

634.981.9

с-50

Министерство высшего и среднего специального образования БССР

Белорусский технологический институт  
им. С. М. Кирова

*На правах рукописи*

**Р. Г. СМИРНОВ**

**ВЛИЯНИЕ ВИДА ОКОРКИ НА  
АТМОСФЕРНУЮ СУШКУ И  
ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ  
БЕРЕЗЫ ПРИ МОЛЕВОМ СПЛАВЕ**

Специальность 05.420

Машины, механизмы и технологии лесоразработок,  
лесозаготовок и лесного хозяйства

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск  
1970

634.981.9

с-50

Министерство высшего и среднего специального образования  
БССР

Белорусский технологический институт им. С.М.Кирова

На правах рукописи

Р.Г.СМИРНОВ



ВЛИЯНИЕ ВИДА ОКОРКИ НА АТМОСФЕРНУЮ СТУПЕНЬ  
И ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ ПРИ МОЛЕВОМ СПЛАВЕ

250/ар.

(Специальность 05.420

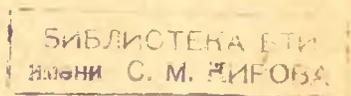
Машины, механизмы и технология лесоразработок,  
лесозаготовок и лесного хозяйства)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск

1970



Работа выполнена на кафедре механизации лесоразработок Архангельского ордена Трудового Красного Знамени лесотехнического института имени В.В.Куйбышева. Экспериментальные работы проводились в Орлецком леспромпхозе комбината "Архангельсклес" и запови "Обокша" Холмогорской сплавной конторы треста "Двиносплав" объединения "Архангельсклеспром".

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент  
А.Р. Гибшман.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Д.К. ВОСЕВОДА и  
кандидат технических наук Г.М. ПУТОВ

Ведущее предприятие - Центральный научно-исследовательский институт лесосплава.

Автореферат разослан "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1970 г.

Защита диссертации состоится "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1970 г.  
на заседании Ученого совета Белорусского технологического института имени С.М.Кирова (г. Минск, ул. Свердлова, 13<sup>а</sup>, IV корпус, аудитория 220).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Отзывы в 2-х экземплярах просим присылать в адрес Совета.

Ученый секретарь Совета  
кандидат техн. наук, доцент

(И.М.Плехов)

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лесная промышленность, обеспечивающая древесным сырьем многие отрасли народного хозяйства нашей страны, за годы Советской власти сделала гигантские шаги по пути технического прогресса и превратилась из отсталой в развитую высокотехнологизированную промышленность. Однако наряду с техническим прогрессом еще далеко не благополучно обстоит дело с рациональным использованием лесных богатств. В некоторых лесных массивах, примыкающих к сплавному рекам, древесиной березы остаются почти не тронутыми. Так районы Севера, Северо-Запада, Урала и Центра РСФСР имеют значительные, не используемые в настоящее время ресурсы лиственной древесины. Общие запасы ее достигают здесь почти 3 млрд. м<sup>3</sup>, а ежегодный объем заготовки возможен в размере 70-80 млн. м<sup>3</sup>. На промышленную переработку поступает только 4-5 млн. м<sup>3</sup> этой древесины.

Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР в постановлении от 17 июля 1969 г. "Об улучшении организации работы лесной и деревообрабатывающей промышленности" с предельной ясностью указали на необходимость полного использования древесного сырья и получения дополнительного количества древесины в Европейской части СССР путем вовлечения в эксплуатацию лиственных насаждений. Партия и Правительство неоднократно указывали также на недопустимость потерь на лесосеках и сплавных путях. Общеизвестно, что потери леса при сплаве все еще весьма значительны.

Ликвидация потерь при сплаве - проблема большой государственной важности. Особую трудность для сплава представляет древесина березы осенне-зимней заготовки. Она не имеет достаточного запаса плавучести и без специальной подготовки не может быть пущена в меловой сплав. В настоящее время известно несколько способов подготовки березы к сплаву: биологическая сушка, создание микропучков

с прилозом, плоская спилка и атмосферная сушка в разреженных штабелях. Каждый из этих способов имеет не только свои достоинства, но и существенные недостатки, которые ограничивают область их применения.

Среди известных способов подготовки березы к сплаву существенный интерес представляет атмосферная сушка. Этот способ выгодно отличается от других тем, что область применения его практически не ограничивается. Хорошо высушенные березовые бревна могут сплавляться моллю по любой сплавной реке, а это значит, что десятки миллионов кубометров березы из отдаленных лесных массивов, где реки являются единственными путями транспортировки леса, могут быть освоены и дополнительно пущены в производство.

При существующих способах атмосферной сушки березовые бревна подвергаются поверхностной обработке и сушке не менее двух весенне-летних месяцев. Древяное долготье промывают на три - четыре канта, а деловые сортименты подвергаются пятнистой окорке. Перед пуском в сплав торцы бревен покрывают гидроизоляционными составами. Эта специальная подготовка березы для сплава чрезвычайно трудоемка и практически не достигает цели, так как создается малый запас плавучести и снижается качество древесины вследствие задыхания.

Чисто окоренные бревна просыхали очень быстро, задыхания не наблюдалось, но из-за неравномерности просыхания внутренних и наружных слоев в древесине возникают внутренние напряжения и она колется. Трещины не только снижают сортность древесины, а и являются основной причиной быстрой потери запаса плавучести при моллювом сплаве.

Известные способы обработки боковой поверхности не дали положительных результатов. Однако делать отсюда вывод о невозможности хорошо подсушить березовые бревна без значительных потерь качества древесины было бы преждевременно. Эта проблема требует изучения.

В связи с отмеченными недостатками известных способов атмосферной сушки в настоящее время не уделяется должного внимания вопросам механизации частичной окорки березовых сортиментов, хотя при современном уровне развития техники этот процесс можно механизировать весьма успешно, а разнообразие видов окорки значительно расширить.

Для выявления и обоснования новых наиболее эффективных способов машинной окорки березы перед атмосферной сушкой, с максимально возможным сохранением ее природных деловых качеств, необходимо знать характер зависимости скорости просыхания и намокания березо-

вых бревен от вида и степени их окорки. Решению этой задачи и были посвящены поисковые исследования, проведенные нами в 1964 - 65 гг. на реке Обокше (Архангельская область).

Диссертация состоит из 7 глав (181 страница машинописного текста), а также 53 различных иллюстраций и 45 таблиц с обобщенными экспериментальными материалами.

## МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

До настоящего времени не получено достаточно точных математических уравнений переноса влаги при сушке и водопоглощении древесины даже для тел, имеющих правильную геометрическую форму. Это объясняется особенностью строения древесины и сложностью характера продвижения по ней влаги. Поэтому для получения надежных данных по изменению объемного веса древесины при сушке и намокании большую роль играет непосредственный эксперимент.

С тем, чтобы методически правильно поставить опыт и обработать результаты эксперимента с целью распространения выведенной закономерности за пределы опыта, прибегают к теории подобия. Эта теория утверждает, что для подобных явлений определенные безразмерные комплексы физических величин (так называемые критерии подобия) имеют одинаковые численные значения.

Опираясь на основные положения явления массообмена, полагаем, что процесс сушки и намокания лесоматериалов больших геометрических размеров в основном определяется теплопроводностью древесины и подобен критериальной форме диффузионного уравнения Фурье:

для сушки

$$\theta_c = \frac{\gamma_{nc} - \gamma_p}{\gamma_{kc} - \gamma_p} = f(Dt_c R^{-2}), \quad (1)$$

для намокания

$$\theta_n = \frac{\gamma_n - \gamma_{nn}}{\gamma_n - \gamma_{kn}} = f(Dt_n R^{-2}), \quad (2)$$

где  $\theta_c$  и  $\theta_n$  - относительное изменение влажности (безразмерная влажность) древесины;

$\gamma_{nc}$  и  $\gamma_{nn}$  - объемный вес в начале сушки и намокания, кг/м<sup>3</sup>;

$\gamma_{kc}$  и  $\gamma_{kn}$  - объемный вес в конце сушки и намокания, кг/м<sup>3</sup>;

$\gamma_p$  - равновесный (минимальный при заданном состоянии воздуха) объемный вес, кг/м<sup>3</sup>;

$\gamma_u$  - максимальный устойчивый объемный вес, кг/м<sup>3</sup>;

$(\delta_{\text{ис}} - \delta_{\text{р}})$  и  $(\delta_{\text{кон}} - \delta_{\text{р}})$  - избыток влаги в начале и в конце сушки,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  
 $(\delta_{\text{в}} - \delta_{\text{ин}})$  и  $(\delta_{\text{в}} - \delta_{\text{кон}})$  - дефицит влаги в начале и в конце намокания,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

- $D$  - коэффициент влагопроницаемости древесины;  
 $t_{\text{с}}$  и  $t_{\text{н}}$  - продолжительность сушки и намокания, сутки;  
 $R$  - определяющий геометрический размер, характеризующий средний путь перемещения влаги, см.

Следовательно, при проведении экспериментов необходимо замерять и вычислять величины, входящие в эти критериальные уравнения, а обработку материалов наблюдений следует вести в направлении получения частных и общих закономерностей между величинами  $\delta_{\text{ис}}$ ,  $\delta_{\text{ин}}$ ,  $\delta_{\text{кон}}$ ,  $\delta_{\text{р}}$ ,  $\delta_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{с}}$ ,  $t_{\text{н}}$ ,  $R$  и  $D$ .

Объемный вес ( $\delta_{\text{ис}}$ ,  $\delta_{\text{ин}}$ ,  $\delta_{\text{ис}}$ ,  $\delta_{\text{кон}}$ ) бревен вычисляется по формуле

$$\gamma = \frac{P}{V} \quad (3)$$

где  $P$  - вес бревна, кг;

$V$  - объем бревна при влажности древесины выше 30%,  $\text{м}^3$ .

Объем каждого бревна был определен гидростатическим методом и вычислялся по формуле

$$V = \frac{P_1 - P_2 + P_3}{1000} \text{ м}^3, \quad (4)$$

где  $P_1$  - вес бревна, кг;

$P_2$  - вес бревна с затопителем в воде, кг;

$P_3$  - вес затопителя в воде, кг;

1000 - удельный вес воды,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Поскольку взвешивание проводили через каждые 15-20 суток на десятичных весах с точностью до 0,1 кг, то объемный вес определялся с точностью до 1  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Равновесный объемный вес  $\delta_{\text{р}}$  вычисляли по формуле

$$\delta_{\text{р}} = \frac{100 + W_{\text{р}}}{100 + (Y_0 - Y_{\text{в}})} \delta_0, \quad (5)$$

где  $\delta_0$  - условный объемный вес,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$W_{\text{р}}$  - равновесная влажность, %;

$Y_0$  - полная объемная усушка, %, ( $Y_0 = 0,64\%$ );

$Y_{\text{в}}$  - объемная усушка при равновесной влажности, %.

Условный объемный вес  $\delta_0$  был определен лабораторным путем по пробы, взятым у 27 бревен. Его средняя величина составила  $\delta_0 = 508 \text{ кг}/\text{м}^3$  ( $\pm G = 9,6 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $m = \pm 1,8$ ;  $V = 1,9\%$ ;  $P = 0,4\%$ ).

Равновесная влажность  $W_{\text{р}}$  определялась по номограмме Чулицкого. Для средней температуры воздуха  $+12,2^{\circ}\text{C}$  и относительной влаж-

ности 70,2%  $W_p = 14\%$ . Равновесный объемный вес  $\delta_c$  при  $\delta_c = 508 \text{ кг/м}^3$ ,  $W_p = 14\%$  и  $Y_w = 0,3$  согласно формуле (5) составил  $577 \text{ кг/м}^3$ . В природе величина равновесного объемного веса непереночно меняется и зависит от температуры и влажности воздуха. Для упрощения дальнейших расчетов будем считать

$$\delta_p = 577 \text{ кг/м}^3 = \text{const.} \quad (6)$$

Максимального устойчивого объемного веса  $\delta_y$  древесина бревна достигает при полном заполнении всех пор водой и составляет

$$\delta_y = \delta_c + \left(1000 - \frac{\delta_c}{1,54}\right) = 508 + \left(1000 - \frac{508}{1,54}\right) = 1178 \text{ кг/м}^3 \quad (7)$$

Определяющий геометрический размер  $R$  должен учитывать диаметр, вид и степень окорки бревна. Для этого весь объем бревна мы условно разбивали на элементарные тела  $dV$ , напоминающие по форме треугольные призмы (рис.1). Среднее взвешенное расстояние от

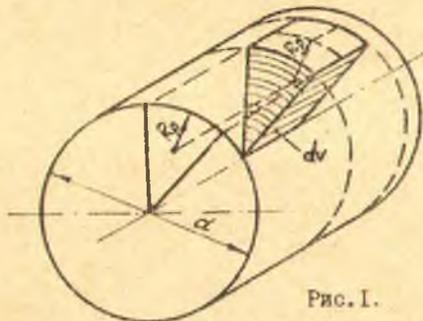


Рис. 1.

центров тяжести этих тел до ближайших поверхностей испарения было принято за определяющий геометрический размер бревна.

Если считать, что влага в бревне размещена равномерно по всему объему, то все центры тяжести элементарных тел будут отстоять от боковой поверхности бревна на расстоянии

$$R_p = \frac{1}{8} a \quad (8)$$

Этот путь  $R_p$  влага проходит в любом случае при наличии боковой сушки, а для чисто окоренных бревен он является определяющим. У бревен, прошедших частичную окорку, влага, находящаяся под корой, вынуждена проделать дополнительный путь  $R_y$ . Пользуясь критериальной формой уравнения Фурье и общими законами сложения проводимостей, а также, выражая коэффициенты теплопроводности для различных направлений через коэффициенты теплопроводности для тангентального направления, получили

$$R_y = (R_1^2 + 15R_2^2)^{-\frac{1}{2}} \text{ см.} \quad (9)$$

где  $R_T$  и  $R_D$  - средний путь перемещения влаги в тангентальном и продольном направлениях (рис.2), см.

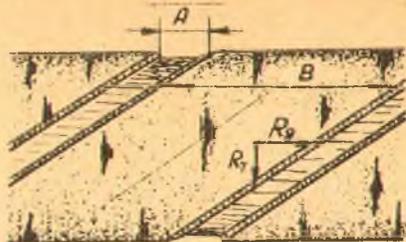


Рис.2.  $R_D$  - путь перемещения влаги вдоль волокон, см (при продольной прольске  $R_D = \infty$ );  $R_T$  - путь перемещения влаги в тангентальном направлении, см (при кольцевой окорке  $R_T = \infty$ );  $K = \frac{d}{A}$  - доля неокоренной поверхности бревна.

Общий определяющий геометрический размер  $R$ , характеризующий средний взвешенный путь перемещения влаги при любом виде и степени окорки, выразился уравнением

$$R = \frac{d}{8} + K(R_T^2 + 15R_D^2)^{-\frac{1}{2}} \text{ см.} \quad (10)$$

Основным достоинством принятого нами определителя  $R$  является то, что стало возможным одной геометрической величиной, выражаемой в см, учесть весь комплекс факторов, оказывающих влияние на путь перемещения влаги в бревне, (диаметр бревна  $d$ , вид  $R_T, R_D$  и степень его окорки  $K$ ).

По уравнению (10) был вычислен средний определяющий геометрический размер  $R$  для каждого бревна, кроме окоренных пятнами. На рис.3 приведены средние значения  $R$  для каждой серии бревен, прошедших различные виды окорки.

Продолжительность сушки  $t_s$  измеряли в условных сутках. Поскольку параметры воздуха как агента сушки в течение опытов не прерывно менялись, то для сопоставления времени реальные сутки расценивали пропорционально испарению воды с поверхности испариметра марки ГТИ-3000 ближайшей гидрометеорологической станции. Результаты наблюдений приведены на рис.4. Среднее суточное испарение воды за период экспериментальных работ (с 1 мая по 6 сентября 1964 г.) составило около 3 мм. Исследования многолетних данных по испарению воды с открытых поверхностей бассейнов в основных лесозаготовительных районах СССР показали, что среднее суточное испа -

№сер.	Вид окорки (число заходов)	$\alpha$	$A$	$B$	$K$	$R$
1	2	3	4	5	6	7
16		16,8	-	-	1,00	$\infty$
1		17,1	-	-	0,85	-
19		20,2	20	80	0,80	6,0
17		18,7	20	80	0,80	5,0
15		18,7	10	40	0,80	4,6
14		18,7	20	80	0,80	4,7
18		21,0	10	40	0,80	4,4
13		19,4	10	40	0,80	4,4
20		20,5	5	20	0,80	4,0
4		21,0	-	-	0,50	-
12		17,9	6	24	0,80	3,9
11		20,3	10	20	0,77	3,9
3		19,7	$0,4d$	$0,4d$	0,50	3,6
7		20,1	20	20	0,50	3,7
6		20,1	10	10	0,50	3,4
5		19,8	10	10	0,50	3,4
9		19,3	0,8	4,2	0,84	3,3
10		19,5	20	20	0,50	3,4
8		18,5	20	20	0,50	3,4
2		19,9	100	0	0	3,1

Рис.3. Виды окорки березовых сортиментов.  
 $\alpha$  - средний диаметр бревна, см;  $A$  - ширина полосы окоренной части, см;  $B$  - ширина неокоренной части поверхности бревна, см;  $K$  - доля неокоренной части поверхности;  $R$  - средний определяющий геометрический размер серии бревен, см.

рение воды за весь период положительных температур также близко к 3 мм/сутки. Эта величина была принята нами за характеристику условных суток, а каждый реальный день оценивался пропорционально суточному испарению воды. Исчисление продолжительности сушки в условных сутках позволило сопоставлять результаты опытов, полученных в разное время.

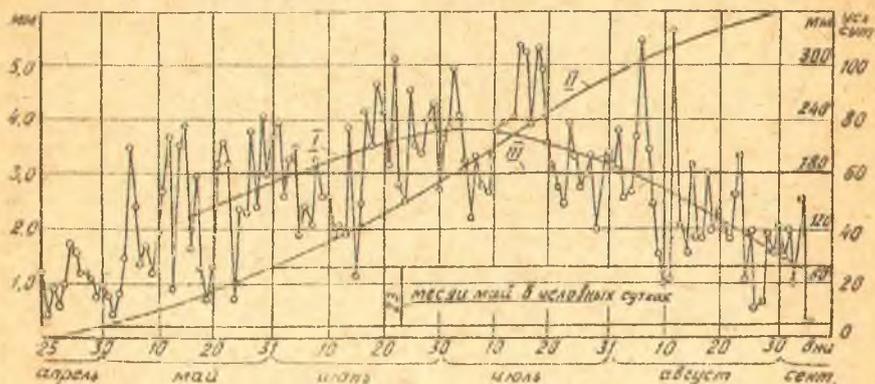


Рис. 4. Испарение воды, мм, с открытой поверхности бассейна в Холмогорском районе Архангельской области. —•—•— суточное испарение, мм; I — изменение среднего суточного испарения; II — суммарное испарение воды, мм (по правой шкале); III — среднесуточное испарение, мм.

В соответствии с "Правилами подготовки и приемки лиственной древесины для сплава" был заложен рядовой штабель. В нем находилось в одинаковых условиях двадцать серий бревен, окоренных различными способами (рис. 3), причем вручную имитировались такие виды окорки, которые в принципе могут быть выполнены машинным способом. Каждая серия состояла из десяти контрольных бревен диаметром от 16 до 28 см, что обеспечивало точность опыта до 5% при вероятности 0,997 и коэффициенте изменчивости начального объемного веса менее 5%. Всего при проведении экспериментальных работ было сделано более десяти тысяч различных замеров и определений.

При обработке фактического материала наблюдений за ходом атмосферной сушки и намокания при молевом сплаве частично окоренной березы ренились по существу два уравнения процессов

$$\theta_c = f(t_c; R), \quad (11)$$

$$\theta_n = f(t_n; R). \quad (12)$$

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Динамика объемного веса березовых бревен при атмосферной сушке и молевом сплаве в значительной степени зависит от вида и степени их окорки. На рис.5 приведены опытные графики изменения объемного веса для двадцати серий бревен, окоренных различными способами. Из этих графиков видно, что наибольшая интенсивность изменения объемного веса древесины достигается при частичной окорке (серия № 2), а минимальная — у неокоренных бревен (серия № 16). Скорости изменения объемного веса у прольщенных бревен занимают различные промежуточные значения и зависят от вида окорки.

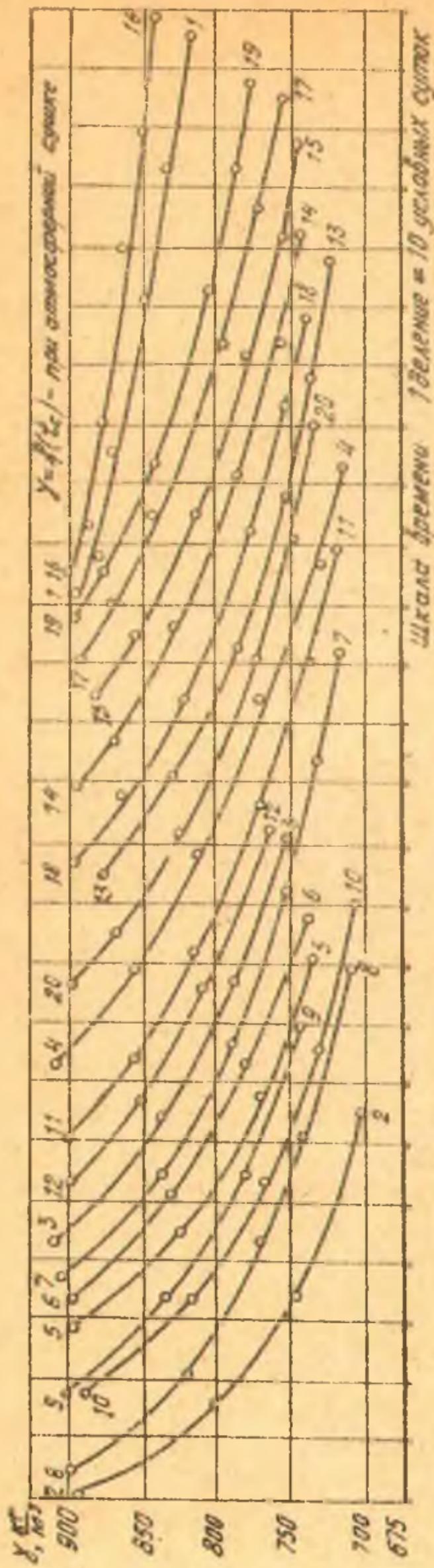
Так при пятнистой окорке (серия № 1) просыхание идет несколько быстрее, чем у неокоренных бревен (серия № 16). При намокании бревен пятнистой окорки в сравнении с неокоренными значительно возросла интенсивность бокового водопоглощения. Атмосферная сушка бревен, прольщенных пятнами, оказалась чрезвычайно неэффективной. Вследствие малой скорости просыхания древесина березы не приобретает достаточного запаса плавучести и сильно подвергается задыканию с торцевой и с боковой поверхности.

Наблюдениями установлено, что при атмосферной сушке с увеличением площади окорки бревна возрастает возможность образования трещин. Трещины являются причиной интенсивного водопоглощения при молевом сплаве. Опыт показал, что хорошо просушенные бревна чистой окорки, имеющие запас плавучести перед молевым сплавом более  $300 \text{ кг/м}^3$ , уже через месяц пребывания в воде начали тонуть.

Это объясняется тем, что вода через щели беспрепятственно проникает в середину бревна и быстро пропитывает древесину. Из сопоставления экспериментальных графиков (рис.5) изменения объемного веса бревен кольцевой окорки с 16%-ным снятием коры (серия № 9) и бревен чистой окорки (серия № 2) установлено, что интенсивность просыхания этих бревен почти одинакова. Отсюда следует, что площадь оголения бревна, которая достигается при 16%-ном снятии коры, вполне обеспечивает очень высокую интенсивность испарения влаги.

При сравнении интенсивности изменения объемного веса бревен серии № 9 и № 1, имеющих одинаковую степень окорки, было установлено, что вид окорки оказывает решающее влияние на динамику объемного веса березовых сортиментов при атмосферной сушке и молевом сплаве.

У бревен серии № 17 в отличие от серии № 14 была снята только верхняя часть коры (береста), однако интенсивность сушки и во-



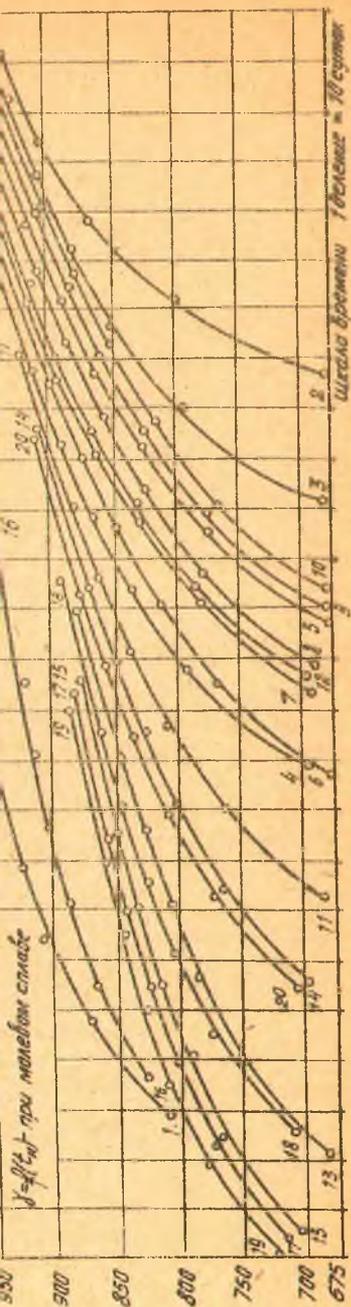


Рис. 5. Опытные графики изменения относительной влажности воздуха безразмерной сушки и молевым сплаве

дополнения у этих бревен оказалась одинаковой (рис.5). Следовательно, тщательность зачистки поверхностей не оказывает существенного влияния на процесс сушки и намокания бревен.

Наилучшие результаты с точки зрения сохранения качества древесины показали бревна винтовой однозаходной прольски с 15-20%ным снятием коры (серия № 15). Древесина этих бревен быстро и равномерно просыхала без образования трещин до тех пор, пока средний объемный вес ее не опускался ниже 700-720 кг/м<sup>3</sup>.

Наблюдениями установлено, что интенсификация атмосферной сушки оказывает положительное влияние на снижение задыхания древесины. Так бревна серий № 13, 14, 15 и 19 после двухлетнего хранения на складе и сплаве потеряли качество древесины на один сорт и были признаны комиссией Гослесоинспекции пригодными для выработки фанеры и пиловочника второго сорта, а не окоренные, окоренные пятнами и продольными полосами - пригодными только для пиловочника и балансов третьего сорта.

Из графиков (рис.5) видно, что при любом виде окорки объемный вес березовых бревен наиболее интенсивно изменяется в начальный период влагообмена между средой и древесиной, а с увеличением времени эта интенсивность непрерывно снижается.

В результате математической обработки опытных данных, полученных при проведении атмосферной сушки и молевого сплава березы, были выявлены для каждой серии бревен корреляционные связи между относительным изменением безразмерной влажности  $\theta_c$ ,  $\theta_H$  и продолжительностью процесса  $t_c$ ,  $t_H$ . Эти связи хорошо выразились уравнениями

$$\theta_c = a_c t_c + \theta_{c0}; \quad (I3)$$

$$\theta_H = a_H t_H + \theta_{H0}. \quad (I4)$$

Основные цифровые значения величин, входящих в эти уравнения, и характеристики связей для каждой серии приведены в табл. I, из которой видно, что свободные члены  $\theta_{c0}$  и  $\theta_{H0}$  для всех уравнений с небольшой погрешностью могут быть приняты за единицу, а угловые коэффициенты  $a_c$  и  $a_H$  есть не что иное, как скорости относительного изменения величин  $\theta_c$  и  $\theta_H$ , то есть

$$a_c = \frac{d\theta_c}{dt_c} \quad \text{I/сутки}, \quad (I5)$$

$$a_H = \frac{d\theta_H}{dt_H} \quad \text{I/сутки}. \quad (I6)$$

При анализе полученных уравнений (табл. I) просыхания и намокания березовых бревен, было установлено наличие тесных ( $r > 0,9$ )

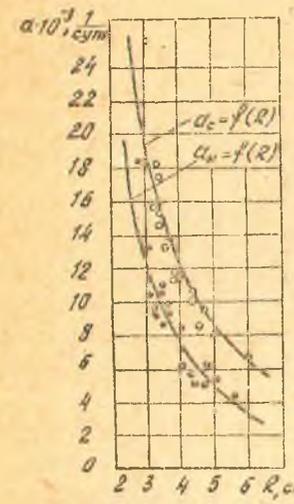
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УРАВНЕНИЙ СУШКИ И НАМОКАНИЯ

Таблица I

№ бревна	$\theta_c = f(t_c)$		$\theta_c = \alpha_c t_c + \beta_c$		$\alpha_c$	$\beta_c$	$\theta_H = f(t_H)$	$\theta_H = \alpha_H t_H + \beta_H$		$\alpha_H$	$\beta_H$	СРЕДН-ЕЕ УДАЛ. $\frac{r}{m^3}$	$R, \text{ см}$
	$t$	$\theta$	$t$	$\theta$				$t$	$\theta$				
16	0,99	212	0,0201	1,014	0,97	127	0,00880	1,010	0,04	0,04	0,04	12,5 - 1,0	
1	0,85	244	0,00302	0,997	0,97	139	0,00788	1,006	0,07	0,07	0,07	6,0 - 5,4	
19	0,99	381	0,00676	1,002	0,95	81	0,00452	1,002	0,05	0,05	0,05	5,0	
17	0,98	58	0,00797	0,999	0,95	79	0,00506	0,996	0,06	0,06	0,06	4,6	
15	0,96	96	0,00865	1,003	0,98	55	0,00520	0,998	0,07	0,07	0,07	4,7 - 4,5	
14	0,96	96	0,00974	0,996	0,98	904	0,00581	1,000	0,05	0,05	0,05	4,4	
18	0,95	75	0,01016	1,006	0,95	79	0,00582	1,010	0,06	0,06	0,06	4,4	
13	0,97	121	0,01060	0,998	0,92	51	0,00541	1,007	0,08	0,08	0,08	4,0	
20	0,96	107	0,01141	1,007	0,98	204	0,00604	0,994	0,04	0,04	0,04	4,0 - 3,7	
4	0,95	68	0,01146	1,003	0,94	64	0,00842	1,008	0,12	0,12	0,12	3,9	
11	0,95	80	0,01173	1,004	0,90	83	0,00907	0,998	0,10	0,10	0,10	3,9 - 3,7	
12	0,97	100	0,01176	0,997	0,90	39	0,01008	1,003	0,18	0,18	0,18	3,6 - 3,8	
3	0,97	102	0,01338	0,990	0,89	36	0,01321	0,990	0,24	0,24	0,24	3,7	
7	0,83	28	0,01405	1,004	0,95	78	0,00869	1,023	0,11	0,11	0,11	3,4	
6	0,95	68	0,01435	1,006	0,96	196	0,00961	0,986	0,07	0,07	0,07	3,4	
5	0,98	155	0,01557	1,005	0,93	55	0,01042	0,995	0,15	0,15	0,15	3,4	
9	0,95	20	0,01566	0,993	0,94	87	0,01053	0,999	0,14	0,14	0,14	3,4	
10	0,96	96	0,01757	1,003	0,85	26	0,01071	1,010	0,24	0,24	0,24	3,4	
8	0,90	36	0,01825	1,013	0,99	896	0,01026	0,950	0,05	0,05	0,05	3,4	
2	0,98	155	0,02570	0,994	0,86	25	0,01857	0,990	0,33	0,33	0,33	3,1 - 2,8	

\* - Значения установлены по графику. Вторая цифра указывается на величину R при слэве. Она снизилась в результате образования трещин или замятия.

и достоверных ( $\frac{q}{m^3} > 21$ ) корреляционных связей между угловыми коэффициентами  $\alpha_c$  и  $\alpha_H$  и средними определяющими геометрическими размерами  $R$ . На рис.6 приведены графики этих связей, которые хорошо выразились уравнениями



$$\alpha_c = 0,16215 R^{-2} + 0,00200, \quad (17)$$

$$\alpha_H = 0,1194 R^{-2}. \quad (18)$$

Подставив найденные значения коэффициентов  $\alpha_c$  и  $\alpha_H$  в формулы (13) и (14), получили общие уравнения процессов

$$\theta_c = \frac{y_c - y_p}{y_c - y_p} = (0,16215 R^{-2} + 0,00200) t_c + I; \quad (19)$$

$$\theta_H = \frac{y_H - y_{KH}}{y_H - y_{KH}} = 0,1194 R^{-2} t_H + I. \quad (20)$$

Отсюда конечный объемный вес березовых бревен, прошедших скорку любого вида, может быть определен по формулам

$$y_{KC} = \frac{y_c - y_p}{(0,16215 R^{-2} + 0,00200) t_c + I} + \text{кг/м}^3$$

Рис.6. Зависимость скорости сушки и намокания от средних определяющих геометрических размеров бревен.

$$y_{KH} = y_H - \frac{y_H - y_{KH}}{0,1194 R^{-2} t_H + I} \text{ кг/м}^3. \quad (21, 22)$$

Поскольку при выводе формул (21) и (22) применялись не только округления, но и алгебраические преобразования корреляционных уравнений, то считать их расчетными без достаточной проверки было бы рискованно. Поэтому по формулам (21) и (22) на электронно-счетной машине ЭВМ-3 были вычислены конечные объемные веса для каждого опыта. При сравнении вычисленных значений (всего 1713) конечного объемного веса с опытными выявилась хорошая их согласованность. При этом оказалось, что вариационные ряды случайных ошибок подчиняются закону нормального распределения. Средние квадратические отклонения вычисленных значений объемного веса для партии бревен, имеющих один вид окорки ( $R = \text{const}$ ), составили:

при атмосферной сушке  $\sigma = \pm 28 \text{ кг/м}^3; \quad (23)$

при молевом сплаве  $\sigma = \pm 38 \text{ кг/м}^3. \quad (24)$

Таким образом, нами впервые получены удобные для практического пользования единые расчетные уравнения процессов сушки и водо-

поглощения березовых бревен, прошедших различные виды окорки. Эти уравнения четко раскрывают основные закономерности явления влагообмена между средой и древесиной. Отыскание же оптимальных значений наиболее важных переменных факторов  $\gamma_{\text{нн}}$ ,  $R$ ,  $t_c$  и  $t_n$  по этим уравнениям весьма затруднительно. С целью упрощения решения задач по определению указанных величин нами разработаны номограммы процессов сушки  $Q_c R t_c$  (рис.7) и водопоглощения бревен  $Q_n R t_n$  (рис.8). Эти номограммы строились в строгом соответствии с расчетными формулами (21) и (22), а поэтому точность вычислений по ним одинакова.

Для наглядности пользования номограммами  $Q_c R t_c$  и  $Q_n R t_n$  рассмотрим решения некоторых практических задач.

Пример № 1. Определить запас плавучести (ЗП) у березовых бревен к концу атмосферной сушки, если начальный объемный вес их  $\gamma_{\text{нс}} = 920 \text{ кг/м}^3$ , а определяющий геометрический размер  $R = 3,4 \text{ см}$ . Сушка проходила в рядовой штабеле в климатических условиях Архангельской области.

Ход решения задачи на номограмме  $Q_c R t_c$  (рис.6) указан стрелками. Из точки пересечения вертикальной прямой  $t = 45$  с наклонной прямой  $R = 3,4$  проводим горизонтальную прямую до пересечения с вертикалью  $\gamma_{\text{нс}} = 920$ . Полученная точка пересечения попадает на наклонную прямую  $\gamma_{\text{кс}} = 780$ . Тогда запас плавучести

$$\text{ЗП} = 1000 - 780 = 220 \text{ кг/м}^3.$$

Если бы в условиях задачи требовалось определять величину  $R$  при  $\text{ЗП} = 220 \text{ кг/м}^3$  и  $t = 45$  условных суток, то, решая задачу в обратном порядке, имели бы  $R = 3,4 \text{ см}$ .

Пример № 2. Определить средний объемный вес  $\gamma_{\text{кн}}$  древесины березы и возможный процент утопа в конце молевого сплава при следующих исходных данных: начальный объемный вес древесины  $\gamma_{\text{нн}} = 800 \text{ кг/м}^3$ ; определяющий геометрический размер  $R = 4,2 \text{ см}$ ; продолжительность сплава  $t_n = 70$  суток.

Ход решения задачи по номограмме  $Q_n R t_n$  (рис.8) указан стрелками. Из точки пересечения прямых  $t = 70$  и  $R = 4,2$  проводим горизонтальную прямую вправо до пересечения с наклонной  $\gamma_{\text{нн}} = 800$ . Спроектировав последнюю точку пересечения вниз, находим  $\gamma_{\text{кн}} = 920 \text{ кг/м}^3$ , а вверх — ожидаемый процент утопа 0,8%.

При разработке комплекса организационно-технических мероприятий для успешного проведения сплава березы без значительных ее качественных и количественных потерь необходимо не только учитывать

250/ap.

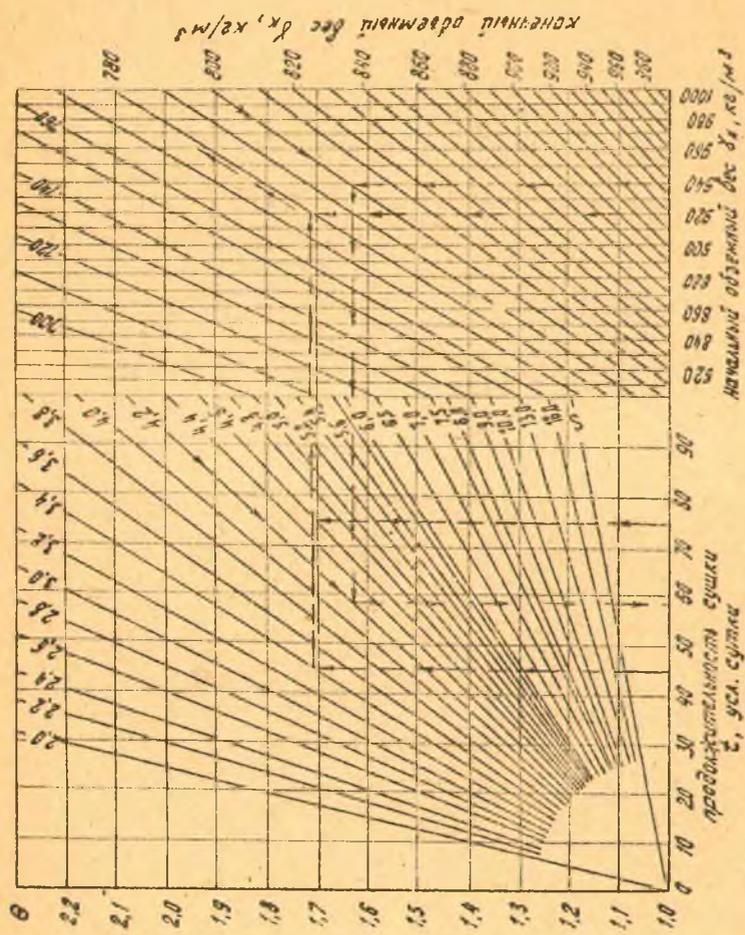


Рис. 7. Номотерма Q.P.t. атмосферной сушилки безразличных фракций при равновесном обменном бессе  $\gamma_p \approx 580$  ккал/м<sup>3</sup>

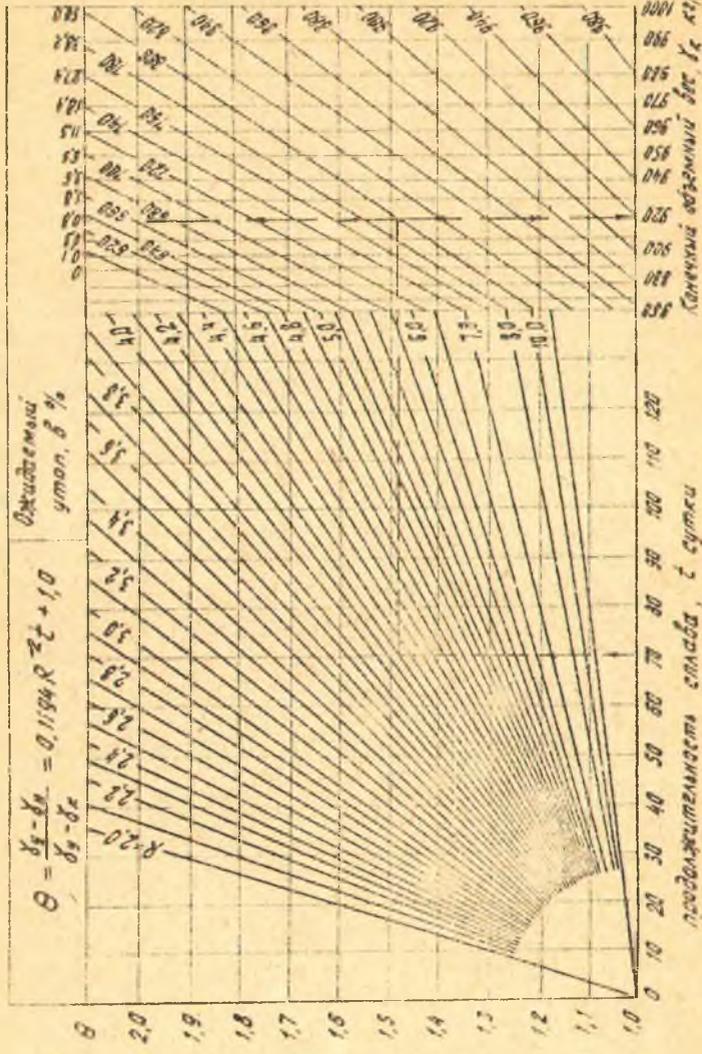


Рис. 8. Номограмма  $\theta, R, t$ , водоплавления безобразных бревен при малом слабе.

податливость слаба,  $t$  сутки

реальные сроки сушки  $t_d$  и молевого сплава  $t_n$ , но и изыскивать все средства к их сохранению. При этом следует отметить, что максимально возможная продолжительность молевого сплава  $t_n$  диктует условия и режим атмосферной сушки березы на прерывных складах. Поэтому весь комплекс вопросов, связанных с проведением сплава березы, необходимо решать с учетом всех природно-климатических и производственных условий лесосплавных и лесозаготовительных предприятий.

Пример № 3. Определить наиболее рациональный режим атмосферной сушки березовых бревен со средним диаметром  $d = 20$  см для обеспечения молевого сплава без значительных потерь от утопа ( $P_{ут} < 1\%$ ) в течение 70 суток.

Решение. Для того, чтобы утоп не превышал 1%, объемный вес к концу сплава должен быть  $\gamma_{кн} \leq 920 \text{ кг/м}^3$ , что легко установить по номограмме  $G_R R t_n$  (рис. 7). Полагаем, что объемный вес древесины перед сплавом должен быть не более  $\gamma_{нн} = 800 \text{ кг/м}^3$ . Тогда (согласно условию примера № 2) определяющий геометрический размер  $R = 4,2$  см.

Последнее равенство ставит условие лесозаготовительному предприятию, ведущему подготовку березы к сплаву. Если считать, что средний объемный вес березы осенне-зимней заготовки  $\gamma_{нн} = 940 \text{ кг/м}^3$ , то для снижения его до  $\gamma_{кн} = 800 \text{ кг/м}^3$  при  $R = 4,2$  см согласно номограмме  $G_C R t_C$  (рис. 6) потребуется  $t_C \geq 58$  условных суток сушки. Если сушка будет продолжаться более длительное время, то древесина приобретает больший запас пластичности, а потери при сплаве опизнятся. Однако во избежание образования трещин в древесине средняя величина объемного веса бревен к концу сушки должна быть более  $720 \text{ кг/м}^3$ .

Какой же должен быть вид частичной окорки березовых бревен со средним диаметром  $d = 20$  см, чтобы величина  $R = 4,2$  см? Экспериментальными исследованиями установлено, что быстрее и равномернее просыхают бревна однозаходной винтовой окорки с 15-20%-ным снятием коры, для которых величина  $R$  может быть определена по формуле (10).

Поскольку решать задачу по отысканию значений  $R_1$  и  $R_2$  одновременно весьма затруднительно, нами построена расчетная диаграмма  $R T d$  (рис. 9), из которой видно, что при  $d = 20$  см и  $R = 4,2$  см шаг однозаходного винта  $T = 24$  см. Такой вид окорки можно получить на окорочном станке ОК-2, если оставить один специальный нож и уменьшить обороты ротора.

Итак, для успешного проведения молевого сплава в течение 70 суток необходимо перед скаткой в воду бревна окорить однозаходной

винтовой продольной с шагом винта  $T = 24$  см и при снятии коры 15-20% и сушить в разреженных рядах штабелях не менее 58 условных суток.

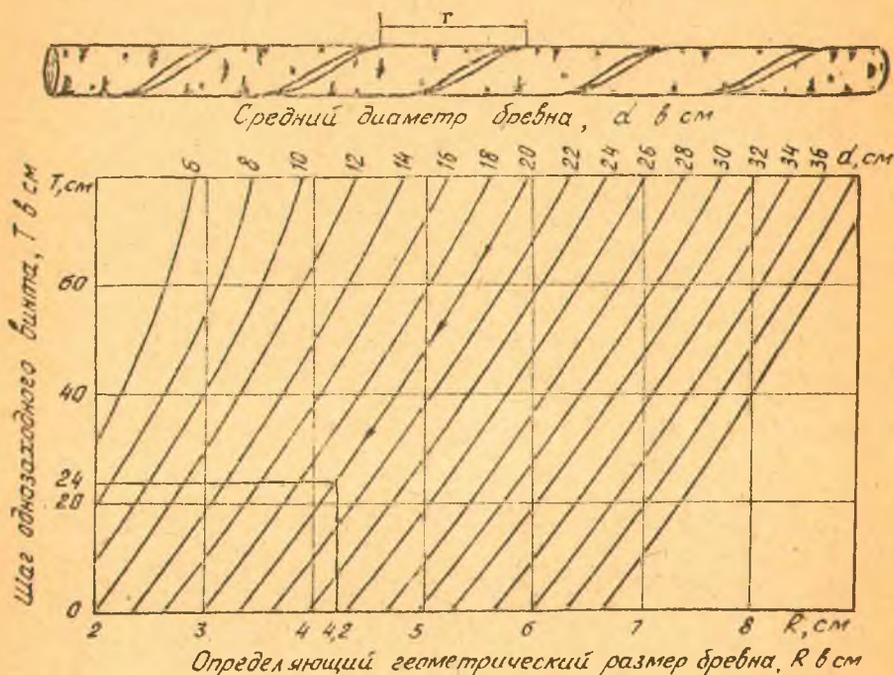


Рис.9. Диаграмма  $Rd$  для бревен, прольщенных однозаходным винтом с 15-20%-ным снятием коры.

Из рассмотренных примеров видно, что разработанный нами графический метод решения важнейших практических задач по атмосферной сушке и молевому сплаву березы весьма прост и позволяет с достаточной точностью не только устанавливать оптимальные виды окорки бревен, а и прогнозировать возможные потери от утота.

Технико-экономические исследования показали высокую эффективность применения станков для прольски березы перед атмосферной сушкой. Механизированная (линтовая) прольска в отличие от ручной (пятнистой) более производительна и безопасна. Она может снизить себестоимость работ на 0,35 руб/м<sup>3</sup>, сохранить товарную стоимость древесины на 5,09 руб/м<sup>3</sup> и сократить потери при сплаве на 5-6%, что в дележном выражении составит 0,86 руб/м<sup>3</sup>. Общая дополнительная при-

быль от внедрения одного модернизированного окорочного станка (типа ОК-66) для пролыски березы на причемном складе составит около 6,3 руб/м<sup>3</sup>. Все это говорит о том, что создание и внедрение в производство станков для частичной окорки березы осенне-зимней заготовки будет способствовать вовлечению в эксплуатацию березняков и даст народному хозяйству не только дополнительные миллионы кубометров ценного сырья, но и значительную прибыль.

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Исходя из капиллярно-пористой структуры древесины и критерияльных подобиий массообмена разработана методика экспериментальных исследований процессов атмосферной сушки и водопоглощения частично окоренных березовых бревен.

2. Впервые получена единая размерная характеристика частично окоренного бревна, которая учитывает его основные размеры, вид и степень окорки. Установлено, что эта величина  $R$  является основным фактором, влияющим на интенсивность сушки и намокания бревен.

3. С целью сопоставления результатов атмосферной сушки бревен впервые за единицу времени приняты условные сутки. Этот метод исчисления времени позволил сопоставлять результаты опытов, полученных в разное время.

4. Предложены новые машинные виды пролыски березы, которые обеспечивают большую скорость просыхания бревна при сохранении качества древесины. Наилучшие результаты дает винтовая однозаходная пролыска с 15-20%-ным снятием коры.

5. Установлено, что пятнистая пролыска, предусмотренная "Правилами подготовки лиственной древесины для сплава" отнюдь не является оптимальным техническим решением проблемы сплава березы.

6. Впервые получены единые расчетные уравнения процессов сушки и водопоглощения частично окоренных березовых бревен, включающие в себя все основные факторы, оказывающие влияние на изменение объемного веса.

7. Разработан графический метод решения наиболее важных практических задач по разработке комплекса организационно-технических мероприятий для успешного проведения молевого сплава березы.

8. Наблюдениями установлено, что интенсификация атмосферной сушки оказывает благотворное влияние на снижение задыхания древесины.

9. Результаты настоящей работы могут найти применение при

разработке мероприятий по подготовке березы к молевому сплаву, при сушке и хранении березы на лесных биржах сырья, при составлении прогнозов качественных и количественных потерь древесины во время ее пребывания на складе и в сплаве, при конструировании станков для частичной окорки.

По материалам диссертации были сделаны доклады на трех научно-технических конференциях Архангельского лесотехнического института (1967-1970 гг.) и опубликованы следующие работы:

1. Р.Г.Смирнов. О влиянии вида частичной окорки березовых бревен на интенсивность атмосферной сушки. ИВУЗ, "Лесной журнал" № 3, 1969.

2. Р.Г.Смирнов. Графический метод определения рационального вида частичной окорки березовых бревен перед атмосферной сушкой. Техническая информация по результатам научно-исследовательских работ, Архангельск, 1970.

3. Р.Г.Смирнов. Исследование плавучести березовых бревен с различными видами частичной окорки. ИВУЗ, "Лесной журнал" № 2, 1970.

4. Р.Г.Смирнов. Некоторые возможности управления динамикой объемного веса березовых бревен при сушке и водопоглощении. Труды АЛТИ, XXII Архангельск, 1970.

Корректор И.С. ТРУБИНА

---

Сл. 01480      Подписано к печати 2/IX-70г. Объем I <sup>1</sup>/<sub>2</sub> печ.физ.л.  
Заказ № 34      Тираж 120 экз.      Бесплатно

---

Ротапринт АЛТИ, Архангельск 7, Набережная им. Ленина, 17.