

634.0.3

1152

Министерство высшего и среднего специального образования  
БССР

Белорусский технологический институт  
имени С. М. Кирова

На правах рукописи

**МЕРКУРЬЕВ**  
Валентин Иванович

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБМЕРА  
ДРЕВЕСИНЫ  
НА СПЛАВНЫХ РЕЙДАХ**

Специальность 05.420

Машины, механизмы и технология лесоразработок, лесозаго-  
товок и лесного хозяйства (05.21.01)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск - 1974

634.0.3

М-52

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ИМЕНИ С.М.КИРОВА

На правах рукописи

МЕРКУРЬЕВ Валентин Иванович

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБМЕРА ДРЕВЕСИНЫ  
НА СПЛАВНЫХ РЕЙДАХ

3552ap  
Специальность 05.420. Машины, механизмы и технология  
лесоразработок, лесозаготовок и лесного хозяйства (05.21.01)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук



Минск - 1974

Работа выполнена в Центральном научно-исследовательском институте механической обработки древесины

Научный руководитель -  
профессор, кандидат технических наук Г. А. МАНУХИН

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор А. В. ЖИТКОВ

кандидат технических наук, доцент С. С. ЛЕБЕДЬ

Ведущее предприятие

трест "Двинослав" объединения "Архангельсклеспром"

Автореферат разослан "19" октября 1974 года

Защита состоится "20" ноября 1974 года

в 10 часов на заседании Совета Белорусского технологического института им. С. М. Кирова, гор. Минск, ул. Свердлова, 13а, ауд. 220, кори. 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета  
кандидат технических наук



/Е. А. Грушевская/

## В В Е Д Е Н И Е

Выполнение задач, поставленных XXIV съездом КПСС перед лесной промышленностью, во многом зависит от завершающей фазы лесозаготовок - водного транспорта леса. Около половины всей заготавливаемой в стране древесины доставляется потребителям водными путями. В крупнейших лесопромышленных районах Европейского Севера, Сибири и Дальнего Востока 80-90 % заготавливаемой древесины поступает в пункты потребления и переработки лесосплавом.

Объемы лесосплава из года в год растут и в настоящее время составляют 130 млн. м<sup>3</sup> за навигацию. Вместе с ростом объема лесосплава совершенствуется технология и повышается уровень механизации лесосплавных работ. Так, уровень механизации на зимней сплотке составляет 70 %, молевом сплаве - 54 %, сортировке леса на воде - 40%, сплотке леса на воде - 97 %. Однако такая операция, как обмер и учет древесины, совершенно не механизирована и продолжает оставаться одной из трудоемких работ. На ручном обмере и учете леса занято в среднем от 6 до 10 человек на каждой сплоточной машине. В целом на предприятиях лесной и лесоперерабатывающей промышленности занято около 100 тыс. человек (данные Минлеспрома СССР).

Обмер и учет древесины на сплавных рейдах производится с большой погрешностью. Об этом наглядно свидетельствуют материалы прямо-передачи древесины в Архангельском промышленном узле.

Для выявления отклонений фактической кубатуры плотов от кубатуры, которая числилась по документам сплавных рейдов, был сделан анализ данных контрольных проверок плотов древесины на ЭПЗ ЦНИИМОДА, ЛДК им. Ленина и № 1, а также на Цигломенском ЛДК.

В результате анализа установлено, что отклонения кубатуры плотов древесины в среднем колеблются от -15 до +10 %.

Основные задачи в области дальнейшего развития водного транспорта леса - это совершенствование обмера и учета круглого леса на сплавных рейдах.

Вопрос улучшения организации и технологии обмера древесины на сплавных рейдах на протяжении многих десятилетий изучается как в СССР, так и за рубежом. Многолетние исследования ЦНИИЛесосплава



(Д.Д.Мацкевич), Ленинградской лесотехнической академии имени С.М.Кирова (И.П.Донской, В.А.Лебедев), ЦНИИМЭ (Матвеев-Мотин), Белорусского технологического института (М.М.Козел), Московского лесотехнического института, Свердловского научно-исследовательского института (СНИИЛП), Карельского научно-исследовательского института лесной промышленности (КарНИИЛП), Северного научно-исследовательского института промышленности (СевНИИП) и других институтов, а также работы производственных организаций (трестов "Камлесосплав" и "Вычегдалесосплав") показывают, что обмер круглых лесных материалов можно совершенствовать путем создания и применения механизмов и автоматических устройств для учета леса при обмере древесины в пучках, обмере щети круглых лесных материалов и поштучном обмере бревен.

Предварительный анализ указанных способов древесины показал, что наиболее экономичным и простым является обмер и учет древесины в пучках на сплавных рейдах. Поэтому основной целью настоящей работы явилось изучение и исследование обмера и учета круглых лесных материалов в пучках.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и приложений, изложенных на 249 страницах машинописного текста.

В первой главе дается анализ существующих методов обмера и учета древесины в нашей стране и за рубежом.

Во второй главе приведены результаты исследования приемо-передачи древесины в пунктах приплава.

В третьей главе изложена методика определения точности обмера круглых лесных материалов.

В четвертой главе приведены результаты исследований точности геометрического обмера древесины в пучках.

В пятой главе изложены методики и постановка опытов, приведены результаты исследований силометрического метода обмера древесины в пучках.

В заключении даются выводы о целесообразности применения в промышленности геометрического и силометрического методов обмера древесины в пучках.

# І. ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ОБМЕРА ДРЕВЕСИНЫ В ПУЧКАХ

Одним из эффективных методов обмера древесины в пучках, составленных из бревен одинаковой длины, является геометрический способ обмера. Многолетний опыт Керчевского рейда треста "Камлесо - сплав" показывает, что применение этого способа сокращает время на обмер древесины в пучке до 1-1,5 мин. вместо 3-5 мин. по сравнению с поштучным обмером бревен и уменьшает в 4 раза потребность в учетном персонале.

Сущность геометрического способа обмера древесины в пучках заключается в том, что пучок бревен, сжатый стойками сплочной машины, измеряется по высоте и ширине специальными рейками, закрепленными на машине. Геометрический объем пучка определяется по формуле

$$W_r = B \cdot H \cdot l, \quad (1)$$

где  $B$  - ширина и  $H$  - высота пучка, измеренные по середине длины пучка,  $l$  - длина бревна (пучка).

Объем древесины в пучке  $W_g$  находится по следующей зависимости:

$$W_g = \psi \cdot W_r. \quad (2)$$

Здесь  $\psi$  - коэффициент использования геометрического объема пучка бревен.

Численное значение коэффициента  $\psi$  может быть определено как отношение объема плотной массы пучка, полученного путем поштучного обмера бревен, к геометрическому объему пучка

$$\psi = \frac{W_g}{W_r}. \quad (3)$$

Точность объема бревен в пучке зависит от степени точности определения коэффициента  $\psi$  и измерения  $B$  и  $H$ .

Обозначив через  $\epsilon_\psi$ ,  $\epsilon_B$  и  $\epsilon_H$  предельные относительные погрешности измерения величин  $\psi$ ,  $B$  и  $H$ , а через  $\epsilon_n$  инструментальную погрешность счетно-решающего механизма, найдем суммарную

относительную погрешность определения объема пучка  $\epsilon_{wg}$

$$\epsilon_{wg} = \epsilon_{\psi} + \epsilon_{\theta} + \epsilon_{H} + \epsilon_{\Pi} \quad (4)$$

Значения относительной погрешности коэффициента использования геометрического объема  $\epsilon_{\psi}$ , ширины пучка  $\epsilon_{\theta}$  и высоты его  $\epsilon_{H}$  определены по известным формулам математической статистики.

Точность передаточного механизма от датчиков к счетно-решающему механизму и самого счетно-решающего механизма принимаем  $\epsilon_{\Pi} = 0,5 \%$ .

Для определения численной величины относительной погрешности объема бревен в пучке при геометрическом обмере были проведены исследования на Керченском рейде треста "Камлесослав". Геометрический объем пучка определялся в двух вариантах: пучок находился в стойках сплотовочной машины и на плаву за сплотовочной машиной. Опыты по определению точности геометрического обмера в пучках проводились на следующих основных сортаментах: пиловочных бревнах, рудничной стойке с диаметром в верхнем отрубе 12-18 см, рудничной стойке с диаметром 7-11 см и спецсортименте телеграфных столбах. Объем опытных пучков бревен в изучаемой партии сортамента колебался от 10 до 40 м<sup>3</sup>.

В результате обработки материалов исследований были получены данные по определению точности геометрического обмера древесины в пучках (табл. I). Из таблицы видно, что предельная относительная погрешность при измерении объема пучка бревен геометрическим способом не превышает 3,34 %.

Сопоставление результатов определения объема бревен при геометрическом способе обмера в пучках на сплавных рейдах и поштучного обмера в пунктах приплавки показало, что отклонения незначительны. По данным сдаточного участка Волгоградского рейда треста "Волголесослав", в 1969 году разница в кубатуре древесины, измеренной геометрическим способом и поштучно, составила 2,42 %, тогда как разница в объеме древесины в плотках, отфактурованной со сплавных рейдов Камы (поштучный обмер при сплотке древесины), доходила до 4-12 %.

Отсюда следует, что применение геометрического обмера древесины в пучках на сплавных рейдах повысит точность определения объема древесины при сплотке и резко снизит трудозатраты.

Таблица I

Наименование сортамента	: Кол-во обмеренных пучков	: Средний объем пучка, м <sup>3</sup>	: Средний диаметр бревна в пучке, м	: Средний диаметр бревна в пучке, см	: Коэффициент использования объема пучка	: Среднее квадратическое отклонение		
						$\psi$	$\theta$	
Пиловочник	50	16,9	4,5	25	0,539	0,565	0,0348	0,0479
Пиловочник	50	27,6	6,5	26	0,534	0,556	0,0400	0,0500
Пиловочник	51	23,8	6,5	24	0,511	0,537	0,0303	0,0370
Рудстойка	50	14,3	4,5	15	0,467	0,494	0,0255	0,0250
Рудстойка	62	22,5	6,5	15	0,471	0,491	0,0364	0,0480
Рудстойка	50	18,4	6,5	10	0,424	0,441	0,0322	0,0377
Телеграфный столб	48	24,8	6,5	18,5	0,528	0,549	0,0390	0,0466

0,00493	0,00678	6,45	8,48	0,91	1,20	0,69	0,60	0,83	0,95	0,5	0,5	2,93	3,25
0,00567	0,00707	7,50	9,00	1,06	1,26	0,66	0,60	0,75	0,87	0,5	0,5	2,97	3,23
0,00425	0,00519	6,00	6,90	0,83	0,96	0,69	0,65	0,81	0,93	0,5	0,5	2,83	3,04
0,00360	0,00350	5,50	5,10	0,78	0,71	0,73	0,65	0,80	0,96	0,5	0,5	2,81	2,82
0,00461	0,00610	7,80	9,80	0,93	1,25	0,70	0,63	0,77	0,89	0,5	0,5	2,95	3,27
0,00456	0,00534	7,60	8,55	1,07	1,21	0,71	0,64	0,83	0,95	0,5	0,5	3,11	3,30
0,00566	0,00678	7,40	8,50	1,07	1,23	0,71	0,66	0,83	0,95	0,5	0,5	3,11	3,34

Примечание. В таблице обозначения с индексом  $\gamma$  относятся к величинам, измеренным и вычисленным для пучка древесины, находящегося в стойках сплотовочной машины, с индексом 2 - в сплотовочной машине на плаву.





ковне поверхности.

В процессе проведения исследований было необходимо выяснить, как быстро свободная вода стекает с пучков бревен, сколько её остается в пучке в зависимости от времени стекания, каков поправочный коэффициент на остаточную воду в пучке бревен при его взвешивании в воздухе.

Интенсивность стекания воды исследовалась при двух положениях пучка относительно зеркала воды:

а) при подъеме затопленного пучка бревен из воды до момента отрыва нижней поверхности пучка от зеркала воды;

б) при взвешивании пучка бревен в воздухе с момента отрыва нижней поверхности пучка бревен от зеркала воды.

В процессе исследований было учтено, что часть воды, которая впиталась в клетки древесины бревен пучка, не вызвала ошибки, поскольку не учитывалась при замере подъемной силы. Было выяснено также влияние на интенсивность стекания воды объема пучков бревен и размерности древесины (мелкая, средняя и крупная).

Интенсивность стекания воды для каждого опыта была представлена в виде зависимости  $P_t = f(t)$ , где  $P_t$  - вес пучка древесины в воздухе, кг, через промежуток времени  $t$ . При обработке материалов вычисляли абсолютную ошибку на остаточную воду в пучке

$$W_{om} = P_t' - P_0', \quad (6)$$

где  $W_{om}$  - количество остаточной воды в модельном пучке бревен, кг;

$P_t'$  - вес модельного пучка бревен с остаточной водой, через промежутки времени  $t$ , кг;

$P_0'$  - истинный вес модельного пучка бревен в воздухе (без остаточной воды), кг.

Все опыты проводились на модельных пучках бревен в масштабе 1:20 при подъеме затопленного пучка бревен до момента отрыва его нижней поверхности от зеркала воды и в масштабе 1:5 при взвешивании пучка бревен в воздухе с момента отрыва его нижней поверхности от зеркала воды.

Количество воды, стекающей с модельных пучков бревен и остаточной воды в пучке при его подъеме, пересчитали применительно к натурным пучкам бревен.

Затем определили величину поправочного коэффициента  $K$  на остаточную воду в натурном пучке бревен при его взвешивании

$$K = \frac{P_0}{P_0 + W_0}, \quad (7)$$

где  $P_0$  - истинный вес натурального пучка бревен в воздухе (без остаточной воды), кг;

$W_0$  - количество остаточной воды в натурном пучке бревен при его подъеме из воды, кг.

С учетом поправочного коэффициента  $K$  на остаточную воду в пучке бревен при его взвешивании зависимость (5) для определения объема пучков древесины по синометрическому методу выразится формулой

$$W_g = \frac{K\rho + \rho_1}{\delta_g^2} \quad (8)$$

При  $\delta_g^2 = 1 \text{ т/м}^3$  формула примет вид

$$W_g = K\rho + \rho_1, \quad (9)$$

где  $K$  - коэффициент, учитывающий поправку на остаточную воду в пучке бревен при его взвешивании в воздухе,  $K = f(t)$ .

Число необходимых наблюдений  $n$  определяем по формуле

$$n = \frac{V^2 \cdot t^2}{\rho^2}, \quad (10)$$

где  $V$  - коэффициент вариации, % (на основе опытных данных принимаем  $V = 8,8$  %);

$t$  - показатель достоверности;

$\rho$  - показатель точности, %, принимаем  $\rho = 3$  %.

Тогда необходимое число опытов составит

$$n = \frac{8,8 \cdot 1,6}{3} = 8,6. \quad (11)$$

В наших исследованиях было проведено 10 опытов.

#### Постановка опытов. Моделирование

Исследование интенсивности стекания воды с пучка бревен при его подъеме до момента отрыва нижней поверхности пучка от зеркала воды.

Для проведения опытов были использованы: бассейн размером 1,5 м х 1 м х 0,6 м в металлическом исполнении, весы лабораторные технические модели ВЛТК-5 с наибольшей нагрузкой 5 кг и ценой деления шкалы 1 г, секундомер типа СИД.

Все опыты проводились на модельных пучках неокоренных сосновых и еловых бревен в масштабе 1:20. Сначала пучок замачивали в бассейне до влажности свежесрубленной древесины, затем поднимали из бассейна и после двухчасовой выдержки определяли вес пучка путем взвешивания на весах. После взвешивания пучок снова погружали в бассейн и поднимали из воды с различными скоростями. Вес модельного пучка бревен в момент отрыва его нижней поверхности от зеркала воды фиксировался на весах с точностью до 1 г. Остаточная вода определялась по формуле (6).

Количество остаточной воды в натуральных пучках бревен определяли по зависимости, вытекающей из критерия подобия Фруда, так как при стекании свободной воды с пучка бревен преобладают силы тяжести

$$W_0 = W_{0m} \cdot a_l^3, \quad (12)$$

где  $a_l$  — линейный масштаб.

Затем находили количество воды, стекающей с натурального пучка бревен  $W_{cm}$ , по формуле

$$W_{cm} = W_{00} - W_0, \quad (13)$$

где  $W_{00}$  — количество воды в натурном пучке бревен при его затоплении.

$$W_{00} = \frac{W_0(1-\eta)}{\eta}. \quad (14)$$

Здесь  $\eta$  — коэффициент полндревесности пучка бревен.

Количество остаточной и стекающей воды при подъеме модельных пучков бревен до момента отрыва их нижней поверхности от зеркала воды рассчитывалось для скоростей подъема пучка от 0,015 до 0,215 м/сек., что соответствовало скоростям подъема натуральных пучков бревен в диапазоне от 0,067 до 0,96 м/сек.



Исследование интенсивности стекания воды с пучка бревен при взвешивании его в воздухе.

Для проведения опытов были использованы бассейн размером 2м x 2м x 1,2м в металлическом исполнении, металлический лоток размером 2м x 1,3м для сбора стекающей из пучка воды, электроталь грузоподъемностью 0,5 тонны типа ТЭО 5ВЗ-И для подъема пучка бревен из бассейна, секундомер типа 51 СД, динамометр ДПУ-0,2-2 с предельной нагрузкой 200 кг, платформенные передвижные циферблатные весы РР-100Ц-13 с предельной нагрузкой 100 кг.

Опыты проводились на модельных пучках неокоренных сосновых и еловых бревен в масштабе 1:5.

Вначале модельный пучок бревен замачивали в бассейне до влажности свежесрубленной древесины, затем поднимали из бассейна и после трехчасовой выдержки определяли начальный вес пучка (без остаточной воды) путем взвешивания на весах РР-100Ц-13. После взвешивания пучок снова погружали в бассейн и с помощью электротали поднимали из бассейна, чтобы изучить интенсивность стекания воды с пучка бревен.

Стекающая с пучка вода через определенные промежутки времени собиралась в металлический лоток, который устанавливался непосредственно под пучком бревен по истечении 10 сек. с момента отрыва пучка от поверхности воды. По лотку вода стекала в посуду и измерялась через определенные промежутки времени путем взвешивания на весах с точностью до 1 г.

Количество стекающей воды замерялось через 10 сек., 1,3,5 и 10 мин. Через 10 мин. с момента подъема пучка из воды его взвешивали на весах РР-100Ц-13.

Максимальный вес пучка вместе с остаточной водой в момент отрыва пучка бревен от поверхности воды при его подъеме регистрировался с помощью динамометра ДПУ-0,2-2.

Для пересчета количества стекающей с модельных пучков бревен воды на натурную величину необходимо установить масштабную зависимость по методике испытаний.

С этой целью были проведены исследования по изучению количества стекающей воды в зависимости от времени на модельных пучках бревен в масштабе 1:5; 1:10; 1:20.

Результаты исследований приводятся в табл.2.

Таблица 2

Время стека- ния воды с пучка бревен	Колич. стекаемой воды с модельного пучка, кг		
	масштаб модель- ного пучка бревен 1:5	масштаб модель- ного пучка бревен 1:10	масштаб модель- ного пучка бревен 1:20
от 0 мин. до 10 сек.	1,210	0,280	0,075
от 10 сек. до 1 мин.	0,345	0,086	0,022
от 1 до 3 мин.	0,300	0,075	0,019
от 3 до 5 мин.	0,105	0,026	0,007
от 5 до 10 мин.	0,140	0,035	0,009

Для установления масштабной зависимости при пересчете количества стекающей воды с модельных пучков бревен на натурную величину воспользуемся равенством, выведенным по аналогии с законом подобия Фруда и Рейнольдса

$$Q_N = Q_{M1} \cdot a_1^x = Q_{M2} \cdot a_2^x = Q_{M3} \cdot a_3^x = \dots = Q_{Mn} \cdot a_n^x, \quad (15)$$

где  $Q_N$  - весовое количество стекающей воды с натурного пучка бревен за единицу времени;

$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  - линейные масштабы модельных пучков бревен;

$Q_{M1}, Q_{M2}, Q_{M3}, \dots, Q_{Mn}$  - весовой расход стекающей с модельных пучков бревен воды за единицу времени при соответствующих линейных масштабах.

Подставив числовые значения весовых расходов стекающей с модельных пучков бревен воды, полученные в результате опыта при линейных масштабах 1:5; 1:10; 1:20, в равенство (15) и решив его относительно показателя  $x$ , находим зависимость для перерасчета расходов стекающей с модельных пучков бревен воды на натурную величину.

$$Q_N = Q_M \cdot a^2. \quad (16)$$

Аналогичным путем находим масштабную зависимость для пересчета весового количества стекающей за определенный промежуток времени воды на натурную величину

$$W_N = W_M \cdot a^2, \quad (17)$$

где  $W_N, W_M$  - вес воды, стекающей соответственно с натурального и модельного пучка бревен.

По полученной зависимости (17) был проведен перерасчет количества воды, стекающей с модельных пучков бревен в масштабе 1:5, в зависимости от времени на натурную величину.

### Результаты исследований

Вывод полуэмпирической формулы для определения количества стекающей с пучка бревен воды при его подъеме до момента отрыва нижней поверхности пучка от зеркала воды.

Для вывода полуэмпирической зависимости воспользуемся известной формулой для определения количества воды  $W$  при истечении её из малых отверстий

$$W = \mu \cdot \omega \sqrt{2g \cdot H} \cdot t, \quad (18)$$

где  $\mu$  - коэффициент расхода;  
 $\omega$  - площадь поперечного сечения отверстия;  
 $g$  - ускорение силы тяжести;  
 $H$  - напор;  
 $t$  - время истечения.

В нашем случае коэффициент расхода  $\mu$  обозначим через  $K'$  как неизвестную величину, которая изменяется в зависимости от скорости подъема пучка; время  $t = \frac{H}{v}$ , где  $H$  - высота пучка бревен, м;  $v$  - скорость подъема пучка из воды, м/сек. Приведенная площадь поперечного сечения стекания воды с пучка в данном случае выразится отношением объема пустот пучка  $\frac{W_0(1-\eta)}{\rho}$  к длине бревна пучка  $l$

$$\omega = \frac{W_0(1-\eta)}{l \cdot \rho}. \quad (19)$$

Тогда формула (18) примет вид

$$W_p = K' \cdot \frac{W_0(1-\eta) \sqrt{2g \cdot H} \cdot H}{l \cdot \rho \cdot v}. \quad (20)$$

где  $W_p$  - количество стекающей с пучка воды;

$W_g$  - объем пучка в плотной массе;

$\varphi$  - коэффициент полндревесности.

Для упрощения расчетов при определении зависимости  $K' = f(v)$  величину коэффициента  $K'$  находим по формуле

$$K' = \frac{\rho \cdot \varphi \cdot W_p}{W_g(1-\varphi)\sqrt{2gH} \cdot H} \quad (21)$$

При определении  $K'$  выяснилось, что для уравнивания величин  $K'$  для каждой определенной скорости необходимо его величину умножить на высоту пучка бревен в степени 1,5.

Тогда формула (21) примет вид

$$K' = \frac{\rho \cdot \varphi \cdot W_p}{W_g(1-\varphi)\sqrt{2g}} \quad (22)$$

В результате исследований были определены опытные значения коэффициента  $K'$  и по ним установлена его зависимость от скорости подъема пучка из воды

$$K' = \frac{5,076}{v^{1,5}} \text{ м}^{0,5} \text{ сек} \quad (23)$$

Расчет отклонений между опытными значениями коэффициента  $K'$  и расчетными, определенными по формуле (23), приведен в табл.3.

Таблица 3

Скорость подъема натурного пучка, м/сек.	Значения коэффициента $K'$		Разница	
	опытные	вычисленные	абсолютная	в %
0,067	1,1144	1,1196	+0,0052	+0,47
0,140	1,1115	1,1076	-0,0039	-0,35
0,190	1,1057	1,1026	-0,0031	-0,28
0,320	1,0999	1,0942	-0,0057	-0,52
0,480	1,0889	1,0877	-0,0012	-0,11
0,960	1,0715	1,0825	+0,0110	+1,03



Из таблицы видно, что отклонения между опытными значениями коэффициента  $K'$  и расчетными колеблются в пределах от  $-0,11$  до  $+1,03$  %, то есть составляют незначительную величину.

Подставив в формулу (22) значение коэффициента  $K'$ , определенное по формуле (23), получим

$$W_p = \frac{1,076 \cdot W_g (1-q) \sqrt{2g}}{2 \cdot q \cdot \sqrt{4,0147}} . \quad (24)$$

Количество остаточной воды в пучке следует из равенства (13)

$$W'_{\text{ост}} = W_{\text{ог}} - W_p . \quad (25)$$

Подставив в равенство (25) значения  $W_{\text{ог}}$  и  $W_p$ , получим зависимость для определения количества остаточной воды в пучке бревен

$$W'_{\text{ост}} = \frac{W_g (1-q)}{q} \left( 1 - \frac{1,076 \sqrt{2g}}{2 \cdot \sqrt{4,0147}} \right) . \quad (26)$$

Отклонения между опытными и расчетными значениями стекающей с пучка воды и остаточной не превышают соответственно  $0,7$  и  $0,5$  %.

Следовательно, формулы (24) и (26) могут быть использованы для практических расчетов.

Оптимальными скоростями подъема пучка бревен на установках для обмера древесины в пучках силометрическим методом, которые будут работать в производственных условиях, являются скорости  $0,14-0,48$  м/сек.

Если в наших расчетах принять за нуль отклонение количества остаточной воды в пучке бревен при скорости подъема его из воды  $v' = 0,32$  м/сек., то отклонение количества остаточной воды в пучках бревен при подъеме их из воды в момент отрыва нижней поверхности пучка от зеркала воды при скорости подъема  $0,14-0,48$  м/сек. составит не более  $0,7$  %. Поэтому дальнейшие опыты по изучению интенсивности стекания воды с пучка бревен при взвешивании его в воздухе с момента отрыва нижней поверхности пучка от зеркала воды проводим при одной скорости  $v'_0 = 0,133$  м/сек для всех модельных пучков бревен в масштабе  $1:5$ , что соответствует скорости подъема пучков бревен в натуре  $v' = 0,3$  м/сек.

Вывод полуэмпирической формулы для определения количества воды, стекающей с пучка бревен при его взвешивании в воздухе с момента отрыва нижней поверхности пучка от зеркала воды.

Для вывода полуэмпирической зависимости количества стекающей воды с пучка бревен в зависимости от времени подъема (нахождения) пучка в воздухе с момента отрыва его нижней поверхности от зеркала воды воспользуемся формулой (18).

По аналогии с формулой (20) количество стекающей воды определяется по следующей зависимости:

$$W_2 = K'' \frac{W_0(1-\eta) \sqrt{2gH} \cdot t}{\rho \cdot \eta}, \quad (27)$$

где  $K''$  — коэффициент расхода воды в зависимости от времени подъема пучка.

В процессе обработки результатов опыта была получена зависимость коэффициента  $K''$  от времени подъема пучка

$$K'' = \frac{0,01248}{t^{0,833}} \frac{1}{m}. \quad (28)$$

Отклонения между опытными значениями коэффициента  $K''$  и расчетными, полученными по формуле (28), приведены в табл. 4.

Таблица 4

Время стекания воды с пучка, сек.	Значения коэффициента $K''$		Разница	
	опытные	вычисленные	абсолютная	в %
10	0,001730	0,001752	0,000022	1,27
60	0,000374	0,000389	0,000016	1,61
180	0,000153	0,000149	0,000004	2,62
300	0,000053	0,000096	0,000001	1,04
600	0,000052	0,000053	0,000001	1,93

Из таблицы видно, что эти отклонения колеблются в допустимых пределах.

Подставив в формулу (27) значение коэффициента  $K''$ , опреде-

ленного по зависимости (28), получим

$$W_p' = \frac{0,01248 \cdot W_g (1-\eta) \cdot \sqrt{2g} \cdot H \cdot d_{cp} \cdot t^{2,417}}{c \cdot l \cdot \eta}, \quad (29)$$

где  $W_g$  - объем пучка бревен в плотной массе, м<sup>3</sup>;

$\eta$  - коэффициент полнодревесности;

$g$  - ускорение силы тяжести, м/сек<sup>2</sup>;

$d_{cp}$  - средний диаметр бревен в пучке (по верхнему отруб), м;

$t$  - продолжительность подъема (нахождения) пучка бревен с момента отрыва его нижней поверхности от зеркала воды, сек.;

$c$  - соотношение осей пучка;

$l$  - длина бревен в пучке, м.

Отклонения между опытными и расчетными значениями стекающей воды при взвешивании пучка бревен в воздухе с момента отрыва его нижней поверхности от зеркала воды, вычисленное по формуле (29), не превышают 0,032 %. Это говорит о том, что формулу (29) можно использовать для определения количества стекающей воды при взвешивании пучка в воздухе.

Количество остаточной воды в пучке при его взвешивании в воздухе определяется по формуле

$$W_{pост} = W_{pост}' - W_p'. \quad (30)$$

Подставив в формулу (30) значения  $W_{pост}'$  и  $W_p'$ , получим следующую зависимость для определения количества остаточной воды в пучке:

$$W_{пост} = \frac{W_g(1-\eta)}{\eta} \left[ 1 - \frac{1,076 \sqrt{2g}}{l \cdot \eta \cdot 0,01248} - \frac{0,01248 d_{cp} \sqrt{2g} \cdot H \cdot t^{2,417}}{c \cdot l} \right]. \quad (31)$$

По аналогии с формулой (8) объем пучка древесины определяется по следующей зависимости:

$$W_g = \frac{P - W_{пост} \cdot \delta_f + P_1}{\delta_f}. \quad (32)$$

Подставив в формулу (32) значения  $W_{пост}$  и произведя соответствующие преобразования, получим окончательную формулу для определения объема пучка бревен  $W_g$  при силовометрическом методе обмера

$$W_g = \frac{\eta(\rho + \rho_1)}{\left[ \eta + (1-\eta) \left( 1 - \frac{1,076 \sqrt{2g}}{2 \cdot \sqrt{0,3197}} - \frac{0,01248 \text{ дин} \sqrt{2g} \cdot \pi \cdot t^{0,9197}}{c \cdot \rho} \right) \right]^{0,88}} \quad (33)$$

Предельная относительная погрешность при определении объема пучка бревен по полуэмпирической зависимости (33) составляет 0,938 % для скоростей подъема пучка из воды 0,067–0,96 м/сек.

#### Вывод эмпирической формулы для определения объема пучков бревен.

Для вывода эмпирической формулы были использованы опытные данные, полученные при исследовании интенсивности стекания воды с пучков бревен с момента отрыва их нижней поверхности от зеркала воды при взвешивании пучков в воздухе. Значения количества воды, стекающей с модельных пучков бревен, были пересчитаны на натуру по зависимости (17). Затем по формуле (7) были определены значения коэффициента  $K$ .

Если полученные значения коэффициента  $K$  в зависимости от времени стекания воды с пучка бревен представить графически, то можно сделать вывод, что эта зависимость близка к степенной

$$y = a \cdot x^b, \quad (34)$$

где  $y$  — значения коэффициента  $K$ ;

$x$  — продолжительность стекания воды с пучка бревен;

$a$  и  $b$  — постоянные величины.

Постоянные параметры, входящие в формулу (34), определены по способу наименьших квадратов и составили следующие величины:

$$a = 0,9866; \quad b = 0,0005.$$

Подставив эти значения в формулу степенной зависимости (34), получим

$$K = 0,9866 \cdot t^{0,0005}. \quad (35)$$

Отклонения между значениями коэффициента  $K$ , вычисленные по формуле (35), и опытными приводятся в табл. 5.

Из таблицы видно, что отклонения между опытными значениями коэффициента  $K$  и полученными по формуле (35) колеблются в допустимых пределах.



Таблица 5

Время стекания воды с пучка бревен, мин.	Значения коэффициента К		Разница	
	опытные	вычисленные	абсолютная	в %
0,17	0,9858	0,9858	0,0000	0,00
1,00	0,9866	0,9866	0,0000	0,00
3,00	0,9873	0,9872	-0,0001	0,01
5,00	0,9876	0,9877	+0,0001	0,01
10,00	0,9879	0,9879	0,0000	0,00

Подставив в формулу (8) значение коэффициента К, определенное по зависимости (35), получим

$$W_g = \frac{0,9866 \cdot t^{2,9995} \cdot \rho + \rho_1}{\delta \rho} \quad (36)$$

При  $\delta \rho = 1 \text{ т/м}^3$  формула (36) примет вид

$$W_g = 0,9866 \cdot t^{2,9995} \cdot \rho + \rho_1, \quad (37)$$

где  $W_g$  - объем пучка бревен в плотной массе,  $\text{м}^3$ ;

$t$  - продолжительность подъема пучка бревен с момента отрыва его нижней поверхности от зеркала воды, мин.;

$\rho$  - вес пучка бревен в воздухе, т;

$\rho_1$  - подъемная сила пучка бревен при его затоплении, т.

Предельная относительная погрешность определения объема пучка бревен по эмпирической зависимости (36) составляет 1,99%, а по зависимости (37) - 2,19% при скоростях подъема пучка 0,067-0,96 м/сек.

Закономерности стекания воды с пучков бревен при их подъеме из воды, полученные в результате исследований синометрического метода, позволяют установить полуэмпирические и эмпирические зависимости для определения истинного веса пучков бревен при взвешивании их в воздухе и объема пучков при весовом методе объема древесины в пучках (пакетах).

Истинный вес пучка бревен при подъеме его из воды  $P_0$  в момент взвешивания пучка в воздухе определяется по следующей зависимости:

$$P_0 = P - W_{\text{вост}} \cdot \delta \rho. \quad (38)$$

Подставив в формулу (38) значение  $W_{\text{вост}}$ , определяемое по зависимости (31), получим

$$P_0 = P - \frac{K_0 \delta \rho \cdot W_0 (1 - \alpha)}{\rho} \left[ 1 - \frac{1,076 \sqrt{2g}}{c \cdot \sqrt{0,0147}} - \frac{0,01248 \cdot d_{\text{ср}} \sqrt{2g \cdot H} \cdot t^{0,777}}{c \cdot t} \right], \quad (39)$$

где  $K_0$  - коэффициент, учитывающий влияние начальной осадки пучка бревен.

Начальная осадка пучка  $T_0$  ... 0,5H 0,6H 0,7H 0,8H 0,9H 1,0H  
 Коэффициент  $K_0^x$  ..... 0,666 0,704 0,756 0,824 0,906 1,00  
 Здесь H - высота пучка бревен, м.

При определении истинного веса пучка (пакета) бревен  $P_0$  по формуле (39) предельная относительная погрешность составляет 1,047 % в диапазоне скоростей подъема пучка из воды от 0,067 до 0,96 м/сек.

Объем пучка бревен (пакета) по весовому методу определяется по известной формуле

$$W_g = \frac{P_0}{\delta \rho}, \quad (40)$$

где  $\delta \rho$  - объемный вес древесины в пучке, т/м<sup>3</sup>.

Подставим в формулу (40) значение истинного веса пучка бревен при взвешивании его в воздухе, определяемое по зависимости (39), и после соответствующих преобразований получим полуэмпирическую зависимость для определения объема пучка бревен (пакета) по весовому методу

$$W_g = \frac{P}{\delta \rho + \frac{K_0 \delta \rho (1 - \alpha)}{\rho} \left[ 1 - \frac{1,076 \sqrt{2g}}{c \cdot \sqrt{0,0147}} - \frac{0,01248 \cdot d_{\text{ср}} \sqrt{2g \cdot H} \cdot t^{0,777}}{c \cdot t} \right]}, \quad (41)$$

где  $t$  - продолжительность подъема пучка бревен с момента отрыва его нижней поверхности от зеркала воды, сек.

x) Значения  $K_0$  см. Лебедев В.А. "Исследование некоторых вопросов определения кубатуры круглых лесоматериалов гидростатическими автокубатурниками". Диссертация на соискание ученой степени канд.техн.наук. Ленинград, 1968.

Если величину предельной относительной погрешности объема пучка бревен при весовом методе принять равной 5%, а истинного веса пучка - 1,047 %, то объемный вес древесины в пучке должен быть определен с относительной погрешностью не более 3,95 %.

Для практических расчетов при определении истинного веса пучка (пакета) бревен  $P_0$  при весовом методе обмера круглого леса получена эмпирическая формула

$$P_0 = \frac{P(0,98866 \cdot t^{0,0005} + 1 - K_0)}{2 - K_0}, \quad (42)$$

где  $t$  - продолжительность подъема пучка бревен с момента отрыва его нижней поверхности от зеркала воды, мин.

При определении истинного веса пучка бревен по формуле (42) предельная относительная погрешность не превышает 1,26 % для скоростей подъема пучка из воды 0,14 - 0,48 м/сек. и не превышает 2,36 % при скоростях подъема пучка от 0,067 до 0,96 м/сек.

Подставив в формулу (40) значение  $P_0$ , вычисленное по зависимости (42), получим эмпирическую формулу для определения объема пучка бревен по весовому методу

$$W_g = \frac{P(0,98866 \cdot t^{0,0005} + 1 - K_0)}{\delta_g (2 - K_0)}. \quad (43)$$

Если предельную относительную погрешность при исчислении объема пучка бревен по формуле (43) принять равной 5%, а истинного веса пучка - 1,26 и 2,36 % при соответствующих скоростях подъема пучка, то объемный вес древесины в пучке  $\delta_g$  должен быть определен с относительной погрешностью, не превышающей 3,74 % при скоростях подъема пучка бревен от 0,14 до 0,48 м/сек, и с погрешностью, не превышающей 2,64 % при скоростях подъема пучка от 0,067 до 0,96 м/сек.

## ВЫВОДЫ

Изучение методов обмера круглых лесных материалов на сплавных рейдах позволило выявить, что обмер и учет круглых лесоматериалов в пучках является одним из эффективных методов.

1. Результаты исследований геометрического обмера древесины в пучках показали, что относительная погрешность обмера круглого леса в зависимости от сортимента составляет 2,81-3,11 % (пучок бревен находится в стойках сплотовочной машины) и 2,82-3,34 % (за сплотовочной машиной).

Анализ контрольных проверок плотов в пунктах приплыва древесины показал, что при существующем поштучном методе обмера круглого леса на сплавных рейдах погрешность в обмере древесины достигает 10-15 % и более.

Полученные данные дают возможность рекомендовать применение геометрического обмера круглого леса в пучках в производственных условиях на предприятиях лесной и деревообрабатывающей промышленности.

2. В результате исследований силовометрического метода обмера древесины в пучках установлена закономерность стекания воды с пучков бревен при их подъеме из воды и на этой основе получены полуэмпирические формулы для определения количества стекающей (24), (29) и остаточной воды в пучках (26), (31).

С учетом результатов по изучению стекания воды с пучков бревен при их подъеме из воды выведены полуэмпирическая (33) и эмпирические (36) и (37) зависимости для определения объема круглых лесных материалов по силовометрическому методу.

Полученные зависимости позволяют более точно определить объем древесины в пучках, так как учитывают остаточную воду в пучках бревен при их подъеме из воды. Предельная относительная погрешность определения объема пучков бревен по полуэмпирической формуле (33) равна 0,938 % в диапазоне скоростей подъема пучков из воды 0,067-0,96 м/сек, по эмпирическим формулам (36) и (37) соответственно 1,99 и 2,19 % при скоростях подъема пучков бревен 0,067-0,96 м/сек., 1,1 и 1,3 % - в диапазоне скоростей подъема 0,14-0,48 м/сек.



При существующей производительности сплочных машин на сплавных рейдах оптимальными скоростями подъема пучков бревен на установках для обмера пучков бревен по силометрическому методу являются скорости подъема пучков от 0,14 до 0,46 м/сек.

Поэтому при практических расчетах для определения объема пучков бревен по силометрическому методу обмера следует пользоваться эмпирическими зависимостями (36) или (37) как наиболее простыми и дающими достаточную точность.

3. На основе результатов по изучению стекания воды с пучков бревен при их подъеме из воды установлены полуэмпирические зависимости для определения истинного веса пучков бревен при взвешивании их в воздухе (39) и объема пучков (41) при весовом методе обмера древесины в пучках (пакетах) и эмпирические (42) и (43).

Предельная относительная погрешность при определении истинного веса пучков бревен по формуле (39) составляет 1,047 % при скоростях подъема пучков 0,067-0,96 м/сек., а по зависимости (42) - 1,26 % в диапазоне скоростей подъема пучков 0,14-0,48 м/сек.

4. Предлагаемые методы обмера круглых лесных материалов в пучках имеют преимущества перед существующими методами обмера древесины:

при обмере древесины в пучках в 3-4 раза повышается производительность труда на данной операции;

увеличивается точность обмера древесины;

появляется возможность с наименьшими затратами создать средства автоматизации для устройств по обмеру древесины в пучках;

спроектированные устройства для обмера древесины в пучках легко вписываются в технологический процесс сплавных рейдов.

При внедрении обмера древесины в пучках в промышленность стоимость 1 м<sup>3</sup> древесины снижается на 1,86 коп. при применении геометрического метода и на 1,05 коп. при силометрическом методе обмера древесины. Годовая экономическая эффективность при объеме сплава круглых лесных материалов в пучках (пакетах), равном 103 млн. куб. м (план 1975 г.), соответственно составит 1 млн. 916 тыс. рублей и 1 млн. 81 тыс. рублей.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих статьях:

1. Меркурьев В.И. Исследование обмера древесины в пучках путем затопления и взвешивания. ИВУЗ, "Лесной журнал", № 5, 1968.

2. Меркурьев В.И., Манухин Г.А. О точности геометрического обмера славяных пучков бревен. Труды ЦНИИМОД, выпуск 22, 1968.

3. Меркурьев В.И. Применение геометрического обмера пучков бревен на славяных рейдах. Архангельск, ЦНТИ, 1971.

4. Меркурьев В.И. Исследование силометрического метода обмера древесины в пучках. Труды ЦНИИМОД, выпуск 30, 1973.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с  
заверенными подписями просим направлять по  
адресу: 220630, Минск, 50, ул. Свердлова, 13а,  
Белорусский технологический институт имени  
С.М.Кирова, Ученый Совет.

---

СЛ. 00650. Подп. к печати 22.IV.1974г. Печ. листов 1,5  
Тираж 120. Заказ № 156. Бесплатно

---

Архангельск, Набережная им.Ленина,112. Ротапринт ЦНИИМОДа