

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ВОСЬМОЙ

4

1965

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. Ф. И. Коперин (отв. редактор), доц. П. И. Войчалъ (зам. отв. редактора), проф. С. Х. Будыка, доц. Г. А. Вильке, проф. И. В. Воронин, проф. А. Э. Грубе, проф. М. Л. Дворецкий, доц. Д. С. Добровольский, доц. Г. Л. Дранишников, проф. М. И. Зайчик, проф. С. Я. Коротов, акад. ВАСХНИЛ проф. И. С. Мелехов, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Н. Песоцкий, проф. С. И. Рахманов, доц. Г. Я. Трайтельман, доц. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь редакции А. И. Кольцова.

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

Выходит 6 раз в год.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 17.

Лесотехнический институт, тел. 4-13-37.

УДК 634.0.131.8

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

К ПОЗНАНИЮ ФЕНОКЛИМАТИЧЕСКИХ СЕЗОНОВ
(ВРЕМЕН ГОДА) В ЛЕСАХ СССР

А. В. ТЮРИН

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

(Московская область)

Книга А. П. Васьковского («Календарь природы Северо-Востока СССР». Магаданское книжное изд-во, Магадан, 1962) представляет интерес, так как в ней не только сообщены фенологические наблюдения для малоизвестного по своей природе северо-восточного края СССР (наблюдения проводились автором в Магадане и его ближайших окрестностях с 1943 по 1962 г.), но и описан ряд закономерностей в ходе сезонных явлений на Северо-Востоке СССР. Автор книги, помимо своего опорного Магаданского ряда, использовал также другие фенологические материалы. В качестве рубежей сезонов были приняты следующие природные явления: переход температуры через 0° — для начала весны (в Магадане он совпадает с началом сокодвижения у белых берез); зацветание шиповника колючего — для начала лета; начало пожелтения лиственницы даурской — для начала осени; полное обнажение (от хвои) лиственницы даурской — для начала зимы.

Выбранные А. П. Васьковским естественные рубежи сезонов для Северо-Востока СССР едва ли могут быть заменены лучшими. Полное обнажение лиственницы, строго говоря, свидетельствует не о начале зимы, а лишь о начале предзимья, длина которого очень изменчива: в Магадане — 7 дн., а в центре Русской равнины, в г. Пушкино Московской области — 37 дн. Слово «предзимье» не очень удачно. Лесоводы и охотники называют эту пору года, переходную от осени к зиме, очень образно «чернотропом». Представление о зиме в обычном смысле слова всегда связывается с появлением устойчивого снежного покрова.

На Русской равнине для деления на сезоны в качестве рубежей предлагали различные природные явления. Лесоводы севера принимают за начало весны зацветание ольхи серой, за начало лета зацветание сосны обыкновенной, концом лета считают всеобщее изменение окраски листьев, а осень и зиму не выделяют. Период от всеобщего изменения окраски листьев до зацветания ольхи серой называют периодом покоя.

При таком делении период от начала сокодвижения у березы до зацветания ольхи можно было бы назвать предвесенним; период от зацветания сосны обыкновенной до зацветания шиповника — предлетним. Зацветание серой ольхи наступает позже начала сокодвижения березы на 4—5 дн. в средней полосе Русской равнины (Пушкино, Раифа), на 10 дн. в лесостепной полосе (Шипов лес, Вешенская, Юматово, Бузулукский бор), но в северной таежной полосе почти одновременно с нача-

лом сокодвижения белой березы (Петрозаводск, Якша). Шиповник колючий в большинстве мест Русской равнины зацветает позже сосны обыкновенной на 10—15 дней (Обозерская, Пушкино, Раифа, Юматово, Шипов лес, Бузулукский бор), но в Усть-Цильме, а также в Якше, через 2—3 дня после сосны.

Таким образом, по данным А. П. Васьковского, весна длится несколько больше, а лето меньше, чем считают обычно. Однако его предположение вносит большую ясность в установление рубежей осени.

Фенофаза «начало пожелтения хвои» у лиственницы сибирской прослеживается более четко и наступает позже, чем у березы, как раз в то время, когда, по совокупности многих признаков, действительно началась осень. К тому же хвоя лиственницы, имеющей глубокую корневую систему, не подвержена преждевременному пожелтению из-за нередких августовских засух в отличие от листьев березы с поверхностно расположенными корнями. Поэтому для определения начала осени фенофаза «начало пожелтения хвои» лиственницы сибирской может считаться надежным признаком. Фенофаза «полное обнажение от листьев (хвои)» на Русской равнине прослеживается четко как у лиственницы сибирской, так и у березы, наступает почти одновременно и может служить надежным признаком для определения конца осени*.

| Даты начала сезона | Ленинград | Хабаровск | Якутск | Магадан | Сеймчан | Зырян-ка | Нижне-Колымск | Верхоянск |
|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Начало весны (начало сокодвижения березы белой—переход через 0° для первых восьми точек) | 8.IV | 7.IV | 1.V | 8.V | 11.V | 14.V | 21.V | 11.V |
| Начало лета (зацветание шиповника колючего) | 16.VI | 10.VI | 15.VI | 18.VII | 16.VI | 19.VI | 2.VII | 22.VI |
| Начало осени (начало пожелтения хвои лиственницы) | 9.X | 20.IX | 7.IX | 10.IX | 20.VIII | 19.VIII | 17.VIII | 21.VIII |
| Конец осени (полное обнажение лиственницы) | 8.XI | 17.X | 3.X | 7.X | 22.IX | 22.IX | 21.IX | 17.IX |
| Продолжительность, дн. | | | | | | | | |
| весны | 69 | 64 | 45 | 71 | 36 | 36 | 42 | 42 |
| лета | 115 | 102 | 84 | 54 | 65 | 61 | 46 | 60 |
| осени | 30 | 27 | 26 | 27 | 33 | 34 | 35 | 27 |
| предзимья и зимы | 151 | 172 | 210 | 213 | 231 | 234 | 242 | 236 |
| весны, лета, осени | 214 | 193 | 155 | 152 | 134 | 131 | 123 | 129 |
| Число дней от начала зеленения до полного обнажения лиственницы | 185 От 7.V до 8.XI | 166 От 4.V до 17.X | 134 От 22.V до 3.X | 128 От 1.VI до 7.X | 123 От 22.V до 22.IX | 120 От 25.V до 22.IX | 106 От 7.VI до 21.IX | 115 От 25.V до 17.IX |

Примечание. 1) Характеристика для № 1—8 составлена А. П. Васьковским; для остальных — А. В. Тюриным. 2) Даты 7.V и 13.VIII, а также 2.VI — для Хибин (Лапландского заповедника) взяты из книги А. А. Шиголева и А. П. Шманюка [5]. 3) Дата I.X для Хибин взята из работы О. И. Семенова-Тянь-Шаньского [2]. 4) Дата зацветания шиповника для Сиверской (14.VI) поставлена по г. Пушкину, с которым Сиверская имеет весьма близкие даты по весне.

* Изредка встречающаяся на Русской равнине, в культуре, европейская лиственница сбрасывает хвою недели на две позднее сибирской, но зацветает и начинает облиственность одновременно с нею.

Для сопоставления феноклиматических сезонов в лесах разных местностей СССР нами составлена таблица феноклиматических сезонов для ряда местностей Русской равнины (табл. 1).

Для этого были использованы ранее опубликованные фенологические наблюдения [1], [3], [4]. Недостающие даты были любезно сообщены работниками лесных опытных станций.

Для сравнения в таблицу были включены также данные А. П. Васильковского для Северо-Востока СССР. Табл. 1 дополнена четырьмя картами.

В результате поисков фенологических материалов в нашем распоряжении оказались феноклиматические характеристики, позволяющие, быть может, несколько иначе взглянуть на географическую карту СССР, если попытаться построить некоторые феногеографические параллели. Составленные карты помогли осуществить такой опыт.

Фенофаза «начало сокодвижения белой березы» (рис. 1) проходит расстояние с юга — от Хабаровска до Верхоянска (19°) — за 34 дн., а от Шипова леса до Лапландского заповедника (17°) за 39 дн., со средней скоростью соответственно 1,8 и 2,3 дн. на 1° широты.

Передвижение с запада на восток по параллелям проходит с разной скоростью, но не более 0,2 дн. на 1° долготы.

Таблица 1

| Пушкино | Якша (Печорско-Ильчский заповедник) | Раифа (лесная опытная станция) | Иматово (лесная опытная станция) | Бузулукский бор (лесная опытная станция) | Сиверская (опытный лесхоз) | Шипов лес (лесная опытная станция) | Вешенская (научно-исследовательская лесная станция) | Обозерская (лесная опытная станция) | Петрозаводск (лесная опытная станция) | Хибины (Лапландский заповедник) |
|---------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------|------------------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 10.IV | 23.IV | 14.IV | 13.IV | 12.IV | 9.IV | 29.III | 30.III | 27.IV | 16.IV | 7.V |
| 14.VI | 17.VI | 8.VI | 7.VI | 15.VI | 14.VI | 29.V | (29.V) Береза | 21.VI | 18.VI | — |
| 16.IX | 13.IX | 6.IX | 14.IX | 9.IX | 19.IX | 10.IX | 4.IX Береза | 13.IX | 20.IX | Береза 13.VIII |
| 21.X | 18.X | 18.X | 25.X | 18.X | 16.X | 1.XI | 1.XI | 18.X | 22.X | Береза 1.X |
| 65 | 55 | 55 | 55 | 64 | 66 | 61 | 60 | 55 | 63 | — |
| 94 | 88 | 90 | 99 | 86 | 97 | 104 | 98 | 84 | 94 | — |
| 35 | 35 | 42 | 41 | 39 | 27 | 52 | 58 | 35 | 32 | — |
| 171 | 187 | 178 | 170 | 176 | 175 | 148 | 149 | 191 | 176 | 218 |
| 194 | 178 | 187 | 195 | 189 | 190 | 217 | 216 | 174 | 189 | 147 |
| 171 | 151 | 168 | 173 | 168 | 169 | 192 | 192 | 157 | 160 | Береза 121 |
| От | От | От | От | От | От | От | От | От | От | От |
| 3.V | 20.V | 3.V | 5.V | 3.V | 30.IV | 23.IV | 23.IV | 14.V | 15.V | 2.VI |
| до | до | до | до | до | до | до | до | до | до | до |
| 21.X | 18.X | 18.X | 25.X | 18.X | 16.X | 1.XI | 1.XI | 18.X | 22.X | 1.X |

ним и ранним летним фенофазам. Проверена по г. Путилову, Ленинградской области. 5) Дата зацветания шиповника для Вешенской (29.V) поставлена по соседнему Шипову лесу. 6) Дата начала пожелтения хвои лиственницы для Якши (13.IX) поставлена по соседней Обозерской (в скобках). 7) Там, где говорится о лиственнице, имеется в виду лиственница сибирская на Русской равнине и в Западной Сибири и лиственница даурская — в Восточной Сибири.

Близ Полярного Круга данная фенофаза наступает практически одновременно от Лапландского заповедника до Верхоянска и Зырянки.

Фенофаза «начало зеленения (облиствения) лиственницы» (рис. 2) проходит расстояние с юга — от Шипова леса до Лапландского заповедника (17°) — за 40 дн., а от Хабаровска до Верхоянска (19°) — за 21 дн., то есть в два раза быстрее. Скорость передвижения с юга на север соответственно равна 2,3 и 1,1 дня на 1° широты.

Передвижение фенофазы по параллелям 62 , 56 и 49° с. ш. проходит с запада на восток с незначительным запаздыванием, в долях дня на 1° долготы.

Вдоль Полярного Круга фенофаза движется в обратном направлении, с востока на запад, с очень незначительной скоростью, меньше $0,1$ дн. на 1° долготы.

Поскольку для Лапландского заповедника принята дата зеленения не лиственницы (для нее не было наблюдений), а березы, то следует заметить, что в местах совместного существования береза белая и лиственница начинают фазу зеленения в очень близкие сроки, практически одновременно. Продолжительность облиствения березы и лиственницы в различных местах обитания примерно одинакова и равна в среднем 10 дн.

Фенофаза «начало зацветания шиповника колючего в лесах СССР» (рис. 3) проходит расстояние с юга — от Шипова леса до Лапландского заповедника (17°) — за 35 дн., а от Хабаровска до Верхоянска (19°) за 12 дн.; скорость передвижения фенофазы равна соответственно 2 и $0,6$ дн. на 1° широты.

Вдоль Полярного Круга и близ него, от 30 до 90° в. д., и по параллелям 62 и 56° с. ш. шиповник зацветает почти одновременно, вне зависимости от долготы места.

На параллели 49° с. ш. и близ нее заметно влияние долготы места: фенофаза зацветания шиповника при передвижении с запада на восток запаздывает по $0,12$ дн. на 1° долготы. Различные виды шиповника, произрастая в одном месте, начинают цветение в очень близкие сроки, практически одновременно.

Фенофаза «полное обнажение лиственницы» (рис. 4) проходит расстояние с севера — от Верхоянска до Хабаровска (19°) — за 30 дн., а от Лапландского заповедника до Шипова леса (17°) — за 31 дн., с почти одинаковой средней скоростью — соответственно 1,6 и 1,8 дн. на 1° широты.

Передвижение фенофазы по параллелям с востока на запад идет примерно со скоростью от $0,2$ до $0,3$ дн. на 1° долготы.

Продолжительность осени (от начала пожелтения хвои лиственницы до полного ее обнажения) в лесной полосе СССР почти одинакова, о чем можно судить по данным табл. 1: Ленинград — 30 дн., Хабаровск — 27 дн., Якутск — 26 дн., Магадан — 27 дн., Сеймчан — 33 дн., Зырянка — 34 дн., Усть-Колымск — 35 дн., Верхоянск — 27 дн., Пушкино — 35 дн., Якша — 35 дн., Сиверская — 27 дн., Обозерская — 35 дн., Петрозаводск — 32 дн.; в среднем 31 день.

Обнажение лиственницы и белой березы наступает практически одновременно.

В заключение следует сказать, что продолжительность вегетационного периода сокращается в направлении: 1) от Шипова леса к Лапландскому заповеднику (17°) на 70 дн., или по 4 дн. на 1° широты; 2) от Хабаровска к Верхоянску (19°) — на 64 дн., или по 3,4 дн. на 1° широты; 3) от Лапландского заповедника к Верхоянску (расстояние по долготе 100°) на 18 дн., или $0,18$ дн. на 1° долготы; 4) от Шипова леса до Хабаровска (расстояние по долготе 95°) на 24 дн., или по $0,25$ дн. на 1° долготы; 5) от Петрозаводска до Сеймчана (расстояние по долготе 117°)

на 55 дн., или по 0,47 дн. на 1° долготы; 6) от Пушкина до Красноярска (расстояние по долготе 55°) на 20 дн., или по 0,36 дн. на 1° долготы.

Приведенные сведения можно сопоставить с продуктивностью лесов (данные лесоустройства за последние 10 лет). Такое сопоставление приводит к следующим выводам. При продолжительности вегетационного периода выше 200 дн. (Шипов лес) обеспечивается существование высокопродуктивных дубрав в лесостепи; около 190 дн. — высокопродуктивных хвойных (Пушкино, Петрозаводск, Раифа, Юматово, Бузулукский бор, Сиверская) и хвойно-широколиственных лесов (Хабаровск, Обозерская, Якша); около 150 дн. — низкопродуктивных хвойно-лиственных лесов (Хибины — Лапландский заповедник, Якутск, Магадан); 130 и менее дней — хвойно-лиственного редколесья (Сеймчан, Верхоянск, Зырянка, Нижне-Кюлымск).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. И. Иваненко. Фенология древесных и кустарниковых пород. Сельхозгиз, М., 1962.
- [2]. О. И. Семенов-Тянь-Шаньский. Опыт реакклиматизации речного стока в Лапландском заповеднике. Труды Лапландского заповедника, вып. 1, М., 1963.
- [3]. О. И. Семенов-Тянь-Шаньский. Календарь природы Печеро-Ильчезаповедника. Изв. Коми филиала Всесоюзного Географического общества, № 3, 1963.
- [4]. А. В. Тюрин. Фенологические наблюдения в лесах Подмосковья. Географический сборник, т. XVI, М.—Л., 1963.
- [5]. А. А. Шиголев, А. П. Шиманюк. Свое развитие природы. Государственное изд-во географической литературы, М., 1964.

Поступила в редакцию
14 сентября 1964 г.

УДК 634.0.165.6 : 634.0.24

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ ПРИ РУБКАХ УХОДА ЗА ЛЕСОМ

Н. А. КОНОВАЛОВ

Профессор

(Уральский лесотехнический институт)

Лесную селекцию обычно связывают с семеноводством. Большинство советских [1], [10], [12] и зарубежных [7] ученых главное внимание сосредоточивают на значении селекции древесных пород для лесосеменного дела.

Не меньшее значение селекция имеет и при рубках ухода за лесом. Отбор деревьев с учетом их формового разнообразия может способствовать повышению продуктивности и качества выращиваемых древостоев. При этом в лесосеменном деле результаты применения селекции скажутся через длительный промежуток времени, а при рубках ухода — в более короткие сроки.

В. Г. Нестеров [8] называет рубки ухода «массовой селекцией», при которой худшие деревья вырубает, а лучшие оставляют. Однако эта селекция носит стихийный характер. Лишь плановый отбор мелких ценных форм можно назвать селекцией.

В. З. Гулишавили [4], перечисляя цели рубок ухода, указывает на возможность повышения качества древостоев, сокращения сроков выращивания технически спелой древесины, увеличения общей продуктивности насаждений.

Такие же цели рубок ухода преследуют и другие авторы. Однако никто не дает придержек для отбора на основании достижений лесной селекции с использованием мелких хозяйственно ценных форм древесных пород. Проводя же при рубках ухода отбор этих форм, можно успешно выполнить перечисленные задачи. Поэтому мы решили показать возможность применения селекционного отбора при рубках ухода за лесом с учетом изученных мелких форм древесных пород.

Рубки ухода охватывают весь период развития древостоев. Однако современное состояние изученности изменчивости древесных пород таково, что лучше известны их формы лишь в старшем и среднем возрасте. Но существует возможность отбора ценных форм и в более молодом возрасте древостоев.

При проведении рубок ухода наибольшее значение имеют ценные формы, отличающиеся по своему морфологическому строению или срокам фенологического развития. Описание этих форм возьмем из литературных источников, а также из материалов лаборатории лесной селекции Уральского лесотехнического института.

Разбор вопроса начнем с осины, поскольку осина часто сменяет ель, и уход в смешанных осиново-хвойных насаждениях обязателен.

М. Д. Данилов [5] изучил рано и поздно распускающиеся формы осины в районе Поволжья. Эти формы мы встретили и на Урале. Различия в сроках начала вегетации доходят до двух-трех недель.

Эти формы осины мы часто наблюдали в совместном произрастании. По данным сотрудника лаборатории лесной селекции УЛТИ Б. С. Коныхина, на Среднем Урале поздно распускающаяся форма осины в 30 лет превосходит рано распускающуюся на 10% по высоте и на 14% по диаметру.

Отбор при рубках ухода деревьев поздно распускающейся формы осины не представляет трудностей. Для этого отметку в рубку или самую рубку следует проводить в весеннее время, когда эти формы легче отличимы. Наши наблюдения показывают, что поздно и рано распускающиеся формы осины можно отличать уже в I классе возраста. Поэтому селекционный отбор поздно распускающейся формы осины возможен уже при осветлениях и прочистках.

Е. Г. Орленко [9] для Белорусской ССР установил наличие четырех форм осины по цвету коры: серокорой, зеленокорой, темнокорой и белокорой, отличающихся как по накоплению древесной массы, так и по загниванию.

Б. С. Коныхин в Предуралье выделил также четыре формы, но несколько иные: зеленокорую, светлокорую, серокорую и желтокорую.

Наиболее ценной из них является зеленокорая осина, которая не только стоит на первом месте по быстроте роста, но и менее других подвержена загниванию. Поэтому при проведении рубок ухода необходимо в первую очередь оставлять зеленокорую форму, а вырубать желтокорую и серокорую. Это относится как к чистым осинникам, так и к смешанным осиново-еловым насаждениям.

Различие в цвете коры проявляется уже в I классе возраста, но особенно отчетливо это можно наблюдать во II и III классах.

Осина часто растет вместе с елью. Поэтому разберем формы ели, описанные в литературе.

Формы ели по типу ветвления для Швеции были установлены Сильвенон. Подобные формы в горной части Среднего Урала нашел аспирант УЛТИ М. С. Некрасов.

А. В. Альбенский пишет, что до 15—20 лет трудно выделить лучшие экземпляры ели по форме ветвления. Значит, отбор по этому признаку можно вести только при прореживании и отчасти при прочистках. Оставляя на корню деревья с гребенчатым типом ветвления и вырубая в первую очередь деревья ели с горизонтально плоскими ветвями, можно выращивать древостои повышенного качества и в более короткие сроки.

Д. С. Голод [3] в БССР выделил две формы ели: гладкокорую и чешуйчатокорую.

Формы ели, отличающиеся строением коры, по предварительным данным М. С. Некрасова, имеются и на Среднем Урале.

На юге Среднего Урала формы березы изучены бывш. студентом УЛТИ Е. П. Кузнецовым. Наилучшими формами березы бородавчатой оказались трещиноватая, слоистокорая и ромбовиднотрещиноватая, а березы пушистой — белокожая.

Сосна обыкновенная, несмотря на широкое распространение, в формовом отношении изучена недостаточно, а по Уралу совсем нет опубликованных работ. Разберем лишь формы, выделенные по строению кроны и коры. Еще в 1914 г. Г. Ф. Морозов указывал на наличие узкокромной и ширококромной сосен. Эти формы выявлены и изучены в Швеции, где узкокромная форма ценится выше.

Узкокронная форма сосны найдена различными авторами и в СССР, например, на Среднем Урале. По шведским данным, такие формы сосны имеют тонкие, легко опадающие сучья. Наши наблюдения на Урале подтверждают эти данные.

Л. Ф. Правдин [10] рекомендует отбирать деревья сосны с узкой высоко начинающейся кроной, полнодревесные, с хорошо очищенным от ветвей стволом, с боковыми ветвями, отходящими от ствола под более или менее острым углом. Эти указания Л. Ф. Правдина могут быть использованы при отборе деревьев и на Урале. Однако И. Н. Лигачев [6] в Бурятской АССР выделил более производительные сосны с широкой кроной, узкокронные же имели меньшую высоту, но встречались вместе с лиственницей. На среднем Урале мы не наблюдали пониженной высоты у узкокронных форм сосны, когда они росли вместе с лиственницей.

Форма кроны у сосны, по мнению А. В. Альбенского [1], выявляется к десяти годам. Наши наблюдения показывают, что четко характер кроны определяется во II классе возраста. Следовательно, при прореживании можно вести отбор с учетом этого признака. Оставляемые деревья должны быть полнодревесными и по высоте превосходить соседние.

Работами акад. А. В. Фомина [2] установлено, что в лесах УССР наибольшее распространение имеет сосна с чешуйчатой корой, встречающаяся на песках, супесях и суглинках. Вторая форма — с пластинчатой корой — распространена меньше.

Узкокронная, чешуйчатокорая и пластинчатокорая формы сосны, по данным аспирантки УЛТИ Т. А. Терешинной, найдены на юге Среднего Урала. Дипломант УЛТИ Б. П. Грудцын в Припышминских борах описал две формы сосны, отличающиеся по цвету тонкой коры: краснокорую и желтокорую. Древесина первой обладает более высокими техническими качествами. Окраску коры можно определить во II—III классах возраста. Поэтому при прореживании можно использовать этот признак.

Разобранные примеры показывают возможность использования внутривидовой изменчивости основных лесообразующих древесных пород при рубках ухода за лесом для повышения продуктивности лесов и выращивания более доброкачественной древесины.

Отбор ценных форм можно начинать при прореживании и частично при осветлениях и прочистках.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. В. Альбенский. Селекция древесных пород и семеноводство. Гослесбумиздат, М.—Л., 1959. [2]. А. И. Барбарич, О. Д. Вісюлина, О. Л. Липа. Вивчення рас української сосни. Журн. Інституту ботаніки АН УРСР № 16, 1936. [3]. Д. С. Голод. О формах ели обыкновенной в Белорусской ССР. Сборник работ Белорусского отделения Всесоюзного ботанического общества, вып. 2, 1960. [4] В. З. Гулисашвили. Горное лесоводство. Гослесбумиздат, М.—Л., 1956. [5]. М. Д. Данилов. Рано и поздно распускающиеся формы осины. Бюллетень Московского общества испытателей природы, отд. биологии, т. LIX (5), 1954. [6]. И. Н. Лигачев. Формы сосны обыкновенной в Бурятской АССР и их лесоводственное значение. Автореферат, Свердловск, 1959. [7]. Б. Линдквист. Лесная генетика в шведской лесоводственной практике. Реферат Т. П. Некрасовой, Новосибирск, 1958. [8]. В. Г. Нестеров. Общее лесоводство. Гослесбумиздат, М.—Л., 1954. [9]. Е. Г. Орленко. Формовое разнообразие осины в лесах Белорусской ССР и возможность его использования в селекции. Сб. «Быстрорастущие и хозяйственно ценные древесные породы», изд. Министерства сельского хозяйства СССР, М., 1958. [10]. Л. Ф. Правдин. Задачи и методы современного лесного семеноводства. Гослесбумиздат, М., 1963. [11]. А. С. Яблоков. Селекция древесных пород. Сельхозгиз, М., 1962.

УДК 634.0.566 : 674.031.232.264.2(47)

ОБ ОПЫТНЫХ ТАБЛИЦАХ ХОДА РОСТА СЕМЕННЫХ ДУБОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР**М. В. ДАВИДОВ**

Профессор

(Украинская сельскохозяйственная академия)

Во всех таблицах хода роста, начиная с таблиц Варгаса де Бедемара (1846—1850 гг.), при изучении хода роста было принято разделять насаждение на главную и подчиненную части. Такая конструкция таблиц общепринята как у нас в СССР, так и за рубежом. Отдельный учет подчиненной части насаждения, или отпада, позволяет определить размер промежуточного пользования, а также и общую продуктивность насаждения, что имеет определенное практическое значение.

Однако в нашей специальной литературе за последние годы [2], [3] была рекомендована и другая форма таблиц хода роста, в которой дается таксационная характеристика насаждения в целом. Хотя этот вопрос и не является принципиальным, необходимо все же заметить, что по существу предлагаемая форма таблиц не вносит ничего нового в их конструкцию; она представляет даже некоторые неудобства в практическом отношении, в особенности при таксации насаждений, подвергающихся систематическим мерам ухода.

В качестве примера можно привести таблицы хода роста, опубликованные Ф. П. Моисеенко для семенных дубовых насаждений европейской части СССР [2]. Эти таблицы оригинальны и в другом отношении. Они базируются не только на данных местных таблиц, составленных для семенных дубовых насаждений УССР и БССР, но и на материалах общих таблиц хода роста для СССР.

Еще менее понятно наименование вновь составленных таблиц, претендующих на применение их на всей территории европейской части СССР. Для этого, как нам представляется, у автора не было достаточных оснований. Чтобы сделать такое широкое обобщение, нужно было бы располагать более солидным материалом, тем более, что рост насаждений дуба, как известно, далеко еще не изучен в пределах его ареала.

Как показали, например, исследования семенных дубовых насаждений в степной зоне УССР [1], в ходе роста их имеются свои специфические особенности: наряду с древостоями обычного, умеренного типа роста, здесь произрастают культуры дуба (а возможно и насаждения естественного семенного происхождения) с ускоренным ростом в высоту в молодости и убывающей интенсивностью в последующие годы.

Для таксации такого рода насаждений потребовалось составление отдельных таблиц хода роста. Интересно отметить, что рост семен-

ных дубовых насаждений на юге Украины оказался довольно близким к данным опытных таблиц хода роста дубовых насаждений Чехословакии [5].

С другой стороны, нельзя не обратить внимания и на те существенные расхождения в ходе роста по высоте и особенно по диаметру, которые получаются при сравнении с соответствующими данными общих таблиц хода роста, составленных Ф. П. Моисеенко. Ниже приведены данные для II класса бонитета, являющегося средним для семенных дубовых насаждений УССР (табл. 1).

Таблица 1

| Возраст, лет | Средние высоты, м | | | Средние диаметры, см | | |
|--------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|-----------------------------------|--------------------------------|--|
| | по общим таблицам Ф. П. Моисеенко | по таблицам Е. И. Луция (УССР) | по чешским таблицам для II класса бонитета | по общим таблицам Ф. П. Моисеенко | по таблицам Е. И. Луция (УССР) | по чешским таблицам для II класса бонитета |
| 20 | 7,1 | 9,8 | 8,0 | 5,7 | 9,6 | 5,7 |
| 30 | 10,6 | 13,0 | 12,8 | 8,0 | 13,1 | 12,1 |
| 40 | 13,7 | 15,4 | 16,2 | 11,1 | 15,8 | 17,3 |
| 50 | 16,4 | 17,1 | 18,4 | 14,9 | 18,1 | 21,1 |
| 60 | 18,7 | 18,4 | 19,9 | 18,8 | 20,0 | 24,0 |
| 70 | 20,7 | — | 20,9 | 22,5 | — | 26,1 |

При существенной разнице в ходе роста по высоте и диаметру между данными общих и местных таблиц хода роста дуба будут значительные расхождения по запасу и выходу сортиментов. Это видно из данных табл. 2. В таблице приведена таксационная характеристика 60-летнего семенного дубового насаждения II класса бонитета по данным общих и местных таблиц хода роста. В этом возрасте, как видно из табл. 1, средние высоты почти равны, но запасы стволовой древесины (табл. 2) тем не менее расходятся на 11%, а выход крупной деловой древесины, по данным местных таблиц, примерно, в 2 раза выше, чем по общим; при равенстве запасов средней деловой древесины имеется однако существенная разница (в 2,5 раза) в запасах мелкой деловой древесины. Общий выход деловой древесины различается на 9%, а дров на 12%.

Таблица 2

| Название таблиц хода роста | Общий запас стволовой древесины, м ³ | В том числе | | | | | | |
|--|---|-------------|---------|--------|---------------|---------------------|-------|--------|
| | | крупной | средней | мелкой | итого деловой | % деловой древесины | дрова | % дров |
| Общие таблицы Ф. П. Моисеенко | 264 | 5 | 109 | 74 | 188 | 71 | 30 | 11 |
| Местные таблицы хода роста для степной зоны УССР (Е. И. Луция) | 236 | 9 | 109 | 28 | 146 | 62 | 54 | 23 |

Приведенные данные убедительно показывают существенные недостатки общих таблиц хода роста, при составлении которых не только игнорируются особенности роста насаждений, но искажается и сортиментная структура. Это происходит лишь потому, что при их составлении, как известно, не придают решающего значения условиям местопроизрастания.

В этой связи следует напомнить, что еще совершенно не исследован ход роста семенных дубовых насаждений в Тульских засеках, в Поволжских дубравах, в горных лесах Кавказа и Закавказья и в ряде других районов европейской части СССР.

Несомненно, что при очередных исследовательских работах будут установлены особенности роста дуба во всех названных районах. Возможно, что тогда уже будет целесообразно произвести и некоторые обобщения в ходе роста семенных дубовых насаждений, но применительно к отдельным крупным естественноисторическим районам.

С этой точки зрения будет уместно подойти к оценке новых общих таблиц хода роста, составленных для насаждений дуба семенного происхождения. Сбор и обработку материала, положенного в основу таблиц хода роста, использованных автором, производили, примерно, по одинаковой методике, а в основу бонитирования исследуемых насаждений была положена общебонитировочная шкала; все насаждения, не укладывающиеся в той или иной мере по ходу роста в высоту в данные бонитировочной шкалы, как правило, исключали из основного материала, так как при таком методе исследования и не ставили целью изучение особенностей роста насаждений. Поэтому почти во всех без исключения таблицах хода роста в пределах породы, класса бонитета и возраста обычно получают очень близкие средние высоты, дублирующие, по существу, те данные, которые представлены в общебонитировочной шкале.

Не случайно и в таблицах хода роста для семенных дубовых насаждений, составленных разными авторами, средние высоты в пределах класса бонитета оказались весьма близкими.

В средних диаметрах, по данным тех же таблиц, имелись существенные отличия, тем не менее и в данном случае было сделано обобщение. Дальнейшая работа по составлению общих таблиц свелась к нахождению средних величин других таксационных признаков насаждения путем графического или математического выравнивания исходных данных.

Результат применения этих таблиц в различных районах европейской части СССР будет виден в ближайшем будущем. Пока можно лишь сказать, что на Украине, в особенности в степной зоне, применять их, по-видимому, несколько рискованно. Такие же трудности могут встретиться и в других районах СССР (Тульские засеки, Поволжские дубравы и др.), так как при составлении общих таблиц был использован далеко не полный материал о ходе роста семенных дубовых насаждений СССР.

Если принять во внимание своеобразную форму таблиц хода роста, предложенную автором, которая не имеет преимуществ перед общепринятой, можно усомниться даже в целесообразности составления таблиц такого рода.

Вопрос о том, какой тип таблиц наиболее приемлем для нашей лесохозяйственной практики, в свое время уже обсуждался в специальной литературе [4]. Тогда было указано на несостоятельность самой идеи составления общих таблиц хода роста, однако в настоящее время приходится вновь возвращаться к этой теме. При составлении таких таблиц игнорируется среда (условия местопроизрастания), выхолащивается и содержание самой категории бонитета, теряющего в данном случае связь с почвенно-грунтовыми условиями.

Поэтому в настоящее время, когда перед таксаторами и лесоустроителями стоит задача совершенствования и уточнения методов учета запасов на корню и в срубленном виде, вряд ли серьезно можно говорить о целесообразности составления таблиц такого рода.

По нашему мнению, необходимо продолжать начатые исследования по совершенствованию таблиц хода роста, учитывая особенности роста насаждений. В конечном итоге мы должны получить приемлемые результаты не только при таксации запаса, но и при установлении сортиментной структуры древостоев. Такая работа несомненно будет плодотворна и полезна как для науки, так и для производства.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Е. И. Луций. Особливості росту і продуктивність культур дуба в Степовій Зоні України. Вісник сільськогосподарської науки, № 2, 1964. [2]. Ф. П. Моисеенко. Ход роста и товарность семенных дубовых насаждений. Журн. «Лесное хозяйство» № 4, 1964. [3]. Ю. Н. Савич. К методике построения таблиц хода роста насаждений. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1962. [4]. Н. В. Третьяков. Закон единства в строении насаждений. Изд. «Новая деревня», 1927. [5]. F. Kopsun. Porostní tabulky pro dub, Prace výskumných ústavů lesníkův CSR, Svazek 11, 1956.

Поступила в редакцию
15 июня 1964 г.

УДК 634.0.524.12

ИССЛЕДОВАНИЕ НОРМАЛЬНЫХ ВИДОВЫХ ЧИСЕЛ

В. К. ЗАХАРОВ

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

А. С. ГОЛОВАЧЕВ

Аспирант

(Белорусский технологический институт).

Вопросу о значении и преимуществах нормальных видовых чисел f_n посвящена статья В. К. Захарова [1]. В дальнейшем было интересно проследить, сохраняется ли постоянство средней формы стволов при различных возрастных категориях насаждений, а также имеются ли взаимосвязи между отдельными таксационными признаками насаждений и f_n .

Объектами исследования послужили сосновые насаждения в возрасте 15, 50 и 90 лет в сосняке-черничнике (A_3).

Таксационная характеристика заложенных пробных площадей приведена в табл. 1.

Таблица 1

| № пробной площади | Состав | Возраст, лет | Средние | | Класс бонитета | Число стволов на 1 га | Сумма площадей сечений, м ² на 1 га | Полнота | Запас на 1 га, м ³ | Число срубленных и измеренных деревьев |
|-------------------|--------|--------------|---------|------|----------------|-----------------------|--|---------|-------------------------------|--|
| | | | Д | Н | | | | | | |
| 1 | 10С+Б | 15 | 4,1 | 4,3 | II | 16400 | 21,00 | 1,0 | 63,8 | 60 |
| 2 | 10С+Б | 50 | 17,6 | 16,8 | II | 940 | 23,25 | 0,7 | 179 | 80 |
| 3 | 10С | 90 | 26,1 | 23,0 | II | 460 | 24,76 | 0,7 | 262,0 | 100 |

На пробах было срублено и обмерено по десяти секциям одинаковой длины (0,10 Н) 240 учетных деревьев. Результаты исследования приведены в табл. 2.

Приведенные в табл. 2 данные указывают на весьма незначительные различия средних значений f_n по возрастам, что позволило объединить материалы трех пробных площадей и получить среднее значение f_n для сосновых насаждений, независимо от возраста: 0,518 в коре и 0,541 без коры.

С увеличением возраста коэффициент варьирования f_n уменьшается.

Характер и степень варьирования полученных значений f_n близко совпадает с кривой нормального распределения (рис. 1).

Определение величины f_n по формуле, предложенной В. К. Захаровым [1], представляет известное техническое затруднение. С целью упрощения техники вычисления f_n были проведены следующие исследо-

Таблица 2

| № пробных площадей | Возраст, лет | Число наблюдений | Статистические показатели варьирования $\left(\frac{\text{в коре}}{\text{без коры}}\right)$ | | | |
|--------------------|--------------|------------------|---|----------|--------|--------|
| | | | $M \pm m$ | σ | w | ρ |
| 1 | 15 | 60 | $0,519 \pm 0,0070$ | $0,0546$ | $10,5$ | $1,35$ |
| | | | $0,542 \pm 0,0065$ | $0,0510$ | $9,4$ | $1,20$ |
| 2 | 50 | 80 | $0,520 \pm 0,0038$ | $0,0330$ | $6,3$ | $0,73$ |
| | | | $0,549 \pm 0,0036$ | $0,0325$ | $5,9$ | $0,65$ |
| 3 | 90 | 100 | $0,517 \pm 0,0019$ | $0,0194$ | $3,8$ | $0,37$ |
| | | | $0,532 \pm 0,0042$ | $0,0420$ | $5,8$ | $0,58$ |
| Среднее | | | $0,518 \pm 0,0021$ | $0,0333$ | $6,4$ | $0,41$ |
| | | | $0,541 \pm 0,0023$ | $0,0357$ | $6,6$ | $0,43$ |

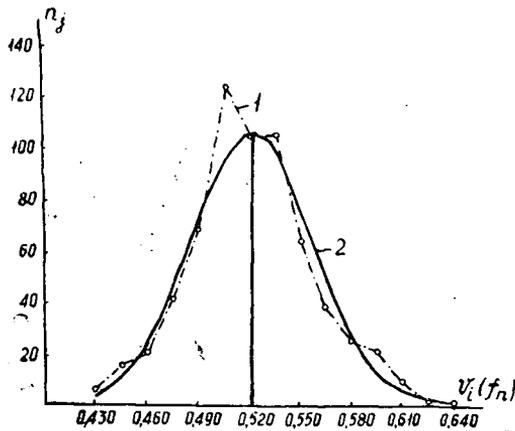


Рис. 1. Распределение нормальных видовых чисел сосновых насаждений (в коре) по опытным данным (кривая 1) и по кривой нормального распределения (2)

вания. Аналогично старым видовым числам выразим объем ствола через произведение площади сечения на $0,5H$ на высоту H , то есть

$$V_{\text{ств}} = g_{0,5} \cdot H. \quad (1)$$

В этом случае формула В. К. Захарова [1] принимает вид

$$f_n = \frac{V_{\text{ств}}}{V_{\text{цил}}} = \frac{\frac{\pi d_{0,5}^2}{4} \cdot H}{\frac{\pi d_{0,1}^2}{4} \cdot H} = \frac{d_{0,5}^2}{d_{0,1}^2} \left(\frac{d_{0,5}}{d_{0,1}} \right)^2 = q_{0,5/0,1}^2. \quad (2)$$

Таким образом, f_n равно квадрату коэффициента формы $q_{0,5/0,1}$, который будем обозначать через q_n . Теоретическим обоснованием формулы (2) может быть установление степени корреляционной связи между $d_{0,1}$ и $d_{0,5}$ в коре, что можно видеть из табл. 3.

Видна очень высокая корреляционная зависимость между $d_{0,1}$ и $d_{0,5}$, теснота которой с возрастом повышается. Корреляционная связь между указанными величинами имеет следующий вид:

$$d_{0,5} = 0,73d_{0,1} - 0,30. \quad (3)$$

Таблица 3

| № пробной площади | Коэффициент корреляции $r \pm m_r$ | Корреляционное отношение $\eta \pm m_\eta$ |
|-------------------|------------------------------------|--|
| 1 | $0,951 \pm 0,0123$ | $0,954 \pm 0,0116$ |
| 2 | $0,972 \pm 0,0062$ | $0,975 \pm 0,0055$ |
| 3 | $0,911 \pm 0,0018$ | $0,992 \pm 0,0016$ |

По всем 240 стволам была установлена высокая корреляционная зависимость между f_n и q_n (в коре и без коры), которая дана в табл. 4.

Таблица 4

| Коэффициент корреляции $\left(\frac{\text{в коре}}{\text{без коры}}\right)$ | | Корреляционное отношение $\left(\frac{\text{в коре}}{\text{без коры}}\right)$ | |
|---|-----------------|---|-----------------------|
| $r \pm m_r$ | $\frac{r}{m_r}$ | $\eta \pm m_\eta$ | $\frac{\eta}{m_\eta}$ |
| $0,801 \pm 0,0073$ | $109,0 > 3$ | $0,823 \pm 0,0066$ | $125 > 3$ |
| $0,743 \pm 0,0091$ | $82,1 > 3$ | $0,762 \pm 0,0085$ | $90 > 3$ |

Уравнения связи имеют вид

в коре

$$f_n = 0,092 + 0,60q_n; \quad (4)$$

без коры

$$f_n = 0,100 + 0,60q_n. \quad (4, a)$$

При постоянстве средней формы стволов сосны и независимости ее от возраста древостоя, о чем свидетельствует и стабильность нормальных видовых чисел (табл. 2), можно утверждать, что и соотношение

$$f'_n = q_n^2,$$

а также

$$q_n = \sqrt{f'_n} \quad (5)$$

будет величиной постоянной.

Фактическая величина q_n на пробах по возрастам в коре и без коры составила (табл. 5):

Таблица 5

| Показатели | Проба № 1 | Проба № 2 | Проба № 3 | Среднее |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| q_n | $0,711 \pm 0,0087$ | $0,714 \pm 0,0052$ | $0,703 \pm 0,0027$ | $0,707 \pm 0,0009$ |
| | $0,749 \pm 0,0092$ | $0,740 \pm 0,0390$ | $0,732 \pm 0,0031$ | $0,735 \pm 0,0007$ |
| $f'_n = q_n^2$ | $0,519 \pm 0,0121$ | $0,500 \pm 0,0063$ | $0,502 \pm 0,0063$ | $0,502 \pm 0,0042$ |
| | $0,563 \pm 0,0131$ | $0,559 \pm 0,0058$ | $0,543 \pm 0,0044$ | $0,553 \pm 0,0044$ |
| f_n (опыт) | $0,519 \pm 0,0070$ | $0,520 \pm 0,0038$ | $0,517 \pm 0,0019$ | $0,518 \pm 0,0021$ |
| | $0,542 \pm 0,0065$ | $0,549 \pm 0,0036$ | $0,532 \pm 0,0042$ | $0,541 \pm 0,0023$ |

Примечание. В числителе — в коре; в знаменателе — без коры.

Таким образом, расхождение между f_n и f'_n составляет в среднем: в коре 3,3%, а без коры 2,2%.

Средний коэффициент варьирования q_n равен: в коре 6,39, без коры — 6,37%, то есть полностью совпадает со средним коэффициентом варьирования фактической величины f_n .

Если в формулу $q_n = \sqrt{f_n}$ подставить фактическое среднее значение нормального видового числа f_n (табл. 2), то получим:

в коре

$$q_n = \sqrt{0,518} = 0,719;$$

(вместо опытного 0,707);

без коры

$$q_n = \sqrt{0,541} = 0,736$$

(вместо опытного 0,735).

Разности между приведенными величинами $q_n - f_n = C$ также будут иметь постоянные значения: в коре $C = 0,719 - 0,518 = 0,201$; без коры $C = 0,736 - 0,541 = 0,195$, а в общем $C = 0,20$.

Таким образом, получаем равенство

$$f_n = q_n - C. \quad (6)$$

По фактическим величинам f_n и q_n получаем: в коре $C = 0,707 - 0,518 = 0,189$; без коры $C = 0,735 - 0,541 = 0,194$, то есть округленно 0,19 — 0,20.

Уместно отметить, что значение C по формуле Кунце для сосны в коре $C = q_2 - f_s = 0,211$. Таким образом, значение C , вычисленное разными методами, практически одинаково и в среднем равно 0,20.

При наличии тесной корреляционной связи между f_n и q_n естественно, что и отношение между ними, которое назовем фактором формы F , будет носить постоянный характер и составит соответственно

$$F_{\text{в коре}} = \frac{q_n}{f_n} = \frac{0,707}{0,518} = 1,365; \quad F_{\text{без коры}} = \frac{0,735}{0,541} = 1,358,$$

откуда

$$f_n = q_n \cdot F. \quad (7)$$

Для возможности практического использования нормальных видовых чисел f_n необходимо установить корреляционную связь между $d_{1,3}$ и $d_{0,1}$, а также между $d_{1,3}$ и $d_{0,5}$.

Показатели связи для сосны в коре приведены в табл. 6 и на рис. 2.

Таблица 6

| № проб | Показатели корреляции | | Уравнение связи по всему материалу |
|--------|-----------------------|--------------------|--|
| | $r \pm m_r$ | $\eta \pm m_\eta$ | |
| 1 | $0,963 \pm 0,0094$ | $0,968 \pm 0,0081$ | $d_{0,1} = 1,09 + 0,906d_{1,3}$ $d_{0,5} = 0,65 + 0,657d_{1,3}$ |
| | $0,914 \pm 0,0220$ | $0,950 \pm 0,0130$ | |
| 2 | $0,965 \pm 0,0076$ | $0,977 \pm 0,0077$ | |
| | $0,950 \pm 0,0110$ | $0,952 \pm 0,0110$ | |
| 3 | $0,983 \pm 0,0034$ | $0,985 \pm 0,0030$ | |
| | $0,950 \pm 0,0098$ | $0,968 \pm 0,0062$ | |

Примечание. В числителе — данные для корреляционной связи между $d_{1,3}$ и $d_{0,1}$; в знаменателе — между $d_{1,3}$ и $d_{0,5}$.

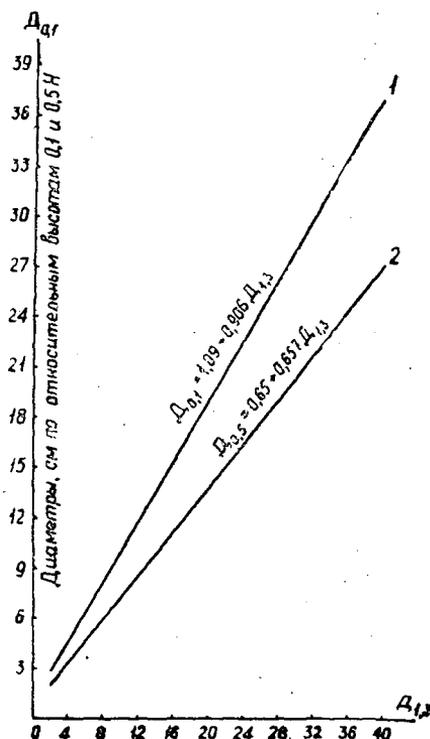


Рис 2. Линейная зависимость диаметров на 0,1 H (кривая 1) и на 0,5 H (кривая 2) от диаметра сосны на высоте 1,3 м.

Линейный характер связи между $d_{1,3}$ и $d_{0,1}$; $d_{1,3}$ и $d_{0,5}$ подтверждается достоверным коэффициентом линейности.

Вычисленные коэффициенты варьирования $d_{0,1}$ оказались на уровне аналогичных величин для диаметров на 1,3 м и составили: на пробе № 1 — 34,7%; на пробе № 2 — 26,0%; и на пробе № 3 — 28,6%.

Запас древесины каждой пробы может быть вычислен по формуле

$$M = \Sigma g_{0,1} \cdot h_{\text{ср}} \cdot f_{\text{п}} \quad (8)$$

Сопоставление запасов древостоев на пробах, вычисленных двумя способами, приведено в табл. 7.

Таблица 7

| № пп. | Средняя высота, м | Сумма площадей сечений, м ² /га | | Запасы древостоев, м ³ /га | | Разница, % |
|-------|-------------------|--|--------------|---------------------------------------|---|------------|
| | | по $d_{1,3}$ | по $d_{0,1}$ | по формуле (8) | по объемным таблицам по $d_{1,3}$ и H | |
| 1 | 4,3 | 21,00 | 29,52 | 66,0 | 63,8 | 3,3 |
| 2 | 16,8 | 23,25 | 20,87 | 182,0 | 179,0 | 1,6 |
| 3 | 23,0 | 24,76 | 22,59 | 270,0 | 262,0 | 2,9 |

Расхождение запасов незначительно и находится в пределах 1,6—3,3%.

Если по формуле (8) вычислить запасы древостоев в настоящее время и n лет назад, то получим текущее изменение запасов древостоя за n лет

$$M_a - M_{a-n} = f_n (\Sigma G_{0,1} \cdot H_{cp} - \Sigma g_{0,1} \cdot h_{cp}), \quad (9)$$

где $\Sigma G_{0,1}$ — сумма площадей сечений деревьев на $0,1H$ в настоящее время;

$\Sigma g_{0,1}$ — та же величина n лет назад, установленная по модельным деревьям;

H_{cp} и h_{cp} — высоты древостоев в настоящее время и n лет назад.

Из формулы (8) видно, что изменение запасов равно разности объемов двух цилиндров, умноженной на постоянную для данной породы величину f_n .

Проведенные исследования показывают, что нормальные видовые числа при наличии корреляционных связей с другими таксационными признаками насаждений, помимо теоретического, имеют также и практическое значение в определении как запасов, так и приростов насаждений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. К. Захаров. Нормальные видовые числа. Журн. «Лесное хозяйство» № 5, 1964.

Поступила в редакцию
1 февраля 1965 г.

УДК 634.4 : [634.0.232.31 : 674.031.232.264.2]

СТЕПЕНЬ ПОВРЕЖДЕНИЯ ГРИБНЫМИ БОЛЕЗНЯМИ ЖЕЛУДЕЙ РАЗНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

А. М. ШУТЯЕВ

Аспирант

(Воронежский лесотехнический институт)

Распространение грибов, вызывающих болезни желудей, в пределах ареала дуба черешчатого изучено недостаточно, тем более почти нет данных об их встречаемости и повреждении желудей в зависимости от типа леса и формового состава древостоя.

В литературе имеются сведения о зараженности желудей вредными грибами в отдельных географических пунктах [1], [3], [4], [6], [7], [8]. В нашем сообщении приведены материалы по распространению следующих трех видов грибов, наиболее сильно поражающих желуди: *Sclerotinia pseudotuberosa* Rhem., *Phomopsis quercella* Dicl., грибов рода *Penicillium* Link.

Для анализа были взяты 43 образца желудей, полученные из разных районов ареала дуба в течение 1954—1957 гг. для создания географических культур в Центрально-Черноземном заповеднике (Курская область). Древостои поздно распускающейся формы представляют 8 образцов, рано распускающейся — 35 образцов.

Все партии желудей хранили в одинаковых условиях, в изолированных траншеях глубиной до 50 см с влажным песком. После зимнего хранения желуди анализировали методом взрезывания. Одновременно учитывали желуди, поврежденные желудевым долгоносиком и плодояркой. Для анализа от каждой партии брали по 200 желудей. Урожайность в отдельных пунктах оценивалась в 2—3 балла (по паспортам). Данные анализов позволяют отметить следующее.

Гриб *Sclerotinia pseudotuberosa* Rhem., вызывающий мумификацию желудей, встречен в 55% проанализированных образцов. Это подтверждает мнение И. Г. Бейлина [1] об очаговом распространении этого гриба. Зараженность отдельных образцов достигает 90%. В литературных источниках [1] отмечена наибольшая зараженность — 38%.

Зараженность желудей этим грибом как у ранней, так и у поздней форм дуба возрастает от степной зоны к лесной. Так, желуди ранней формы из дубрав УССР, Молдавии оказались здоровыми, а образцы из Татарской, Чувашской, Свердловской, Новгородской областей в значительной степени поражены грибом. Причина этого в том, что северные дубравы отличаются более влажными условиями местопроизрастания. Это соответствует биологии развития гриба [8].

Фактор увлажнения является одной из причин более широкого распространения этого гриба на желудях поздней формы в степных дубравах, по сравнению с ранней формой.

Желуди поздней формы дуба в большей степени поражаются склеротинией. Например, желуди ранней формы украинских образцов урожая 1955 г. (донецкие, днепропетровские, львовские) совсем не поражены, а желуди поздней формы на 4 (львовские) — 11% (винницкие). Желуди поздней формы из Брестской области (1954 г.) погибли от склеротинии еще до закладки на зимнее хранение, в то время как желуди ранней формы из Могилевской области (1956 г.) были поражены до 4%. Безусловно, на развитии гриба и зараженности им белорусских форм дуба сказались погодные условия отдельных лет, но такие резкие различия в зараженности форм, видимо, объясняются еще и биологическими особенностями желудей разных форм дуба.

Очень сильно (на 25—28%) поражены образцы поздней формы из Теллермановского массива Воронежской области (1954 г.). Из нагорных дубрав этого леса не были получены желуди ранней формы, но желуди ранней формы пойменного экотипа совсем не повреждены склеротинией. На 13% поражены желуди в образце из зеленчуково-снитьевой дубравы Московской области, в котором желуди поздней формы составляют 78%. Непораженными оказались желуди поздней формы из свежей кленово-липовой дубравы Сумской области. В этом типе леса затронуты также желуди ранней формы.

В литературе есть сообщение А. Я. Губанова о стойкости желудей поздней формы против склеротинии [2]. Наши данные свидетельствуют о большей стойкости желудей ранней формы.

Намечается различие в зараженности образцов желудей одной формы, но разных экотипов. Так, желуди поздней формы из нагорной дубравы Теллермановского леса заражены на 25—28%, а образец из пойменной дубравы, в котором желуди поздней формы составляли 68,6%, поражен только на 3,5%.

Гриб *Photopsis quercella* Died., вызывающий белую плесень, встречен в 83% образцов, то есть имеет почти повсеместное распространение. Зараженность достигает 21%. С. А. Штраух-Валева [8] отмечает зараженность желудей до 41% и считает этот гриб наиболее опасным.

На первом месте по зараженности этим грибом стоят образцы из лесной зоны, затем из степной и лесостепной.

С. А. Штраух-Валева [8] отмечает, что наибольшее значение фомопсис имеет в южных дубравах. Причина большего заболевания северных желудей, видимо, также заключается в увеличении влажности условий местопроизрастания дубрав при движении с юга на север.

Как отмечает В. И. Потлайчук [4], гриб фомопсис интенсивно заражает желуди при повышенной влажности среды.

По нашим анализам, больше всего повреждены желуди из дубрав Татарской АССР, Свердловской, Куйбышевской, Черниговской, Могилевской, Ярославской областей. Слабо заражены фомопсисом воронежские, курские, смоленские образцы и образец из горной дубравы Тебердинского заповедника (Кавказ). Фомопсис не отмечен в образцах поздней формы из Брестской, Воронежской, Курской, Сумской областей. В целом намечается тенденция уменьшения зараженности желудей поздней формы по сравнению с ранней формой одного лесотипологического происхождения.

Грибы рода *Penicillium* Link., вызывающие зеленую плесень, встречаются во всех образцах, то есть имеют повсеместное распространение в пределах ареала дуба. По нашим данным, зараженность образцов достигает 25%, а по В. И. Потлайчуку [4] (для южно-украинских дубрав) — до 51%. При этом желуди ранней формы в лесной зоне больше подвержены заболеванию, чем в степной.

Наиболее заражены пенициллиумом желуди из нагорных дубрав Воронежской, Куйбышевской, Донецкой, Черниговской, Курской, Днепропетровской областей и из Молдавии, наименее — из Могилевской, Смоленской, Львовской областей, Литовской ССР, Татарской АССР, Краснодарского края.

Таким образом, грибы рода пенициллиум находят наиболее благоприятные условия для своего развития в сухих условиях местопроизрастания дубрав степи и лесостепи. Эти условия соответствуют биологии грибов, которые обычно развиваются при пониженной влажности среды [8] и подсыхании желудей [1].

Зараженность образцов поздней формы, наоборот, увеличивается от степной зоны к лесной. Одной из причин географического различия повреждения желудей фенотипов дуба является, по-видимому, разная приуроченность поздней формы дуба к условиям среды. Если в степных дубравах поздняя форма занимает более влажные положения, и это уменьшает зараженность ее желудей пенициллиумом, то в условиях БССР поздняя форма встречается в более сухих повышенных местах, чем ранняя [5], и это увеличивает заболевание ее желудей.

Пенициллиум сильнее поражает желуди ранней формы дуба, чем поздней в том же типе леса. Так, курские желуди ранней формы из свежей кленово-липовой дубравы поражены на 19%, поздние совсем не поражены, украинские ранней формы (донецкие, D₂) — на 13,5%, поздние (винницкие, D₂) — на 3,5%, воронежские ранней формы из осокково-снытьевой дубравы Шипова леса — на 25%, поздние — на 17,5%.

В этом случае разная зараженность желудей форм дуба объясняется их биологическими особенностями. Различия связаны также с разной физиологической устойчивостью желудей ранней и поздней форм к грибам того или иного вида, а также с возможным несоответствием сроков развития гриба и сроков опадения желудей этих форм дуба.

В заключение отметим, что сбор желудей нужно проводить с учетом видового состава грибов и степени зараженности ими лесного массива. Предпочтение следует отдавать тем лесным участкам равноценного качества, которые наименее повреждены грибами.

В каждом географическом районе ареала дуба необходимы постоянные пробные площади по типам леса и формам дуба для проведения фитопатологических анализов желудей в течение ряда лет, отличающихся погодными факторами и урожаем желудей.

Это является необходимым условием для характеристики дубрав, которые намечены для производственных сборов желудей, и для организации лесосеменных хозяйств.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] И. Г. Бейлин. Болезни желудей и меры их предупреждения. Изд. АН СССР, М., 1951. [2] Е. П. Заборовский. Плоды и семена древесных и кустарниковых пород. Гослесбумиздат, 1962. [3] В. И. Потлайчук. Вредная микрофлора желудей и ее развитие в зависимости от условий произрастания и хранения. «Ботанический журнал» № 1, 1953. [4] В. И. Потлайчук. Болезни желудей. Определитель грибов на плодах и семенах древесных и кустарниковых пород, М., 1962. [5] В. И. Саутин. Хозяйственно ценные формы дуба черешчатого. Сборник работ по лесному хозяйству. Гослесбумиздат, 1957. [6] И. Г. Семенова. Некоторые данные о микрофлоре желудей различного происхождения. Доклады ТСХА, вып. 48, 1959. [7] В. Н. Шафранская. Грибные болезни желудей. Журн. «Лесное хозяйство» № 6, 1950. [8] С. А. Штраух-Валева. О биологии некоторых грибов, вызывающих заболевания желудей. Труды Института леса, т. XVI, 1954.

УДК [634.0.181.7 : 674.032.475.542] : 634.0.232.216

РОСТ КУЛЬТУР ЕЛИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПОЧВЫ И БЕЗ НЕЕ

А. И. ЧЕРНОГОР

Аспирант

(Украинская сельскохозяйственная академия)

Задачей наших исследований было изучение влияния частичной (полосной) подготовки почвы на рост еловых культур в условиях свежей дубравы в западной лесостепи УССР.

Эта зона отличается мягким умеренным климатом, среднегодовая температура здесь около $+6,5^{\circ}$. Продолжительность вегетационного периода — 200 дн. Район относительно влажный, среднее годовое количество осадков — 570 мм, испарение равно количеству осадков.

Производственно-опытные лесные культуры с частичной (полосной) подготовкой почвы и без нее были заложены нами в 1961 г. в Красиловском лесничестве, Староконстантиновского лесхоззага, Хмельницкой области.

Участок № 1 расположен в урочище «Баймаки», квартал 53, площадь 6,1 га, поверхность волнистая, лесосека незадернелая, рубка проведена в ноябре-декабре 1960 г., почва — свежие серые лесные суглинки на лёссе, тип леса — свежая грабовая дубрава, покров редкий — медуница, фиалка, копытень, звездчатка, гусиный лук, хохлатка. Подготовку почвы под посадку семян не делали.

Участок № 2 расположен в урочище «Баймаки», квартал 54, площадь 3,3 га, поверхность волнистая, лесосека незадернелая, рубка проведена в ноябре 1960 г., почва — свежие серые лесные суглинки на лёссе, тип леса — свежая грабовая дубрава, покров редкий — медуница, фиалка, копытень, звездчатка ланцетолистная и др.

На этом участке в октябре 1960 г. произведена частичная подготовка почвы полосами шириной 0,5 м вручную лопатой на глубину до 18 см с оборачиванием пласта.

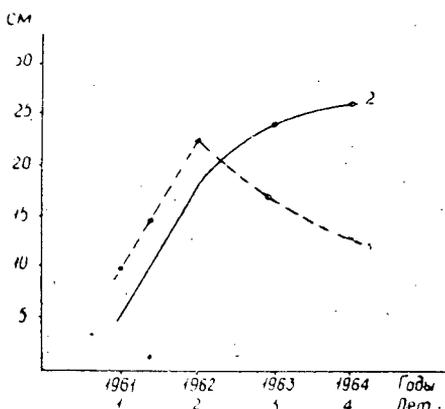
Весной 1961 г. на участке № 2 почву подновляли вручную сапой, а на участке № 1 — маркировали для обозначения мест посадки семян.

Тщательно отсортированные двухлетние сеянцы ели обыкновенной высотой 14,2—14,5 см и толщиной 0,7—0,9 см у шейки корня, взятые из питомника лесничества, сажали под меч Колесова. Размещение посадочных мест $1,5 \times 0,5$ м. Уходы и наблюдения за обоими участками проводили регулярно и одинаковыми методами.

При прочих равных условиях лесные культуры в конце 1964 г. имели следующую характеристику.

Приживаемость культур на участке № 1 составила 86,2%, на участке № 2 — 86,5%; средний диаметр соответственно 2,9 и 3,1 см; сред-

няя высота — 76,6 и 88,1 см; текущий прирост по высоте в 1961 г. — 9,7 и 5,0 см; в 1962 г. — 22,5 и 18,3; в 1963 г. — 16,9 и 24,3; в 1964 г. — 13,1 и 26,3 см; средний прирост по высоте — 19,1 и 22,1 см; средняя площадь проекций крон — 0,40 и 0,51 м²; вес надземной части — 287,8 и 191,6 г. Смыкания крон на участке № 1 нет, на участке № 2 — только в рядах. Замечено, что прирост культур на участке № 2 с годами плавно увеличивается (рис. 1), а на участке № 1 сначала возрастает, а затем резко снижается. Это объясняется тем, что на участке № 2 корни сеянцев охватывают больший объем почв, а основная масса сосу-



хой почвы (кривая 2) и без нее (кривая 1). Рис. 1. Графики текущего прироста по высоте культур ели, созданные подготовкой почвы (кривая 2) и без нее (кривая 1).

щих корней располагается глубже, то есть в условиях более благоприятных (табл. 1), чем для культур участка № 1. Увеличение веса надземной части на участке № 1 произошло за счет густого ветвления кроны растущих сеянцев. Строение и развитие корневых систем сеянцев на участках также не одинаково (табл. 1). На участке № 2 корневая система располагается глубже, однако основная масса корней располагается в поверхностном слое почвы (на участке № 1 от 1 до 11 см и от 3 до 25 см на участке № 2).

Таблица 1

| Корни | Участок № 1 | | | Участок № 2 | | |
|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| | глубина распространения корней, см | вес воздушно-сухих корней, г | % от общего веса корней | глубина распространения корней, см | вес воздушно-сухих корней, г | % от общего веса корней |
| Стержневой | До 45 | 36,0 | 38 | До 95 | 33,7 | 51 |
| Боковые диаметром более 2 мм | 2—11 | 37,5 | 40 | 7—25 | 18,6 | 29 |
| | менее 2 | 1—11 | 21,1 | 3—25 | 13,1 | 20 |
| Итого | — | 94,6 | 100 | — | 65,4 | 100 |

Общий вес корней на участке № 1 больше вследствие сильного развития боковых корней диаметром более 2 мм.

Вес корневых систем в обоих случаях составляет 1/4 общего веса надземной и подземной частей.

Посадка под меч Колесова отразилась на строении корневой системы: корни располагаются в основном в плоскости посадочной щели, что особенно выражено на участке № 1. На участке № 2 корни распространяются во все стороны, односторонность развития выражена меньше. Поэтому на суглинистых разностях почв ель следует сажать под лопату, особенно на неподготовленных почвах.

УДК 634.0.562.2

О ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ОШИБКЕ В ОПРЕДЕЛЕНИИ СРЕДНЕГО НАКОПЛЕНИЯ (СРЕДНЕГО ПРИРОСТА) ЗАПАСОВ ДРЕВЕСИНЫ И ОСНОВАХ ПРАВИЛЬНОГО ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Г. С. РАЗИН

Аспирант

(Поволжский лесотехнический институт)

В ранее опубликованной нашей статье * показано, что при исчислении среднего накопления древесины совокупности классов возраста (хозяйства) нельзя применять формулу

$$\Sigma Z = \frac{V_1}{a_1} + \frac{V_2}{a_2} + \dots + \frac{V_n}{a_n}$$

В настоящей статье разберем более подробно, в чем заключается принципиальная ошибочность использования для определения среднего накопления древесины в совокупностях древостоев формулы

$$\Sigma Z = \Sigma V : A_{\text{ср}} \quad (1)$$

В абсолютно разновозрастном древостое среднее накопление находят вполне правильно путем деления наличного запаса на возраст данного древостоя. В этом случае время, в течение которого накапливался наличный запас, равно возрасту, или, иначе говоря, возраст равнозначен периоду накопления.

Рассмотрим, как изменяется средний возраст древостоев класса возраста и хозяйства и равнозначна ли его величина периоду накопления. Допустим, что имеется совокупность древостоев I класса возраста (поколения), представленного всеми возрастными равными площадями от 1 года до 20 лет. Средний возраст этого поколения (класса) равен 10 годам; а период накопления — 20 годам.

В поколении II класса возраста отдельные древостои имеют возраст от 21 года до 40 лет. Поколение имеет фактический возраст, равный 40 годам, а средний возраст — 30 лет. Поколение III класса возраста (41—60 лет) имеет фактический возраст — 60 лет, а средний — 50 лет и т. д.

Средний возраст всегда меньше периода накапливания (фактического возраста) T на половину продолжительности класса K и определяется по формуле

$$A_{\text{ср}} = T - 0,5K \quad (2)$$

* О среднем приросте запасов древесины в лесах СССР. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1964.

Теперь рассмотрим кратко, как изменяется средний возраст в хозяйстве, состоящем из совокупностей поколений (классов).

Известно, что если хвойное хозяйство состоит из древостоев пяти первых классов возраста с равномерным распределением по ним площадей древостоев («нормальный хвойный лес»), то средний возраст древостоев этого хозяйства равен 50 годам, тогда как время, прошедшее от момента зарождения этого хозяйства, или время, затраченное на накопление общего наличного запаса (фактический возраст хозяйства), равно 100 годам. Таким образом, для нормального леса имеем следующую закономерность изменения среднего возраста:

$$A_{\text{ср}} = 0,5T. \quad (3)$$

Совершенно по-другому развиваются реальные хозяйства, лесопокрываемые площади которых по классам возраста распределены неравномерно. Здесь закономерность изменения среднего возраста во времени очень сложна и выражается разными формулами для различных периодов времени. Для примера приведем формулы для трех периодов

$$A_1 = 0,5T_1; \quad (4)$$

$$A_2 = \left[0,5T_2 \cdot \frac{1}{2} F_2 + \left(T_2 - \frac{K}{2} \right) F_1 \right] \cdot \frac{1}{F_1 + F_2}; \quad (5)$$

$$A_3 = \left[0,5T_3 \cdot \frac{1}{3} F_3 + \left(T_3 \cdot \frac{2}{3} - \frac{K}{2} \right) F_2 + \left(T_3 - \frac{K}{2} \right) F_1 \right] \cdot \frac{1}{F_1 + F_2 + F_3}, \quad (6)$$

где A_1, A_2, A_3 — средние возрасты хозяйства после первого, второго и третьего периодов времени, прошедших с момента зарождения первоначального древостоя данного хозяйства;

K — продолжительность класса возраста;

T_1, T_2, T_3 — периоды времени, по истечении которых определяли средний возраст хозяйства; $T_1 = K$; $T_2 = 2K$; $T_3 = 3K$;

F_1, F_2, F_3 — площади древостоев первого, второго и третьего поколений.

Первым поколением является древостой самого старшего класса возраста данного хозяйства в любой рассматриваемый момент; вторым, третьим и т. д. — древостой последующих младших классов; после третьего периода третьим поколением служит наличный древостой I класса; промежуточные классы между старшим и младшим поколениями могут отсутствовать, что может иметь место только в небольших хозяйствах.

Мы определяли динамику среднего возраста елового хозяйства лесов Пермской области, состоящего на 1.1-1960 г. из древостоев десяти классов возраста (поколений). Для наглядности составлены графики изменения средних возрастов абсолютно одновозрастного древостоя, поколения, нормального леса и хозяйства (совокупности поколений) во времени (рис. 1). Как видно из графика, средний возраст реального хозяйства изменяется не по прямой линии, а по ломаной. В первое двадцатилетие он изменяется так же, как средний возраст поколения и нормального леса. В дальнейшем он может быть и больше и меньше, в зависимости от изменения возрастной структуры.

Исходя из характера изменений средних возрастов, следует сделать вывод, что средние возрасты поколения, нормального леса и ре-

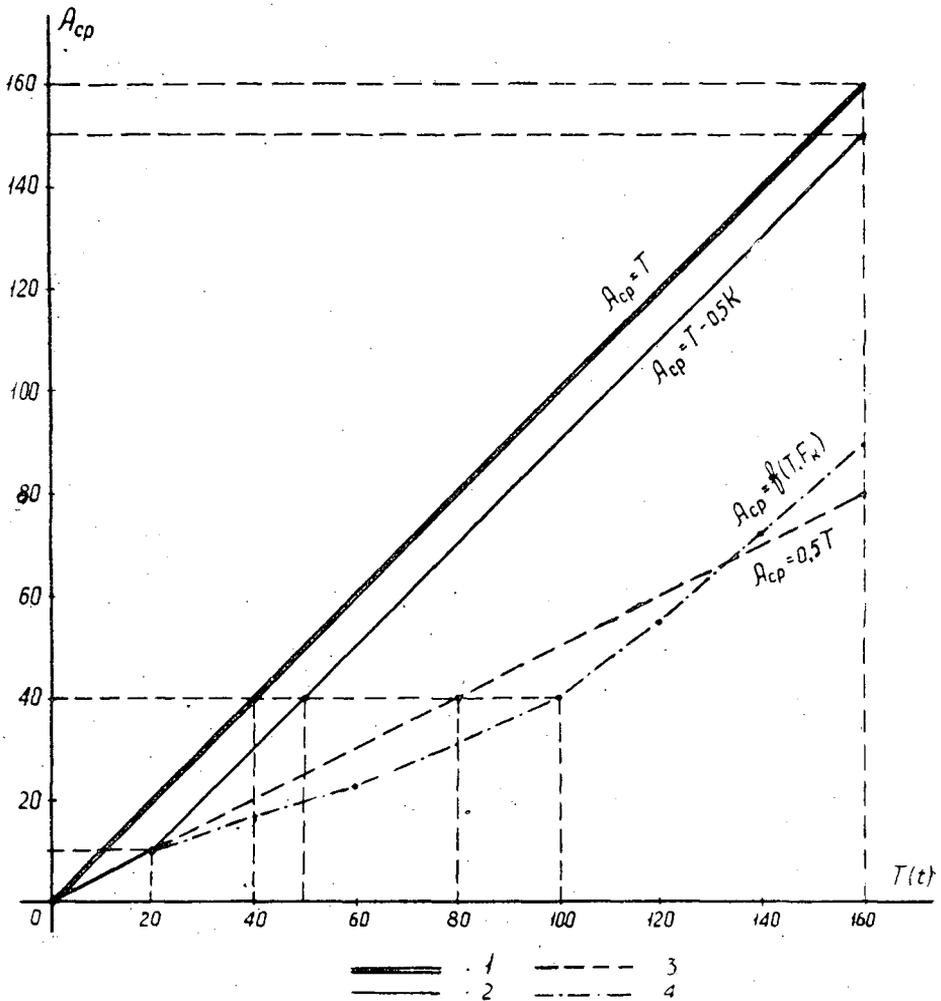


Рис. 1.

1 — абсолютно одновозрастный древостой; 2 — поколение; 3 — нормальный лес;
4 — еловое хозяйство Пермской области.

ального хозяйства, как и другие таксационные показатели, изменяясь во времени, являются функцией времени [$A_{cp} = f(t)$]. Это означает, что средний возраст любой совокупности A_{cp} является величиной переменной, зависимой от переменной величины аргумента — времени t ; изменение их не тождественно времени развития, как это имело место в абсолютно одновозрастном древостое. Вследствие этого время, затраченное на накопление запасов древесины, не равно среднему возрасту, и поэтому среднее накопление, определенное по существующей методике — путем разделения наличного запаса на средний возраст — будет очень искаженной величиной. Среднее накопление завышается в I классе возраста в 2 раза, во II — в 1,33 раза, в III — в 1,2 раза и т. д. и в X — на 5%.

Причины ошибок в определении величины средних накоплений (средних приростов), на наш взгляд, заключаются в том, что метод

определения среднего накопления абсолютно одновозрастного древостоя (простейшего сообщества) применен к совокупности множеств, при этом не обращено внимание на то, что средние возрасты совокупностей разновозрастных древостоев изменяются не тождественно истечению времени. В природе нет случаев произрастания на большой территории абсолютно одновозрастных естественных древостоев, так как закономерна их разновозрастность.

Среднее накопление в действительности может равняться величине, найденной по существующей методике (путем деления наличных запасов на средний возраст совокупности), еще и в том случае, если на протяжении времени, равного среднему возрасту и более, он для совокупности сохранялся бы постоянным и равным среднему возрасту в последний момент. Такой случай вполне возможен, если на данной рассматриваемой площади нормальный лес произрастает уже в течение периода, равного среднему возрасту данной совокупности или превышающего его. В этом случае среднее накопление на всем протяжении (при $T = A_{cp}$) должно быть всегда равно текущему накоплению, что соответствует лучшему использованию данных площадей и организации лесного хозяйства с полным воспроизводством используемых запасов древесины.

Исходя из описанного принципа, мы предлагаем следующие формулы для определения среднего накопления запасов древесины в наличных совокупностях древостоев за прошлое время их жизни:

1) для разновозрастного насаждения

$$Z = V : T; \quad (7)$$

2) для совокупности древостоев одного класса (поколения)

$$Z_k = V_k : T_k; \quad (8)$$

3) для хозяйства (совокупности из нескольких классов одной преобладающей породы)

$$Z_{хоз} = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_k}{T_{хоз}} = \frac{\sum V_k}{T_{хоз}} = \frac{V_{хоз}}{T_{хоз}}; \quad (9)$$

4) для лесного массива из нескольких хозяйств

$$Z_m = \frac{V_{хоз(1)} + V_{хоз(2)} + \dots + V_{хоз(n)}}{T_m} = \frac{\sum V_{хоз(n)}}{T_m} = \frac{V_m}{T_m}; \quad (10)$$

5) для совокупностей лесных массивов — лесов нескольких областей или в целом по стране

$$Z_l = \frac{V_{м(1)} + V_{м(2)} + \dots + V_{м(n)}}{T_l} = \frac{\sum V_{м(n)}}{T_l} = \frac{V_l}{T_l}, \quad (11)$$

где $Z, Z_k, Z_{хоз}, Z_m, Z_l$ — средние накопления насаждения, класса (поколения), хозяйства (всех наличных классов одной преобладающей породы), массива (совокупности из нескольких хозяйств), совокупностей лесных массивов;

$V, V_k, V_{хоз}, V_m, V_l$ — общие наличные запасы древесины в насаждении, классе, хозяйстве, массиве, совокупности массивов;

$T, T_k, T_{хоз}, T_m, T_l$ — время, в течение которого накапливались наличные запасы древесины в насаждениях, классах, хозяйствах, массивах, совокупностях массивов.

Далее возникает необходимость установления времени накопления T в каждой совокупности. Это может быть осуществлено лишь с неко-

торой допустимой точностью, что зависит как от точности определения возраста древостоев при таксации, так и от других факторов. Период накопления или развития устанавливается для всех совокупностей, кроме классов, путем тщательного анализа их возрастной структуры.

Для разновозрастного насаждения T принимают равным возрасту деревьев старшего возраста данного насаждения. Однако в этом случае количество деревьев этого и наиболее высокого возраста должно быть не меньше 10% общего количества деревьев в насаждении, чтобы эти деревья не оказались случайными.

Для древостоев класса (поколения) T_k принимают равным возрасту наиболее старшего древостоя этой совокупности.

Во всех случаях

$$T_k = N \cdot K, \quad (12)$$

где N — число, указывающее порядковый номер класса возраста;
 K — продолжительность класса.

Для хозяйства $T_{\text{хоз}}$ равно времени развития старшего класса (поколения) данного хозяйства. Однако этот класс вместе с поколениями наиболее старейшими по занимаемой площади должен составлять не менее 5% общей площади, так как в большом хозяйстве могут быть поколения тех классов, которые не являются нормальным старшим классом данной совокупности из-за небольшой занимаемой им площади. Для лесного массива T_m принимают равным времени развития (периода накопления) старшего хозяйства данного массива. Однако старшее хозяйство с другими, наиболее старейшими хозяйствами должны составлять не менее 20% общей площади массива с тем, чтобы поколение, по которому определялся период развития хозяйства, занимало не менее 1% площади массива. Для совокупности лесных массивов — лесов нескольких областей или для леса в целом по стране — T_d равно периоду развития (накопления) старейшего лесного массива или старейшего хозяйства данной совокупности. Здесь также должно быть соблюдено условие, чтобы лесной массив или хозяйство, время развития которого принято за время развития (накопления запасов) всего леса, составлял от общей площади лесов не менее 20%.

При принятии таких условий можно найти действительные величины средних накоплений любых совокупностей с допустимой точностью.

Процент среднего накопления должен определяться по формуле

$$P = 100 : T, \quad (13)$$

а не по формуле

$$P = 100A_{\text{ср}}. \quad (14)$$

При вычислении по формуле (14) получалось, что проценты среднего прироста зависят лишь от среднего возраста древостоев совокупностей, тогда как фактически они зависят от большей степени от возрастной структуры совокупностей. В зависимости от последней одинаковые средние возрасты достигаются за разные периоды развития. Следует помнить, что проценты средних накоплений, как и сами средние накопления, действительны только для данной совокупности в рассматриваемый момент. С изменением времени или совокупности меняются и средние величины.

УДК [581. 192. 7 : 634. 0. 232. 323. 9] : 674. 032

О ВЛИЯНИИ НЕФТЯНОГО РОСТОВОГО ВЕЩЕСТВА НА ПОСЕВЫ СЕМЯН ХВОЙНЫХ ПОРОД

П. М. МАЛАХОВЕЦ

Аспирант

В. П. ТАРАБРИН

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Нефтяное ростовое вещество (НРВ), являющееся солью нафтеновых кислот, получаемых из отходов нефтяной промышленности, нашло широкое применение как стимулятор роста в земледелии и животноводстве.

Исключительная дешевизна (1—2 коп. на 1 га), длительная сохранность активности и безвредности при хранении и употреблении привлекают к нему не только внимание тружеников сельского хозяйства, но и лесоводов.

Опыты, проведенные Д. А. Комиссаровым и Л. П. Штейнвольфом [2], А. М. Пинчуком [5] и В. П. Головащенко [1], показали, что в ряде случаев нефтяное ростовое вещество оказывает заметное положительное влияние на рост, развитие и приживаемость сеянцев древесных пород. Однако оптимальные дозы использования НРВ в лесокультурном деле до сих пор почти не изучены.

С целью определения этих доз авторы поставили лабораторные и полевые опыты по изучению влияния обработки семян водными растворами НРВ на их посевные качества*.

Опытные посевы проводили в питомнике и на лесокультурных площадях учебно-опытного лесхоза Архангельского лесотехнического института (ст. Емца, Северной ж. д.).

В лабораторных условиях семена сосны и ели высевали в глиняные горшочки с почвой. Семена замачивали в водных растворах НРВ, имеющих концентрацию от 0,01 до 0,08% (с интервалом через 0,01%), а также в воде — сосновые — на 8 час, еловые — на 16 час. По данным Ф. Б. Орлова, В. П. Тарабрина [4] и В. В. Огиевского [3], при таком сроке намачивания семена имеют наиболее высокую всхожесть. Повторность опытов двукратная.

Всхожесть семян сосны и ели в зависимости от концентрации водного раствора НРВ показана в табл. 1.

* В лабораторных опытах принимали участие студенты лесохозяйственного факультета АЛТИ В. Чечулин и А. Ключинцев. Посевы и учеты на лесокультурных площадях проведены П. М. Малаховцом.

Таблица 1

| Порода | Всхожесть семян (%) при намачивании | | | | | | | | в воде |
|--------|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| | в растворе НРВ концентрации, % | | | | | | | | |
| | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | |
| Сосна | 81 | 89 | 93 | 92 | 82 | 73 | 61 | 54 | 79 |
| Ель | 71 | 76 | 81 | 79 | 79 | 67 | 55 | 57 | 68 |

Из данных табл. 1 видно, что всхожесть семян сосны и ели возрастает с повышением концентрации раствора до 0,03%, затем несколько падает и при концентрации более 0,06% меньше, чем в контроле.

Учитывая лабораторные данные, при посеве семян в питомнике и на лесокультурной площади мы приняли концентрацию раствора НРВ 0,03% (при том же сроке намачивания).

В питомнике, помимо сосны и ели, высевали семена лиственницы, намоченные в течение 48 час. Посевы произведены грядковым способом на среднеподзолистой супесчаной почве. Для каждого варианта была взята одна гряда длиной 20 м (повторность опытов двукратная). Норма посева семян: 1,5 г сосны и ели и 3 г лиственницы на 1 пог. м.

Таблица 2

| Порода | Выход семян с 1 пог. м (шт.) при намачивании | | Вес 100 семян в воздушно-сухом состоянии (г) при намачивании | |
|-------------|--|--------|--|--------|
| | в НРВ | в воде | в НРВ | в воде |
| Сосна | 105 | 66 | 4,67 | 3,96 |
| Ель | 119 | 110 | 2,00 | 1,98 |
| Лиственница | 59 | 49 | 4,17 | 2,83 |

Данные осенних учетов (табл. 2) показали, что выход однолетних семян сосны с 1 пог. м при намачивании в НРВ оказался на 59% выше, чем у намоченных в воде. Кроме того, вес 100 семян в воздушно-сухом состоянии, обработанных НРВ, на 18% больше, чем у намоченных в воде. У ели нет значительной разницы в выходе с 1 пог. м и весе 100 семян, тогда как у лиственницы при разнице в выходе с 1 пог. м в 20% вес семян из обработанных семян на 47% больше.

Посевы сосны и ели на лесокультурных площадях были проведены в несколько сроков на супесчаной и среднесуглинистой почвах. Почву обрабатывали якорным покровосдирателем. Семена I класса сортности высевали в поперечные бороздки по 50 штук в каждую на глубину 1 см. Расстояние между бороздками 1 м. Грунтовая всхожесть семян показана в табл. 3.

Анализ табл. 3 показывает, что при посеве 15 мая в большинстве случаев грунтовая всхожесть семян без предпосевной обработки выше, чем намоченных в НРВ и в воде. Особенно это заметно в посевах на суглинистой почве. В результате холодной погоды, установившейся в конце мая 1963 г. (выпадение снега, заморозки), сложились крайне неблагоприятные условия для прорастания семян. При повышенной влажности и низкой температуре почвы сухие семена менее подвержены воздействию отрицательных факторов.

При посевах в июне и начале июля, когда почва была уже прогрета, наиболее высокую всхожесть дали семена, обработанные НРВ. На-

Таблица 3

| Порода | Способ предпосевной обработки | Грунтовая всхожесть семян (%), посеянных | | | |
|-------------------------|-------------------------------|--|------|--------|-------|
| | | 15.V | 1.VI | 15.VII | 1.VII |
| Супесчаная почва | | | | | |
| Ель | Без обработки | 30,2 | 33,4 | 48,0 | 49,3 |
| | Намачивание в воде | 27,8 | 44,4 | 61,6 | 68,4 |
| | „ в НРВ | 29,6 | 60,2 | 71,4 | 72,1 |
| Сосна | Без обработки | 20,6 | 60,8 | 60,4 | 61,2 |
| | Намачивание в воде | 18,8 | 65,2 | 62,2 | 75,6 |
| | „ в НРВ | 24,2 | 64,4 | 69,7 | 79,0 |
| Среднесуглинистая почва | | | | | |
| Ель | Без обработки | 34,0 | 55,8 | 59,1 | 80,4 |
| | Намачивание в воде | 21,2 | 64,7 | 68,5 | 87,6 |
| | „ в НРВ | 22,0 | 78,7 | 71,6 | 87,8 |
| Сосна | Без обработки | 36,2 | 46,4 | 48,0 | 59,8 |
| | Намачивание в воде | 24,2 | 52,8 | 54,8 | 64,2 |
| | „ в НРВ | 17,4 | 53,2 | 55,4 | 62,0 |

пример, количество всходов ели при посеве семенами, намоченными в НРВ, в 1,5—2 раза больше, чем у необработанных. Несколько меньшее различие по всхожести имеют семена сосны.

Всхожесть семян, обработанных НРВ, по сравнению с намоченными в воде, как правило, выше, хотя разница эта в ряде случаев невелика.

Для определения влияния обработки семян в растворе НРВ на рост и развитие культур исследовали качественные показатели сеянцев.

В табл. 4 показаны результаты обследования посевов 1 июня 1963 г. на супесчаной почве по состоянию на 5 сентября 1964 г.

Таблица 4

| Порода | Способ подготовки семян к посеву | Отпад сеянцев за два года, % | Средняя высота сеянцев, см | Вес 100 сеянцев в воздушно-сухом состоянии, г | Средняя длина стержневого корня, см | Средняя длина боковых корней, см |
|--------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------|---|-------------------------------------|----------------------------------|
| Ель | Без обработки | 7,1 | 2,9 | 4,8 | 6,6 | 8,0 |
| | Намачивание в воде | 3,2 | 3,1 | 5,4 | 8,4 | 14,6 |
| | „ в НРВ | 3,2 | 3,5 | 6,4 | 9,1 | 17,6 |
| Сосна | Без обработки | 5,4 | 3,5 | 8,8 | 6,9 | 13,2 |
| | Намачивание в воде | 2,5 | 3,5 | 10,2 | 9,6 | 16,7 |
| | „ в НРВ | 1,6 | 3,8 | 11,5 | 11,0 | 23,1 |

Как видно из табл. 4, предпосевная обработка не оказала существенного влияния на рост сеянцев сосны и ели в высоту.

Отпад культур во всех случаях незначителен, но у посевов семенами, намоченными в воде и НРВ, он заметно меньше.

Наиболее значительное влияние предпосевная обработка семян оказала на развитие корневой системы и накопление органического веще-

ства. У посевов семенами, намоченными в НРВ, длина стержневого корня сеянцев в 1,4—1,6 и боковых в 1,7—2,2 раза больше, чем у посевов сухими семенами.

Обобщая изложенные данные, можно сказать, что намачивание семян в 0,03%-ном водном растворе НРВ в большинстве случаев способствует повышению грунтовой всхожести и заметно улучшает развитие корневой системы и накопление органического вещества у сеянцев.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. П. Головащенко. Применение нефтяного ростового вещества в лесных культурах. Журн. «Лесное хозяйство» № 6, 1963. [2]. Д. А. Комиссаров, Л. П. Штейнвольф. Влияние нефтяного стимулятора роста на древесные растения. Журн. «Лесное хозяйство» № 7, 1962. [3]. В. В. Огиевский, В. И. Рубцов. Лесные культуры. Госиздат, М., 1960. [4]. Ф. Б. Орлов, В. П. Тарабрин. Влияние намачивания семян в воде на набухание и на появление всходов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1959. [5]. А. М. Пинчук. Влияние нефтяного ростового вещества на рост сосны. Журн. «Лесное хозяйство» № 6, 1963.

Поступила в редакцию
5 ноября 1964 г.

УДК 632.4.674.032.475.5 (470.11)

ПОРАЖЕНИЕ ЕЛИ РЖАВЧИНЫМ ГРИБОМ *Chrysomyxa abietis* Wint. В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

В. Н. ДРАЧКОВ

Младший научный сотрудник

(Архангельский институт леса и лесохимии)

Ржавчинный гриб (*Chrysomyxa abietis* Wint.) в последние годы (1961—1963 гг.) сильно распространился в молодняках ели Архангельской области. С целью изучения распространения, развития и влияния этого гриба на рост молодняков ели мы в 1962—1963 гг. провели рекогносцировочное обследование вырубок и подроста под пологом спелого леса на территории Плесецкого, Няндомского леспромхозов и Беломорского лесхоза Архангельской области.

В процессе рекогносцировочного обследования установлено, что ржавчинный гриб наиболее широко распространен в молодняках ели, возникших на вырубках 20—40-летней давности и расположенных под пологом березового молодняка в типе леса березняк-черничник свежий. Под пологом спелых еловых насаждений в черничнике свежем при незначительной густоте елового подроста этим грибом повреждается до 30—40% деревьев.

Для детального исследования распространения и влияния ржавчинного гриба на рост молодняков ели было заложено шесть постоянных пробных площадей в березняке-черничнике свежем и одна (№ 31) в березняке травяно-сфагновом в Бурачихинском лесничестве Няндомского леспромхоза.

Краткая лесоводственно-таксационная характеристика пробных площадей приведена в табл. 1.

Таблица 1

| № проб | Площадь, га | Класс бонитета | Верхний ярус | | | | | Нижний ярус | | | | |
|--------|-------------|----------------|----------------|---------|---------|--------|--------------------|-------------|---------|--------|-------------|----------------|
| | | | состав | средние | | | сомкнутость полога | состав | средние | | сомкнутость | число деревьев |
| | | | | возраст | диаметр | высота | | | возраст | высота | | |
| 37 | 0,005 | II | 10Бед.Е | 20 | 5 | 7,4 | 0,8 | 10Е | 20 | 0,70 | 1,0 | 136400 |
| 38 | 0,007 | II | 10Б | 20 | 5 | 7,0 | 0,9 | 10Е | 20 | 0,70 | 0,9 | 70140 |
| 16а | 0,01 | II | 6БЗОс1Е | 25 | 6 | 8,6 | 0,8 | 10Е | 25 | 0,75 | 0,8 | 31400 |
| 16б | 0,01 | II | 6БЗОс1Е | 25 | 6 | 8,6 | 0,8 | 10Е | 25 | 0,80 | 0,7 | 20400 |
| 16в | 0,01 | II | 6БЗОс1Е | 25 | 6 | 8,6 | 0,8 | 10Е | 25 | 0,90 | 0,6 | 16500 |
| 30 | 0,1 | II | 6Б4Ос | 28 | 8 | 10,2 | 0,7 | 10К | 28 | 1,15 | 0,6 | 4550 |
| 31 | 0,1 | IV | 8Б1С1Е, ед. Ос | 20 | 4 | 4,5 | 0,8 | 8Е1Б | 20 | 0,75 | 0,4 | 4560 |

На пробных площадях занумерованы все деревья и проведено детальное обследование каждого деревца ели с целью установления вида болезни и степени поражения, замерена общая высота и текущий прирост в высоту. По состоянию деревья подразделяли на здоровые, сильно, средне- и слабopораженные. К сильно пораженным относили деревья, у которых на всех побегах прошлого года более 50% хвои заражено ржавчинным грибом; к среднепораженным — до 50% и к слабopораженным — деревья, у которых заражение хвои было незначительным.

На заложенных пробных площадях проведен двукратный учет в 1962 и 1963 гг. Кроме того, для изучения развития гриба *Chrysomyxa abietis* Wint. было отобрано 10 модельных деревьев ели с различной степенью поражения, за которыми проводили наблюдение через каждые 5—10 дней в течение двух вегетационных периодов (1962 и 1963 гг.).

По результатам детального изучения следует отметить, что в первый год появления ржавчинного гриба на молодой хвое ели встречаются другие заболевания, в частности сумчатый гриб (*Lophodermium macrosporum* Hart.), на что ранее указывал Р. Гартиг [3]. Этот гриб в первый год поразил от 22,3 до 29,1% общего числа деревьев ели. На второй год он полностью исчез, а поражение ржавчиной увеличилось почти в 2 раза (в 1962 г. — 39—43%, а в 1963 г. — 72—82%). Это означает, что болезнь принимает характер эпифитотий.

Заслуживает внимания и тот факт, что с увеличением густоты елового молодняка увеличивается процент поражения его ржавчинным грибом (табл. 2).

Таблица 2

| № проб | Год учета | Количество учетных экземпляров | Распределение числа деревьев (%) по состоянию | | | | | | | |
|--------|-----------|--------------------------------|---|---------------------------------|---------|-------|-------|---------------------------------------|--------------------------|---------|
| | | | здоровые | пораженные | | | | <i>Lophodermium macrosporum</i> Hart. | механические повреждения | усохшие |
| | | | | <i>Chrysomyxa abietis</i> Wint. | | | | | | |
| | | | | сильно | среднее | слабо | всего | | | |
| 16а | 1962 | 314 | 32,8 | 14,4 | 19,4 | 9,9 | 43,7 | 22,3 | 1,2 | — |
| | 1963 | | 20,7 | 20,9 | 41,2 | 15,7 | 77,8 | — | 1,2 | 0,3 |
| 16б | 1962 | 204 | 31,4 | 13,7 | 20,1 | 8,9 | 42,7 | 25,4 | 0,5 | — |
| | 1963 | | 26,9 | 24,7 | 30,0 | 17,9 | 72,6 | — | 0,5 | — |
| 16в | 1962 | 165 | 30,9 | 13,3 | 18,2 | 7,9 | 39,4 | 29,1 | 0,6 | — |
| | 1963 | | 15,6 | 33,5 | 34,8 | 14,3 | 82,6 | — | 0,6 | 1,2 |

До сего времени считали, что ржавчинный гриб (*Chrysomyxa abietis* Wint.) не приносит значительного вреда ели [1], [2], поэтому лесоводы практически не боролись с болезнью, вызываемой этим грибом. По нашим наблюдениям, гриб оказывает серьезное влияние на рост ели. Пораженная хвоя на молодых побегах отмирает, и рост ели в высоту задерживается.

Для подтверждения этого в табл. 3 приведено распределение числа здоровых и пораженных модельных деревьев ели по величине прироста, замеренных на пробных площадях 16а и 16б и отобранных статистическим способом.

По данным табл. 3 нетрудно убедиться в том, что зараженные грибом ели в 1962 г., то есть на второй год после поражения, имели значительно меньший прирост в высоту, чем здоровые. У больных деревьев максимальный прирост не превышает 3,5 см, тогда как у здоровых он более 6 см. У большего числа больных деревьев текущий прирост в высоту достигает лишь 2,5 см.

Таблица 3

| Высота ели, м | Состояние деревьев | Число мо-делей | Число экземпляров ели (%) по условным ступеням прироста в высоту (см) | | | | | | | | | | | | Текущий прирост в среднем |
|---------------|--------------------|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|---------------------------|
| | | | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | ито-го | |
| До 0,5 | Больные | 50 | 8 | 34 | 28 | 22 | 6 | 2 | — | — | — | — | — | 100 | 1,77 |
| | Здоровые | 50 | 8 | 18 | 36 | 16 | 8 | 6 | 2 | 4 | 2 | — | — | 100 | 2,12 |
| От 0,5 до 1,0 | Больные | 50 | 10 | 26 | 22 | 26 | 16 | — | — | — | — | — | — | 100 | 1,88 |
| | Здоровые | 50 | 2 | 8 | 12 | 32 | 16 | 12 | 4 | 2 | 2 | 8 | 8 | 100 | 2,88 |

Наиболее значительное влияние ржавчины на прирост в высоту наблюдается у молодняков ели высотой от 0,5 до 1,0 м, что подтверждается показателями текущего прироста в зависимости от высоты деревьев. Если разница в текущем приросте у деревьев высотой менее 0,5 м составляет 0,35 см, то у деревьев высотой от 0,5 до 1,0 м она равна 1,0 см. Текущий прирост в высоту больных деревьев в первом случае составляет 83,5%, а во втором 65,3% от прироста здоровых. Таким образом, можно сказать, что ржавчинный гриб задерживает прирост в высоту еловых молодняков на 16—35%. Мы отмечали случаи, когда молодые деревья с сильно пораженной хвоей в течение двух вегетационных периодов не дали прироста вообще. Снижение прироста объясняется тем, что на одних и тех же экземплярах ели хвоя поражается ржавчинным грибом в течение двух лет подряд.

Степень поражения молодняков ели ржавчиной находится в прямой зависимости от густоты стояния деревьев, что можно видеть из табл. 4.

Таблица 4

| № проб | Количество деревьев ели на 1 га | | | Высота деревьев, м | Число пораженных елей на 1 га | Распределение деревьев (%) по степени поражения | | |
|--------|---------------------------------|--------------------|------|--------------------|-------------------------------|---|-------------------|------------------|
| | общее | с пораженной хвоей | | | | сильно пораженные | средне пораженные | слабо пораженные |
| | | шт. | % | | | | | |
| 37 | 136400 | 115600 | 84,8 | До 0,5 | 29200 | 74,7 | 8,2 | 17,1 |
| | | | | От 0,5 до 1,0 | 80800 | 54,0 | 21,2 | 24,8 |
| | | | | Более 1,0 | 5600 | 17,8 | 21,4 | 60,8 |
| 38 | 70140 | 46850 | 66,8 | До 0,5 | 12000 | 53,6 | 9,5 | 36,9 |
| | | | | От 0,5 до 1,0 | 32150 | 41,4 | 18,2 | 40,4 |
| | | | | Более 1,0 | 2700 | — | 36,8 | 63,2 |

При одном и том же возрасте ели на двух пробных площадях с уменьшением числа деревьев в 2,5 раза процент зараженности грибом снизился на 21,2%.

Кроме того, из табл. 4 видно, что с увеличением высоты еловых деревьев снижается степень зараженности хвои. В то же время увеличивается число слабо зараженных деревьев.

Б. Л. Исаченко [4] называет желтухой хвои ели болезнь, вызываемую грибом *Chrysomyxa abietis* Wint., которая находит наибольшее распространение во влажных местах произрастания. Этот вывод не подтверждается нашими данными, в более сырых типах леса процент зараженности грибом резко снижается, что можно видеть на примере двух пробных площадей (табл. 5).

Таблица 5

| № проб | Тип леса | Число экземпляров ели на 1 га | | | | |
|--------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------|-----|---------------------------------------|
| | | всего | пораженных | | | |
| | | | <i>Chrysomyxa abietis</i> Wint. | | | <i>Lophodermium macrosporum</i> Hart. |
| шт. | % | шт. | % | | | |
| 30 | Березняк-черничник свежий . . . | 4650 | 2670 | 57,4 | — | — |
| 31 | Березняк травяно-сфагновый . . . | 4560 | 260 | 5,6 | 570 | 12,5 |

Из табл. 5 видно, что при одинаковой густоте деревьев с увеличением влажности местопроизрастания зараженность грибом *Chrysomyxa abietis* Wint. в 10 раз ниже, чем в более сухом типе леса. В то же время в березняке травяно-сфагновом наряду с *Chrysomyxa abietis* Wint. встречается гриб *Lophodermium macrosporum* Hart., который поражает молодняки ели больше, чем первый.

В связи с распространением ржавчинного гриба в Архангельской области мы в течение двух лет проводили наблюдения за его развитием. В результате установлено, что с 15—20 июля (по данным 1962—1963 гг.) на хвое ели текущего года появляются поперечные светло-зеленые зоны, которые через две недели становятся желтыми. Остальная часть хвои цвета не меняет. В последней декаде августа на нижней стороне зараженной хвои вдоль срединной жилки видны чуть-чуть заметные валики образующихся телейтоспороношений, которые в начале октября становятся светло-коричневыми и в таком виде зимуют. Весной следующего года эти кучки телейтоспор приобретают вид бархатисто-восковидных подушечек ярко-оранжевого цвета. С 20 мая по 25 июня (большинство с 1 по 15 июня) телейтоспоры прорастают, а образовавшиеся на них базидиоспоры разносятся ветром и заражают хвою на тронувшихся в рост побегах, которые к этому времени достигают 1—2 см длины. Таким образом, инкубационный период длится в среднем около месяца (с 15—20 июня по 15—25 июля). После прорастания телейтоспор хвоя засыхает и зимой опадает.

Телейтоспороношения на верхней стороне хвои встречаются редко. Гриб поражает хвою с одинаковой интенсивностью как на верхних, так и на нижних ветвях кроны, как на господствующих, так и на сильно затененных деревьях. Болезнь не распространяется по кроне выше 2,5—3,0 м. На открытых местах молодняки ели не страдают от ржавчинного гриба. Больше того, появившийся на подросте ели гриб после рубки древостоя исчезает.

Учитывая, что энергия распространения ржавчинника возрастает, возникает необходимость дальнейшего и более широкого изучения влияния гриба на рост молодняков ели на вырубках и разработки мер борьбы с ним.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. И. Ванин. Лесная фитопатология. Гослесбумиздат, 1948, 1955. [2]. А. И. Воронцов, И. Г. Семенова. Лесозащита. Сельхозиздат, 1963. [3]. Р. Гартг. Болезни деревьев. М., 1894. [4]. Б. Л. Исаченко. Желтуха еловой хвои. Полная энциклопедия русского сельского хозяйства, 1900, стр. 255.

Поступила в редакцию
28 марта 1964 г.

УДК 634.0.181.7 : [674.032.475.442 : 674.031.632.^{3/4}] (470.22)

ХОД РОСТА СОСНОВО-БЕРЕЗОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ III КЛАССА БОНИТЕТА ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

В. Н. ВАЛЯЕВ

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Петрозаводский государственный университет)

Н. И. РЯБИННИН

Инженер

(Карельская контора «Леспроект»)

Авторы статьи поставили целью составить таблицу хода роста наиболее распространенных в Южной Карелии смешанных сосново-березовых насаждений типа леса черничник, а в его пределах — преобладающего III класса бонитета.

Исходным материалом послужили данные хода роста 28 пробных площадей, заложенных сотрудниками Карельской конторы «Леспроект» в 1959—1961 гг. в Сортавальском и Суоярвском районах КАССР в основных насаждениях, не затронутых какими-либо хозяйственными мероприятиями.

Пробы закладывали и обрабатывали по методике, изложенной в действующей лесоустроительной инструкции. Принадлежность пробных площадей к одному естественному ряду устанавливали графически по средним высоте и диаметру сосны по известной методике Н. В. Третьякова.

Проверенные по всем показателям и отобранные для составления таблицы хода роста 28 пробных площадей распределились по классам возраста следующим образом (табл. 1).

Таблица 1

| Классы возраста | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
|-----------------------------|---|----|-----|----|---|----|-----|------|----|
| Количество пробных площадей | 1 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 |

То обстоятельство, что целью работы было изучение хода роста смешанных насаждений, обусловило своеобразие методических приемов, которые пришлось применить в процессе составления таблицы.

Наиболее ответственным моментом было выявление динамики состава смешанных насаждений с возрастом. Решить этот вопрос только по данным пробных площадей нельзя, так как они характеризуют очень незначительное число конкретных насаждений. Поэтому указанный материал мы дополнили массовыми данными глазомерной таксации.

Из таксационных описаний 243 участков сосняков-черничников III класса бонитета была сделана выборка данных о составе насаждений и определен средний состав по классам возраста. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

| Классы возраста | I | II | III | V | V | VI |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Число наблюдений | 17 | 32 | 55 | 70 | 45 | 23 |
| Средний состав | 7,6С2,4Б | 7,8С2,2Б | 8,2С1,8Б | 8,6С1,4Б | 9,5С0,5Б | 9,6С0,4Б |

Эти данные совместно с данными пробных площадей были затем графически выравнены (рис. 1) и положены в основу изменения состава насаждений в таблице хода роста.

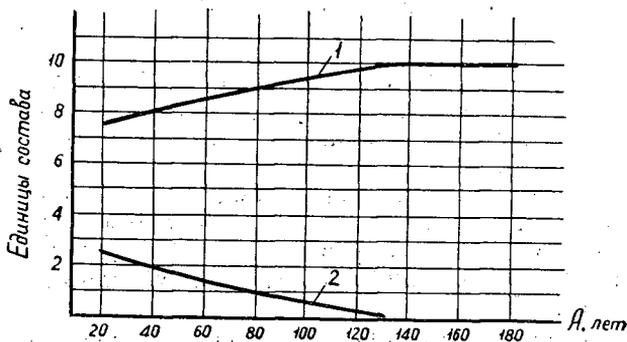


Рис. 1. Изменение участия сосны и березы в насаждениях (в единицах состава) с возрастом.

1 — сосна; 2 — береза.

Аналитическим методом выравняли средние высоты сосны свыше 14 м и диаметры свыше 16 см. Для периодов, в которые средние высоты и диаметры не достигли указанных величин, выравнение таксационных показателей проведено графически.

Таксационные показатели березы выравняли графически, так как она обладает сравнительно небольшой долей участия в составе исследованных насаждений, быстро выпадает из них и не имеет решающего хозяйственного значения.

Сложным и дискуссионным представляется вопрос об изменении суммы площадей сечений и запаса (по элементам леса и общего) на 1 га.

По нашему мнению, наиболее целесообразно составлять таблицы хода роста для нормальных насаждений с полнотой 1,0, а не для модальных, так как в последнем случае установление запаса и полноты конкретных насаждений будет связано с относительно сложными вычислениями.

Учитывая, что вопрос о «нормальной» полноте смешанных насаждений в таксации не разработан, а примесь березы сравнительно невелика, авторы сочли возможным избрать следующий путь.

1) На материале пробных площадей проверили пригодность «Стандартной таблицы полнот и запасов нормальных насаждений» для таксации запаса исследуемых сосняков (истинный запас на пробах определяли по модельным деревьям). Выяснилось, что систематическая ошибка составляет — 3,8%, а среднеквадратическая лежит в пределах $\pm 5,2\%$. На основе этих данных вопрос о пригодности таблицы был решен положительно.

2) Площади сечения сосны для каждого десятилетия привели к нормальной полноте в соответствии с выравненными высотами и долей участия сосны в составе насаждения.

3) Выравнивали графическим способом видовые числа f сосны и установили степень соответствия полученных значений исходному материалу (систематическая ошибка равна $-0,46\%$, случайная $\pm 4,3\%$).

4) Вычислили запасы сосны на 1 га для каждого десятилетия.

5) Определили запасы березы на 1 га, исходя из ранее установленного состава насаждений по десятилетиям и вычисленного запаса сосны.

6) Определили суммы площадей сечений для березы путем перечисления данных «Стандартной таблицы» в соответствии с найденными ранее значениями средних высот и запасов (по десятилетиям).

Составленный в результате исследования эскиз таблицы хода роста (табл. 3) характеризует динамику сосново-березовых насаждений Южной Карелии типа леса черничник III класса бонитета до 180 лет — возраста естественной спелости основного элемента леса — сосны.

Таблица 3

| Возраст, лет | Для яруса | | | | Для элементов леса | | | | | | | | | |
|--------------|-----------|-------|--------------------|-----|--------------------|-------|-------|-----|------|------|-------|-------|---------|---------|
| | состав | H_m | абсолютная полнота | M | порода | H_m | D_m | M | G | N | V_m | f | прирост | |
| | | | | | | | | | | | | | средний | текущий |
| 20 | 7,5С2,5Б | 5,5 | 22,8 | 74 | С | 5,7 | 6,0 | 56 | 16,4 | 5857 | 0,009 | 0,600 | 2,8 | |
| | | | | | Б | 5,0 | 5,0 | 18 | 6,4 | 3200 | 0,006 | 0,565 | 0,9 | |
| 30 | 7,8С2,2Б | 9,3 | 26,2 | 135 | С | 9,3 | 9,0 | 105 | 19,8 | 3188 | 0,033 | 0,548 | 3,4 | 4,9 |
| | | | | | Б | 9,1 | 7,9 | 30 | 6,4 | 1506 | 0,020 | 0,520 | 1,0 | 1,2 |
| 40 | 8,1С1,9Б | 12,4 | 30,9 | 191 | С | 12,5 | 12,0 | 155 | 23,9 | 2115 | 0,078 | 0,520 | 3,9 | 5,0 |
| | | | | | Б | 11,7 | 10,0 | 36 | 7,0 | 898 | 0,040 | 0,493 | 0,9 | 0,7 |
| 50 | 8,4С1,6Б | 15,0 | 32,3 | 240 | С | 15,2 | 14,7 | 202 | 26,6 | 1565 | 0,127 | 0,500 | 4,0 | 4,7 |
| | | | | | Б | 13,9 | 11,8 | 38 | 5,7 | 523 | 0,072 | 0,479 | 0,8 | 0,2 |
| 60 | 8,6С1,4Б | 17,1 | 33,7 | 281 | С | 17,4 | 17,9 | 242 | 28,3 | 1123 | 0,215 | 0,491 | 4,0 | 4,0 |
| | | | | | Б | 15,5 | 13,2 | 39 | 5,4 | 394 | 0,099 | 0,466 | 0,6 | 0,1 |
| 70 | 8,8С1,2Б | 18,7 | 34,4 | 311 | С | 19,0 | 20,6 | 274 | 28,7 | 891 | 0,307 | 0,485 | 3,9 | 3,2 |
| | | | | | Б | 16,7 | 14,3 | 37 | 4,8 | 298 | 0,124 | 0,458 | 0,5 | -0,2 |
| 80 | 9,0С1,0Б | 19,9 | 34,9 | 330 | С | 20,1 | 22,7 | 298 | 30,9 | 763 | 0,391 | 0,479 | 3,7 | 2,4 |
| | | | | | Б | 17,7 | 15,4 | 32 | 4,0 | 215 | 0,149 | 0,455 | 0,4 | -0,5 |
| 90 | 9,2С0,8Б | 20,9 | 35,1 | 344 | С | 21,0 | 24,1 | 317 | 31,9 | 700 | 0,453 | 0,474 | 3,5 | 1,9 |
| | | | | | Б | 18,4 | 16,3 | 27 | 3,2 | 156 | 0,173 | 0,452 | 0,3 | -0,5 |
| 100 | 9,4С0,6Б | 21,6 | 35,3 | 356 | С | 21,8 | 25,3 | 335 | 32,9 | 654 | 0,512 | 0,469 | 3,4 | 1,8 |
| | | | | | Б | 18,8 | 17,2 | 21 | 2,4 | 104 | 0,202 | 0,450 | 0,2 | -0,7 |
| 110 | 9,6С0,4Б | 22,3 | 35,5 | 366 | С | 22,4 | 26,3 | 352 | 33,9 | 625 | 0,563 | 0,464 | 3,2 | 1,7 |
| | | | | | Б | 19,3 | 18,0 | 14 | 1,6 | 63 | 0,222 | 0,448 | 0,1 | -0,7 |
| 120 | 9,8С0,2Б | 22,8 | 35,6 | 374 | С | 22,9 | 27,2 | 367 | 34,8 | 600 | 0,612 | 0,461 | 3,0 | 1,5 |
| | | | | | Б | 19,6 | 18,7 | 7 | 0,8 | 29 | 0,242 | 0,447 | 0,1 | -0,7 |
| 130 | 10С | 23,3 | 35,7 | 381 | С | 23,3 | 27,9 | 381 | 35,7 | 584 | 0,653 | 0,458 | 2,9 | 1,4 |
| 140 | 10С | 23,7 | 35,9 | 388 | С | 23,7 | 28,5 | 388 | 35,9 | 563 | 0,689 | 0,456 | 2,8 | 0,7 |
| 150 | 10С | 24,0 | 36,0 | 393 | С | 24,0 | 29,0 | 393 | 36,0 | 545 | 0,721 | 0,454 | 2,6 | 0,6 |
| 160 | 10С | 24,3 | 36,1 | 398 | С | 24,3 | 29,5 | 398 | 36,1 | 528 | 0,752 | 0,452 | 2,5 | 0,5 |
| 170 | 10С | 24,5 | 36,2 | 401 | С | 24,5 | 29,9 | 401 | 36,2 | 515 | 0,778 | 0,450 | 2,4 | 0,3 |
| 180 | 10С | 24,7 | 36,3 | 403 | С | 24,7 | 30,2 | 403 | 36,3 | 507 | 0,795 | 0,449 | 2,2 | 0,2 |

Сравнение динамики таксационных показателей сосны по нашей таблице с данными других авторов (Варгаса де Бедемара, А. В. Тюрина и В. И. Левина) для чистых сосняков III класса бонитета показывает, что ход роста смешанных сосняков имеет ряд отличий от хода роста чистых насаждений.

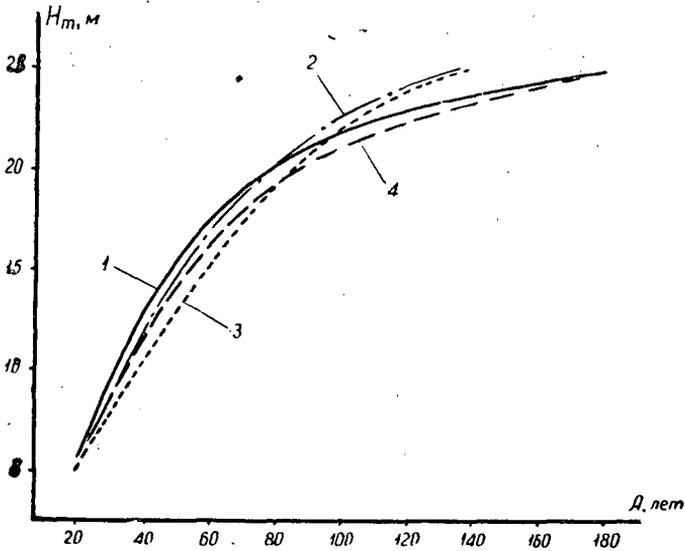


Рис. 2. Изменение средних высот сосняков III класса бонитета по данным разных авторов.

1 — сосна из смешанных насаждений; 2 — по данным А. В. Тюрина;
3 — по данным Варгаса де Бедемара; 4 — по данным В. И. Левина
(для сосняков-черничников).

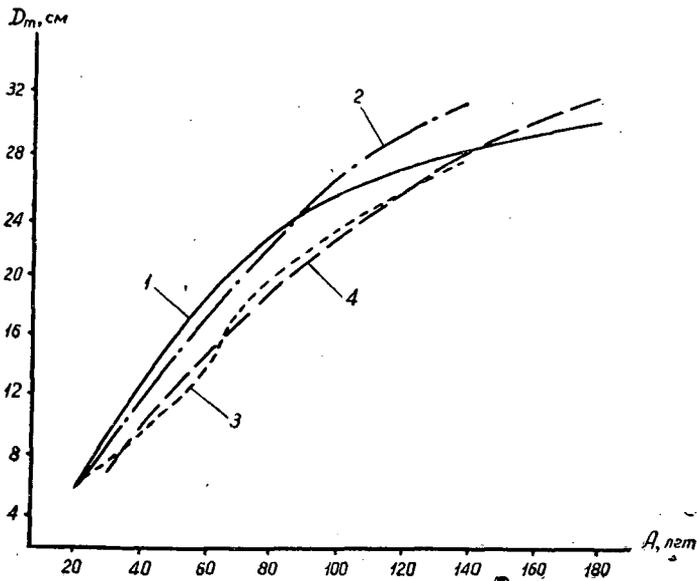


Рис. 3. Изменение средних диаметров сосняков III класса бонитета по данным разных авторов.

Обозначения см. на рис. 2.

Из рис. 2 и 3 видно, что средние высоты и диаметры сосны в возрасте от 30 до 80 лет в смешанных насаждениях больше, чем в чистых (по данным всех других авторов).

Мы объясняем это тем, что в смешанных насаждениях дифференциация сосны идет гораздо интенсивнее, чем в чистых. Выживают лишь относительно крупномерные и интенсивно растущие экземпляры сосны, успешно конкурирующие в борьбе за свет с березой, энергия роста которой в молодом возрасте весьма велика. Это подтверждается изменением числа стволов сосны на 1 га.

Сравнение высот сосны по десятилетиям с данными общепониманной шкалы показывает, что в период от 30 до 80 лет высоты находятся на границе между II и III классами бонитета, а в более высоком возрасте приближаются к середине III класса. Характерным для кривой высот сосны нашей таблицы является ее полная идентичность бонитировочной шкале, предложенной В. И. Левиным.

Следует отметить также, что средние высоты и диаметры сосны в исследованных нами насаждениях в возрасте до 100 лет почти полностью совпадают с этими показателями, взятыми из шведских таблиц хода роста сосны II класса бонитета. Для более высоких возрастов шведские таблицы дают большие значения высот и диаметров.

К 110—130 годам береза полностью выпадает из насаждений, и они становятся чистыми сосновыми. К этому времени сосна почти полностью прекращает рост, в то время как в чистых насаждениях энергия ее роста ослабевает позже. Сосна чистых насаждений догоняет сосну, выросшую в смеси с березой, о чем говорят данные других авторов.

Характерной чертой смешанных сосново-березовых насаждений является их более высокая производительность по сравнению с чистыми сосняками. Особенно резко это выражено в молодом возрасте, когда относительно велика доля участия березы в составе насаждения.

Поступила в редакцию
11 января 1964 г.

УДК 634.0.164.2 : 634.0.232.339

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОРНЕЙ СОСНЫ В КУЛЬТУРАХ НА ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ

Н. М. НАБАТОВ

Младший научный сотрудник

(Всесоюзный НИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства)

В изучении процесса формирования сосновых и сосново-березовых насаждений, созданных посевом и посадкой, важную роль играет выяснение особенностей роста их корневых систем. В относительно большой литературе о строении и развитии корней сосны [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9] нет достаточной ясности и отсутствуют сравнительные данные о корневых системах основных культур, создаваемых посевом и посадкой, и березы, поселившейся в них в результате налета семян.

Поэтому при изучении процесса формирования посевов и посадок в сопоставимых условиях сосняка-брусничника мы заложили в северной части Горьковской области (Шеманихинский леспромхоз) более двадцати пробных площадей. Двенадцать из них использовано для выяснения особенностей освоения корневыми системами верхних генетических слоев почвы в междурядьях культур. Особое внимание было обращено на количественное изменение с возрастом массы корней в зависимости от метода создания культур сосны (посев или посадка) и их состава. В этой части лесной зоны береза успешно возобновляется естественным путем и очень часто поселяется при закладке культур сосны, создавая смешанные насаждения. В примерно одновозрастных, имеющих одинаковую историю роста чистых и смешанных* культурах сосны сравнивали корневые системы в следующих вариантах: чистые и смешанные посевы; чистые и смешанные посадки; чистые посевы и чистые посадки; смешанные посевы и смешанные посадки.

Согласно широко известной методике Н. П. Георгиевского [1], пробные площади признавали однородными. Размер пробной площади устанавливали от 0,05 до 0,1 га в зависимости от возраста культур, но с обязательным условием наличия на ней не менее 300 экземпляров главной породы, чтобы полученные данные можно было обрабатывать методом вариационной статистики.

Корни исследовали в культурах сосны, заложенных на свежих вырубках в плужные борозды, которые нарезаны через 1,5—2,0 м в конце лета или начале осени, предшествующих посеву или посадке ранней весной следующего года. Двухлетние сеянцы посажены, а семена сосны посеяны чистыми рядами с размещением посевных и посадочных мест через 0,5—0,7 м. Уход за культурами, как правило, проводили в течение

* Культуры сосны с естественной примесью березы 20—30% к моменту исследования их корневых систем для краткости мы назвали смешанными.

трех первых лет после их закладки. Краткая характеристика культур сосны приведена в табл. 1.

Таблица 1

| № квартала | Номер пробной площади | Возраст культур, лет | Состав по сумме площадей оснований | Средний диаметр на высоте 1,3 м, см | | Средняя высота, м | |
|---------------|-----------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------|-------------------|--------|
| | | | | культур сосны | березы | культур сосны | березы |
| Посев сосны | | | | | | | |
| 41 | 17 | 13 | 10С+Б | 3,7* | 4,6 | 3,2 | 5,3 |
| 41 | 16 | 13 | 8С2Б | 3,1* | 2,9 | 2,8 | 4,2 |
| 212 | 3 | 20 | 10С+Б | 3,3 | 11,5 | 6,4 | 11,9 |
| 203 | 2 | 23 | 8С2Б | 3,6 | 6,8 | 6,3 | 8,7 |
| 237 | 14 | 32 | 10С+Б | 6,0 | 6,5 | 11,3 | 11,5 |
| 237 | 11 | 33 | 8С2Б | 4,3 | 5,7 | 9,0 | 10,4 |
| Посадка сосны | | | | | | | |
| 57 | 21 | 12 | 10С+Б | 4,3* | 2,1 | 2,8 | 3,1 |
| 57 | 20 | 12 | 8С2Б | 3,6* | 2,3 | 2,5 | 3,4 |
| 202 | 7 | 21 | 10С+Б | 8,8 | 14,7 | 10,6 | 15,0 |
| 213 | 9 | 21 | 7С3Б | 5,2 | 10,0 | 8,1 | 13,1 |
| 237 | 15 | 33 | 10С+Б | 7,8 | 7,2 | 12,3 | 11,6 |
| 237 | 10 | 33 | 8С2Б | 6,4 | 6,7 | 10,6 | 11,3 |

* Диаметр на высоте 0,3 м от шейки корня.

Почва на всех пробных площадях дерново-слабоподзолистая песчаная свежая. Описание наиболее типичного для этого типа леса почвенного разреза № 4 (квартал 237) выглядит следующим образом:

| | | |
|-------------------|-----------|--|
| A ₀ | 0—4 см | лесная подстилка, слабо разложившаяся, суховатая из сучьев, хвой и листьев. |
| A ₁ | 4—9 » | темно-коричневый с белесоватым оттенком, пылевато-песчаный свежий бесструктурный рыхлый. Пронизан корнями травянистой и древесной растительности. Постепенно переходит в подзолистый горизонт. |
| A ₂ | 9—16 » | светло-серый с палевым оттенком, пылевато-песчаный свежий, бесструктурный. Встречаются корни травянистой и древесной растительности. |
| B ₁ | 16—51 » | пылевато-песчаный свежий желтый с красноватым оттенком бесструктурный. Встречаются корни травянистой и древесной растительности. |
| B ₂ —C | 51—213 » | светло-желтый свежий бесструктурный мелкий песок. На глубине 51—65, 79—103, 111—137 и 172—184 см встречаются тонкие цементированные плотные ржаво-красные пылевато-песчаные прослойки. |
| C | 213—250 » | белый мелкий влажный песок. |

Живой напочвенный покров на пробных площадях 20—30-летних культур сосны развит слабо, однообразен и представлен в первом ярусе вейником лесным (Sp.), вейником наземным (Sp.) и вереском (Sp.). Во втором ярусе брусника (сор.¹), *Pleurozium Schreberi* (Willd.) Mitt. (сор.¹), костяника (сор.¹), кукушкин лен (Sp.), ландыш (sol.), плаун булавовидный (sol.). Несколько иная характеристика живого напочвенного покрова в 12—13-летних культурах сосны, в первом ярусе которого отмечены вейник наземный (сор.²), вереск (Sp.), иван-чай (Sp.), золотая розга (sol.), ястребинка зонтичная (sol.). Второй ярус представлен брусникой (Sp.), кошачьей лапкой (Sp.), кукушкиным льном (Sp.), кладонией (Sp.), костяникой (sol.), ландышем (sol.), *Pleurozium Schreberi* (Willd.) Mitt. (Sp.), фиалкой удивительной (sol.).

В 32—33-летних культурах сосны отмечено единичное возобновление подроста ели, а также имеются отдельные экземпляры осины и лиственницы естественного происхождения.

Изучение корневых систем проведено методом «монолита» (по Н. А. Качинскому). В серединах междурядий как наиболее освещенных, проветриваемых и прогреваемых местах молодых культур на равном расстоянии от посевных или посадочных сосен, то есть в середине между ними, взято на каждой пробной площади не менее 15 монолитов размером $0,5 \times 0,5$ м на глубину до 30—40 см от поверхности почвы. Выборка корней произведена путем постепенного взятия почвы с корнями по ее генетическим горизонтам.

В полевых условиях почвенные монолиты с корнями сосны и березы, разделенные по генетическим горизонтам, тщательно просеивали через сетку. Затем корни отмывали и по каждому генетическому горизонту разделяли на три фракции, принятые лесоведами: с диаметром до 1 мм (тонкие — наиболее активная часть корневой системы), от 1 до 3 мм и толще 3 мм (крупные). В лабораторных условиях разделенные на группы корни высушивали в термостате при температуре 102—105° С до сухого постоянного веса. После этого масса всех корней сосны и березы была взвешена с точностью 0,001 г по каждой фракции и пересчитана на 1 см слоя почвы монолита (2500 см²), а также на 1 м².

Распределение крупных и мелких корней сосны по генетическим горизонтам почвы показано на рис. 1. Основная масса корней сосны в чистых и смешанных культурах сосредоточена в гумусовом горизонте почвы. Примесь березы вызывает образование более значительного количества корней сосны, чем в чистых культурах, что начинает заметно сказываться примерно с 20 лет, то есть после смыкания крон в междурядиях.

Чистые посевные культуры во всех возрастах и слоях почвы формируют менее развитую корневую систему, чем одновозрастные с ними посадки.

Различия в количестве корней сосны в смешанных посевах и посадках менее значительны, чем в чистых. Однако отмечена тенденция к более быстрому увеличению корневых систем в 20—23-летних смешанных посевных культурах во всех рассматриваемых горизонтах почвы.

Весьма активно идет освоение корнями березы междурядий в культурах сосны. Береза, поселившаяся естественным путем в культурах сосны, распространяет свои далеко идущие корни в верхних слоях почвы. Мы отметили, что отдельные экземпляры березы, растущие в чистых культурах сосны (пробные площади № 3, 7, 15 и др.), проникли через 4—5 посевных или посадочных рядов сосны, то есть на расстояние 8—10 м от основания ствола. Показательно, что примесь 20—30% березы в составе 12—13-летних посевных культур сосны развивает в междурядиях не меньшую по весу корневую систему, чем хвойная порода, составляющая не менее $\frac{2}{3}$ в составе формируемого насаждения.

В 32—33-летних сосновых культурах вес корней березы в междурядиях в гумусовом горизонте почвы составляет не менее 50% от корневой массы сосны. В подзолистом и иллювиальном слоях почвы береза продолжает активно насыщать междурядия, значительно превышая по массе корневые системы сосны.

Таким образом, береза значительно раньше, в несколько раз быстрее и активнее начинает осваивать междурядия в культурах сосны, несмотря на то, что занимает всего лишь 20—30% в составе культур. Насыщенность междурядий корнями березы в сосновых культурах наиболее быстро нарастает в посевах.

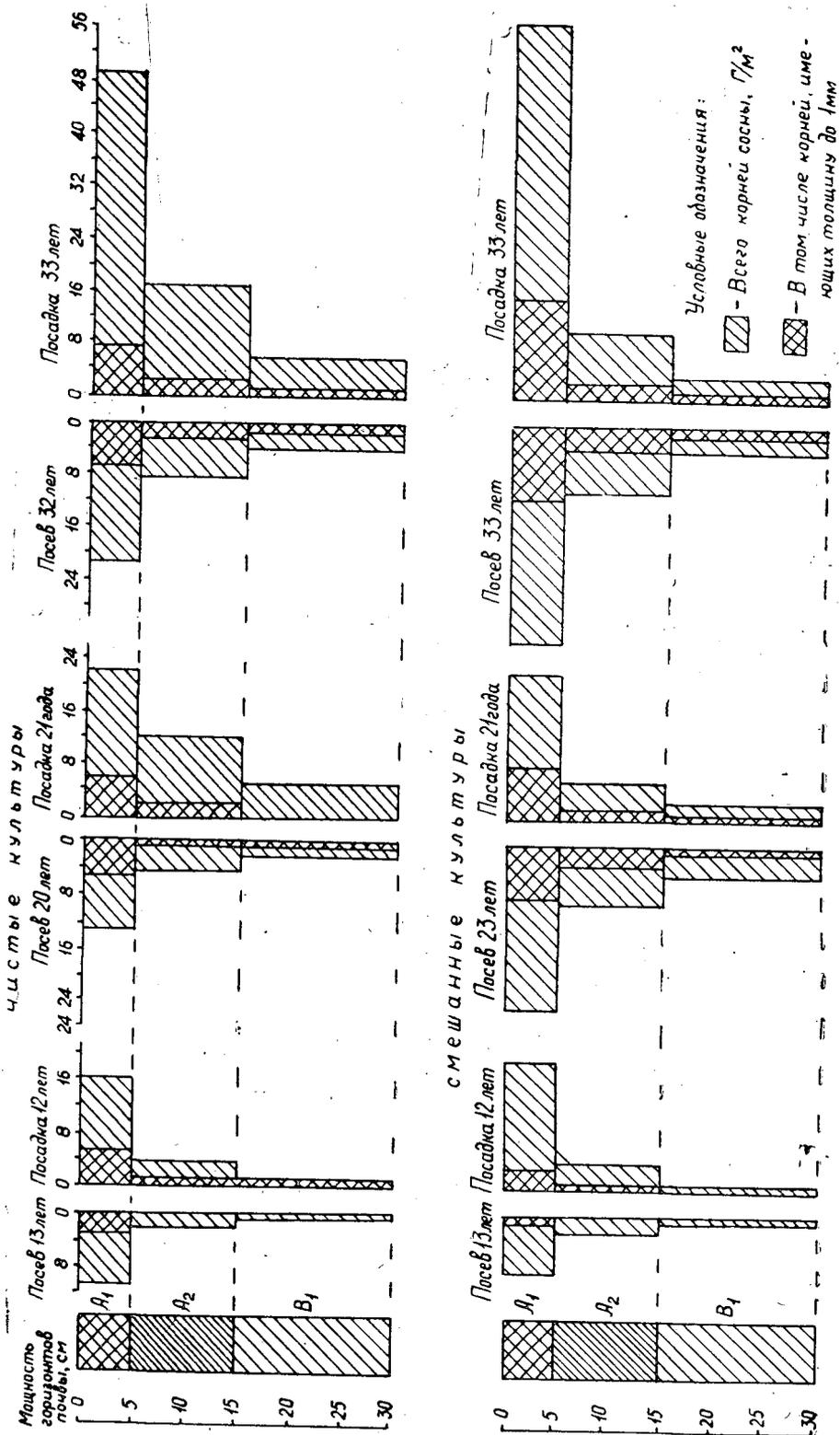


Рис. 1

Соотношение между корнями сосны и березы в междурядьях при различной глубине почвы показано в табл. 2. Оно меняется в сторону постепенного уменьшения корней сосны и увеличения корней березы, особенно в 20—23-летних культурах.

Таким образом, почти все корни сосны в междурядьях расположены в гумусовом горизонте — наиболее плодородном слое почвы, а березы, кроме того, — в подзолистом и иллювиальном.

Таблица 2

| Горизонты почвы мощность, см | Фракции корней, мм | Процент корней в культурах сосны 20—23 лет | | | | Процент корней в культурах сосны 32—33 лет | | | |
|---------------------------------------|--------------------------|---|--------|---------|--------|---|--------|---------|--------|
| | | посев | | посадка | | посев | | посадка | |
| | | сосна | береза | сосна | береза | сосна | береза | сосна | береза |
| $\frac{A_1}{5}$ | 0—1 | 65,5 | 34,5 | 17,7 | 82,3 | 74,6 | 25,4 | 74,4 | 25,6 |
| | 1—3 | 68,3 | 31,7 | 23,7 | 76,3 | 74,4 | 25,6 | 65,7 | 34,3 |
| | Более 3 мм | 44,7 | 55,3 | 56,0 | 44,0 | 68,5 | 31,5 | 72,7 | 27,3 |
| | Всего | 55,0 | 45,0 | 38,8 | 61,2 | 72,3 | 27,7 | 71,6 | 28,4 |
| $\frac{A_2}{10}$ | 0—1 | 66,7 | 33,3 | 19,7 | 80,3 | 65,7 | 34,3 | 52,8 | 47,2 |
| | 1—3 | 66,8 | 33,2 | 20,8 | 79,2 | 57,0 | 43,0 | 47,3 | 52,7 |
| | Более 3 мм | 37,3 | 62,7 | 18,4 | 81,6 | 30,7 | 69,3 | 37,0 | 63,0 |
| | Всего | 46,1 | 53,9 | 18,7 | 81,3 | 44,7 | 55,3 | 42,9 | 57,1 |
| $\frac{B_1}{15}$ | 0—1 | 38,2 | 61,8 | 13,1 | 86,9 | 71,1 | 28,9 | 58,4 | 41,6 |
| | 1—3 | 57,9 | 42,1 | 21,8 | 78,2 | 41,7 | 58,3 | 44,4 | 55,6 |
| | Более 3 мм | 20,8 | 79,2 | 13,5 | 86,5 | 21,4 | 78,6 | 14,7 | 85,3 |
| | Всего | 27,8 | 72,2 | 14,6 | 85,5 | 38,6 | 61,4 | 33,3 | 66,7 |

Количество мелких корней мало связано с методом создания культуры, а находится в большой зависимости от состава насаждения.

Сравнение надземных частей культур сосны (табл. 1) показало, что примесь березы заметно снижает таксационные показатели роста хвойной породы в высоту и по диаметру. Лишь в 23-летних смешанных посевах культурах, которые на три года моложе чистых, диаметр имеет несколько меньшие размеры. Весьма характерно, что отдельные экземпляры березы, растущие в чистых сосновых культурах, имеют исключительно хорошие показатели роста.

Известно, что между надземной и подземной частями насаждения всегда имеется определенное соответствие, но оно различно для одной и той же породы в разных лесорастительных условиях. В одних и тех же условиях у древесных пород корней тем меньше, чем выше уровень агротехники. Известно также, что чем хуже условия внешней среды, тем больше мелких корней у древесных пород, так как на ухудшение влагообеспеченности и плодородия почвы растения реагируют увеличением всасывающей поверхности корней.

Поэтому нельзя согласиться с утверждением многих исследователей, которые увеличение массы корней сосны в сосново-березовых насаждениях объясняют только почвоулучшающим влиянием березы. Взаимоотношения сосны и березы складываются таким образом, что до тех пор, пока эта листовенная порода не вызвала заметного ухудшения роста надземной части, то есть заглушения сосны, у последней в

смешанных культурах на песчаных почвах развивается больше корней.

Таким образом, примесь березы в составе сосновых культур до 20—30% оказывает неблагоприятное действие на их рост и развитие. Особенно это заметно на посевных культурах сосны, которые в силу замедленного роста в первые годы жизни заглушаются надземной частью быстрорастущей березы и к 20—30 годам оказываются в значительно худших условиях, чем одновозрастные посадки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Георгиевский. Методика опытных работ при рубках ухода за лесом. Труды института лесохозяйственных проблем, вып. 5, 1953. [2]. М. Д. Данилов. Распределение корней по горизонтам почв на лесосеках и гарях сосновых насаждений. Журн. «Почвоведение» № 12, 1947. [3]. Д. П. Зельман. О некоторых взаимосвязях сосны с березой в культурах на дерново-подзолистых суглинках. Сборник научной информации по лесному хозяйству, ВНИИЛМ, вып. 1, 1962. [4]. Н. А. Зудин. Корневые системы сосны и березы в смешанных насаждениях. Сборник трудов Поволжского лесотехнического института № 55, 1961. [5]. Н. А. Качинский. Корневые системы растений в почвах подзолистого типа. Труды Московской областной сельскохозяйственной опытной станции, вып. 7, 1925. [6]. В. И. Олейникова. Взаимовлияние сосны и березы в культурах. Журн. «Лесное хозяйство» № 5, 1962. [7]. П. С. Погребняк. Корневая система леса и почвенные горизонты. Труды по лесному опытному делу Украины, вып. 7, 1927. [8]. Н. П. Поликарпов. Формирование сосновых молодняков в разных типах леса южной тайги. Автореферат кандидатской диссертации, 1958. [9]. И. Н. Рахтеенко. Корневые системы древесных и кустарниковых пород. Гослесбумиздат, 1952.

Поступила в редакцию
16 апреля 1963 г.

УДК 634.0.322

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

ОПТИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ПАСЕК ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ
ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕСОСЕЧНЫХ И ЛЕСОВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ
РАБОТ

В. А. УСПЕНСКИЙ

Доцент, кандидат технических наук

(Воронежский лесотехнический институт)

В современных условиях ширина пасеки является главным фактором, от которого зависит количество сохранившегося подроста и молодняка, а также основным показателем, определяющим степень влияния трелевки на структуру почвы.

В настоящее время все способы разработки лесосек при тракторной трелевке, обеспечивающие сохранение подроста и молодняка, можно разбить на два вида: метод Г. Денисова и метод узких лент (пасек).

При работе по указанным способам ширина пасек колеблется в пределах $1,5H - 2,0H$, где H — высота деревьев.

Такая ширина необходима для того, чтобы самое удаленное от волока дерево могло бы лечь вершиной на волок под острым углом α .

Потребное условие можно выразить следующим неравенством (рис. 1):

$$\frac{x+a}{2} \leq H \sin \alpha,$$

где x — ширина пасеки;
 a — ширина пасечного волока.

Отсюда

$$x \leq 2H \sin \alpha - a.$$

Практически $\alpha \leq 60^\circ$. Приняв $\sin 60^\circ \approx 0,87$ и $a = 5$ м, получаем:

$$x \leq 1,74H - 5 \text{ м.}$$

Ширину пасеки можно установить и на основе экономических соображений путем определения минимальных затрат на единицу объема вырабатываемой продукции.

При отсутствии подроста и малой значимости изменения почвенной структуры (или работы в зимний период) оптимальная ширина пасеки определяется следующими зависящими от ширины пасеки затратами:

1) стоимостью переменных затрат по подтаскиванию до пасечного волока

$$C'_n = C_n l_n \text{ руб./м}^3,$$

где C_n — стоимость переменных затрат по подтаскиванию, руб./м³ км;
 l_n — среднее расстояние подтаскивания, равное (рис. 1) $\frac{x-a}{4 \sin \alpha}$ км;
 2) стоимостью строительства и содержания пасечных волоков

$$C'_b = \frac{C_b}{100Q \cdot x} \text{ руб./м}^3,$$

где C_b — стоимость строительства и содержания 1 км пасечных волоков;
 Q — запас древесины, м³/га.

Общая сумма затрат на единицу объема, зависящих от ширины волоков, составляет

$$C = C'_n + C'_b = C_n \frac{x-a}{4 \sin \alpha} + \frac{C_b}{100Q \cdot x}. \quad (1)$$

Взяв первую производную $\frac{dC}{dx}$ и приравняв ее нулю, получаем

$$x = \sqrt{\frac{4C_b \sin \alpha}{100QC_n}}. \quad (2)$$

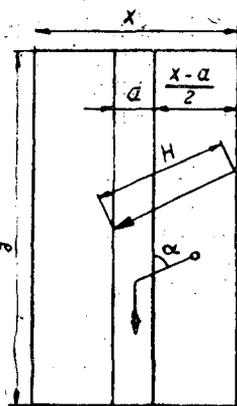


Рис. 1.

При средних значениях величин $C_n = 1,2$ руб.; $C_b = 40,0 \div 50,0$ руб.; $\alpha = 45^\circ$; $Q = 300$ м³/га, по формуле (2) вычисляем $x = 55 - 60$ м.

При необходимости сохранения подроста в формуле (1) нужно учесть стоимость затрат на искусственное лесовозобновление на 1 м³ заготовленной древесины в зависимости от ширины пасеки.

Опытами* установлена определенная связь количества сохранившегося подроста (процент от ширины пасеки).

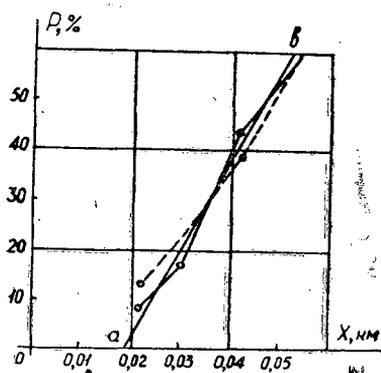


Рис. 2.

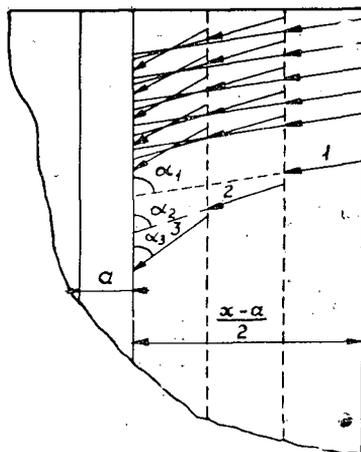


Рис. 3.

На рис. 2 указана графическая зависимость количества погибшего подроста от ширины пасеки (км). Подобная зависимость близка к прямолинейной и может быть представлена формулой прямой линии

* В. П. Татаринov, Н. И. Лысенков. Разработка лесосек с сохранением подроста и молодняка в леспромхозах Удмуртии. М., 1963.

$$P = kx - b.$$

Для прямой ab , представленной на рис. 2, формула принимает вид

$$P = 1800x - 34\%. \quad (3)$$

Еще в 1958 г.* нами была установлена зависимость интенсивности волочения от ширины волока.

На рис. 3 представлены графически пути стволов до волока при разбивке каждой стороны пасеки на три ленты.

Об интенсивности волочения можно судить наглядно по степени густоты путей волочения.

Как видно, она уменьшается в направлении от волока к границе, чем и объясняется закономерность расположения сохранившегося подроста.

Характерным показателем интенсивности волочения служит длина прохода отдельных деревьев при подтаскивании к волоку.

Тогда интенсивность волочения для n -ного ствола, согласно рис. 3, при средней длине ствола $l_{ст}$ можно представить так:

$$\frac{x-a}{2 \sin \alpha_3} - (n-1)l_{ст}.$$

Общая интенсивность волочения, производимая одним стволом с каждой ленты, при условии равенства угловых величин $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ среднему значению α , будет равна сумме интенсивности волочения n стволов

$$A = \frac{(x-a)^2}{8l_{ст} \sin^2 \alpha} + \frac{x-a}{4 \sin \alpha}.$$

С увеличением ширины пасек интенсивность волочения увеличивается несколько больше, чем сама ширина. Однако линии интенсивности волочения и линии опытных данных относительных величин погибшего подроста довольно близки друг к другу, и уравнение прямой (3) с достаточной достоверностью отображает закономерность изменения количества подроста от ширины пасек.

Интенсивность волочения при трелевке комлями вперед, при недопустимости разворота, всегда больше, чем при трелевке вершинами вперед.

Изложенное в большой степени подтверждает наличие прямой связи между степенью волочения и изменением количества подроста. Именно степень молочения является основным фактором, определяющим количество оставшегося подроста.

На основе сказанного используем формулу (3) для вычисления затрат на лесовосстановление, зависящих от ширины пасеки.

Стоимость лесовозобновления на 1 м^3 срубленной древесины как функция ширины пасеки x выражается следующим образом:

$$C_k = \frac{D(1800x - 34)}{100Q} = \frac{D}{Q}(18x - 0,34) \text{ руб./м}^3,$$

где D — стоимость лесовозобновления, руб./га.

С учетом сохранения подроста формула (1) принимает вид

* Научный отчет по теме «Организация постоянно действующих комплексных предприятий в лесах I и II групп на базе широкой механизации лесозаготовительных и лесохозяйственных работ. Воронежский лесотехнический институт, Воронеж, 1958.

$$C = C_n \frac{x-a}{4 \sin \alpha} + \frac{C_b}{100Qx} + \frac{D}{Q} (18x - 0,34) \text{ руб./м}^3.$$

Взяв первую производную и приравняв ее нулю, получаем следующее выражение для оптимального значения ширины пасеки:

$$x = \sqrt{\frac{4 \cdot C_b \cdot \sin \alpha}{100C_n \cdot Q + 7200D \sin \alpha}}.$$

Приняв прежние значения показателей и взяв $D = 30$ руб./га, находим $x = 25 \div 28$ м. Практически, с учетом специфических условий, ширину пасеки принимают немногим больше (30—35 м).

В тех случаях, когда искусственное возобновление после рубки почти невозможно, оставление наибольшего количества подроста приобретает решающее значение. В этих случаях ширину лесосеки принимают минимально возможной. Учитывая некоторые особенности лесозаготовительного процесса, при существующих способах рубки, не рекомендуется устанавливать ширину пасеки менее 25 м.

Поступила в редакцию
17 февраля 1964 г.

УДК 634.0.307

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В РАМЕ АВТОЛЕСОВОЗА В СТАТИКЕ

П. Ф. МАРЧЕНКО

Кандидат технических наук

Б. Д. ВАСИЛЬЕВ-КОЗЛОВ

Инженер

(Архангельский лесотехнический институт)

Вопросам теоретических и экспериментальных исследований несущих систем транспортных машин в последние годы уделяют значительное внимание. Наиболее широко и полно испытывали рамы автомобилей в центральном научно-исследовательском автомобильном и автомоторном институте (НАМИ) [4], тракторные рамы — в Челябинском политехническом институте [5]. Прочность рам автолесовозов, насколько нам известно, не была исследована.

По конструкции, способу восприятия усилий от колес и условиям работы рамы автолесовозов значительно отличаются от рам других транспортных машин. Рамы отечественных автолесовозов Т-60м и Т-80 сварены из листовой стали толщиной 4 мм (Ст. 3; $\sigma_T = 2400 \text{ кг/см}^2$) и представляют собою двухконтурную систему, состоящую из двух лонжеронов и трех поперечин. Лонжероны и поперечины имеют прямоугольное закрытое сечение. Размеры сечений лонжеронов и поперечин различны. В отличие от рам других транспортных машин рамы автолесовозов порталной конструкции.

Под действием внешних сил в раме автолесовоза и ее элементах преобладают следующие деформации: 1) изгиб лонжеронов под действием веса поддресоренных частей машины, веса пакета, вертикальных динамических нагрузок и горизонтальных сил, возникающих между колесом и полотном дороги в продольной плоскости при торможении, разгоне или переезде препятствия; 2) изгиб поперечин под действием поперечных горизонтальных нагрузок от центробежных сил при повороте на большой скорости (опрокидывание) или при движении по глубокой колее, от боковых ударов о препятствие или от давления ветра; 3) кручение рамы при переезде препятствия плавных очертаний на небольшой скорости, когда влиянием динамических сил можно пренебречь; 4) сложные деформации с преобладанием изгиба лонжеронов, кручения рамы и сдвига лонжеронов. Эти сложные деформации возникают в случае переезда порогового препятствия одним колесом на большой скорости.

В данной статье изложены результаты экспериментального исследования напряжений в раме автолесовоза Т-60м в статике.

Величины внешних сил, принятых для определения напряжений в раме, приведены в табл. 1.

Таблица 1

| Вид нагрузки | Обозначение | Величина нагрузки, кг | Примечание |
|---|-------------|------------------------|--|
| Вес подпрессоренных частей | G | 4100 | Определяли взвешиванием |
| Вес пакета пиломатериалов | Q | 5000 | Максимальная нагрузка |
| Вертикальная динамическая на одно колесо | Z_d | $Z_d = k \cdot Z_{ст}$ | Коэффициент $k=1$ [2] |
| Горизонтальная продольная между колесом и полотном дороги | X | 2875 | Получена расчетным путем при $\varphi = 1$ и $m = 1$ [2] |
| Горизонтальная поперечная между колесом и полотном дороги | Y | 3780 | Получены расчетным путем при $\varphi = 1$ и $m = 1$ |
| а) при опрокидывании | | | |
| б) при движении по глубокой колее | | 2875 | То же |

Примечание. φ — коэффициент сцепления; m — коэффициент перераспределения подпрессорных масс.

Деформации в различных точках рамы измеряли проволочными датчиками типа ПБ из константановой проволоки диаметром 0,03 мм с базой 20 и 10 мм. Датчики с базой 10 мм размещали на участках с большим ожидаемым градиентом напряжений.

Датчики наклеивали бакелитовым клеем БФ-4. Часть из них сушили прогреванием электрическим током. Это позволило осуществлять наклейку датчиков под открытым небом, несмотря на неустойчивую дождливую погоду.

Места и направление наклейки датчиков выбирали на основании предполагаемого распределения напряжений, конфигураций поперечных сечений стержней (лонжеронов и поперечин) и анализа эксплуатационных повреждений. Датчики размещали вблизи ребра, образованного пересечением двух плоскостей лонжерона или поперечины, где их напряженное состояние характеризуется только нормальными напряжениями, направленными вдоль оси. Это позволило измерять нормальные напряжения в этих точках одиночными датчиками, наклеенными вдоль оси стержня.

Как правило, датчики наклеивали в расчетных сечениях, а датчики № 12 и 17 — в сечениях, где чаще всего возникают трещины. С достаточной точностью можно принять, что вдоль каждой стороны сечения нормальные напряжения изменяются линейно, и наибольшее их значение при этом наблюдается в угловых точках сечения. Поэтому для полного обследования напряжений наклеивали четыре датчика во всех угловых точках [1]. Схема установки датчиков показана на рис. 1.

Датчики температурной компенсации наклеивали на пластинки, изготовленные из той же стали, что и рама. Пластинки с компенсационными датчиками закрепляли вблизи рабочих датчиков. После проверки целостности датчика и величины сопротивления изоляции между металлом и датчиком последний покрывали влагонепроницаемым составом. Длина соединительных проводов во всех случаях была одинакова для всех датчиков.

Для замера напряжений в раме была специально изготовлена 24-точечная тензометрическая установка, работающая по принципу

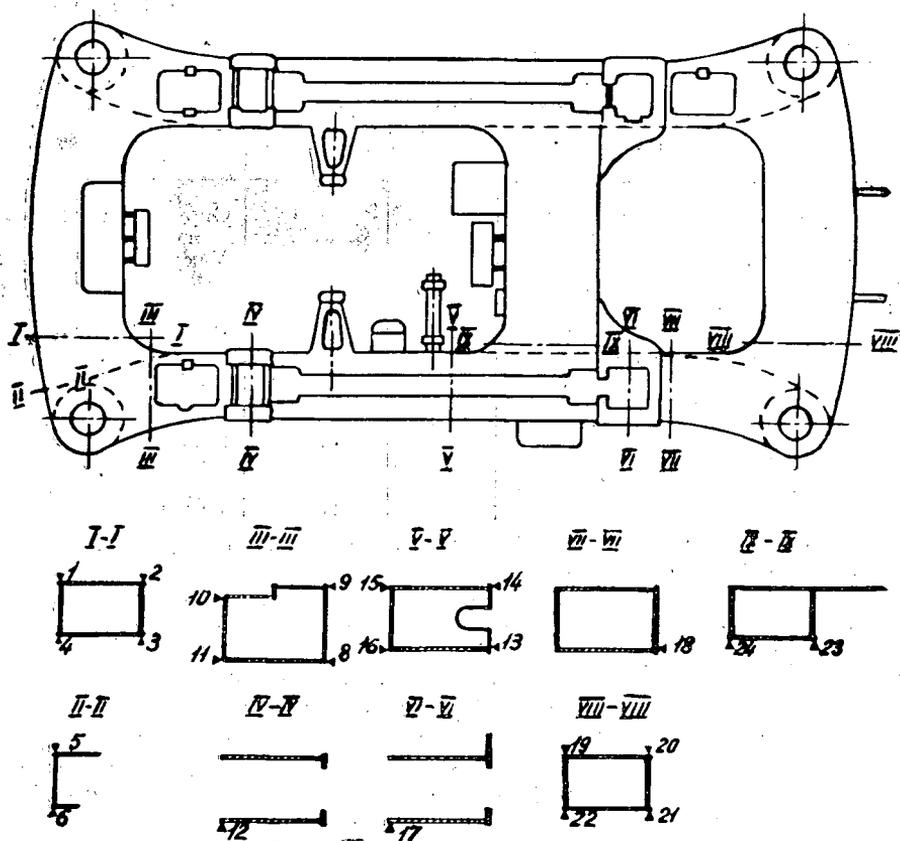


Рис. 1. Размещение датчиков на раме.

неуравновешенного моста. Во время работы все мосты находились под током, что обеспечивало стабильность теплового режима. Напряжение питания мостов составляло 5 в. В качестве регистрирующего прибора применяли микроамперметр типа М-95 со световым указателем, с чувствительностью по току $1,4 \cdot 10^{-8}$ а/мм.

Испытания рамы проводили непосредственно на автолесовозе. Вертикальную нагрузку создавали путем загрузки автолесовоза строительным брусом, горизонтальную — автомобильными гидравлическими домкратами, удлиненными специальными штангами (рис. 2). Для обеспечения центральной передачи нагрузок штанга имеет наконечник со стальным шариком. К другому концу штанги приварена площадка с отверстиями, через которые, при помощи болтов, крепится своим основанием гидравлический домкрат. Величину горизонтальной нагрузки устанавливали по манометру, подключенному к цилиндру домкрата, при помощи сверления в подошве последнего. Домкраты предварительно тарируют на универсальной испытательной машине Р-5. На рис. 3 представлен график тарировки гидравлического домкрата.

Использованные приспособления позволили осуществить цикл нагружения для любого варианта за 14—20 мин, при затратах непосредственно на снятие замеров во всех точках 10—12 мин. Это обеспечило экономию времени при многократных нагружениях и способствовало

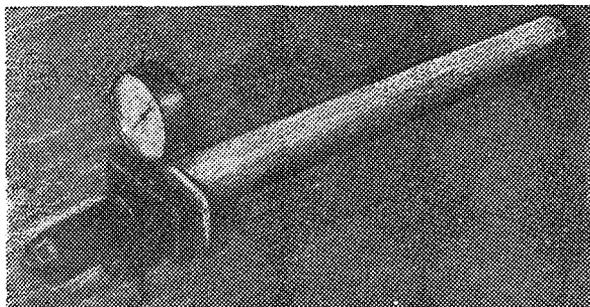


Рис. 2. Штанга с гидравлическим домкратом, оборудованным манометром.

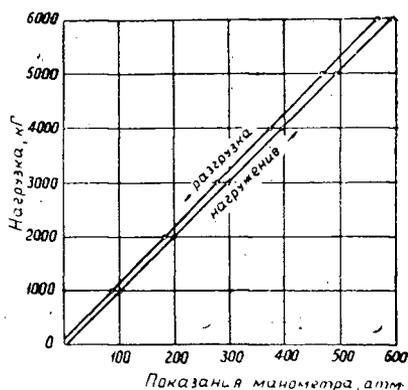


Рис. 3. График тарировки домкрата.

повышению точности эксперимента, так как сократило время проведения измерений. Считают, что интервал времени между измерением без нагрузки и с нагрузкой для подобных испытаний должен быть не более 30—40 мин [3].

Перед испытанием автолесовоз устанавливали на строго горизонтальной поверхности. Шины имели одинаковое давление. При определении напряжений от веса поддресоренных частей и груза растормаживали колеса автолесовоза, а портал загружали пакетом пиломатериалов (строительным брусом). Равномерность нагрузки на колеса контролировали величиной осадки пружин подвесок (осадка всех пружин должна быть одинаковой). Разгрузку автолесовозов осуществляли подъемом пакета на трех гидравлических домкратах. В этом положении снимали нулевой отсчет. Нагружение достигалось освобождением домкратов.

Замеры с получением одинаковых значений деформаций повторяли не менее трех раз. Напряжения от веса поддресоренных частей находили расчетным путем, полное напряжение — суммированием.

При испытании рамы на поперечные нагрузки, вызывающие изгиб поперечин, колеса одной стороны автолесовоза устанавливали на рд-ликовые опоры, а его портал загружали пакетом пиломатериалов. Боковые нагрузки создавали расжатием и сжатием колес автолесовоза гидравлическим домкратом с манометром и штангой. Поперечные нагрузки накладывали одновременно к ободам задних и передних колес. За нулевой отсчет принимали нагрузку автолесовоза только пакетом пиломатериалов.

Кососимметрическую нагрузку на раму автолесовоза создавали при помощи пакета пиломатериалов и подъема домкратами диагонально расположенных колес до вывешивания третьего колеса. При этом проверяли наличие зазоров между боковыми сторонами пакета и козырьками направляющих штанг механизма подъема, чтобы пакет не мог стеснять перекосов рамы. Нулевой отсчет снимали при горизонтальном положении автолесовоза до поднятия диагонально расположенных колес.

Цикл измерений напряжений повторяли по три раза на каждую сторону. Кроме напряжений измеряли перераспределение веса пакета на штанги грузоподъемного механизма. Для этого перед испытанием между колодками пакета и шпорами грузоподъемного механизма против штанг устанавливали балочные весы.

Из горизонтальных сил, возникающих между колесами и полотном дороги в продольной плоскости, наибольшее значение имеют силы при торможении только задними или только передними колесами. Ранее проведенными исследованиями [2] было установлено, что максимальная величина напряжений в лонжеронах рамы наблюдается в случае торможения автолесовоза задними по ходу колесами. Для определения напряжений в лонжеронах рамы от горизонтальных сил был принят случай движения автолесовоза назад с торможением передними колесами. Горизонтальные силы вдоль осей лонжеронов создавали гидравлическими домкратами с манометрами. При этом задние колеса растормаживали, а передние заклинивали и устанавливали на рифле-

| Наименование элементов рамы | № сечения | № датчика | Замеренные напряжения ($\text{кг}/\text{см}^2$) от нулевых отсчетов | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|-----------|---|---|--|--|----------------------------|-----------------------------|-----|
| | | | от веса пакета $Q=5,0 \text{ T}$ | от торможения передними колесами при движении назад $X=2875 \text{ кг}$ | от опрокидывающей нагрузки $Y=3780 \text{ кг}$ | от сил разводящих колеса $Y=2875 \text{ кг}$ | от закручивания рамы влево | от закручивания рамы вправо | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Передняя поперечина | I | 1 | -34 | -34 | +715 | -1244 | -442 | +208 | |
| | | 2 | 0 | +17 | +186 | -199 | +250 | +17 | |
| | | 3 | 0 | +34 | -24 | +246 | -151 | +61 | |
| | | 4 | +51 | +51 | -724 | -1428 | +527 | -240 | |
| | II | 5 | -25 | +51 | +721 | -966 | -266 | +238 | |
| | | 6 | +59 | +68 | -1670 | +2103 | +714 | -426 | |
| Левый лонжерон | III | 8 | -21 | -490 | -39 | -65 | +378 | -85 | |
| | | 9 | -59 | -396 | +752 | -836 | -700 | +374 | |
| | | 10 | +21 | +488 | +628 | -939 | -294 | +199 | |
| | | 11 | +60 | +521 | -340 | +346 | +77 | -102 | |
| | IV | 12 | +289 | +985 | -141 | +241 | -116 | +7 | |
| | V | 13 | -118 | -247 | +51 | -102 | +235 | -44 | |
| | | 14 | -64 | -138 | -227 | +266 | -10 | +7 | |
| | | 15 | +91 | +219 | -148 | -24 | -238 | +85 | |
| | | 16 | +99 | +231 | -13 | +24 | -204 | +53 | |
| | VI | 17 | +293 | +271 | +605 | +495 | -260 | +85 | |
| | VII | 18 | -99 | -48 | -589 | +776 | +218 | +17 | |
| | Задняя поперечина | VIII | 19 | -34 | -25 | +378 | -592 | +408 | -67 |
| | | | 20 | -25 | -17 | +145 | -860 | +107 | +41 |
| | | | 21 | +71 | +34 | -442 | +948 | - | +26 |
| 22 | | | +68 | +17 | -442 | +329 | -374 | +102 | |
| | | | | | | | | | |
| Средняя поперечина | IX | 23 | +34 | +17 | -281 | +328 | -204 | +97 | |
| | | 24 | +51 | +34 | -242 | +211 | +109 | -141 | |

ную стальную площадку для увеличения их сцепления. За нулевой отсчет принимали деформацию лонжеронов от веса поддрессоренных частей и веса пакета.

Результаты тензометрирования и суммарные напряжения приведены в табл. 2.

Ошибка тензометрических измерений не превышала $(1-1,5) \cdot 10^{-5}$ единиц относительной деформации. Правильность измерения деформаций проверяли путем сравнения напряжений в симметричных точках рамы.

Для повышения точности и достоверности замеров проводили последовательное нагружение ступенями в $1T$ с построением кривых (контроль на выпадение точек), повторение нагружений и замеров не менее трех раз и контроль нуля перед замером и после него.

Для оценки прочности рамы напряжения от горизонтальных сил пересчитывали на максимальные по условиям сцепления колес с полотном дороги (при $\varphi = 1,0$).

Таблица 2

| Суммарные напряжения, кг/см ² | | | | | | | |
|---|--|--|---|--|---|--|---|
| от веса пакета и веса подрессоренных частей | от веса пакета и веса подрессоренных частей с учетом коэффициента динамики | при торможении до юза (графа 10 + графа 5) | при переезде порогового препятствия двумя колесами (графа 11 + графа 5) | при действии боковой нагрузки (графа 10 + графа 6) | при движении по глубокой колее (графа 10 + графа 7) | при переезде плавных препятствий правым колесом (графа 10 + графа 8) | при переезде плавных препятствий левым колесом (графа 10 + графа 9) |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| -34 | -68 | -68 | -102 | +681 | -1278 | -476 | +264 |
| 0 | 0 | +17 | +17 | +186 | -199 | -250 | +17 |
| 0 | 0 | +34 | +34 | -24 | +246 | -151 | +61 |
| +51 | +102 | +102 | +153 | -673 | +1479 | +578 | -289 |
| -25 | -50 | +26 | +1 | +696 | -991 | -291 | +213 |
| +59 | +118 | +127 | +186 | -1611 | +2162 | +773 | -367 |
| -42 | -84 | -532 | -574 | -81 | -107 | +336 | -127 |
| -80 | -160 | -476 | -456 | +672 | -916 | -780 | +294 |
| +42 | +84 | +530 | +572 | +586 | -897 | -252 | +241 |
| +81 | +162 | +602 | +783 | -259 | +427 | +158 | -21 |
| +477 | +954 | +1462 | +1939 | +336 | +718 | +361 | +484 |
| -210 | -420 | -457 | -667 | -159 | -312 | +25 | -254 |
| -156 | -312 | -294 | -450 | -383 | +110 | -166 | -149 |
| +183 | +366 | +402 | +585 | +35 | +159 | -55 | +268 |
| +191 | +382 | +422 | +613 | +178 | +215 | -13 | +244 |
| +490 | +980 | +761 | +1251 | +1695 | +985 | +230 | +575 |
| -171 | -342 | -219 | -390 | -760 | +605 | +47 | -154 |
| -34 | -68 | -59 | -93 | +344 | -626 | +374 | -101 |
| -25 | -50 | -42 | -67 | +120 | -885 | +82 | +16 |
| +71 | +142 | +105 | +176 | -371 | +1019 | +71 | +97 |
| +68 | +136 | +85 | +153 | -374 | +397 | -306 | +170 |
| +34 | +68 | +51 | +85 | -247 | +462 | -170 | +131 |
| +51 | +102 | +85 | +136 | -191 | +362 | +160 | -90 |

Выводы

1. Тензометрирование рамы в статике позволило получить распределение напряжений в раме и показало, что конструкция ее далеко не равнопрочна. Наибольшие напряжения имеют место в сечениях лонже-

ронов, ослабленных колодцами грузоподъемных штанг, и в сечениях, где передняя и задняя поперечины соединены с лонжеронами. В этих местах и происходит обычно поломки рам. В неослабленных сечениях напряжения не превышали 800 кг/см^2 .

2. Тензометрирование позволило выявить режимы нагружения, определяющие прочность рамы. Такими режимами являются:

а) торможение до юза задними колесами при движении вперед или торможение передними колесами при движении назад. В этих случаях максимальные напряжения возникают в нижних волокнах стенок лонжеронов, в сечениях соответственно задних или передних колодцев (датчик № 12, $\sigma_p = 1462 \text{ кг/см}^2$). Еще более высокие напряжения в тех же сечениях могут иметь место при переезде порогового препятствия двумя колесами одновременно (датчик № 12, $\sigma_p = 1939 \text{ кг/см}^2$);

б) занос или опрокидывание автолеса на крутом повороте и движение по глубокой колее. Наибольшие напряжения возникают в сечениях соединения поперечин с лонжеронами (датчик № 6, $\sigma_p = 2162 \text{ кг/см}^2$).

3. При кручении рамы значения напряжений значительно меньше, чем в двух перечисленных случаях нагружения, и не превышают 800 кг/см^2 . Такое значение напряжений получено при свободном закручивании рамы, то есть когда вывешивают два диагонально расположенных колеса, а поэтому данный вид нагружения не определяет прочностного состояния рамы.

4. Крайне неравномерно распределены напряжения в сечении соединения поперечин с лонжеронами, так как нижние и внутренние панели передней и задней поперечин, а также нижние и боковые панели средней поперечины приварены к тонким внутренним панелям лонжеронов под прямым углом и, следовательно, не могут воспринять значительных усилий.

5. В лонжеронах максимальные напряжения получены в сечениях колодцев грузоподъемных штанг, где нижние и верхние панели прерываются, остаются две вертикальные тонкие стенки, которые имеют незначительную жесткость в горизонтальной плоскости.

6. Величина перераспределения веса пакета на штанги, определяемая в опытах, оказалась незначительной — около 270 кг . Это говорит о том, что пакет не влияет на жесткость рамы в сколько-нибудь значительной мере и что перераспределением веса пакета при кручении в расчетах на прочность можно пренебречь.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Д. В. Бычков, А. К. Мрошинский. Кручение металлических балок. Стройиздат, 1944. [2]. Б. Д. Васильев-Козлов. Особенности расчета на изгиб лонжеронов рам автолесовозов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1964. [3]. Н. И. Воронцова, Д. Б. Гельфгат, И. С. Луиев, В. А. Ошноков, Ю. Г. Стефанович. Тензометрирование деталей автомобиля. Машгиз, 1962. [4]. Д. Б. Гельфгат, В. А. Ошноков. Рамы грузовых автомобилей. Машгиз, 1959. [5]. Труды Челябинского политехнического института. Расчет на прочность элементов конструкции, вып. 11, Машгиз, 1957.

УДК 634.0.382 : 9

ОЦЕНКА СОПРОТИВЛЕНИЙ ПОРОЖИСТЫХ УЧАСТКОВ СПЛАВНЫХ РЕК

М. М. ОВЧИННИКОВ

Старший преподаватель

(Ленинградская лесотехническая академия)

Постановка задачи

Сопротивления русел порогов сплавных рек можно было бы найти двумя путями: а) обратиться к имеющимся эмпирическим и полуэмпирическим зависимостям для скоростного множителя C или коэффициента сопротивления λ в условиях равномерного режима; б) для более углубленного изучения рассматриваемого вопроса провести специальные экспериментальные исследования.

В течение последних 20—30 лет вопросам движения воды в шероховатых руслах занимались многие исследователи ([1], [2], [3], [4], [5] и др.).

Большинство зависимостей получены для относительных гладкостей $\frac{h}{\Delta} \geq 5-7$, которые, как известно, уже не являются характерными для порогов сплавных рек. Поэтому эти зависимости не могут быть распространены на порожистые участки рек.

Известный интерес представляет зависимость Г. М. Ломизе [3], которая была выведена для малых относительных гладкостей. Однако она получена для условий движения напорных потоков через шероховатые щели.

Особого внимания заслуживают формулы А. Я. Слободкина [6] и А. П. Сидорова [5]. Они получены для открытых потоков при прямоугольной форме поперечного сечения русла и малой относительной гладкости. Надо иметь в виду, что А. П. Сидоров занимался изучением бурных потоков в руслах с большими уклонами дна. Опыты А. Я. Слободкина и А. П. Сидорова были поставлены для искусственной шероховатости, наклеенной на дно лотка, в то время как отсыпанная шероховатость, на наш взгляд, несколько ближе отвечает натурным условиям. При этом опытные данные А. Я. Слободкина и А. П. Сидорова нуждаются в дополнительной проверке и развитии.

С целью получения более точных данных о сопротивлении порогов сплавных рек, а также для уточнения опытных данных А. Я. Слободкина и А. П. Сидорова мы провели экспериментальные исследования в несколько других условиях. С этим же вопросом нам пришлось встретиться при постановке экспериментов по изучению условий работы полузапруд на порогах сплавных рек.

Экспериментальная установка и состав опытов

Опыты проводили в русловом бетонном лотке лесосплавной лаборатории ЛТА. Лоток прямоугольного поперечного сечения имел длину 15 м, ширину в свету 1,48 м и высоту бортов 0,7 м.

Как известно, структура дна порогов отличается достаточной сложностью, поэтому представляется затруднительным изучить все возможные случаи размещения элементов шероховатости в русле. При известной схематизации порогов можно считать, что структура дна порожистых участков рек характеризуется или сплошным слоем элементов шероховатости определенной крупности, или наличием на подстилающем слое ряда более крупных элементов шероховатости с различными степенями плотности и размещения. В связи с этим при постановке экспериментов мы рассматривали русло двух типов: с примерно однообразной шероховатостью дна и с двухслойной шероховатостью, то есть при расположении на нижнем слое ряда элементов шероховатости более крупных размеров, уложенных в определенном порядке.

Для создания русла с достаточно однородной зернистой шероховатостью необходимого уклона через 1,5 м по длине лотка по нивелиру устанавливали деревянные рейки, пространство между которыми заполняли слоем гравия толщиной около 5—6 см. Далее гравий выравнивали заподлицо с вершинами реек.

Всего было проведено восемь серий опытов.

Элементы шероховатости верхнего слоя размещались в шахматном порядке, расстояния между зернами шероховатости $S = 3d$, где d — средний размер зерен шероховатости. Более подробные данные о составе опытов приведены в табл. 1.

Таблица 1

| № серий | Размер элементов шероховатости, мм | Уклон дна |
|---------|------------------------------------|-----------|
| I | 18—22 | 0,004 |
| II | 26—30 | 0,004 |
| III | 26—30 | 0,004 |
| IV | 18—22 | 0,002 |
| V | 26—30 | 0,002 |
| VI | 18—22 | 0 |
| VII | 18—22 и 26—30 | 0,002 |
| VIII | 18—22 | 0,002 |

Примечание. В серии III дно искусственно взрыхляли кистью руки; в остальных сериях дно выровненное. В серии VIII форма поперечного сечения русла трапециoidalная, дно и стенки лотка имели одинаковую шероховатость; в остальных сериях форма прямоугольная. В серии I опытов — 8; в остальных — 5.

Опыты были поставлены для диапазона изменения расходов воды $Q = 10—80$ л/сек; глубин потока $h = 2,65—12,45$ см; средних скоростей течения $v = 18,1—60,8$ см/сек, при числах Рейнольдса, отнесенных к глубине потока, $Re = 4560—36550$. Отношение глубин потока к средней величине выступов элементов шероховатости $\frac{h}{\Delta}$ колебалось от 1,35 до 8,50. Исследования проводили при спокойном режиме потока.

Глубины потока измеряли по его оси и у бортов через каждые 0,5 м по длине лотка; для этой цели использовали мерную иглу с ценой

деления 0,1 мм. Для характеристики элементов шероховатости были проведены специальные замеры, которые позволили установить среднюю высоту элементов шероховатости Δ и средний шаг шероховатости l . Для выравненного дна $\Delta = 0,645 d$ и $l = 1,7 \Delta$, где d — средний диаметр зерен гравия или точнее средний размер отверстий двух сит, через которые просеивали грунт данной фракции; для взрыхленного дна $\Delta = 0,731 d$ и $l = 1,4 \Delta$.

Наши экспериментальные данные достаточно хорошо согласуются с данными других исследователей. Например, по А. Н. Рахманову, $\Delta = 0,672 d$; по В. Н. Гончарову, $\Delta = (0,5-0,7) d$, по С. Я. Мучнику $\Delta = (0,51-0,7) d$.

О значении плоскости начала отсчета глубин

Как известно, вопрос об определении положения плоскости начала отсчета глубин при шероховатом зернистом русле и сравнительно малых глубинах воды имеет большое практическое значение. К сожалению, в настоящее время по этому вопросу нет единого мнения, даже для наиболее простого случая искусственной шероховатости из более или менее одинаковых зерен грунта.

Для достаточно полного освещения рассматриваемого вопроса необходимо было бы поставить специальные довольно сложные эксперименты, которые позволили бы не только качественно, но и количественно оценить явление обтекания потоком шероховатого дна. Возможности проведения такого рода экспериментов мы, к сожалению, не имеем, поэтому позволим себе высказать лишь некоторые соображения, которые, на наш взгляд, достаточно логичны.

Под гидравлическим дном условимся понимать среднее дно потока, обтекающего элемент шероховатости, а под геометрическим дном — некоторую условную плоскость, положение которой устанавливается объемным способом.

Рассмотрим положение геометрического дна для шероховатой поверхности в виде полусфер с плотной укладкой по отношению друг к другу и их размещением в клетку, а также в шахматном порядке. Этот вид шероховатости ближе всего отвечает рассматриваемой нами схеме укладки элементов шероховатости.

В этих условиях геометрическое дно лежит ниже вершин шероховатости на величину: а) при укладке полусфер в клетку $\delta = 0,61 \Delta$ и б) при укладке их в шахматном порядке $\delta = 0,66 \Delta$, где $\Delta = r$ — радиус полусферы.

Но гидравлическое дно располагается всегда выше геометрического, так как при определении второго учитывают и те области, заполненные водой, которые не участвуют в переносе расхода воды.

Как известно, обтекание потоком шероховатого дна сопровождается образованием вихревых зон между отдельными элементами шероховатости. В этих зонах вода находится во вращательном движении без какого-либо существенного участия в поступательном движении потока (рис. 1). Надо полагать, что в этих условиях гидравлическое дно должно располагаться не очень далеко от вершин шероховатости. По-видимому, это расстояние порядка $(0,10 \div 0,15) \Delta$ и во всяком случае не более $(0,20-0,25) \Delta$.

Учитывая недостаточную изученность данного вопроса, может быть следует в случае однородной шероховатости с достаточно плотным размещением зерен назначать гидравлическое дно ниже вершин выступов шероховатости на величину $\delta = (0,20-0,25) \Delta$.

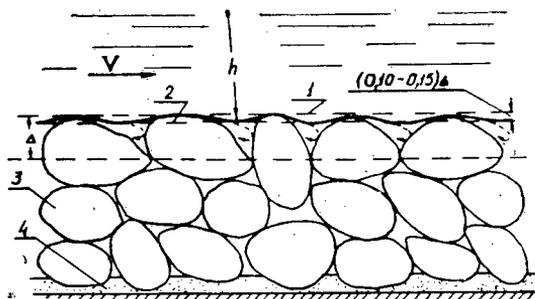


Рис. 1.

1—плоскость, осредняющая вершины элементов шероховатости;
2—гидравлическое дно; 3—гравий; 4—слой песка.

Для удобства сопоставления результатов наших исследований с данными других авторов нами рассмотрен вариант назначения гидравлического дна ниже вершин шероховатости на $0,5\Delta$. С другой стороны, представляет известный интерес изучение предельного случая расположения гидравлического дна на уровне вершин выступов шероховатости. Поэтому обработку опытов мы проводили применительно к трем способам отсчета глубин. В этом же предположении даны экспериментальные зависимости.

Обработка опытных данных

С целью обработки опытных данных для безразмерного коэффициента скорости λ мы применили логарифмическую зависимость, имеющую известное теоретическое обоснование и обеспечивающую наилучшую согласованность с опытами

$$\frac{1}{V\lambda} = A \lg \frac{h}{\Delta} + B, \quad (1)$$

где Δ — средняя высота выступов шероховатости.

Числовые значения параметров A и B определяли по способу наименьших квадратов.

Результаты обработки опытных данных представлены в виде графиков $\frac{1}{V\lambda} = f\left(\lg \frac{h}{\Delta}\right)$ на рис. 2. Кроме того, для большей наглядности и удобства сопоставления с данными других исследований построены графики $C = f\left(\frac{h}{\Delta}\right)$ (рис. 3).

В результате математической обработки опытных данных получены следующие зависимости.

При $\delta = 0$

$$\frac{1}{V\gamma} = 3,46 \lg \frac{h}{\Delta} + 4,37 \quad (2)$$

или

$$C = 15,33 \lg \frac{h}{\Delta} + 19,36. \quad (2')$$

В этих условиях универсальная постоянная Кармана

$$\kappa = 0,472$$

При $\delta = 0,25 \Delta$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda'}} = 4,56 \lg \frac{h'}{\Delta} + 3,01; \quad (3)$$

$$C' = 20,2 \lg \frac{h'}{\Delta} + 13,33; \quad (3')$$

$$\kappa' = 0,358.$$

При $\delta = 0,50 \Delta$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda''}} = 5,65 \lg \frac{h''}{\Delta} + 1,67; \quad (4)$$

$$C'' = 25,0 \lg \frac{h''}{\Delta} + 7,4; \quad (4')$$

$$\kappa'' = 0,288.$$

Эти формулы можно привести к виду $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = f\left(\frac{h}{d}\right)$ или $C = f'\left(\frac{h}{d}\right)$, если учесть, что, согласно нашим исследованиям, $\Delta = 0,645 d$.

При выводе указанных зависимостей мы не учитывали опытные данные для двухслойной шероховатости ($\Delta = 28$ мм), а также данные для русла трапециoidalной формы. Однако сопоставленные с экспериментальными данными основной группы опытов они приведены на графиках $C = f\left(\frac{h}{\Delta}\right)$, показанных на рис. 3. При нанесении на них опытных точек для трапециoidalного русла под относительной гладкостью понимали не отношение $\frac{h}{\Delta}$, а величину $\frac{R}{\Delta}$, где R — гидравлический радиус.

Выведенные эмпирические зависимости логарифмического типа достаточно хорошо согласуются с опытными данными, и среднее квадратичное относительное отклонение опытных значений $\frac{1}{\sqrt{\lambda}}$ от расчетных, вычисленных по зависимостям (2), (3), (4), не превышает 4,8%, что, в свою очередь, указывает на удовлетворительную точность экспериментов.

Выводы

1. Для оценки сопротивлений русел порожистых участков сплавных рек с примерно однородной шероховатостью можно рекомендовать логарифмические зависимости (2), (3), (4), которые обеспечивают достаточно хорошую согласованность с опытными данными и дают одинаковую точность расчета.

2. С понижением плоскости начала отсчета глубин от верха вершин шероховатости сопротивление русла возрастает. При этом чем меньше относительная гладкость $\frac{h}{\Delta}$, тем быстрее увеличивается сопротивление русла. Например, при $\frac{h}{\Delta} = 1,5-3,0$ отношение $\frac{C'}{C}$ колеблется от 0,80 до 0,85 и $\frac{C''}{C}$ от 0,65 до 0,70, а при $\frac{h}{\Delta} = 7,0-8,0$ величина

$\frac{C'}{C}$ изменяется от 0,95 до 0,97 и $\frac{C''}{C}$ — от 0,90 до 0,95. Следовательно, только при $\frac{h}{\Delta} < 7,0$ местоположение гидравлического дна практически оказывает влияние на абсолютную величину скоростного множителя C .

3. Правильность гидравлических расчетов потоков в шероховатых руслах не нарушается при назначении плоскости начала отсчета глубин на любом уровне (в разумных пределах) относительно вершин выступов шероховатости, если все гидравлические элементы потока отнести к принятому положению гидравлического дна. Но гидравлическое дно целесообразно назначать там, где фактически проходит среднее дно потока, обтекающего элементы шероховатости. Поэтому в практических расчетах для определения сопротивления порогов лучше пользоваться зависимостью (3), выведенной из условий расположения плоскости начала отсчета глубин ниже вершин шероховатости на $0,25 \Delta$.

4. Полученная нами зависимость (2) или (2') может быть использована в первом приближении для оценки сопротивлений порогов с разнородной шероховатостью — при наличии в русле подстилающего слоя и отдельных выступающих камней над этим слоем, если в указанных формулах за среднюю высоту выступов шероховатости такой поверхности принять средний размер выступающих камней.

5. Учитывая достаточно хорошую согласованность опытных данных для трапециoidalной формы русла с экспериментальными данными для прямоугольного русла при условии нанесения опытных точек на график $C = f\left(\frac{h}{\Delta}\right)$ в координатах $C = f\left(\frac{R}{\Delta}\right)$, мы считаем возможным рекомендовать зависимости (3) или (3') для расчета сопротивлений трапециoidalных и достаточно широких параболических русел, вводя в расчетные формулы вместо отношения $\frac{h}{\Delta}$ величину $\frac{R}{\Delta}$.

6. Полученные на основании статистической обработки опытных данных значения параметра $A = 456$ и соответствующая величина $x' = 0,358$ (зависимость (3) несколько отличаются от этих параметров ($A = 4,0$ и $x = 0,4$), полученных А. Никурадзе и принятых А. П. Зегжда и В. Н. Гончаровым, но не выходят за пределы изменения данных величин, встречающихся в различных источниках ($x = 0,27 \div 0,57$).

Анализ приведенных графических зависимостей $C = f\left(\frac{h}{\Delta}\right)$ позволяет сделать следующие выводы.

1. Для одних и тех же значений $\frac{h}{\Delta}$ величина C , найденная по данным А. Я. Слободкина и А. П. Сидорова, по сравнению с нашими данными оказывается выше. При этом с увеличением отношения $\frac{h}{\Delta}$ согласованность наших опытных данных с данными указанных авторов заметно улучшается.

2. При $\frac{h}{\Delta} = 1,5 \div 15$ наблюдается достаточно хорошее совпадение между значениями C , подсчитанными по нашим зависимостям и по формуле Г. М. Ломизе, для всех вариантов расположения плоскости начала отсчета глубин. При этом разница в значениях коэффициента C не превышает $7 \div 10\%$.

3. При отношении $\frac{h}{\Delta} < 10$ формула В. Н. Гончарова для определения C дает повышенные результаты по сравнению с зависимостями.

рекомендуемыми нами. Указанное расхождение вполне правомерно, так как зависимость В. Н. Гончарова по своему экспериментальному основанию не может быть с уверенностью распространена на интересующие нас малые относительные гладкости русла.

Для всех трех способов отсчета глубин при $\frac{h}{\Delta} = 10$ разница в значениях коэффициента C по нашим данным и данным В. Н. Гончарова составляет $6 \div 7\%$, а при $\frac{h}{\Delta} = 15$ снижается до $1 \div 2\%$.

При оценке сопротивлений русел зависимости для коэффициента C и λ часто выражают степенными уравнениями с постоянным показателем степени. Такие зависимости отличаются большой простотой.

Степенную зависимость безразмерного коэффициента скорости от относительной гладкости $\frac{h}{\Delta}$ обычно записывают в следующем виде:

$$\frac{1}{V\lambda} = M \left(\frac{h}{\Delta} \right)^m. \quad (5)$$

На основании полученных опытных данных и их статистической обработки, в случае назначения плоскости начала отсчета глубин ниже вершин выступов шероховатости на величину $\delta = 0,25 \Delta$ получены следующие степенные формулы для $\frac{1}{V\lambda}$ или C :

а) при $1,0 < \frac{h'}{\Delta} < 4,0$

$$\frac{1}{V\lambda'} = 3,02 \left(\frac{h'}{\Delta} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

или

$$C' = 13,38 \left(\frac{h'}{\Delta} \right)^{\frac{1}{2}}; \quad (6')$$

б) при $4,0 < \frac{h'}{\Delta} < 27,0$

$$\frac{1}{V\lambda'} = 4,22 \left(\frac{h'}{\Delta} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (7)$$

или

$$C' = 18,69 \left(\frac{h'}{\Delta} \right)^{\frac{1}{4}}; \quad (7')$$

в) при $\frac{h'}{\Delta} > 27,0$

$$\frac{1}{V\lambda'} = 5,56 \left(\frac{h'}{\Delta} \right)^{\frac{1}{6}} \quad (8)$$

или

$$C' = 24,63 \left(\frac{h'}{\Delta} \right)^{\frac{1}{6}}. \quad (8')$$

В этих формулах показатели степени подобраны таким образом, чтобы отступления от логарифмической кривой не превышали 2,5—3,0%. Таким образом, приведенные зависимости обеспечивают необходимую для практических целей точность расчета. Для порожистых участков сплавных рек в подавляющем большинстве случаев можно пользоваться зависимостями (6) и (6') и только для паводкового периода формулами (7) или (7').

Для установления связи между средней высотой выступов шероховатости Δ и коэффициентом шероховатости n можно воспользоваться зависимостью (5) и степенной формулой с постоянным показателем степени для $\frac{1}{\sqrt{\lambda}}$, которая в общем случае имеет вид

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = \frac{1}{n\sqrt{2g}} h^m. \quad (9)$$

Сравнивая формулу (9) с зависимостью (5), имеем

$$\frac{1}{n\sqrt{2g}} h^m = M \left(\frac{h}{\Delta} \right)^m,$$

откуда

$$n = \frac{\Delta^m}{\sqrt{2g}^m M} = \frac{\Delta^m}{4,43M}. \quad (10)$$

Следовательно, при $\delta = 0,25 \Delta$ можно получить следующие соотношения:

$$\text{а) при } m = \frac{1}{2} \quad n = 0,0748 \Delta^{\frac{1}{2}};$$

$$\text{б) при } m = \frac{1}{4} \quad n = 0,0535 \Delta^{\frac{1}{4}};$$

где Δ имеет размерность m .

Таким образом, в результате проведенных исследований нами были предложены уточненные зависимости для оценки сопротивлений зернистых шероховатых русел малой относительной гладкости, каковыми являются русла порожистых участков сплавных рек, и одновременно достаточно подробно разъяснен вопрос о назначении плоскости начала отсчета глубин в этих условиях. Использование в практике проектирования рекомендуемых зависимостей позволит повысить точность гидравлических расчетов порогов и улучшить качество проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Н. Гончаров. Динамика русловых потоков. ГИМИЗ, Л., 1962.
 [2]. А. П. Зегжда. Гидравлические потери на трение в каналах и трубопроводах. Л.-М., 1957. [3]. Г. М. Ломизе. Движение воды в щелях. 1947. [4]. Н. Н. Панов. Гидравлические расчеты при проектировании лесосплавных сооружений на свободных реках. Техинформация № 121, ЦНИИЛесосплава, 1959. [5]. А. П. Сидоров. Гидравлические основы регулирования порогов на сплавных реках с уклонами дна больше критического. Техинформация № 126, ЦНИИЛесосплава, 1958. [6]. А. Я. Слободкин. Гидравлические основы регулирования порожистых участков сплавных рек. Сборник трудов Поволжского лесотехнического института № 50, 1956.

Поступила в редакцию
19 мая 1964 г.

УДК 634.0.378.2

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ДИНАМИКЕ ФОРМИРОВОЧНОГО МЕХАНИЗМА ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ СЕКЦИЙ ПЛОТОВ

Сообщение 1

К. А. ЧЕКАЛКИН

Доцент

(Архангельский лесотехнический институт)

Конструкция формировочного механизма

Назначение формировочного механизма поточной линии по формированию секций плотов состоит в установке рассортированных сплотовых единиц в секции плотов. Последовательность технологических операций механизма дана в нашей предыдущей работе *.

Механизм (рис. 1) включает в себя несущий понтон 1, к которому на шаровом шарнире 5 прикреплен Г-образный понтон 2, названный формировочной рамкой. Габариты формировочной рамки в плане позволяют размещать у ее понтона количество пучков, достаточное на один полный ряд секции плота. Понтон формировочной рамки несет на себе зажимное устройство 3, фиксирующее положение пучков от выплывания при маневрах механизма и закрепленный на поворотных кронштейнах выталкивающий щит 4, приводы которых на схеме не показаны.

Формировочная рамка с помощью двухбарабанной лебедки 6 или другого привода поворачивается в горизонтальной плоскости на угол 90° , при этом угол поворота ограничен в конце рабочего хода конечным выключателем 15 и в конце холостого, — выключателем 16. Двухбарабанной лебедкой 9 через трособлочную систему 10 механизм перемещается по поперечному коридору, образованному нижними концами сортировочных дворишков поточной линии 11 и верхними — формировочных дворишков 13. Тросы трособлочной системы закреплены на концах мостов 12 и 14, а последние, в свою очередь, связаны с донными опорами поперечного крепления линии. Силы влечения формировочного механизма потоком через горизонтальную роликовую тележку 17 передаются на мост 12, по концам сортировочных дворишков.

Целью теоретических исследований, изложенных в настоящей работе, является получение математических зависимостей для расчета

* К. А. Чекалкин. Исследования по динамике механизмов сортировочного узла поточной линии по формированию секций плотов. Сообщения I и II. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1 и 2, 1965.

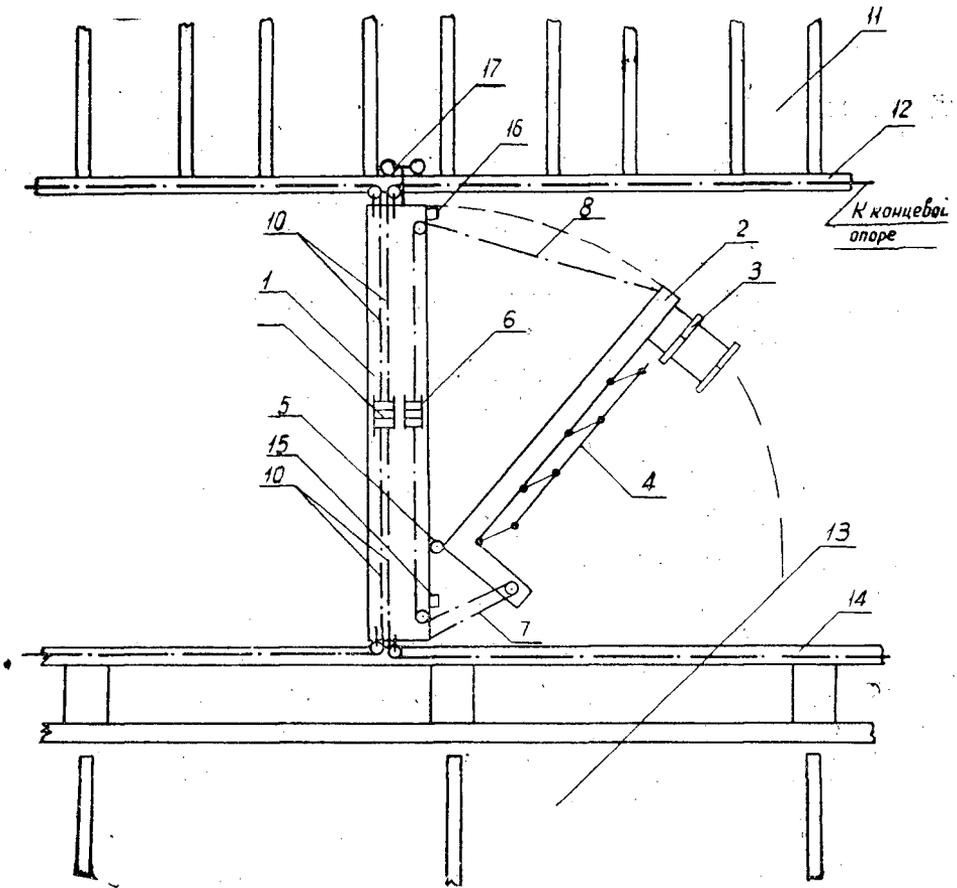


Рис. 1. Схема устройства механизма для установки пучков в секции плотов.

основных параметров привода вращения формирующей рамки в рабочем направлении на стадиях разгона, равномерного вращения и торможения. Насколько известно автору, в специальной литературе нет указаний на подобные исследования.

*Уравнения момента взаимодействия
формирующей рамки с потоком*

С точки зрения динамики разворота формирующей рамки исследуемого механизма можно рассматривать как плоское вращательное движение твердого тела вокруг вертикальной оси, проходящей через центр вращения, которым является шарнир соединения формирующей рамки с несущим понтоном.

Исходя из этого положения, вращательное движение формирующей рамки описывается известным уравнением динамики вращательного движения

$$I \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \Sigma M, \quad (1)$$

где I — момент инерции вращающихся масс (с учетом присоединенных масс воды), н.м.сек²;

$\frac{d^2\varphi}{dt^2}$ — угловое ускорение вращения, $\frac{1}{сек^2}$;

ΣM — сумма моментов всех сил относительно вертикальной оси, проходящей через центр вращения, действующих на формировочную рамку при вращении, н.м. Таковыми являются моменты: а) от воздействия на рамку привода вращения — $M_{п.}$

Для каждого конкретно рассматриваемого случая этот момент с допустимой для практических целей погрешностью можно считать величиной постоянной; б) от взаимодействия формировочной рамки с потоком — гидродинамический момент M .

Гидродинамический момент — функция нескольких переменных и получение расчетных зависимостей для его определения является важной частью теоретических исследований динамики разворота рамки.

При нахождении гидродинамического момента загруженной пучками рамки сделаем следующие допущения.

1. Будем учитывать только силы остаточного сопротивления потоку ряда пучков, находящихся в формировочной рамке, которые, как известно, зависят от площади погруженной в воду лобовой поверхности пучков на гранях 1—2 и 2—3 ряда пучков (рис. 2). Силами трения потока о поверхности пучков и понтона рамки за их малостью пренебрегаем. Не будем учитывать также сопротивлений пучков от уклона и ветра.

2. Для упрощения математических зависимостей с некоторой погрешностью, практически весьма незначительной, будем считать ширину ряда пучков в рамке, равной b , а не $b-a$, как это показано на рис. 2, так как a по сравнению с действительной шириной ряда пучков (секции) конструктивно незначительна.

При наличии скоростей потока на акватории размещения поточной линии гидродинамический момент, с учетом принятых допущений, будет слагаться из моментов на гранях 1—2 и 2—3. Рассмотрим первоначально первое из этих слагаемых.

Если на грани 1—2 на расстоянии x от оси вращения выделим элементарный отрезок длины грани dx , то элементарный гидродинамический момент от взаимодействия потока с лобовой поверхностью в пределах, ограниченных элементарным отрезком, при квадратичном законе сопротивления и при вращении в сторону рабочего хода определяется выражением

$$dM_{1-2} = \zeta_1 T (v_p \sin \varphi - \omega x)^2 x dx, \quad (2)$$

где ζ_1 — коэффициент остаточного сопротивления воды на грани 1—2, $\frac{н \cdot сек^2}{м^4}$;

T — осадка пучков, м;

$T dx$ — элементарная лобовая поверхность, $м^2$;

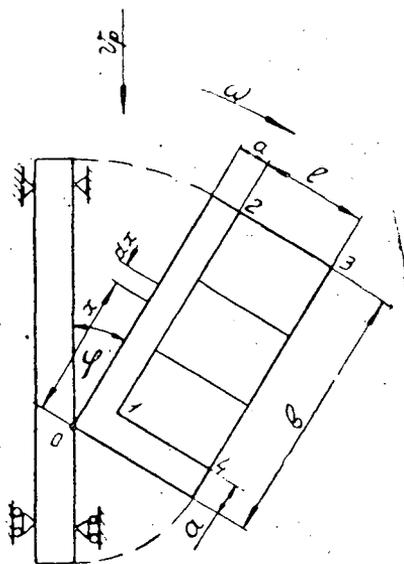


Рис. 2. Схема к определению гидродинамического момента формировочной рамки.

v_p — скорость течения в реке *, м/сек;

φ — угол встречи лобовой поверхности на грани 1—2 с направлением скорости течения, рад;

ω — угловая скорость вращения рамки, $\frac{1}{\text{сек}}$;

$(v_p \sin \varphi - \omega x)$ — относительная скорость движения в потоке элементарного отрезка грани dx , м/сек.

Следовательно, для всей грани длиной b гидродинамический момент в общем случае выражается определенным интегралом

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

Гидродинамический момент на грани 2—3 ** определяется как

$$M_{2-3} = \zeta_2 T l v_p^2 \cos^2 \varphi d = r_2 v_p^2 \cos^2 \varphi d = P_{2-3} \cos^2 \varphi \cdot d, \quad (4)$$

где ζ_2 — коэффициент остаточного сопротивления на грани 2—3, $\frac{\text{н} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}^4}$;

l — длина пучков, м;

r_2 — приведенное сопротивление на грани 2—3, $\frac{\text{н} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}^2}$;

$P_{2-3} = r_2 v_p^2$ — сила лобового давления потока на грани 2—3, н;

d — плечо приложения силы лобового давления, м,

$$d = 0,5l + a.$$

Считая за положительное направление моментов, совпадающее с направлением вращения, общий гидродинамический момент

$$M = M_{2-3} \pm M_{1-2}. \quad (5)$$

При этом необходимо предварительно заметить (далее это будет доказано), что в зависимости от соотношений величин b , v_p и ω M_{1-2} может принимать как положительные, так и отрицательные значения. В частности при $v_p = 0$, $M_{2-3} = 0$, а $M_{1-2} < 0$, ибо силы сопротивления воды будут направлены против направления вращения.

Динамика разгона загруженной рамки

На стадии разгона загруженной рамки практическую ценность представляют, прежде всего, исследования разгона при отсутствии скоростей течения, когда нагрузка на привод вращения наибольшая. С учетом того, что при $v_p = 0$, $M = M_{1-2} < 0$, а момент привода M_n при разгоне направлен по ходу вращения, уравнение (1) принимает вид

$$I \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = M_n - M. \quad (6)$$

Гидродинамический момент определяется выражением (3), которое при $v_p = 0$ превращается в уравнение

$$M = \zeta_1 T \int_0^b \omega^2 x^3 \cdot dx. \quad (7)$$

* Во всех дальнейших выводах скорость течения для каждого конкретно рассматриваемого случая можно считать величиной постоянной.

** Лобовым давлением потока на торец понтона формировочной рамки за его малостью пренебрегаем.

В последнем уравнении, на стадии разгона, переменными являются ω и x . При бесконечно малом изменении угловой скорости $d\omega$ величину M можно принять постоянной.

Умножим левые и правые части уравнения (7) на $d\omega$ и проинтегрируем его от скорости ω_1 до скорости ω_2 , то есть напишем уравнение

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

После интегрирования и разрешения результата относительно гидродинамического момента получаем

$$M = \frac{r_1 b^3}{12} (\omega_1^2 + \omega_1 \omega_2 + \omega_2^2), \quad (8)$$

где r_1 — приведенное сопротивление воды вращению рамки,

$$r_1 = \zeta_1 T b. \quad (9)$$

При разгоне рамки можно принять $\omega_1 = 0$, а $\omega_2 = \omega$ (переменная скорость, изменяющаяся от нуля до скорости равномерного вращения).

При этих условиях уравнение (8) принимает вид

$$M = \frac{r_1 b^3 \omega^2}{12}. \quad (10)$$

Имея в виду, что

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{d\omega}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \omega \frac{d\omega}{d\varphi} \quad (11)$$

и учитывая выражение (10), уравнение (6) преобразуется так:

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

Разделив переменные и разрешив уравнение относительно $d\varphi$, получаем

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

Угол поворота формировочной рамки, на котором скорость вращения изменяется от нуля до скорости равномерного вращения ω_0 , определяется интегралом

$$\varphi = I \int_0^{\omega_0} \frac{\omega \cdot d\omega}{M_n - \frac{r_1 b^3 \omega^2}{12}}.$$

Проинтегрировав, получаем

$$\varphi = \frac{6I}{r_1 b^3} \ln \frac{12M_n}{12M_n - r_1 b^3 \omega_0^2}.$$

Обозначаем

$$A = \frac{r_1 b^3}{12} \quad (12)$$

и получаем окончательную формулу для расчета углового пути разгона формировочной рамки до скорости равномерного вращения ω_0 при заданном моменте привода M_n .

$$\varphi = \frac{I}{2A} \ln \frac{M_n}{M_n - A\omega_0^2} \quad (13)$$

Иногда может потребоваться решить задачу о нахождении момента привода при заданном угловом пути разгона рамки. После несложных преобразований уравнения (13) будем иметь

$$M_n = \frac{A\omega_0^2 e^{\frac{2A\varphi}{I}}}{e^{\frac{2A\varphi}{I}} - 1} \quad (14)$$

Вращение формирочной рамки с постоянной скоростью

При равномерном вращении формирочной рамки

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = 0 \text{ и } M_n = M. \quad (15)$$

В этом случае гидродинамический момент, согласно выражениям (5), (3) и (4), определяется как

$$M = \zeta_1 T \int_0^b (v_p^2 \sin^2 \varphi x - 2\omega_0 v_p x^2 \sin \varphi + \omega_0^2 x^3) dx + P_{2-3} d \cos^2 \varphi. \quad (16)$$

В последнем уравнении переменными являются x и φ , а следовательно и M . Однако при бесконечно малом угле поворота рамки $d\varphi$ гидродинамический момент можно считать величиной постоянной. Тогда, умножив правую и левую части уравнения (16) на $d\varphi$ и согласно выражению (15) заменив M на M_n , получаем

$$M_n d\varphi = \zeta_1 T \int_0^b (v_p^2 \sin^2 \varphi x - 2\omega_0 v_p x^2 \sin \varphi + \omega_0^2 x^3) \cdot dx d\varphi + P_{2-3} d \cos^2 \varphi d\varphi.$$

где ω_0 — угловая скорость равномерного вращения.

Проинтегрируем данное уравнение в пределах от φ_1 до φ_2 , то есть перепишем его в виде

$$M_n \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi = \zeta_1 T \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi \int_0^b (v_p^2 \sin^2 \varphi \cdot x - 2\omega_0 v_p \sin \varphi \cdot x^2 + \omega_0^2 x^3) dx + P_{2-3} d \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \cos^2 \varphi d\varphi.$$

После интегрирования и разрешения уравнения относительно момента привода M_n получаем

$$M_n = \zeta_1 T \left\{ \frac{v_p^2 b^2}{2} \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{4} \left(\frac{\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1}{\varphi_2 - \varphi_1} \right) \right] + \frac{2\omega_0 b^3 v_p}{3} \left(\frac{\cos \varphi_2 - \cos \varphi_1}{\varphi_2 - \varphi_1} \right) + \frac{\omega_0^2 b^4}{4} \right\} + P_{2-3} d \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{4} \left(\frac{\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1}{\varphi_2 - \varphi_1} \right) \right]$$

Или снова, обозначив $r_1 = \zeta_1 T b$, окончательно имеем

$$M_n = r_1 b \left\{ \frac{v_p^2}{4} \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1}{\varphi_2 - \varphi_1} \right) \right] + \frac{2\omega_0 b_p v}{3} \left(\frac{\cos \varphi_2 - \cos \varphi_1}{\varphi_2 - \varphi_1} \right) + \frac{\omega_0^2 b^2}{4} \right\} + \frac{P_{2-3} \cdot d}{2} \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1}{\varphi_2 - \varphi_1} \right) \right]. \quad (17)$$

Разделив угловой путь равномерного вращения рамки на части той или иной величины, с помощью уравнения (17) для каждой из них можно определить величину M_n в зависимости от φ для различных скоростей течения.

При отсутствии скоростей течения уравнение (17) принимает вид

$$M_n = \frac{r_1 b^3 \omega_0^2}{4}. \quad (18)$$

Преобразовав последнее уравнение, получаем формулу для определения угловой скорости равномерного вращения рамки при заданном моменте привода

$$\omega_0 = \frac{2}{b} \sqrt{\frac{M_n}{r_1 b}}. \quad (19)$$

Поступила в редакцию
28 апреля 1964 г.

УДК 634.0.377.71 (571.16)

СРОКИ СЛУЖБЫ УЗКОКОЛЕЙНЫХ РЕЛЬСОВ (НА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)

С. Г. ОСКОЛКОВ

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

В работе над проектами новых железных дорог и реконструкции действующих при определении периодичности ремонтов пути и разработке плана мероприятий по повышению производительности труда и снижению себестоимости продукции на железнодорожном транспорте необходимо знать полные сроки службы рельсов в определенных условиях их работы в пути. Известно, что одной из главных причин сплошной смены рельсов является их износ, которым в основном и определяются сроки службы рельсов в главных путях и полные сроки службы в пути вообще. Следовательно, для расчета срока службы рельсов требуются данные по их износу, численные значения параметра износа для конкретных условий службы рельсов в пути. К настоящему времени накоплено очень мало экспериментальных данных по износу рельсов на лесовозных узкоколейных железных дорогах. В Томской области мы получили необходимые данные по износу рельсов Р18 и Р24.

В результате статистической обработки были вычислены значения параметра удельного износа рельсов β . Результаты исследований по износу рельсов кратко изложены в нашем научном отчете [1]. Среднее значение коэффициента β , полученное нами для лесовозных дорог колеи 750 мм Томской области при прошедшем по рельсам тоннаже от 1,76 до 8,35 млн. T , подъемах и спусках в пружинном и порожнем направлениях 0—27% и при радиусах кривых 125—220 м; равно $7,32 \frac{мм^2}{млн. T}$. При этом для прямых участков пути на слабых подъемах и спусках (0—9‰) $\beta = 5,6 \frac{мм^2}{млн. T}$, а на крутых подъемах и спусках (10—27‰) $\beta = 9 \frac{мм^2}{млн. T}$. Для кривых участков пути, имеющих радиусы 125—180 м, $\beta = 9,2 \frac{мм^2}{млн. T}$.

Срок службы рельсов T можно определить по формулам (1)

$$T = \frac{\omega_{\text{доп}}}{Q_{\text{год}} \cdot \beta}; \quad T = \frac{Q_{\text{доп}}}{Q_{\text{год}}}, \quad (1)$$

где $\omega_{\text{доп}}$ — допустимая площадь износа поперечного сечения головки рельса, $мм^2$;

$Q_{\text{год}}$ — тоннаж, пропущенный по рельсам за один год (млн. T брутто);

β — параметр среднего износа рельсов ($\text{мм}^2/\text{млн. } T$);

$Q_{\text{доп}}$ — допустимый расчетный тоннаж, который может быть пропущен по рельсам за срок их службы (млн. T брутто).

Допустимую площадь износа поперечного сечения головки рельса рассчитывают из условий необходимой прочности рельсов и прохождения предельно изношенных колес подвижного состава по стыкам при строгом соблюдении требований безопасности движения.

Значения допускаемой площади износа рельсов Р18 и Р24 (основных для Томской области), вычисленные в соответствии с допустимой высотой износа рельсов, приведены в табл. 1.

Таблица 1

| Тип рельсов | Допускаемый износ головки h , мм | Допускаемая площадь износа головки W , мм^2 | Параметр удельного износа рельсов β , $\frac{\text{мм}^2}{\text{млн. } T \text{ брутто}}$ | Пропущенный по рельсам тоннаж Q , млн. T брутто |
|-------------|------------------------------------|--|--|--|
| Р18 | $\frac{3,0}{3,3}$ | $\frac{82,5}{93,4}$ | $\frac{7,32}{7,32}$ | $\frac{11}{13}$ |
| | $\frac{9,0}{11,0}$ | $\frac{374,0}{474,0}$ | $\frac{7,32}{7,32}$ | $\frac{52}{65}$ |

Примечание. В табл. 1 и 2 в числителе — данные за время службы рельсов в главных путях; в знаменателе — за полный срок службы рельсов.

Таблица 2

| Тип рельсов | Расчетный срок службы рельсов (годы) при грузонапряженности (млн. T брутто) | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| | 0,3 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 10,0 |
| Р18 | $\frac{37}{42}$ | $\frac{22}{26}$ | $\frac{11}{13}$ | $\frac{8,0}{9,3}$ | $\frac{5,6}{6,4}$ | $\frac{3,8}{4,2}$ | $\frac{2,8}{3,2}$ | $\frac{2,3}{2,5}$ | $\frac{1,9}{2,1}$ | $\frac{1,6}{1,8}$ | $\frac{1,4}{1,6}$ | $\frac{1,3}{1,4}$ | $\frac{1,1}{1,25}$ |
| | $\frac{170}{214}$ | $\frac{112}{126}$ | $\frac{51}{64}$ | $\frac{37}{47}$ | $\frac{26}{32}$ | $\frac{17}{21}$ | $\frac{13}{16}$ | $\frac{10}{13}$ | $\frac{8,5}{11}$ | $\frac{1,8}{9}$ | $\frac{1,6}{8}$ | $\frac{1,4}{7}$ | $\frac{1,25}{6,50}$ |

Данные по расчетным срокам службы рельсов Р18 и Р24 на лесовозных дорогах Томской области приведены в табл. 2. Расчетный допустимый тоннаж, который может быть пропущен по рельсам Р18 и Р24 на лесовозных дорогах, где исследовали износ рельсов, получается несколько меньшим, чем на магистральных узкоколейных дорогах колеи 750 мм МПС. Очевидно, это объясняется большими различиями условий службы рельсов в пути на магистральных и лесовозных узкоколейных дорогах, что хорошо иллюстрируется на примерах Тимирязевской и Уткинской дорог Томской области, имеющих значительную разницу в интенсивности износа рельсов вследствие различных средних значений коэффициента β . На Тимирязевской дороге $\beta = 6,63 \text{ мм}^2/\text{млн. } T$, а на Уткинской — $\beta = 8,63 \text{ мм}^2/\text{млн. } T$ (Большое количество измерений износа рельсов исключает ошибку из-за неточности экспериментов. На Уткинской дороге, например, из 15 км путей, на которых определяли износ рельсов, было измерено более 2 км в общей сложности, причем каждый рельс измеряли по обеим ниткам пути в пяти сечениях).

Уткинская дорога имеет очень тяжелый профиль и план пути, более слабую конструкцию верхнего строения и значительно худшие

условия эксплуатации по сравнению с Тимирязевской дорогой. Разные условия работы рельсов в пути, вероятно, и отразились на значениях коэффициента β . На лесовозных дорогах Томской области проходящих за год по рельсам тоннаж не превышает 0,5—0,7 млн. T брутто. Это видно из данных, приведенных в табл. 3.

Таблица 3

| Годы | Тоннаж (млн. T), пропущенный по дорогам | |
|----------------------|--|---------------|
| | Уткинской | Тимирязевской |
| 1953 | — | 0,59 |
| 1954 | — | 0,56 |
| 1955 | — | 0,60 |
| 1956 | — | 0,64 |
| 1957 | 0 | 0,71 |
| 1958 | 0,23 | 0,68 |
| 1959 | 0,30 | 0,69 |
| 1960 | 0,637 | 0,70 |
| 1961 | 0,405 | 0,62 |
| 1962 | 0,49 | 0,63 |
| 1963 | 0,61 | 0,64 |
| Среднегодовой тоннаж | 0,53 | 0,64 |

На основании многочисленных замеров износа рельсов и наблюдений установлено, что расчетный срок службы рельсов для Тимирязевской узкоколейной дороги составляет 22 года, для Уткинской — 20 лет, а срок службы в главных путях — соответственно 19 и 18 лет. Практика показывает, что фактически на Тимирязевской дороге рельсы Р18 снимают с магистрального пути после пропуска по ним тоннажа от 6 до 8 млн. T брутто (в зависимости от плана и профиля пути, скорости движения поездов), что составляет 10—13 лет их службы. При этом средняя высота износа головки рельса составляет 2,5 мм. Необходимость снятия рельсов вызывается смятием их концов. Только по этой причине в 1958 г. было снято 2 км рельсов Р18 и в 1959 г. — 5 км. Вместо них были уложены рельсы типа Р24, то есть фактически на этих участках был проведен капитальный ремонт пути. В среднем на этих участках по рельсам за весь период их эксплуатации был пропущен тоннаж 5 млн. T брутто.

По материалам Тимирязевской ужд, в среднем между капитальными ремонтами пути по рельсам Р18 пропускается тоннаж 6,43 млн. T брутто, а средний срок между ними составляет 10 лет. Эти рельсы могли бы еще долго служить на ветках, усах и других малодейственных путях после их ремонта, но на большинстве лесовозных дорог нет оборудованья для реновации рельсов.

Для того чтобы срок службы рельсов был близок к расчетному или даже превосходил его, необходимо своевременно (и неоднократно) производить наплавку концов рельсов, их обрезку, выправку и сварку рельсов с обрезанными концами в длинномерные плети.

Расчетные сроки службы рельсов Р24 в пять раз больше, чем для рельсов Р18, но практикой это еще не проверено. Однако на Тимирязевской дороге имели место случаи, когда на отдельных участках длиной более 1 км производили сплошную замену этих рельсов после пропуска по ним 2 млн. T брутто. Рельсы были изъяты из пути из-за сильного смятия их концов. Это еще раз говорит о том, что состав стали узкоколейных рельсов типа Р24 не соответствует их назначению и их благоприятным (удачным) геометрическим размерам.

В зависимости от грузонапряженности срок службы рельсов на дорогах узкой колеи составляет 5—50 лет. По нашим исследованиям, тоннаж, который можно пропустить по рельсам Р15 на лесовозных дорогах Томской области, за срок службы рельсов в главных путях составляет 11,5 млн. *T* брутто; по рельсам Р18 — 11,0; Р24 — 51; за общий срок службы — соответственно 16,0; 13,0 и 65 млн. *T* брутто.

Эти значения рекомендованы нами как расчетные для лесовозных железных дорог Томской области [1]. Очевидно, этими величинами можно пользоваться временно, пока не будут проведены специальные исследования по вопросу износа и сроков службы рельсов на лесовозных дорогах основных многолесных районов нашей страны (Урала, Сибири, Дальнего Востока).

Выводы

1. Преждевременное снятие узкоколейных рельсов с пути на лесовозных железных дорогах вызывается главным образом сильным смятием концов рельсов в стыках. С введением нового ГОСТа на узкоколейные рельсы и технических условий на их изготовление этот дефект, вероятно, будет устранен.

2. Практика работы лесовозных железных дорог, имеющиеся исследования в области путевого хозяйства дорог колеи 750 мм говорят о необходимости разработки нового ГОСТа и технических условий на узкоколейные рельсы, в которых бы сочетались наиболее благоприятные геометрические размеры с высокими прочностными характеристиками, большой износостойкостью при наименьшем расходе металла. Современные рельсы нормальной колеи по качеству намного лучше узкоколейных, однако новым ГОСТом, введенным в действие с 1 января 1965 г., значительно улучшается качество рельсов по сравнению со старым ГОСТом, в результате чего по расчетам экономистов прокладка каждые 100 км нового пути дает экономию 40 тыс. руб. Новым ГОСТом должно быть предусмотрено улучшение химического состава металла, из которого прокатываются узкоколейные рельсы. Разработка нового ГОСТа на узкоколейные рельсы должна быть увязана с разработкой ГОСТа на стыковые крепления.

3. Обработанные данные по износу рельсов на Тимирязевской и Уткинской дорогах указывают на более сильный износ рельсов на крутых подъемах и спусках и в кривых малых радиусов.

4. Специфика транспортного освоения лесных массивов и технологии лесозаготовительных работ создает благоприятные условия для продления срока службы рельсов путем своевременной перекладки их на временные пути (усы), станционные, складские и другие малодейственные по сравнению с магистралью и второстепенные пути.

5. Передовой опыт показывает, что срок службы рельсов в пути во многом зависит от условий работы рельсов и содержания пути. На тех предприятиях, где ведут борьбу за долговечность рельсов, по узкоколейным рельсам пропускают за срок их службы тоннаж, не меньший расчетного.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Б. И. Кувалдин, С. Г. Осколков, Б. А. Белоусов. Разработка мероприятий по снижению затрат на ремонт и содержание лесовозных узкоколейных железных дорог в Томской области. Научный отчет, МЛТИ, 1964.

Поступила в редакцию
8 февраля 1965 г.

УДК 634.0.307

ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ХРУПКость СУЧЬЕВ

В. Г. НЕСТЕРЕНКО

Доцент

(Уральский лесотехнический институт)

В настоящем исследовании поставлена задача выяснить количественные изменения хрупкости свежесрубленных сучьев в зависимости от температуры, а также сделана попытка объяснить физическую природу этого явления.

В нормальных условиях, то есть в воздушно сухом состоянии и при обычных температурах, древесина ведет себя скорее как пластичный материал. Поэтому в основу исследования мы положили методику, разработанную для испытаний эбонита на хрупкость (ГОСТ 258—41).

Испытания производили на маятниковом копре Шоппера мощностью 60 кг·см.

Обеспечить однородность образцов из сучьев оказалось трудной задачей. Поэтому мы были вынуждены отказаться от общепринятой формы образцов. Все опыты проведены с образцами цилиндрической формы. Образцы изготовляли из сучьев молодых деревьев в возрасте 25—30 лет, растущих в насаждениях с одной и той же таксационной характеристикой. Сучья срубали только с одной стороны деревьев (восточной). Для образцов использовали прямые участки сучьев, не имеющие ответвлений и каких-либо повреждений. У каждой из пород образцы имели одинаковую толщину годичных слоев (0,4—0,6 мм). В результате всех этих мер удалось обеспечить, как это будет показано ниже, необходимую точность опытов. На рис. 1 показано расположение образца на опорах.

Показатель хрупкости σ_z определяли в кг·см/см³ и вычисляли по формуле

$$\sigma_z = \frac{4A}{\pi d^2 l},$$

где A — работа, затраченная на излом образца, кг·см;

d — диаметр образца, см;

l — расстояние между опорами (рабочий участок испытываемого образца), см.

Испытаниям были подвергнуты образцы длиной 100 мм и диаметром 9,5—11,0 мм, изготовленные из свежесрубленных сучьев ели, сосны, лиственницы и березы. При таких размерах образцов наиболее полно использовалась мощность копра, что является одним из условий, обеспечивающих наибольшую точность результатов. Испытания проводили в июле 1963 г. в течение первых 14—16 час после срезки сучьев. До

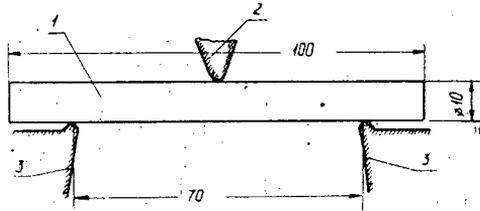


Рис. 1. Схема установки образцов на опорах копра.

1 — испытуемый образец; 2 — боек; 3 — опора.

испытаний образцы хранили во влажном мешке в домашнем холодильнике. Образцы охлаждали в сосуде Дюара в смеси спирта с сухим льдом (твердая углекислота) до температур -10 , -20 , -25 , -30 , -40 , -55 и -65°C .

Кроме того, по семь образцов сосны и березы были охлаждены в жидком азоте до температуры -196°C .

В целях выравнивания температур каждую партию образцов со средним диаметром 10 мм выдерживали в эмульсии в течение двух часов. При этом через каждые $10\text{—}15\text{ мин}$ для улучшения теплообмена производили перемешивание эмульсии.

Можно считать, что температура образцов в течение этого времени выравнивалась практически полностью. Косвенным подтверждением этому служат эксперименты по определению теплосодержания мерзлой древесины, не имеющие непосредственного отношения к настоящему исследованию. Охлажденные в холодильной камере (в течение трех суток) до температуры -18°C образцы диаметром $15\text{—}18\text{ мм}$ помещали в бачок калориметра с водой, температура которой равнялась $+20^{\circ}\text{C}$ (воду в бачке перемешивали). Тепловое равновесие наступало через $25\text{—}30\text{ мин}$. Охлажденные до соответствующей температуры образцы по одному быстро вынимали из сосуда Дюара и подвергали разрушению на маятниковом копре. На перенос образца из сосуда, укладку его на опоры и разрушение затрачивали $7\text{—}10\text{ сек}$.

При каждом из указанных выше значений температуры разрушали, как правило, по пять-семь образцов разных пород. Затем определяли среднее значение затраченной на разрушение работы.

По этим данным определена зависимость показателя хрупкости сучьев от их температуры, приведенная на рис. 2. На рисунке показаны только средние значения показателя хрупкости.

Среднее арифметическое значение показателя хрупкости $\sigma_{\text{ср}} = 6,01$; средняя квадратическая ошибка $\sigma = \pm 0,599$; средняя квадратическая ошибка арифметической средней $m = 0,245$; показатель точности $p = 4,08\%$.

Статистические показатели такого же порядка точности были получены и при других опытах.

Как видно из рис. 2, с понижением температуры уменьшается работа, затраченная на разрушение образцов, то есть растет хрупкость сучьев. Участки кривых, показанные пунктиром, характеризуют частичное разрушение (излом) образцов, сплошными линиями — полное. Состояние образцов, при котором происходит их полное разрушение, назовем хрупким разрушением.

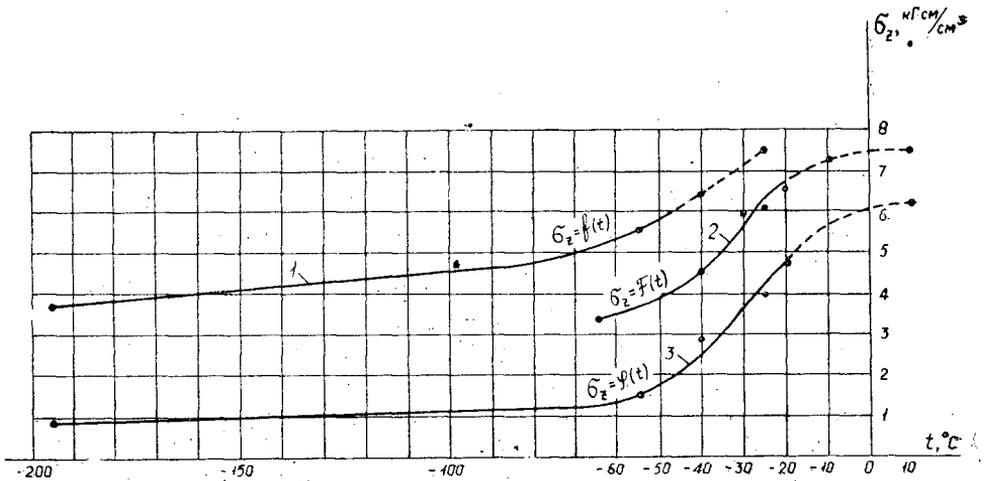


Рис. 2. Зависимость показателя хрупкости сучьев от их температуры.

1 — береза; 2 — ель; 3 — сосна.

У сосны начало хрупкого разрушения наблюдается при температуре -20°C , у ели при температурах от -20 до -25°C , а у березы только при температуре от -40 до -45°C .

Кривая, характеризующая изменение хрупкости лиственницы, почти полностью повторяет кривую для ели.

Показатель хрупкости у березы при температурах $+10^{\circ}\text{C}$ и -10°C определить не удалось. Для березы при этих температурах мощность копра недостаточна, и около половины образцов при опытах не были разрушены. Можно только утверждать, что показатель хрупкости сучьев березы при этих температурах превышает $9 \text{ кг} \cdot \text{см}/\text{см}^3$.

На рис. 3 показаны характерные виды разрушения образцов. Начиная от температуры -40°C и ниже, у хвойных пород, наряду с поперечным изломом образцов, происходит иногда разрушение последних вдоль волокон (рис. 3, в). Образцы березы при температуре -196°C разрушаются на несколько частей (рис. 3, г).

Попытаемся выяснить физическую природу хрупкости сучьев при низких температурах.

По данным С. И. Ванина и других исследователей [1], в свежесрубленном состоянии в июле влажность сосны и ели превышает 80%, а у березы достигает 60%. Очевидно, что замерзание такого большого количества содержащейся в сучьях воды и определяет в основном хрупкость последних.

У древесины в воздушно-сухом состоянии хрупкость мало зависит от температуры. Так, например, А. И. Елжин [2] нашел, что у сосны в воздушно-сухом состоянии удельная работа при ударном изгибе в диапазоне температур от $+15^{\circ}\text{C}$ до -40°C остается практически постоянной.

Процесс замерзания воды в сучьях очень сложен. Некоторую ясность в него могут внести, как нам кажется, исследования мерзлых грунтов, в которых, так же, как и в древесине, имеют место явления капиллярности, играющие большую роль в природе и практике.

Еще в XIX в. рядом исследований было установлено, что вода в капиллярных трубках замерзает при температурах значительно ниже

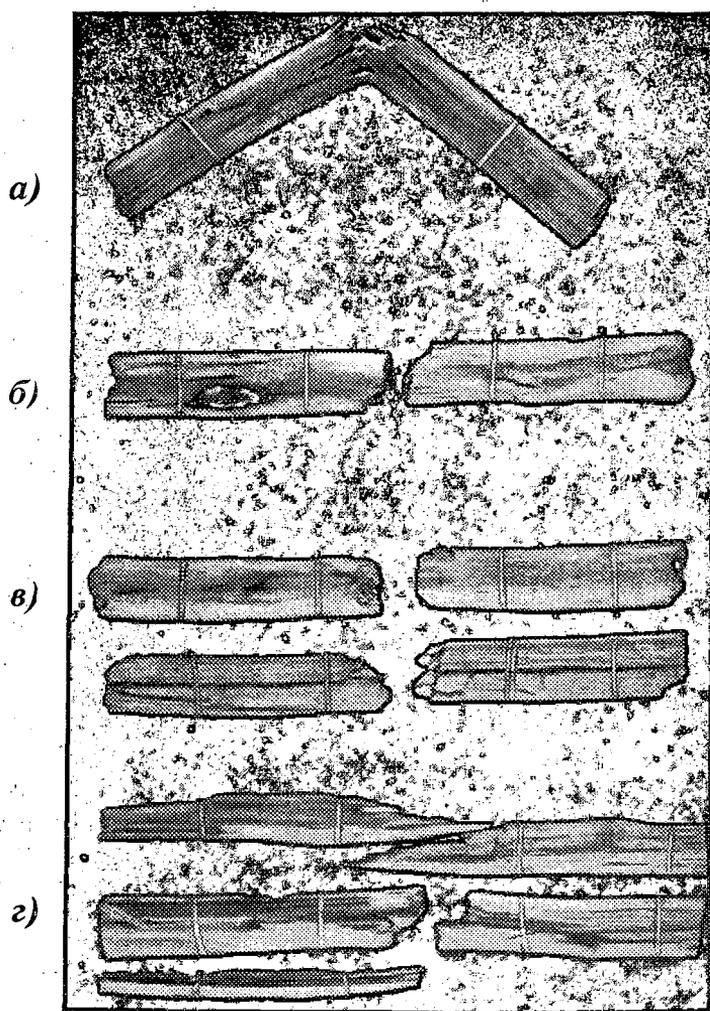


Рис. 3. Характерные виды разрушения образцов.

0° С. Так, например, при диаметре трубки 0,06 мм вода замерзает только при $-18,5^{\circ}\text{C}$. В мерзлых суглинистых грунтах при температуре около -20°C половина всей воды находится в жидкой фазе.

Н. А. Цытович [4] объясняет это действием молекулярных сил адсорбции на поверхности частиц грунта. Возле самой частицы (а у древесины около стенок клеток) располагаются молекулы воды, наибольшим образом упорядоченные. Эту воду называют связанной. Величина молекулярных сил на границе твердых частиц с водой огромна и измеряется десятками тысяч килограммов на 1 см^2 . Слой связанной воды имеет толщину порядка нескольких десятков рядов молекул. За ним следует слой рыхло связанной или пленочной воды, в котором наблюдается только относительный порядок в расположении молекул. Наконец, молекулы, находящиеся еще дальше от поверхности твердого тела, имеют любую ориентацию и образуют свободную воду, к которой относятся и капиллярная.

Как известно, лед является своего рода классическим твердым телом, в котором особенно ярко проявляются свойства хрупкости. Вероятно, замерзание большого количества содержащейся в свежесрубленных сучьях воды и определяет, в основном, хрупкость последних. Кроме того, при замерзании вода расширяется, возникает иной вид напряженного состояния волокон древесины, при котором их пластичность снижается.

Система клеток древесины сучьев, образующая сосуды и трахеиды, служащие для проведения воды, представляет не что иное, как капиллярную систему.

У древесины, как и у всех капиллярных систем, действие поверхности молекулярных сил адсорбции, понижающее температуру замерзания воды, будет проявляться тем сильнее, чем тоньше сосуды и трахеиды.

Рассмотренные обстоятельства дают основания предполагать, что процесс замерзания воды в древесине сучьев начинается при температурах ниже 0°C и продолжается до весьма низких температур.

Обобщая обширные исследования, Н. А. Цытович [5] сформулировал принцип равновесного состояния воды в мерзлых грунтах, согласно которому количество, состав и свойства незамерзающей воды, содержащейся в мерзлых грунтах, изменяется в связи с внешними воздействиями (главным образом температурой), находясь в равновесном состоянии с последними. Этим закономерностям, очевидно, подчиняются и другие материалы. Так, например, исследованиями Н. И. Кленковой и Н. И. Никитина [3] установлено, что в целлюлозных волокнах значительная часть воды при низких температурах остается в жидкой фазе.

Принцип равновесного состояния может быть распространен и на мерзлую древесину, в которой количество незамерзающей воды также зависит от изменений температуры воздуха.

При повышении температуры количество воды в жидкой фазе, содержащейся в древесине, увеличивается. Лед тает в сосудах и трахеидах древесины при ослаблении морозов. Этим и объясняется тот факт, что после сильных морозов при повышении температуры до -5 — -10°C полностью восстанавливается свойственная сучьям гибкость.

Рассмотрим более подробно кривые, характеризующие изменение хрупкости сучьев в зависимости от температуры (рис. 2). Из рисунка видно, что приведенные функции являются возрастающими в рассматриваемом интервале. С повышением температуры увеличивается работа, необходимая для разрушения сучьев.

Наибольшей хрупкостью обладают сосновые сучья, так как на их разрушение требуется наименьшая работа. Еловые и лиственничные сучья обладают несколько меньшей хрупкостью, самой малой — березовые.

Наиболее интенсивное увеличение хрупкости сучьев всех пород наблюдается в интервале температур от -20 до -40 — -50°C . Это, по всей вероятности, объясняется тем, что именно в этом интервале температур идет наиболее интенсивное замораживание воды. При температурах ниже -50°C хрупкость сучьев возрастает медленно. Вероятно в это время происходит замерзание рыхло связанной и связанной воды.

Все кривые имеют точки перегиба при температуре около -30°C . Можно предположить, что существуют и другие функции, являющиеся производными от функций $\sigma_z = f(t)$, $\sigma_z = F(t)$ и $\sigma_z = \varphi(t)$.

Производные, вероятно, характеризуют зависимость интенсивности замерзания воды в сучьях от температуры. Характер изменения графика функций $\sigma_z = F(t)$ и $\sigma_z = \varphi(t)$ на рис. 2 показывает, что их производные имеют максимум при температуре около -25 — -30°C , то есть

в точке перегиба. Таким образом, процесс льдообразования при этой температуре наиболее интенсивен.

Как было отмечено, в воздушно-сухом состоянии увеличение хрупкости древесины (сосны) при температурах до -40°C не наблюдается. Содержащаяся в воздушно-сухой древесине вода, вероятно, принадлежит к связанной и рыхло связанной, замерзающей при более низких температурах. При этих температурах у воздушно-сухой древесины должны наблюдаться и изменения хрупкости.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. И. Ванин. Древесиноведение. Гослесбуиздат, 1949. [2]. А. Н. Елхин. Влияние отрицательных температур на механические свойства различно увлажненной древесины сосны. Сборник трудов факультета механической технологии древесины Уральского лесотехнического института, вып. 1, Свердловское книжное изд-во, 1956. [3]. Н. И. Кленкова, Н. И. Никитин. О количестве незамерзающей воды в целлюлозных волокнах после набухания. АН СССР, ЖПХ, т. XXVII, № 2, 1954. [4]. Н. А. Цытович. О незамерзающей воде в рыхлых горных породах. Известия АН СССР, серия геологическая № 3, 1947. [5]. Н. А. Цытович. К теории равновесного состояния воды в мерзлых грунтах. Известия АН СССР, серия географическая и геофизическая, т. IX, № 5, 6, 1945.

Поступила в редакцию
2 ноября 1963 г.

УДК 674.023 : [674.055 : 621.925]

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ К ПРОЦЕССУ
ШЛИФОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Ю. П. ПОПОВ

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

Теоретическое исследование процесса шлифования затруднено отсутствием у абразивных инструментов определенных геометрических параметров. Поэтому изучение вопросов, связанных с механизмом работы отдельных абразивных зерен, имеет большое практическое и теоретическое значение.

Абразивные зерна представляют собой многогранные кристаллы неправильной формы с округленными вершинами (рис. 1). Кривую, очерчивающую вершины зерен, в первом приближении обычно принимают за дугу окружности с радиусом ρ . Углы при вершине ϵ находятся в пределах 45—130°. Срезание стружки в значительной степени зависит от фактического переднего угла резания (рис. 1), определяемого следующей формулой [4]:

$$\gamma_x = \arcsin \frac{\rho - a_x}{\rho}.$$

Опыты, проведенные с элементом, имитирующим единичное абразивное зерно, показали, что уже при переднем угле резания, равном 50°, не происходит срезание стружки, а имеет место лишь упруго-пластическая деформация древесины. Так как у вершины зерна передний угол резания близок к $\pi/2$, то совершенно очевидно, что часть зерна, ограниченная (по высоте) вершиной и некоторой долей радиуса ρ , не принимает непосредственного участия в срезании стружки. На этом основании при рассмотрении механизма работы единичного абразивного зерна примем упрощенную форму зерна (на рис. 1 заштрихованная поверхность).

Пусть абразивное зерно (в дальнейшем будем называть его резцом) при относительном перемещении внедряется в древесину (рис. 2). При взаимодействии резца с древесиной он испытывает нагрузку, которая неравномерно распределена по плоскости соприкосновения резца с древесиной вдоль всей поверхности контакта; причем нагрузка максимальна у вершины резца и уменьшается по мере перемещения вверх. Однако эту распределенную нагрузку удобно заменить равнодействующей сосредоточенной силой R_c , приложенной в точке O (рис. 2).

Разложим силу R_c на две составляющие — горизонтальную P' , направленную вправо, и вертикальную Q , направленную вверх. Силу P' называют силой сопротивления резанию. Сила Q стремится отжать ре-

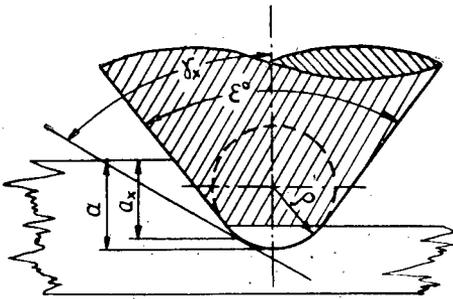


Рис. 1. Схема определения фактического переднего угла при снятии стружки абразивным зерном.

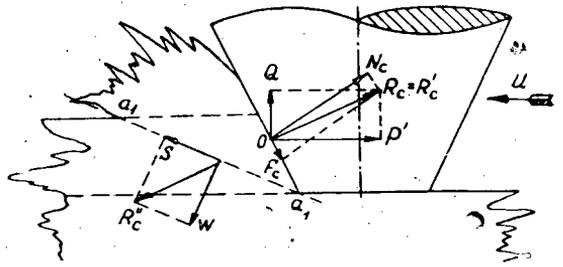


Рис. 2. Схема взаимодействия сил в системе резец — древесина.

зец от плоскости резания к снимаемой стружке. Кроме того, происходит воздействие передней грани резца на стружку не только в нормальной плоскости, но и в касательном направлении, что вызвано сцеплением между этой гранью и стружкой.

Векторы силы сцепления (трения) F_c и нормальной силы N_c дают равнодействующую R'_c . В свою очередь стружка воздействует не только на переднюю грань резца, но и на лежащую под ней древесину с силой R''_c , вектор которой равен по величине, но направлен противоположно вектору силы R'_c . Сила R''_c — равнодействующая сил S и W . S — касательная сила, действующая в плоскости сдвига $a_1 - a_1$. Соответственно в древесине возникают противодействующие силы, равнодействующая которых равновелика R''_c , но имеет противоположное направление вектора.

Анализируя силы R_c , R'_c , R''_c , приходим к заключению, что все они равны по величине, параллельны и лишь имеют различную направленность. Перенесем все векторы сил, действующие в плоскости взаимодействия резца с древесиной, в точку O (рис. 3).

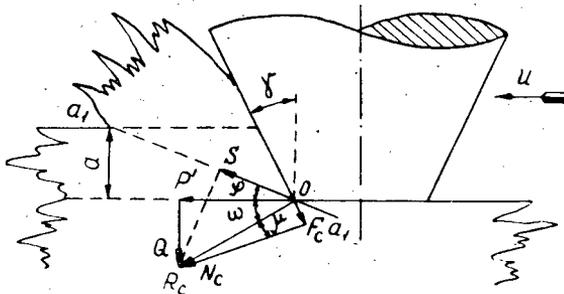


Рис. 3. Схема для определения геометрических и тригонометрических соотношений между действующими силами в системе резец — дерево.

Используя геометрические и тригонометрические соотношения, мы установили следующую связь между действующими силами:

$$P' = R_c \cos \omega; \quad (1)$$

$$Q = R_c \cdot \sin \omega; \quad (2)$$

$$S = R_c \cdot \cos(\varphi + \omega); \quad (3)$$

$$W = R_c \cdot \sin(\varphi + \omega); \quad (4)$$

$$F_c = R_c \cdot \sin \mu; \quad (5)$$

$$N_c = R_c \cdot \cos \mu, \quad (6)$$

где φ — угол сдвига;
 μ — угол трения между передней гранью реза и стружкой;
 ω — угол действия, то есть угол между вектором силы R_c и вектором скорости резания V , равный $\mu - \gamma$;
 γ — передний угол.

Важнейшая характеристика любого процесса резания — величина усилия резания. Достаточно точное определение сил резания необходимо для успешного разрешения многих практических вопросов. Исследования в области механики процесса резания, выполненные на протяжении многих лет, позволили создать методы определения усилий резания, в значительной степени лишенные недостатков эмпирических формул. Рассмотрим метод определения силы резания по усадке стружки.

При шлифовании древесины, как правило, имеют место сливные стружки с заметными линиями сдвигов. Среднее направление этих сдвигов приблизительно характеризуется положением условной плоскости OC , образующей с вектором скорости резания V угол φ , который называют условным углом сдвига или просто углом сдвига (рис. 4).

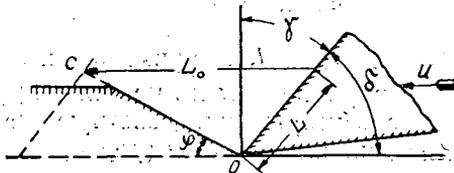


Рис. 4. Схема определения усадки стружки по И. А. Тиме.

Полагая, что вдоль плоскости OC действуют касательные напряжения, равные сопротивлению пластического сдвига древесины τ , и пренебрегая фактором сложности напряженного состояния, можно с помощью схемы действия сил (на рис. 3) получить следующие зависимости:

$$R_c = S \frac{1}{\cos(\varphi + \omega)}; \quad (7)$$

$$P' = R_c \cdot \cos \omega. \quad (8)$$

Подставляя в уравнение (8) значение R_c из выражения (7), получим

$$P' = S \cdot \frac{\cos \omega}{\cos(\varphi + \omega)}. \quad (9)$$

Для определения величины усилия резания P' необходимо раскрыть неопределенность усилия сдвига S , а также углов φ и ω .

Из рис. 4 имеем

$$S = \tau_n \cdot \frac{a \cdot b}{\sin \varphi}, \quad (10)$$

где τ_n — касательные напряжения сдвига;
 a — толщина сошлифованного слоя;
 b — ширина шлифования.

Как известно, единственный вид интенсивно развивающихся деформаций — деформации пластического течения, которые, достигнув некоторой предельной величины, обуславливают переход древесины в другое качественное состояние — она разрушается. Следовательно, в качестве критерия прочности древесины служит предел пластического течения $\sigma_{п.т.}$. Исходя из этого, выражение (10) можно представить в следующем виде:

$$S = \sigma_{п.т.} \cdot \frac{a \cdot b}{\sin \varphi}. \quad (11)$$

Наиболее простой и достаточно точный метод определения угла сдвига φ — через усадку стружки ξ (рис. 3).

$$\xi = \frac{L_0}{L} = \text{ctg } \varphi \cdot \cos \gamma + \sin \gamma, \quad (12, a)$$

где L_0 — длина пути резца в древесине;
 L — длина срезанной стружки, отложенная по передней грани;
 γ — угол резания.

Из выражения (12, a) мы имеем

$$\text{ctg } \varphi = \frac{\xi - \sin \gamma}{\cos \gamma}. \quad (13)$$

Усадку стружки определяли экспериментально. Результаты представлены на рис. 5.

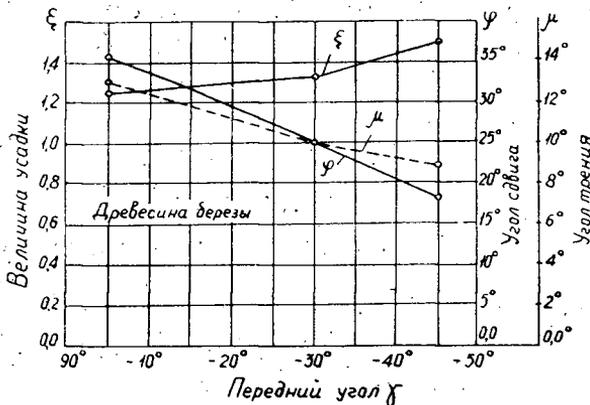


Рис. 5. Зависимость усадки стружки, углов трения и сдвига от переднего угла резания.

Для определения величины угла трения μ между передней гранью резца и стружкой можно воспользоваться формулой К. А. Зворыки-

на [1], которая устанавливает взаимосвязь между углами в плоскости максимальных напряжений

$$\varphi = 45^\circ + \frac{\gamma}{2} - \frac{\mu}{2}, \quad (14)$$

откуда

$$\mu = 90^\circ + \gamma - 2\varphi. \quad (14, a)$$

Таким образом, тангентальная составляющая силы стружкообразования P' окончательно примет следующий вид:

$$P' = S \cdot \frac{\cos \omega}{\cos(\omega + \varphi)} = \sigma_{п.т} \cdot \frac{a \cdot b}{\sin \varphi} \cdot \frac{\cos(\mu - \gamma)}{\cos(\mu - \gamma + \varphi)}. \quad (15)$$

Однако P' еще не есть сила резания, так как в ее выражение не входит тангентальная составляющая от силы взаимодействия вершин абразивных зерен шлифовальной шкурки с древесиной, то есть практически это сила трения.

Принимая во внимание вышесказанное, напишем выражение для силы резания.

$$P = \sigma_{п.т} \cdot \frac{a \cdot b}{\sin \varphi} \cdot \frac{\cos(\mu - \gamma)}{\cos(\mu - \gamma + \varphi)} + f \cdot q \cdot F_k, \quad (16)$$

где q — удельное давление; $\kappa\Gamma/\text{см}^2$;

F_k — площадь контакта обрабатываемой древесины с шлифовальной шкуркой, см^2 .

Если формулу (16) привести к определению усилия резания на 1 см^2 древесины, то она примет следующий вид:

$$P_1 = \sigma_{п.т} \cdot \frac{A}{\sin \varphi} \cdot \frac{\cos(\mu - \gamma)}{\cos(\mu - \gamma + \varphi)} + f \cdot q, \quad (17)$$

где A — удельная производительность 1 см^2 шкурки, $\frac{\text{см}^3}{\text{см}^2 \cdot \text{см}}$.

Так как в снятии стружки принимают участие лишь зерна, у которых передний угол резания равен не более, чем -45° , а μ и φ являются некоторыми функциями от γ , то выражение

$$\alpha = \frac{1}{\sin \varphi} \cdot \frac{\cos(\mu - \gamma)}{\cos(\mu - \gamma + \varphi)} \quad (18)$$

есть величина постоянная.

Тогда

$$P_1 = \alpha \cdot \sigma_{п.т} \cdot A + f \cdot q. \quad (17, a)$$

Для расчетов коэффициент трения f можно принять равным коэффициенту трения стали по древесине [3]; для незасаленной пары $f = 0,4$; для пары, подверженной засаливанию, $f = 0,3$.

Для оценки точности формулы (17, a) были проведены сопоставления результатов, полученных по ней, с опытными, полученными в следующем режиме шлифования: $q = 0,944 \text{ кг}/\text{см}^2$; $V = 10 \text{ м/сек}$.

Мы обрабатывали древесину березы ($\sigma_{п.т} = 375 \text{ кг}/\text{см}^2$). Результаты сопоставления приведены в табл. 1 (острая шкурка — A_{max} и 2 (тупая шкурка — A_{min}).

Сопоставление показывает, что отклонения результатов, полученных по формуле (17, a), от экспериментальных не превышают 10% и лишь в одном случае достигают 13%. Если учесть, что указанные от-

Таблица 1

| Зернистость шкурки | Удельная производительность 1 см ² шкурки $\frac{см^3}{см^2 \cdot см}$ | Усилие резания P (Γ) | | Отклонение, % |
|--------------------|---|---------------------------------|------------------|---------------|
| | | по формуле (17, а) | по экспериментам | |
| 120 (10) | $3,75 \cdot 10^{-6}$ | 26,25 | 25,0 | 6,0 |
| 100 (12) | $5,5 \cdot 10^{-6}$ | 30,20 | 27,5 | 9,8 |
| 80 (16) | $5,75 \cdot 10^{-6}$ | 30,80 | 29,0 | 6,5 |
| 60 (25) | $6,0 \cdot 10^{-6}$ | 31,40 | 32,0 | 1,9 |
| 46 (40) | $7,5 \cdot 10^{-6}$ | 34,80 | 33,0 | 5,5 |

Примечание. Первое значение зернистости определяли по ГОСТу 3238—46, в скобках — по ГОСТу 3647—59.

Таблица 2

| Зернистость шкурки | Удельная производительность 1 см ² шкурки, $\frac{см^3}{см^2 \cdot см}$ | Усилие резания P (Γ) | | Отклонение % |
|--------------------|--|---------------------------------|------------------|--------------|
| | | по формуле (17, а) | по экспериментам | |
| 120 (10) | $1,87 \cdot 10^{-6}$ | 17,5 | 17,5 | 0,0 |
| 100 (12) | $2,75 \cdot 10^{-6}$ | 19,5 | 20,0 | 2,5 |
| 80 (16) | $2,87 \cdot 10^{-6}$ | 19,8 | 17,5 | 13,0 |
| 60 (25) | $3,0 \cdot 10^{-6}$ | 20,1 | 20,0 | 0,5 |
| 46 (40) | $3,70 \cdot 10^{-6}$ | 21,8 | 21,0 | 4,0 |

клонения обусловлены не только неточностью формулы (17, а), но и погрешностями экспериментов, то точность определения величины силы резания по формуле (17, а) можно считать вполне удовлетворительной.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. К. А. Зворыкин. Работа и усилие, необходимые для отделения металлических стружек. 1893. [2]. Н. Н. Зорев. Исследование элементов механики процесса резания ЦНИИТМАШ. Кн. 48, Машгиз, 1952. [3]. И. В. Крагельский, И. Э. Виноградова. Коэффициенты трения. Машгиз, 1955. [4]. Е. Н. Маслов. Основы теории шлифования металлов. Машгиз, 1951. [5]. А. М. Розенбург, А. Н. Еремин. Элементы теории процесса резания металлов. Машгиз, 1956.

Поступила в редакцию
15 февраля 1965 г.

УДК 66.018.2 : 621.93.024

К ВОПРОСУ ОБ АВАРИЙНОМ ИЗНОСЕ ЗУБЬЕВ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ ПИЛ

Л. Ф. МЕЛЕХИН

Старший преподаватель

(Сибирский технологический институт)

Потеря лезвием некоторого объема металла и затупление режущей части инструмента в процессе резания древесины может происходить вследствие аварийного (случайного) и постепенного (монотонного) износа материала реза.

Исследователи, занимающиеся вопросами износа и затупления пил, в большинстве своем ведут наблюдения за динамикой монотонного изнашивания, оставляя в тени аварийный износ. А вместе с тем один из авторов [6] отмечает, что аварийный износ рамных пил достигает 40—60% их общего износа. Известны разноречивые теоретические представления об обязательности излома острого лезвия в самом начале его работы [1], [2], [4].

Мы провели специальные исследования в лаборатории и обширные наблюдения за износом зубьев пил в производственных условиях.

При исследованиях определяли удельный вес аварийного износа в общем объеме износа зубьев пил, наблюдали виды излома лезвий, зависимость излома от режимов работы и изменение микрогеометрии.

По нашему мнению, давление древесины на переднюю грань реза можно представить в виде неравномерно распределенной нагрузки. Закон изменения давлений имеет сложную зависимость. И. А. Тиме, П. А. Афанасьев, М. А. Дешевова [4], А. Л. Бершадский, А. Э. Грубе [3], С. А. Воскресенский [2] и другие в своих книгах показывают действие древесины на переднюю грань в виде эпюр давлений. В первом приближении эпюру давлений с небольшими допущениями можно представить в виде треугольника $арок$ (рис. 1). Простейшее изменение давлений — пропорциональность внедрения лезвия в древесину, при этом давление должно возрастать от нуля в точке k до максимума в точке a . Правильность такого взгляда отмечали многие исследователи; она подтверждается тем, что износ реза вблизи режущей кромки имеет наибольшую величину. Равнодействующая N_0 неравномерно распределенной на переднюю грань нагрузки пройдет через точку d , которая удалена от a на $\frac{1}{3}ak$ и по величине равна площади треугольника $р_0ка$. При расчете прочности тела зуба можно использовать величину этой равнодействующей силы, но для определения прочности лезвия необходимо эту силу расчленять по закону распределения напряжений, поэтому N_0 показана пунктиром. Величину ее можно определить из ве-

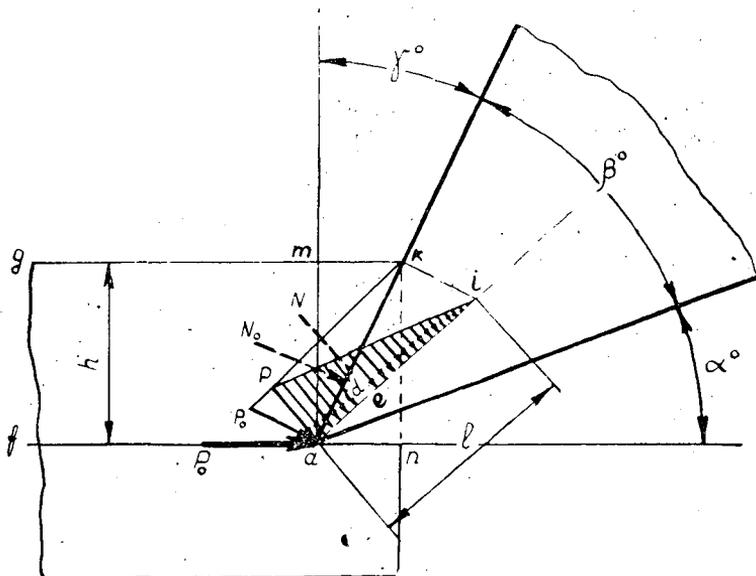


Рис. 1. Схема распределения нагрузок на лезвие зуба.

личины силы сопротивления резанию древесины P_0 в направлении f_n (рис. 1).

$$N_0 = P_0 \cdot \cos \gamma. \quad (1)$$

Для упрощения силу трения не учитываем.

Величина равнодействующей силы N_0 равна грузовой площади треугольника ap_0k

$$N_0 = \frac{ap_0 \cdot ak}{2},$$

откуда

$$p_0 = \frac{2N_0}{ak}. \quad (2)$$

Величина отрезка ak зависит от толщины срезаемой стружки h

$$ak = \frac{h}{\cos \gamma}.$$

Подставив значение ak в уравнение (2), получим

$$p_0 = \frac{2N_0 \cdot \cos \gamma}{h}. \quad (3)$$

Для расчетов приведем силы в нормальную плоскость относительно биссектрисы угла заострения. Тогда равнодействующая нагрузка N

$$N = N_0 \cdot \cos \frac{\beta}{2} = P_0 \cdot \cos \gamma \cdot \cos \frac{\beta}{2}. \quad (4)$$

Она пройдет через точку e на расстоянии $ae = \frac{1}{3} ai$. Величина силы N представляет собой грузовую площадь треугольника ari

$$N = \frac{ar \cdot ai}{2},$$

откуда максимальное давление в точке a

$$p = \frac{2N}{ai} = \frac{2N \cdot \cos \gamma \cdot \cos \frac{\beta}{2}}{h} \quad (5)$$

Подставив в выражение (5) значение N из уравнения (4), получим окончательную зависимость

$$p = \frac{2P_0 \cdot \cos^2 \gamma \cdot \cos^2 \frac{\beta}{2}}{h} \quad (6)$$

Зуб пилы можно представить в виде консольной балки, зашечленной одним концом в стену (у корня зуба) и нагруженной на другом конце неравномерно распределенной нагрузкой (на лезвии). Модель такой балки и эпюры поперечных сил и изгибающих моментов приведены на рис. 2.

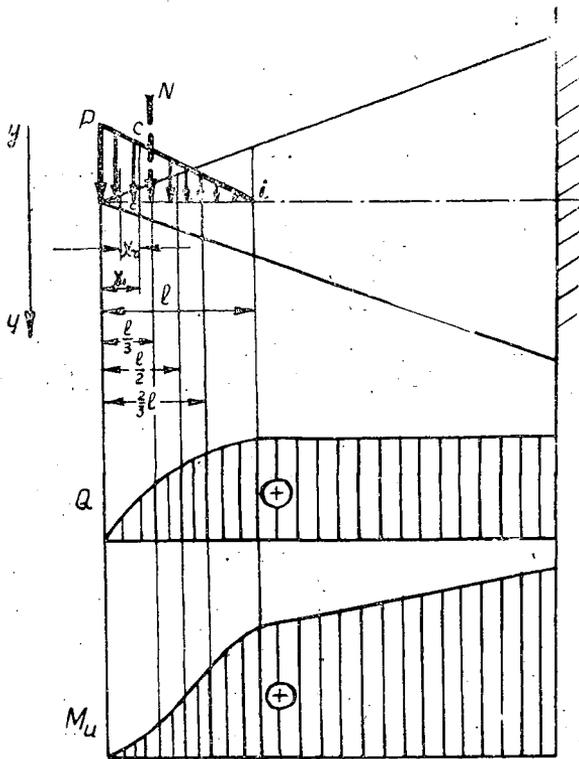


Рис. 2. Схема для расчета прочности лезвия зуба и эпюры поперечной силы и изгибающего момента.

На участке ai консольной балки действует неравномерно распределенная нагрузка, интенсивность которой меняется по длине в зависимости от x . Поперечная сила и изгибающий момент в различных сечениях балки также будут некоторыми функциями от x

$$Q = \varphi(x) \text{ и } M_x = f(x).$$

Для построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов нужно определить эти зависимости. Ось ординат примем направленной

вниз. Рассматривая поперечную силу как сумму элементарных нагрузок $P_x \cdot dx$, приложенных к левой части от любого сечения ($c - c$), и заменяя суммирование интегрированием, найдем

$$Q_x = \int_0^{x_1} p_{(x)} \cdot dx = \int_0^{x_1} dF = F_{(x_1)}, \quad (7)$$

где F_x — часть грузовой площади, которая расположена левее сечения $c - c$.

Изгибающий момент в этом же сечении, равный сумме моментов элементарных сил $P_x \cdot dx$, действующих на отсеченную часть балки, относительно точки c может быть вычислен и как момент равнодействующей

$$M_{(x)} = F_{(x)} \cdot x_r. \quad (8)$$

Для построения эпюр определим значения Q и M_n в нескольких точках. Грузовую площадь $F_{(x)}$ высчитываем как разность площадей треугольников ari и csi . Расстояние центра тяжести x_r изменяется от $\frac{1}{2}x$ до $\frac{2}{3}x$. Сделав пересчет, по уравнениям (7) и (8), определим значения Q и M_n в различных сечениях лезвия в зависимости от величины x :

Таблица 1

| x | x_r | Q | M_n |
|----------------|--------------------|------------------|-----------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| $\frac{1}{3}l$ | $\frac{5}{9}x$ | $\frac{5}{18}pl$ | $\frac{25}{486}pl^2$ |
| $\frac{1}{2}l$ | $\frac{7}{12}x$ | $\frac{3}{8}pl$ | $\frac{7}{64}pl^2$ |
| $\frac{2}{3}l$ | $\frac{11}{18}x$ | $\frac{4}{9}pl$ | $\frac{44}{243}pl^2$ |
| l | $\frac{2}{3}x$ | $\frac{1}{2}pl$ | $\frac{1}{3}pl^2$ |
| t | $t - \frac{1}{3}l$ | $\frac{1}{2}pl$ | $N(t - \frac{1}{3}l)$ |

Нормальные напряжения

$$\sigma_n = \frac{M_n}{W_i} \leq [\sigma_n]; \quad (9)$$

где W_i — момент сопротивления в сечении, где действует M_n ;
 $[\sigma_n]$ — допускаемое напряжение изгиба для данного материала инструмента.

Если изгибающий момент в данном сечении с моментом сопротивления W_i вызовет напряжения σ_n больше допускаемых, то произойдет стлом лезвия по этому сечению.

Грузовую площадь $F_{(x)}$ можно определить по формуле

$$F_{(x)} = \frac{1}{2}pl - \frac{1}{2}p_l(l - x). \quad (10)$$

Из подобия треугольников ari и ssi (рис. 2) можно написать

$$\frac{p}{p_i} = \frac{l}{l-x},$$

откуда

$$p_i = \frac{p \cdot (l-x)}{l}.$$

Подставив это значение в уравнение (10), получаем

$$F_{(x)} = \frac{1}{2} px \left(2 - \frac{x}{l}\right). \quad (11)$$

Расстояние x_r от центра тяжести до сечения изменяется от $\frac{1}{2}x$ до $\frac{2}{3}x$.

$$x_r = \left(\frac{1}{2}x + \frac{1}{6} \frac{x^2}{l}\right). \quad (12)$$

Подставляя в уравнение (8) значение x_r из выражения (12), получим

$$M_n = px^2 \left(1 - \frac{x}{2l}\right) \left(\frac{1}{2} + \frac{x}{6l}\right). \quad (13)$$

Для упрощения расчетов примем ширину лезвия равной 1 мм. Подставив в формулу (9) значение момента сопротивления для прямоугольного сечения $W_i = \frac{bH^2}{6} = \frac{1 \cdot H^2}{6}$ и M_n из уравнения (13), получим

$$\sigma_n = \frac{M_n}{W_i} = \frac{6px^2 \left(1 - \frac{x}{2l}\right) \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{x}{6l}\right)}{H^2} \leq [\sigma_n].$$

Преобразуем это выражение для определения высоты сечения H

$$H^2 = \frac{6px^2 \left(1 - \frac{x}{2l}\right) \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{x}{6l}\right)}{[\sigma_n]}. \quad (14)$$

Высота $H = 2y$. Подставим значение высоты в уравнение (14) и решим его в отношении y . Заменяв величину p ее значением из уравнения (6), окончательно получим

$$y = \sqrt{\frac{3P_0 \cdot x^2 \left(1 - \frac{x}{2l}\right) \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{x}{6l}\right) \cdot \cos^2 \gamma \cdot \cos^2 \frac{\beta}{2}}{h \cdot [\sigma_n]}}. \quad (15)$$

Величину l определим по формуле

$$l = \frac{h}{\cos \gamma \cdot \cos \frac{\beta}{2}}. \quad (16)$$

Если у реального резца величина y при какой-то величине x будет меньше величины y , рассчитанной по уравнению (15), то произойдет излом лезвия (для определенных условий резания). Если реальное лезвие имеет высоту сечения больше расчетной, то излома не произойдет.

При чистом изгибе от момента M_n касательных напряжений τ не возникает, и приведенный выше расчет был бы достаточен. Однако при

принятой схеме нагружения лезвия неравномерно распределенной нагрузкой действуют еще поперечные силы. Эти силы вызывают касательные напряжения, которые при превышении допускаемой величины $[\tau]$ могут произвести срез лезвия в опасном сечении.

Касательные напряжения

$$\tau = \frac{Q}{S} \cdot \leq [\tau], \quad (17)$$

где $[\tau]$ — величина допускаемых касательных напряжений для данного металла лезвия;

S — площадь сечения, в котором действует поперечная сила Q .

$$S = b \cdot 2y.$$

Примем $b = 1$ мм.

Подставив значение S в уравнение (17) и решив его в отношении y , получим

$$y = \frac{Q}{2[\tau]}. \quad (18)$$

Значение поперечной силы находим по уравнению (7) или (11), тогда окончательно получим

$$y = \frac{px \left(2 - \frac{x}{l}\right)}{4[\tau]}. \quad (19)$$

Подставив в это уравнение вместо величины p ее значение из уравнения (6), получим

$$y = \frac{P_0 \cdot \cos^2 \gamma \cdot \cos^2 \frac{\beta}{2} \cdot x \left(2 - \frac{x}{l}\right)}{2h[\tau]}. \quad (20)$$

Уравнение (20) характеризует линию контура лезвия, равнопрочного на срез. Если для определенных условий резания известно усилие P_0 и высота стружки h , а $[\tau]$ характеризует предел прочности принятого для инструмента материала на срез, то при различных углах заточки β контур равнопрочного лезвия может располагаться в пределах контура фактического лезвия (среза не произойдет) или выходить за пределы его (в этом опасном сечении произойдет срез лезвия).

Если говорить о величинах предполагаемых обломов кончиков резцов, то решение реальных задач по формулам М. А. Дешевого и приведенным им примерам дает величину излома, характеризующуюся такими числами, как 0,05 мм для поперечного резания, 0,10 мм для продольного и 0,20 мм для резания в торец. Если излом происходит по сечению, перпендикулярному биссектрисе угла заточки, то получим приближенные величины радиуса затупления, равные 25, 50 и 100 мк для соответствующих видов резания. Как показывает практика, такие величины излома не характеризуют состояние лезвия на начальных стадиях обработки.

Мы провели опыты по определению средней производственной остроты лезвий зубьев при обычной заточке пил на пиловочных автоматах. Данные обследования показывают, что при нормальных режимах заточки с применением чистовых зачищающих проходов получается острота короткой режущей кромки в пределах 0,008—0,012 мм. При работе такими инструментами не всегда наблюдается излом лезвий, даже при встрече с сучками.

Анализируя приведенные выше теоретические рассуждения, можно отметить следующее. Нельзя безоговорочно утверждать, что в самом начале резания древесины обязательно должен отломиться кончик лезвия прежде всего потому, что можно подобрать такие условия резания, когда на лезвие не будет действовать изгибающая сила, приводящая к излому (работа вдоль волокон резца-клина, резание вдоль волокон с опережающей трещиной резцом с нулевым задним углом и т. п.).

В теоретических рассуждениях принят идеальный, абсолютно острый резец. На практике даже при самой тщательной подготовке граней идеальной остроты не получается. Поэтому действующая на лезвие сила может и не вызвать разрушение металла из-за достаточной высоты сечения, тем более, если сила эта мала (резание относительно однородной мягкой древесины с малыми сечениями стружки); в теориях М. А. Дешевого и С. А. Воскресенского сделано предположение, что действующая на лезвие сила является сосредоточенной, что не вполне соответствует действительности; оперирование бесконечно малыми величинами сил не представляет реальной картины, ибо и при резании древесины, и при заточке излом лезвия производится силой вполне определенной конечной величины; полностью отвергать аварийный износ в самом начале работы также нельзя, так как он имеет место и зависит от ряда причин.

Следует отметить, что аварийный износ случаен. Он проявляется в виде выкрашивания части лезвия или излома целиком всей режущей части инструмента в тех случаях, когда возникающие напряжения неожиданно превышают предел прочности металла в данных местах, а металл инструмента хрупок. В тех случаях, когда материал инструмента имеет твердость и высокую пластичность, а случайные нагрузки вызывают напряжения, превышающие предел прочности металла, происходит смятие и изгиб режущего лезвия или части его. Разрушающие напряжения могут возникать как во время резания древесины, так и во время заточки. Основные причины, вызывающие различного вида аварийный износ — несоответствие угловых параметров заточки (особенно угла) и механических свойств материала инструмента условиям резания; местные дефекты материала инструмента (микроликвация, усадочные поры, неметаллические включения, резкая неоднородность кристаллов, различия в твердости и т. п.); твердые инородные включения в обрабатываемой древесине (металлические части, твердые кристаллические породы), свилы и сучки; возникновение на лезвии (в определенных условиях) высокой температуры, вызывающей отпуск и понижение твердости в отдельных микрообъемах металла; дефекты заточки лезвий инструмента. Зная причины, можно устранить их в известной мере, тем самым снижая процент аварийного износа.

Исследование большого количества зубьев пил, имеющих аварийный излом, позволило нам выделить следующие, наиболее характерные виды излома: 1) плоскость излома перпендикулярна передней грани (рис. 3, а); 2) плоскость излома перпендикулярна задней грани (рис. 3, б); 3) плоскость излома перпендикулярна биссектрисе угла заострения (рис. 3, в). По результатам исследований можно заключить, что около 70—75% всех изломов соответствуют третьему виду, около 20% — первому и лишь 5—10% изломов — второму.

Для характеристики и сравнения изломов лезвий необходимо установить такие параметры, которые четко и ясно давали бы представление о виде и размерах излома. Кроме этого, желательно, чтобы эти параметры могли быть легко и точно измерены в лабораторных и производственных условиях. По нашему мнению, такими параметрами могут

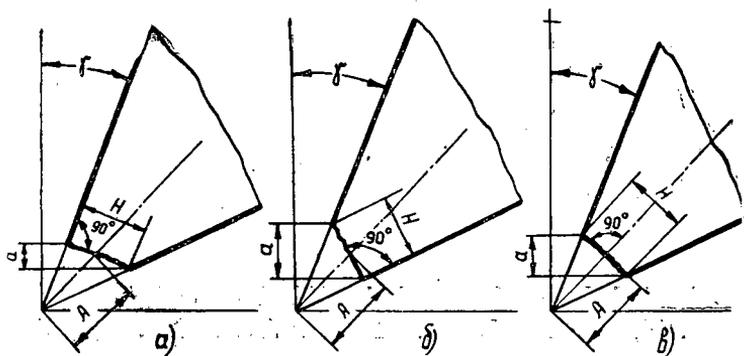


Рис. 3. Характерные виды аварийного излома лезвий и их параметры.

служить следующие (рис. 3): A — линейная величина излома от теоретической вершины до плоскости разрушения по биссектрисе угла заострения. Эта величина будет характеризовать уменьшение инструмента за цикл работа — заточка, так как при последующей заточке с граней необходимо стачивать такие слои металла, чтобы вершина лезвия после излома вновь была восстановлена; H — линейная величина высоты сечения излома в плоскости разрушения; a — проекция плоскости излома на ось ординат. По величинам H и a определяют угол наклона плоскости излома; они характеризуют также величину снимаемого слоя древесины и остроту лезвия. Чем больше a , тем хуже условия стружкообразования и тем резец более затуплен. Все эти линейные параметры легко замерить при наблюдениях за зубьями пил как в лабораторных, так и в производственных условиях. Кроме этого, параметры A и H связаны аналитической зависимостью уравнения (15) и (20). Расчетные величины аварийного излома при определенных условиях резания можно проверить экспериментально. Принятые параметры A , a и H могут быть использованы и для характеристики загибов лезвий. Наши теоретические положения подтверждаются результатами экспериментов.

Выводы

1. Увеличение угла заострения β увеличивает прочность лезвия.
2. На увеличение мощности резания и высоты микронеровностей обработанной поверхности весьма сильно влияет аварийный износ, обусловленный дефектами заточки. Поэтому после заточки на пиловочных автоматах обязательно должна быть рекомендована дополнительная обработка граней зубьев с целью удаления дефектов, возникших при заточке и прифуговке фасок (0,1—0,2 мм) на задних гранях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. В. Алексеев. Исследование износа и затупления строгальных ножей и методов повышения их износостойкости. Диссертация, ЛТА, 1957. [2]. С. А. Воскресенский. Резание древесины. Гослесбумиздат, 1955. [3]. А. Э. Грубе. Дереворежущие инструменты. Гослесбумиздат, 1958. [4]. М. А. Дешевой. Механическая технология дерева, т. 1, Кубуч, 1934. [5]. Э. А. Павлов. Состояние и перспективы механизации обрезки сучьев, 1958. [6]. В. Ф. Фонкин. Изыскание и выбор улучшенных марок сталей для рамных пил. Отчет по темам № 29 и 3, ЦНИИМОД, 1957.

Поступила в редакцию
15 августа 1964 г.

УДК 634.0.812:674.047.3

ГРАФИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ В ПРОЦЕССЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СУШКИ

Г. Р. УРВАНОВ

Аспирант

В. Н. ПЕТРИ

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

(Уральский лесотехнический институт)

Рациональное проведение высокотемпературной сушки древесины невозможно без автоматического дистанционного контроля за влажностью материала. Пригодный для автоматизации метод контроля должен обеспечивать точность $\pm 2\%$; процесс замера должен быть полностью выполнен приборами так, чтобы результат замера без помощи человека преобразовывался в команду исполнительным механизмам и в сигнал о конце сушки. Необходимую точность замера влажности $\pm (1-1,5\%)$ обеспечивает разработанный П. И. Ананьиним и В. Н. Петри дистанционный метод контроля за влажностью древесины по ее температуре в процессе высокотемпературной сушки [1], [2].

Для упрощения схемы и аппаратуры для автоматизации процесса необходимо найти простую и удобную зависимость между температурой древесины в процессе сушки и влажностью. Это и было целью нашей работы.

На рис. 1 дан график П. И. Ананьина и В. Н. Петри для дистанционного контроля за влажностью древесины по ее температуре в процессе высокотемпературной сушки, дополненный линиями Δt . При анализе этого графика установлено, что изменение температуры с изменением влажности подчиняется определенному закону — разность Δt между температурой древесины в момент замера $t_{др}$ и ее температурой при испарении свободной влаги $t_{и.с.в}$ растет с уменьшением влажности так, что одному значению влажности древесины соответствует одно определенное значение разности температур (с точностью $+ 0,5^\circ \text{C}$).

По характеру изменения влажности древесины в зависимости от разности температур можно заключить, что уравнение, выражающее эту закономерность, должно иметь вид

$$\Delta t = b \cdot c^{aW}, \quad (1)$$

где a, b, c — постоянные коэффициенты;
 W — влажность древесины.

Логарифмируя уравнение (1), получим

$$\lg \Delta t = a \lg c \cdot W + \lg b. \quad (2)$$

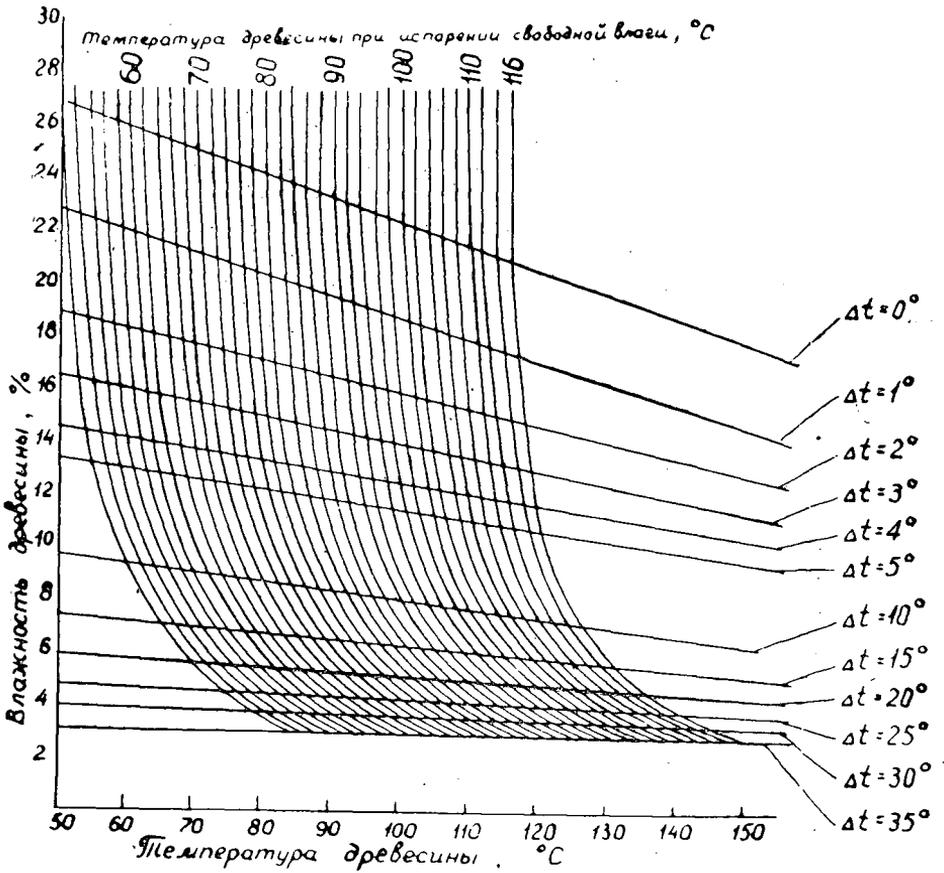


Рис. 1.

При $W = 0$; $b = \Delta t_{W=0}$;

при $\Delta t = 1$; $c = \Delta t_{W=0}^{-1}$; $a = \frac{1}{W_{\Delta t=1}}$.

Подставив полученные значения a , b и c в уравнения (2) и (1), получим

$$\lg \Delta t = \lg \Delta t_{W=0} - \frac{\lg \Delta t_{W=0}}{W_{\Delta t=1}} \cdot W; \quad (3)$$

$$\Delta t = \Delta t_{W=0} \left(1 - \frac{W}{W_{\Delta t=1}} \right). \quad (4)$$

Решая уравнение прямой (2) относительно влажности древесины W , получим

$$W = W_{\Delta t=1} - \frac{W_{\Delta t=1}}{\lg \Delta t_{W=0}} \cdot \lg \Delta t. \quad (5)$$

Подставляя в уравнения [5] и [4] соответствующие средние значения Δt и W , получим

$$W = 17,804 - 10,012 \lg \Delta t; \quad (6)$$

$$\Delta t = 60,26 \cdot 0,795^W. \quad (7)$$

Проверка показала, что эти уравнения дают хорошее совпадение со значениями W и Δt .

Уравнения (4) и (5) справедливы для любой из кривых рис. 1.

На рис. 2 приведен график для определения влажности древесины в процессе высокотемпературной сушки по разности температур в толще древесины. На рисунке линия 1 — для заболони сосны (по расчету); 2 — для березы и $t_{и.с.в} = 114^\circ \text{C}$ (по опытам); 3 — для ядра сосны (по опытам); 4 — для $t_{и.с.в} = 98^\circ \text{C}$; 5 — для $t_{и.с.в} = 54^\circ \text{C}$.

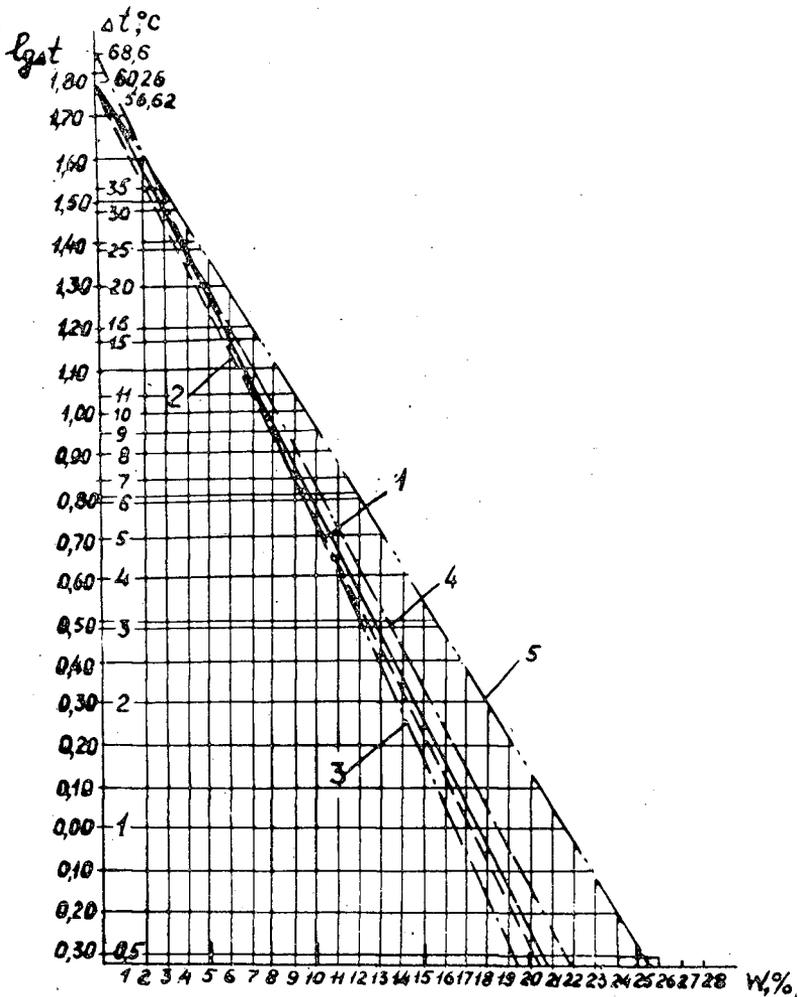


Рис. 2.

Как видно из рис. 2, линии 2 (для $t_{и.с.в} = 114^\circ \text{C}$) и 4 (для $t_{и.с.в} = 98^\circ \text{C}$) находятся очень близко от линии средних разностей температур — 1, максимальное их расхождение 1%; для влажности менее 12%

расхождение ниже 0,5%. Из сказанного вытекает, что для определения влажности в процессе высокотемпературной сушки вполне допустимо пользоваться уравнением (6) — линией 1 на рис. 2. Это подтверждается также линиями постоянных разностей температур, изображенными на рис. 1.

П. И. Ананьин и В. Н. Петри проверяли свой график в основном для заболонной древесины сосны, для которой, очевидно, справедлива линия 1 на рис. 2.

Мы провели опытные сушки березовой древесины и ядровой древесины сосны в лабораторных сушильных камерах. По-видимому, необходимое количество опытов для проверки новой зависимости, представляющей собой одну линию, меньше, чем для проверки 17 линий, изображенных на рис. 1. Для опытов были взяты сосновые образцы толщиной 30, 40 и 60 мм и березовые толщиной 30, 40 и 70 мм. Длина образцов 1000 и 1500 мм, ширина 110 мм. Сушили образцы стационарными режимами при температуре 98—100°С по мокрому термометру и при 116, 120, 130 и 140°С по сухому (температуру выбирали в зависимости от толщины материала). Температура испарения свободной влаги наблюдалась от 98 до 112°С. В конце сушки производили термовлагодобработку путем охлаждения древесины до 80°С при работающем вентиляторе. Термопары заделывали с торца доски так, как сказано выше. Для заделки в древесину в 27 случаях использовали термопары в специально изготовленных металлических чехлах (из медной трубки) диаметром 7,5 мм (рис. 3). Преимущество этих термопар в том, что их

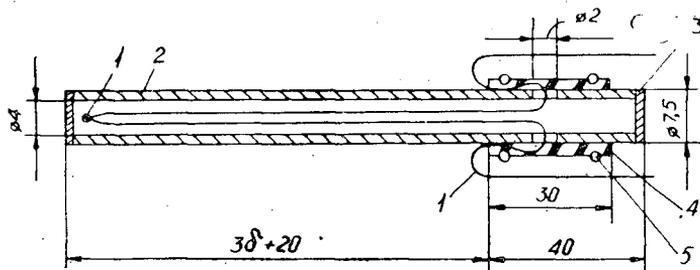


Рис. 3. Термопара в чехле.

1 — термопара; 2 — трубка; 3 — доннышко; 4 — резиновая трубка;
5 — уплотнительная проволока.

можно многократно использовать и в этом случае отпадает необходимость в деревянных пробках. В 15 случаях термопару в чехле устанавливали рядом с термопарой, заделанной деревянной пробкой в образец. Обе термопары вели себя одинаково, а работать с первыми удобнее. Температура древесины при испарении свободной влаги $t_{и.с.в}$ наблюдалась как постоянная, так и ступенчатая и даже с небольшим подъемом; в последних случаях разность отсчитывали от наибольшей величины $t_{и.с.в}$.

Влажность древесины контролировали стандартным весовым методом. Были определены послойная и средняя влажность, а математическую обработку проводили по средней влажности, так как на производстве контроль за процессом ведут по этой влажности. Мы поставили цель получить сосновую древесину с влажностью 4, 6, 8, 10 и 12%, а березовую с влажностью 4, 6, 8, 12 и 16%. Для влажностей 12 и 16% при проверке весовым методом с образцов удаляли наружные слои, для

влажности 16% при проведении режима не проводили термовлагообработку, так как при термовлагообработке происходит подсушка древесины.

Результаты опытов обработаны методами математической статистики. В табл. 1 приведены данные, полученные при вычислении коэффициента корреляции влажности березовой и ядровой сосновой древесины и логарифма разности температур. Полученные коэффициенты корреляции для березы и для сосны говорят о том, что существует линейная корреляционная связь между влажностью древесины и разностью температур. Так как отношение коэффициента корреляции к его ошибке для березы равно 110, а для ядровой древесины сосны — 23, то зависимость, выраженную уравнениями (4) и (5), можно считать вполне доказанной.

Таблица 1

| Показатели | Для березовой древесины | | Для ядровой сосновой древесины | |
|---|-------------------------|------------|--------------------------------|------------|
| | \bar{W} | Δt | \bar{W} | Δt |
| Наибольшая влажность (%) и соответствующая ей разность температур (°С) | 19,4 | 0,5 | 12,5 | 4,5 |
| Наименьшая влажность (%) и соответствующая ей разность температур (°С) | 2,23 | 40,0 | 3,8 | 20,0 |
| Средняя влажность \bar{W} (%) и среднее значение $-\lg \Delta t$ | 7,26 | 1,0134 | 6,97 | 1,0600 |
| Среднее квадратичное отклонение от среднего значения $\sigma_{\bar{W}}$ и $\sigma_{\lg \Delta t}$ | $\pm 3,63$ | $\pm 0,36$ | $\pm 1,97$ | $\pm 0,19$ |
| Средняя ошибка среднего значения $m_{\bar{W}}$ и $m_{\lg \Delta t}$ | $\pm 0,53$ | $\pm 0,05$ | $\pm 0,29$ | $\pm 0,03$ |
| Показатель точности среднего значения p , % | 7,3 | 0,83 | 4,2 | 1,8 |
| Коэффициент корреляции r | -0,973 | | -0,866 | |
| Ошибка коэффициента корреляции m_r | $\pm 0,0088$ | | $\pm 0,058$ | |
| Количество наблюдений | 47 | 47 | 43 | 43 |

Полученные нами уравнения выглядят следующим образом:

для березы:

$$W = 17,21 - 9,82 \lg \Delta t; \quad (8)$$

для ядровой древесины сосны

$$W = 16,49 - 8,98 \lg \Delta t. \quad (9)$$

Для березы ошибка уравнения $\pm 0,88$, для ядровой древесины сосны $\pm 0,71\%$. Такие ошибки допустимы при определении влажности древесины в процессе сушки, к тому же они равны половине точности замера влажности по рис. 1.

На рис. 2 линия 2 построена по уравнению (8), полученному из опытов для березы (она совпадает с линией для $t_{и.с.в.} = 114^\circ \text{C}$); линия 3 — по уравнению [9], полученному из опытов для ядровой древесины сосны.

Как видно из рис. 2, значения влажности от 6 до 12% (которые представляют наибольший интерес для промышленной камерной сушки древесины), полученные по уравнениям (8) и (9), отличаются не более чем на $\pm 0,5\%$ от ранее вычисленных по уравнению (6) (линия 1 на рис. 2); максимальное расхождение линий 1, 2 и 3 — около 1,5% для влажности 19—20%. Все эти расхождения не превышают точности метода $\pm 1,5\%$.

Из сказанного вытекает, что при замере влажности древесины по ее температуре допустимо пользоваться уравнением (6) (линией 1 на рис. 2), которое дает достаточную для практики точность, хотя уравнения (8) и (9) (линии 2 и 3 для березы и ядра сосны) дадут более точные результаты. Уравнение (6) и линия 1 наиболее справедливы для заболонной сосновой древесины.

Различия в уравнениях (6), (8) и (9) могут быть объяснены различием в строении древесины березы, заболони и ядра сосны.

Уравнения (4) и (5), все постоянные величины которых имеют вполне определенный физический смысл, могут послужить математическим аппаратом для исследования зависимости влажности древесины от ее температуры для древесины различных пород. Наличие этих уравнений сокращает необходимое количество опытов, так как, очевидно, для того чтобы выяснить линейную зависимость W от Δt , достаточно иметь надежные данные для двух ее точек.

Очевидно, на основании предложенного более простого графика легче построить автоматически действующий прибор для контроля за влажностью, для сигнала о готовности древесины и для автоматического ведения процесса по влажности. Такой прибор разработан и проверяется на лабораторной сушильной камере. Изучается надежность прибора и возможность использования его для ведения процесса по разным высокотемпературным режимам.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. И. Ананьин. Исследование влияния высокотемпературной сушки древесины на ее механическую прочность. Кандидатская диссертация. Свердловск, 1960.
[2]. П. И. Ананьин, В. Н. Петри. Высокотемпературная сушка древесины. Гослесбумиздат, 1963.

Поступила в редакцию
13 июля 1964 г.

УДК [621.9.025 : 674.023.1]

ПРОФИЛИРОВАНИЕ ТУПОГО РЕЗЦА ДЛЯ ОКОРКИ МЕРЗЛОЙ ДРЕВЕСИНЫ

О. В. ПОКРЫШКИН

Главный специалист

(Кировский НИИ лесной промышленности)

Вопрос профилирования тупого резца в роторных окорочных станках для окорки мерзлой древесины еще недостаточно изучен. Имеются лишь данные [3] по профилированию тупого резца для влажной древесины. Для мерзлой древесины резец должен иметь другой профиль, так как сопротивление коры сдвиганию и скалыванию в зимних условиях резко возрастает. Резец для зимней окорки древесины должен удалять кору, не проникая в древесину. Это возможно, когда удельное сопротивление резанию мерзлой коры меньше, чем мерзлой древесины. Опыты, проведенные М. Н. Симоновым [1], подтвердили это положение и показали, что удельное сопротивление резанию коры в замороженном состоянии по своей абсолютной величине почти в два раза меньше, чем сопротивление древесины в аналогичном состоянии.

Мы рассмотрели некоторые основные вопросы профиля и угловых параметров тупого резца для окорки мерзлой древесины. Для проведения опытов была изготовлена специальная экспериментальная установка (рис. 1), воспроизводящая производственные условия работы роторных окорочных станков и позволяющая изменять изучаемые факторы. Она смонтирована на базе модернизированного токарного станка и оборудована динамометром ДК-1 с неподвижно закрепленным резцом, грузовым устройством для поджатия резца к окашиваемой поверхности и измерительными приборами. Эта установка обеспечила возможность замера касательной составляющей усилия окашивания модернизированным динамометром ДК-1 с индуктивным дифференциальным датчиком и последующую запись показаний датчика в четырехшлейфном магнитоэлектрическом осциллографе Н-10. Частота колебаний измеряемой касательной составляющей не более 8 гц, что позволило производить питание измерительной цепи от сети переменного тока с частотой 50 гц и с напряжением 21 в, полученным через понижающий трансформатор [2]. Для установки измерительного прибора на нуль в цепь был включен потенциометр. Сигналы от датчика поступали на вибратор осциллографа (типа VIII с частотой собственных колебаний в воздухе 1200 гц и максимальным допустимым током 2 ма) и были зафиксированы на пленке.

На рис. 2 показана осциллограмма записи касательной составляющей усилия окашивания. Полученные осциллограммы были обработаны планиметрированием. Отметим времени не применяли в виду того, что по вибратору проходил ток стандартной частоты и, следовательно,

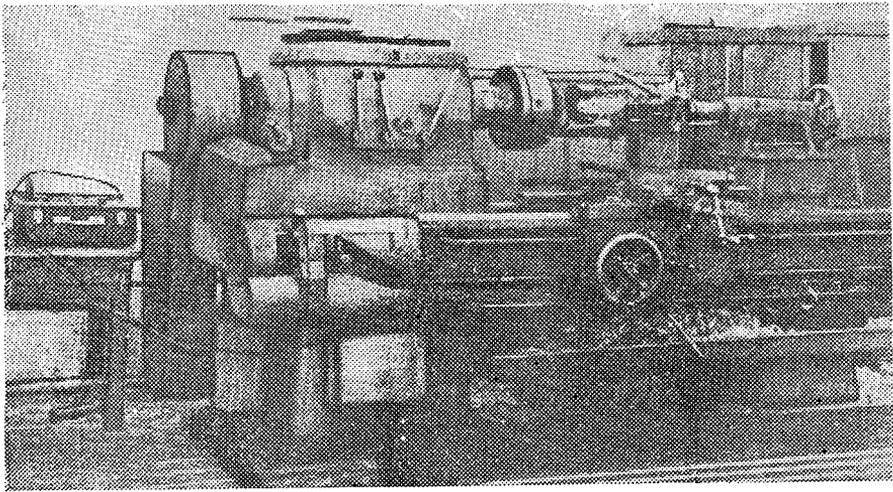


Рис. 1.

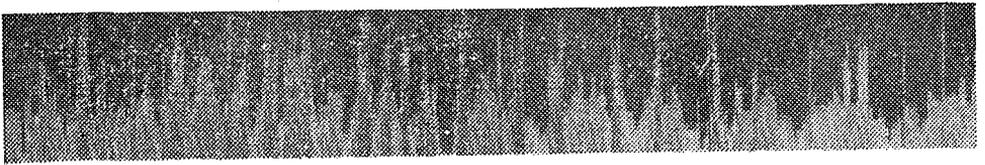


Рис. 2.

с известным периодом $1/50$ сек. Статическую тарировку производили в начале и в конце каждого эксперимента грузовым способом. Тупой резец, укрепленный в суппортном динамометре, имел два движения — продольное и поперечное. Одновременно с этими движениями резец осуществлял копирование формы экспериментального отрезка пиловочного бревна. Отрезки древесины закрепляли в специальных кулачках, число оборотов которых регулировали от 40 до 600 об/мин.

На экспериментальной установке мы определяли касательную составляющую усилия окоривания и чистоту окоренной поверхности в зависимости от разных задаваемых углов.

Для исследования был применен тупой окорочный резец, имеющий закругленную главную и острую боковую режущую кромки. На рис. 3 показаны угловые элементы тупого резца (ϵ — угол заострения боковой кромки). Такая форма позволяла резцу под давлением проникать в кору до

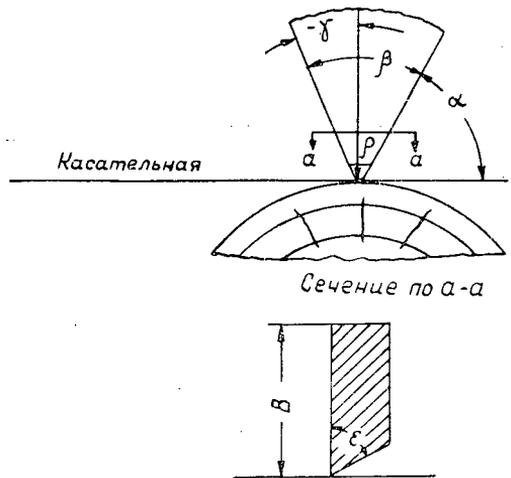


Рис. 3.

соприкосновения с древесиной и производить: заостренной боковой кромке — надрезать и перерезывать кору, закругленной кромке — копировать форму древесины по камбиальному слою, передней грани — удалять кору. Тупые резцы имели напайку твердого сплава ВК-8.

В опытах была использована сплавная ель, имеющая влажность коры $120 \pm 10\%$ (абс.), влажность древесины $110 \pm 10\%$ (абс.), объемный вес ели $0,42 \text{ Г/см}^3$. Замороженную древесину брали непосредственно из штабелей склада сырья при средней температуре воздуха -20°С . Для получения сравнимых результатов отбирали чураки примерно одинакового диаметра ($D_{\text{ср}} = 20 \text{ см}$) с толщиной коры 4—6 мм.

Чистоту окоренной поверхности \mathcal{C} определяли отношением количества остатков луба (Γ) к окоренной поверхности отрезка (м^2). Повреждаемость древесины при опытах не превышала 1%. Удельная сила при окорке была определена по формуле

$$K_z = \frac{P_z}{b} \text{ кгГ/см},$$

где P_z — касательная составляющая усилия окаривания, кгГ;
 b — ширина снимаемого слоя коры, см.

Так как составляющая P_z — важнейшая сила для процесса окорки, то будем называть ее усилием окаривания. Усилие окаривания зависит главным образом от связи коры с древесиной по камбиальному слою, хотя имеет влияние и толщина коры, поэтому усилие окаривания относим к единице ширины снимаемого слоя коры, измеряемой в сантиметрах. Результаты всех опытов были обработаны методом вариационной статистики. В каждом опыте проведено 6—8 наблюдений. Кратность обработки, то есть число проходов резца по одному месту древесины, во всех опытах равнялась трем.

Задний угол. Опыты по изучению заднего угла были проведены при переменных значениях заднего угла α и угла заострения β . Условия опытов: ширина резца $B = 50 \text{ мм}$, радиус закругления $\rho = 1 \text{ мм}$, подача на резец $U_z = 16 \text{ мм}$, удельное давление резца $K_y = 18 \text{ кгГ/см}$, число оборотов шпинделя $n = 78 \text{ об/мин}$, передний угол $\gamma = -10^\circ$, угол заострения боковой кромки $\varepsilon = 60^\circ$, угол встречи главной кромки с направлением волокон древесины $\varphi = 0^\circ$.

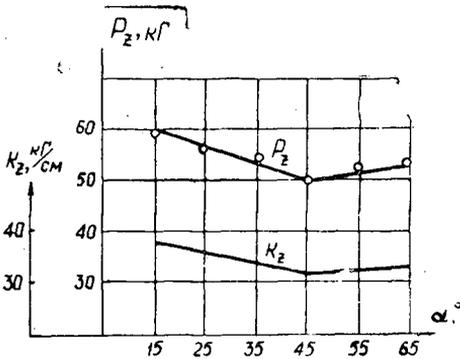


Рис. 4.

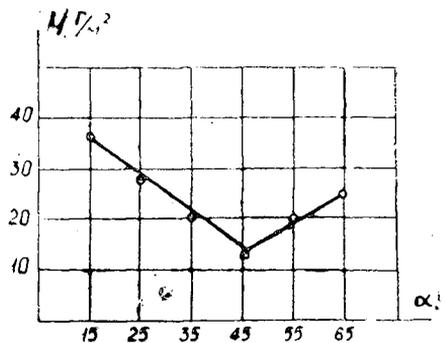


Рис. 5.

На рис. 4 показано влияние величины заднего угла на усилия окаривания и удельную силу при окорке, на рис. 5 — на чистоту окоренной поверхности древесины. Из рис. 4 видно, что с увеличением заднего

контурного угла резца с 15 до 45° усилие окаривания и удельная сила при окорке уменьшаются. Дальнейшее увеличение угла с 45 до 65° ведет к повышению этих величин, что связано со снижением прочности кончика резца. Это объясняется постепенным уменьшением угла заострения. Резец теряет жесткость, что приводит к некоторой вибрации главной кромки.

Чистота окоренной поверхности древесины улучшается (рис. 5) с увеличением заднего угла с 15 до 45° . Это объясняется тем, что при малых задних углах затрудняется копирование формы отрезка, а при увеличении угла трение между задней гранью резца и поверхность отрезка становится меньше, и резец лучше копирует его форму. При увеличении заднего угла выше 45° качество окорки древесины понижается, но менее резко.

Таким образом, можно рекомендовать задний угол в пределах $40-45^\circ$.

Передний угол. Опыты по изучению переднего угла были проведены при переменных значениях переднего угла γ и угла заострения β . Условия опытов: $B = 50$ мм, $\rho_z = 1$ мм, $U_z = 16$ мм, $K_y = 18$ кг/см, $n = 78$ об/мин, $a = 45^\circ$, $\epsilon = 60^\circ$, $\varphi = 0^\circ$.

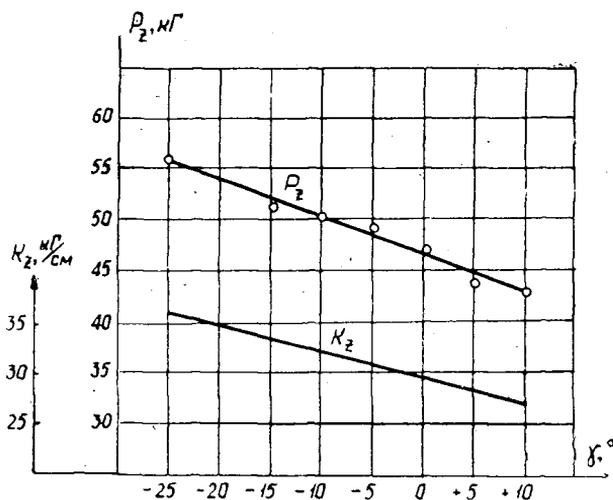


Рис. 6.

На рис. 6 показано влияние величины переднего угла на усилие окаривания и удельную силу при окорке, на рис. 7 — на чистоту окоренной поверхности древесины. Из рис. 6 видно, что при увеличении переднего контурного угла резца в сторону положительных значений усилие окаривания P_z и удельная сила при окорке K_z уменьшаются, а при увеличении угла в сторону отрицательных значений P_z и K_z возрастают. При изменении переднего угла от $+10$ до -15° усилие окаривания увеличивается на 24%. Увеличение удельной силы при отрицательных передних углах объясняется тем, что удаляемая кора сжимается передней гранью и увеличивает работу трения на соприкасающихся поверхностях резца с корой.

Значительное увеличение переднего угла в сторону отрицательных значений свыше $25-35^\circ$ нежелательно для процесса окорки, так как

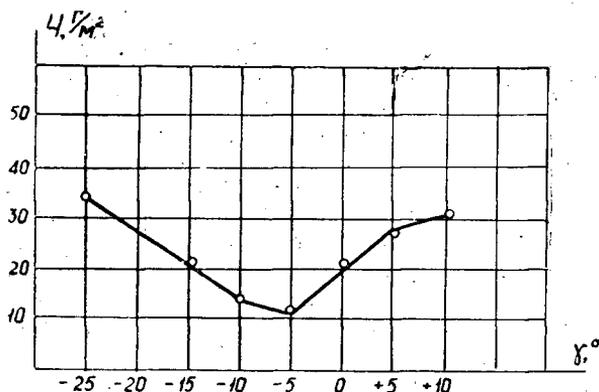


Рис. 7.

при этом резко увеличивается угол сдвига и затрудняется выход коры из-под резца.

Чистота окоренной поверхности древесины улучшается при изменении переднего угла γ (рис. 7) от 0° до -15° , так как при этом создается подпор со стороны коры. Особенно хорошее качество окоренной поверхности получается при $\gamma = -(5-10)^\circ$. Наличие отрицательных передних углов способствует повышению прочности главной кромки резца, так как при этом центр давления перемещается дальше от главной кромки.

При положительном переднем угле напайка твердого сплава подвергается изгибу, при отрицательном — главным образом сжатию. Твердый сплав значительно лучше сопротивляется сжатию, чем изгибу. Поэтому при отрицательных углах главная кромка меньше изнашивается. Таким образом, тупые резцы с отрицательными передними углами $\gamma = -(5-10)^\circ$ при $\beta = 50-55^\circ$ имеют повышенную прочность и обеспечивают лучшее качество окорки мерзлой древесины. Корреляционное уравнение, выражающее зависимость $P_z = f(\gamma)$, имеет следующий вид:

$$P_z = -0,35\gamma + 47,12.$$

Угол заострения боковой кромки. Опыты по изучению угла заострения боковой кромки были проведены при следующих условиях: $B = 50$ мм, $\rho = 1$ мм, $U_z = 16$ мм, $P_y = 18$ кг/см, $n = 78$ об./мин, $\gamma = 0^\circ$, $\beta = 45^\circ$, $\varphi = 0^\circ$, $\alpha = 45^\circ$.

Выбранный нами тупой резец для окорки мерзлой древесины имеет острую боковую режущую кромку.

Опыты показали, что такая кромка нарезает и перерезает кору, а передняя грань производит сжатие и отрыв коры. При острой боковой режущей заостренной кромке не происходит разрыва коры вдоль волокон, как при незаостренной боковой кромке резца. Процесс стружкообразования коры более устойчив.

На рис. 8 показано влияние величины угла заострения боковой кромки на усилие окаривания и удельную силу при окорке, на рис. 9 — на чистоту окоренной поверхности древесины.

Результаты опытов показывают, что с уменьшением этого угла от 80 до 50° усилие окаривания и удельная сила при окорке уменьшаются (рис. 8), а чистота окоренной поверхности древесины (рис. 9) улучшается. Окоренная поверхность получается относительно гладкой и без

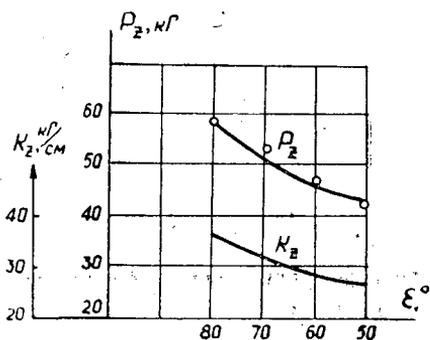


Рис. 8.

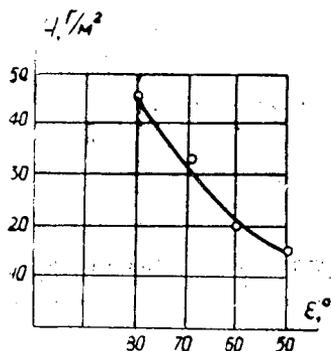


Рис. 9.

резких вырывов. Оптимальные углы заострения боковой кромки для мерзлой древесины 50—55°.

Уравнение связи, выражающее зависимость $P_z = f(\epsilon)$, имеет следующий вид:

$$P_z = 4,613\epsilon^{0,578}$$

Резцы с оптимальными геометрическими параметрами были опробованы в производственных условиях на станке ОК-66 и показали положительные результаты. Окорка мерзлого пиловочника производилась за один проход. При этом статическое удельное давление на резец (коросниматель) с учетом увеличенных центробежных сил было доведено до 35—45 кг/см.

Таким образом, тупой резец, имеющий отрицательный передний угол с острой боковой режущей кромкой, можно рекомендовать для окорки мерзлой древесины на окорочном роторном станке.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. Н. Симонов. Вопросы механизации окорки древесины. Труды ЦНИИМЭ № 41, 1963. [2]. А. М. Туричин. Электрические измерения неэлектрических величин. Госэнергоиздат, 1959. [3]. А. Д. Шубин. Исследование процесса поперечно-винтовой окорки круглых лесоматериалов тупыми резцами (кулачками). Кандидатская диссертация, 1955.

Поступила в редакцию
29 мая 1964 г.

УДК 62.66 : 662.921

МЕТОДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСШЕЙ ТЕПЛОТЫ СГОРАНИЯ ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА

П. Г. КУЗЬМИНОВ

Доцент, кандидат технических наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

Лесопромышленные предприятия широко используют в качестве топлива древесные отходы с рабочей влажностью 50—55%. Ввиду большой влажности и низкой калорийности древесного топлива относительная разность между высшей и низшей теплотой сгорания составляет значительную величину, что видно из табл. 1.

Таблица 1

| Относительная влажность древесного топлива W^P , % | Низшая теплота сгорания рабочего топлива Q_N^P , ккал/кг | Высшая теплота сгорания рабочего топлива Q_B^P , ккал/кг | Разность $Q_B^P - Q_N^P = 6(9H^P + W^P)$, ккал/кг | Относительная величина разности, % |
|--|--|--|--|------------------------------------|
| 40 | 2439 | 2883 | 444 | 18,6 |
| 50 | 1934 | 2396 | 462 | 23,8 |
| 60 | 1426 | 1916 | 490 | 34,2 |

Чтобы использовать высшую теплоту сгорания древесного топлива, необходимо уходящие дымовые газы охладить ниже точки росы. Для котельных установок, работающих на древесном топливе, она лежит в пределах 55—63°С (в зависимости от влажности топлива и коэффициента избытка воздуха α). Чтобы обеспечить конденсацию содержащихся в дымовых газах водяных паров и полнее использовать их скрытую теплоту парообразования, необходимо охлаждать дымовые газы на 10—20°С ниже точки росы. Глубокое охлаждение дымовых газов (до 35—45°С) практически можно осуществить в оросительном экономайзере системы Гипродрева, в скруббере с хордовой насадкой или в безнасадочном смесительном аппарате типа деаэрационной головки.

Ленинградский институт по проектированию лесопильных и деревообрабатывающих предприятий (Гипродрев) разработал типовой проект котельной с установкой оросительного экономайзера для глубокого охлаждения дымовых газов. Воду, нагретую в экономайзере до 50—60°С, используют для отопления бассейна. Оросительный экономайзер (схема на рис. 1) представляет собой дымовую трубу (высотой 20 м, диаметром 2800 мм), разделенную перегородкой на две равные части. Такое разделение имеет целью при помощи шиберов регулировать количество дымовых газов (направляемых в каждую часть дымохода) в

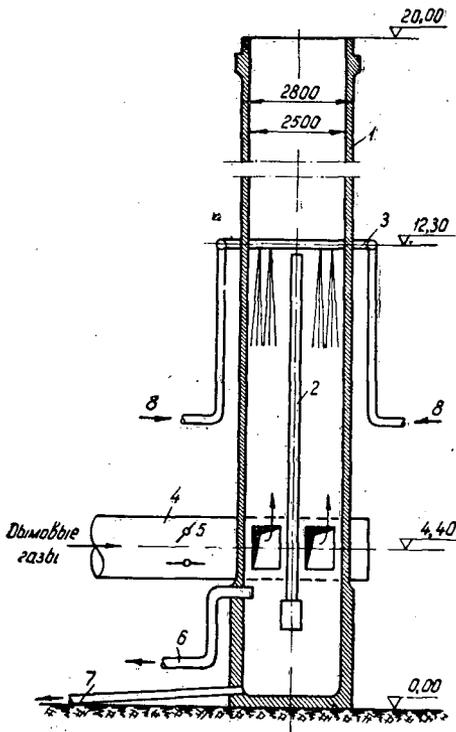


Рис. 1.

1 — ствол оросительного экономайзера (дымовая труба);
 2 — разделительная перегородка; 3 — водяной коллектор;
 4 — дымоход; 5 — шиберы; 6 — трубопровод для отвода
 подогретой воды; 7 — отвод для золы в отвал; 8 — подача
 воды для орошения.

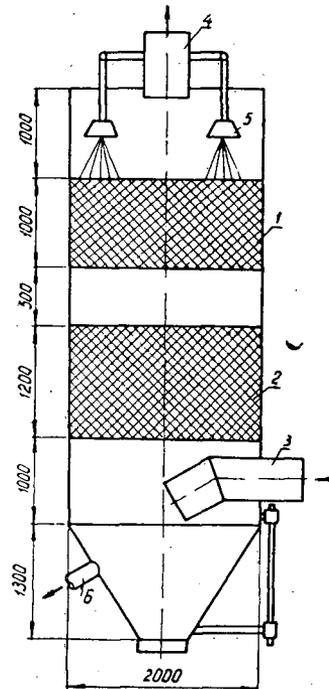


Рис. 2.

1 — первый ярус хордовой насадки;
 2 — второй ярус хордовой насадки;
 3 — вход дымовых газов; 4 — выход
 дымовых газов; 5 — распыливающие
 воду воронки; 6 — выход скрубберной
 воды.

зависимости от потребности в нагретой воде. В трубе на отметке 12 м располагается водяной коллектор с отверстиями (диаметром 1,5 мм) для создания мелких водяных струй. Экономайзер одновременно выполняет функции искрогашения и золоулавливания. В летний период, когда бассейн не отапливают, воду в коллекторы подают в малых количествах (только для целей искрогашения). Железобетонный ствол экономайзера с наружным диаметром 2,8 м и высотой 20 м представляет довольно сложное сооружение. Как известно, безнасадочные контактные теплообменники требуют сравнительно больших габаритов.

Имеются более эффективные методы глубокого охлаждения дымовых газов. На одной из электростанций Ленинграда проведены успешно испытания скруббера с деревянной хордовой насадкой. На рис. 2 схематически показан скруббер для глубокого охлаждения дымовых газов. Размеры скруббера примерно соответствуют размерам котла ДКВР-4. Газы движутся снизу вверх, вода распыливается с помощью 10 воронок (типа душевых) с отверстиями в 2 мм. Скорость газов перед насадкой (1,0—1,3) м/сек.

Двухъярусная хордовая насадка выполняется из поставленных на ребро досок (толщиной 20 мм, высотой 100 мм) с шириной щели между ними в 200 мм. Смещение отдельных рядов решетки составляет 45°. Сопротивление скруббера очень мало — около 15 мм водяного столба. Дымовые газы охлаждались до температуры 30—45° С.

Хордовая насадка из досок показала высокие гидродинамические и термодинамические качества. Она имеет большой срок службы — около 15 лет. Можно заметно улучшить работу хордовой насадки, если придать доскам обтекаемую форму (путём их механической обработки).

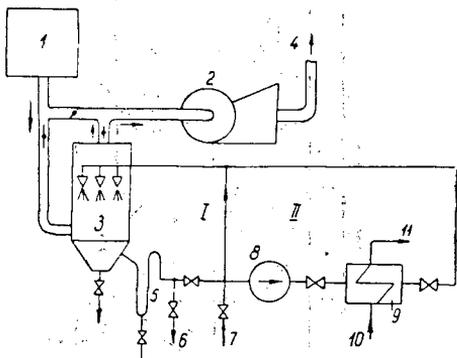


Рис. 3.

1 — котел; 2 — дымосос; 3 — скруббер;
4 — отвод газов в дымовую трубу; 5 — гидрозатвор; 6 — отвод скрубберной воды в бассейн лесосека; 7 — подача воды из воопровода;
8 — электронасос; 9 — водоводяной поверхностный теплообменник; 10 — подвод холодной воды в теплообменник; 11 — отвод подогретой воды после теплообменника.

На рис. 3 показана схема включения скруббера для глубокого охлаждения отходящих дымовых газов. Она представлена в двух вариантах: I — с использованием тепла скрубберной воды в бассейне лесопильного цеха (разомкнутая схема); II — с использованием тепла скрубберной воды в водоводяном теплообменнике для целей подогрева питательной или сетевой воды (замкнутая схема). Вода после скруббера нагревается до 50—65°, что позволяет непосредственно использовать горячую воду не только для отепления бассейна лесосека, но и для других целей.

Другие способы глубокого охлаждения дымовых газов мы не рассматриваем, так как для лесопромышленных предприятий они не имеют практического значения.

Рассмотрим методы теплового расчета устройства для глубокого охлаждения дымовых газов котлов и промышленных печей.

Количество тепла (в расчете на 1 кг сухих газов), передаваемое дымовыми газами при их охлаждении водой

$$q = i_1 - i_2 + (r_1 d_1 - r_2 d_2) \cdot y \quad \text{ккал/кг с. г.} \quad (1)$$

где i_1 — теплосодержание дымовых газов при температуре ν_1 (до охлаждения), ккал/кг с. г.;

i_2 — то же при температуре ν_2 (после охлаждения);

r_1 и r_2 — скрытая теплота парообразования при соответствующих парциальных давлениях водяных паров, ккал/кг;

d_1 и d_2 — влагосодержание дымовых газов в начальном и конечном состояниях, кг/кг с. г.;

y — доля сконденсировавшихся водяных паров.

Количество переданного тепла (в расчете на 1 кг топлива)

$$Q = q \cdot G_{\text{с.г.}} \quad \text{ккал/кг т} \quad (2)$$

где $G_{\text{с.г.}}$ — вес сухих дымовых газов на 1 кг топлива, кг/кг т.

Содержащиеся в дымовых газах водяные пары при температуре ν_1 находятся в ненасыщенном состоянии (d_1), а после охлаждения до температуры ν_2 они переходят в насыщенное состояние (d_2).

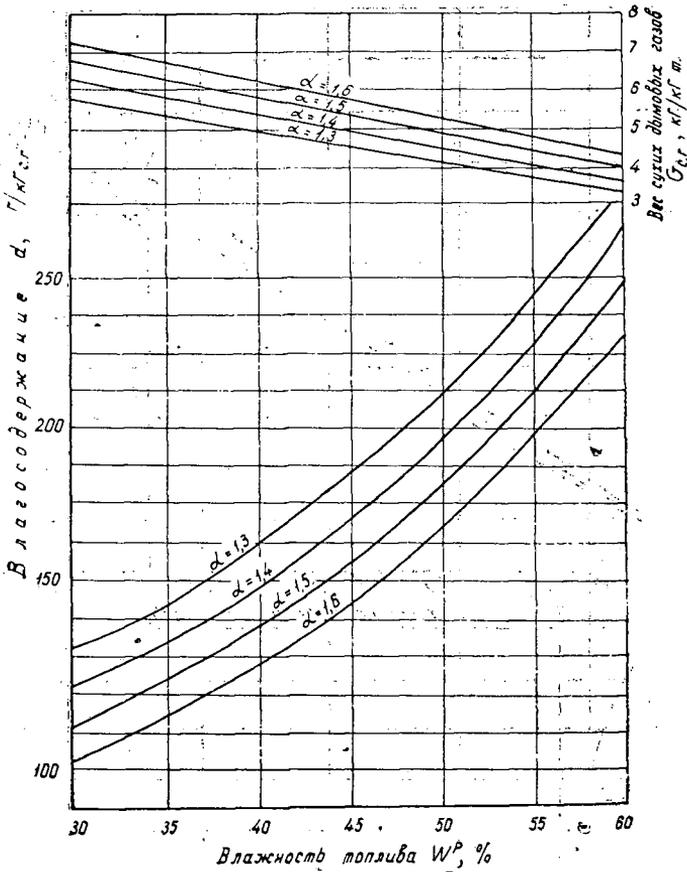


Рис. 4. Влажностное содержание и вес сухих дымовых газов в зависимости от влажности древесного топлива.

Влажностное содержание дымовых газов в ненасыщенном состоянии можно найти по кривым, изображенным на рис. 4.

$$d_1 = \frac{G_{H_2O}}{G_{с.г.}} \cdot 1000 \text{ Г/кг с.г.}, \quad (3)$$

где G_{H_2O} — вес водяных паров, кг/кг т.

Влажностное содержание дымовых газов в состоянии насыщения (максимально возможное при температуре ν_2)

$$d_{max} = \frac{P_n \cdot R_{с.г.}}{(P - P_n) \cdot 47,1} \cdot 1000 \approx 583 \frac{P_n}{P - P_n} \text{ Г/кг с.г.}, \quad (4)$$

где P_n — давление насыщенных водяных паров при температуре ν_2 ;

$R_{с.г.}$ — газовая постоянная сухих дымовых газов от сжигания древесины, равная 27,5 кгм/кг град.;

P — общее давление дымовых газов.

Вследствие неравномерного распределения скоростного и температурного полей в дымовых газах, проходящих через устройство (для их глубокого охлаждения), даже при сравнительно низкой температуре не достигается полная конденсация водяных паров. На основании резуль-

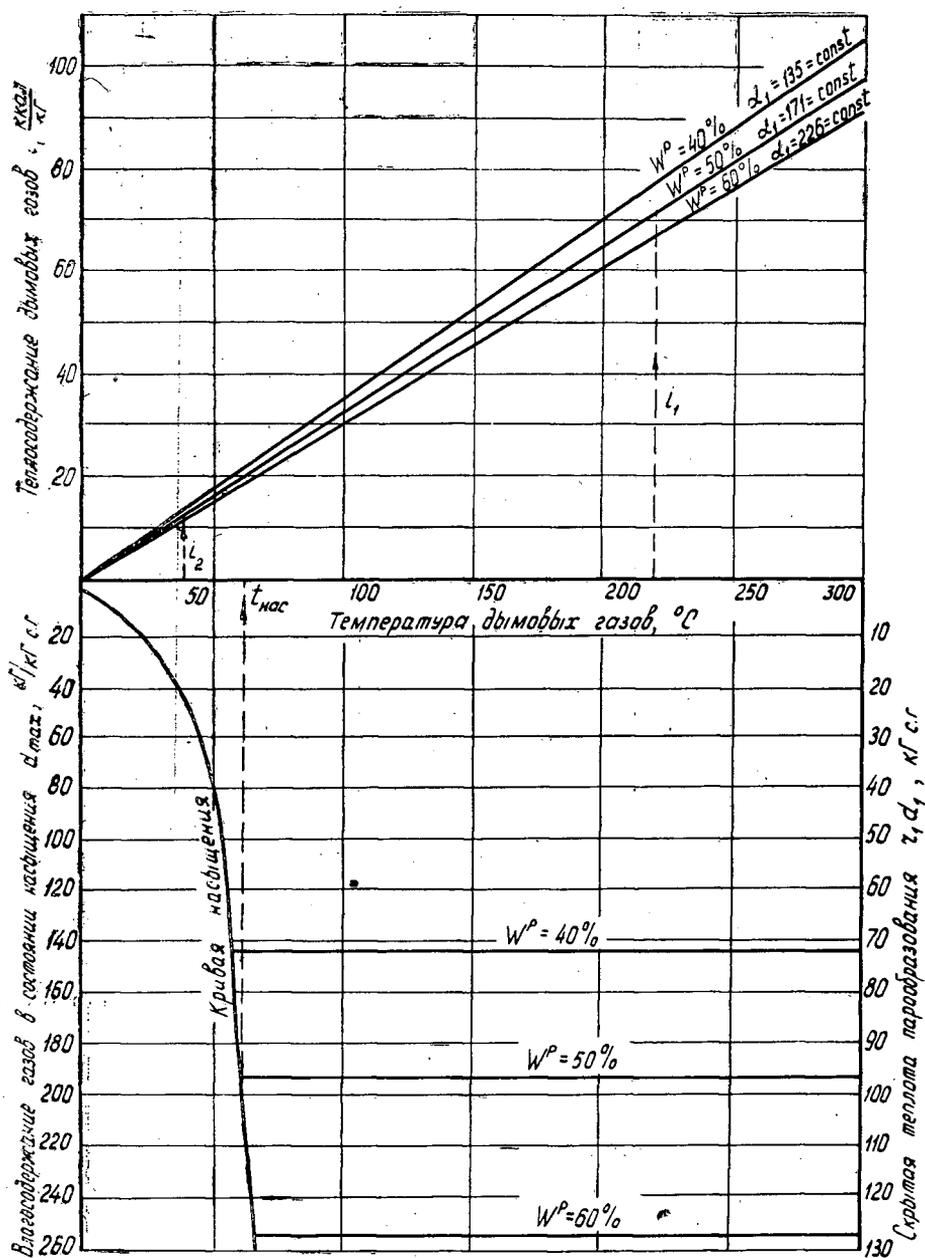


Рис. 5.

татов испытания скруббера можно принять степень конденсации водяных паров $y = 0,80-0,85$.

На рис. 5 представлен график для расчета глубокого охлаждения дымовых газов при сжигании древесного топлива (коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,5$). Температура насыщения водяных паров $t_{\text{нас}}$ может быть найдена графически, как показано пунктирными линиями на рис. 5.

Величину нагрева воды можно задать, исходя из следующего условия:

$$\Delta t \cong t_{\text{нас}} - 5. \quad (5)$$

Расход охлаждающей воды (на 1 кг древесного топлива)

$$G_{\text{в}} = \frac{Q}{\Delta t} \text{ кг/кг т.} \quad (6)$$

Рассмотрим пример расчета устройства для глубокого охлаждения дымовых газов применительно к котлу ДКВР-4, работающему на древесных отходах. В качестве охлаждающего устройства берем скруббер с деревянной хордовой насадкой. Принимаем следующие исходные данные: влажность топлива $W^p = 50\%$; коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,5$; температура газов до охлаждающего устройства $\nu_1 = 220^\circ \text{C}$; температура газов после охлаждающего устройства $\nu_2 = 40^\circ \text{C}$, доля сконденсировавшихся водяных паров $y = 0,85$; к.п.д. котлоагрегата (без установки для глубокого охлаждения) $\eta_{\text{к}} = 0,77$; низшая теплота сгорания топлива $Q_{\text{н}}^p = 1933 \text{ ккал/кг}$. Согласно расчетам парциальное давление водяного пара в дымовых газах $P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,226 \text{ ата}$. Этому давлению соответствует температура насыщения (точка росы) $t_{\text{нас}} = 62,3^\circ \text{C}$.

Количество тепла, выделившееся на 1 кг сухих газов, определяем с помощью кривых, изображенных на рис. 4 и 5.

$$q = i_1 - i_2 + (r_1 \cdot d_1 - r_2 \cdot d_2) \cdot y = 115 \text{ ккал/кг с.г.}$$

В расчете на 1 кг топлива имеем

$$Q = q \cdot G_{\text{с.г.}} = 115 \cdot 4,77 = 548 \text{ ккал/кг т.}$$

Температура насыщения (точка росы) $t_{\text{нас}} = 62,5^\circ \text{C}$. Принимаем нагрев воды в скруббере $\Delta t = 55^\circ \text{C}$.

Расход охлаждающей воды на скруббер

$$G_{\text{в}} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{548}{55} \approx 10 \text{ кг/кг т.}$$

Количество конденсирующихся водяных паров на 1 кг топлива

$$C_{\text{к}} = (d_1 - d_2) \cdot G_{\text{с.г.}} \cdot y = 0,503 \text{ кг/кг т.}$$

Определим основные размеры скруббера.

Расход топлива на котел ДКВР-4.

$$B = \frac{D(i - i_{\text{пв}})}{Q_{\text{н}}^p \cdot \eta_{\text{к}}} = 1610 \text{ кг/час.}$$

Объем дымовых газов на 1 кг топлива $\theta_{\text{д.г.}} = 4,40 \text{ м}^3/\text{кг т.}$

Секундный объем дымовых газов перед скруббером

$$V_{\text{сек}} = \frac{V_{\text{д.г.}} \cdot B (\nu_1 + 273)}{273 \cdot 3600} = 3,67 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Считая, что скорость газов перед насадкой $C = 1,2 \text{ м/сек}$, определим диаметр скруббера

$$D = \sqrt{\frac{V_{\text{сек}}}{0,785 \cdot C}} = 1,97 \text{ м.}$$

Принимаем $D = 2000 \text{ мм}$; H (высота скруббера) = 6 м (рис. 2).

Определим к.п.д. котлоагрегата с установкой для глубокого охлаждения дымовых газов. Полезное тепло котлоагрегата

$$Q_1 = Q_H^p \cdot \eta_k = 1490 \text{ ккал/кг.}$$

$$Q_{\text{полное}} = Q_1 + Q = 2043 \text{ ккал/кг.}$$

где Q — теплота, выделившаяся в скруббере.

Кажущийся к.п.д. котельного агрегата с охлаждающей установкой

$$\eta_k = \frac{Q_{\text{пол}}}{Q_H^p} \cdot 100 = 106\%.$$

Затраты на сооружение устройства для глубокого охлаждения дымовых газов быстро окупаются благодаря возрастанию к.п.д. котла.

Поступила в редакцию
3 февраля 1964 г.

УДК 66.0 : 674.049.2

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ
ПРЕССОВАНИИ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Сообщение 1

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ КОМПОНЕНТОВ ДРЕВЕСИНЫ

Г. Ф. ПОТУТКИН

Аспирант

Г. Л. ДРАНИШНИКОВ

Доцент, кандидат химических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Промышленное производство древесно-стружечных плит существует около тридцати лет, однако теоретические основы их изготовления разработаны еще недостаточно, а химические процессы, происходящие при прессовании таких плит, совершенно не изучены.

В обширной литературе по технологии древесно-стружечных плит освещение химических процессов ограничивается лишь рассмотрением сущности отверждения связующего. Однако недостаточно древесной стружке отводить только роль инертного наполнителя, частицы которого склеиваются связующим за счет сил адгезии. Надо полагать, что при прессовании древесно-стружечных плит важную роль играют также и процессы химического взаимодействия связующего с древесиной. Кроме того, в условиях прессования под действием тепла, влаги, давления и химических факторов возможны различные химические превращения отдельных компонентов древесины. От того, насколько глубоко протекают химические изменения компонентов древесины и их химическое взаимодействие со связующим, в значительной степени может зависеть качество древесно-стружечных плит.

Ряд работ посвящен изучению процессов прессования древесины [1], [5], [9], [11]. В настоящее время назрела необходимость в систематических исследованиях процессов, происходящих при прессовании древесно-стружечных плит, для того чтобы получить возможность эффективно управлять этими процессами и воздействовать на свойства плит.

Мы поставили перед собой задачу выяснить, какую роль играют химические процессы взаимодействия связующего с компонентами древесины при прессовании древесно-стружечных плит и какие из основных компонентов древесины наиболее активны при этом и претерпевают наибольшие химические изменения.

В качестве связующего мы использовали клеи на основе карбамидных смол [4].

В настоящее время оптимальные температурные условия прессования древесно-стружечных плит с применением карбамидных связующих лежат в пределах 140—160°С. По данным И. А. Отлева [7], температура внутри древесно-стружечной плиты мало зависит от температуры горячих плит пресса в интервале 120—180°С и во время прессования остается постоянной, не превышая 120°С. Следовательно, наибольший теоретический и практический интерес представляют исследования процессов, происходящих в интервале температур 120—180°С, так как при температуре плит пресса ниже 120°С прогрев древесно-стружечных плит и процесс отверждения связующего сильно замедляется, а при температуре плит пресса выше 180°С происходит уже заметное термическое разрушение связующего и компонентов древесины в поверхностных слоях плит.

Экспериментальная часть

Для изготовления древесно-стружечных плит мы использовали стружки еловой древесины от деревообрабатывающих станков. Предварительно стружку высушивали в камерной сушилке на противнях при 90—100°С и периодическом перемешивании до конечной влажности 6—6,5% в течение 1—3 час, затем ее просеивали на вибрационном сите. Для прессования брали фракцию стружки, проходящую через сито с диаметрами отверстий 10 мм и задерживающуюся на сите с диаметрами отверстий 2 мм. Содержание этой фракции в исходной стружке составило около 88% по весу.

Стружку со связующим смешивали в периодически действующем горизонтальном смесителе конструкции ЦНИИМОДа с лопастной мешалкой. Связующее разбрызгивали из пистолета через отверстие в крышке смесителя. В качестве связующего использовали смолу МФ-17 с содержанием сухих веществ 73%, коэффициентом рефракции при 20°С — 1,4725, вязкостью на воронке В-36 — 189 сек. Количество смолы, наносимой на стружку, составляло (по сухому остатку) 10% от веса абс. сухих древесных частиц. В качестве отвердителя использовали 10%-ный водный раствор хлористого аммония в количестве 10% от веса смолы.

Древесно-стружечные плиты прессовали на прессе П-454 с электрообогревом плит при температуре 140°С и удельном давлении 16 кг/см². Температуру плит пресса регулировали с помощью автоматического регулятора. Выдержка при прессовании 1 мин на 1 мм толщины готовой плиты. Размеры готовых плит 550 × 650 × 19 мм. После прессования плиты выдерживали в течение недели при 18—20°С, после чего кромки плит шириной по 100 мм обрезали. Размеры готовых обрезанных плит 350 × 450 × 19 мм. Из них вырезали образцы для физико-механических испытаний и получали опилки для химических исследований. С целью определения потери веса абс. сухой стружечно-клеевой смеси в процессе прессования мы провели опытные запрессовки плит размером 450 × 450 × 19 мм в тех же условиях. Потери в весе составили 1,5% от веса абс. сухой стружечно-клеевой смеси.

Образцы плит были подготовлены по ГОСТу 10633—63 и испытаны по ГОСТам 10634—63 и 10635—63. В результате испытаний получили следующие показатели плит: разбухание 22,7%, водопоглощение 78,3%, объемный вес 0,7 г/см³, предел прочности при статическом изгибе 147 кг/см².

Для выяснения характера химических изменений компонентов древесины опилки, полученные из исходной стружки и плит, были под-

вергнуты детальному химическому анализу по методике, принятой в химии древесины. В отношении древесно-стружечных плит методика не лишена ряда условностей и термины «целлюлоза», «холоцеллюлоза», «лигнин» по отношению к компонентам древесно-стружечных плит в известной степени условны. Правильнее применять к ним такие термины, как, например, «вещества, определяемые как целлюлоза», «вещества, определяемые как лигнин».

Все определения проводили в возможно достижимых одинаковых условиях. Для анализов применяли опилки, проходящие через сито с диаметрами отверстий 1 мм и задерживающиеся на сите с диаметрами отверстий 0,5 мм. Для всех образцов были определены влажность опилок высушиванием при 105°С до постоянного веса; вещества, экстрагируемые горячей водой [10]; экстрагируемые эфиром и спирто-бензольной смесью (1:3) в аппарате Иванова [10]; лигнин по Кенигу с 72%-ной серной кислотой [8]; пентозаны по Толленсу (объемным методом [8]); целлюлоза по Кюршнеру [8]; пентозаны в целлюлозе [8]; холоцеллюлоза с перуксусной кислотой [2]; содержание целлюлозы, лигнина и пентозанов в холоцеллюлозе [8]; метоксильные группы в лигнине [8]. Для каждого образца было проведено от трех до шести параллельных определений.

Все результаты анализов пересчитаны в процентах к абс. сухой исходной стружечно-клеевой смеси и сведены в табл. 1. Результаты анализов исходной древесины приведены также и к весу абс. сухой необессмоленной древесины.

Таблица 1

| Показатели | Исходная стружка, % | Стружечно-клеевая смесь, % | Древесно-стружечная плита, % |
|--|---------------------|----------------------------|------------------------------|
| Влажность | 6,17 | 9,00 | 5,75 |
| Экстрагируемые эфиром | 3,75 | 3,41 | 1,10 |
| " горячей водой | 1,33 | 1,28 | 4,59 |
| " спирто-бензолом | 5,13 | 4,56 | 2,89 |
| Целлюлоза | 46,35 | 42,20 | 48,50 |
| Пентозаны в целлюлозе (к целлюлозе) | 5,29 | 5,29 | 4,80 |
| Лигнин | 25,50 | 23,90 | 29,2 |
| Метоксильные группы в лигнине | 13,80 | 13,80 | 11,80 |
| Пентозаны в древесине | 10,07 | 9,20 | 9,50 |
| Холоцеллюлоза | 56,13 | 51,10 | 61,90 |
| Лигнин в холоцеллюлозе (от холоцеллюлозы) | 0,36 | 0,36 | 3,41 |
| Пентозаны в холоцеллюлозе (от холоцеллюлозы) | 7,76 | 7,76 | 7,75 |
| Целлюлоза в холоцеллюлозе (от холоцеллюлозы) | 61,40 | 61,40 | 70,80 |

Учитывая, что при анализе древесно-стружечных плит связующее может быть определено как один из компонентов древесины, необходимо было выяснить, как влияет присутствие связующего на результаты количественного определения отдельных компонентов древесины плиты по принятой методике. С этой целью были изготовлены плиты с инертным наполнителем — асбестом вместо стружки. Прессовали их на лабораторном прессе марки ПГЛ-5 в тех же условиях и при том же соотношении компонентов, что и древесно-стружечные плиты. Плиты с асбестовым наполнителем были подвергнуты химическим исследованиям по той же методике, что и древесно-стружечные.

В табл. 2 приведены результаты этих исследований, показывающие количества карбамидной смолы, определяемой как компоненты древесины в процентах от смолы, введенной в плиту с асбестовым наполнителем.

Таблица 2

| Показатели | Исходный асбест, % | Асбест, запрессованный со связующим, % |
|----------------------------|--------------------|--|
| Влажность | 0,43 | 8,3 |
| Экстрагируемые эфиром | Не обнаружено | 3,42 |
| горячей водой | | 100,0 |
| Вещества, определяемые как | | |
| лигнин | " | 4,24 |
| целлюлоза | " | Не обнаружено |
| пентозаны | " | " |
| холоцеллюлоза | " | " |

Как видно из табл. 2, отвержденная смола полностью извлекается из плиты горячей водой. Это можно объяснить тем, что при длительном нагревании в условиях опыта (3 час) связующее вымывается из плиты с минеральным наполнителем и химически не взаимодействует с волокнами асбеста. Эфиром экстрагируется 3,42% связующего и 4,24% связующего определяется как лигнин.

Древесина представляет собой сложный комплекс различных по химическому характеру веществ, и отдельные ее компоненты, очевидно, не могут проявлять одинаковую химическую активность при взаимодействии со связующим в процессе прессования плит. Один из основных элементов мочевиноформальдегидного связующего — азот. Известно, что содержание азота в древесине не велико и не превышает 0,1—0,2% [6]. Таким образом, если тот или иной из компонентов древесины активно взаимодействует со связующим, то это должно привести к появлению азота в составе этого компонента.

Мы провели качественное и количественное определение азота в исходной древесине и в основных ее компонентах (целлюлозе, холоцеллюлозе, лигнине и в водном экстракте из древесины), а также в основных компонентах древесно-стружечных плит (определяемых как целлюлоза, лигнин, холоцеллюлоза) и в водном экстракте из древесно-стружечных плит.

В целлюлозе, холоцеллюлозе и лигнине, выделенных из исходной древесины, качественным анализом по Лассеню [3] азот не обнаруживается. В холоцеллюлозе и целлюлозе из древесно-стружечных плит азот также не обнаружен, а лигнин дает качественную реакцию на азот.

Количественное содержание азота в исходной стружке, в водном экстракте из нее, в лигнине и в водном экстракте определяли по методу Кьельдаля [3]. В исходной древесине было обнаружено 0,3% азота. В водном экстракте из исходной древесины — 3,5% азота (от веса абс. сухих веществ, экстрагируемых горячей водой). В лигнине из древесно-стружечной плиты содержится 1,7% связанного азота (от веса абс. сухого лигнина), а в водном экстракте — 3,2% азота (от веса абс. сухих веществ, экстрагируемых горячей водой);

Кроме того, был проведен элементарный количественный анализ лигнина из исходной древесины и из древесно-стружечной плиты с целью определения в них содержания Н и С. В лигнине исходной древесины содержится С — 62,66, Н — 6,37%; в лигнине из древесно-стружечной плиты С — 51,38, Н — 5,95%.

Были также определены значения рН водной вытяжки из исходной древесины и из древесно-стружечной плиты по ГОСТу 8540—57. В первом случае рН равно 4,53, во втором — 4,65. Содержание азота [3] в исходной смоле 17%.

Обсуждение результатов

Полученные экспериментальные данные показывают, что процесс прессования древесно-стружечных плит сопровождается существенными химическими изменениями некоторых компонентов древесины (см. табл. 1). Так, в древесине древесно-стружечной плиты по сравнению с исходной древесиной уменьшается содержание веществ, экстрагируемых эфиром и спирто-бензольной смесью, если даже учесть, что часть связующего может экстрагироваться эфиром (см. табл. 2). Можно полагать, что в изученных условиях прессования вещества, экстрагируемые эфиром и спирто-бензольной смесью, взаимодействуют со связующим. Количество веществ, экстрагируемых горячей водой из древесно-стружечных плит, значительно больше, чем из исходной древесины, но значительно меньше, чем можно было бы ожидать в том случае, если бы связующее не вступило во взаимодействие с древесиной. Если древесные стружки играют роль только инертного наполнителя, то количество веществ, извлекаемых горячей водой, должно составить примерно 12,33%, в том числе 1,33% — водорастворимых в исходной стружке, 10% — введенной карбамидной смолы и 1% — отвердителя. Фактически из древесно-стружечной плиты горячей водой извлекается всего 4,59%. Это можно также рассматривать как результат химического взаимодействия компонентов древесины (экстрагируемых горячей водой) со связующим; рН водной вытяжки изменяется незначительно.

Количество веществ, определяемых как целлюлоза, увеличивается. Однако опыты по качественному и количественному определению азота в целлюлозе показывают, что это увеличение нельзя отнести за счет непосредственного взаимодействия целлюлозы со связующим. Количество веществ, определяемых как лигнин в древесно-стружечных плитах, увеличивается. Однако опыты по качественному и количественному определению азота в целлюлозе показывают, что это увеличение нельзя отнести за счет непосредственного взаимодействия целлюлозы со связующим.

Количество веществ, определяемых как лигнин в древесно-стружечных плитах, увеличивается по сравнению с исходной древесиной, если даже часть связующего определяется как лигнин (см. табл. 2). Прямым доказательством этого служит сравнение результатов качественного и количественного определения содержания азота в лигнине из исходной древесины и в веществах, определяемых как лигнин в древесно-стружечных плитах. По данным анализов в 110 Г древесно-стружечной плиты содержится 29,2 Г абс. сухого лигнина (в пересчете на исходную древесину) и 10 Г абс. сухой мочевино-формальдегидной смолы МФ-17, введенной в исходную стружечно-клеевую смесь (без учета потерь при прессовании); причем из этих 10 Г как лигнин может определяться 0,424 Г смолы МФ-17 (см. табл. 2). В лигнине, выделенном из 110 Г древесно-стружечной плиты, содержится азота 0,5 Г, а в мочевино-формальдегидной смоле, определяемой как лигнин (табл. 2), — 0,0752 Г (на 110 Г древесно-стружечной плиты). Если допустить, что лигнин не взаимодействует со связующим, то содержание азота в веществах, определяемых как лигнин, должно составлять 0,075 Г (на 110 Г абс. сухой плиты), и весь этот азот относится только к мочевино-формальдегидной смоле МФ-17, частично определяемой как лигнин по принятой методике (см. табл. 2). Однако количество азота в лигнине, выделенном из древесно-стружечной плиты, составляет 0,5 Г (на 110 Г абс. сухой плиты), что в 6,5 раз больше, чем в случае, если бы лигнин совершенно не взаимодействовал химически со связующим.

Эти расчеты показывают, что лигнин активно взаимодействует со связующим и присутствие его в древесине играет существенную роль при прессовании древесно-стружечных плит. В настоящее время мы изучаем этот вопрос более детально.

Хотя данные качественного и количественного определения азота прямо не подтвердили химического взаимодействия целлюлозы и других компонентов древесины со связующим, однако они не дают основания утверждать, что такое взаимодействие не имеет места. Можно полагать, например, что в условиях прессования целлюлоза древесины вступает в химическое взаимодействие со связующим, образуя соединение, расщепляющееся обратно с выделением целлюлозы в условиях ее определения по принятой нами методике. Чтобы решить этот вопрос, необходимо разработать новую методику выделения веществ (определяемых как целлюлоза) из древесно-стружечных плит в более мягких условиях, исключающих возможность расщепления продуктов взаимодействия целлюлозы со связующим. Это предмет наших дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. А. Берлин. Исследования в области химии и технологии облагороженной древесины и древесных пластических масс. ГЛБИ, 1950. [2]. Гаас, Шох, Штреле. Журн. «Бумага» № 19/20, 1955. [3]. Губен-Вейль. Методы органической химии, методы анализа. ГХИ, М., 1963. [4]. А. Г. Забродкин. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 3, 1962. [5]. Б. Т. Ив и Н. А. Иссинский. Журн. «Лесохимическая промышленность» № 1—2, 1934, стр. 15—23. [6]. В. М. Никитин. Химия древесины и целлюлозы. ГЛБИ, 1960, стр. 81. [7]. А. Н. Отливанчик. Производство и применение древесно-стружечных плит. Государственное изд-во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962, стр. 183. [8]. Т. И. Руднева, С. Д. Антоновский. Руководство к практическим занятиям по химии древесины и целлюлозы. Изд. ЛТА, 1951. [9]. Н. Я. Солечник. Научные труды ЛТА. Вып. 98, 1962. [10]. Химия древесины. Под редакцией Б. Д. Богомолова, ГЛБИ, т. 2, стр. 392 и 395. [11]. R. I. Kennedy. Tarru, 45, № 9, 1962, стр. 738—741.

Поступила в редакцию
22 декабря 1964 г.

УДК 547.458.81

ВЛИЯНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА НАБУХАНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН

С. Н. ИВАНОВ

Профессор

Л. Н. ЛАПТЕВ

Инженер

(Ленинградская лесотехническая академия)

Известно, что деформация бумаги при изменении влажности вызывает серьезные трудности при дальнейшем ее использовании.

Одна из причин деформации — набухание составляющих волокон бумаги. Поэтому знание величины набухания и усадки волокон при изменении относительной влажности воздуха и факторов, влияющих на размеры набухания, имеет большое практическое и теоретическое значение.

Многочисленными методами исследования [2] установлена неоднородность структуры целлюлозы, то есть чередование в ней кристаллических (ориентированных) и аморфных (неориентированных) областей, что служит причиной образования многих тончайших капилляров в волокне. Несвязанные между собой гидроксильные группы целлюлозы на поверхности кристаллитов и в неориентированных областях действуют как сорбционные центры по отношению к молекулам воды.

При адсорбции воды волокно набухает, однако пропорциональность между количеством поглощенной влаги и изменением объема волокна (по данным Вейднера [9]) сохраняется лишь до относительной влажности около 60%; при более высокой влажности воздуха влагосодержание волокна увеличивается значительно быстрее, чем его объем (или диаметр). Это, по-видимому, объясняется [5] способностью целлюлозы поглощать влагу тонкими капиллярами с последующим набуханием волокна (абсорбция) и грубыми без изменения объема волокон (капиллярная конденсация).

В литературе имеется очень мало сведений о фактических изменениях размеров индивидуальных целлюлозных волокон (полученных методом прямого измерения под микроскопом) с изменением влажности воздуха. Так, Клайтон и Пирс, а также Коллинз [1] исследовали объемное набухание хлопковых волокон при повышении относительной влажности воздуха от 0 до 100%. Наиболее обстоятельная работа по прямому измерению набухания волокон была проделана Вейднером, исследовавшим набухание волокон сульфитной целлюлозы при изменении относительной влажности воздуха от 0 до 95%. Он изучал влияние условий варки, сушки, отбели и размола на набухание волокон и нашел, что величина набухания целлюлозного волокна при размоле

снижается. Пейдж, Тидеман и Эмери [4] показали, что усадка и набухание волокон увеличиваются с размолом, что коренным образом противоречит выводу Вейднера. Что же касается весового набухания волокон, то оно (по данным Стрэнена, Зеборга, Симондса и Бейрда [3]) повышается с размолом. Однако в этих опытах увеличение влажности волокна было очень небольшим и составляло от 0,3 до 1,0% (при 65%-ной относительной влажности воздуха) даже при сравнительно высоких степенях помола массы. Зеборг [8] отмечает более заметное увеличение влажности волокна (до 3%) в более высоких областях относительной влажности (от 65 до 100%).

Из обзора литературы видно, что вопрос о влиянии вида волокна и способа его варки на объемное набухание сухого целлюлозного волокна при изменении относительной влажности воздуха остался невыясненным, а по вопросу о влиянии размола на это набухание нет единого мнения. Поэтому представляло интерес уточнить эти вопросы и изучить влияние размола на весовое и объемное набухание волокон.

Для исследования объемного набухания волокон* мы использовали лабораторный микроскоп МС-51 с фотонасадкой. Образцы волокон готовили в виде тончайших отливок весом 10—15 г/м² на листоотливном аппарате Рапид—Кетен и размальвали в лабораторном ролле. Из полученных отливок вырезали квадратики 20 × 20 мм и после 4-дневного кондиционирования в эксикаторе с относительной влажностью воздуха 35% их фотографировали в проходящем свете (при общем увеличении снимков в 575 раз). После кондиционирования препаратов в эксикаторе с относительной влажностью 85% те же самые волокна снова фотографировали. Затем на полученных фотографиях выбирали участок волокна, равный по длине 2—3 его поперечникам, и площадь измеряли планиметром. Исходя из размера площади и пренебрегая увеличением в длине, находили средний диаметр волокна.

Мы считаем, что такая методика пригодна для изучения связи между набуханием индивидуальных волокон и деформацией бумаги, так как волокна в препарате находятся в тех же условиях, что и в листах бумаги.

Нами были испытаны хлопковая полумасса, сульфитная беленая и небеленая целлюлоза и сульфатная целлюлоза при степени размола 15, 25, 50 и 65° ШР. Химический состав исходных целлюлоз показан в табл. 1.

Таблица 1

| Волокнистый материал | Содержание, % | | |
|--------------------------------|---------------|---------|------------|
| | α-целлюлозы | лигнина | пентозанов |
| Хлопковая полумасса | 98,6 | — | — |
| Сульфитная небеленая целлюлоза | 88,0 | 1,10 | 4,00 |
| Сульфитная беленая целлюлоза | 90,9 | 0,54 | 3,35 |
| Сульфатная небеленая целлюлоза | 82,6 | 4,80 | 9,15 |

Для изучения весового набухания из тех же отливок отбирали образцы, кондиционировали при относительной влажности воздуха 35 и 85% и затем высушиванием до постоянного веса определяли их равновесную влажность. В табл. 2 показано влияние размола на весовое набухание целлюлозных волокон при изменении относительной влажности

* Здесь и далее в тексте под объемным набуханием условно принимали увеличение диаметра волокна.

Таблица 2

| Волокно | Прирост влажности (%) при степени размола, °ШР | | |
|--------------------------------|--|------|-------|
| | 15 | 25 | 50 |
| Сульфатная небеленая целлюлоза | 8,20 | 8,68 | 10,10 |
| Сульфитная небеленая целлюлоза | 7,33 | 7,59 | 7,67 |
| Сульфитная беленая целлюлоза | 7,04 | 7,91 | 8,03 |
| Хлопковая полумасса | — | 8,00 | 8,70 |

Таблица 3

| Волокно | Увеличение диаметра волокна (%) при степени размола, °ШФ | | | |
|--------------------------------|--|------|------|------|
| | 15 | 25 | 50 | 65 |
| Сульфатная небеленая целлюлоза | 2,35 | 4,45 | 3,25 | 3,10 |
| Сульфитная небеленая целлюлоза | 2,25 | 3,26 | 2,98 | — |
| Сульфитная беленая целлюлоза | 2,05 | 3,06 | 2,75 | — |
| Хлопковая полумасса | — | 4,00 | 2,45 | — |

воздуха от 35 до 85%, в табл. 3 — влияние размола на изменение диаметра волокон при таком же изменении относительной влажности воздуха.

Сопоставляя данные набухания различных видов волокон с результатами их химического анализа, можно отметить, что между содержанием гемицеллюлоз* и способностью волокна к набуханию существует следующая связь: большое содержание гемицеллюлоз обуславливает повышенную способность волокна к набуханию. Это, очевидно, объясняется большей гигроскопичностью гемицеллюлоз по сравнению с α -целлюлозой.

Особый интерес представляют данные, показывающие влияние размола на способность волокна к набуханию при изменении относительной влажности воздуха. Мы нашли, что способность волокна к объемному набуханию — более сложная функция размола, чем это следует из работ Вейднера и Пейджа. В то время как весовое набухание закономерно возрастает с увеличением размола (табл. 2), объемное увеличивается только до степени размола около 25° ШР; после чего этот показатель начинает снижаться. Чтобы объяснить эту зависимость, следует обратиться к тем изменениям, которые претерпевает волокно в процессе размола.

Как известно [6], немолотые волокна окружены жесткой первичной стенкой, которая сдерживает набухание вторичной. В наших опытах перемешивание и легкое рафинирование волокна до 15° ШР, вероятно, не могло значительно нарушить первичную стенку и поэтому она ограничивала набухание волокна. Размол до 25° ШР, по-видимому, привел к существенному разрушению первичной стенки и к большему набуханию вторичных слоев, в результате чего диаметр волокна увеличился. В этом состоянии все виды волокон показали максимальную способность к набуханию. Дальнейший размол, по-видимому, уже вызывает разрушение структуры волокна и увеличение его грубой капиллярной структуры. Эти вновь открывшиеся полости поглощают набухание от-

* О содержании гемицеллюлоз можно косвенно судить по разности между общим содержанием всех составляющих волокна и содержанием α -целлюлозы и лигнина.

дельных фибрилл, в результате чего общее объемное набухание клеточной стенки снижается. Это противоречит результатам измерения весового набухания, определяемого методами фильтрации и центрифугирования, при которых повышается удержание воды волокнистой массой по мере ее размола. Однако это происходит потому, что в весовое набухание включается и свободная вода. По существу показатель набухания, полученный этими методами, не характеризует истинного объемного набухания волокна, а скорее указывает на степень фибриллирования волокна при размолу. Такой же вывод следует из табл. 2, которая показывает, что размол вызывает увеличение весового набухания волокна, главным образом, за счет возрастания равновесной влажности при относительной влажности воздуха 85%, то есть в зоне капиллярной конденсации воды.

Таким образом, в основе различного влияния размола на весовое и объемное набухание лежит способность целлюлозы поглощать влагу тонкими капиллярами с последующим изменением размеров волокна и грубыми капиллярами без изменения размеров волокна.

Аналогичный характер изменения набухания волокна с размолом получили Ивасаки, Линдберг и Мейер [7], которые размалывали отдельные волокна ультразвуком и затем фотографировали их в воде.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Э. Валько. Коллоидно-химические основы текстильной технологии. 1949, стр. 99—100. [2]. Н. И. Никитин. Химия древесины и целлюлозы. Гл. III, изд. АН СССР, 1962. [3]. Основные представления о волокнах, применяемых в бумажной промышленности. Гослесбумиздат, 1962, стр. 259. [4]. Д. Н. Раде по книге Р. А. Tydeman, J. Emery. What we are doing. 31, 1963, стр. 8—13. [5]. А. Штамм по книге Л. Уайз и Э. Джан. Химия древесины. Гослесбумиздат, 1960. [6]. J. d'A Clark по книге E. Ott, H. Spurlin. Cellulose and Cellulose Derivatives. 1954, стр. 654. [7]. T. Iwasaki, B. Lindberg, H. Meier. Svensk Papperstidning. № 20, 1962, стр. 795—816. [8]. C. Seborg, F. Simmonds. Tappi. 21, 1938, стр. 358. [9]. J. Weidner. Paper Trade Journal № 1, 1939, стр. 24—35.

Поступила в редакцию
15 октября 1964 г.

УДК 532.72 : 668.472

**ДИФФУЗИЯ КАНИФОЛИ В БЕНЗИНОВЫХ РАСТВОРАХ,
НАХОДЯЩИХСЯ В КАПИЛЛЯРАХ ДРЕВЕСИНЫ**

Сообщение 4

**КОЭФФИЦИЕНТЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИФФУЗИИ КАНИФОЛИ
И ОЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ В БЕНЗИНЕ****Л. В. МЕНЬШИКОВА****З. С. КАЛУГИНА****И. П. СИДОРОВСКАЯ**

Научные сотрудники

(Архангельский институт леса и лесохимии)

С. Я. КОРОТОВ

Профессор, доктор технических наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

Экстракция канифоли из смолистой древесины органическими растворителями — сложный процесс, состоящий из нескольких стадий [2], [5]. Однако, если рассматривать этот процесс только с точки зрения перехода канифоли, находящейся внутри древесины, в достаточно турбулизированный раствор, находящийся вне щепы, то общую скорость экстракции определяет в основном молекулярная диффузия канифоли в капиллярах древесины, заполненных раствором. Скорость молекулярной диффузии, в свою очередь, при прочих равных условиях зависит от анатомического строения древесины. Наличие твердой фазы препятствует перемещению экстрагируемых веществ внутри древесины, причем сопротивление диффузии в процессе экстракции быстро возрастает при одновременном падении ее скорости. Принимая во внимание сложность анатомической структуры древесины, можно предположить, что основное препятствие, задерживающее процесс диффузии экстрагируемых веществ, — сопротивление, испытываемое молекулами растворенного вещества при прохождении через ультрамикроскопические отверстия мембран окаймленных и простых пор, соединяющих трахеиды древесины в единую водопроводящую систему. Кроме того, присутствие твердой фазы делает экстрагируемые вещества кинетически неравноценными [8] по местам их нахождения в капиллярах древесной щепы, в результате чего в процессе экстракции все более возрастает доля трудно экстрагируемых частиц и скорость экстракции падает. Практика показывает, что скорость экстракции меняется не только при исследовании различных образцов щепы, различных методах экстракции, различных температурах, но и в продолжении одного опыта, про-

водимого в стабильных условиях. Опытами установлено, что скорость диффузии растворенного в бензине вещества в разных образцах щепы Б, Ч и С различна [7]*. Наибольшая скорость отмечается в образцах древесины с более тонкими стенками ранних трахеид и относительно большим процентом ранней древесины. Этот факт хорошо согласуется с данными [1], свидетельствующими о том, что ранние трахеиды, обладающие наиболее тонкими стенками и наибольшим числом пор, служат основными водопроводящими элементами древесины. В этой связи большой интерес представляло проверить влияние структуры древесины на процесс диффузии на конкретных образцах щепы и сопоставить численные значения молекулярных коэффициентов диффузии канифоли и олеиновой кислоты в бензиновых растворах, находящихся в капиллярах древесины, с коэффициентами свободной молекулярной диффузии этих веществ в бензине.

Коэффициенты диффузии канифоли и олеиновой кислоты в бензиновых растворах, находящихся в капиллярах древесины, мы подсчитывали на основании следующих формул [7]:

для первого периода

$$D_n = \frac{2GL^2 \cdot U}{C_n^2 \cdot V_n^2};$$

для второго периода

$$D_n = \frac{L^2 \cdot V \cdot U}{2[VG_n - G(V + V_n)]},$$

- где D_n — коэффициент диффузии в порах, $см^2/сек$;
 G — количество смолистых веществ, извлеченных из 100 г абс. сухой обессмоленной щепы, г;
 G_n — начальное количество смолистых веществ, содержащихся в 100 г абс. сухой обессмоленной щепы, г;
 $U = \frac{dG}{d\tau}$ — скорость диффузии, измеряемая как тангенс угла касательной, проведенной к точке G , лежащей на кривой $G = f(\tau)$;
 V — объем раствора на 100 г абс. сухой обессмоленной щепы, $см^3$;
 V_n — объем пор в 100 г абс. сухой обессмоленной щепы, $см^3$;
 L — средняя условная длина поры, $см$.

Напоминаем, что при выводе формул для D_n было использовано общее уравнение диффузии

$$dG = -D_n f \frac{dC}{dl} d\tau;$$

$$-\frac{dc}{dl} = \frac{C_1 - C_2}{l},$$

- где C_1 — концентрация раствора в щепе (наибольшая), $г/см^3$;
 C_2 — концентрация раствора вне щепы, $г/см^3$;
 l — длина поры, на которой меняется концентрация раствора, $см$;
 тогда

$$dG = D_n \cdot f \cdot \frac{C_1 - C_2}{l} d\tau.$$

* Б, Ч и С — условные обозначения образцов щепы, полученных из пневого осколка, заготовленного с вырубков трех различных типов сосняков — брусничника, черничника, осоко-сфагнового.

При этом считали, что процесс диффузии во времени распадается на два периода: первый — когда максимальная концентрация бензинового раствора канифоли внутри щепы постоянна ($C_1 = C_n$), а меняется длина капилляров, на которой происходит изменение концентрации раствора (l изменяется от 0 до L), и второй — когда длина капилляров постоянна ($l = L$), а меняется максимальная концентрация раствора внутри щепы, то есть C_1 убывает от C_n до $C_1 = C_2$. Кроме того, было сделано допущение, что концентрация в порах меняется по закону прямой линии [7]. Опыты по определению скорости диффузии канифоли в бензине, находящемся в порах древесины, были проведены по ранее принятой нами методике [7]. Методика проведения опытов с олеиновой кислотой была такая же. Цель этих опытов — подтверждение общности законов диффузии в порах древесины для различных веществ.

Численные значения коэффициентов диффузии, подсчитанные по вышеприведенным формулам для различных по размеру и анатомическому строению образцов щепы (при температуре 20°С), приведены в табл. 1 (для канифоли) и в табл. 2 (для олеиновой кислоты).

Таблица 1*

| Образец щепы | Коэффициент диффузии, $D \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{сек}$ | |
|--------------|---|-----------------|
| | начало I периода | конец I периода |
| Б-5 мм | 0,19—0,22 | 0,0? |
| Б-10 " | 0,15—0,28 | 0,01—0,03 |
| Б-15 " | 0,31—0,38 | 0,06—0,09 |
| Ч-5 " | 0,27 | 0,06 |
| Ч-10 " | 0,22—0,29 | 0,04—0,05 |
| Ч-15 " | 0,45 | 0,05 |
| С-5 " | 0,13 | 0,02 |
| С-10 " | 0,27 | 0,03 |
| С-15 " | 0,12—0,47 | 0,03—0,08 |

Таблица 2

| Образец щепы | Коэффициент диффузии, $D \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{сек}$ | | |
|--------------|---|-----------------|-------------------|
| | начало I периода | конец I периода | начало II периода |
| Б-5 мм | 0,21—0,41 | 0,11 | 0,03—0,04 |
| Б-10 " | 0,40 | 0,10 | 0,06 |
| Б-15 " | 0,57 | 0,09—0,14 | 0,03—0,11 |
| Ч-5 " | 0,41 | 0,15 | 0,04 |
| Ч-10 " | 0,73 | 0,19 | 0,13 |
| Ч-15 " | 0,81 | 0,10 | 0,07 |
| С-5 " | 0,36 | 0,15 | 0,07 |
| С-10 " | 0,57 | 0,14 | 0,07 |
| С-15 " | 0,55 | 0,06 | 0,05 |

* За начало опыта (I период) принимали время заливки экстрагента в реакционный сосуд, содержащий навеску щепы, пропитанную бензиновым раствором канифоли. Границу конца первого и начала второго периодов устанавливали по концентрации раствора, вычисленной по формуле

$$C_{кр} = \frac{C_n V_n}{V_n + 2V}$$

Конец II периода ограничивали величинами D , вычисленными для точек на кривых извлечения $G = f(\tau)$, в которых практически еще возможно было определить тангенс угла наклона касательной, то есть подсчитать скорость извлечения.

Из табл. 1 видно, что скорость диффузии канифоли в бензиновом растворе в порах древесины к концу опыта уменьшается в 5—10 раз против первоначальной величины, что подтверждает сильное тормозящее влияние твердой фазы древесины на процесс экстракции. Полученные расчетным путем численные значения коэффициента диффузии канифоли согласуются с опытными данными Л. В. Голикова и В. Н. Козлова [3], которые, экстрагируя смолистые вещества из брусков пневного осмолы бензином, получили величину коэффициента диффузии, равную $0,3-0,8 \text{ см}^2/\text{сутки}$ ($0,35-0,92 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{сек}$).

В опытах с олеиновой кислотой (табл. 2) также наблюдается уменьшение скорости диффузии к концу процесса в 5—10 раз. Для сравнения полученных численных значений коэффициентов диффузии канифоли и олеиновой кислоты в бензине в порах древесины с коэффициентами свободной молекулярной диффузии этих веществ в бензин была проведена серия опытов по определению коэффициентов свободной диффузии канифоли и олеиновой кислоты в бензине марки БР-2. Для этого был использован аналитический метод деления на слои Стефана-Кавальки [4]. Экспериментальный принцип этого метода состоит в следующем: в сосуд помещают один на другой слой раствора высотой h и слой растворителя высотой $3h$, затем предоставляют диффузии протекать по возможности в стабильных условиях и через некоторое время аналитическим путем определяют концентрации вещества на различных высотах. За неимением специально оборудованной термостатической комнаты опыты проводили в помещении лаборатории, где отклонения температуры воздуха в течение опыта были не более $\pm 1-1,5^\circ \text{C}$. В таких случаях не рекомендуется использовать термостаты, так как небольшие, но быстрые колебания температуры нарушают течение диффузии в большей степени, чем значительные, но медленные [4]. Во избежание сотрясений и облучения прибора последний был помещен на кронштейн (установленный на капитальной стене здания) и защищен картонными экранами. Для опытов использовали прибор типа Эгольма [6], сконструированный из делительной воронки, предварительно проградуированной на 100 см^3 . Верхнюю часть прибора закрывали пробкой с вставленными в нее воронкой с длинным концом (для заливания исследуемого раствора) и обычной воронкой (для заливания бензина). Для получения ровной и гладкой поверхности нижнюю конусную часть прибора заполняли ртутью. В прибор заливали 45 мл бензина, а затем медленно (в течение $30-40 \text{ мин}$) под бензин спускали 15 мл исследуемого раствора так, чтобы при этом образовалась четкая граница между раствором и растворителем. Прибор оставляли в полном покое на $30-45 \text{ час}$. По окончании опыта через нижний кран прибора медленно спускали ртуть, затем порциями по 15 мл спускали раствор. Продолжительность спуска растворов составляла $1 \text{ час } 25 \text{ мин} - 1 \text{ час } 30 \text{ мин}$. В полученных четырех порциях раствора определяли концентрации канифоли (или олеиновой кислоты) титрованием $0,5 \text{ н}$. спиртовым раствором КОН.

Из экспериментально найденного распределения концентраций, пользуясь таблицами Кавальки, отыскивали величину x , функционально связанную с D следующим уравнением:

$$x = \frac{h^2}{4D \cdot t},$$

где h — высота каждого слоя в сосуде, см ;

t — время диффузии, сек ;

D — коэффициент диффузии, $\text{см}^2/\text{сек}$.

Зная величины x , h , t , вычисляли D .

С целью установления влияния концентрации исследуемых растворов на величину коэффициентов диффузии в качестве исходных в опытах использовали растворы канифоли в бензине следующих концентраций: 64,1—65,3 Г/л; 134 Г/л; 261,1—262,3 Г/л и растворы олеиновой кислоты концентрации 122,7 Г/л. Кроме того, был определен коэффициент диффузии неразбавленной олеиновой кислоты.

В табл. 3 представлены результаты определения коэффициентов свободной молекулярной диффузии канифоли, в табл. 4 — олеиновой кислоты в бензине.

Таблица 3

| № опыта | Концентрация бензиновых растворов смолы, Г/л | Колебания температур в процессе всего опыта, °С | Продолжительность опыта, час | Слой | Распределение концентраций | | $\frac{h^2}{4Dt}$ по таблице Кавальки для отдельных слоев | Коэффициент диффузии | |
|---------|--|---|------------------------------|------|--------------------------------------|------------------------------------|--|---|------------------------|
| | | | | | из опыта, % от исходной концентрации | в пересчете условно на сумму 10000 | | $D \cdot 10^{-5}$ см ² /сек | см ² /сутки |
| 1 | 64,1 | 18—19,5 | 26,0 | I | 0,19 | 18 | 0,774 | 0,71 | 0,61 |
| | | | | II | 3,84 | 350 | 0,831 | | |
| | | | | III | 29,73 | 2707 | 0,845 | | |
| | | | | IV | 76,05 | 6925 | 0,836 | | |
| 2 | 64,1 | 16,5—19,5 | 45,2 | I | 0,38 | 41 | 0,622 | 0,58 | 0,50 |
| | | | | II | 5,35 | 568 | 0,14 | | |
| | | | | III | 29,11 | 3083 | 0,491 | | |
| | | | | IV | 59,57 | 6308 | 0,567 | | |
| 3 | 65,3 | 20—21 | 38,9 | I | 0,84 | 37 | 0,500 | 0,65 | 0,56 |
| | | | | II | 8,01 | 818 | 0,463 | | |
| | | | | III | 27,83 | 2838 | 0,097 | | |
| | | | | IV | 61,36 | 6257 | 0,551 | | |
| 4 | 134,1 | 18—21 | 28,0 | I | 0,09 | 11 | 0,881 | 0,57 | 0,49 |
| | | | | II | 4,46 | 466 | 0,701 | | |
| | | | | III | 25,18 | 2643 | 0,062 | | |
| | | | | IV | 65,58 | 6880 | 0,811 | | |
| 5 | 134,1 | 17—19,5 | 40,2 | I | 1,83 | 170 | 0,397 | 0,79 | 0,68 |
| | | | | II | 10,90 | 1015 | 0,379 | | |
| | | | | III | 32,41 | 3018 | 0,136 | | |
| | | | | IV | 62,27 | 5797 | 0,422 | | |
| 6 | 134,1 | 19,2—21 | 41,8 | I | 2,56 | 242 | 0,345 | 0,84 | 0,73 |
| | | | | II | 10,71 | 1012 | 0,380 | | |
| | | | | III | 33,91 | 3209 | 0,347 | | |
| | | | | IV | 58,02 | 5537 | 0,367 | | |
| 7 | 261,1 | 17,6—19,5 | 32,0 | I | 1,10 | 105 | 0,465 | 0,77 | 0,66 |
| | | | | II | 8,42 | 763 | 0,490 | | |
| | | | | III | 30,53 | 2766 | 0,084 | | |
| | | | | IV | 70,24 | 6366 | 0,586 | | |
| 8 | 262,4 | 18—20 | 45,0 | I | 2,64 | 244 | 0,343 | 0,67 | 0,58 |
| | | | | II | 9,14 | 845 | 0,447 | | |
| | | | | III | 33,88 | 3131 | 0,461 | | |
| | | | | IV | 62,56 | 5780 | 0,431 | | |
| 9 | 262,4 | 18,0—20,2 | 45,9 | I | 2,28 | 206 | 0,360 | 0,59 | 0,51 |
| | | | | II | 8,98 | 812 | 0,452 | | |
| | | | | III | 32,75 | 2959 | 0,509 | | |
| | | | | IV | 66,67 | 6023 | 0,544 | | |

Порядок величин молекулярных коэффициентов диффузии канифоли и олеиновой кислоты в бензине равен 10^{-5} см²/сек, то есть скорость свободной диффузии канифоли и олеиновой кислоты в бензине по порядку величин равна скорости диффузии их в начале процесса в древесине. К концу первого периода процесса скорость диффузии уменьшается в 5—10 раз.

Таблица 4

| № опыта | Концентрация бензиновых растворов олеиновой кислоты, Г/л | Колебания температур во время опыта, °С | Продолжительность опыта, час | Слои | Распределение концентраций | | $\frac{h^2}{4Dt}$ по таблице Кавальки для отдельных слоев | Коэффициент диффузии | |
|---------|--|---|------------------------------|------|------------------------------------|----------------------------|---|--|------------------------|
| | | | | | из опыта, от исходной концентрации | в пересчете на сумму 10000 | | $D \cdot 10^{-5}$ см ² /сек | см ² /сутки |
| 10 | Концентрированная олеиновая кислота | 20,9—21,3 | 32 | I | 0,93 | 100 | 0,478 | 0,68 | 0,59 |
| | | | | II | 5,28 | 558 | 0,621 | | |
| | | | | III | 26,60 | 2816 | 0,093 | | |
| | | | | IV | 61,63 | 6526 | 0,647 | | |
| 11 | 122,2 | 20,5—21,5 | 30 | I | 1,10 | 118 | 0,452 | 0,93 | 0,80 |
| | | | | II | 7,48 | 745 | 0,500 | | |
| | | | | III | 31,45 | 3153 | 0,423 | | |
| | | | | IV | 59,70 | 5984 | 0,469 | | |
| 12 | 122,8 | 20,0—21,0 | 43 | I | 3,41 | 333 | 0,336 | 0,90 | 0,78 |
| | | | | II | 10,79 | 1051 | 0,314 | | |
| | | | | III | 33,72 | 3 84 | 0,360 | | |
| | | | | IV | 54,76 | 5332 | 0,301 | | |

Из табл. 3 видно, что с изменением концентраций исходных растворов канифоли коэффициенты свободной молекулярной диффузии ее в бензин изменяются незначительно. Для олеиновой кислоты (табл. 4) наблюдается увеличение численных значений коэффициента диффузии с уменьшением концентрации ее.

Зависимость коэффициентов диффузии от градиента концентрации в порах древесины для канифоли представлена на рис. 1, для олеиновой кислоты — на рис. 2. Из рисунков видно, что эта зависимость несомненна, но является сложной, неоднозначной и выражается пучком кривых линий. Максимальные значения коэффициентов диффузии в порах приближаются к коэффициентам свободной молекулярной диффузии, значения которых также нанесены на этих рисунках.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. И. Ванин. Древесиноведение. 1940. [2]. Л. В. Голиков, В. Н. Козлов. ИВУЗ «Лесной журнал» № 3, 1961. [3]. Л. В. Голиков, В. Н. Козлов. Труды института УФАН. Сб. 4, 1961. [4]. Ж. Дюкло. Диффузия в жидкостях, 1939. [5]. С. Я. Коротов. Труды ВЗЛТИ № 3, 1958. [6]. С. М. Липатов. Физико-химия коллоидов. 1948. [7]. Л. В. Меньшикова, З. С. Калугина, И. П. Сидоровская, Н. А. Андрианов, С. Я. Коротов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1962.

Поступила в редакцию
3 февраля 1965 г.

УДК 634.0.864.

ДЕЛИГНИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДОМ**Сообщение 2****О. П. АЛЕКСЕЕВА**

Аспирант

Б. Д. БОГОМОЛОВ

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт, Проблемная лаборатория)

Делигнификация древесины с помощью органических растворителей, несмотря на ряд неудачных попыток получить высококачественную целлюлозу, продолжает привлекать внимание исследователей [4], [5], [6], [7]. Анализ литературных данных, а также проведенные нами предварительные исследования показали, что метод получения целлюлозы варкой древесины с диметилсульфоксидом представляет определенный интерес.

Экспериментальная часть

Мы исследовали влияние на степень делигнификации еловой древесины таких факторов, как характер и концентрация катализатора, время и температура варки, различное содержание воды в диметилсульфоксиде. Степень делигнификации древесины определяли по выходу массы после варки и содержанию лигнина в ней. Воздействие условий варки на целлюлозу характеризовали медными числами. Для варок использовали еловую древесину в виде опилок размером 3—5 мм. Химический состав древесины приведен в первом сообщении [1]. Варки были проведены на масляной бане в стеклянных колбах емкостью 100 см³ с обратным холодильником. Одновременно в баню помещали четыре колбы. При необходимости вести варку при температуре, превышающей температуру кипения варочного щелока, применяли качающийся автоклав с электрообогревом. На каждую варку загружали 5 г опилок (в расчете на абс. сухой вес). Опилки заливали варочным раствором следующего состава: 95% диметилсульфоксида, 5% воды (с учетом влаги древесины) и вводили катализатор; модуль раствора 1 : 10. Температура кипения раствора такого состава в начале варки 158 и в конце — 153° С. Снижение температуры кипения происходит в результате разбавления диметилсульфоксида водой за счет диффузии влаги опилок в раствор. Продолжительность варок 1, 2, 3 и 4 час, время нагрева до температуры кипения 1 час.

Сваренную массу отжимали на фарфоровой воронке и промывали сначала диметилсульфоксидом (во избежание осаждения лигнина на

волокон), а затем водой. Чтобы уменьшить расход диметилсульфоксида, производили комбинированную промывку: сначала небольшим количеством диметилсульфоксида, затем водой, а для удаления осевшего при этом на волокнах лигнина целлюлозную массу обрабатывали 0,1 н. раствором NaOH и быстро промывали теплой водой до нейтральной реакции. Лигнин, осевший на волокнах во время первой промывки массы водой, растворяли в слабой щелочи (такую промывку применял В. С. Громов [2] при гидротропной варке).

Непровар отделяли промывкой массы под краном и на ситах с диаметрами отверстий 1 и 0,1 мм. Обработанную массу сушили и анализировали.

| № варок | Катализатор | Концентрация катализатора в растворе, % | Условия варки | | Выход массы, % |
|---------|--------------------|---|------------------------|-----------------|----------------|
| | | | продолжительность, час | температура, °С | |
| 1 | Соляная кислота | 0,4 | 3 | 158 | 39,2 |
| 2 | Серная кислота | 0,4 | 3 | 158 | 38,6 |
| 3 | Фосфорная кислота | 0,4 | 3 | 158 | 89,6 |
| 4 | " | 1 | 3 | 158 | 83,2 |
| 5 | Уксусная кислота | 1 | 3 | 158 | 47,8 |
| 6 | Хлористый алюминий | 5 | 3 | 158 | — |
| 7 | " | 1 | 1 | 158 | 55,3 |
| 8 | Хлористый аммоний | 5 | 3 | 158 | — |
| 9 | " | 1 | 1 | 158 | 54,7 |
| 10 | Хлористый цинк | 5 | 3 | 158 | 79,68 |
| 10, а | Едкий натр | 2 | 3 | 158 | 63,2 |

Выбор катализатора. Роль его при делигнификации древесины органическими растворителями заключается в гидролитическом расщеплении химических связей между лигнином и углеводами. Результаты варок с различными катализаторами приведены в табл. 1.

Наиболее эффективные катализаторы — серная и соляная кислоты, в присутствии которых растворилось 94—97% всего лигнина. Однако неорганические кислоты, кроме расщепления связей между компонентами древесины, оказывают гидролитическое действие и на целлюлозу, что нежелательно.

Судя по медным числам целлюлоз, полученных при варках № 1 и 2, более сильное гидролитическое действие оказывает соляная кислота, что согласуется с ее наиболее высокой каталитической активностью в реакции гидролиза целлюлозы [3].

При расщеплении лигнин-углеводных связей древесины в растворе диметилсульфоксида наиболее активна серная кислота, так как в ее присутствии делигнификация протекает полнее. Фосфорная и уксусная кислоты оказывают слабое каталитическое действие. Использование солей и щелочей также неэффективно. В присутствии хлористого алюминия и хлористого аммония углеводы гидролизуются и растворяются быстрее, чем лигнин. На основании проведенных опытов в последующих варках в качестве катализатора применяли серную кислоту.

Влияние концентрации катализатора и времени варки. Концентрация катализатора — один из наиболее существенных факторов делигнификации и качества полученной массы. Для варок использовали растворы диметилсульфоксида с содержанием серной кислоты 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 и 0,5% от веса раствора. Для сравнения проводили варки без катализатора.

Условия и результаты варок еловых опилок с этими растворами приведены в табл. 2. В варках без катализатора делигнификация протекает очень медленно: в условиях опыта за 3 час в раствор переходит всего лишь 5% лигнина и 5% углеводов от веса древесины. Добавка к диметилсульфоксиду 0,1% серной кислоты резко повышает растворимость как лигнина, так и углеводов. Повышение концентрации катализатора выше 0,2% оказывает менее заметное влияние на растворимость углеводов и лигнина.

При концентрациях катализатора, не превышающих 0,4%, медные числа целлюлозы остаются низкими (в пределах 0,3—0,6), а с увеличением концентрации до 0,5% медные числа резко возрастают (до 2—3).

Таблица 1

| Содержание лигнина в массе, % | Растворилось лигнина, % | | Примечания |
|-------------------------------|-------------------------|---|---|
| | от веса древесины | от первоначального содержания лигнина в древесине | |
| 4,78 | 28,0 | 94,2 | Медное число целлюлозы 0,52 Медное число 0,3 |
| 2,05 | 29,0 | 97,5 | |
| 28,8 | 4,0 | 13,5 | Древесина превратилась в черную жидкую массу Масса в виде черных опилок Черная жидкая масса Масса в виде черных опилок |
| 29,1 | 5,75 | 19,4 | |
| 29,3 | 1,25 | 4,2 | |
| — | — | — | |
| 27,9 | 16,5 | 48,8 | |
| — | — | — | |
| 25,9 | 15,8 | 53,0 | |
| 28,2 | 7,5 | 25,3 | |
| 16,8 | 19,0 | 64,2 | |

Таблица 2

| № варок | Концентрация H ₂ SO ₄ в варочном растворе, % | рН варочного раствора | | Время варки, час | Выход массы, % | Количество непровара, % | Медное число | Содержание лигнина в массе, % | Растворилось лигнина, % | | Растворилось углеводов от веса древесины,* % |
|---------|--|-----------------------|-------------|------------------|----------------|-------------------------|--------------|-------------------------------|-------------------------|---|--|
| | | до варки | после варки | | | | | | от веса древесины | от исходного содержания лигнина в древесине | |
| 11 | 0 | 7,2 | 6,1 | 1 | 92,5 | 100 | — | 30,0 | 2,0 | 6,8 | 5,5 |
| 12 | 0 | 7,2 | 6,1 | 2 | 91 | 100 | — | 28,1 | 4,25 | 14,3 | 4,75 |
| 13 | 0 | 7,2 | 6,1 | 3 | 90 | 100 | — | 27,7 | 5,0 | 16,9 | 5,0 |
| 14 | 0,1 | 2,8 | 3,8 | 1 | 67,5 | 100 | — | 30,9 | 9,0 | 30,3 | 23,5 |
| 15 | 0,1 | 2,8 | 3,9 | 2 | 57,5 | 100 | — | 22,0 | 17,2 | 58,0 | 25,3 |
| 16 | 0,1 | 2,8 | 4,1 | 3 | 49,1 | 100 | — | 15,5 | 22,2 | 74,0 | 28,7 |
| 17 | 0,1 | 2,8 | 4,0 | 4 | 43,8 | 61 | — | 10,2 | 25,2 | 85,0 | 31,0 |
| 18 | 0,2 | 2,6 | 2,9 | 1 | 46,2 | 8,7 | 0,38 | 9,2 | 25,5 | 88,7 | 28,3 |
| 19 | 0,2 | 2,6 | 2,8 | 2 | 42,1 | 2,4 | 0,45 | 4,9 | 27,7 | 93,1 | 30,2 |
| 20 | 0,2 | 2,6 | 2,84 | 3 | 41,1 | 1,8 | 0,48 | 3,8 | 28,2 | 94,8 | 30,7 |
| 21 | 0,2 | 2,6 | 2,85 | 4 | 40,8 | 1,5 | 0,48 | 3,6 | 28,3 | 95,0 | 30,9 |
| 22 | 0,3 | 2,45 | 2,62 | 1 | 44,0 | 5,8 | 0,40 | 4,6 | 27,8 | 93,2 | 28,2 |
| 23 | 0,3 | 2,45 | 2,65 | 2 | 40,6 | 2,1 | 0,45 | 2,9 | 28,6 | 96,1 | 30,8 |
| 24 | 0,3 | 2,45 | 2,63 | 3 | 39,0 | 0,9 | 0,49 | 1,9 | 29,0 | 97,5 | 32,0 |
| 25 | 0,3 | 2,45 | 2,66 | 4 | 38,4 | 0,5 | 0,51 | 1,61 | 29,14 | 97,9 | 32,4 |
| 26 | 0,4 | 2,25 | 2,45 | 1 | 40,5 | 1,9 | 0,48 | 4,2 | 27,9 | 93,4 | 31,6 |
| 27 | 0,4 | 2,25 | 2,43 | 2 | 39,6 | 1,4 | 0,54 | 2,1 | 28,9 | 97,2 | 31,5 |
| 28 | 0,4 | 2,25 | 2,44 | 3 | 38,0 | 0,6 | 0,58 | 1,52 | 29,2 | 98,1 | 32,8 |
| 29 | 0,4 | 2,25 | 2,45 | 4 | 37,5 | 0,3 | 0,66 | 1,40 | 29,33 | 98,25 | 33,27 |
| 30 | 0,5 | 2,05 | 2,26 | 1 | 40,0 | 0 | 1,0 | 2,80 | 28,63 | 96,3 | 31,37 |
| 31 | 0,5 | 2,05 | 2,3 | 2 | 38,75 | 0 | 2,1 | 1,30 | 29,3 | 98,4 | 31,95 |
| 32 | 0,5 | 2,05 | 2,3 | 3 | 37,5 | 0 | 3,37 | 1,1 | 29,34 | 99,05 | 33,16 |
| 33 | 0,5 | 2,05 | 2,32 | 4 | 37,0 | 0 | 3,5 | 0,7 | 29,5 | 99,2 | 33,5 |

* Включая экстрактивные вещества.

Как видно из таблицы, для делигнификации еловых опилок диметилсульфоксидом достаточно концентрация катализатора 0,2% и время варки 2 час (при 158° С).

Влияние температуры варки и концентрации диметилсульфоксида в варочном растворе. Зависимость степени делигнификации от температуры показана в табл. 3.

Таблица 3

| № варок | Условия варки | | рН варочного раствора | Выход массы, % | Медное число, % | Содержание лигнина в массе, % | Растворилось лигнина, % | | Растворилось углеводов от веса древесины, % |
|---------|-----------------|------------------------|-----------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------|---|---|
| | температура, °С | продолжительность, час | | | | | от веса древесины | от исходного содержания лигнина в древесине | |
| 34 | 130 | 1 | 2,8 | 75,2 | — | 32,3 | 5,6 | 18,8 | 19,2 |
| 35 | 130 | 2 | 2,8 | 71,2 | — | 32,0 | 7,2 | 24,2 | 21,6 |
| 36 | 130 | 3 | 2,8 | 62,0 | — | 27,4 | 13,0 | 41,6 | 25,0 |
| 37 | 140 | 1 | 2,8 | 70,4 | — | 31,5 | 7,8 | 26,2 | 21,8 |
| 38 | 140 | 2 | 2,8 | 66,4 | — | 28,8 | 10,6 | 35,6 | 23,0 |
| 39 | 140 | 3 | 2,8 | 61,7 | — | 24,0 | 15,4 | 51,7 | 22,9 |
| 40 | 150 | 1 | 2,8 | 67,3 | — | 30,26 | 9,4 | 31,6 | 23,3 |
| 41 | 150 | 2 | 2,8 | 60,2 | — | 16,8 | 19,8 | 66,5 | 20,0 |
| 42 | 150 | 3 | 2,8 | 58,4 | — | 13,8 | 21,8 | 73,2 | 19,8 |
| 43 | 158 | 1 | 2,8 | 46,2 | 0,38 | 9,2 | 25,6 | 86,0 | 29,2 |
| 44 | 158 | 2 | 2,8 | 42,1 | 0,45 | 4,9 | 27,6 | 93,3 | 30,1 |
| 45 | 158 | 3 | 2,8 | 41,1 | 0,48 | 3,8 | 28,2 | 94,7 | 30,7 |
| 46 | 170 | 1 | 2,8 | 37,8 | 2,5 | 1,03 | 29,4 | 98,7 | 32,8 |

Из таблицы видно, что при температуре ниже 158° С в массе остается много лигнина, при 170° С резко усиливается деструкция целлюлозы, поэтому оптимальной является температура 158—160° С. С увеличением содержания воды в смеси диметилсульфоксид — вода

Таблица 4

| № варок | Состав варочного раствора, % | | | рН варочного раствора | Выход массы, % | Медное число | Содержание лигнина в массе, % | Растворилось лигнина, % | |
|---------|------------------------------|------|-----------------------------------|-----------------------|----------------|--------------|-------------------------------|-------------------------|---|
| | ДМСО | вода | серная кислота (от веса раствора) | | | | | от веса древесины | от исходного содержания лигнина в древесине |
| 47 | 100 | 0 | 0,2 | 2,85 | 42,5 | — | 12,45 | 24,6 | 82,9 |
| 48 | 95 | 5 | 0,2 | 2,8 | 41,9 | — | 5,4 | 27,6 | 86,8 |
| 49 | 90 | 10 | 0,2 | 2,8 | 41,8 | — | 4,4 | 28,0 | 94,0 |
| 50 | 85 | 15 | 0,2 | 2,8 | 41,8 | 0,47 | 3,4 | 28,4 | 95,4 |
| 51 | 80 | 20 | 0,2 | 2,8 | 42,8 | 0,52 | 5,6 | 27,4 | 92,0 |
| 52 | 75 | 25 | 0,2 | 2,8 | 43,0 | 0,71 | 6,4 | 27,2 | 90,8 |
| 53 | 70 | 30 | 0,2 | 2,8 | 44,2 | 2,4 | 12,8 | 24,2 | 81,3 |
| 54 | 65 | 35 | 0,2 | 2,75 | 45,6 | — | 13,9 | 23,6 | 79,2 |
| 55 | 60 | 40 | 0,2 | 2,75 | 47,4 | — | 14,9 | 22,8 | 76,6 |
| 56 | 55 | 45 | 0,2 | 2,75 | 47,8 | — | 19,6 | 20,6 | 69,2 |
| 57 | 50 | 50 | 0,2 | 2,70 | 48,2 | — | 21,5 | 20,2 | 67,8 |

температура кипения смеси понижается. Так, варочный раствор, содержащий 90% диметилсульфоксида, 10% воды и 0,2% серной кислоты, кипит при температуре 145° С. Масса, полученная варкой с этим раствором в течение 2 час, содержала 19% лигнина. Очевидно, такая степень делигнификации явно недостаточна. Последующие варки в растворах с концентрацией диметилсульфоксида ниже 95% были проведены в автоклаве при температуре 160° С. Продолжительность варки 2 час. Количество воды в растворе варьировало от 0 до 50%. Результаты варок представлены в табл. 4. В варке с безводным диметилсульфоксидом использовали опилки, высушенные в вакууме до постоянного веса. Полученная при такой варке масса содержала большое количество лигнина (12,45%). Видимо, серная кислота в безводной среде оказывает недостаточное гидролитическое действие. Добавка небольшого количества воды в диметилсульфоксид резко повышает интенсивность делигнификации. Выход массы и содержание лигнина в ней проходят через минимум при концентрации диметилсульфоксида 85%. Резкое увеличение остаточного лигнина в массе наступает при концентрации ДМСО 70% и ниже, причем медное число получаемой целлюлозы при этой концентрации ДМСО также резко возрастает. Следовательно, на основании анализа экспериментальных данных можно сделать вывод, что для делигнификации еловой древесины пригодны растворы с концентрацией диметилсульфоксида 75—95%, содержащие 0,2% серной кислоты. Оптимальная температура варки 160°.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Богомолов, О. П. Алексеева. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1962. [2]. В. С. Громов, П. Н. Одинцов. Труды Института лесохозяйственных проблем и химии древесины АН Латвийской ССР. XVII, 1959. [3]. В. И. Шарков. Гидролизное производство. М.—Л., 1950. [4]. K. Ferman, P. Wott. Канадский патент № 559407, 24. 06. 58. [5]. B. Grondal, P. Zenczak. Американский патент № 2772968, 4. 12. 56. [6]. S. Hossain. Канадский патент № 2901389, 10.06.57. [7]. A. L. Waligora. Польский патент № 45488, 21.02.62.

Поступила в редакцию
12 февраля 1965 г.

УДК 634.0.813.11

**РЕАКЦИЯ АЗОСОЧЕТАНИЯ СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА
С ДИАЗОТИРОВАННЫМИ НИТРОАНИЛИНАМИ
И СУЛЬФАНИЛОВОЙ КИСЛОТОЙ**

Сообщение 3

Т. М. КРОШИЛОВА

Аспирант

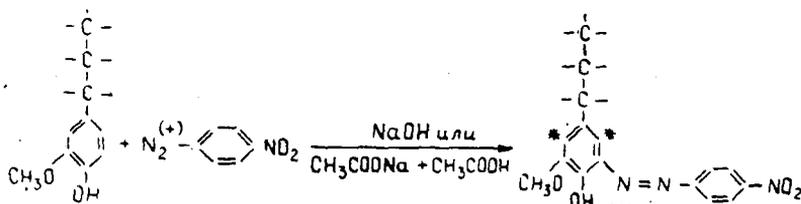
В. М. НИКИТИН

Профессор, доктор химических наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

Экспериментальная часть

1. Реакция азосочетания с диазотированными пара- и мета-нитроанилинами. Для приготовления солей диазония были использованы пара-нитроанилин с температурой плавления 146° С и мета-нитроанилин с температурой плавления 113° С. Оба вещества представляют собой желтые мелкокристаллические порошки. Диазотирование нитроанилинов проводили по методике, принятой в химии азокрасителей [5]. Для проведения сочетания навеску лигнина растворяли в 1 н. щелочи (рН > 14), 10%-ном растворе бикарбоната (рН = 8,5) и 20%-ном растворе ацетата натрия в уксусной кислоте (рН = 4,7) с таким расчетом, чтобы после добавления кислого раствора солей диазония среда оставалась щелочной. Сильнощелочной среды при сочетании с пара- и мета-нитроанилинами следует избегать, так как они менее стойки, чем другие соли диазония, и легко переходят в неактивную форму. Для стабилизации диазорастворов применяли гипосульфит натрия. Реакцию проводили при охлаждении от 0 до +5° С. Предполагаемая схема реакции



(* — места возможной реакции арилирования).

Продукты реакции осаждали соляной кислотой, промывали водой, эфиром и высушивали в вакууме при 60° С.

Результаты анализов приведены в табл. 1.

Таблица 1

| № опыта | Вещество | Соотношение молей лигнина и соли диазония | рН | Выход, % от исходного лигнина | Содержание азота, % | Содержание OCH_3 , % | |
|---------|-----------------------|---|-----|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|--------------|
| | | | | | | найденное | рассчитанное |
| 1 | <i>p</i> -нитроанилин | 1:1 | 8,5 | 132 | 4,09 | 9,87 | 9,41 |
| 2 | " | 1:3 | 8,5 | 132 | 4,17 | 9,04 | 9,35 |
| 3 | " | 1:3 | 14 | 121 | 4,49 | 7,9 | 9,22 |
| 4 | " | 1:3 | 4,7 | 124 | 3,23 | 9,74 | 9,81 |
| 5 | <i>m</i> -нитроанилин | 1:3 | 14 | 166 | 5,97 | 6,84 | 8,68 |

* Метоксильные группы определяли по способу Фибека и Шваппаха.

Из полученных данных видно, что при низких значениях рН содержание азота в продуктах сочетания понижено по сравнению с опытами 3 и 5 (в растворе щелочи). В опытах 1, 2 и 4 содержание азота приблизительно соответствует $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ теоретически рассчитанного количества для 1 моля соли диазония (10,55%), если молекулярный вес полученного продукта принять условно равным 398. В опытах 3 и 5, где среда сильно щелочная, количество азота увеличивается, но, вероятно, не за счет азогрупп, а за счет нитрогрупп, появляющихся в результате реакции арилирования. Известно [13], что к этой реакции наиболее способны орто- и мета-замещенные анилина. Очевидно именно поэтому производное с мета-нитроанилином, полученным в сильно щелочной среде, дало содержание азота 5,97%, а в случае с пара-нитроанилином — только 4,49%.

Как было показано ранее на примере диазоантралиновой кислоты [3], при рН = 8,5 идет только реакция азосочетания с образованием красителя. Следовательно, для нитроанилинов можно принять, что при такой реакции общее количество азота, принадлежащего азо- и нитрогруппам, равно 4,17% (опыт 2). Такое количество азота соответствует 0,395 моля присоединившейся соли диазония, а максимальное количество азота 5,97% (опыт 5) соответствует 0,566 моля соли диазония. Таким образом, в результате реакции арилирования с диазотированным мета-нитроанилином присоединилось $0,566 - 0,395 = 0,171$ моля. В опыте 3 это количество было значительно меньшим — 0,039 моля. При проведении этого опыта было замерено количество выделившегося газобразного азота, которое оказалось равным 31 мл, а по расчету должно быть 37 мл*. При повышении рН среды наблюдается также уменьшение содержания метоксильных групп (по сравнению с рассчитанным). Например, в опыте 5 с мета-нитроанилином найденное количество метоксильных групп 6,84%, а рассчитанное — 8,68% (см. табл. 1). На основании приведенных данных можно заключить, что реакция азосочетания лигнина с диазотированными пара- и мета-нитроанилинами идет подобно сочетанию с диазоантралиновой кислотой.

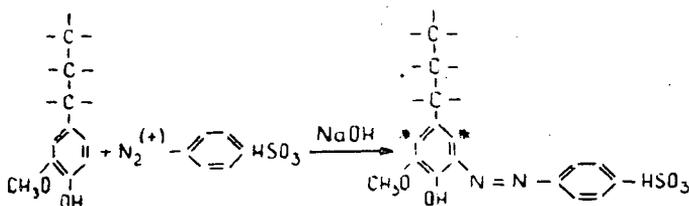
2. Реакция азосочетания с диазотированной сульфаниловой кислотой**. Сочетание с диазосульфаниловой кислотой было проведено в условиях, аналогичных сочетанию с антралиновой кислотой и нитроанилином. Сульфаниловая кислота (пара-замещенная анилина) представляет собой светло-серый мелкокристаллический порошок с т. пл. = 288° С. Соль диазония сульфаниловой кислоты получали следующим образом. Навеску кислоты растворяли в растворе углекислого натрия, затем подкисляли соляной кислотой до кислой реакции

* Анализ газа был проведен на хроматографе УХ-1.

** В проведении этих опытов принимал участие аспирант Ха-Чу-чи.

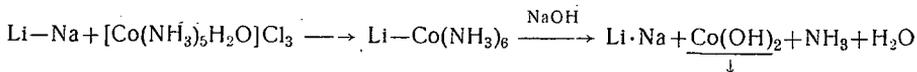
(по лакмусу) и титровали 1 н. раствором нитрата натрия до появления синего окрашивания йодокрахмальной бумажки. Навеску лигнина растворяли в 1 н. растворе щелочи и при охлаждении туда добавляли соль диазония. Реакцию контролировали пробой на вытек с хромотроповой кислотой.

Предполагаемая схема реакции



(* — места возможного арирования).

Сульфаниловая кислота дает производные, растворимые в воде, поэтому для выделения их осаждали кобальтихлоридом, а затем растворяли в 1 н. щелочи



Полученный раствор натриевой соли азопроизводного пропускали через ионообменную колонку с вофатитом Ф, упаривали и высушивали в вакуумном шкафу при 60—70° С.

Результаты анализов приведены в табл. 2.

Таблица 2

| № опыта | Соотношение молей лигнина и соли диазония | рН | Выход, % к исходному лигнину | Содержание азота, % | Количество присоединившейся серы, %* | Содержание ОСН ₃ % | |
|---------|---|----|------------------------------|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------|--------------|
| | | | | | | найденное | рассчитанное |
| 1 | 1:1 | 14 | 152 | 3,16 | 4,14 | 3,85 | 8,23 |
| 2 | 1:2 | 14 | 167 | 3,23 | 6,0 | — | — |
| 3 | 1:3 | 14 | 158 | 3,58 | 4,82 | 3,82 | 7,80 |

* Рассчитывали по разности содержания серы в полученном продукте и исходном лигнине, определявшемся методом сжигания в кислороде.

Из табл. 2 видно, что выходы продуктов различаются незначительно. Содержание связанного азота соответствует 1/2 теоретически рассчитанного количества (6,46%) для молекулярного веса 433, соответствующего 1 молю присоединенной соли диазония. Количество серы, связанной с сульфогруппами, несколько увеличивается, но не настолько, чтобы сделать предположение о значительном арировании лигнинного препарата. С орто- или мета-сульфаниловой кислотой опытов проведено не было. В опыте 1 в результате реакции к лигнину присоединилось всего 0,56 молей диазосульфаниловой кислоты, из них 0,42 моля с азогруппой и 0,14 моля без азота, то есть вследствие арирования. При проведении опыта 3 был сделан замер количества выделившегося азота. Объем азота равнялся 33 мл. Так как к лигнину присоединилось 0,18 радикала без азота, то должно было выделиться 30 мл газа в расчете на выход конечного продукта. Этот объем очень близок к фактически полученному. Содержание метоксильных групп

резко уменьшается от 18,23% (рассчитанных для данного продукта) до 3,85% (см. табл. 2). Интересно, что в одной из работ [10] также было указано на деметоксилирование лигнина при действии на буковую древесину диазосульфаниловой кислотой, однако никаких предположений сделано не было. Таким образом, реакция сочетания лигнина с диазосульфаниловой кислотой протекает так же, как и с другими солями диазония.

Обобщение результатов опытов сочетания лигнина с различными диазосоставляющими

1. При реакции азосочетания лигнина как высокомолекулярного фенола с различными диазосоставляющими происходит образование красителя. Количество красителя соответствует 0,3—0,5 молям на 1 моль лигнина со структурной единицей молекулярного веса 248, содержащей один фенольный гидроксил. Доказательством образования красителя является восстановление азогрупп до аминов растворами SnCl_2 [3] или TiCl_3 *. В табл. 3 приведены сравнительные результаты определения азота разными методами. Из таблицы видно, что количество азота, полученное методом восстановления, хорошо соответствует содержанию, найденному сжиганием по Дюма.

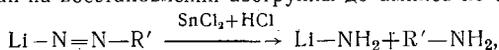
Таблица 3

| № п/п | Азопроизводные | Навеска продукта, г | Содержание азота (%), определенное методом | | Содержание аминоклигнина | |
|-------|-----------------------|---------------------|--|-----------------|--------------------------|-------------|
| | | | сжигания по Дюма | SnCl_2 | выход, г | % N по Дюма |
| 1 | Антралиновой кислоты | 0,66 | 2,11 | 2,52 | 0,57 | 1,81 |
| 2 | Пара-нитроанилина | 0,52 | 4,49 | 4,83 | 0,43 | 4,12 |
| 3 | Анилина | 0,76 | 3,71 | 2,32 | 0,67 | 2,84 |
| 4 | Сульфаниловой кислоты | 0,61 | 3,16 | 2,93 | — | — |

С целью контроля реакции восстановления полученный аминоклигнин отфильтровывали из реакционной смеси, промывали водой, эфиром и высушивали в эксикаторе над P_2O_5 , после чего в нем определяли содержание азота. Была сделана попытка диазотирования выделенного аминоклигнина, которая, однако, не дала положительных результатов, по-видимому, из-за трудности диазотирования образовавшегося орто-аминофенола, который при условиях диазотирования превращается в орто-хинон [1], [2].

Амины диазосоставляющих (табл. 3), ввиду их малого количества, выделить не удалось, но качественные реакции на соответствующие амины в растворе были получены. В дальнейшем при восстановлении больших навесок (5 г) азопроизводных (№ 1, 2, 3, табл. 3) были выделены соответствующие амины диазосоставляющих в количествах, равных 0,35, 0,33 и 0,38 моля присоединившегося диазосоединения. Наличие азогруппы в продуктах сочетания лигнина доказывается также инфракрасными спектрами [3], которые имели полосу поглощения 750 см^{-1} , характерную для этой группы.

* Метод основан на восстановлении азогруппы до аминов по схеме

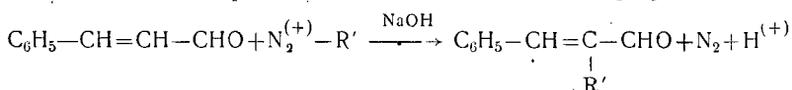


где $\text{Li}-\text{NH}_2$ — аминоклигнин;

$\text{R}'-\text{NH}_2$ — амин диазосоставляющей.

2. Азогруппа замещает водород в бензольном кольце только при наличии свободного фенольного гидроксила. В случае его замещения краситель не образуется, что наглядно видно из опытов с этилированным лигнином (сообщение 2). Азогруппа в бензольном кольце может быть только в положении 5, так как фенольная группа ориентирует другой заместитель либо в орто-, либо в пара-положение. Однако пара-положение занято пропановой цепочкой, поэтому азогруппа занимает неконденсированное 5 положение. На спектрах производных лигнина обнаруживается полоса поглощения $800-810^{-1}$ см, относящаяся к тетразамещенному бензольному кольцу (1-, 3-, 4-, 5-).

3. Наряду с реакцией азосочетания имеет место реакция арилирования, приводящая к накоплению радикалов и идущая с выделением газообразного азота. Реакция арилирования в щелочной среде протекает преимущественно с хинонами и оксихинонами [3], [4], а также с $\alpha-\beta$ ненасыщенными ароматическими соединениями [11] по схеме



Результаты проведенных опытов дают четкое доказательство протекания такой реакции, в особенности, в случае с диазоантраниловой кислотой. Что касается места присоединения свободного радикала к лигнину, то здесь еще нет полной ясности. В настоящее время этот вопрос изучается на модельных соединениях.

4. При изучении продуктов азосочетания наблюдается снижение содержания метоксильных групп. Если допустить, что метоксильная группа в условиях реакции гидролизует [12], то должно заметно увеличиваться количество гидроксильных групп. Однако ни методом Кухаренко, ни ацелированием по Верлею заметного увеличения содержания гидроксильных групп не было обнаружено. Деметоксилирование усиливается с повышением pH реакционной среды. Данные о содержании метоксильных групп для наиболее характерных опытов приведены в табл. 4.

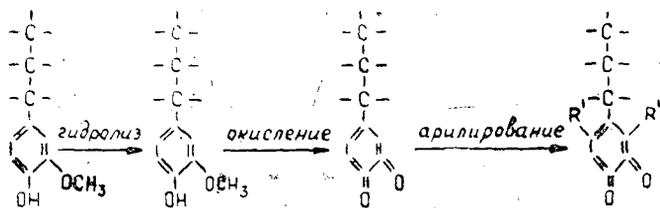
Таблица 4

| Соль диазония | Соотношение молей лигнина и соли диазония | pH среды | Содержание ОСН ₃ (%) | |
|-----------------------|---|----------|---------------------------------|--------------|
| | | | найденное | рассчитанное |
| Антраниловая кислота | 1:3 | 8,5 | 10,57 | 10,40 |
| " | 1:3 | 10 | 7,88 | 8,13 |
| " | 1:3 | > 4 | 4,97 | 7,31 |
| <i>п</i> -нитроанилин | 1:3 | < 7 | 9,74 | 9,81 |
| " | 1:3 | 8,5 | 9,04 | 9,35 |
| " | 1:3 | > 14 | 7,90 | 9,22 |
| <i>м</i> -нитроанилин | 1:3 | > 14 | 6,84 | 8,68 |
| Сульфаниловая кислота | 1:3 | > 14 | 3,82 | 7,80 |

Процессы деметоксилирования и арилирования, по-видимому, взаимосвязаны, так как и тот и другой наблюдаются лишь при высокой щелочности среды.

Ряд авторов [7], [6], [8], [9] высказали предположение о возможности образования орто-хиноидных группировок при гидролизе метоксильных групп.

Если принять это предположение и учесть, что арилирование в щелочной среде идет с хинонами [3], то может быть предложена следующая схема реакции:



то есть в присутствии соли диазония в щелочной среде происходит деметилирование лигнина с образованием орто-хинонов, которые легко арилируются.

Этот вопрос подробно изучается на модельных соединениях лигнина.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ч. М. Коган, П. Е. Сосновский. ХПХ, 12, 1147, 1939. [2]. В. В. Козлов. ЖОХ, 7, 1636, 1937. [3]. Т. М. Крошилова, В. М. Никитин. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1964. [4]. Т. М. Крошилова, В. М. Никитин. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1965. [5]. Р. П. Ластовский. Технический анализ в производстве промежуточных продуктов и красителей. Госхимиздат, 1949, стр. 150 и 245. [6]. Л. Л. Сергеева. Автореферат диссертации. М., 1964. [7]. Г. С. Чиркид, Д. В. Тищенко. Журн. «Бумажная промышленность» № 5, 1964. [8]. L. Andersen. Comment. phys matsh, 19, № 1, 51, 1956. [9]. С. Dence, К. Sarkanen. Tappi, 43, № 1, 87, 1960. [10]. W. Küster, R. Daug. Cellulosechemie 1, 4, 1930. [11]. H. Meerwein, K. Buchner. I. pr. chem., 152, 237, 1939. [12]. K. Meyer. Ber. 54, 2283, 1921. [13]. K. Saunders. The Aromatic diazocompounds, London, 1949, 64.

Поступила в редакцию
30 ноября 1964 г.

УДК 668.443.3

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ДРЕВЕСНО-СМОЛЯНЫХ МАСЕЛ

Сообщение 1

А. И. КИПРИАНОВ

Доцент, кандидат технических наук

З. И. ФОЛИАДОВА

Младший научный сотрудник

О. Н. БЫСТРОВА

Старший инженер-конструктор

(Проблемная лаборатория пирогенных смол Ленинградской
лесотехнической академии)

Расчеты процессов и аппаратов для переработки древесных смол требуют знания физико-химических свойств древесно-смоляных масел, получаемых при разгонке этих смол. Однако лишь отдельные работы посвящены разгонке древесных пирогенных смол и изучению фракций масел, но и они направлены на определение химического состава последних [3], [7], [8]. На кафедре процессов и аппаратов химической технологии ЛТА разработан новый метод разгонки древесных пирогенных смол в трубчатых системах [1], [2]. При этом выход масел составляет 70—80% от сырья против 25—35% при периодической разгонке, существующей в промышленности [6]. Выход фенолов при непрерывной разгонке возрастает пропорционально выходу масел.

В качестве сырья для получения древесно-смоляных масел была использована газогенераторная смола, полученная газификацией древесины, состоящей на 80% из хвойных и на 20% из лиственных пород. Основные свойства смолы — влажность 17,4%, кислотность 4,08%; содержание фенолов 47,0%, групп — OSn_3 4,6%, нейтральных веществ 34,0%. Древесно-смоляные масла были получены при однократном испарении (ОИ) смолы на лабораторной установке.

Образцы смолы без какой-либо предварительной обработки подвергали непрерывной разгонке (ОИ) при заданной температуре и при остаточном давлении 170 мм рт. ст. с получением суммарных масел. Получены шесть образцов масел при температурах разгонки 180, 200, 220, 240, 260, 280°С. Каждый образец подвергали разгонке по Энглеру с получением узких фракций масел со следующими интервалами температуры кипения: 1-я фракция — 180—200; 2-ая — 200—220; 3-я — 220—240; 4-я — 240—260; 5-я — 260—280; 6-я — 280—300; 7-я — 300°С (конечная температура кипения).

В каждом из шести образцов суммарных масел и из тридцати девяти образцов узких фракций масел определяли удельный вес, темпе-

ратурный коэффициент плотности, вязкость, молекулярный вес, упругость паров, скрытую теплоту парообразования.

Результаты разгонки ОИ газогенераторной смолы и групповой состав масел приведены в табл. 1.

Таблица 1

| Температура разгонки ОИ, °С | Выход масел, вес % | Групповой состав масел, вес % | | Группы—ОСН ₃ |
|-----------------------------|--------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
| | | фенолы | нейтральные вещества | |
| 180 | 32,0 | 55,0 | 27,0 | 5,75 |
| 200 | 45,2 | 55,0 | 34,0 | 5,07 |
| 220 | 54,0 | 50,4 | 35,6 | 4,83 |
| 240 | 58,6 | 55,6 | 36,4 | 4,50 |
| 260 | 68,5 | 54,0 | 30,5 | 4,40 |
| 280 | 85,6 | 54,2 | 30,3 | 4,30 |

Надо отметить, что, как показали исследования механизма образования низкомолекулярных соединений при тепловой обработке смолы [1], выход масел зависит от кислотности смолы, влажности ее, от остаточного давления в системе, от гидродинамического режима разгонки и может приближаться к 100%.

Удельный вес определен пикнометрическим способом [5]. Испытуемые образцы масел предварительно высушивали сульфатом натрия до конечной влажности 3%.

Полученные значения удельного веса суммарных масел генераторной смолы представлены в табл. 2.

Таблица 2

| Температура разгонки ОИ, °С | Удельный вес масел d_{20}^{20} | Средняя объемная температура кипения t_V , °С* |
|-----------------------------|----------------------------------|--|
| 180 | 1,0649 | 203 |
| 200 | 1,0835 | 222 |
| 220 | 1,0837 | 223 |
| 240 | 1,0880 | 232 |
| 260 | 1,0933 | 236 |
| 280 | 1,0992 | 241 |

* Средняя объемная температура кипения суммарных масел определена как средняя взвешенная величина температуры кипения 20-градусных промежутков (фракций) при разгонке по Энглеру

$$t_V = \frac{V_1 \cdot t_1 + V_2 \cdot t_2 + \dots + V_n \cdot t_n}{V_1 + V_2 + \dots + V_n}$$

где V_1, V_2, \dots, V_n — выход фракций, объемн. %.

В табл. 3 приведены данные по удельному весу узких фракций масел после разгонки по Энглеру.

Таблица 3

| Пределы кипения фракций, °С | Средняя температура кипения t_V , °С | Удельный вес d_{20}^{20} фракций, полученных разгонкой (по Энглеру) масел при температуре ОИ, °С | | | | | |
|-----------------------------|--|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 180—200 | 190 | 1,0409 | 1,0436 | 1,0481 | 1,0428 | 1,0415 | 1,0398 |
| 200—220 | 210 | 1,0501 | 1,0568 | 1,0594 | 1,0606 | 1,0588 | 1,0606 |
| 220—240 | 230 | 1,0636 | 1,0681 | 1,0716 | 1,0728 | 1,0739 | 1,0746 |
| 240—260 | 250 | 1,0811 | 1,0858 | 1,0866 | 1,0885 | 1,0883 | 1,0887 |
| 260—280 | 270 | 1,0963 | 1,1002 | 1,0977 | 1,0988 | 1,0979 | 1,0977 |
| 280—300 | 290 | 1,0850 | 1,0810 | 1,0765 | 1,0843 | 1,0832 | 1,0896 |
| от 300 | 304 | — | — | — | 1,0575 | 1,0469 | 1,0541 |

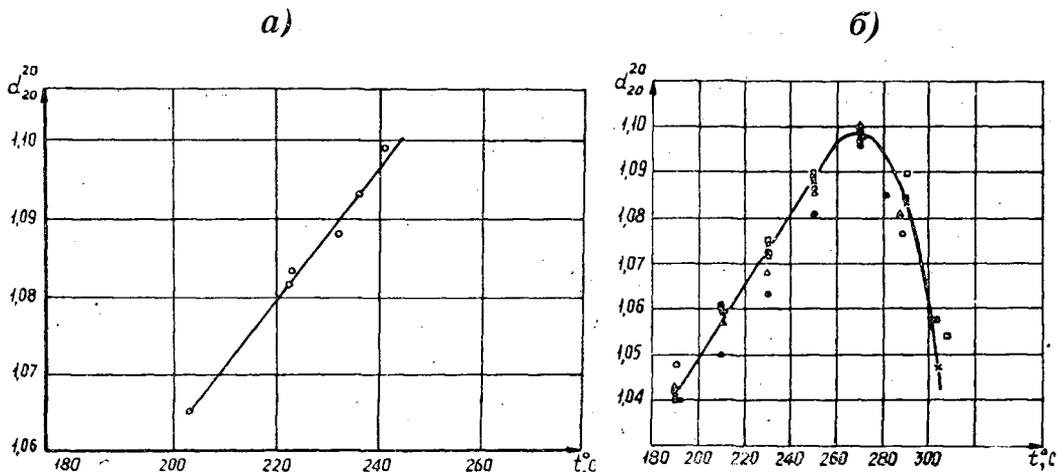


Рис. 1.

На рис. 1 представлена зависимость между удельным весом масел и средней температурой кипения (а — для суммарных масел; б — для узких фракций масел).

Для суммарных масел эта зависимость имеет прямолинейный характер. Удельный вес d_{20}^{20} узких фракций масел, имеющих температуру кипения выше 270°C , резко падает, что указывает на появление нового класса соединений.

С целью получения величины температурного коэффициента плотности древесно-смоляных масел проведено определение удельного веса суммарных масел и их фракций при температуре от 20 до 80°C (с интервалами в 10°).

Найдено, что изменение удельного веса масел в указанном температурном интервале идет прямолинейно. Температурный коэффициент плотности α оказался равным $7,4 \cdot 10^{-4}$.

Формула Менделеева для определения удельного веса древесно-смоляных масел имеет следующий вид:

$$d_{20}^t = d_{20}^{20} [1 - 0,00074 (t - 20)]. \quad (1)$$

Вязкость масел, полученных разгонкой ОИ газогенераторной смолы, определена с помощью вискозиметра Пинкевича. Методика определения соответствует ГОСТу 33—53 [4].

Расчет значений вязкости проведен по формуле

$$\nu = D \cdot \tau_t, \quad (2)$$

где ν — кинематическая вязкость, *сст*;

τ_t — время истечения испытуемого продукта, *сек*;

D — постоянная вискозиметра, *сст/сек*.

Значения постоянной каждого вискозиметра, даваемые в сопроводительных паспортах приборов, дополнительно проверены и уточнены. Вязкость масел определена при температуре от 20 до 80°C (с интервалами в 10°) с повторением каждого определения не менее 6 раз.

Полученные экспериментальные данные по вязкости суммарных масел приведены в табл. 4. На рис. 2 показана зависимость вязкости масел газогенераторной смолы от температуры определения.

Таблица 4

| Температура разгонки ОИ, °С | Кинематическая вязкость (сст) при температуре определения, °С | | | | | | |
|-----------------------------|---|------|------|------|------|-----|-----|
| | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| 180 | 13,7 | 8,8 | 5,8 | 4,1 | 3,2 | 2,5 | 2,0 |
| 200 | 25,4 | 14,6 | 9,3 | 6,2 | 4,5 | 3,4 | 2,6 |
| 220 | 33,1 | 18,3 | 11,2 | 7,4 | 5,8 | 4,3 | 3,2 |
| 240 | 46,7 | 24,5 | 14,4 | 9,2 | 6,4 | 4,7 | 3,6 |
| 260 | 86,7 | 42,6 | 23,2 | 16,4 | 10,7 | 6,5 | 4,8 |
| 280 | 135,6 | 59,8 | 31,5 | 18,5 | 11,8 | 8,0 | 5,8 |

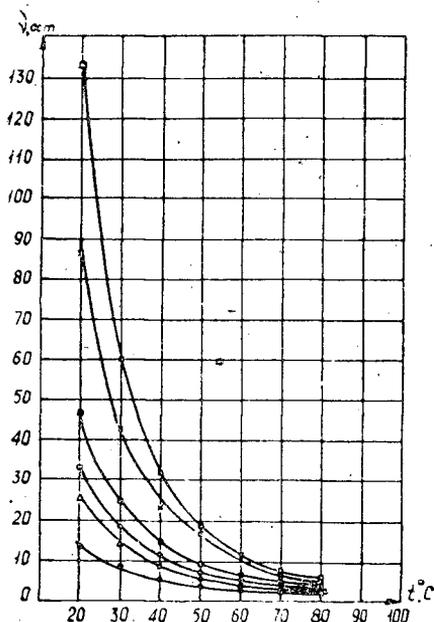


Рис. 2.

Функциональная зависимость вязкости продукта от температуры определения может быть представлена уравнением

$$\nu = A_t \cdot t^n, \tag{3}$$

где A_t и n — коэффициенты, имеющие постоянную величину для данного вещества;

t — температура определения вязкости, °С.

Графическая зависимость $\nu = f(t)$ для масел газогенераторной смолы представлена на рис. 3 в логарифмических координатах. Линии зависимости ν от t имеют общую точку пересечения (полюс) с координатами $1 \text{ г } t = 2,5$; $1 \text{ г } \nu = -0,54$. Наличие полюса характерно для веществ одинакового состава.

Значения коэффициентов A_t и n для масел газогенераторной смолы приведены в табл. 5.

Формула для определения вязкости масла, полученного разгонкой ОИ при 180° С, имеет следующий вид:

$$\nu = 1161 \cdot t^{-1,442} \text{ сст.}$$

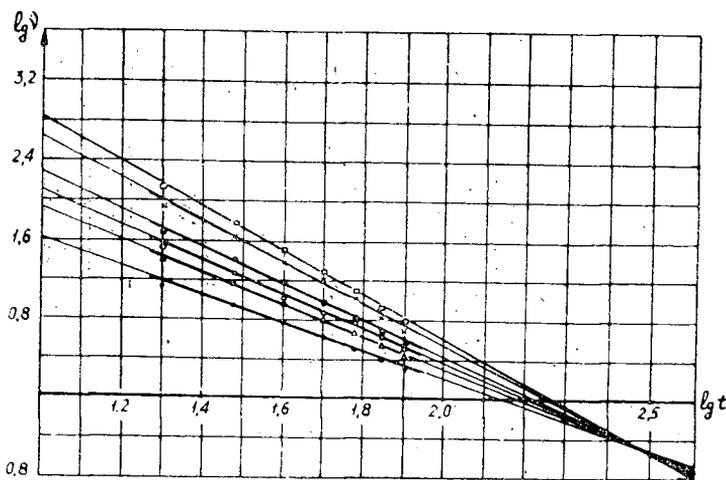


Рис. 3.

Таблица 5*

| Температура разгонки ОИ, °С | $A \cdot 10^{-3}$ | $n \cdot (-1)$ |
|-----------------------------|-------------------|----------------|
| 180 | 1,161 | 1,442 |
| 200 | 4,004 | 1,657 |
| 220 | 7,674 | 1,768 |
| 240 | 15,40 | 1,841 |
| 260 | 59,23 | 1,125 |
| 280 | 118,10 | 2,245 |

Вязкость узких фракций масел определена при температуре от 20 до 80°С (с интервалами в 10°), причем найдено, что зависимость вязкости от температуры определения носит такой же характер, что и для суммарных масел.

Следовательно, с помощью графика, приведенного на рис. 3, можно определить вязкость любой фракции масел газогенераторной смолы; для этого достаточно иметь одно значение

вязкости при любой температуре определения. Экспериментально найденную вязкость необходимо нанести на график и соединить эту точку с полюсом (2,5; -0,54). Полученная прямая линия даст значение вязкости образца масел газогенераторной смолы при любой заданной температуре.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Изучение гидродинамических и диффузионных факторов, влияющих на процессы переработки древесной пирогенной смолы. Отчет проблемной лаборатории пирогенных смол ЛТА за 1963 г. [2]. С. Я. Коротов, А. А. Ливеровский, А. А. Киприанов, К. Э. Вальяк. Опыт разгонки древесной пирогенной смолы в грубчатых печах. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 8, 1961. [3]. А. А. Ливеровский, Е. Г. Регинская. О химическом составе древесной газогенераторной смолы. Журн. «Лесохимическая промышленность» № 9, 1940. [4]. Метод испытания нефтепродуктов. Госонтехиздат, 1963, стр. 19—44. [5]. Б. М. Рыбак. Анализ нефти и нефтепродуктов. Госонтехиздат, 1962, стр. 51—55. [6] В. И. Сумароков. Химия и технология переработки древесины смол. Гослесбумиздат, 1963, стр. 119. [7]. Д. В. Тищенко, И. М. Силиченская, И. В. Борисова. Непрерывная перегонка газогенераторной смолы. ЖПХ, т. XXI, № 5, 1948, 514—521. [8]. И. П. Уваров, Л. В. Гордон. Древесные смолы. Гослесбумиздат, 1962, стр. 37.

УДК 62.529 : 674.05

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

ПРЕСЕЛЕКТИВНАЯ НАСТРОЙКА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

Н. В. МАКОВСКИЙ

Доктор технических наук

(Московский лесотехнический институт)

Как показывают проведенные технико-экономические исследования, из простейших систем программного управления станками в деревообработке в ближайшем будущем наиболее перспективно применять механизмы преселективной настройки*. Станки с такими механизмами настраивают на новую программу предварительно во время обработки деталей по старой программе. Это позволяет сократить время на переналадку станков, что особенно существенно для серийного производства, эксплуатирующего сравнительно сложное многооперационное оборудование.

Типовая система преселективной размерной настройки станка (рис. 1) состоит из подвижного рабочего органа РО станка, исполнительного приводного механизма ИМ, блока управления БУ, датчика положения ДП и пульта управления ПУ. Величину перемещения (программу) задают обычно дистанционно на пульте управления. Отключение приводного механизма осуществляется по команде датчика положения, следящего за обработкой заданной программы перемещения.

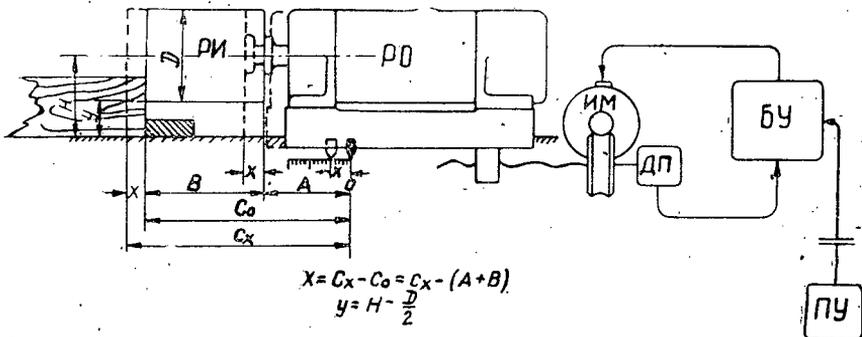


Рис. 1.

Из рис. 1 видно, что датчик положения контролирует положение рабочего органа не по лезвию режущего инструмента РИ (что обычно представляет известные практические затруднения), а с помощью вин-

* Н. В. Маковский. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1963.

та приводного механизма. Это предъявляет определенные требования к точности изготовления винта, а также постоянства базового размера A , длины B и диаметра D режущего инструмента; должна быть обеспечена также достаточная жесткость системы инструмент—деталь—станок. При недостаточной жесткости может оказаться, что удовлетворительная статическая настройка при работе станка (динамическая) будет неприемлема. В известной мере динамическую поправку можно учесть, применяя датчики с «плавающим нулем», то есть позволяющие регулировать свое начальное положение при установке рабочего органа на нуль шкалы.

На рис. 2 приведена схема образования погрешностей размерной настройки станка.

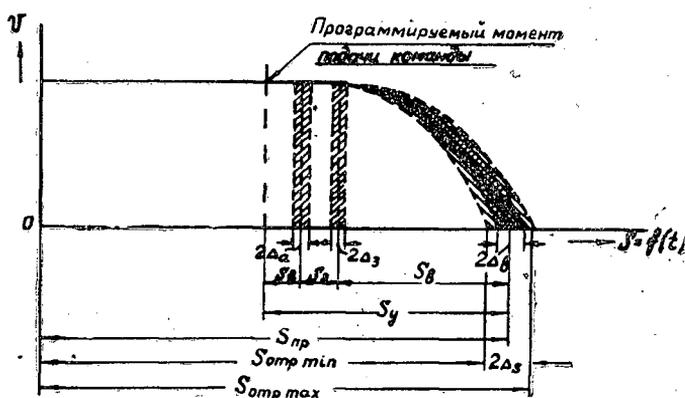


Рис. 2.

На действительное (отработанное) значение $S_{отр}$ (рис. 2) запрограммированной $S_{пр}$ величины перемещения рабочего органа оказывают влияние погрешности датчика S_d , погрешности из-за запаздывания срабатывания блока управления S_z и от инерционного выбега привода S_b . Каждая из этих погрешностей имеет постоянную (систематическую) погрешность (например, $S_d - \Delta_d$ — для датчика) и случайную ($\Delta_d, \Delta_z, \Delta_b$). Влияние систематической погрешности легко исключить, так как известны как абсолютное значение ее, так и знак погрешности. Для этого достаточно в рассматриваемой системе подать команду заблаговременно, с «упреждением», в результате чего рабочий орган переместится в среднем на величину S_v .

Зависимость суммы систематических ошибок от параметров системы можно найти теоретически. Она определяется погрешностью датчика, скоростью перемещения рабочего органа, временем запаздывания отработки сигнала датчика, массой перемещаемых частей и суммой сил сопротивления.

Однако для систем преселективной размерной настройки наибольший интерес представляет вероятностная величина абсолютной кинематической погрешности $2\Delta_s$, являющаяся разностью между наибольшей и наименьшей величинами отработанного перемещения подвижного органа (наибольший разброс перемещения)

$$2\Delta_s = S_{отр\ max} - S_{отр\ min}.$$

Для выявления этой погрешности необходимы эксперименты.

Лабораторные исследования* различных типов механизмов показали, что погрешность датчиков в сильной степени зависит от передаточного числа K между величинами перемещений распорядительного элемента датчика и рабочего органа. Наилучшими качествами обладают импульсные датчики, для которых легко осуществить $K \approx 40$; хорошие результаты дают также электроконтактные с $K \approx 20$. Датчики, у которых $K = 1$, требуют прецизионного исполнения и не могут быть рекомендованы.

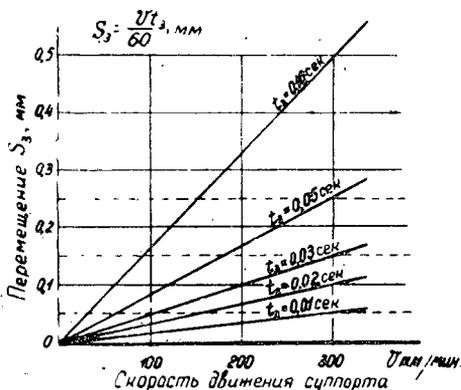


Рис. 3.

На рис. 3 дан график зависимости перемещения рабочего органа от запаздывания отработки сигнала датчика. Величина запаздывания t_2 отработки сигнала датчика обычными электромагнитными реле даже для небольших скоростей перемещения подвижного органа (100—300 мм/мин) дает ощутимую величину перемещения S_3 (рис. 3), с которой приходится считаться. Экспериментальные исследования реле показали, что можно добиться улучшения стабильности их работы, применением повышенного напряжения питания обмотки катушки. Разброс времени срабатывания реле в этом случае составляет около 10 мсек.

Величина инерционного выбега рабочего органа S_b (рис. 2) оказывает существенное влияние на общую погрешность системы. На рис. 4 приведена диаграмма зависимости выбега суппорта от числа оборотов электродвигателя и соотношения между приведенным моментом инерции I механизма и моментом сопротивления M_c . Из диаграммы видно, что для наиболее часто применяемых электродвигателей с $n = 1500$ об/мин при неблагоприятных соотношениях $\frac{I}{M_c}$ (кривые 1—3) величина выбега l превышает 200 мк, что в большинстве случаев неприемлемо. Ввиду малой скорости перемещения изменение массы рабочего органа несущественно влияет на выбег.

Расчеты и экспериментальные исследования показали, что уменьшение выбега рабочего органа может быть достигнуто правильным выбором мощности электродвигателя, понижением скорости органа или увеличением сил сопротивления перемещению. В частности, без тормо-

* Проведены аспирантами МЛТИ Л. Г. Молчановым, Л. В. Пахнутовой и аспирантом ВНИИДМаша А. Я. Пивоваровым.

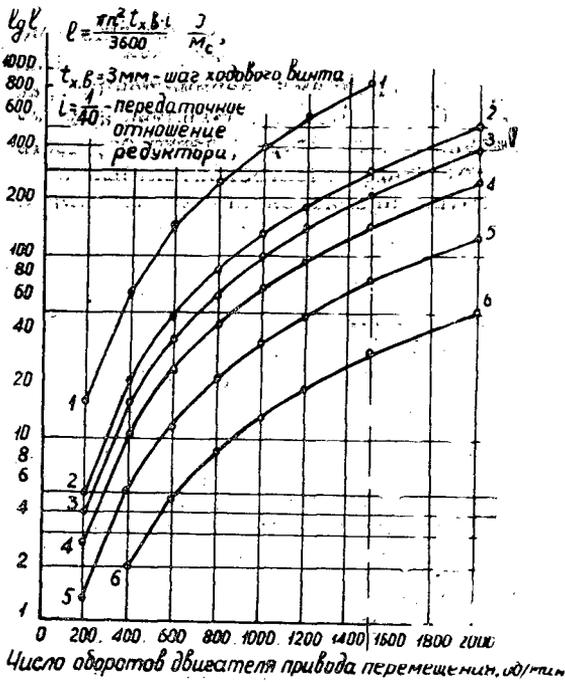


Рис. 4.

Для кривой 1-1 $\frac{J}{M_c} = 60 \cdot 10^{-4} \text{ сек}^2$; для кривой 2-2 $20 \cdot 10^{-4} \text{ сек}^2$;
 3-3 $15 \cdot 10^{-4} \text{ сек}^2$; 4-4 $10 \cdot 10^{-4} \text{ сек}^2$; 5-5 $5 \cdot 10^{-4} \text{ сек}^2$;
 6-6 $2 \cdot 10^{-4} \text{ сек}^2$.

жения допустимая величина выбега (с использованием асинхронных электродвигателей с $n = 1500 \text{ об./мин}$) может быть получена при работе электродвигателя с перегрузкой в пределах 1,1—1,5 к номинальной мощности. При работе с недогрузкой необходимо торможение.

На рис. 5 дан график выбега рабочего органа в функции мощности двигателя при различных способах торможения. Из рисунка видно, что наилучших результатов можно добиться при электромеханическом торможении.

Экспериментальное исследование систем в целом позволило рекомендовать оптимальные параметры для каждого отдельного механизма. Были испытаны один импульсный и три электроконтактных механизма.

На рис. 6 приведены принципиальные схемы механизмов размерной настройки станков. У всех испытанных механизмов подвижной орган станка 1 (рис. 6, а*) перемещался ходовым винтом 2, приводимым электродвигателем 3, через редуктор 4.

У импульсного механизма (МЛТИ; рис. 6, а) информация о положении подвижного органа подается датчиком положения 5, закрепленным непосредственно на ходовом винте. Датчик при вращении генерирует импульсы, которые через блок управления БУ подаются на счетчик импульсов 6 пульта управления. Управление механизмом произ-

* На рисунке для большей наглядности даны упрощенные одноразрядные схемы механизмов. В действительности были испытаны двух- и трехразрядные схемы.

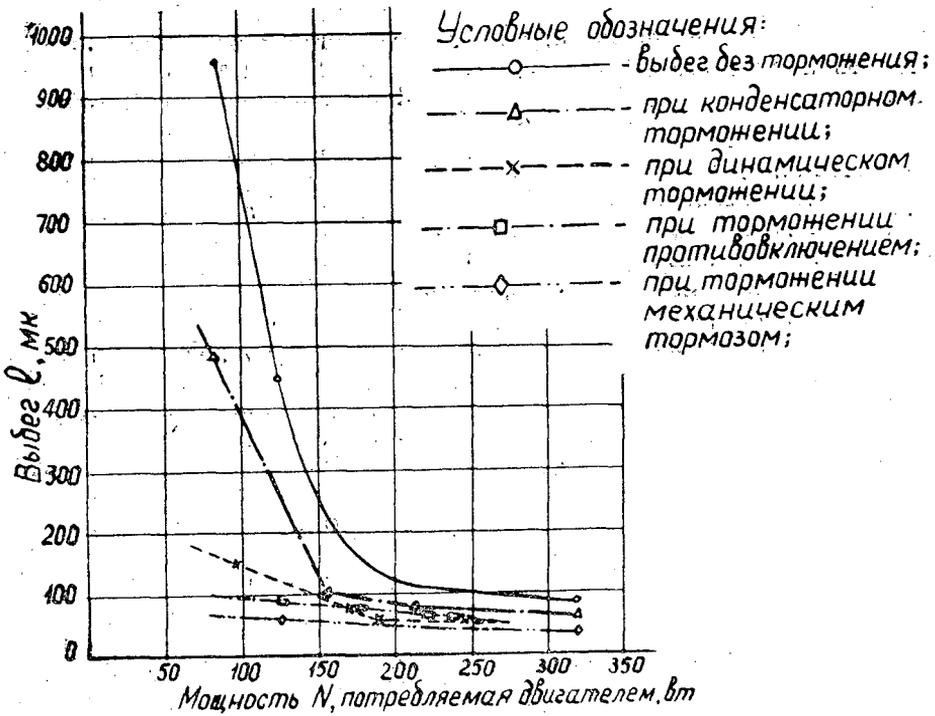


Рис. 5.

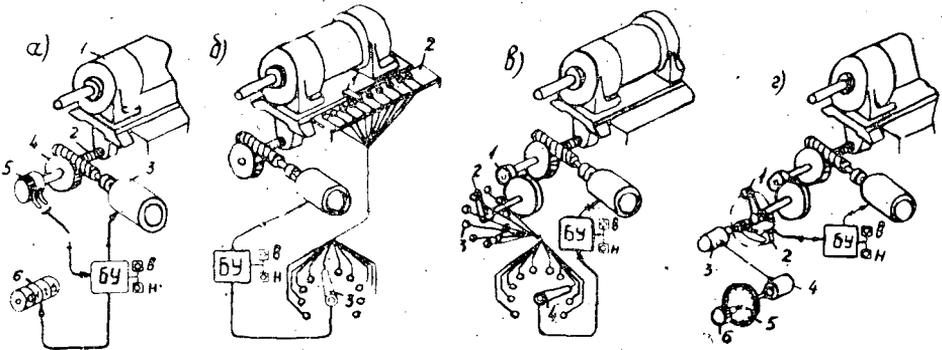


Рис. 6.

водится нажимом кнопок пульта управления В — вперед и Н — назад. С электроконтактного механизма с дискретным датчиком без ускорителя (УкрНИИМОД; рис. 6, б) рабочий орган несет контактный шуп 1, который при перемещении органа замыкает контакты неподвижно расположенной платы 2. Привод отключается блоком управления, когда шуп достигает контакта, подключенного к одноименному контакту переключателя 3 пульта управления. Дискретность действия этого меха-

низма определяется ограниченным числом фиксированных положений органа. Скорость переключения контактов платы 2 равна скорости перемещения рабочего органа ($K = 1$). Электроконтактный механизм с дискретным ускорительным датчиком (МЛТИ; рис. 6, в) отличается от предыдущего применением ускорителя датчика. Вращающийся щуп 2 датчика этого механизма присоединен к ходовому винту через зубчатую передачу 1. При перемещении рабочего органа щуп, вращаясь, замыкает неподвижно расположенные контакты 3 датчика. Отключение привода производится в момент, когда щуп достигнет контакта, подключенного к одноименному контакту 4 пульта управления (на схеме зачернены). Ускорение переключения контактов датчика у этого механизма определяется отношением длины окружности контактов 3 к шагу винта ($K \approx 20$). У электроконтактного механизма с ускорительным датчиком плавного действия (МЛТИ; рис. 6, з) группа неподвижно расположенных контактов датчика заменена одним предварительно установленным контактом 2, который может быть неподвижно установлен в любой точке окружности, описываемой подвижным контактом 1. Этим обеспечивается плавность действия датчика. Предварительно устанавливаемый контакт 2 выполняет, таким образом, роль датчика. В варианте дистанционного управления он устанавливается в нужное положение с помощью двух сельсинов 3 и 4, отсчетного устройства 5 и ручки управления 6.

В результате экспериментальных исследований было установлено, что наибольшие перспективы для применения имеют системы с импульсным и электроконтактными датчиками. Импульсный датчик (рис. 6, а) может обеспечить высокую точность фиксации перемещения (0,02 мм), однако для системы с ручной обработкой программы наибольший разброс погрешности перемещения составляет 0,14 мм, разрешающая способность 1 мм, наибольшая скорость перемещения органа 150 мм/мин. По конструкции система с этим датчиком относится к числу простейших.

Электроконтактный механизм с дискретным трехразрядным ускорительным датчиком (рис. 6, в) при подходе к размеру со скоростью 60 мм/мин и конденсаторным торможением обеспечивает фиксацию суппорта с точностью до 0,05 мм. Разрешающая способность датчика 0,1 мм, наибольшая скорость перемещения 100 мм, чувствительность 1 мм. На рис. 7 показан трехразрядный десятичный датчик со снятым

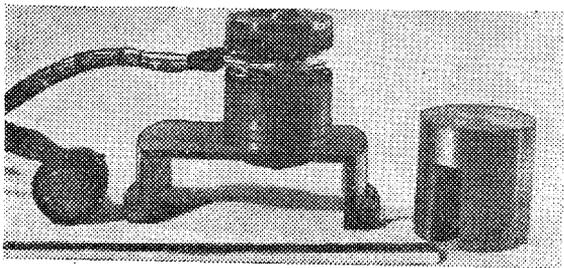


Рис. 7.

кожухом. При закреплении датчика на ходовом винте перемещаемого органа механизм весьма компактен и удобен в эксплуатации. Программирование перемещения в системе с этим датчиком выполняется просто и не требует специальных навыков от оператора.

Для устранения влияния люфтов в механизме и возможности упреждения подачи команды на отключение привода рабочий орган должен подходить к заданному размеру с одной стороны (при движении вперед). Это удлиняет ход подвижного органа при движении назад приблизительно на 10 мм. Время на введение программы вместе с проверкой составляет не более 15 сек, время отработки программы зависит от величины и направления перемещения.

Целесообразность промышленного внедрения станков с преселективной настройкой зависит от того, насколько эксплуатация их может улучшить экономические показатели предприятия. Всесторонний анализ этого вопроса, в связи с большим разнообразием предприятий и, следовательно, большим количеством возможных вариантов решения задачи, представляет определенные трудности. Здесь следует различать два случая. Первый — когда внедрение станка с преселективной настройкой оказывает влияние только на показатели работы данного станка. Второй — когда станок оказывает влияние на показатели работы также и других станков или участков цеха.

Экономический эффект от применения станка с преселективной настройкой для первого случая нетрудно подсчитать. Он будет характеризоваться числом лет t , по истечении которых дополнительные затраты C_d на механизмы преселективной настройки окупятся снижением эксплуатационных затрат при работе на станке.

Если переменными частями стоимости обработки изделий на оборудовании в данном случае будут годовой фонд заработной платы оператора и годовые амортизационные начисления стоимости оборудования, то упомянутый показатель эффективности может быть определен по следующей формуле:

$$t = \frac{C_d}{(Z + A) \cdot \frac{Q_p}{Q_n} - (Z + A + A_d)} \text{ лет,}$$

- где Z — годовой фонд заработной платы оператора;
 A — годовые амортизационные начисления стоимости оборудования с ручной настройкой;
 A_d — годовые амортизационные начисления стоимости механизмов преселективной настройки;
 Q_p — годовая выработка продукции на оборудовании с ручной настройкой, приходящаяся на одного оператора;
 Q_n — годовая выработка продукции на оборудовании с преселективной настройкой, приходящаяся на одного оператора.

Для анализа структуры формулы абсолютные значения ее переменных величин целесообразно заменить рядом безразмерных коэффициентов.

Положим

$$\frac{Q_n - Q_p}{Q_p} = K \text{ — коэффициент увеличения производительности труда при работе на оборудовании с механизированной настройкой. Численно он может быть определен по величине возрастания фонда времени } F_n \text{ работы оборудования, в результате снижения затрат на его настройку.}$$

Если t_p — затрата времени на одну ручную настройку; t_n — затрата времени на одну преселективную настройку; n — число настроек оборудования в единицу времени, то

$$F_n = (t_p - t_n) \cdot n.$$

Тогда

$$K = \frac{F_n}{F_p},$$

где F_p — действительный фонд времени работы оборудования в единицу времени при ручной настройке, то есть время, в течение которого оборудование выдает продукцию.

Введем коэффициент α увеличения стоимости оборудования с преселективной настройкой

$$\alpha = \frac{C_d}{C},$$

где C — стоимость оборудования с ручной настройкой.

Установим коэффициент τ , оценивающий отношение фонда заработной платы к стоимости оборудования

$$\tau = \frac{3}{C}.$$

Амортизационные годовые расходы A и A_d оценим частным от деления стоимости оборудования C и механизма C_d на число лет t_A амортизации оборудования

$$A = \frac{C}{t_A} \text{ и } A_d = \frac{C_d}{t_A}.$$

После подстановок и несложных преобразований приведенную ранее формулу можно заменить более удобной

$$t = \frac{t_A \cdot \alpha}{(t_A \cdot \tau + 1) \cdot K - \alpha}.$$

Так как для станков обычно $t_A = 7,6$, то окончательно получим

$$t = \frac{7,6\alpha}{(7,6\tau + 1) \cdot K - \alpha}.$$

На рис. 8 приведена диаграмма определения числа лет окупаемости дополнительной стоимости оборудования, определенной по этой формуле для τ от 0,05 до 2; для α от 0,05 до 0,15; для K от 0 до 0,4.

В настоящее время считается, что средства механизации и автоматизации производства должны окупаться в срок не более 3—4 лет. Из рис. 8 видно, что этому условию лучше удовлетворяет оборудование с большим значением τ , то есть более дешевое. Оборудование с малым значением τ может окупаться в этот срок лишь в результате большого увеличения производительности труда ($K = 0,2 \div 0,4$). В табл. 1 приведены значения τ для оборудования, эксплуатируемого в СССР.

Иногда необходимо найти, каким минимально должно быть увеличение производительности труда для того, чтобы затраты на новую технику окупались в определенный срок t (лет). Применительно к обозначениям ранее приведенной формулы искомое увеличение производительности труда в этом случае может быть найдено по следующей формуле:

$$K = \frac{\alpha(t_A + t)}{t(t_A \tau + 1)}.$$

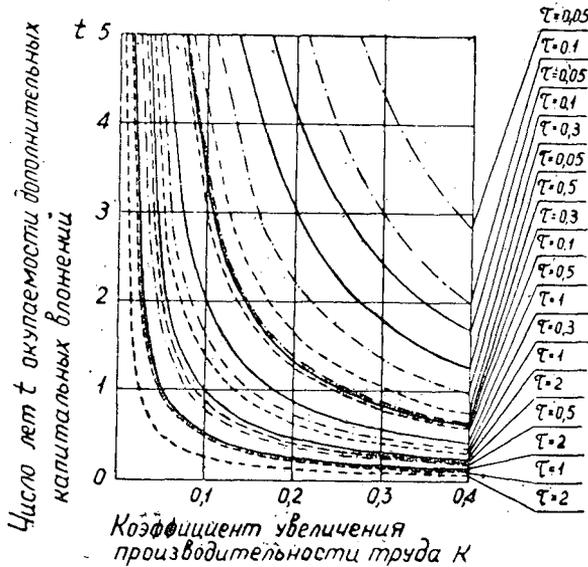


Рис. 8.

Таблица 1

| Наименование оборудования | τ |
|--|----------|
| Простые пильные, фуговальные, шлифовально-ленточные узкие станки | 2,0 |
| Сверлильно-пазовальные и фрезерные | 1,7 |
| Цепно-долбежные | 1,5 |
| Рейсмусовые | 1,2 |
| Концеранвители двухпильные | 1,0 |
| Сверлильно-присадочные | 0,8—0,6 |
| Четырехсторонние строгально-калевочные | 0,5—0,4 |
| Шипорезные двухсторонние | 0,5—0,4 |
| Карусельно-фрезерные | 0,3 |
| Тяжелые строгальные | 0,3—0,2 |
| Специализированные многооперационные | 0,2—0,1 |
| Автоматические линии | 0,1—0,05 |

На предприятиях часто стремятся к тому, чтобы срок окупаемости небольших капитальных затрат не был более двух лет. Тогда при $t_A = 7,6$ и $t = 2$ эта формула принимает вид

$$K = \frac{4,8\alpha}{7,6\tau + 1}.$$

На рис. 9 приведен график определения коэффициента повышения производительности труда, построенный по этой формуле для α от 0 до 0,40 и для τ от 2,0 до 0,05. Из формулы и графика видно, что при $\tau = 0,5$ рост производительности труда равен удорожанию оборудования, при $\tau < 0,5$ этот рост должен опережать увеличение стоимо-

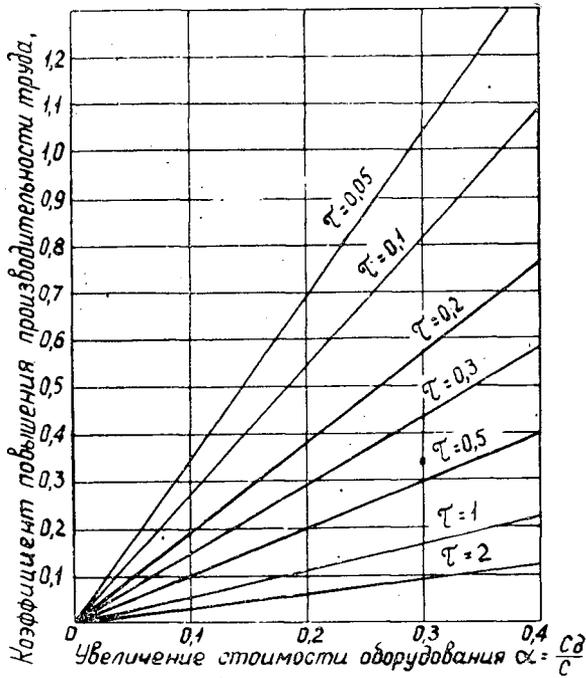


Рис. 9.

сти оборудования, при $\tau > 0,5$ он может быть меньше возрастания стоимости.

«Критическое» число $\tau_{кр}$, при котором рост производительности труда может быть равен удорожанию оборудования, для любого t определяется по формуле

$$\tau_{кр} = \frac{1}{t}.$$

Число лет окупаемости удорожания оборудования удобно определять, если ввести коэффициент β , учитывающий отношение увеличения стоимости оборудования α и роста производительности труда K

$$\beta = \frac{\alpha}{K}.$$

Тогда из ранее приведенной основной формулы для определения t можно получить следующую:

$$t = \frac{\beta}{\tau + \frac{1}{t_A} \cdot (1 - \beta)}.$$

Для $t_A = 7,6$ она имеет вид

$$t = \frac{\beta}{\tau + 0,132(1 - \beta)}.$$

На рис. 10 приведен график зависимости числа лет окупаемости дополнительных капитальных вложений от соотношения между удоро-

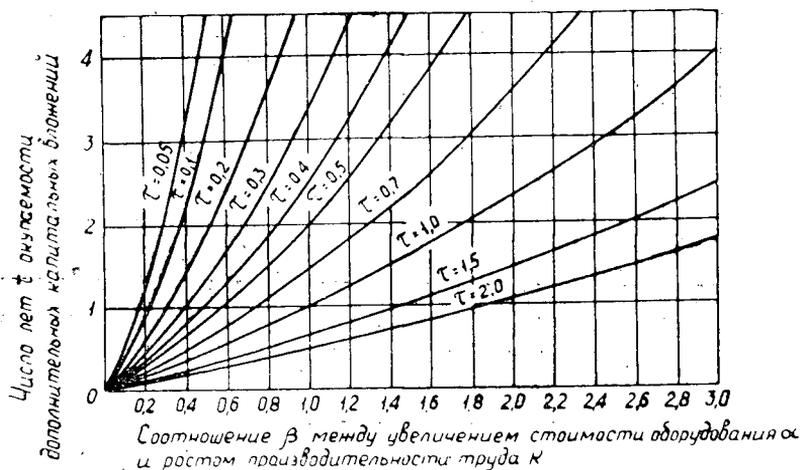


Рис. 10.

жанием оборудования и ростом производительности труда, построенный по этой формуле для β от 0 до 3 и для τ от 2,0 до 0,05.

Проведенные нами работы показывают, что применение оборудования с преселективной настройкой в деревообработке эффективно для случаев больших потерь времени на ручную переналадку. К ним относится эксплуатация сложных многооперационных станков и автоматических линий в серийном производстве с частой их переналадкой. В 1964 г. опытные модели механизмов преселективной настройки станков были испытаны на московских мебельных предприятиях.

Поступила в редакцию
30 июня 1964 г.

УДК 62.529 : 621.918.8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО СЛЕДЯЩЕГО ПРИВОДА ОБРЕЗНЫХ СТАНКОВ

В. М. КУЗНЕЦОВ

Аспирант

(ВНИИДМАШ)

Создание следящего привода для перемещения и установки пил — одна из наиболее трудных задач при проектировании круглопильных обрезающих станков. Анализ систем и механизмов, применяемых для этой цели, показал, что требования высокой скорости перемещения (150—200 мм/сек) в сочетании с необходимой точностью установки ($\pm 0,5$ мм) могут обеспечить далеко не все варианты следящего привода. Поэтому работоспособность механизма для перемещения и установки пил зависит прежде всего от правильного решения вопроса о виде и структуре следящего привода.

В последние годы в станкостроении все более широкое применение находит электрогидравлический следящий привод, в котором сочетаются преимущества электрического дистанционного управления и гидравлического исполнительного привода: малая постоянная времени гидравлического исполнительного механизма особенно выгодна в сочетании с почти безынерционной передаточной командой электрическими системами. Однако в лесопильно-деревообрабатывающей промышленности этот вид следящего привода получил пока ограниченное применение и по существу еще находится в стадии создания и исследования опытных образцов.

С целью исследования различных вариантов электрогидравлического следящего привода для перемещения и установки пил в обрезающих станках была изготовлена специальная экспериментальная установка. Она состоит из следующих основных узлов: механизма перемещения и установки пил; гидростанции; стойки управления; электрошкафа.

Точность установки пилы в заданное положение измеряют с помощью специального приспособления, созданного на базе двух индикаторов 12-часового типа с пределом измерения 10 мм и ценой деления 0,01 мм.

Для определения фактического значения скорости в момент отключения привода и характера изменения скорости в процессе перемещения пильного суппорта использован тахогенератор постоянного тока типа ТМГ-30П с возбуждением от постоянных магнитов. Тахогенератор [2] работает по принципу электромагнитной индукции и имеет линейную зависимость между ЭДС, индуцированной в якоре, и числом оборотов якоря.

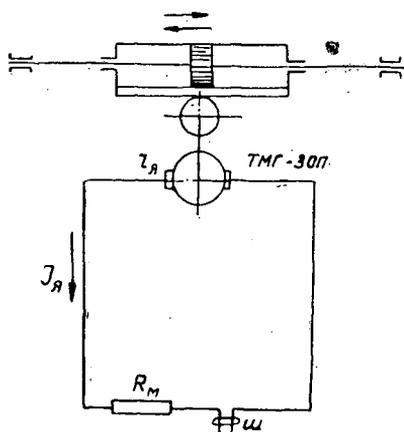


Рис. 1.

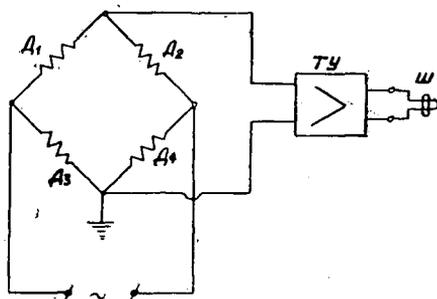


Рис. 2.

Схема включения тахогенератора в качестве датчика линейной скорости показана на рис. 1. Ротор тахогенератора приводится во вращение реечной шестерней при $z = 28$ и $m = 1$. Ток, возникающий в цепи ротора и пропорциональный скорости его вращения, регистрируется шлейфовым осциллографом.

Для определения давления (усилия), необходимого для перемещения пильного суппорта, а также суммарной силы сопротивления перемещению к обеим полостям гидроцилиндра перемещения пилы подключены манометрические датчики давления мембранного типа [1]. Основная деталь такого датчика — тонкая мембрана толщиной 2,0—2,5 мм, на которую с одной стороны давит рабочая жидкость, а с другой наклеиваются тензодатчики. Все датчики являются рабочими и включаются в мостовую схему. Схема включения проволочных датчиков манометрического давления показана на рис. 2.

При деформации мембраны на выходной диагонали моста появляется напряжение, которое по амплитуде прямо пропорционально отпосительной деформации. Это напряжение подается на вход усилителя, а после усиления — на шлейф осциллографа.

На описанной выше установке исследованы различные варианты электрогидравлического следящего привода для перемещения и установки пил. Эти варианты отличаются как по характеру изменения скорости в процессе перемещения пилы (одно- или двухскоростной привод), так и по виду задающего устройства.

Принципиальная гидросхема экспериментальной установки электрогидравлического следящего привода с механизмом принудительной фиксации показана на рис. 3. Схема включает в себя в качестве исполнительных органов гидроцилиндр 1 перемещения пилы и гидроцилиндр 2 фиксатора. Для управления цилиндром перемещения пилы применен трехпозиционный золотник 4 с электрическим управлением. Для управления гидроцилиндром фиксатора использован четырехходовой золотник 5. Давление в системе определяется настройкой предохранительного клапана 6 с переливным золотником и контролируется по манометру 11. Величина противодействия в сливной полости гидроцилиндра устанавливается с помощью напорного золотника 7. Для возможности регулирования скорости перемещения в ответвление от линии нагнетания установлен дроссель 9 с регулятором давления. Регулирование

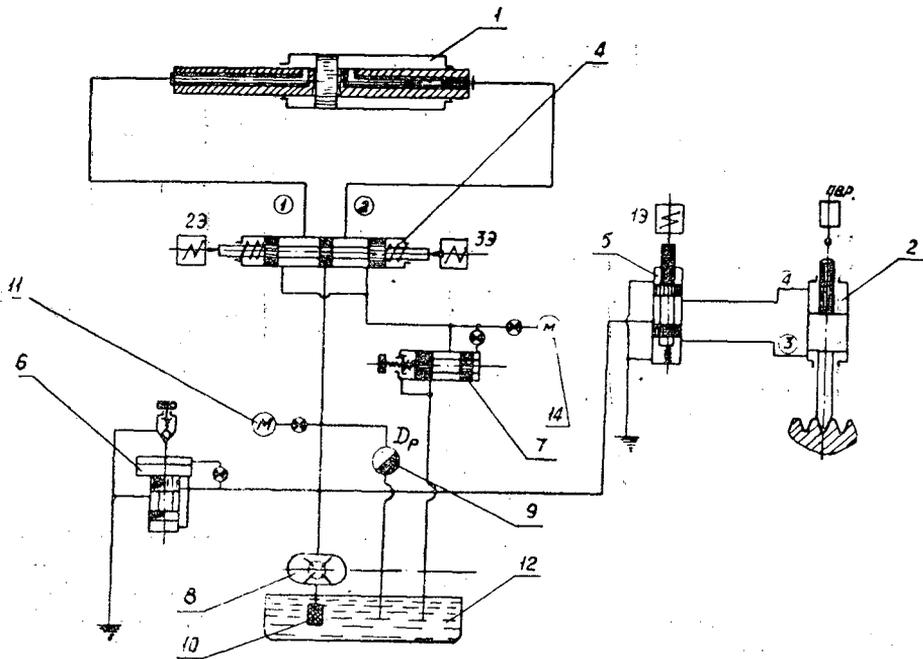


Рис. 3.

скорости перемещения осуществляется сливом в бак части масла, нагнетаемого насосом 8.

В качестве задающего и измерительного устройств экспериментальной установки электрогидравлического следящего привода мы выбрали ламельные потенциометры с шагом ламелей в 10 мм, которые просты в изготовлении и обладают надежным контактом между щеткой и ламелью, так как имеется достаточная поверхность соприкосновения. Однако в этом случае следящий привод имеет большую зону нечувствительности и для обеспечения необходимой точности установки пилы должен работать в сочетании с механизмом принудительной фиксации, уточняющим положение пилы в пределах зоны нечувствительности.

Принципиальная электрическая схема электрогидравлического следящего привода с задающим и измерительными устройствами в виде потенциометров показана на рис. 4.

Задающий потенциометр Π_1 (на пульте управления) и потенциометр обратной связи Π_2 соединены в мостовую схему, в диагональ которой включено трехпозиционное поляризованное реле типа РП-5. Когда напряжения на обоих потенциометрах равны, мост сбалансирован и высокочувствительное поляризованное реле с нейтральным контактом обесточено. Перемещением щетки потенциометра Π_1 (на определенное число ламелей) задается величина перемещения пилы. При этом в диагонали появляется ток определенного направления соответственно смещению щетки на задающем потенциометре. В зависимости от направления тока в диагонали замыкается один из контактов (правый или левый) поляризованного реле и включает промежуточное реле РПВ (вправо) или РПЛ (влево). При включении любого из реле (РПВ или РПЛ) замыкается цепь катушки реле РПР, которое включает электромагнит ИЭ, и происходит переключение четырехходового золотника 5, управляющего гидроцилиндром фиксатора. Фиксатор выходит из впа-

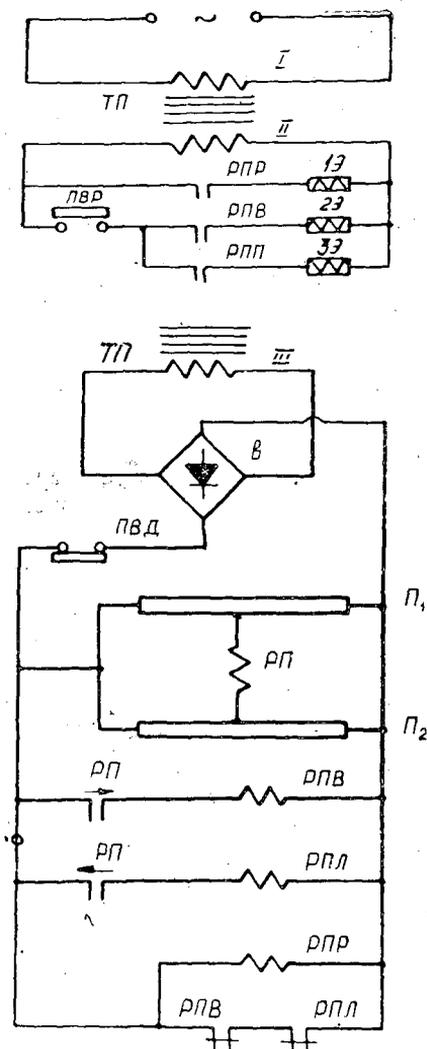


Рис. 4.

дины гильзы и в конце своего хода нажимает на конечный переключатель ПВР, который включает электромагнит 2Э или 3Э реверсивного золотника 4. Золотник смещается из нейтрального положения и сообщает напорную магистраль с соответствующей полостью гидроцилиндра. Противоположная полость цилиндра соединяется со сливом через подпорный золотник 8. Происходит перемещение пилы в заданном направлении. Одновременно с пилой перемещается подпружиненный скользящий контакт потенциометра обратной связи. Как только скользящий контакт потенциометра Π_2 пройдет заданное число шагов или ламелей, мост сбалансирован, и ток в диагонали прекратится. Поляризованное реле обесточится и отключит промежуточное реле РПВ или РПЛ. Реверсивный золотник возвращается в среднее положение и вновь отсекает гидроцилиндр перемещения пилы от напорной магистрали. Пила останавливается в заданном положении, а фиксатор,

срабатывая, уточняет это положение в пределах шага впадин, выполненных на гильзе гидроцилиндра.

Для проведения исследования описанного выше следящего привода задающий потенциометр (на стойке управления) и потенциометр обратной связи были собраны из 18 сопротивлений по 100 ом каждое. В диагональ моста было включено трехпозиционное поляризованное реле с сопротивлением катушки $R_k = 4000$ ом и фактическим током срабатывания $I_{ср} = 0,15—0,16$ ма. Питание мостовой схемы осуществлялось выпрямленным напряжением в 24 в. Выбранные параметры электрической схемы обеспечивали надежную работу следящего привода при минимальной разрешающей способности, равной 1 шагу (10 мм). Точность установки пилы в заданное положение и основные параметры электрогидравлического следящего привода изучали при отключенном механизме принудительной фиксации.

Критериями при сравнительном анализе различных систем приняты следующие основные показатели качества работы следящего привода: точность установки пилы в заданное положение (определяется как разность между полученным и заданным перемещениями); устойчивость следящего привода к возникновению автоколебаний (характеризуется критической скоростью перемещения, сверх которой возникает автоколебательный процесс около заданного положения); быстродействие привода в целом.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. Д. Модлин. Манометрический датчик. ЦБТИ ЭНИМС, 1955 [2]. С. Л. Попков. Основы следящего электропривода. Оборонгиз, 1958.

Поступила в редакцию
15 сентября 1964 г.

УДК 581.192.7 : 674.031.632.154.2

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ВЛИЯНИЕ НРВ НА РОСТ СЕЯНЦЕВ ОЛЬХИ ЧЕРНОЙ *

В. И. РУБЦОВ

Аспирант

(Брянский лесотехнический институт)

В 1964 г. мы исследовали влияние НРВ на рост сеянцев ольхи черной. Осенью 1963 г. в тридцатилетнем насаждении ольшаника таволгового в Брянском учебно-опытном лесничестве с южной стороны одного дерева (средняя часть кроны) были собраны плоды.

В течение 150 дн. их хранили при температуре ниже 0°С, после чего замачивали в водном растворе НРВ.

Принято два варианта по длительности воздействия и девять вариантов по концентрации раствора. Обработанные орешки высевали в питомнике по 500 шт. в каждом варианте. Поверхность гряд затем уплотняли. Всходы начали появляться на седьмой день. Грунтовая всхожесть составила 15—17,5%. На 25-й день после появления всходов сеянцы прореживали. Для каждого варианта было оставлено по 60 растений.

Уход заключался в трехкратной прополке. В первой половине лета сеянцы росли медленно. Размеры сеянцев представлены на рис. 1.

В конце августа после окончания вегетации был произведен обмер сеянцев. Результаты опыта приведены в табл. 1.

Таблица 1

| Концентрация раствора % | Высота сеянцев (см) при продолжительности воздействия (час) | | Диаметр сеянцев (мм) при продолжительности воздействия (час) | |
|-------------------------|---|--------------|--|-------------|
| | 24 | 48 | 24 | 48 |
| 0,001 | 19,84 ± 0,74 | 9,58 ± 0,38 | 3,13 ± 0,16 | 2,42 ± 0,20 |
| 0,002 | 19,46 ± 0,54 | 9,28 ± 0,34 | 3,08 ± 0,16 | 2,40 ± 0,20 |
| 0,004 | 20,20 ± 0,42 | 8,98 ± 0,26 | 3,05 ± 0,17 | 2,32 ± 0,20 |
| 0,006 | 20,76 ± 0,50 | 9,17 ± 0,39 | 3,23 ± 0,15 | 2,42 ± 0,20 |
| 0,008 | 18,46 ± 0,48 | 8,17 ± 0,27 | 3,10 ± 0,18 | 2,05 ± 0,18 |
| 0,010 | 16,77 ± 0,47 | 7,42 ± 0,24 | 2,67 ± 0,14 | 2,12 ± 0,18 |
| 0,020 | 17,82 ± 0,45 | 7,32 ± 0,25 | 2,69 ± 0,17 | 2,13 ± 0,18 |
| 0,040 | 15,23 ± 0,44 | 5,87 ± 0,28 | 2,72 ± 0,15 | 1,60 ± 0,18 |
| 0,050 | 13,63 ± 0,45 | 5,87 ± 0,28 | 2,60 ± 0,13 | 1,60 ± 0,18 |
| Контроль | 13,50 ± 0,58 | 12,75 ± 0,43 | 2,90 ± 0,17 | 2,67 ± 0,14 |

* Работа выполнена под руководством проф. **Б. В. Гроздова.**

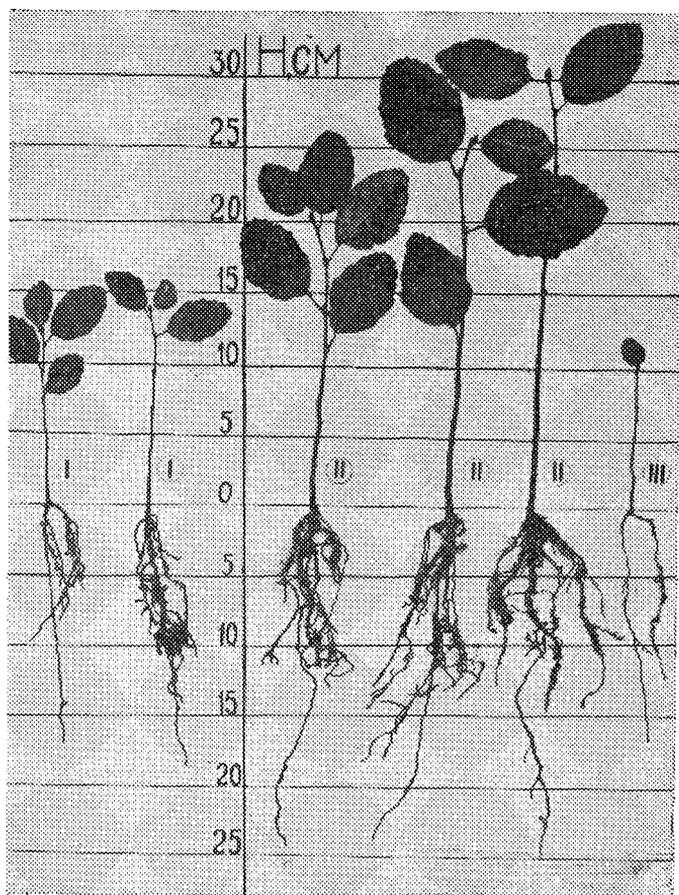


Рис. 1. Однолетние сеянцы ольхи черной.

I — контроль; *II* — при воздействии на плоды водного раствора НРВ 0,001—0,008%-ной концентрации в течение 24 час; *III* — при 48-часовом воздействии того же раствора той же концентрации.

Выводы

1. При воздействии на плоды в течение 24 час водный раствор НРВ 0,001—0,020%-ной концентрации оказывает благоприятное влияние на рост сеянцев ольхи черной. С повышением концентрации до 0,050% существенной разницы в росте не наблюдается.

2. При 48-часовом намачивании плодов действие НРВ на рост сеянцев во всех вариантах опыта отрицательно.

Поступила в редакцию
11 декабря 1964 г.

УДК 632.954 : 634.0.114.66

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ГЕРБИЦИДОВ (ХЛОРАЗИНА И ВАПАМА) НА МИКРОФЛОРУ ПОЧВЫ

С. Н. ЧЕМЯКИНА

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

Мы исследовали действие на почвенные микроорганизмы двух гербицидов: хлоразина (в полевом опыте) и вапама (в вегетационном опыте).

Наши опыты с хлоразином были заложены в питомнике кафедры лесных культур МЛТИ. Почва дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая. Делянки — 10 м². Повторность опыта четырехкратная, опрыскивание ручное из аппарата «Дезинфаль», расход жидкости 500 л/га, гербицид — хлоразин отечественного производства, доза — 5 л/га по действующему веществу без заделки в почву. Обработывали летние посевы листовницы сибирской в осеннее время.

Образцы почв для определения микрофлоры брали в три срока: через неделю, 45 и 70 дн. после обработки с глубины 1—5 см. Микробиологические анализы проводили в лаборатории кафедры в день взятия образцов методом высева предельных разведений на питательные среды. Учитывали развитие некоторых физиологических групп почвенных микроорганизмов, способствующих разложению растительных остатков и освоению перегноя.

На питательной среде Гетчинсона учитывали бактерии, вызывающие разложение клетчатки. В процессе разложения углерод клетчатки становится доступным растению.

На питательных средах Эшби и мясо-пептонном агаре (МПА) учитывали бактерии, способствующие превращению азотных веществ почвы в доступную для растений форму.

Масляно-кислые бактерии, развивающиеся на картофельной кашнице, равно как и почвенные грибы, количество которых определяют на питательной среде Чапека, активно участвуют в разложении белковых веществ. Эти микроорганизмы также обогащают почву доступной для растений азотистой пищей.

Влияние хлоразина на содержание микроорганизмов в почве (тыс. шт. на 1 г сухой почвы) показано в табл. 1.

Таблица 1

| Время учета микроорганизмов | Грибы на среде Чапека | Бактерии на питательных средах | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------|------------|----------------------|
| | | МПА | Эшби | Гетчинсона | картофельная кашница |
| Через 7 дн. после внесения гербицида | 33,4 | 10684 | 166,9 | 68,5 | 6·10 ⁴ |
| | 52,8 | 4294 | 186,1 | 68,4 | 2,5·10 ⁵ |
| Через 45 дн. | 16,9 | 8037 | 116,1 | 89,4 | 6·10 ⁴ |
| | 24,5 | 1669 | 372,8 | 92,4 | 6·10 ⁴ |
| Через 70 дн. | 27,6 | 4138 | 413,8 | 16,6 | 6·10 ⁵ |
| | 33,3 | 6782 | 6,8,3 | 34,4 | 13·10 ⁴ |

Примечание. В числителе — данные, показывающие влияние обработки почвы хлоразином; в знаменателе — контрольные.

Как видно из таблицы, хлоразин оказывает стимулирующее воздействие на группы микроорганизмов, произрастающих на МПА в первые сроки после обработки, в дальнейшем же эта группа испытывает некоторое угнетение; число масляно-кислых бактерий на картофельной кашеце уменьшается вначале и увеличивается через 2—3 месяца; бактерии на питательных средах Эшби и Гетчинсона испытывают довольно стойкое угнетение, следовательно, тормозящее действие хлоразина проявляется и более чем через 2 месяца.

Параллельно с этими исследованиями в вегетационном домике кафедры был заложен опыт с гербицидом вапамом отечественного производства.

Вапам (карбатион) является почвенным фумигантом, который при достаточном количестве влаги в почве уничтожает грибы, бактерии, нематод, насекомых, сорняки, семена сорняков, а также и корневища многолетников — пырея, свинороя.

В течение последних лет его успешно испытывали сотрудники лаборатории гербицидов ЛенНИИЛХа и пришли к выводу, что это перспективный гербицид для применения в лесных питомниках*. Поэтому лесоводам особенно важно знать его влияние на микрофлору почвы.

Наши опыты были заложены в вегетационных сосудах, наполненных дерново-подзолистой почвой (2 кг в сосуде). Вапам вносили опрыскиванием в дозе, соответствующей 80 г/м², обильный полив производили сверху, повторность опыта четырехкратная. Образцы почвы для анализа брали с глубины 1—3 см, анализ проводили, как в предыдущем опыте, методом предельных разведений.

Результаты опыта даны в табл. 2.

Таблица 2

| Время учета микроорганизмов | Грибы на среде Чапека | Бактерии на питательных средах | | | |
|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------|------------|---------------------|
| | | МПА | Эшби | Гетчинсона | картофельная кашеца |
| Через 7 дн после внесения гербицида | — | 6304 | 166,0 | 13,3 | 6·10 ³ |
| | 40,6 | 6244 | 135,8 | 18,0 | 6·10 ⁴ |
| Через 45 дн. | — | 3248 | 51,3 | 7,6 | 13·10 ⁵ |
| | 25,5 | 5874 | 171,6 | 81,3 | 5·10 ⁴ |

Примечание. В числителе — данные обработки вапамом; в знаменателе — контрольные.

Как следует из таблицы, вапам полностью угнетал грибную флору, бактерии на МПА и среде Эшби испытывали вначале некоторую стимуляцию, а затем угнетение; через 45 дн. значительно уменьшилось количество бактерий на среде Гетчинсона, но увеличилось количество масляно-кислых бактерий на картофельной кашеце.

* Л. М. Козлова, В. П. Бельков. Применение гербицидов в связи с приемами выращивания сосны и ели в питомниках и на вырубках. Сборник научно-технической информации ЛенНИИЛХ, вып. 3, 1962.

УДК 634.0.228.82

**К ВОПРОСУ О КАЧЕСТВЕ ЕЛЬНИКОВ, СФОРМИРОВАВШИХСЯ
ИЗ ВТОРОГО ЯРУСА *****А. С. ТИХОНОВ**

Старший инженер-технолог

(Ленинградский НИИ лесного хозяйства)

В Вяземском лесхозе Смоленской области мы нашли площади рубок двухъярусных листовенно-еловых древостоев 1910—1920 гг., где еловый ярус оставался как неликвидная древесина на корню при сплошной рубке лиственных деревьев первого яруса. В типе леса ельник кисличный на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве в настоящее время сформировались ельники с примесью осины последующего возобновления, снова готовые к рубке.

Анализ 256 учетных деревьев ели и 81 дерева осины в описываемых древостоях показал, что за 40—50 лет после рубки образовались древостои состава 8Е2Ос с запасом стволовой древесины 380—540 м³ на 1 га. Средний таксационный прирост в них за годы после рубки составил 8—11 м³ на 1 га. В таких древостоях ежегодный прирост древесины был выше в среднем на 3—4 м³, чем в смешанных елово-березовых насаждениях с таким же преобладанием ели и приравненных к лесным культурам, созданным после сплошной рубки двухъярусных древостоев. Срок выращивания ели сокращается на 30—40 лет по сравнению с лесными культурами.

Качество древостоев, сформировавшихся из второго яруса, не выяснено. Изучая пороки не только в отмеченных древостоях, но и на 11 пробных площадях, заложенных в тех же условиях на местах рубок послевоенного периода с сохранением второго яруса, после анализа 182 учетных деревьев ели мы установили следующее.

Осветленные 30—60-летние деревья ели второго яруса через 1—3 года или сразу после рубки листовенного яруса резко увеличивают прирост по диаметру, достигающий максимума в первые два пятилетия. Прирост по высоте увеличивается слабее и только через 1—6 лет, а максимума чаще достигает во втором десятилетии. Затем он уменьшается менее интенсивно, чем прирост по диаметру. Вследствие этого в первое десятилетие после рубки деревьев первого яруса стволы ели сильно сбежисты и характеризуются средними величинами класса формы в отдельных древостоях от 0,714 до 0,805, тогда как через 40—50 лет стволы становятся среднесбежистыми, так как класс формы колеблется от 0,795 до 0,834.

В древостоях из второго яруса к возрасту рубки q_2 оказался равным $0,718 \pm 0,0028$ при густоте 700—900 деревьев ели и $0,690 \pm 0,0002$ при густоте 400.

В ельниках V класса возраста от сучьев был очищен лишь небольшой участок ствола длиной 1,0—1,3 м. Выше, на протяжении 9,3—10,9 м находились мертвые незаросшие сучья. Протяженность кроны составляла 40—60% высоты ствола. Близкие данные для естественных древостоев иного происхождения приводят другие авторы.

Если за показатель сукроватости принять отношение площади сечения сучьев у поверхности ствола к площади его поверхности, то в нижней части ствола протяженностью 17 м (зона наиболее ценной для хозяйства древесины и месторасположения самых крупных сучьев) эта величина составляла 0,28% для деревьев ступени толщины 20 см, 0,35% для ступени 24 см, 0,43% для ступени 28 см и 0,53% для ступени 32 см.

При уменьшении густоты деревьев ели число крупных сучьев увеличивалось, но даже при густоте 420 максимальный диаметр их у самых крупных деревьев (28—34 см) не превышал 5 см. А так как из них получались лесоматериалы толщиной 26 см и выше, во втором сорте которых согласно ГОСТу 9462—60 допускаются сучки

* Работа выполнена под руководством проф. Н. Е. Декатова.

диаметром не более 5 см, то качество лесоматериалов из-за сучков снижалось незначительно. Например, при одинаковых других пороках выход лесоматериалов, удовлетворяющих требованиям второго сорта, из модельных деревьев ели (10—15 из трех средних ступеней толщины) на пробной площади с густотой 860 деревьев ели составил 90,5% ликвида, на другой пробе с густотой 690 деревьев ели — 84,7% ликвида и на третьей — при густоте 420 — 77,6%.

Таким образом, очищение ствола от сучьев, протяженность кроны и суковатость ели, при соответствующей густоте деревьев ели из второго яруса и возобновлении лиственных пород в местах, свободных от него, согласуются с требованиями ГОСТов и почти одинаковы с таковыми в других естественных ельниках.

При рекогносцировочном обследовании 6 тыс. деревьев ели на пробных площадях деревья с комлевой гнилью составили менее 1%. При раскряжке же моделей стволовая гниль и красина встретились у 28% деревьев. В этом числе у 1/3 стволов качество древесины не ухудшалось и соответствовало ГОСТу. У такого же числа стволов снижалась сортность древесины, а у остальных пораженная древесина относилась к дровяной. В большинстве случаев потери качества древесины составляли не более 10% по объему и в двух случаях более 40%.

Наиболее часто встречается гниль, вызываемая грибом *Fomes annosus* (Fr.) Sacc [Fomitopsis annosa (Fr.) Bond. et Sing]. Она обнаружена у 12% деревьев и особенно распространена в густых древостоях. В напенной части ствола гниль встречалась чаще в начальной стадии. Это указывает на то, что возникновение ее не связано с прошлой рубкой, иначе бы за 40—50 лет она развилась до третьей стадии.

У некоторых деревьев стволовая гниль распространялась от крупных долго не застывающих ран шириной более 4 см. Раневая гниль встречалась у 7% деревьев, у большинства которых пораженную древесину можно было использовать только как дровяную.

Приведенные данные о распространении гнили можно считать обычными для еловой формации, если не принимать во внимание раневую бурую гниль. Появление и развитие последней можно регулировать, сохраняя для дорастивания только неповрежденные при лесозаготовках деревья или стволы с небольшими ранениями шириной до 4 см. Даже при механизированных рубках с хлыстовой трелевкой вершиной вперед можно сохранить на пасаках 50—70% таких деревьев общего их числа до рубки.

Лучшим подтверждением удовлетворительного технического состояния еловой древесины в исследованных древостоях является выход лесоматериалов. Так, выход деловой древесины по фактической раскряжке моделей на трех пробных площадях (по 25 деревьев из всех ступеней толщины) составил 95% ликвида, в том числе 4% — лесоматериалы 4-го сорта и 67% — 2-го. Наряду с выходом наиболее распространенных сортиментов, мы учитывали лесоматериалы для мачт судов, к которым предъявляются повышенные требования. Оказалось, что 58% объема ликвидной древесины соответствует таким требованиям.

Таким образом, сохраняя второй ярус ели при рубке лиственно-еловых древостоев, можно обеспечить ускоренное выращивание еловой древесины удовлетворительного технического качества.

Поступила в редакцию
11 апреля 1964 г.

УДК 378.962

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

ВЫСШЕЕ ЛЕСНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В СОВЕТСКОЙ БЕЛОРУССИИ

(К 45-летию лесохозяйственного факультета БТИ)

В сентябре 1964 г. исполнилось 45 лет со дня организации высшей лесной школы в Советской Белоруссии. Подготовка местных кадров высшей квалификации сыграла значительную роль в развитии лесного хозяйства и лесной промышленности в республике на различных исторических этапах социалистического строительства.

Высшая лесная школа основана в 1919 г., когда в Горецком сельскохозяйственном, а затем в Минском политехническом институтах были открыты лесные факультеты. В 1924 г. эти факультеты были объединены в Минском сельскохозяйственном институте, а в 1925 г. объединенный факультет лесного хозяйства вошел в состав Горецкой (Белорусской) сельскохозяйственной академии.

В это время начало развиваться и лесное опытное дело. В 1922 г. акад. Г. Н. Высоцкий организовал Жорновскую лесную опытную станцию, где были поставлены стационарные гидрологические исследования, изучение дубрав и других лесных формаций, закладка опытных лесных культур.

Наиболее интенсивно работа по изучению лесов республики начала развиваться с организацией в г. Горках Центральной лесной опытной станции БССР. В 1930 г. в Гомеле организовался Белорусский лесотехнический институт, одним из трех факультетов которого был факультет лесного хозяйства. С началом Великой Отечественной войны институт эвакуировался в Свердловск. В 1944 г. институт возвратился в Белоруссию, где коллектив лесного факультета продолжал учебную и научно-исследовательскую работу.

Послевоенный период развития лесного образования является основным не только в отношении подготовки инженерных кадров, но и в создании научно-исследовательской базы, в развертывании научных исследований. Достаточно отметить, что за 19 послевоенных лет подготовлено 1285 инженеров лесного хозяйства, а за 20 предвоенных лет всего 446 специалистов.

В 1961 г. Постановлением Правительства Союза ССР институт переимено-

ван в Белорусский технологический институт имени С. М. Кирова. Факультет лесного хозяйства за годы своего существования вырос, значительно укрепилась его материально-техническая база. Семь кафедр факультета и лаборатории при них оснащены современным оборудованием и аппаратурой, позволяющей проводить глубокие научные исследования. Учебной и производственной базой факультета, его природной лабораторией является Негорельский учебно-опытный лесхоз.

Сейчас на факультете обучается 450 студентов очно и 433 заочно. Учится в основном молодежь, пришедшая с производства и из рядов Советской Армии.

В различные периоды на факультете вели научную и педагогическую работу многие крупные ученые: академики Г. Н. Высоцкий, А. И. Кайгородов, В. В. Шкателов, К. Н. Коротков, В. И. Переход, В. В. Попов, профессора Л. И. Яшнов, Д. И. Товстолес, С. И. Мельник, Д. И. Морохин, А. В. Костяев, А. Д. Дубах, И. Я. Яхонтов и др.

Большой учебной, воспитательной и научно-исследовательской работой на факультете в настоящее время занимаются. Заслуженные деятели науки акад. П. П. Роговой, профессора В. К. Захаров, В. Е. Вихров, Б. Д. Жилкин, Н. И. Костюкевич, А. Л. Новиков, К. Ф. Мирон. В коллективе научных работников 7 профессоров и докторов наук и 20 доцентов, кандидатов наук. Большинство научных работников — воспитанники факультета, прошедшие научную подготовку в стенах института.

Большое место в деятельности факультета занимает научно-исследовательская работа, направленная на решение вопросов повышения продуктивности лесов Белоруссии. Ученые-лесоводы поддерживают значительные научные связи с вузами и научно-исследовательскими учреждениями других союзных республик.

Ю. Д. Сироткин.

Доцент.

(Белорусский технологический институт).

УДК 001.92

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

О КНИГЕ В. В. СМИРНОВА «СЕЗОННЫЙ РОСТ ГЛАВНЕЙШИХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД *»

Среди проблем экологической физиологии древесных пород вопрос о сезонном ходе ростовых процессов занимает особое место и представляет интерес с различных точек зрения. Несмотря на то, что исследования в этой области проводят уже давно, сведения об особенностях роста даже главных пород все еще отрывочны. В значительной мере это объясняется сложностью организации и большой трудоемкостью длительных и систематических наблюдений, а также несовершенством и различием применявшихся методик работ. Поэтому далеко не все из того, что накоплено предыдущими исследователями, может быть использовано для суждения по существу вопроса.

Вот почему вызывают такой интерес работы, проводимые на протяжении ряда лет Лабораторией лесоведения АН СССР. Базой для них служат естественные лесные насаждения Валдайской гидрологической лаборатории, расположенной в подзоне южной тайги. Эти исследования осуществляются по довольно обширной программе; их результаты изложены в ряде публикаций. Рассматриваемая книга В. В. Смирнова подводит итог работы в этом направлении за последние годы.

В книге сравнительно небольшого объема автор сообщает весьма обширные сведения о сезонном росте пяти древесных пород: ели, сосны, осины, березы и серой ольхи. В отличие от других авторов, занимавшихся изучением закономерностей сезонного роста деревьев, В. В. Смирнов исследует одновременно рост всех вегетативных органов дерева: побегов в длину, ствола по радиусу, сучьев по радиусу, корней в длину, хвои или листьев.

Программа исследования, как видно, достаточно обширна. Однако простым перечнем изучавшихся явлений ее содержание не исчерпывается. Дело в том, что отдельные вопросы были изучены не одним, а разными методами; так,

например, прирост хвои учитывали по весу и по длине; прирост дерева в толщину — микрометрически (методом высечек) и с помощью дендрометра и т. д. В итоге автор получил данные, позволяющие судить не только о росте отдельных частей дерева, но и о взаимосвязи прироста органов дерева в целом.

Работа насыщена большим цифровым материалом, позволяющим читателю самостоятельно анализировать данные автора; приведенные графики удачно отражают характер динамики происходящих ростовых процессов.

На основе полученных данных автор называет для каждой из пород календарные сроки начала, кульминации и окончания прироста его органов. И хотя для некоторых пород (или отдельных их органов) такие сведения были известны ранее, ценность рецензируемой работы не уменьшается. В. В. Смирнов впервые сообщил 5-летние данные о приросте одновременно всех основных органов нескольких древесных пород.

В методическом отношении ценно то, что, применив при изучении прироста ствола параллельно два метода (методы высечек и дендрометра), автор подтвердил вывод В. Г. Овсянникова о недостатках дендрометрического метода (стр. 54, 83, 124). С помощью дендрометра В. В. Смирнов изучает «утолщение стволов», которое, разумеется, не является синонимом прироста. Данные, характеризующие утолщение ствола, автор постоянно сопоставляет с данными о приросте, и хотя при этом он нередко указывает: «В 1961 г. ход изменения текущего утолщения стволов совершенно не похож на ход прироста годичного кольца» (стр. 124) или «Ход изменения толщины ствола у осины в течение вегетационного периода не похож на ход прироста годичного кольца» (стр. 124) или «Ход изменения толщины ствола у осины в течение вегетационного периода не похож на ход текущего прироста ствола» (стр. 105), но по сути, очевидно, признает за дендрометрическим методом все права гражданства.

* Изд-во «Наука», М., 1964.

Помимо изучения собственно ростовых явлений, автор уделяет значительное внимание сезонному изменению влажности хвои, побегов и ствола. Нет сомнения в том, что эти данные сами по себе представляют также большой интерес. Однако в данной работе, посвященной изучению хода ростовых процессов, хотелось бы видеть, какова зависимость роста отдельных органов от содержания воды в их тканях. Автор же указывает на существование лишь обратной связи: «Динамика влажности отдельных частей дерева... тесно связана с процессом роста, именно растущие части наиболее насыщены влагой...» (стр. 158). Содержание воды в органе рассматривается, следовательно, как одна из его характеристик и только. В связи с этим, большое внимание, уделенное автором изменению влажности, кажется мало оправданным.

Исключительно интересны результаты аналитической обработки материалов, которые автор приводит в главе «Связь сезонного роста с погодными условиями». Известно, что эта связь, как правило, оказывается сильно затухающей влиянием косвенных факторов и неудивительно, что до сих пор наши сведения по данному вопросу довольно скудны. Следуя избранному функциональному принципу, автор рассматривает связь роста побегов, хвои, ствола, корней с метеорологическими условиями, причем в ряде случаев эта связь обнаруживается в весьма четкой форме (например, зависимость прироста ствола березы и однолетней хвои сосны от температуры воздуха).

Небольшие замечания мы хотели бы высказать по литературному обзору, названному автором «К истории вопроса» (стр. 5—10).

Несмотря на ограниченные возможности опубликования более полного списка литературы, автору не следовало, на наш взгляд, проходить мимо таких работ, как, например, большая статья Е. Antevs, выпущенная в 1917 г. в *Progressus rei botanicae*, поскольку она имеет прямое отношение к рассматриваемому вопросу. Кроме того, мы считали бы более удобным построить обзор литературы, отступив от традиционного хронологического принципа. Обзор выиграл бы, если бы автор рассмотрел сначала работы, посвященные изучению, например, радиального прироста ствола, затем — прироста корней, далее — прироста хвои и т. д.

Хочется внести поправку: Д. И. Товстолес вел свои исследования не в Брянском лесничестве, как указывает автор (стр. 6), а в Учебно-опытном лесхозе Киевского лесохозяйственного института.

В целом книгу В. В. Смирнова «Сезонный рост главных древесных пород» следует признать очень ценным вкладом в нашу лесобиологическую литературу. После исследований В. В. Смирнова ряд вопросов, касающихся экологии роста деревьев, можно считать достаточно разъясненным. Весьма желательно проведение подобных исследований в иных растительных зонах. Программа и метод таких исследований изложены в книге достаточно ясно. И в этом раскрытии перспектив для дальнейших исканий также заключено несомненное достоинство рецензируемой книги.

П. Б. Раскатов.

Профессор.

(Воронежский лесотехнический институт).

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

| | |
|--|----|
| А. В. Тюрин. К познанию феноклиматических сезонов (времен года) в лесах СССР | 3 |
| Н. А. Коновалов. К вопросу применения селекции при рубках ухода за лесом | 8 |
| М. В. Давыдов. Об опытных таблицах хода роста семенных дубовых насаждений Европейской части СССР | 11 |
| В. К. Захаров, А. С. Головачев. Исследование нормальных видовых чисел | 15 |
| А. М. Шутяев. Степень повреждения грибными болезнями желудей разного происхождения | 21 |
| А. И. Черногор. Рост культур ели при подготовке почвы и без нее | 24 |
| Г. С. Разин. О принципиальной ошибке в определении среднего накопления (среднего прироста) запасов древесины и основах правильного его определения | 26 |
| П. М. Малаховец, В. П. Тарабрин. О влиянии нефтяного ростового вещества на посеvy семян хвойных пород | 31 |
| В. Н. Драчков. Поражение ели ржавчинным грибом <i>Chrysomyxa abietis</i> Wint. в Архангельской области | 35 |
| В. Н. Валяев, Н. И. Рябинин. Ход роста сосново-березовых насаждений, III класса бонитета Южной Карелии | 39 |
| Н. М. Набатов. Особенности формирования корней сосны в культурах на песчаных почвах | 44 |

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

| | |
|---|----|
| В. А. Успенский. Оптимальные размеры пасек при комплексной организации лесосечных и лесовосстановительных работ | 50 |
| П. Ф. Марченко, Б. Д. Васильев-Козлов. Исследование напряжений в раме автолесовоза в статике | 54 |
| М. М. Овчинников. Оценка сопротивлений порожистых участков сплавных рек | 61 |
| К. А. Чекалкин. Исследования по динамике формировочного механизма поточной линии по формированию секций плотов. Сообщение I | 69 |
| С. Г. Осколков. Сроки службы узкоколейных рельсов (на лесовозных дорогах Томской области) | 76 |
| В. Г. Нестеренко. Влияние низких температур на хрупкость сучьев | 80 |

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

| | |
|--|----|
| Ю. П. Попов. Применение теории резания к процессу шлифования древесины | 86 |
| Л. Ф. Мелехин. К вопросу об аварийном износе зубьев дереворежущих пил | 92 |

| | |
|---|-----|
| Г. Р. Урванов, В. Н. Петри. График для определения влажности древесины в процессе высокотемпературной сушки | 100 |
| О. В. Покрышкин. Профилирование тупого реза для окорки мерзлой древесины | 106 |
| Г. П. Кузьминов. Методы использования высшей теплоты сгорания древесного топлива | 112 |

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

| | |
|--|-----|
| Г. Ф. Потуткин, Г. Л. Драншников. Исследование химических процессов при прессовании древесно-стружечных плит. Сообщение 1. Об изменениях компонентов древесины | 119 |
| С. Н. Иванов, Л. Н. Лаптев. Влияние относительной влажности воздуха на набухание целлюлозных волокон | 125 |
| Л. В. Меньшикова, З. С. Калугина, И. П. Сидоровская, С. Я. Коротов. Диффузия канифоли в бензиновых растворах, находящихся в капиллярах древесины. Сообщение 4. Коэффициенты молекулярной диффузии канифоли и олеиновой кислоты в бензине | 129 |
| О. П. Алексеева, Б. Д. Богомолов. Делигнификация древесины диметилсульфоксидом. Сообщение 2 | 135 |
| Т. М. Крошилова, В. М. Никитин. Реакция азосочетания сульфатного лигнина с диазотированными нитроанилинами и сульфаниловой кислотой. Сообщение 3 | 140 |
| А. И. Киприанов, З. И. Фолиадова, О. Н. Быстрова. Некоторые физические свойства древесно-смоляных масел. Сообщение 1 | 146 |

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

| | |
|---|-----|
| Н. В. Маковский. Преселективная настройка деревообрабатывающих станков | 151 |
| В. М. Кузнецов. Экспериментальная установка для исследования гидравлического следящего привода обрезных станков | 162 |

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

| | |
|---|-----|
| В. И. Рубцов. Влияние НРВ на рост сеянцев ольхи черной | 167 |
| С. Н. Чемякина. Влияние некоторых гербицидов (хлоразина и вапама) на микрофлору почвы | 169 |
| А. С. Тихонов. К вопросу о качестве ельников, сформировавшихся из второго яруса | 171 |

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

| | |
|--|-----|
| Ю. Д. Сироткин. Высшее лесное образование в Советской Белоруссии. (К 45-летию лесохозяйственного факультета БТИ) | 173 |
|--|-----|

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

| | |
|--|-----|
| П. Б. Раскатов. О книге В. В. Смирнова «Сезонный рост главных древесных пород» | 174 |
|--|-----|

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 4.

(Год издания восьмой).

Сдано в набор 5/VII-65 г. Подписан к печати 4/IX-65 г. Форм. бум. 70x108¹/₁₆. Печ. л. 15,07 + 3 вклейки. Физич. л. 11. Уч.-изд. л. 14,61. Тираж 1600. Ст. 00156. Заказ 1316. Цена 1 руб.

Типография им. Скляпина, г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

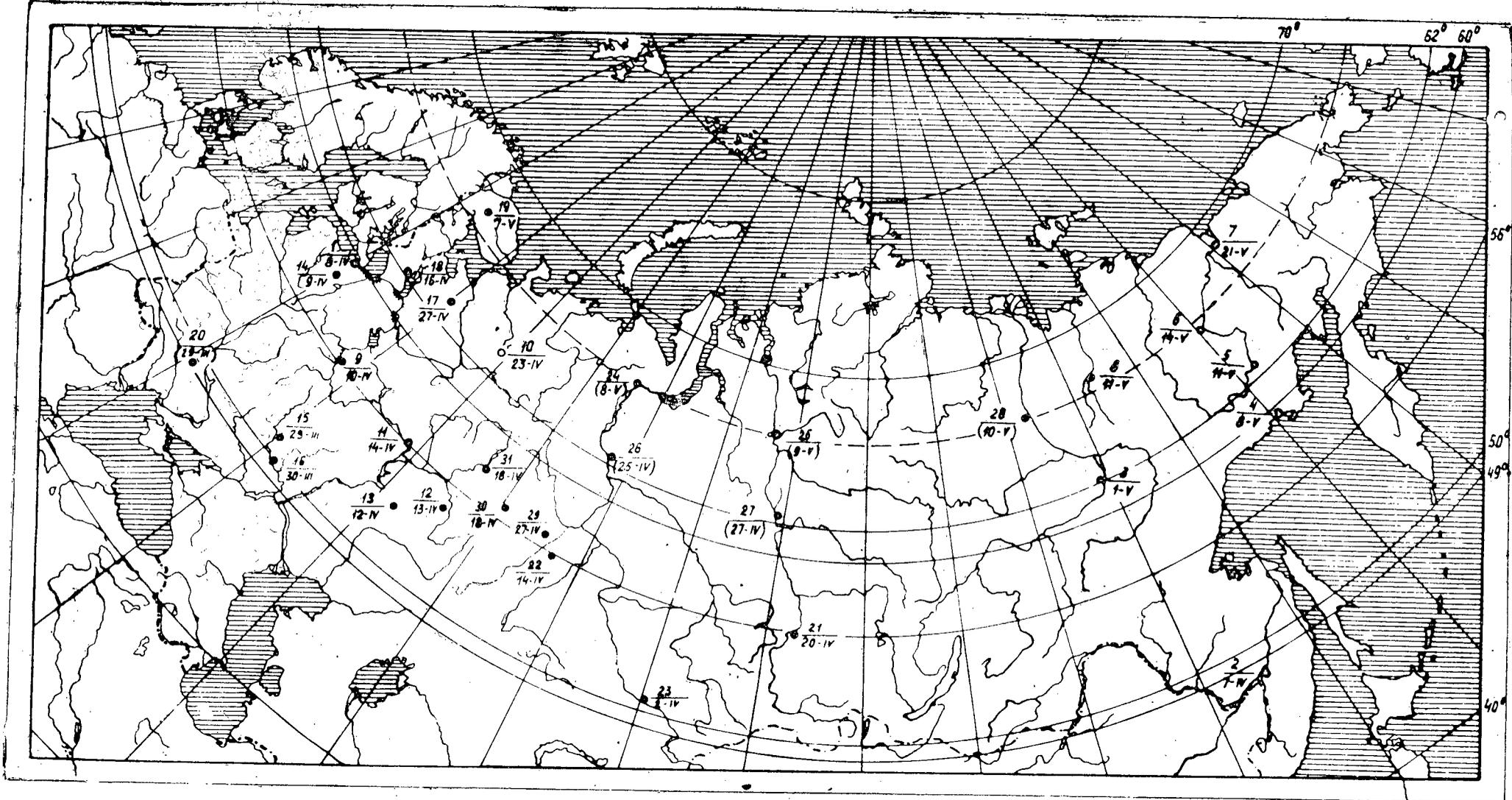


Рис. 1.

Условные знаки: 1—Ленинград; 2—Хабаровск; 3—Якутск; 4—Магадан; 5—Сеймчан; 6—Зырянка; 7—Нижне-Колымск; 8—Верхоянск; 9—Пушкино Моск.; 10—Якша; 11—Раифа; 12—Юматово; 13—Бузудук-бор; 14—Сиверская; 15—Шипов лес; 16—Вешенская; 17—Обозерская; 18—Петрозаводск; 19—Хибинь; 20—Звенигородка; 21—Красноярск; 22—Поспелово; 23—Семипалатинск; 24—Салехард; 25—Усть-Курейка; 26—62° с. ш. —89° в. д.; 27—62° с. ш. —89° в. д.; 28—Жиганск; 29—Тюмень; 30—Свердловск; 31—Пермь.

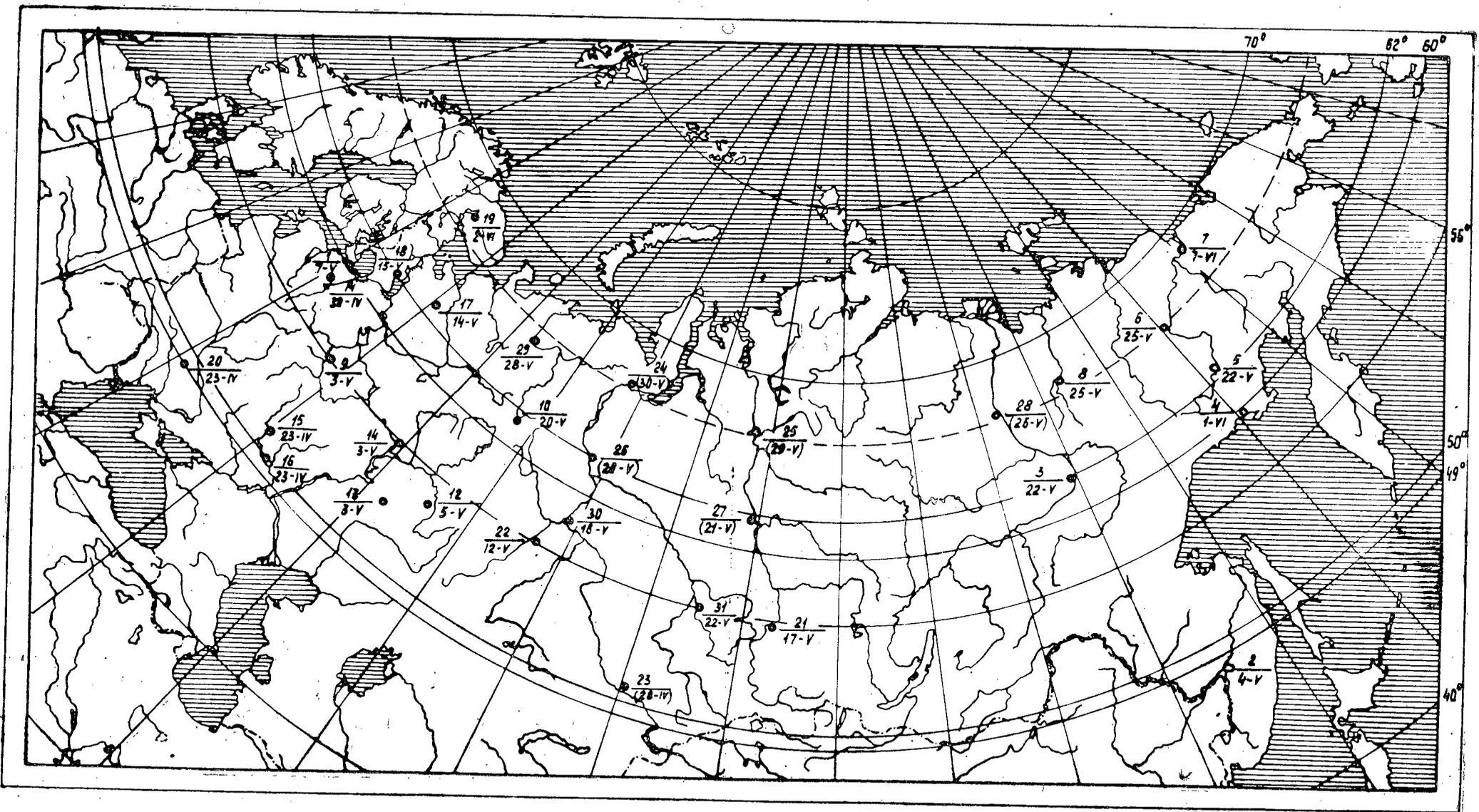


Рис. 2.

Условные знаки: 1—Ленинград; 2—Хабаровск; 3—Якутск; 4—Магадан; 5—Сеймчан; 6—Зырянка; 7—Нижне-Колымск; 8—Верхоянск; 9—Пушкино Моск.; 10—Якша; 11—Раифа; 12—Юматово; 13—Бузудукский бор; 14—Сиверская; 15—Шипов лес; 16—Вешенская; 17—Обозерская; 18—Петрозаводск; 19—Хибинь; 20—Звенигородка; 21—Красноярск; 22—Поспелово; 23—Семипалатинск; 24—Салехара; 25—Усть-Курейка; 26—62° с. ш. —89° в. д.; 27—62° с. ш. —89° в. д.; 28—Жиганск; 29—Усть-Цильма; 30—Тобольск; 31—Томск.

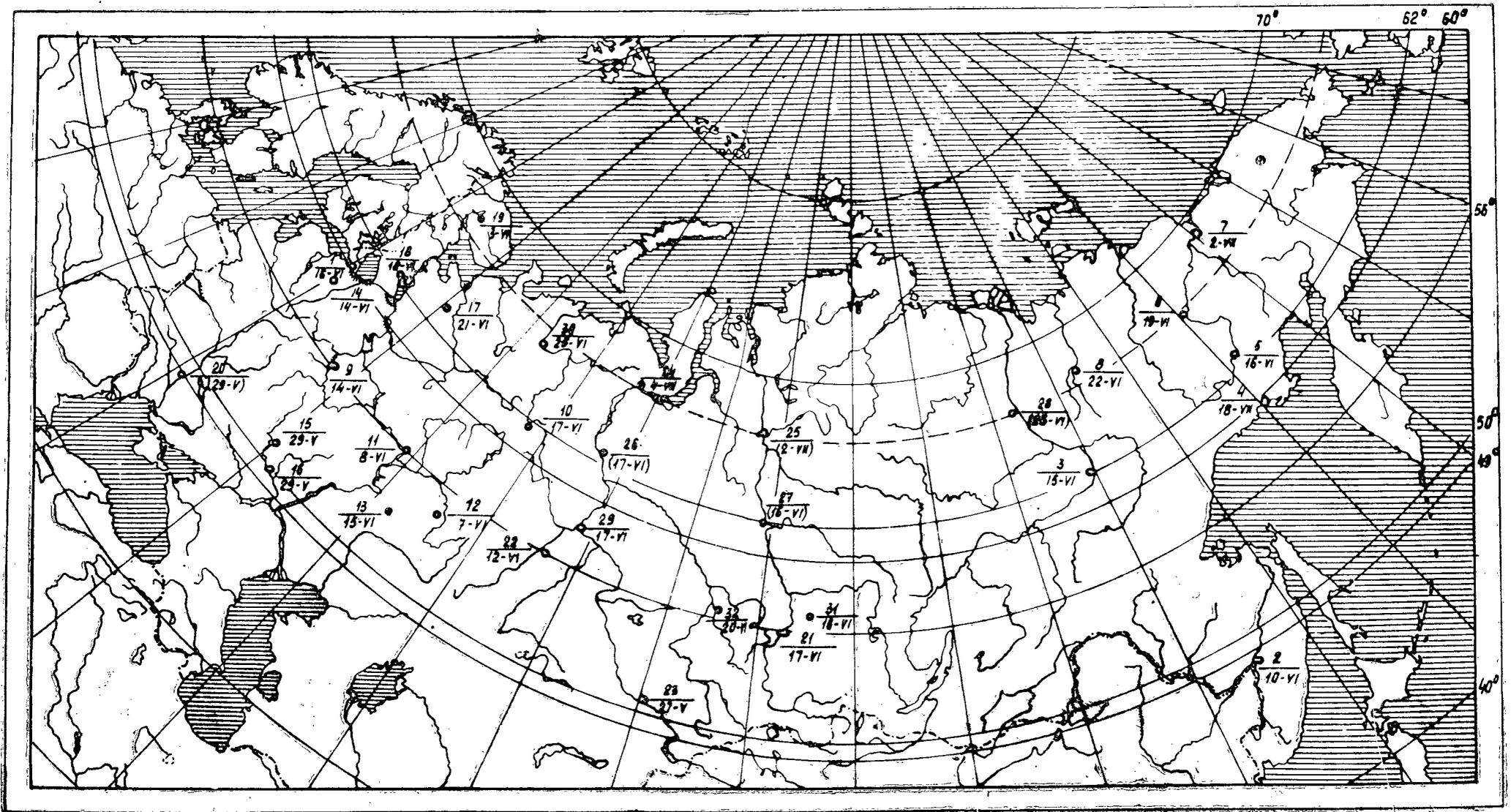


Рис. 3.

Условные знаки: 1—Ленинград; 2—Хабаровск; 3—Якутск; 4—Магadan; 5—Сеймчан; 6—Зырянка; 7—Нижне-Колымск; 8—Верхоянск; 9—Пушкино Моск.; 10—Якша; 11—Раифа; 12—Юматово; 13—Бузулукский бор; 14—Сиверская; 15—Шипов лес; 16—Вещенская; 17—Обозерская; 18—Петрозаводск; 19—Хибинь; 20—Звенигородка; 21—Красноярск; 22—Поспелово; 23—Семипалатинск; 24—Салехард; 25—Усть-Курейка; 26—62° с. ш. —67° в. д.; 27—62° с. ш. —89° в. д.; 28—Жиганск; 29—Тобольск; 30—Усть-Цильма; 31—Абан; 32—Томск.

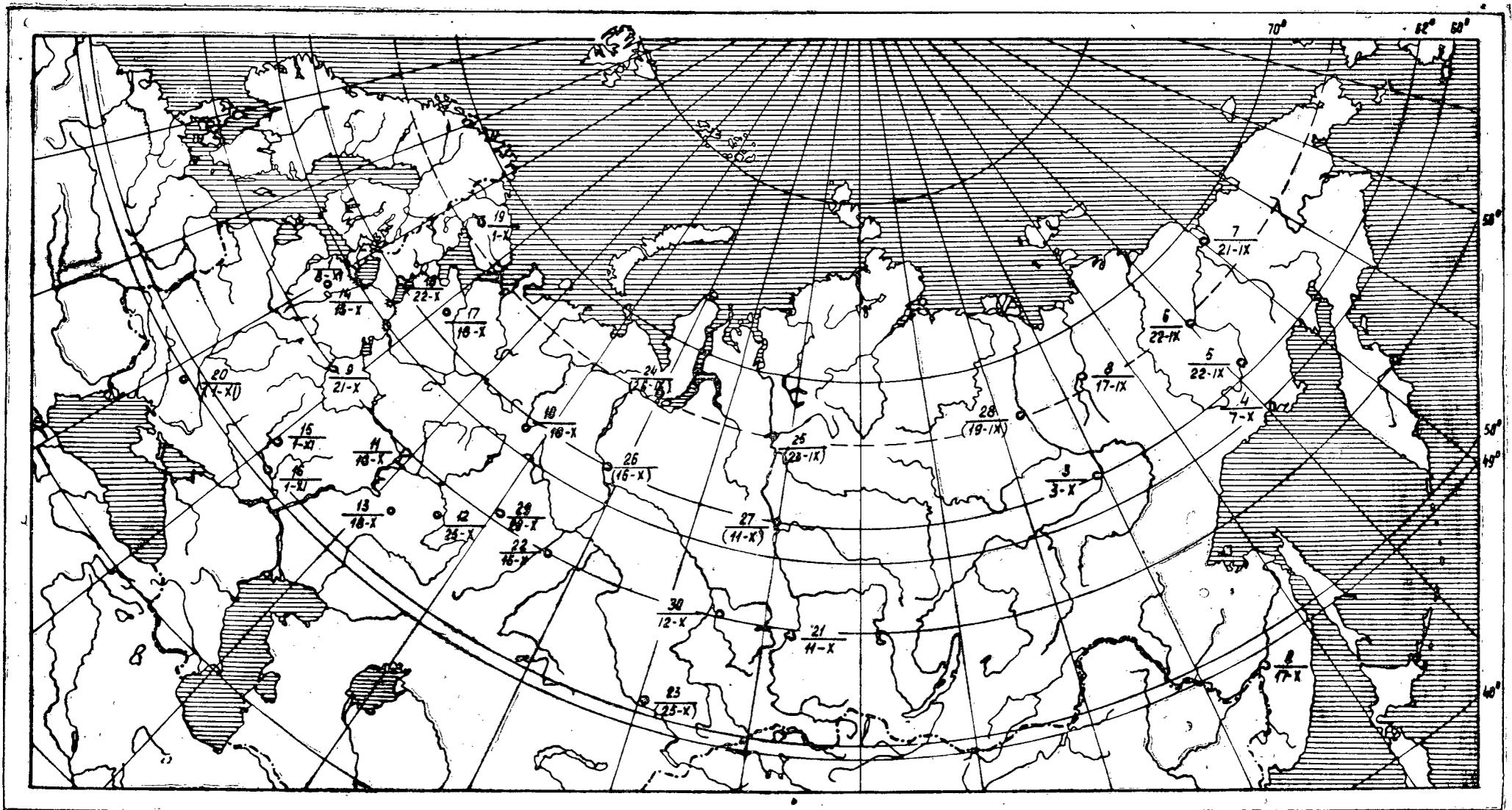


Рис. 4.

Условные знаки: 1—Ленинград; 2—Хабаровск; 3—Якутск; 4—Магadan; 5—Сеймчан; 6—Зырянка; 7—Нижне-Колымск; 8—Верхоянск; 9—Пушкино Моск.; 10—Якша; 11—Раифа; 12—Юматово; 13—Бузулукский бор; 14—Сиверская; 15—Шипов лес; 16—Вещенская; 17—Обозерская; 18—Петрозаводск; 19—Хибинь; 20—Звенигородка; 21—Красноярск; 22—Поспелово; 23—Семипалатинск; 24—Салехард; 25—Усть-Курейка; 26—62° с. ш. —67° в. д.; 27—62° с. ш. —89° в. д.; 28—Жиганск; 29—Свердловск; 30—Томск.

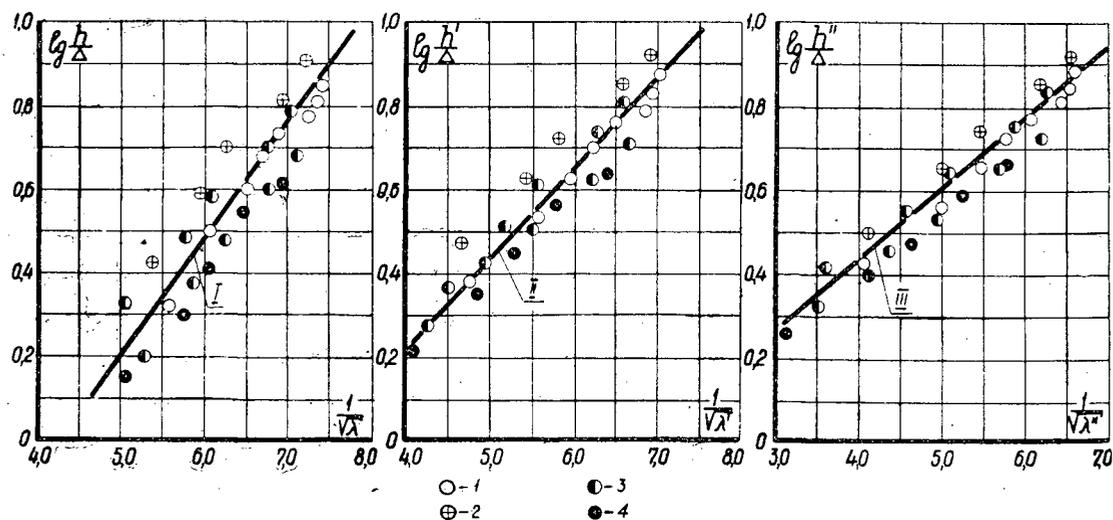


Рис. 2.

I— $\Delta=12,46$ мм; 2— $\Delta=12,89$ мм; 3— $\Delta=17,13$ мм; 4— $\Delta=20,50$ мм; I— $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 3,46 \lg \frac{h}{\Delta} + 4,37$;

II— $\frac{1}{\sqrt{\lambda''}} = 5,65 \lg \frac{h''}{\Delta} + 1,67$.

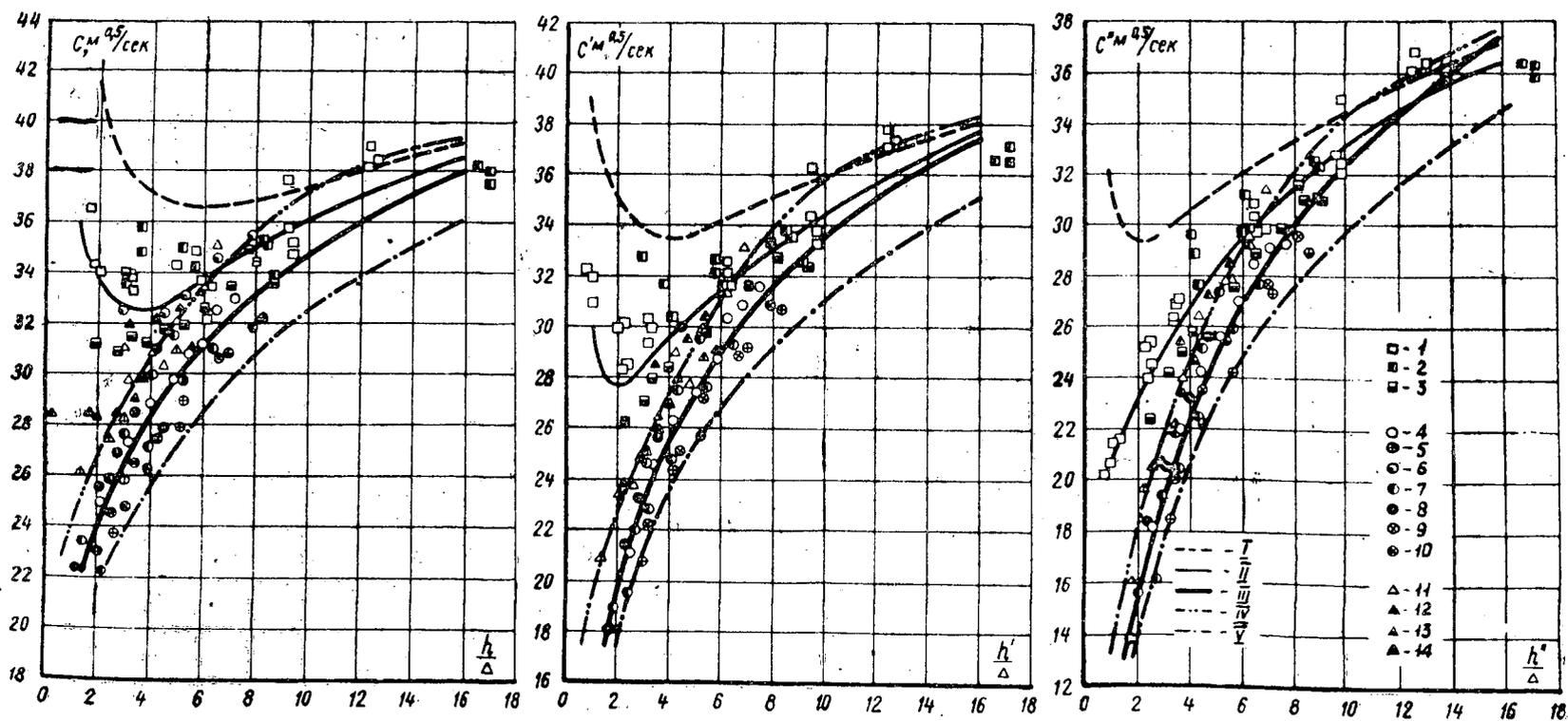


Рис. 3.

I—по В. Н. Гончарову; II—по А. Я. Слободкину; III—по автору; IV—по А. П. Сидорову; V—по Г. М. Ломизе. Опыты А. Я. Слободкина: I—VII серия; 2—VIII серия; 3—XIII серия. Опыты автора: 4— $\Delta=12,46$ мм; 5— $\Delta=12,89$ мм; 6— $\Delta=13,33$ мм; 7— $\Delta=17,13$ мм; 8— $\Delta=20,50$ мм; 9—трапециальное русло; 10— $\Delta=28,09$ мм. Опыты А. П. Сидорова: 11—I серия; 12—II серия; 13—III серия; 14—IV серия.

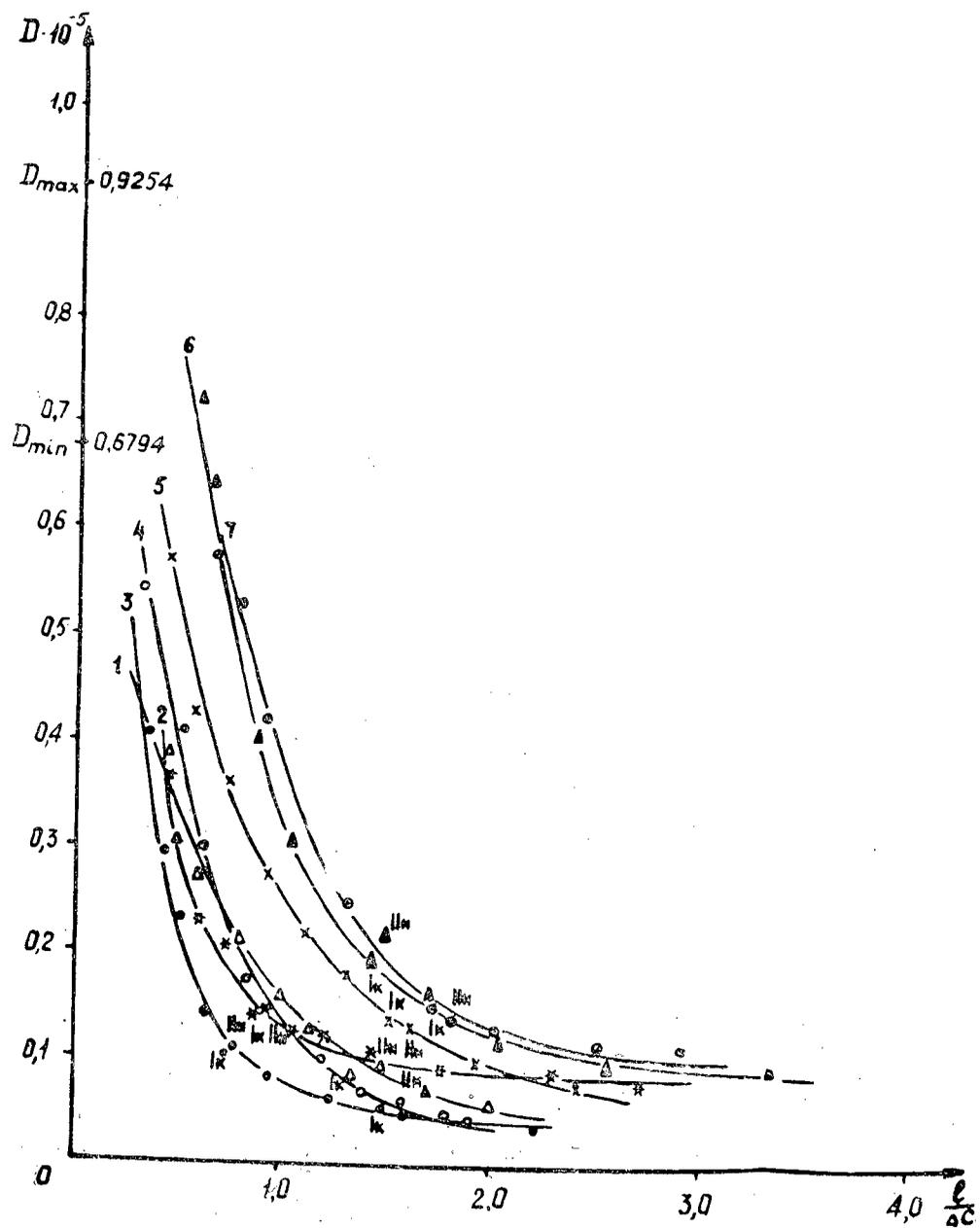


Рис. 1.

1—B=5 мм; 2—C=5 мм; 3—B=10 мм; 4—C=10 мм; 5—B=10 мм; 6—B=15 мм;
7—C=10 мм; 8—C=15 мм.

D_{max} — наибольшее и D_{min} — наименьшее численные значения коэффициентов свободной молекулярной диффузии канифоли в бензине; D_{cp} — среднее значение коэффициента молекулярной диффузии (из 9 определений) канифоли в бензине.

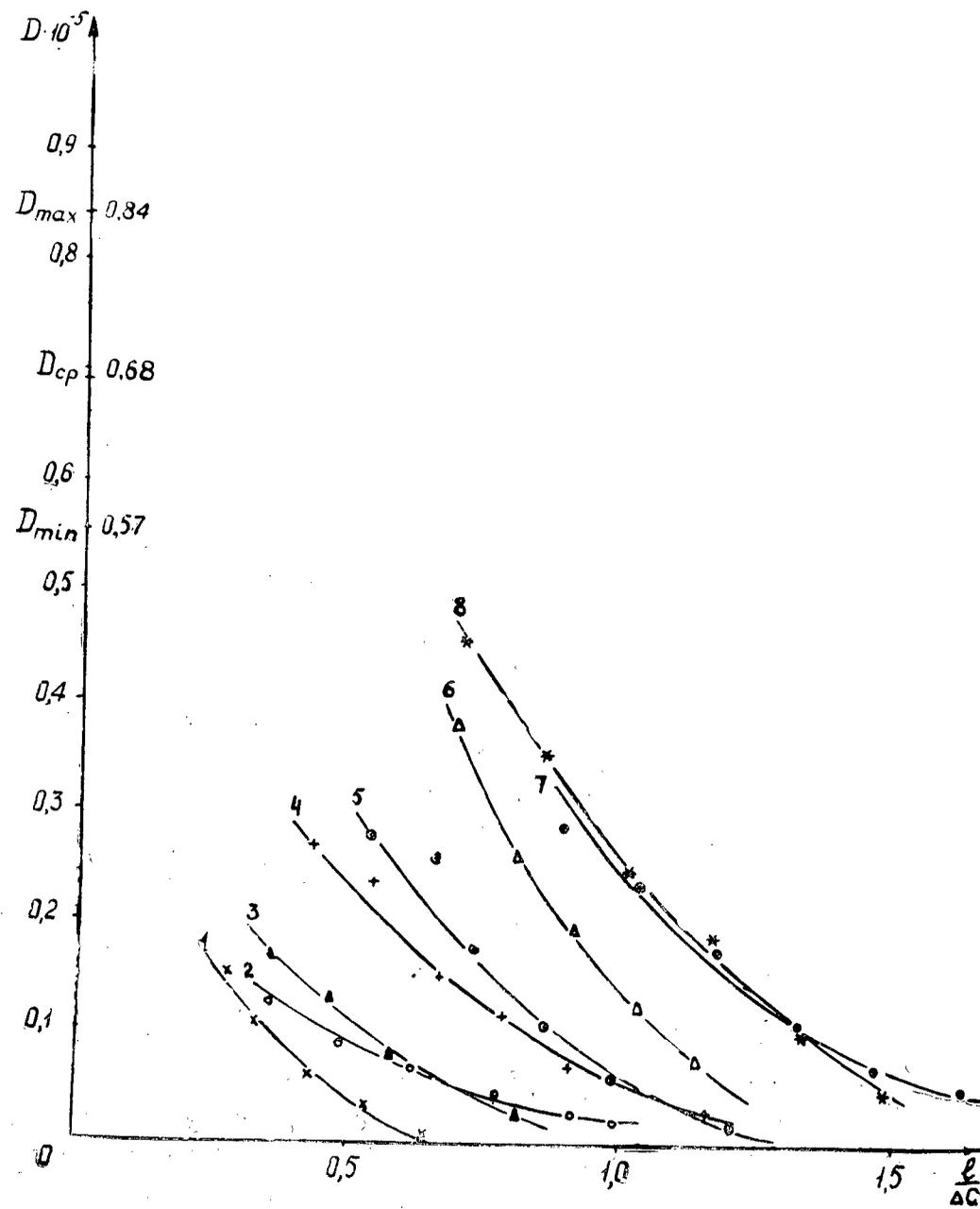
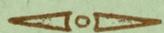


Рис. 2.

1—B=10 мм; 2—C=5 мм; 3—B=5 мм; 4—C=15 мм; 5—C=10 мм; 6—C=10 мм; 7—B=15 мм.
 D_{max} — наибольшее и D_{min} — наименьшее численные значения коэффициентов свободной молекулярной диффузии олеиновой кислоты в бензине. Точки, определяющие конец первого периода, обозначены I_K ; начало второго — II_K .

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ
ЖУРНАЛ



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

**Подписывайтесь
на журнал на 1966 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР**

Раздел

„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера за 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964 и 1965 гг. высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».