для исследования влияния этих операций на величину и характер распределения осевых остаточных напряжений в полотне измерения остаточных напряжений производились отдельно:

а) в полотне, прошедшем все стадии изготовления до операций насечки зубьев и вальцовки;

б) в насеченном невальцованном полотне;

в) в ненасеченном вальцованном полотне.

В опытах использовались полотна рамных пил, изготовленные Горьковским металлургическим заводом. Чтобы исключить возможность влияния на результаты исследования изменений, претерпеваемых полотном пилы в процессе насечки зубьев и вальцовки полотна на заводе-изготовителе, нами были отобраны полотна пил, отвечающие требованиям ГОСТ 5524—55, прошедшие все стадии обработки, за исключением указанных операций. Из них были подготовлены опытные пилы со следующими параметрами:

Условный номер пилы	Размеры пил			Характеристика состояния полотна
	толщина в *мм*	ширина в *мм*	длина в *мм*	
1	1,44	180	1250	Ненасеченное, невальцованное
2	1,74	160	1250	С насеченными зубьями (шаг 24 *мм*, высота зуба 20 *мм*) невальцованное
3	1,74	160	1250	Ненасеченное, вальцованное (степень вальцовки $f=0{,}2$ *мм*)

Вальцовка полотна производилась на станке, снабженном измерительным устройством, позволявшем определять величину усилия нажима валков на пилу. Степень вальцовки измерялась индикаторной линей-

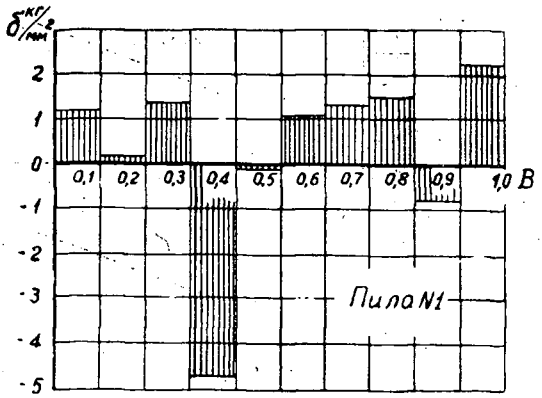


Рис. 5. Характер распределения осевых остаточных напряжений в ненасеченном невальцованном полотне.

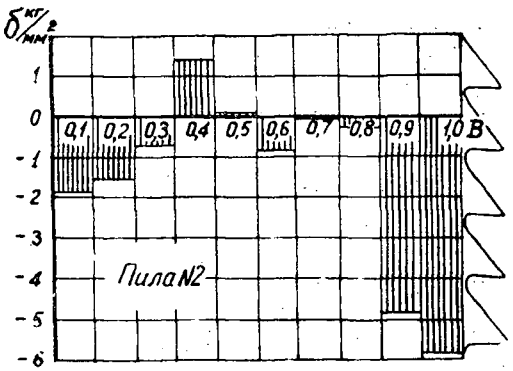


Рис. 6. Характер распределения осевых остаточных напряжений в полотне после насечки зубьев.

кой при продольном изгибе пилы в специальном шаблоне, обеспечивающем постоянный радиус кривизны на замеряемой длине, равный 1,5 *м*. Полотно проверялось с обеих сторон в десяти точках по длине. Величина отклонений степени вальцовки не превышала $\pm 0{,}02$ *мм*.

Характер распределения напряжений по ширине полотна для каждого случая показан на графиках (рис. 5, 6, 7).

Анализ результатов опытов показывает, что осевые остаточные напряжения имеются в полотне до вальцовки (рис. 5). Характер распределения их по ширине ненасеченного и невальцованного полотна следует считать случайным, так как он зависит от многих переменных факторов (наличие напряжений до термической обработки, дефекты термической обработки и т. д.).

В результате насечки зубьев происходит перераспределение остаточных напряжений (рис. 6). Наличие у кромки с насеченными зубьями остаточных напряжений сжатия, величина которых достигает 6 *кг/мм*², подтверждает предположение В. С. Войцеховского [2] об удлинении кромки в процессе насечки зубьев. Резкое различие в величине напряжений на режущей кромке и на обухе пилы также объясняет выработанный

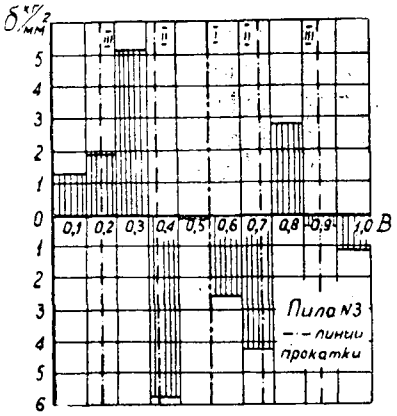


Рис. 7. Характер распределения осевых остаточных напряжений в вальцованном полотне.

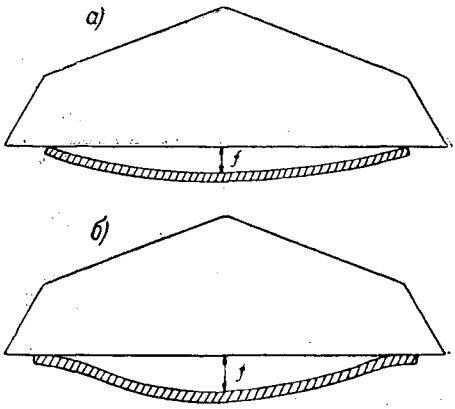


Рис. 8. Проверка качества вальцовки пилы.

а — правильная; *б* — не правильная.

практикой прием прокатки обуха пилы после насечки зубьев перед собственно вальцовкой полотна. Как видно, этим достигается выравнивание напряжений на кромках пилы.

Нежелательное уменьшение жесткости полотна, происходящее вследствие возникновения остаточных напряжений сжатия на режущей кромке после насечки зубьев, говорит о необходимости обязательной последующей вальцовки полотен пил.

График, отражающий характер распределения остаточных напряжений в вальцованном полотне (рис. 7), подтверждает предполагаемый характер распределения напряжений по ширине полотна в результате вальцовки.

Смещение наибольших напряжений растяжения от кромок к середине объясняется тем, что для достижения степени вальцовки $f = 0{,}2$ *мм* обработка опытного полотна производилась в два приема. Так как при вальцовке полотна с принятыми усилиями нажима валков для линий прокатки (I — 1200 *кг*, II — 900 *кг* и III — 600 *кг*) степень вальцовки составила в среднем лишь $f = 0{,}1$ *мм*, то полотно дополнительно вальцевалось по линиям прокатки I и II с величинами усилий нажима соответственно — 1000 и 900 *кг*, в результате чего степень вальцовки составила $f = 0{,}2$ *мм*.

Таким образом, смещение наибольших напряжений растяжения обусловлено значительной разницей в удлинениях II и III полос прокатки. Отсюда можно заключить:

а) усилия нажима валков на пилу для расположенных рядом линий прокатки не должны резко отличаться друг от друга. Разница эта по рекомендации П. И. Лапина [8] не должна превышать 20% самого большого усилия.

б) оптимальное расстояние крайних линий прокатки до кромок пилы должно находиться в пределах 15—20 *мм*. Увеличение расстояния снизит эффект вальцовки вследствие выхода крайних волокон за пределы зоны влияния полосы прокатки;

в) при контроле качества вальцовки, кроме степени вальцовки, характеризуемой величиной поперечного искривления в средине полотна по ширине, необходимо учитывать характер кривизны этого искривления (рис. 8).

Выводы

1. Конечной целью вальцовки полотен рамных пил является создание остаточных напряжений растяжения на кромках полотна.

2. Сущность влияния вальцовки на жесткость полотна рамной пилы заключается во взаимодействии остаточных напряжений, создаваемых вальцовкой, с нормальными напряжениями, возникающими в полотне в результате приложения растягивающей силы при установке пилы в пильную рамку.

3. Появление остаточных напряжений сжатия на режущей кромке пилы после насечки зубьев обусловливает необходимость обязательной последующей вальцовки полотен рамных пил.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. М. Беляев. Сопротивление материалов. М., Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954. [2]. В. С. Войцеховский. О рихтовке рамных пил. «Механическая обработка древесины», № 10, 1936. [3]. А. Э. Грубе. Дереворежущие инструменты. М.-Л., Гослесбумиздат, 1958. [4]. С. И. Губкин. Теория обработки металла давлением. М., Металлургиздат, 1947. [5]. Н. Н. Давиденков. Измерение остаточных напряжений в трубах. «Журнал технической физики», т. 1, вып. 1, 1931. [6]. Н. Н. Давиденков. Об измерении остаточных напряжений. «Заводская лаборатория» № 8, 1937. [7]. М. А. Дешевой. Механическая технология дерева, т. 2, М.-Л., ОНТИ, 1936. [8]. П. И. Лапин. Факторы, влияющие на устойчивость рамных пил. «Лесная промышленность» № 12, 1951. [9]. М. Н. Орлов. Новый способ установки и натяжения рамных пил. «Лесная промышленность» № 10, 1951. [10]. С. Д. Пономарев и др. Расчеты на прочность в машиностроении, т. 1, М., Машгиз, 1956. [11]. С. В. Серенсен и Г. П. Мещанинова. Тензометрическое определение остаточных напряжений в дисках переменной толщины. «Журнал технической физики», вып. 3, т. XXIV, 1954. [12]. Я. Б. Фридман. Механические свойства металлов. М., Оборонгиз, 1952. [13]. Н. Д. Соболев, Я. Б. Фридман. О прочности тел, обладающих переменными механическими свойствами. «Журнал технической физики», т. XXIV, вып. 3, 1954.

Поступила в редакцию
25 июня 1959 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

К ВОПРОСУ ОБ ОМЫЛЕНИИ ЭФИРОВ ИЗОБОРНЕОЛА ВОДНОЙ ЩЕЛОЧЬЮ

Сообщение 3

ОМЫЛЕНИЕ ИЗОБОРНИЛ-ФОРМИАТА В СТРУЕ ПАРА

В. А. ВЫРОДОВ

Младший научный сотрудник

С. Я. КОРОТОВ

Профессор, доктор технических наук

(Всесоюзный заочный лесотехнический институт)

Методика работы

Для проведения опытов была сооружена лабораторная установка, изображенная на рис. 6. В колбу-испаритель *I* емкостью 250 *мл* помещалась навеска технического изоборнил-формиата, в колбу-реактор *II* такой же емкости — навеска NaOH определенной концентрации (слой щелочи над обрезом трубки, по которой поступали пары изоборнил-формиата, был заданной высоты), в колбу-приемник *III* емкостью 700 *мл* — навеска толуола.

Пароперегреватель *IV*, помещавшийся между колбой-испарителем и колбой-реактором, представлял собой змеевик из медной трубки диаметром 5 *мм* и длиной 1 *м*, погруженный в баню со сплавом Вуда, и служил для восполнения теплопотерь паров изоборнил-формиата в трубопроводах. Очень важно было не допустить конденсации паров изоборнил-формиата до реактора и в реакторе, так как в противном случае часть эфира омылялась бы не в паровой фазе, а в жидкой. Поэтому температуру в бане перегревателя приходилось держать высокой, и она колебалась в пределах 242—296° С.

Колба-испаритель подвергалась электронагреву. Так как омыление паров изоборнил-формиата велось водной щелочью, то для того чтобы не испарялась вода из щелочи, нужно было подавать в нее пары эфира, уже насыщенные парами воды. Это достигалось тем, что через эфир в колбе-испарителе пропускался острый пар. Кроме того, острый пар помогал испарению эфира.

Колба-реактор помещалась на глицериновой бане с электрообогревом. Температура щелочи регулировалась так, чтобы в реакторе, по возможности, не имели места ни конденсация, ни испарение воды. В соответствии с концентрацией щелочи температура ее в колбе-реакторе колебалась в пределах 106—128° С.

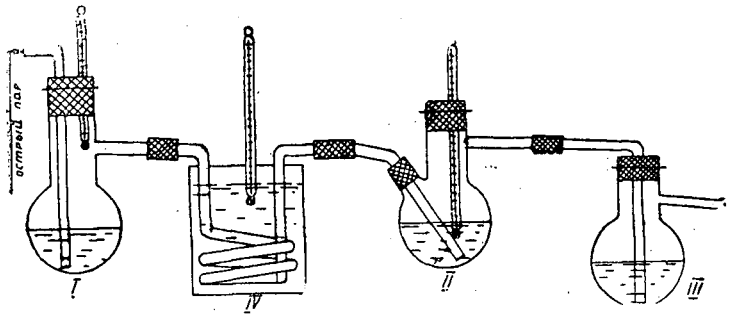


Рис. 6. Схема лабораторной установки.

I — колба-испаритель; *II* — колба-реактор; *III* — колба-приемник; *IV* — пароперегреватель.

Из колбы-реактора пары изоборнеола, непрореагировавшего изоборнил-формиата, терпеновых примесей и воды поступали в колбу-приемник, где пары воды конденсировались и охлаждались, а органическая часть паров абсорбировалась определенным количеством химически чистого толуола.

В дальнейшем, когда потребовалось проверить постоянство комплекса *KF* при разных концентрациях изоборнил-формиата, установка была усложнена: пары изоборнил-формиата пропускались не через одну колбу-реактор, а через две и три.

При этом схема принимала вид:

а) Омыление в две ступени: колба-испаритель — пароперегреватель — колба-реактор — пароперегреватель — колба-реактор — колба-приемник.

б) Омыление в три ступени: колба-испаритель — пароперегреватель — колба-реактор — пароперегреватель — колба-реактор — пароперегреватель — колба-реактор — колба-приемник.

Геометрия дополнительных элементов установки сохранялась прежняя.

Для опытов было использовано три образца технического изоборнил-формиата Нейво-Рудянского лесохимического завода следующего состава:

Наименование компонентов	Содержание компонентов (в %) в образцах		
	№ 1	№ 2	№ 3
Изоборнил-формиат	91,85	92,1	84,3
Изоборнеол	1,85	7,9	15,7
Остаток (по разности)	6,3	—	—

Остаток был принят нами за камфен.

Методика проведения опытов была следующей. В соответствующие колбы установки отвешивались навески технического изоборнил-формиата, щелочи определенной концентрации и толуола. Затем установку собирали, проверяли на герметичность и включали обогрев всех ее элементов. Как только температура щелочи в реакторе (или реакторах) достигала температуры кипения, начинали подавать острый пар в колбу-испаритель, где температура к этому времени поддерживалась на уровне 105—110° С. Момент пуска острого пара считался началом опыта, а момент его отключения — концом. Продолжительность опытов со-

ставляла 0,5—1,0 *час*. Через каждые 5 *мин* отмечались температуры паров в колбе-испарителе, щелочи в колбах-реакторах и ванн пароперегревателей. Путем регулирования электроподогрева температуры поддерживались, с небольшими колебаниями, в заданных пределах. Для обработки результатов опытов брались среднеарифметические значения температур.

По окончании опыта содержимое всех колб взвешивалось. По разности веса колбы-испарителя до и после опыта вычислялось суммарное количество паров технического эфира, поступивших на омыление. В остатке колбы-испарителя определялось количество изоборнил-формиата и изоборнеола; по процентному содержанию высчитывалось их весовое количество. По разности в составе загрузки в колбе-испарителе до и после опыта вычислялся весовой состав технического эфира, поступающего на омыление. Определялось количество NaOH, находящееся в колбах-реакторах. Содержимое колбы-приемника переносилось в делительную воронку, где делилось на водяной и толуольный слой. Слои взвешивались, и толуольный слой анализировался на содержание в нем изоборнеола и изоборнил-формиата. По этому содержанию вычислялось количество паров изоборнеола и изоборнил-формиата после омыления. Как уже было сказано выше, количество и процент терпенов (камфена) во всех случаях вычислялось по разности. Установление количества изоборнил-формиата и изоборнеола в парах до и после омыления позволило вычислить процент омылившегося эфира. Эта величина определялась двояко: по балансу изоборнил-формиата и по балансу изоборнеола. Ошибки анализов, естественно, сказались на определениях, и цифры разошлись, но незначительно — на 0,5—4%. В дальнейшем процент омылившегося эфира вычислялся только по балансу изоборнил-формиата. Высчитать процент омылившегося изоборнил-формиата можно было еще по балансу щелочи, однако этого сделать из-за уноса ее в колбу-приемник не удалось. Процент омылившегося эфира в этом случае всегда был выше 100.

Количество израсходованного острого пара определялось по балансу воды в колбе-приемнике и колбах-реакторах до и после опыта. Количество водяных паров в парах после омыления определялось весом воды, собранной в колбе-приемнике. Иногда эти количества были почти одинаковыми, иногда происходила некоторая конденсация водяных паров в колбе-реакторе, но чаще имело место испарение воды из щелочи, причиной которого было то, что из боязни конденсации паров изоборнил-формиата в колбах-реакторах последние несколько перегревались. Как известно, удельный расход острого пара зависит от температуры, состава паров технического изоборнил-формиата и кинетики процесса. Если равновесный коэффициент легко может быть подсчитан, то влияние кинетических факторов, увеличивающих удельный расход острого пара, теоретическому расчету пока не поддается. Нами была сделана попытка сравнить реальный удельный расход острого пара с теоретическим равновесным, то есть определить так называемый «коэффициент наполнения», характеризующий кинетику процесса. Оказалось, что в наших опытах этот коэффициент наполнения колебался в пределах до 2,2, а в среднем составил 1,3.

Можно думать, что в производственных условиях, где слой технического изоборнил-формиата, через который барботирует острый пар, будет гораздо больше, этот коэффициент наполнения окажется ниже определенного нами.

По количеству щелочи в колбах-реакторах в конце опыта была высчитана высота слоя щелочи над обрезом барботажной трубки в этот

момент, а по ней и по начальной высоте слоя определялась средняя барботажная высота слоя щелочи.

Определение изоборнил-формиата и изоборнеола производилось по прежним методикам [1].

В опытах исследовалось влияние на величину комплекса KF (K — коэффициент массопередачи, F — поверхность массообмена) температуры процесса, концентраций щелочи и изоборнил-формиата в парах, скорости пара на выходе из насадки, диаметра насадки, высоты слоя щелочи.

Обработка опытных данных

В случае омыления изоборнил-формиата в струе пара величину KF определять по формулам (13) и (14) [1] неудобно, так как возникают затруднения при вычислении объема V, в котором происходит реакция. В этом случае удобнее KF относить к единице высоты слоя щелочи и вычислять по формуле

$$KF' = \frac{\Delta G}{H \cdot C_{\text{м ср}} \Delta\tau}, \tag{22}$$

где K, $C_{\text{м ср}}$, τ и G — имеют прежние размерности;

F' — средняя величина поверхности раздела фаз на единицу высоты слоя щелочи, $\frac{м^2}{м \text{ одно барботажное отверстие}}$

H — высота слоя щелочи в *м*.

Формула весьма условна, так как F' на разных высотах должна иметь различную величину. Однако при одном и том же слое щелочи формула (22) будет давать одинаковые результаты.

Вопрос о том, какая скорость массопередачи является решающей (скорость массопередачи из объема к реакционной поверхности паров изоборнил-формиата или щелочи), был решен нами в пользу скорости массопередачи паров изоборнил-формиата. М. Е. Позин [3] указывает, что величина коэффициента диффузии в газах или парах — $D_г$ — больше величины коэффициента диффузии в жидкостях — $D_ж$ — примерно в $\frac{D_г}{D_ж} \approx 10^4$. Однако в нашем случае следует сравнивать не коэффициенты диффузии, а скорости диффузии, которые равны произведениям D на разность концентраций C', выраженные в $\frac{кг\text{-}моль}{м^3}$. Если принять следующие данные: температура омыления 110° С, начальная концентрация щелочи — 30%, избыток щелочи — 10%, испарению подвергается стопроцентный изоборнил-формиат, расход острого пара теоретический, давление в системе 770 *мм* рт. ст., коэффициент омыления — 0,995, упругость паров изоборнил-формиата $\lg P = 8{,}602 - \frac{2794}{T}$ [4], то в начале процесса омыления $\frac{D_{\text{и-ф}} C'_{\text{и-ф}}}{D_{\text{щ}} C'_{\text{щ}}} = \frac{1}{2}$, а в конце процесса: $\frac{D_{\text{и-ф}} C'_{\text{и-ф}}}{D_{\text{щ}} \cdot C'_{\text{щ}}} = \frac{1}{40}$. Здесь: $D_{\text{и-ф}}$ — коэффициент диффузии изоборнил-формиата в парах, $C'_{\text{и-ф}}$ — его концентрация в $\frac{кг\text{-}моль}{м^3}$, $D_{\text{щ}}$ и $C'_{\text{щ}}$ то же для щелочи в жидкости. Следовательно, действительно определяющей является скорость массопередачи изоборнил-формиата из объема к реакционной поверхности, и G и $C_{\text{м ср}}$ следует считать по изоборнил-формиату.

Знание состава пара по всем компонентам позволило высчитать по обычным формулам весовое и молекулярное содержание изоборнил-формиата в парах до и после опыта.

Знание количества и состава пара, а также температуры позволило высчитать объем паров до и после омыления. Расчет велся по формуле:

$$V = 22{,}4\left(\frac{A_э}{M_э} + \frac{A_и}{M_и} + \frac{A_т}{M_т} + \frac{A_в}{M_в}\right)\frac{273 + t}{273}, \qquad (23)$$

где V — объем паров, $м^3$;
$A_э$ — вес изоборнил-формиата в парах, *кг*;
$A_и$ — вес изоборнеола в парах, *кг*;
$A_т$ — вес терпеновых примесей в парах, *кг*;
$A_в$ — вес водяных паров, *кг*;
$M_э$, $M_и$, $M_т$, $M_в$ — молекулярные веса, соответственно — 182, 154, 136, 18;
t — температура в °*C*.

Для паров, поступающих на омыление, бралась температура щелочи в первом реакторе, для паров после омыления — температура щелочи в последнем реакторе.

Давление в системе принималось равным нормальному.

Знание объема паров, продолжительности опыта и диаметра барботажной трубки в реакторе позволило высчитать скорость паров, поступающих на омыление в реакторы.

Обсуждение результатов

Результаты опытов представлены на графиках, изображенных на рис. 7, 8, 9, 10, 11, 12.

На рис. 7 все точки достаточно удовлетворительно легли на прямую, параллельную оси абсцисс. Таким образом, оказалось, что комплекс KF' не зависит от температуры в пределах 106—128° С. Это возможно только в том случае, если процесс проходит в диффузионной области.

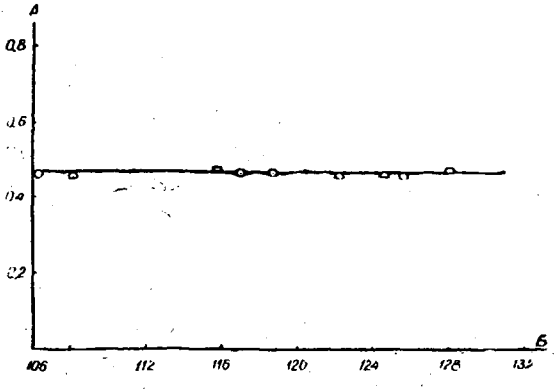


Рис. 7. Зависимость величины KF' от температуры реакционного объема.

$A - KF'$ в $\frac{кг\text{-}моль\ м^2}{м^2\ час\ единица\ разности\ концентраций\ м\ одно\ барботажное\ отверстие}$;
$Б - t°C$; высота слоя щелочи H — 3 *см*; d = 3 *мм*; w = 22,0 $\frac{м}{сек}$; концентрация щелочи — 26,3%.

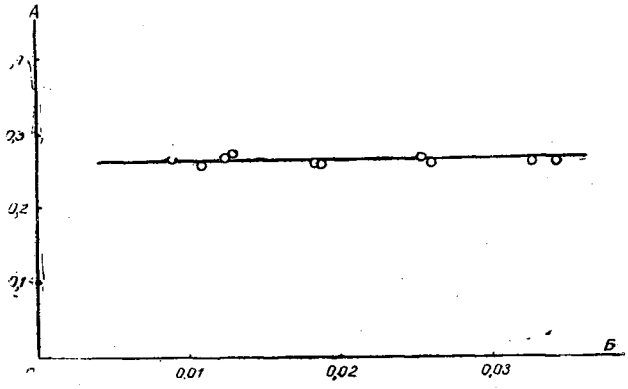


Рис. 8. Зависимость величины KF' от концентрации изоборнил-формиата в парах.

A — KF' в $\frac{\text{кг-моль } м^2}{м^2 \text{ час единица разности концентраций } м \text{ одно барботажное отверстие}}$;

$Б$ — в $\frac{\text{кг-моль изоборнил-формиата}}{\text{кг-моль всех паров}}$; $w = 11{,}4 \frac{м}{сек}$; $d =$ мм; $H = 3$ см; $t = 114°C$;

концентрация щелочи — 25%.

Из графика на рис. 8 следует, что комплекс KF' не зависит от концентрации изоборнил-формиата в парах, то есть при принятой скорости не зависит от физических свойств пара. Следует отметить, что хотя концентрация изоборнил-формиата в наших опытах и менялась в $3^1/_2$ раза, все же она была одного порядка и очень небольшой. При принятом методе омыления концентрация изоборнил-формиата в парах не может значительно повыситься.

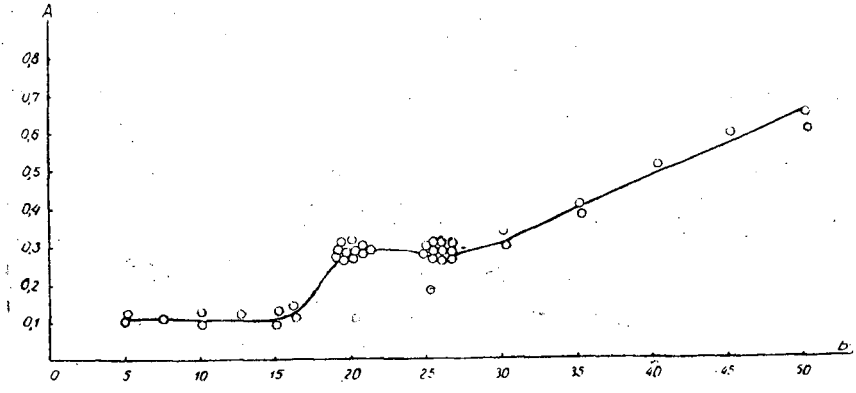


Рис. 9. Зависимость величины KF' от концентрации щелочи.

A — KF' в $\frac{\text{кг-моль } м^2}{м^2 \text{ час единица разности концентраций } м \text{ одно барботажное отверстие}}$;

$Б$ — концентрация щелочи в весовых процентах; $w = 13{,}2 \frac{м}{сек}$; $H = 3$ см; $d = 3$ мм; $t = 115°C$.

На рис. 9 кривая имеет ступенчатый вид. Концентрация в пределах 5—15% и 20—25% не оказывает влияния на величину KF', в пределах 15—19% следует скачок, а с 30% — концентрация щелочи и величина KF' связаны прямой зависимостью. Мы не пытались объяснить это сложное явление, требующее специальных исследований. Но поскольку все наши остальные опыты проводились со щелочью, концентрация которой в продолжении опыта менялась в пределах 25 ÷ 20%, мы сочли себя в праве не связывать величину комплекса KF' с концентрацией щелочи.

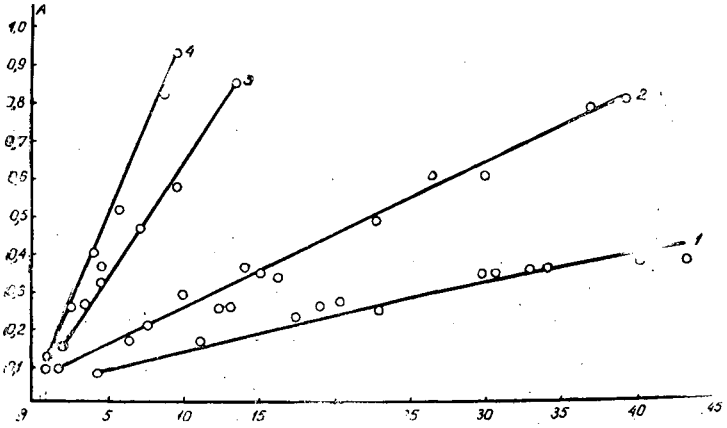


Рис. 10. Зависимость величины KF' от скорости паров и диаметра барботажного отверстия.

$A - KF'$ в $\frac{\text{кг-моль } м^2}{м^2 \text{ час единица разности концентраций м одно барботажное отверстие}}$;

$Б - w \frac{м}{сек}$; $H = 3$ *см*; *1* — $d_1 = 2$ *мм*; *2* — $d_2 = 3$ *мм*; *3* — $d_3 = 5$ *мм*; *4* — $d_4 = 6$ *мм*;

$t = 110 \div 114°C$.

На рис. 10 зависимость представлена уравнением прямой линии

$$KF' = Aw + B. \tag{24}$$

Постоянный член B, очевидно, здесь должен выражать величину молекулярной диффузии, а переменный член Aw — величину конвективной диффузии.

Коэффициент A и постоянный член B зависят от диаметра барботажного отверстия (см. табл. 1).

Таблица 1

Диаметр барботажного отверстия, *мм*	A	B
2	0,012	0,03
3	0,021	0,04
5	0,056	0,04
6	0,100	0,04

Зависимость величины комплекса KF' от диаметра барботажного отверстия объясняется просто: чем больше диаметр, тем большая поверхность раздела фаз F' приходится на единицу высоты слоя щелочи. Можно считать, что при одинаковых скоростях пара и одинаковой высоте слоя щелочи объем струи будет пропорционален квадрату диаметра, а ее поверхность пропорциональна диаметру. Если предположить, что K при одинаковых скоростях не зависит от диаметра, а F' есть внешняя поверхность струи, то величины KF' будут прямо пропорциональны d.

Если же предположить, что F' — поверхность раздела фаз внутри струи, образовавшаяся за счет прорыва щелочи, то величины KF' будут пропорциональны квадратам диаметра барботажной трубки.

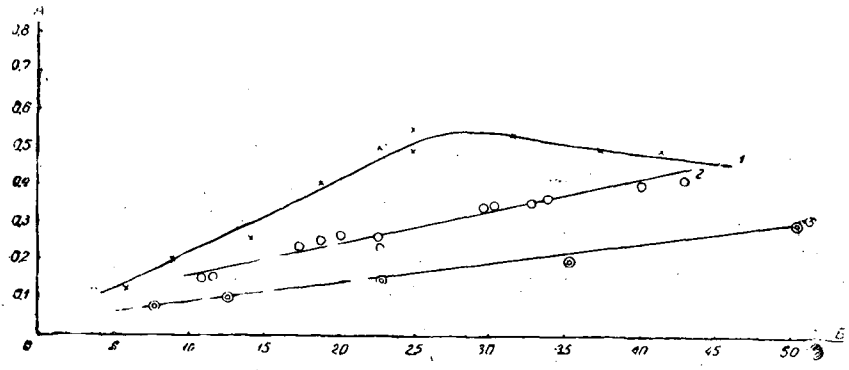


Рис. 11. Зависимость величины KF' от высоты слоя щелочи.

$A - KF'$ в $\frac{\text{кг-моль м}^2}{\text{м}^2 \text{ час единица разности концентраций м одно барботажное отверстие}}$;
$d = 2$ *мм*; $1 - H_1 = 1{,}5$ *см*; $2 - H_2 = 3$ *см*; $3 - H_3 = 5$ *см*.

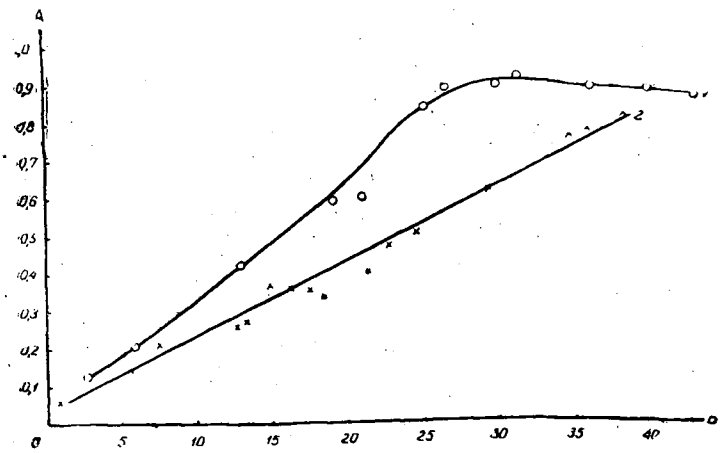


Рис. 12. Зависимость величины KF' от высоты слоя щелочи.

$A - KF'$ в $\frac{\text{кг-моль м}^2}{\text{м}^2 \text{ час единица разности концентраций м одно барботажное отверстие}}$;
$Б - w \frac{м}{сек}$; $d - 3$ *мм*; $1 - H_1 = 1{,}5$ *см*; $2 - H_2 = 3$ *см*; $t = 106 - 117°C$.

В табл. 2 представлены эти соотношения, а также соотношение реальных величин KF' для скорости w — 8 *м/сек*.

Таблица 2

Диаметр барботажного отверстия *мм*	$\frac{d}{d_1}$	$\left(\frac{d}{d_1}\right)^2$	$\frac{KF'}{KF_1'}$
$d_1=2$	1	1	1
$d_2=3$	1,5	2,25	1,6
$d_3=5$	2,5	6,25	3,85
$d_4=6$	3,0	9,0	5,85

Если стоять на вышеизложенной точке зрения, то следует признать, что в образовании поверхности F' участвует как наружная поверхность струи, так и поверхность, образованная внутри струи прорвавшейся

щелочью, причем первая поверхность имеет для исследованных диаметров барботажных отверстий большое значение. С увеличением диаметра роль поверхности, образовавшейся внутри струи, увеличивается.

Предположение, что диаметр барботажной трубки d есть определяющий размер в критерии Рейнольдса для струи пара, маловероятно. В этом случае величина K зависела бы от величины dw, и на долю F' пришлось бы чрезвычайно малое увеличение от роста диаметра — меньше отношения $\frac{d}{d_1}$. Это трудно допустить.

Из графиков на рис. 11 и рис. 12 следует, что чем меньше слой, тем больше KF'. Это понятно: при толстом слое энергии струи не хватает для создания высокой турбулентности. (Подобную зависимость наблюдали И. П. Мухленов и Е. С. Тумаркина при изучении кинетики абсорбции аммиака [2]). При малой высоте слоя щелочи (15 *мм*) с увеличением скорости пара наступает момент, когда величина KF' перестает расти и даже начинает падать. Очевидно, этот момент характеризует прорыв струи пара через слой жидкости. В обоих случаях ($d = 2$ *мм*, $d = 3$ *мм*) такой момент наступает при одинаковой скорости пара w порядка $25 \div 30$ *м/сек*.

Выводы

1. Показано, что процесс омыления паров изоборнил-формиата водной щелочью при температурах 106—128° С протекает в диффузионной области и скорость его не зависит от температуры.

2. Концентрация щелочи вообще оказывает влияние на скорость омыления, но в пределах концентраций $5 \div 15\%$ и $20 \div 25\%$ величина комплекса KF' не зависит от концентрации щелочи. Подробнее этот вопрос не изучался.

3. Зависимость величины комплекса KF' от скорости паров на выходе из барботажного отверстия выражается линейной функцией: $KF' = Aw + B$. Предположено, что величина B определяет собой молекулярную диффузию, а величина Aw — конвективную. При одинаковом слое щелочи величина A зависит от диаметра барботажной трубки и с увеличением диаметра увеличивается. Высказано предположение, что увеличение величины KF' с увеличением диаметра барботажной трубки связано с увеличением F', а не K. Предполагается, что F' состоит из двух величин — внешней поверхности струи, приходящейся на единицу высоты слоя щелочи, и внутренней поверхности, образовавшейся от прорыва жидкости в объем струи. В изученных условиях первая поверхность играет большую роль, чем вторая. С увеличением диаметра барботажной трубки значение внутренней поверхности увеличивается.

4. С увеличением слоя щелочи величина комплекса уменьшается; это объясняется тем, что при большой высоте слоя щелочи энергии струи не хватает для создания высокой турбулентности.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. А. Выродов, С. Я. Коротов. «Известия высших учебных заведений», «Лесной журнал» № 3, 1959. [2]. И. П. Мухленов, Е. С. Тумаркина. ЖПХ, XXXI, 11, 1647, 1958. [3]. М. Е. Позин. ЖПХ, XIX, 10—11, 1201, 1946. [4]. Г. А. Рудаков, С. Я. Коротов. ЖПХ, X, 2, 312, 1937.

Поступила в редакцию
23 декабря 1958 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

ЖИВИЦА СОСНЫ КРЫМСКОЙ — ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ КАНИФОЛЬНО-СКИПИДАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

И. И. БАРДЫШЕВ

Профессор, доктор химических наук

Х. А. ЧЕРЧЕС

Старший научный сотрудник

(Белорусский лесотехнический институт)

Канифольно-скипидарная промышленность СССР, созданная за годы Советской власти, достигла значительных успехов в своем развитии. Однако темпы ее роста нельзя признать достаточными, так как потребность нашего народного хозяйства, например, в канифоли удовлетворяется не полностью.

Согласно решению майского Пленума ЦК КПСС, отечественная химическая промышленность будет быстро развиваться, и для удовлетворения ее возрастающих потребностей выработка канифоли и скипидара должна быть резко увеличена. В связи с этим работникам лесохимической промышленности необходимо изыскать новые виды сырья для производства канифоли и скипидара.

Редакция журнала «Гидролизная и лесохимическая промышленность» с 1956 г. [1], [4], [8], [9], [11] начала дискуссию о путях расширения сырьевой базы для производства канифольно-скипидарных продуктов. В результате дискуссии должны быть намечены перспективные пути развития этого производства.

В настоящей статье мы хотим привлечь внимание лесохимиков и работников лесного хозяйства к перспективному использованию еще одного нового вида сырья для канифольно-скипидарной промышленности — живицы сосны крымской.

Сосна крымская весьма смолопродуктивна и превосходит в этом отношении сосну обыкновенную (которая в основном подвергается у нас подсочке) более чем в два раза.

На целесообразность и экономическую выгодность подсочки сосны крымской указывал еще в 1895 г. В. Е. Тищенко [10]. «Правильная эксплуатация лесов крымской сосны, — писал он, — дала бы достаточно средств не только для их охраны, но и для искусственного разведения, которое, как показывает пример Франции, быстро окупается».

Многолетние исследования, проведенные сотрудниками ЦНИИЛХ (Ленинград) под руководством А. В. Гордеева [4], [5], [6], [7], [11], показали, что на Нижнеднепровских и Нижнедонских песках из искусственных насаждений сосны крымской можно создать две крупных, весьма-

концентрированных сырьевых базы длительного подсочного хозяйства на площади 130 тыс. *га* с ежегодной добычей живицы 80 тыс. *т*. Среднегодовая добыча живицы с 1 *га* насаждений составит около 600 *кг*, а подсочка может продолжаться (начиная с 25-летнего возраста насаждения) 50 лет.

Производительность труда при подсочке сосны крымской на указанных базах возрастает в 3—4 раза, поэтому себестоимость живицы резко снижается. На добычу 1 *т* живицы потребуется затрата всего лишь 19 человеко-дней (вздымщиков и сборщиков) [4]. После использования крымской сосны для подсочки народное хозяйство получит высококачественную древесину [11]. Таким образом, экономическая целесообразность создания таких баз не вызывает сомнений. Еще следует отметить, что как сама живица крымской сосны, так и получаемые из нее канифоль и скипидар не только не уступают по качеству аналогичным продуктам, получаемым при подсочке сосны обыкновенной, но по ряду показателей даже превосходят их.

Так, живица сосны крымской, по данным Гордеева [10], при подсочке открытой каррой содержит 23% скипидара, а живица сосны обыкновенной, добытая в аналогичных условиях, только 18%. Осенью количество скипидара в живице сосны крымской достигает 27%. По нашим данным, содержание скипидара в живице этой сосны при подсочке открытой каррой составляет 26% [3].

Образцы скипидара, полученные из живицы сосны крымской, проанализированы по существующему ГОСТу. Результаты анализа (см. табл. 1) показывают, что живичный скипидар сосны крымской по качеству не только не уступает, но даже превосходит сосновый живичный и всемирно известный французский живичный скипидар.

Таблица 1

Свойства образцов скипидара из живицы сосны крымской

Свойства	ГОСТ 1571-42	Образцы скипидара		
		1	2	3
Удельный вес d_4^{20}	0,855—0,863	0,861	0,862	0,857
Показатель преломления n_D^{20}	1,467—1,472	1,467	1,467	1,468
Температура начала кипения в °С	153—160	153	155	—
Объем отгона до температуры 170° в % не менее	92	94	95	98
Остаток от испарения в % по весу не более	0,5	0,5	0,5	0,5
Кислотность в *мг* КОН на 1 *г* масла не более	0,7	0,5	0,6	0,2
Цвет столба скипидара высотой 220 *мм* должен быть не темнее цвета столба типового раствора двухромовокислого калия высотой в *мм* не более	90	светлее	светлее	светлее

Примечание. Данные для 3-го образца взяты из статьи Гордеева [7].

По внешнему виду скипидары представляют собой прозрачную летучую жидкость с характерным запахом, без осадка и воды. Разгонка на фракции по Энглеру показала следующее:

Образец 1		Образец 2	
количество, *мл*	температура в °С	количество, *мл*	температура в °С
5	155	5	155
10	156,7	10	156,3
20	157,6	20	157

Продолжение

Образец 1		Образец 2	
количество, *мм*	температура в °С	количество, *мм*	температура в °С
30	158	30	157
40	158	40	157,3
50	158,4	50	157,6
60	158,8	60	158
70	159,5	70	158,4
80	161	80	159,5
90	167,5	90	163,3
94	170	95	170

Живичный скипидар крымской сосны состоит из α-пинена — 87%, камфена — 1%, β-пинена — 2,5%, мирцена с лимоненом — 2,4 [2].

Таким образом, содержание пиненов и камфена в этом скипидаре составляет около 90%, в то время как в живичном сосновом скипидаре, в лучшем случае, около 70%. А как известно, именно эти углеводороды представляют ценность для дальнейшей химической переработки. По-видимому, свежий скипидар сосны крымской без всякой предварительной ректификации может быть использован для синтеза камфары, терпинеола, инсектицидов, органических кислот и т. д., что выгодно отличает его от соснового живичного скипидара.

В табл. 2 приведены свойства образцов живичной канифоли сосны крымской в сравнении с ГОСТом 797—55 на первый сорт канифоли сосновой.

Таблица 2

Свойства	ГОСТ 797-55, I сорт	Образцы канифоли		
		1	2	3
Цвет — не темнее окраски эталонов	N, M.K	WW	WW	WW
Содержание влаги в % не более	0,3	0,2	0,1	0,2
Содержание золы в % не более	0,04	0,02	0,01	0,02
Содержание механических примесей в % не более	0,05	0,03	0,01	0,03
Температура размягчения в °С не ниже	66	68	67	69—70
Кислотное число не менее	166	162	162	164
Содержание неомыляемых веществ в % не более	7,5	11,5	—	10,8

Из таблицы видно, что канифоль из живицы сосны крымской по ряду показателей превосходит сосновую живичную канифоль первого сорта и отличается от последней несколько большим содержанием неомыляемых веществ.

Как уже было показано [3], кислотная часть живицы сосны крымской состоит в основном из левопимаровой, абиетиновой и неоабиетиновой смоляных кислот, то есть из тех же смоляных кислот, что и сосновая живичная канифоль, а следовательно, их можно применять для одних и тех же целей.

И наконец, промышленную переработку живицы сосны крымской в том случае, если не будет поставлена цель получать специальные высококачественные сорта канифоли и скипидара, можно осуществлять по общепринятому на наших заводах режиму переработки живицы.

Более того, вследствие большего содержания скипидара в живице сосны крымской, ее переработка несколько упрощается.

Все изложенное убедительно показывает целесообразность и экономическую выгодность получения канифоли и скипидара из живицы сосны

крымской. Поэтому на всех пригодных площадях южных районов нашей страны следует создать искусственные насаждения сосны крымской, что и было предусмотрено постановлением Совета Министров от 20 октября 1948 г.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. И. И. Бардышев. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 5, 1956. [2]. И. И. Бардышев и К. В. Бардышева. ЖПХ № 10, 1952. [3]. И. И. Бардышев и Х. А. Черчес. ЖПХ № 7, 1958. [4]. А. В. Гордеев. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 3, 1957. [5]. А. В. Гордеев. «Географический сборник» № 5, 1955. [6]. А. В. Гордеев. «Лесное хозяйство» № 5, 1949. [7]. А. В. Гордеев. «Деревообрабатывающая и лесохимическая промышленность» № 6, 1952. [8]. Н. А. Гурич и М. Д. Иншаков. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 5, 1956. [9]. Э. К. Нордштрем. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 2, 1956. [10]. В. Е. Тищенко. «Канифоль и скипидар». СПб., 1895. [11]. А. Н. Шатерникова. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 4, 1957.

Поступила в редакцию
2 февраля 1959 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

ОПЫТ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ ГАЗИФИКАЦИИ

В. А. ЛЯМИН

Доцент, кандидат технических наук

Н. А. БОЛЬШАКОВА

Инженер

(Ленинградская лесотехническая академия)

На лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятиях скапливается значительное количество древесных отходов, рациональному использованию которых в последнее время уделяется большое внимание [1], [2], [4].

Газификация древесины как метод ее переработки давно практикуется в промышленных масштабах. Этому вопросу посвящено несколько опубликованных работ, по материалам которых видно, что жидкие продукты, получаемые при данном процессе, представляют собой ценное сырье для синтеза весьма дефицитных товаров [2], [4].

На Амзинском лесохимическом заводе Башкирского Совнархоза пущена промышленная энергохимическая установка для переработки древесных отходов по схеме ЛТА, сущность которой заключается в следующем: подсушенная до влажности примерно 25% (за счет тепла дымовых газов котельной) сухая древесная мелочь (щепа, опилки, измельченная кора, стружка) газифицируется в газогенераторе специальной конструкции [3]. Получаемая при этом процессе парогазовая смесь частично охлаждается (на 10—15°) в скруббере-холодильнике, а затем поступает в смолоотделитель.

(В качестве смолоотделителя будут испытаны в дальнейшем два аппарата: электрофильтр и центробежный вентилятор. Последний в течение ряда лет успешно обессмоливает циркуляционный газ ретортного цеха завода.)

Сырой генераторный газ, выходящий из смолоотделителя, используется в топках локомобилей как топливо.

Суммарный конденсат (кислая смола), выделенный из парогазов, перерабатывается химическим цехом завода (где в настоящее время в качестве сырья используется сухоперегонная жижка, получаемая в ретортном цехе).

При газификации из одного плотного кубометра древесных отходов получается не менее 250 *кг* кислой смолы (суммарного конденсата), 800 $м^3$ газа, пригодного для сжигания в топках.

Стоимость газифицируемых древесных отходов определяем по цене дров, то есть примерно 50 руб. *пл.* $м^3$, а затраты на переработку, соглас-

но практическим данным, составляют около 35 руб. *пл. м*³ *. Исходя из этого, стоимость суммарного конденсата составит не более 260 руб. *т*. Следует отметить, что одна тонна аналогичного сухоперегонного конденсата на крупных заводах сухой перегонки стоит около 350 руб.

Газификация древесных отходов и получение кислой смолы в лесопромхозах и деревообрабатывающих предприятиях и последующий транспорт этого конденсата на Амзинский (или другой) лесохимический завод, видимо, будет выгодной. Так, по данным б. Главлесхима, перевозка в железнодорожных цистернах сырой древесно-генераторной смолы с Ижевского завода на расстояние 600 *км* стоит около 62 руб. за тонну.

Полузаводские опыты

Для того чтобы уточнить выход и состав газогенераторного конденсата, который предполагается получить на Амзинской газогенераторной станции, нами в ЛТА им. С. М. Кирова на опытной установке, схема которой изображена на рис. 1, были проведены соответствующие опыты.

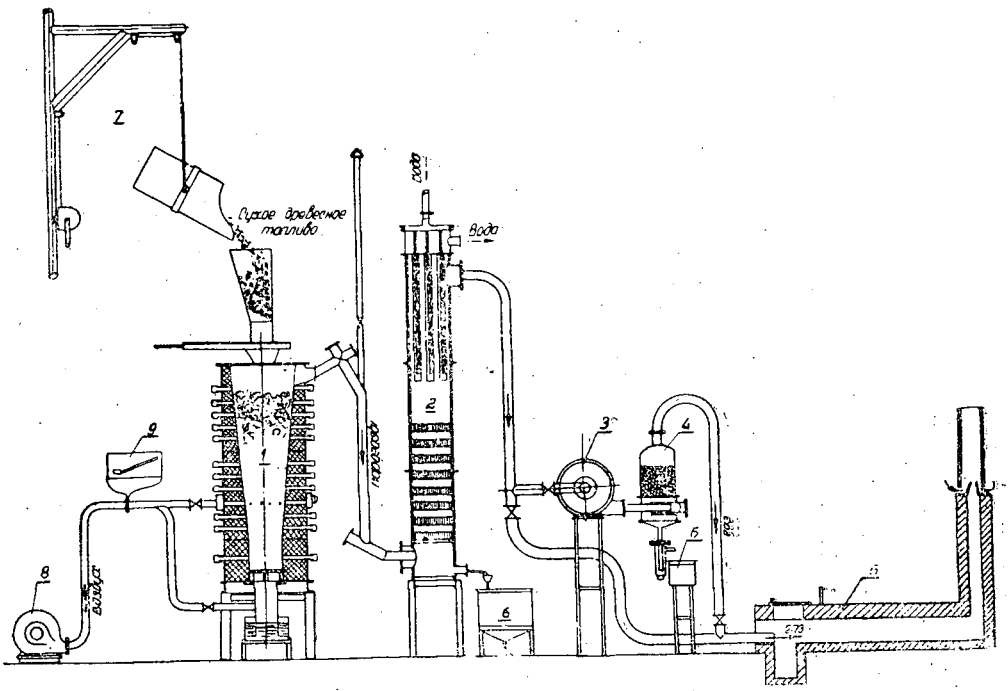


Рис. 1. Схема опытной установки ЛТА для энергохимической переработки древесных отходов.

1 — газогенератор; *2* — скруббер-холодильник; *3* — центробежный смолоотделитель; *4* — каплеулавливатель; *5* — топка для сжигания сырого генераторного газа; *6* — смолоприемники; *7* — подъемник для щепы; *8* — вентилятор для дутья; *9* — измеритель воздуха.

Эта опытная установка является прототипом упомянутой промышленной, на которой будет перерабатываться щепа из древесных отходов.

* Рассчитано по предварительным данным Амзинской энергохимической установки.

и дров различных пород в следующих соотношениях: осины — 50%, ели — 30% и березы — 20%. Для опытов использовались обычные дрова, доставленные из учебно-опытного Лисинского лесхоза Лесотехнической академии им. С. М. Кирова.

В табл. 1 приведены основные исходные данные процесса газификации древесины.

Таблица 1

Наименование	Размерность	Опыты	
		I	II
Влажность газифицируемой щепы (относительная)	%	27,6	13,7
Продолжительность опыта	*час, мин*	14—50	11—20
Израсходовано щепы за опыт	*кг*	720	400
Состав щепы по породам:			
Береза	%	18	20
Осина	"	50	50
Ель	"	32	30
Средневзвешенный размер щепы	*мм*	16,6	18,2
Производительность газогенератора по абс. сухой щепе	*кг/час*	35	30
Интенсивность газификации на уровне фурм периферийного дутья (по абс. сух. древесине)	$\frac{кг}{м^2/час}$	278	234
Средняя высота слоя щепы в газогенераторе	*мм*	500	650
Количество жидких продуктов, выделенных из газа:			
в скруббере-холодильнике	*кг*	215—55%	97,3—48%
в смолоотделителе	"	175—45%	105,1—52%
Всего	"	390—100%	202,4—100%
Температура воздуха, подаваемого в газогенератор (дутья)	°C	13	10
Температура газа в горловине газогенератора	"	92	116
Температура газа после скруббера-холодильника	"	49	51
Температура газа после смолоотделителя	"	45	49
Состав газа в объемных долях:			
CO_2	%	6,2	6,0
CO	"	29,0	27,9
CH_4	"	1,0	1,2
H_2	"	7,2	8,8
O_2	"	0,6	0,8
N_2	"	56,0	55,3
Высшая теплотворная способность газа	$\frac{ккал}{м^3}$	1200	1240
Содержание конденсата в очищенном газе после смолоотделителя	$г/м^3$	80,0	69,5

Удельная интенсивность газификации находится в пределах средней интенсивности промышленных газогенераторов.

Анализ газа производился в газоанализаторе Норза. Окисление водорода и метана осуществлялось с помощью окиси меди.

Содержание конденсата в очищаемом газе, выходящем из смолоотделителя, определено путем отбора газа через лабораторную установку, состоящую из последовательно соединенных холодильника, приемника конденсата, ватного фильтра, газового счетчика и вакуум-насоса.

Сырой газ из смолоотделителя направлялся для сжигания в простую кирпичную топку. Дутье в газогенераторе при производстве опытов применялось сухое, без присадки пара. Температура газа, выходящего

из газогенератора, при использовании сухой щепы была 116° С, а при более влажной 92° С, что вполне соответствует практическим данным.

Количество конденсата, осаждаемое в смолоотделителе, равно 45—52%; это указывает на то, что значительное количество жидких продуктов находится в газе в виде мельчайших частиц.

Конденсат, выделенный из газа в скруббере-холодильнике и смолоотделителе, смешивался и после 24-часового отстаивания подвергался разделению. Результаты опытов I и II показаны в табл. 2.

Таблица 2

Получилось после отстаивания конденсата	Опыты			
	I		II	
	кг	%	кг	%
Суммарной жижки	324	83	171,8	85
Суммарной отстойной смолы	66	17	30,6	15
Итого	390	100	202,4	100

В табл. 3 приведены аналитические данные для суммарных жижки и отстойной смолы, а также конденсата очищенного газа. Газогенераторная жижка по содержанию летучих кислот, метилового спирта, эфиров мало отличается от сухоперегонной. Резкое различие наблюдается по содержанию растворимой смолы.

Таблица 3

Содержание компонентов и физико-химические показатели	Размерность	Суммарная жижка		Конденсат очищенного газа		Суммарная отстойная смола	
		опыт	опыт II	опыт I	опыт II	опыт I	опыт II
Летучих кислот (уксусная)	%	7,70	10,40	3,50	5,20	5,50	7,35
Метилового спирта	„	1,07	1,0	3,06	2,10	1,20	1,40
Эфиров (метил-ацетата)	„	0,90	1,60	1,07	1,02	0,70	1,21
Растворимой смолы	„	19,20	36,75	0,40	1,50	—	—
Других органических веществ	„	1,33	1,85	1,07	1,35	—	—
Влажность	„	—	—	—	—	14,70	20,0
Удельный вес	—	1,088	1,154	1,010	1,018	1,136	1,142
Элементарный состав:							
а) углерода	%	14,45	28,60	3,81	5,45	55,40	53,10
б) водорода	„	10,33	8,75	11,14	11,21	8,52	8,10
в) кислорода	„	75,22	62,65	85,05	83,34	36,08	38,80
Высшая теплотворная способность органических веществ	$\frac{кал}{кг}$	5300	5400	6220	6120	6960	6 900

Отметим, что жижка сухоперегонных заводов, перерабатывающих березовые и осиновые дрова, обычно содержит летучих кислот 7—9%, метилового спирта 1,7—2,5%, эфиров 1—1,5% и растворимой смолы 3—5%.

Анализ отстойной смолы указывает на то, что по кислотности, влажности и удельному весу полученная нами смола почти не отличается от смолы сухоперегонной.

Конденсат, выделенный из очищенного газа, заметно отличается от суммарной жижки, так как количество растворимой смолы в нем весьма незначительно — 0,4—1,5%.

Отстойной смолы в этом конденсате совсем не обнаружено. Содержание летучих кислот в два раза меньше, чем в жижке, а содержание

метилового спирта относительно высокое; это указывает на то, что значительная часть метилового спирта проходит с газом через очистную систему.

Очевидно, в ряде случаев можно будет из очищенного газа улавливать летучие кислоты растворами извести по методу Деревягина, осуществленному на газовой станции Ижевского завода. Нами на установке ЛТА неоднократно был получен таким способом древесно-уксусный порошок с содержанием ацетата кальция 80—83%.

Метиловый спирт и эфиры, возможно, будет целесообразно в некоторых случаях улавливать водой в аппаратах пенного типа, успешно действующих на Амзинском заводе.

Парогазы, выходящие из смолоотделителя, очевидно, находятся в равновесии с конденсатом, вытекающим из него.

По составу этого конденсата и парогазов были подсчитаны молекулярные доли воды и летучих кислот (в пересчете на уксусную) в жидкой и паровой фазах.

При подсчете органические вещества, названные «смола», в парах не учитывались, так как они в основном находятся в газе в виде мельчайших частиц, а при учете «смолы» в жидкостной фазе нами принимался средний молекулярный вес ее, равный 180.

Зная молекулярные доли кислоты и воды в парах и в жидкости и температуру процесса, легко было подсчитать поправочные коэффициенты к уравнению Рауля

$$Y = K \frac{P_к}{P_0} X,$$

где Y — равновесная молекулярная доля уксусной кислоты (или воды) в парогазовой фазе;
X — равновесная молекулярная доля уксусной кислоты (или воды) в жидкой фазе;
$P_к$ — упругость пара чистого компонента при данной температуре;
P_0 — общее давление системы;
K — поправочный коэффициент.

При обработке по указанному уравнению данных, относящихся к проведенным выше опытам газификации, нами получены следующие результаты:

Таблица 4

Концентрация летучих кислот (в пересчете на уксусную) в конденсате, вытекающем из смолоотделителя в %	Содержание „смолы" в конденсате, вытекающем из смолоотделителя в %	Поправочный коэффициент для системы газогенераторные парогазы—конденсат, вытекающий из смолоотделителя (K)	
		для летучих кислот	для воды
7—9	0	1,1*	1,01*
7,3	46,3	0,4	1,03
9,4	52,5	0,3	0,77

* Коэффициенты получены проф. С. Я. Коротовым путем обработки данных проф. Вревского.

Из этих данных видно, что находящиеся в конденсате, вытекающем из смолоотделителя, органические вещества, главной составной частью которых является водорастворимая и осадочная смола (90% всего количества органических веществ, не считая летучих кислот), помогают

улавливать летучие кислоты из парогазов. Конденсат, в котором находится около 50% «смол», в 2,7—3,7 раза лучше улавливает летучие кислоты, чем чистая вода.

Свойство газогенераторных конденсатов обогащаться кислотами чрезвычайно важно, так как по предложенной нами схеме обработки газогенераторных парогазов мы, наряду с практически полным улавливанием смолы, достигаем при неполной конденсации воды высокой степени поглощения летучих кислот, представляющих собой большую ценность.

Данные об элементарном составе жидких продуктов использованы для вычисления выхода газа по углеродному балансу для составления материальных и тепловых балансов.

Вычисленная по формуле Менделеева высшая теплотворная способность органических растворенных веществ, содержащихся в суммарной жижке, составляла 5300—5400 *ккал/кг*, тогда так теплотворная способность органических веществ, содержащихся в суммарной отстойной смоле, была 6900—6960 *ккал/кг*. Понижение калорийности растворенных веществ (почти на 30%) объясняется тем, что в них содержится значительное количество углеводов и органических кислот, теплотворная способность которых, как известно, невысокая.

Таблица 5

Наименование	Размерность	Опыты I	Опыты II
Выход сухого газа в пересчете на абс. сухую древесину	$н.м^3/кг$	1,72	1,62
Расход воздуха в пересчете на абс. сухую древесину	„	1,22	1,13
Выход жидких продуктов от веса абс. сухой древесины (по горловине газогенератора):			
Летучих кислот (уксусной)	%	6,0	6,4
Метилового спирта	„	1,2	0,8
Эфиров (метил-ацетата)	„	0,8	1,1
Растворимой смолы	„	11,8	18,5
Нерастворимой смолы	„	10,0	6,2*
Реакционной воды	„	20,2	20,8
Степень улавливания из газа жидких продуктов в скруббере-холодильнике и смолоотделителе:			
Летучих кислот (уксусной)	%	92	91
Метилового спирта	„	66	72
Эфиров (метил-ацетата)	„	82	89
Растворимой смолы	„	99	99
Нерастворимой смолы	„	100	100
Воды	„	78	72
Состав суммарного конденсата (кислой смолы):			
Органических веществ	%	39,3	56,0
Воды	„	60,7	44,0
Выход суммарного конденсата (кислой смолы) в пересчете на 1 *пл. м*³ газифицируемой древесины**	$кг/м^3$	325	254

* Фактический выход нерастворимой смолы для второго опыта составил 10,46%, а растворимой, соответственно, не 18,5, а 14,24% (объяснение см. на стр. 163).

** Принято, что в 1 *пл. м*³ газифицируемой щепы-смеси содержится абс. сухой древесины 433 *кг*.

Калорийность органических продуктов очищенного газа оказалась 6120—6220 *ккал/кг*, а общее содержание органических веществ в конденсате этого газа 9,10% и 11,17%, поэтому высшая теплотворная способность паровой фазы выходящего из смолоотделителя газа будет: для

I опыта — 560 *ккал/кг* и для II опыта — 680 *ккал/кг*, а примерная калорийность сырого газа соответственно будет 1130 и 1180 *ккал/м*^{3}, тогда как калорийность сухого газа была 1200 и 1240 *ккал/м*^{3}.

Понижение теплотворной способности сырого газа на 60—70 *ккал/м*^{3} нисколько не отразится на условиях его сжигания в топке, поэтому мы не рекомендуем осушать газ перед сжиганием. Осушка газа привела бы к образованию сточных вод, что совершенно недопустимо.

Результаты сжигания средней пробы газифицируемой щепы следующие: углерода — 50%, водорода — 6,3%, кислорода — 42,7%, золы — 1,0%. Высшая теплотворная способность этой древесины — 4830 *кал/кг*. Из табл. 5 видно, что при газификации щепы с влажностью 27,6% выход газа составляет 1,72 *м*^{3}*/кг*, а из щепы более сухой (13,7%) газа получается меньше — 1,62 *м*^{3}*/кг*. Соответственно меняется расход воздуха (дутья), необходимого для газификации *.

Уменьшение выхода газа во втором опыте сопровождается увеличением количества жидких продуктов. Так, общий выход смолы от веса абс. сухой древесины составил 24,7% против 21,8%; кроме того, имело место незначительное увеличение выхода летучих кислот и эфиров. Выход метилового спирта при газификации более сырой щепы был выше. Увеличение выходов жидких продуктов при газификации более сухой древесины наблюдалось нами и ранее [2].

Обращает на себя внимание низкий выход (6,2%) нерастворимой смолы во втором опыте (сухая древесина). Фактически выход этой смолы был выше. Дело в том, что суммарный конденсат содержал кислоты 10,4% при большом суммарном содержании органических веществ — 51,6% (см. табл. 3). Известно, что отстойная смола способна растворяться в жижке частично или полностью, причем это свойство проявляется тем значительнее, чем больше кислотность и общее количество органических веществ, растворенных в жижке. Достаточно жижку разбавить водой, и часть смолы выпадет из раствора. Поэтому приведенный в табл. 3 выход нерастворимой смолы 6,2% для второго опыта не является истинным.

При разбавлении водой образца суммарной жижки, полученной при II опыте, до кислотности 7,68%, из раствора выпала смола в количестве 23% от растворенной.

Если учесть смолу, выпавшую при разбавлении суммарной жижки, то выход нерастворимой смолы во втором опыте будет не 6,2%, а 10,46% (от веса абс. сухой древесины). Исходя из этого, можно считать, что фактический выход нерастворимой смолы в первом и втором опытах оказался практически одинаковым.

Скруббер-холодильник и смолоотделитель, предназначенные для улавливания из газа жидких продуктов, обеспечивали в данных условиях их работы высокие показатели.

Цифры показывают, что частичное охлаждение генераторного газа и последующее его обессмоливание обеспечивали некоторое обезвоживание конденсата.

Выход суммарного конденсата (кислой смолы) и средний его состав в значительной степени зависят от влажности газифицируемой древесины; так, при газификации щепы с влажностью 27,6% выход кислой смолы был 325 *кг* в пересчете на один *пл. м*^{3} древесины, с влажностью 13,7% — 254 *кг*. Но содержание воды в кислой смоле первого опыта было 60,7%, а для второго опыта 44,0%. Если определять выход жидких продуктов в пересчете на органические вещества, то картина выходов будет

* Расчет выхода газа произведен на основе углеродного баланса, а расход воздуха на основе азотного баланса.

иная: так, для первого опыта выход органических веществ с 1 *пл. м*³ древесины составил 130 *кг*, а во втором опыте (на более сухой щепе) — 142 *кг*.

Получить конденсат с меньшим содержанием воды можно не только за счет более глубокой сушки газифицируемой щепы. Можно с этой же целью повысить температуру в смолоотделителе путем уменьшения степени охлаждения газа в скруббере-холодильнике. Но это мероприятие не всегда будет приемлемо, так как повышение температуры газа приведет к уменьшению степени улавливания из газа летучих кислот, эфиров и других летучих продуктов.

Таблица 6

Наименование статей баланса	Углерод		Водород		Кислород		Азот		Зола		Всего	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Приход												
Древесина абс. сухая	36,20	43,15	4,56	5,43	30,94	36,98	—	—	0,70	0,74	72,4	86,3
Влага древесины	—	—	3,07	1,52	24,53	12,18	—	—	—	—	27,6	13,7
Дутье	—	—	—	—	26,50	29,30	87,0	96,3	—	—	113,5	125,6
Итого	36,20	43,15	7,63	6,95	81,97	78,46	87,0	96,3	0,70	0,74	213,5	225,6
Расход												
Газ	24,15	26,23	1,02	1,40	37,90	41,40	87,0	96,3	—	—	150,07	165,33
Суммарная жижка	6,51	12,32	4,65	3,76	33,90	26,80	—	—	—	—	45,06	42,88
Суммарная отстойная смола	5,07	4,06	0,79	0,62	3,30	3,0	—	—	—	—	9,16	7 68
Конденсат очищенного газа	0,47	0,54	1,11	1,08	8,40	8,10	—	—	—	—	9,98	9,72
Зола	—	—	—	—	—	—	—	—	0,70	0,74	0,70	0,74
Разница	—	—	+0,06	+0,09	—1,53	—0,84	—	—	—	—	—1,47	—0,75
Итого	36,20	43,15	7,63	6,95	81,97	78,46	87,0	96,3	0,70	0,74	213,50	225,60

Таблица 7

Наименование статей баланса	*ккал*	%	*ккал*	%
Приход				
Высшая теплотворная способность древесины при рабочей влажности	350 000	100	415 000	100
Расход				
Высшая теплотворная способность				
суммарной жижки	72 000	20,6	122 000	29,4
суммарной отстойной смолы	54 500	15,6	42 400	10,2
конденсата очищаемого газа	5 600	1,6	7 200	1,7
газа	149 000	42,5	173 000	41,7
Потери при газификации (по разности)	68 900	19,7	70 400	17,0
Итого	350 000	100	415 000	100

В табл. 6 приведены материальные балансы опытов (на 100 *кг* щепы). Данные этой таблицы указывают на то, что методика экспериментирования и расчетов, производимых нами при проведении опытов, вполне себя оправдывают. Разница между приходом и расходом по водороду и кислороду находится в пределах допустимых норм. Согласно данным этой таблицы, из 100 *кг* щепы образовалось жидких продуктов 36,6 *кг* (первый опыт) и 46,58 *кг* (второй опыт), что составляет в пересчете на абс. сухую древесину соответственно 50 и 54%. Это показывает, что с помощью газогенератора можно половину (и даже большую часть) древесины превратить в жидкие продукты.

В табл. 7 приведены тепловые балансы опытов. Цифры, приведенные для второго опыта, указывают на то, что можно осуществить такой режим газификации, при котором газогенератор с точки зрения тепловой возможно будет рассматривать в одинаковой степени как аппарат для генерации газа, так и для жидких продуктов.

На основании приведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Методом газификации щепы по схеме ЛТА можно получить в пересчете на 1 *пл. м*^{3} древесины суммарного конденсата 254—325 *кг*, содержащего примерно 40—60% органических веществ, и сырого генераторного газа, пригодного для использования в топках, 750—800 *м*^{3}.

2. Предложенная нами технологическая схема обработки генераторного газа, предусматривающая частичное охлаждение его с последующим смолоотделением, обеспечивает при соответствующем температурном режиме выделение летучих кислот на 91—92%, смолы на 99—100, эфиров на 82—89, метилового спирта на 66—72.

3. К. п. д. газогенератора по жидким продуктам может быть равным к.п.д. по газу. Поэтому в ряде случаев газогенератор можно рассматривать, как аппарат для генерации жидких продуктов. К этому же выводу можно прийти при рассмотрении таблиц материального баланса процесса газификации.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. А. Лямин. Энергохимическое использование древесных отходов методом газификации с получением генераторного газа и кислой смолы. «Материалы совещания по проблемам промышленного использования отходов древесины». (Институт леса). Издание АН СССР. Москва, 1956. [2]. В. А. Лямин. Энергохимическое использование древесных отходов. Труды Института лесохозяйственных проблем Академии наук Латвийской ССР, VIII, 1955. [3]. В. А. Лямин. Газогенератор для газификации древесных отходов. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 6, 1956. [4]. В. А. Лямин, Н. Д. Авакян, В. А. Выродов. Новое сырье для лесохимической промышленности из отходов лесозаготовки и деревообработки. Труды Ленинградской ордена Ленина лесотехнической академии им. С. М. Кирова, № 72, 1955.

Поступила в редакцию
17 июля 1959 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

О VIII МЕНДЕЛЕЕВСКОМ СЪЕЗДЕ

И. М. БОХОВКИН

Доцент, кандидат химических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

VIII Менделеевский съезд, проходивший с 16 по 29 марта 1959 г., был посвящен проблемам химии и технологии полимеров, органического синтеза, химической кинетики, радиохимии, биохимии и фотохимии, физической химии и электрохимии, а также химическим проблемам земледелия СССР и проблемам комплексного использования химического сырья.

В работе съезда приняли участие видные ученые 19 стран, в том числе Китая, Чехословакии, Польши, Англии, Франции, ГДР, США. Было сделано 1500 докладов, из них 50 — иностранными учеными.

На съезде было проведено пять пленарных заседаний. Ведущие ученые осветили состояние развития основных вопросов химии и указали задачи дальнейшего их исследования. С докладами выступили Председатель Государственного Комитета Совета Министров СССР по химии В. С. Федоров (Задачи научно-технического прогресса в химической промышленности); акад. В. А. Каргин (Основные проблемы химии полимеров); акад. А. Н. Несмеянов (Периодическая система элементов Д. И. Менделеева и органическая химия). О современном состоянии периодического закона Д. И. Менделеева доложил акад. В. И. Спицын. Он сказал, что на основе этого закона были раскрыты многие тайны строения вещества. Периодическая система предопределила решение проблемы ядра и использования ядерной энергии. На базе учения о строении вещества сама периодическая система получила более глубокое обоснование. Периодическое повторение свойств связано с периодичностью заполнения электронных слоев электронами. Ряд новых свойств (ионизационный потенциал, парамагнитные свойства, теплота кристаллизации и др.) еще в большей степени подтвердил периодический закон Менделеева. Периодическая система позволила открыть новые элементы — франций, технеций и др.

За последнее время синтезирован ряд трансурановых элементов — нептуний, плутоний, америций, кюрий, берклий, калифорний, эйнштейний, фермий, менделевий и нобелий. Синтез трансурановых элементов очень труден, так как связан с очень малыми периодами полураспада этих веществ, крайне ничтожными их количествами и необходимостью иметь исходные вещества исключительной чистоты. Поэтому особый интерес вызвало сообщение Г. Н. Флерова и А. Гиорсо (Калифорнийский университет) об открытии ими 102-го элемента — нобелия.

Очень интересным было сообщение о явлении вторичной периодичности.

На пленарных заседаниях также выступили акад. А. П. Виноградов (Основные проблемы радиохимии); акад. А. П. Александров (Химические аспекты применения атомной энергии); акад. В. А. Энгельгардт. (Основные проблемы биохимии) и проф. А. В. Соколов (Химические проблемы земледелия СССР); акад. Н. Н. Семенов (О теории свободных радикалов); член-корр. АН СССР Я. К. Сыркин (Основные проблемы теории химической связи); директор НИИХимМаш В. Б. Николаев (Основные задачи химического машиностроения и аппаратостроения).

В работе 18 секций съезда принимало участие больше 5 тысяч человек, а в отдельные дни до 10—11 тысяч.

На заседании секции химии и технологии полимеров заслушано более 80 докладов, посвященных получению новых полимеров и полимерных материалов, изменению свойств полимеров в желаемом направлении, изучению пове-

дения полимеров в процессе формования и при эксплуатации изделий из них.

Большой интерес вызвали сообщения В. А. Каргина, М. С. Акутина и др. о так называемых привитых полимерах и блокполимерах.

Привитыми полимерами называются вещества, в которых к отдельным звеньям макромолекулы одного полимера присоединяются (прививаются) боковые отростки молекулы другого полимера.

Линейная прежде макромолекула ветвится как дерево, но «ветви» имеют иной состав и все вещества — новые свойства. Интересен, например, привитый полимер, полученный прививкой стирола к крахмалу. В этом случае получается полимер, в котором на гидрофильной молекуле крахмала наращены цепи полистирола, являющегося гидрофобным. Таким образом удается получить полимеры, обладающие промежуточными свойствами от гидрофильного крахмала до гидрофобного полистирола. Аналогичный ряд привитых полимеров получен путем прививки стирола на целлюлозе. Подобного рода прививки открывают возможность придания поверхности целлюлозных материалов гидрофобных свойств, что важно для тканей и других изделий. Прививка акрилнитрила на целлюлозе (например, на хлопке) позволяет получать ткани, не способные сминаться и, следовательно, не требующие после стирки проглаживания утюгом. Прививка винилхлорида, а также стирола на бутадиеновом каучуке приводит к образованию различных своеобразных по свойствам материалов, в частности стойких к удару.

Блок-полимерами называются высокомолекулярные соединения, большие молекулы которых содержат закономерно чередующиеся сравнительно небольшие молекулы полимеров различного состава. В этом случае пользуются возможностью механического разрыва макромолекулы на обломки — свободные радикалы. Такой разрыв происходит, например, при энергичном перетирании каучука и других макромолекулярных веществ. При перетирании их в инертной атмосфере оборванные концы снова срастаются. Если же перетирать в инертной атмосфере два разных высокомолекулярных вещества, происходит срастание обрывков разных молекул и получается новый полимер (нечто вроде вегетативного гибрида), в макромолекуле которого чередуются куски — «блоки», характерные для молекул первого и второго вещества. Блок-полимеры из синтетического каучука и фенол-формальдегидной смолы дают при большом содержании каучука стойкие к истиранию резины, а при большом содержании смолы — стойкие к удару фенопласты. Интересны блок-полимеры натурального каучука с полихлорпреновым: они обладают качествами натурального каучука, сочетающимися с маслобензостойкостью хлорпренового каучука и т. п.

Значительный интерес вызвали сообщения А. А. Ваншейдта и Н. Н. Кузнецовой (институт высокомолекулярных соединений АН СССР) и Ф. Т. Шостака (Нижне-Тагильский завод пластмасс) о новых ионообменных смолах.

Ионообменные смолы — это высокомолекулярные соединения, обладающие свойством извлекать из растворов определенные вещества или элементы (например, различные металлы, лекарственные вещества), дают возможность очистить от солей морскую воду и т. д.

Специалисты Нижне-Тагильского завода пластмасс разработали условия синтеза новых марок ионообменных смол на основе нафталина, что значительно расширяет сырьевую базу для производства этих важных высокомолекулярных соединений.

Е. В. Кузнецов (Казанский химико-технологический институт) сообщил о работах по получению так называемых сополимеров. Проведенные исследовательские работы открыли путь введения в полимеры радиоактивных изотопов: в результате были получены радиоактивные пластмассы (содержащие, в частности, радиоактивный кобальт), которые могут быть использованы как лечебное средство, когда необходимо подвергнуть какую-либо часть тела больного длительному, но слабому облучению. Эти же полимеры могут служить эталоном радиоизлучения или датчиками импульсов. Благодаря постоянному ионизирующему излучению, испускаемому массой такого полимера, на нем затруднено накопление электрических зарядов. Это свойство очень важно для текстильного производства.

Огромный интерес вызвали работы К. А. Андрианова и др. по синтезу кремний-органических соединений, то есть полимеров, построенных органическими молекулами на минеральном скелете, из которых получаются каучукоподобные пластмассы (отличающиеся большой устойчивостью к температурным изменениям), электроизоляционные материалы, специальные высококачественные водоотталкивающие вещества, смолы, лаки и др. В настоящее время успешно разрабатываются высокомолекулярные материалы уже с алюмосиликатным скелетом — скелетом глин, полевых шпатов и пр. минералов. Они образуют еще более термоустойчивые смолы.

На секции органической химии и технологии подробно были рассмотрены вопросы синтеза органических соединений с применением катализаторов. Этим проблемам посвятили доклады академики Б. А. Казанский, А. А. Баландин и ряд других ученых.

В докладах проф. В. Н. Белова, А. И. Киприанова и др. освещены новые методы тонкого органического синтеза — получения новых красителей, душистых веществ и т. п. В нескольких докладах и сообщениях излагались вопросы разработки эффективных методов получения важных исходных продуктов для синтетического каучука, пластических масс, искусственных волокон.

На этой секции большое место было уделено вопросам элементоорганических соединений, то есть органическим соединениям, состоящим, главным образом, из углерода, водорода и кислорода, а также неорганических элементов, таких как кремний, фосфор, бор, алюминий, титан и др. Многие элементоорганические соединения уже нашли применение в практике. Они используются в качестве лечебных препаратов, антидетонаторов для моторных горючих, катализаторов при получении полимеров, для получения сверхчистых металлов (алюминия, бора, германия) и др.

Около 70 докладов было сделано на секции химии и химической технологии топлива. В них рассмотрены узловые вопросы химии и технологии горючих газов нефти, угля и сланцев. В докладе В. П. Суханова (Госплан СССР) о путях развития нефтеперерабатывающей промышленности освещены проблемы получения высококачественного топлива и масел в связи с развитием ракетной техники. Проф. Н. В. Лавров рассказал о добыче и использовании горючих газов, о колоссальных возможностях, которые сулит переработка их на химическое сырье для получения высокомолекулярных соединений и прежде всего пластмасс и искусственных волокон. Много сырья химическая промышленность может получить при переработке горючих сланцев и коксовании каменного угля, запасы которых в недрах СССР практически неисчерпаемы.

Большие количества ценных продуктов могут быть получены из древесины при ее химической переработке.

Ряд докладов был посвящен реакциям каталитической изомеризации углеводородов парафинового ряда, ведущим к существенному облагораживанию моторного топлива, а с другой стороны — к получению весьма ценных исходных продуктов для синтеза каучуков и других полимеров.

Важное практическое значение представляют исследования В. И. Исагулянца в области синтеза ценных присадок к смазочным маслам и топливам, в результате которых разработаны присадки на основе фенолов и нефтяного сырья.

В ряде докладов и сообщений, сделанных на заседаниях секций теоретической и прикладной электрохимии, были рассмотрены вопросы развития электрохимических производств. Весьма содержательным был доклад члена-корр. АН УССР Н. А. Измайлова, обобщившего результаты проведенных в Харьковском университете исследований поведения электролитов в неводных растворах. В отличие от большинства современных теорий, рассматривающих растворитель как среду, в которой происходит взаимодействие ионов, им выдвинута теория, основанная на энергии взаимодействия ионов и молекул диссоциирующего вещества с растворителем: В зависимости от соотношения между этими энергиями и сродством ионов в вакууме одно и то же вещество может быть и сильным и слабым электролитом, быть акцептором или донором (в частности, протонов), то есть проявлять кислые или основные свойства. Поэтому автор считает, что деление электролитов на сильные и слабые, на кислоты и основания, указывает на состояние веществ в растворе, а не на принадлежность их к определенному классу электролитов.

В ряде сообщений были рассмотрены условия электролитического получения тех или иных металлов.

Одно из заседаний этой секции было посвящено вопросам электрохимической коррозии и способам защиты от нее, механизму действия некоторых ингибиторов, а также явлениям пассивирования.

Много интересных докладов и сообщений было сделано на заседаниях секции химии металлов и сплавов.

Член-корр. АН СССР Н. В. Агеев изложил значение основных принципов физико-химического анализа в исследованиях металлических систем и обрисовал развитие этой отрасли науки в Советском Союзе. В докладе проф. Е. М. Савицкого была подчеркнута важность проблемы получения совершенно чистых металлов, обладающих иными свойствами, нежели технически получаемые, а также получения редких и тугоплавких металлов.

В исследованиях проф. Е. М. Савицкого показано, что многие из редких элементов оказывают положительное влияние на свойства некоторых сплавов. Важное значение, например, имеет рений, повышающий жаропрочность.

В докладах много уделено внимания одной из важнейших задач теоретического металловедения — установлению связи термодинамических свойств жидких и твердых металлических сплавов с молекулярной структурой и силами молекулярного взаимодействия. Рентгенографическими исследованиями установлено, что частицы вещества, находящегося в расплавленном состоянии, при температурах, близких к температуре кристаллизации, в значительной степени упорядочены. Такое расположение имеет приблизительно тот же тип, что и у вещества в кристаллическом состоянии.

Таким образом, устанавливается определенная связь между строением твердого и жидкого вещества; при плавлении не происходит коренного изменения структуры; в относительном расположении частиц сохраняется та или иная степень ближнего порядка и исчезает дальний порядок, характерный для кристаллического строения.

Весьма интересно прошло заседание секции агрономической химии, удобрений и инсектофунгисидов.

Акад. С. И. Вольфкович сделал доклад о проведенных им совместно с группой сотрудников исследованиях, которые показали возможность получения новых видов удобрений (в частности, получения полимерных длительно действующих удобрений), не вымываемых дождем и оросительными водами.

Проф. М. Х. Чайлахян сделал сообщение о новых активаторах роста и развития растений — гиббереллинах Г-1 и Г-2, полученных в Советском Союзе. Под действием их идет быстрое удлинение стебля; растения с подлинно сказочной быстротой зацветают и плодоносят. Так, сеянцы двухлетников моркови, капусты, репы, свеклы, брюквы, петрушки образуют стебли и цветут на первом году жизни. Стимулирующий эффект этого вещества заметен даже при применении такой небольшой дозы, как 1/40000 доля грамма. Гиббереллин способствует также ускорению роста побегов древесных пород, что может найти большое применение в лесоводстве.

Группа докладов была посвящена вопросам применения жидких азотных удобрений, их способности конкурировать с твердыми удобрениями. Решение этой проблемы сулит многомиллионную экономию на капиталовложениях при строительстве новых азотнотуковых предприятий.

Много внимания уделено применению микроэлементов как удобрений. Установлено, что обогащение почвы цинком, марганцем, бором, медью, молибденом путем внесения в почву измельченного стекла, содержащего эти микроэлементы, дает значительную прибавку урожая пшеницы, кукурузы, овощных культур; увеличивает содержание крахмала в зерне кукурузы, ускоряет начало цветения помидоров и является эффективным средством борьбы с многими болезнями сельскохозяйственных растений.

На секции неорганической химии и технологии было сделано около 140 докладов и сообщений. Важное место заняли вопросы физико-химического анализа, то есть изучение соотношений между составом и физико-химическими свойствами, результатом чего является построение диаграмм состав — свойство, на которых отражается характер взаимодействия между компонентами. С помощью этого метода был выявлен ряд новых соединений, значительная часть которых находит большое практическое применение.

В докладе проф. И. Н. Лепешкова о новых исследованиях в области физико-химического анализа природных солей и водно-солевых равновесий говорилось, что в последнее время значительное внимание было уделено физико-химической характеристике новых соляных месторождений Южного Приуралья, Красноярского края, Белоруссии и других районов страны. Продолжалось также изучение гидрохимического режима крупнейшего в мире соляного бассейна Кара-Богаз-Гола и процессов кристаллизации солей из его рассолов.

В докладе С. И. Вольфковича, Н. Н. Постникова и др. о гидротермической переработке природных фосфатов на удобрения рассказывалось о методе обесфторивания хибинских апатито-нефелиновых руд и фосфоритов Кара-Тау без добавления каких-либо к ним компонентов и без предварительного обогащения этих руд. До последнего времени нефелин считался в производстве фосфорных удобрений нежелательной примесью к апатиту. Исходя из того, что нефелин распространен в ряде районов в виде мощных месторождений, часть которых одновременно содержит большое количество апатита, авторы изучили пути совместной переработки обоих минералов. Оказалось, что нефелин является легкоразложимым минералом, содержит значительное количество окислов калия и натрия и активный при высокой температуре кремнезем. Поэтому весьма целесообразным представился процесс разложения руд при высокой температуре.

В печах при высоких температурах порядка 1400—1600° при взаимодействии с водяным паром апатито-нефелиновая порода плавится и дает удобрение, содержащее большое количество P_2O_5 и лишенное большей части фтора. В удобрении содержится и небольшое количество калия. Протекающие при этом реакции являются комбинацией процессов плавления, гидротермической и щелочной переработки апатита. В одном процессе объединяются процессы получения так называемых термофосфатов и обесфторенных фосфатов. Низкое содержание фтора в обесфторенных фосфатах и отсутствие в них мышьяка и свинца дает возможность применять их также в качестве кормового средства для животных.

Важные проблемы для развития химической промышленности и химизации народного хозяйства обсуждены также на заседаниях секций аналитической, коллоидной химии, химии природных соединений и биохимии, химии и технологии пищевых продуктов, химии силикатов и огнеупоров и др.

Большое внимание уделено вопросам

экономики развития химической промышленности и истории развития химии. Выработана номенклатура неорганических и органических соединений.

Много говорилось о подготовке кадров. Проведен симпозиум по высшему химическому и технологическому образованию, на котором рассмотрены общие принципы подготовки инженеров-технологов, химиков-исследователей в университетах и инженеров-исследователей в технологических институтах, инженеров-механиков по химическому машиностроению и специалистов по автоматизации технологических процессов. Рассмотрены также вопросы улучшения практической и теоретической подготовки студентов, научных кадров для высшей школы и научно-исследовательских институтов, издания учебников, учебных пособий, журналов и справочников. Отправными моментами в деле подготовки инженеров являются решения XXI съезда КПСС и закон об укреплении связи школы с жизнью: сочетание обучения студентов с их участием в производительном труде на заводах, в мастерских институтов и т. д., всемерное расширение вечернего и заочного образования, усиление общетеоретических и общеинженерных дисциплин, усиление элементов исследовательского характера и подготовки творчески мыслящих инженеров, способных осуществлять дальнейший технический прогресс.

На заключительном заседании съезда было послано приветствие Центральному Комитету КПСС.

Съезд принял обращение ко всем химикам Советского Союза.

Оценивая значение VIII Менделеевского съезда, следует сказать, что он явился не только важным этапом в дальнейшем развитии отечественной химической науки, но и внес реальный вклад в создание большой химии, в реализацию величественного семилетнего плана развития народного хозяйства. Работы современных ученых-химиков помогут наиболее эффективно комплексно использовать природные богатства страны и производить новые материалы, применение которых будет способствовать ускоренному техническому прогрессу во всех областях народного хозяйства, небывалому быстрому подъему производительности труда и благосостояния народа.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ИЗУЧЕННОСТЬ ЛЕСОВ СССР

И. П. СЕПЕРОВИЧ

Ученый лесовод

(Московская авиалесоустроительная экспедиция)

Решение лесоэкономических и лесосырьевых вопросов при проектировании лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий и предприятий по переработке древесины осуществляется по материалам учета (инвентаризации) лесного фонда.

Огромные пространства нашей страны, разнообразие естественноисторических и экономических условий вызвали к жизни различные методы изучения леса и учета лесных насаждений.

При изучении лесов в СССР применяются два способа: воздушный и наземный. Воздушный способ осуществляется с применением самолетов и разделяется на аэровизуальное, аэротаксационное обследования и аэротаксацию. Наземный способ включает два вида работ: лесоустройство и лесоинвентаризацию.

Всего за период Советской власти в нашей стране проведены лесоинвентаризационные работы на площади 68 млн. *га*, лесоустроительные — 378 млн. *га*, свыше 1500 млн. *га* лесов обследовано с самолетов. При этом часть площади, подвергнутой лесоинвентаризации, впоследствии была охвачена лесоустройством; до 40 млн. *га* лесоустроительных работ проведено вторично; свыше половины наземных работ велось на предварительно обследованных с самолетов площадях.

По состоянию на 1/I-1958 г. изученность лесного фонда СССР характеризуется следующими цифрами:

Таблица 1

Название работ	Годы проведения работ	Изученность лесного фонда СССР (в млн. *га*)
Лесоинвентаризация	1947—1955	29
Лесоустройство . .	1912—1957	332
Итого . . .		361

Продолжение табл. 1

Название работ	Годы проведения работ	Изученность лесного фонда СССР (в млн. *га*)
Аэротаксация . .	1950—1957	31
Аэротаксационное обследование . . .	1951—1956	540
Аэротаксационное обследование . . .	1944—1951	152
Итого . . .		723

Ниже приводится описание различных методов изучения лесов.

1. *Аэровизуальное обследование* выполнялось Ленинградским аэрофотолесоустроительным трестом Всесоюзного объединения «Леспроект» Министерства сельского хозяйства с 1947 по 1951 г. и трестом Лесной авиации Министерства лесной промышленности в период с 1935 по 1949 г.

С борта самолета ПО-2 проводилась таксация насаждений, контуры которых наносились на топографические карты разных масштабов (1 : 200 000 — 1 : 1 000 000); высота полетов колебалась от 500 до 1000 *м*, расстояние между маршрутами было от 4 до 8 *км*. Аэрофотоснимки не использовались.

Всего таким способом с 1935 по 1950 г. было обследовано свыше 400 млн. *га* лесов, но позднее часть этой территории была изучена более совершенными методами и по состоянию на 1/I-1958 г. осталось только 152 млн. *га* (в 33 лесхозах), на которых не проводились другие виды работ. В дальнейшем эта площадь будет постепенно уменьшаться и к 1975 г. будет близка к нулю.

В результате камеральной обработки материалов аэровизуального обследования составлялись таксационные описания и схематические планы.

Производство аэровизуального обследования, как самого несовершенного из

известных способов, было прекращено в связи с переходом треста Лесной авиации на аэротаксацию в 1949 г. и «Леспроекта» на аэротаксационное обследование в 1950 г.

2. *Аэротаксационное обследование* выполнялось только одним трестом «Леспроект» в период, примерно, с 1951 по 1956 г. и затем было прекращено в связи с окончанием обследования всех неустроенных лесов.

В случае такого обследования, проводившегося с борта самолетов ПО-2, использовались топографические карты масштаба 1 : 100 000 и аэрофотоснимки масштаба 1 : 25 000 — 1 : 60 000. Расстояния между таксационными маршрутами принимались от 4 до 8 *км*, высота полетов — от 400 до 800 *м*. Объектами обследования всегда являлись целые лесхозы или группы их.

В результате обработки материалов аэротаксационного обследования были составлены таксационные описания по трапециям (бассейнам, урочищам), а также схематические карты лесов по лесничествам.

Аэротаксационным обследованием была охвачена территория 110 лесхозов в 16 областях, площадью свыше 700 млн. *га*; в настоящее время эта территория сократилась до 540 млн. *га* (за счет наземных работ) и ежегодно будет сокращаться на 20—30 млн. *га*.

3. *Аэротаксация*, начиная с 1949 г., выполнялась только одной организацией — трестом лесной авиации б. Министерства лесной промышленности и производилась с борта самолетов ПО-2 и АН-2 с обязательным использованием топографических карт масштабов 1 : 50 000 — 1 : 100 000 и аэрофотоснимков в масштабах 1 : 15 000 — 1 : 60 000.

В отличие от аэротаксационного обследования при аэротаксации применяются более крупные снимки, как правило, специальной съемки, а используемые мелкомасштабные увеличиваются до масштаба 1 : 20 000; кроме того, расстояние между маршрутами сокращено в этом случае до одного километра против четырех, и высота полетов снижена до 200 *м*.

Аэротаксация производится в пределах замкнутого бассейна, без учета границ лесничеств и лесхозов; площадь одного объекта аэротаксации колеблется от 100 тыс. *га* до 4 млн. *га*.

В результате камеральной обработки материалов аэротаксации составляется план лесонасаждений и таксационное описание по грузопотокам (урочищам).

Всего аэротаксация проведена на площади 51 млн. *га*. По состоянию на 1/I-1958 г. не перекрыто наземными работами около 31 млн. *га* площади, охваченной аэротаксацией.

В 1958 г. аэротаксация проводилась на площади свыше 3,5 млн. *га*, тот же объем намечен на 1959 г. С 1960 г. аэротаксацию, в таком виде как теперь, производить не будут.

Материалы аэротаксации по качеству значительно лучше материалов аэротаксационного обследования, но все же непригодны для проектных работ и используются для целей общего планирования.

4. *Работы по лесоинвентаризации* выполняются трестом Лесной авиации в границах лесосырьевых баз (закрепленных или проектируемых) по заявкам лесозаготовительных комбинатов (трестов) и проектных организаций. Границы лесхозов и лесничеств при определении границ объекта инвентаризации в расчет не принимаются.

Продолжительность цикла работ по лесоинвентаризации (по сравнению с лесоустройством) невелика: с мая по июнь следующего года, в то время как при лесоустройстве она затягивается до 2—3 лет.

До 1955 г. размер кварталов при лесоинвентаризации принимался 4 × 4 *км*, а с 1955 г. кварталы образуются, как правило, размером 2 × 4 *км*, реже — крупнее. Межвизирное пространство при таксации с аэрофотоснимками принимается в 1 и 2 *км* (до 1952 г. допускалось в 4 *км*).

С 1936 г. (год организации треста Лесной авиации) по 1958 г. проведена лесоинвентаризация на площади свыше 68 млн. *га*, из них не перекрыто работами экспедиций «Леспроекта» свыше 29 млн. *га*; эта площадь размещается в 103 лесхозах 16 областей.

В результате камеральной обработки материалов лесоинвентаризации по каждому объекту изготовляются планы лесонасаждений, составляются таксационные описания и технический отчет с ведомостями.

5. *Лесоустроительные работы* планируются Министерством сельского хозяйства и выполняются в границах лесхозов или реже — лесничеств силами «Леспроекта» по договорам. Продолжительность одного цикла лесоустроительных работ составляет около 2—3 лет: первый год — аэрофотосъемка, изготовление снимков и другие подготовительные работы, второй год — полевые лесоинвентаризационные работы, третий — камеральная обработка материалов, после которой лесоустроительная экспедиция сдает таксационные описания и планы лесонасаждений.

За время, прошедшее после Великой Отечественной войны (1946—1957 гг.), устроено более 250 млн. *га* лесов, в основном, в Европейской части СССР.

На 1/I-1958 г. лесоустройство не закончено лишь в 20 областях и автономных республиках РСФСР (см. табл. 2).

6. *Учет лесосырьевых баз и лесосечного фонда.* В целях уточнения границ запасов древесины и состояния освоения

Таблица 2

Край, автономная область, республика	Площадь лесов (в млн. *га*)	
	общая	устроенная в 1946—1957 г.
Алтайский край	7,8	5,6
Амурская область	30,5	3,6
Архангельская область	26,3	18,9
Бурят-Монгольская АССР	28,8	6,7
Иркутская область	71,0	8,8
Камчатская „	18,4	0,1
Кемеровская „	5,1	2,4
Коми АССР	38,6	18,5
Красноярский край	144,8	13,7
Магаданская область	71,4	—
Мурманская „	9,8	4,5
Новосибирская „	4,6	4,1
Омская „	4,1	2,3
Приморский край	12,5	9,1
Сахалинская область	7,4	4,5
Томская „	28,3	10,4
Тюменская „	91,4	7,6
Хабаровский край	77,9	9,9
Читинская обл.	32,9	5,7
Якутская АССР	196,0	1,2

закрепленных за лесозаготовительными предприятиями лесосырьевых баз, в 1955—1958 гг. по всем лесопромышленным областям РСФСР силами экспедиций треста Лесной авиации, Всесоюзного объединения «Леспроекта» и лесхозов был проведен их учет. При этом на каждый лесхоз составлялись характеристики баз и схемы лесхозов с нанесением границ закрепленных лесосырьевых баз и лесосечного фонда.

Текстовая (цифровая) часть материалов учета включает в себя ведомости, характеризующие площади и запасы лесхоза и закрепленных баз; для каждой базы приводится ведомость по породам. Для каждого действующего лесозаготовительного предприятия приведена справка о его технической оснащенности. В конце материалов приводятся поквартальные сведения об эксплуатационных данных (по породам) в свободных от закрепления кварталах.

Поступила в редакцию
11 июля 1958 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1959

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

ЦЕННЫЙ ВКЛАД В ДЕНДРОЛОГИЮ *

Лесоводы, лесомелиораторы, специалисты по озеленению в своей практической деятельности сталкиваются с необходимостью определения древесных и кустарниковых пород.

Большая потребность в определителях ощущается также в лесных вузах при проведении занятий со студентами. Особые трудности встречаются при определении пород в безлистном состоянии. Имеющиеся определители (Э. Л. Вольфа, вышедший в 1908 г., и под редакцией В. Н. Сукачева, вышедший в 1940 г.) в известной мере устарели и к тому же являются библиографической редкостью. Изданные несколько лет назад определители содержат не более 150—200 видов и рассчитаны либо на любителей, учителей средней школы (Ю. В. Рычин, 1953), либо на учащихся лесных школ и техникумов (А. И. Ванин, 1956).

В связи с этим появление в свет книги проф. А. Л. Новикова «Определитель деревьев и кустарников в безлистном состоянии» является весьма своевременным.

Этот капитальный труд дает описание почти 500 видов древесных и кустарниковых пород и является наиболее полным из имеющихся определителей подобного рода. В нем представлено большинство практически важных древесных и кустарниковых пород Советского Союза, среди которых нашли место и наиболее распространенные экзоты.

Книга является результатом многолетнего труда автора, построена в значительной части на оригинальном материале. Составлению ее предшествовала длительная работа по сбору, изучению и обработке материала в дендрологических садах и парках Украины, Белоруссии, Куйбышевской обл. и др.

Морфологическое описание побегов и почек значительного количества растений дано автором впервые. В работе широко использована литература. Кроме таблиц, для определения вида дается его краткое описание с указанием экологических свойств, географического ареала и народнохозяйственного значения. Таблицы сопровождаются рисунками, среди которых имеется ряд оригинальных.

При составлении определителя учтены современные положения систематики. Даны синонимы русских и латинских названий растений.

Составление ключей для определения древесных пород в безлистном состоянии дело нелегкое. При большом числе определяемых видов это делать еще труднее, так как может появиться некоторая неясность из-за недостаточной определенности отдельных различий, указываемых в определителе (в расположении почек, в количестве чешуй и т. п.). Местами такие трудности встречаются и в рассматриваемом определителе (например, по отношению к родам *Prunus* и *Padus*).

Т. А. Мелехова.

---

* Проф. А. Л. Новиков. Определитель деревьев и кустарников в безлистном состоянии. Государственное издательство сельскохозяйственной литературы Украинской ССР, Киев, 1959.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

В. В. Огиевский. Некоторые вопросы лесного семеноводства 3
К. Е. Никитин. К вопросу бонитирования насаждений 7
Г. А. Тышкевич. Типы еловых лесов Советских Карпат и их возобновление 14
М. М. Михайлов. О естественном семенном возобновлении дуба под пологом леса в Приволжских нагорных дубравах Чувашской АССР 24
В. И. Калинин. О росте лиственничных молодняков в учебно-опытном лесхозе АЛТИ 29
П. И. Войчаль. К методике учета культур, произведенных аэросевом . . . 35
Т. А. Леухина. Морфологические особенности сеянцев сосны обыкновенной в зависимости от стадийно-возрастного состояния материнских деревьев . 40
П. А. Мишин. О снижении возраста рубки для пихты сибирской (Abies sibirica) в связи с зараженностью ее гнилями, вызываемыми грибами . 46
Н. Т. Смирнов. Состояние культур сосны в зависимости от размещения растений и густоты посадки 53

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

С. А. Алексеев, Г. П. Кузьминов. О двигателях воздушного охлаждения для лесных машин 60
М. М. Корунов. Проходимость машин и поездов по мерзлым болотам . . 68
П. А. Новиков. Сопротивление движению петлевой сучкорезки 74
Н. Н. Буторин. Расчет рельсового стыка по методу упругих опор 85
Н. С. Колбас. Исследования по вопросу укрепления грунтов древесным пеком для дорожных целей 94

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. С. Мирошников, Н. И. Федоров. Физико-механические свойства древесины клена БССР 102
П. С. Коноплев. Исследование направляющих устройств за лесопильными рамами 109
А. Л. Бершадский. Расчет производительности автоматического потока в деревообработке 118
П. Н. Хухрянский. Износ и трение прессованной древесины березы . . . 125
Ю. И. Юрьев. О вальцовке рамных пил 136

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. А. Выродов, С. Я. Коротов. К вопросу об омылении эфиров изоборнеола водной щелочью. Сообщение 3 144
И. И. Бардышев, Х. А. Черчес. Живица сосны крымской — перспективное сырье для канифольно-скипидарной промышленности 153
В. А. Лямин, Н. А. Большакова. Опыт переработки древесины методом газификации 157

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

И. М. Боховкин. Итоги VIII Менделеевского съезда. 166

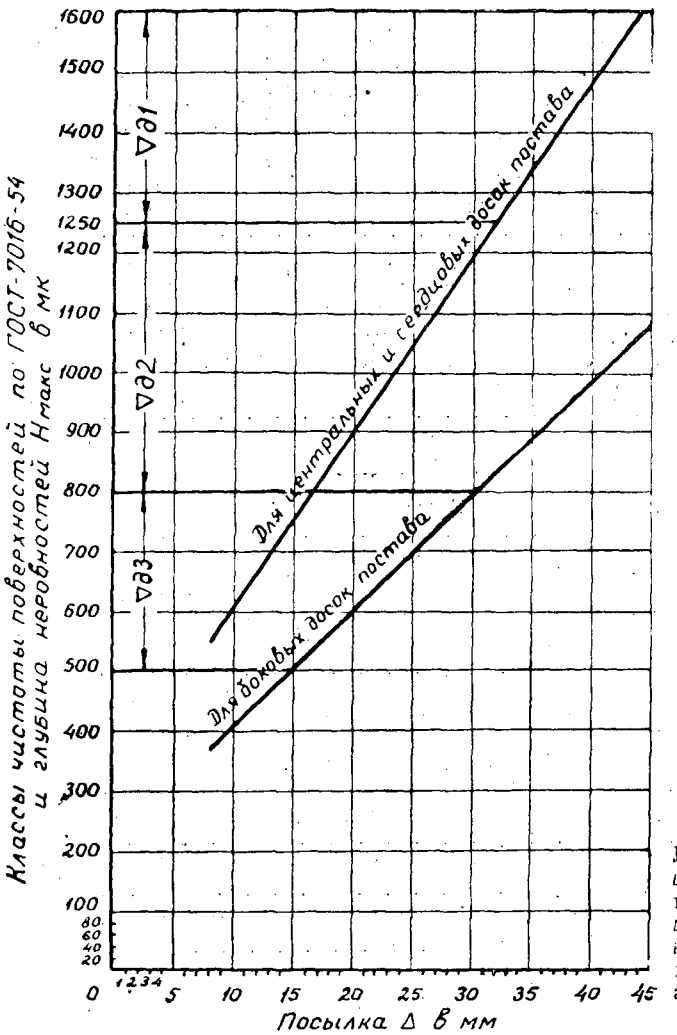
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

И. П. Сеперович. Изученность лесов СССР 171

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Т. А. Мелехова. Ценный вклад в дендрологию 174

ПОПРАВКА



В «Лесном журнале» № 3 за 1959 г. в помещенном на стр. 131 чертеже (рис. 1) по вине редакции допущены ошибки. Помещаем чертеж в том виде, как он дан автором статьи.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“ № 4
(Год издания второй)

Сдано в набор 7/VII-59 г. Подписан к печати 15/IX-59 г. Форм. бум. 70×108 16.
Физич. печ. л. 11. Условн. печ. л. 15,07+2 вклейки. Уч.-изд. 13,99.
Тираж 1500. Сл 00476. Заказ 124. Цена 10 руб.

Типография им. Склепина, г. Архангельск, Набережная им. Сталина, 86.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

4
1959

Архангельский ордена Трудового Красного Знамени
лесотехнический институт им. В. В. Куйбышева

В соответствии с планом Министерства высшего и среднего специального образования СССР по проведению межвузовских научных совещаний, в ноябре 1959 года при Архангельском ордена Трудового Красного Знамени лесотехническом институте им. В. В. Куйбышева будет проводиться межвузовская конференция на тему: «Производство и применение древесно-волокнистых материалов и пластиков».

Для участия в конференции приглашаются профессорско-преподавательский состав высших учебных заведений, инженерно-технические работники промышленности, научно-исследовательских и проектных организаций.

Оргкомитет конференции, кроме проведения пленарных заседаний, предполагает организовать работу следующих секций:

1. Химии и технологии связующих и отделочных материалов.
2. Древесно-стружечных плит.
3. Древесно-волокнистых плит.
4. Облагороженной древесины.

В настоящее время ведутся подготовительные работы к созыву конференции.

В связи с этим Оргкомитет по созыву конференции просит:

1. Принять личное участие в работе конференции и выступить с докладом или сообщением.

2. Сообщить фамилии докладчиков и указать темы докладов для составления общей программы конференции.

3. Сообщить Оргкомитету пожелания в работе конференции, структуре ее секций, тематике докладов, сообщений и пр.

4. Оказать содействие по организации выставки и выслать в Оргкомитет соответствующие экспонаты и материалы.

Выслать в ближайшее время краткие тезисы докладов для их издания. Все материалы направлять в Оргкомитет конференции.

Председатель Оргкомитета, зам. директора
института по научной работе доцент Н. В. НИКИТИН.

Ученый секретарь, доцент А. А. ПАНОВ.

Адрес института: Архангельск, Набережная им. Сталина, 17.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений. Могут быть приняты также статьи сотрудников научно-исследовательских учреждений (с разрешения их руководства) и от отдельных работников науки и производства. Журнал может напечатать присланную работу только при наличии письменного предварительного согласия автора на опубликование его статьи без выплаты авторского гонорара.

Статьи, представляемые в журнал, как правило, не должны превышать 12 страниц машинописного текста. Некоторые, наиболее ценные статьи, могут быть опубликованы по решению редакционной коллегии и при большем объеме — до 24 страниц. Статьи библиографического характера не должны быть более 6 страниц. В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 мм. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны на машинке или разборчиво чернилами от руки.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные — двумя черточками сверху. Особенно это касается таких букв, как *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k*, *U* и *u*, *C* и *c*. Необходимо самое серьезное внимание обращать на аккуратное вписывание схожих по начертанию букв: *h* и *n*. *q* и *g*, *l* и *e*, *v* и *u*, *u* и *a*, *o* и *a* *I* и *J*, ζ и ξ.

Для отличия от буквы О нуль (0) оставлять без подчеркивания. Греческие буквы должны быть подчеркнуты красным карандашом, латинские — синим.

Приводимый в статье графический материал не должен дублировать цифровых таблиц. Никакие сокращения слов, имен, названий, как правило, не допускаются. Возможно употребление лишь общепринятых сокращений — мер (только после цифр), химических, физических и математических величин. Названия учреждений, предприятий, марки механизмов и т. п., упоминаемые в тексте статьи, в первый раз нужно писать полностью (указав в скобках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылки на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы или номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. В списке указываются фамилия и инициалы автора, название работы, журнал, в котором она опубликована (для книг — место издания и издательство), год издания, № журнала. Название журнала, в котором опубликована упоминаемая в списке литературы работа, дается полностью. Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры, если статья написана работником вуза; должны быть написаны дата отправки рукописи, полные имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации представляются в одном экземпляре. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью пером на ватмане, тени на рисунках — при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка простым карандашом должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на отдельном листе, перепечатанными на машинке.

Редакция может возвращать авторам небрежно написанные статьи с требованием об их лучшем изложении и более аккуратном оформлении.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей. Корректура статей авторам, как правило, не предоставляется.

Авторы получают бесплатно 30 оттисков своей статьи (за исключением публикаций в отделе библиографии и хроники).

Цена 10 руб.

С 1 октября
принимается подписка
на журнал на 1960 год

«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

Раздел

„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 60 рублей. Цена отдельного номера — 10 рублей.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплект журналов за 1958 г. и отдельные номера за 1958 и 1959 гг. высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная им. Сталина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».