

630\*3  
П 50

Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова

На правах рукописи

630\*378.1(0433)

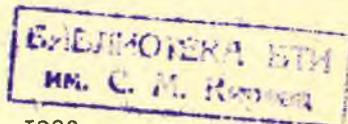
*Волок*

Полищук Владлен Петрович

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ К ЛЕСОСПЛАВУ ТОНКОМЕРНЫХ  
СОРТИМЕНТОВ СОСНЫ И ЕЛИ МЕТОДОМ ЦЕНТРОБЕЖНОГО  
ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

05.21.01. "Технология и механизация лесного  
хозяйства и лесозаготовок"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук



Минск - 1980

5888 ap

630к3  
+ П50

Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова

На правах рукописи

Полищук Владлен Петрович

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ К ЛЕСОСПЛАВУ ТОНКОМЕРНЫХ  
СОРТИМЕНТОВ ССНЫ И ЕЛИ МЕТОДОМ ЦЕНТРОБЕЖНОГО  
ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

05.21.01. "Технология и механизация лесного  
хозяйства и лесозаготовок"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск - 1980

Общая характеристика работы

Работа выполнена в Центральном научно-исследовательском институте Лесосплава.

Научный руководитель - кандидат технических наук,  
доцент Патакин В.И.

Официальные оппоненты: - доктор технических наук,  
профессор Дмитриев Ю.Я.

- кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Пауль Э.Э.

Ведущее предприятие: - Волжско-Камский научно-исследовательский институт  
водного лесотранспорта

Защита состоится 2 апреля 1980 г. в 10 часов  
на заседании специализированного Совета К.056.01.01  
в Белорусском технологическом институте им.  
С.М.Кирова (220050, г.Минск, ул.Свердлова, 13-а)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке  
Белорусского технологического института.

Автореферат разослан 28 февраля 1980 г.

Ученый секретарь специализированного  
Совета, доцент - Рихтер И.Э.

Актуальность темы. Актуальность исследований подготовки к лесосплаву тонкомерных сортиментов подтверждается необходимостью доставки их потребителям без количественных и качественных потерь в соответствии с постановлением ЦК КПСС "О работе Министерства лесной и деревообрабатывающей промышленности СССР по повышению эффективности использования древесины в свете требований XXV съезда КПСС" и постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР "Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов".

Состояние вопроса. Хвойные тонкомерные сортименты в свежесрубленном состоянии имеют большую плотность и, следовательно, ограниченный запас плавучести. Объем хвойных тонкомерных сортиментов составляет 15-20% общего объема заготовок хвойных лесоматериалов и имеет тенденцию к увеличению, а применяющиеся в настоящее время способы подготовки к лесосплаву тонкомерных сортиментов не обеспечивают полной ликвидации утота при лесосплаве и сохранение качества древесины, остающейся на перелетование. Утоп, подготовленных способом атмосферной сушки, прольщенных хвойных тонкомерных сортиментов в соответствии с "Правилами подготовки и приемки древесины для сплава" составляет 2,5% при продолжительности лесосплава 150 суток. Известно, что сохранению плавучести партии тонкомерных сортиментов способствует уменьшение плотности сортиментов перед сброской в воду, снижение интенсивности водопоглощения в процессе лесосплава, сокращение размаха колебания плотности, применение естественного и искусственного подплава, увеличение критической плотности.

При атмосферной сушке круглых лесоматериалов в штабелях, широко применяющейся в настоящее время, поверхность древесины быстро достигает воздушно сухого состояния, а во внутренних слоях влажность снижается очень медленно, что способствует развятию в этих зонах

дереворазрушающих грибов. По исследованиям А.Г.Вакина и А.А.Чеведаева потери ценности сосновой древесины осенне-зимней заготовки с чистой окоркой или прольщенной составляют 35-69%, а прольщенные бревна сосны и ели летней заготовки теряют 55% стоимости. При сушке неокоренных сортиментов потери от снижения качества уменьшаются и составляют 15% от первоначальной стоимости.

Снизить плотность сортиментов в коре за короткое время позволяет метод центробежного обезвоживания, относящийся к наиболее важным и распространенным технологическим процессам химической и других отраслей промышленности. Исследования центробежного обезвоживания древесины проводились на малых образцах длиной до 0,25 м и больших скоростях вращения, а результаты их противоречивы и не поддаются систематизации. Большинство авторов пришло к выводу о бесперспективности реализации этого способа в промышленных условиях. Однако, проведенные в ЦНИИ лесосплава под руководством В.И.Патякина, исследования по обезвоживанию центробежным способом круглых лесоматериалов промышленной длины, показали эффективность и перспективность этого способа подготовки для решения проблемы рационального использования древесного сырья.

Цель работы - Разработка способа подготовки к лесосплаву тонкомерных сортиментов сосны и ели, обеспечивающего лесосплав без количественных и качественных потерь и уменьшение трудовых затрат на подготовку.

Основные задачи исследования: определение зависимости плотности хвойных тонкомерных сортиментов от времени вращения и параметров центробежного обезвоживания; определение зависимости плотности центрифугированных сортиментов от различных факторов в процессе намокания; определение эквивалентных радиусов и функций распределения их для сосны и ели в продольном направлении; исследование распределения влаги в сортиментах при обезвоживании и намокании центрифугированных сортиментов; определение размаха колебания плотности сортиментов после обезвоживания и в процессе намокания центрифугированных сорти-

ментов; определение критической плотности сортиментов, подготовленных к лесосплаву методом центробежного обезвоживания; определение эффективного режима работы центробежной установки и ее технических и технологических параметров.

Научная новизна. Впервые получены: теоретические зависимости для определения плотности сортиментов сосны и ели при центробежном обезвоживании и в процессе намокания центрифугированных сортиментов; зависимости для определения эквивалентных радиусов капилляров древесины хвойных пород в продольном направлении.

Впервые установлены: эквивалентные радиусы капилляров сосны и ели и функции распределения их по объему и количеству методом смесимого вытеснения и люминесцентно-фотометрическим, характер распределения влажности по длине и диаметру при обезвоживании и намокании центрифугированных сортиментов, размах колебания плотности сортиментов после центробежного обезвоживания и в процессе намокания их, критическая плотность центрифугированных сортиментов.

Место проведения и объект экспериментальных исследований. Работа выполнена в отделе подготовки древесины к лесосплаву и сокращения потерь ЦНИИ лесосплава. Экспериментальные исследования центробежного обезвоживания и намокания проводились в Васкеловской полевой лаборатории ЦНИИ лесосплава, а исследование эквивалентных радиусов сосны и ели - в лаборатории моделирования пластовых условий НПО "Севморгео".

Практическая ценность. Разработан новый способ подготовки к лесосплаву хвойных тонкомерных сортиментов, обеспечивающий уменьшение утота, сохранение качества древесины и сокращение трудозатрат. Определены оптимальные режимы обезвоживания. Установлены технические и технологические параметры промышленной реализации способа, выданы технические требования для проектирования установки.

Обоснованность теоретических положений и выводов диссертации. Основные теоретические положения и выводы

подтверждены результатами лабораторных исследований, приближенных к производственным условиям.

Реализация работы. Результаты исследований центробежного обезвоживания и намочания центрифугированных хвойных сортиментов были использованы институтом тепло- и массообмена АН БССР при проектировании экспериментального образца установки для обезвоживания круглых лесоматериалов. Проведенные испытания самобалансирующейся центробежной установки для пачки сортиментов длиной 4 м и объемом единовременной загрузки 5 м<sup>3</sup> подтвердили возможность ее технической реализации. Приказом № 180 Министра лесной и деревообрабатывающей промышленности СССР от 1 июня 1975 года центробежная установка включена в перечень перспективных систем машин для комплексной механизации лесосплавных и лесоперевалочных работ.

Апробация работы. Результаты исследований отражены в научно-исследовательских отчетах ЦНИИ лесосплава за 1975-1978 г. Методика и результаты исследований докладывались и получили одобрение: У конференции аспирантов соискателей и молодых специалистов лесной промышленности (Химки, 1975 г.); IV научно-технической конференции (Ленинград, 1976 г.); VI научно-технической конференции аспирантов, соискателей и молодых специалистов лесной промышленности (Химки, 1977 г.); отдела подготовки древесины и ликвидации потерь ЦНИИ лесосплава (Ленинград, 1977 г.); научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ лесотехнической академии им. С.М. Кирова за 1977 год (Ленинград, 1978 г.); У научно-технической конференции молодых специалистов, аспирантов и соискателей (Ленинград, 1978 г.); Ученого Совета ЦНИИ лесосплава (Ленинград, 1978 г.); кафедры водного транспорта леса и гидравлики ДОЛЛТА им. С.М. Кирова (Ленинград 1979 г.)

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов и рекомендаций; содержит 149 страниц текста, 70 рисунков, 17 таблиц, 100 наименований литературы и 12 приложений.

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАБОТЫ

Теоретические исследования центробежного обезвоживания древесины сосны и ели

Влагу в древесине разделяют на связанную и свободную. Связанная влага, за счет центробежных сил не удаляется из древесины. Свободная влага, удерживаемая в капиллярах только механическими связями, может удаляться из древесины под действием центробежных сил. Количество ее в хвойных свежесрубленных сортаментах колеблется в зависимости от времени года и процента ядровой древесины у сосны, спелой у ели. Установлены эмпирические зависимости для определения плотности тонкомерных сортиментов осенне-зимней заготовки:

$$\rho_c = 480(2 - \nu_d) \quad (1)$$

$$\rho_e = 500(2 - \nu_{cn}) \quad (2)$$

и весенне-летней заготовки:

$$\rho_c = 420(2,2 - \nu_d) \quad (3)$$

$$\rho_e = 400(2,2 - \nu_{cn}) \quad (4)$$

где  $\rho_c, \rho_e$  — плотность древесины сосны и ели в свежесрубленном состоянии, кг/м<sup>3</sup>;

$\nu_d$  — относительный объем ядровой древесины;

$\nu_{cn}$  — относительный объем спелой древесины.

Так как капиллярно-пористая структура древесины не поддается непосредственному математическому описанию, для теоретического анализа процессов центробежного обезвоживания принята модель из пучка цилиндрических эквивалентных капилляров, характеризующихся функцией распределения объемов  $F(r)$  или количества  $\varphi(r)$  капилляров по радиусам.

Под эквивалентным радиусом капилляра понимается радиус такого капилляра постоянного сечения, время движения жидкости через который равно времени движения через капилляр переменного сечения при одинаковой их длине и перепаде давления. В связи с тем, что статические методы исследований дают распределение радиусов капилляров без учета изменения их формы по длине, для определения эквивалентных радиусов и функций распределения их выбраны динамические методы исследования капиллярно-пористой струк-

туры: метод смешного вытеснения и люминесцентно-фотометрический. Метод смешного вытеснения соответствует процессу центробежного обезвоживания, а люминесцентно-фотометрический - процессу выдопеглодения при намочании. На основании структурных особенностей строения древесины сосны и если получены зависимости для определения эквивалентных радиусов методом смешного вытеснения с учетом гидродинамического сопротивления

$$z_{\text{эк}} = z_1 \sqrt{\frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}{l_1 \cdot \frac{r_1^2}{z_1^2} + l_2 \cdot \frac{r_2^2}{z_2^2} + l_3 \cdot \frac{r_3^2}{z_3^2} + l_4 \cdot \frac{r_4^2}{z_4^2}}} \quad (5)$$

и люминесцентно-фотометрическим, учитывая объем капиллярные силы

$$z_{\text{эк}} = \frac{z_1 (l_1 + l_2 + l_3 + l_4)^2}{\frac{r_1^2 l_1^2}{2z_1^2} + \frac{r_2^2 l_2^2}{2z_2^2} + \frac{r_3^2 l_3^2}{2z_3^2} + \frac{r_4^2 l_4^2}{2z_4^2} + (l_1^2 r_1^2 + l_2^2 r_2^2 + l_3^2 r_3^2 + l_4^2 r_4^2) \cdot \frac{6z_1^2 l_1^2}{z_1^2 l_1^2}} \quad (6)$$

где  $z_{\text{эк}}$  - эквивалентный радиус для гидродинамического сопротивления, м;

$z_1, z_2, z_3, z_4$  - радиусы трахеиды, поруса, мембранной камеры, отверстий в мембране, м;

$l_1, l_2, l_3, l_4$  - длины трахеиды, поруса, мембранной камеры, отверстий в мембране, м;

$n_m$  - число отверстий в мембране окаймленной пори.

Перемещение жидкости в капилляре под действием центробежной силы описывается известным уравнением динамики тела переменной массы

$$F = \frac{d(mv)}{dt}$$

где  $F$  - сумма сил, действующих на жидкость, Н;

$v$  - скорость движения жидкости, м/с;

$m$  - масса жидкости, кг;

$t$  - время вращения, с.

Исходя из этого уравнения, В.И. Натяклиным получено уравнение снижения плотности круглых лесоматериалов при центробежном обезвоживании:

$$\rho = \rho_{\text{пр}} + (\rho_0 - \rho_{\text{пр}}) e^{-\xi t} \quad (7)$$

где  $\rho_{\text{пр}}$  - предельная плотность лесоматериалов, достигаемая при времени обезвоживания:  $t \rightarrow \infty$ , кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_0$  - начальная плотность, кг/м<sup>3</sup>;

$\xi$  - коэффициент интенсивности обезвоживания, с<sup>-1</sup>;

Для листовых лесоматериалов:

$$\xi = \frac{\rho_{ж} \omega^2 r^2}{16\mu}$$

- где  $\rho_{ж}$  - плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\omega$  - угловая скорость вращения, рад/с;  
 $r$  - радиус капилляра, м;  
 $\mu$  - динамическая вязкость жидкости, Па.с.

При переходе к уравнению центробежного обезвоживания хвойных тонкомерных сортиментов учитывалось изменение проницаемости свежесрубленной древесины во времени под действием давления, количество жидкости, остающейся в углах трахеид, процент ядровой или спелой древесины, не обезвоживающейся под действием центробежных сил, и характер распределения влаги в сортиментах в процессе обезвоживания.

Свободная поверхность пленки жидкости в капиллярах древесины при центробежном обезвоживании цилиндрическая, а пересечение ее со стенками трахеид под углом  $\theta$ . В круговом цилиндрическом капилляре при движении под действием центробежных сил жидкость и воздух разграничены. С одной стороны от мениска капилляр заполнен воздухом, а с другой - жидкостью. В капиллярах более сложной формы в углах над мениском сохраняется некоторое количество смачиваемой жидкости. Периметр, ограничивающий воздух в этом случае, отделяет его в одних местах от твердой поверхности капилляра, а в других - от жидкости. Исходя из этого, произведем расчет относительного количества жидкости, остающейся в трахеидах

$$V_{отн} = \frac{b_{тп}^2 - r_{тп}^2}{r_{тп}^2} \quad (8)$$

- где  $V_{отн}$  - относительное количество пленочной жидкости;  
 $b_{тп}$  - сторона трахеиды, м;  
 $r_{тп}$  - радиус свободной поверхности, м;  
 $r_{тп}$  - радиус эквивалентной по объему круглой трахеиды, м.

Предполагая, что в момент остановки столбика жидкости центробежное давление равно капиллярному давлению двух менисков жидкости, можно определить предельное расстояние от оси вращения до остающейся у торцов жидкости,  $l_{тп}$  :

$$\rho_{np} = \sqrt{R^2 - \frac{4b}{\sqrt{4}\omega^2 R^2 \rho_{nc} \gamma} (\cos\theta + \sqrt{\frac{1}{4} - \theta + \sin\theta \cos\theta})} \quad (9)$$

где  $\theta$  - краевой угол смачивания, рад;

$R$  - расстояние от оси вращения до торца, м;

$b$  - коэффициент поверхностного натяжения, Н/м;

На основании допущений, что влажность приторцовых зон не изменяется с увеличением скорости вращения, в углах трахеид остается пленочная жидкость, а влажность ядровой (спелой) древесины по всей длине сортиментов не изменяется, можно определить предельную плотность каждого участка после центробежного обезвоживания. Тогда для определения предельной плотности безъядровых сосновых тонкомерных сортиментов получим зависимость:

$$\rho_{np} = \rho_2 + (\rho_n - \rho_2) \frac{R - \rho_{np}}{R} + (\rho_n - \rho_2) 0,215 \frac{\rho_{np}}{R} =$$

$$= \rho_n - 0,785(\rho_n - \rho_2) \sqrt{1 - \frac{7846}{\omega^2 R^2 \rho_{nc} \gamma}} \quad (10)$$

где  $\rho_2$  - плотность древесины при пределе гигроскопичности, кг/м<sup>3</sup>.

С учетом количества ядровой древесины для сортиментов сосны найдем

$$\rho_{np} = \left[ \rho_n - 0,785(\rho_n - \rho_2) \sqrt{1 - \frac{7846}{\omega^2 R^2 \rho_{nc} \gamma}} \right] \left( 1 - \frac{d_j^2}{d^2} \right) + \rho_j \frac{d_j^2}{d^2} \quad (11)$$

где  $\rho_j$  - плотность ядра, кг/м<sup>3</sup>;

$d_j$  - диаметр ядровой древесины, м;

$d$  - диаметр сортиментов, м.

Для сортиментов ели

$$\rho_{np} = \left[ \rho_n - 0,9(\rho_n - \rho_2) \sqrt{1 - \frac{746}{\omega^2 R^2 \rho_{nc} \gamma}} \right] \left( 1 - \frac{d_{cn}^2}{d^2} \right) + \rho_{cn} \frac{d_{cn}^2}{d^2} \quad (12)$$

где  $d_{cn}$  - диаметр спелой древесины, м;

$\rho_{cn}$  - плотность спелой древесины, кг/м<sup>3</sup>.

Тогда уравнение центробежного обезвоживания (7)

будет иметь вид:

$$\text{для сосны } \rho = \rho_n e^{-\frac{1}{2} \omega^2 R^2} \left\{ \left[ \rho_n - 0,785(\rho_n - \rho_2) \sqrt{1 - \frac{7846}{\omega^2 R^2 \rho_{nc} \gamma}} \right] \times \left( 1 - \frac{d_j^2}{d^2} \right) + \rho_j \frac{d_j^2}{d^2} \right\} \left( 1 - e^{-\frac{1}{2} \omega^2 R^2} \right) \quad (13)$$

$$\text{для ели } \rho = \rho_n e^{-\frac{1}{2} \omega^2 R^2} \left\{ \left[ \rho_n - 0,9(\rho_n - \rho_2) \sqrt{1 - \frac{746}{\omega^2 R^2 \rho_{nc} \gamma}} \right] \times \left( 1 - \frac{d_{cn}^2}{d^2} \right) + \rho_{cn} \frac{d_{cn}^2}{d^2} \right\} \left( 1 - e^{-\frac{1}{2} \omega^2 R^2} \right) \quad (14)$$

Проницаемость свежесрубленной древесины изменяется в зависимости от угловой скорости вращения центрифуги и времени воздействия центробежной силы. С учетом этого зависимость для определения коэффициента интенсивности обезвоживания свежесрубленных хвойных сортиментов принимает вид

$$\xi = \frac{\rho_{жс} \nu \chi_{зр}^2 \omega^3}{4VE}, \quad (15)$$

где  $\nu$  - коэффициент, зависящий от породы древесины и длины сортиментов;

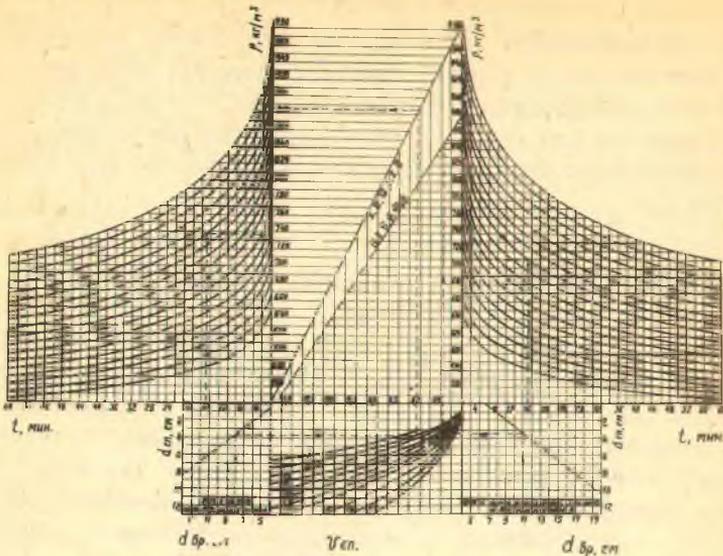
$\chi_{зр}$  - эквивалентный радиус капилляров заболони, м.

На основании уравнений (1,2,3,4,13,14) и зависимостей диаметров ядровой (спелой) древесины от диаметров тонкомерных сортиментов, построены номограммы, которые значительно упрощают и ускоряют выполнение расчетов. Пример номограммы для еловых тонкомерных сортиментов длиной 5,5 м, при подготовке к лесосплаву методом центробежного обезвоживания с угловой скоростью вращения 41,9 рад/с, представлен на рисунке.

#### Результаты экспериментальных исследований центробежного обезвоживания

Исследования проводились на центрифуге ОКД-2. Схемой управления центрифуги обеспечивалось плавное регулирование и автоматическая поддержка выбранной угловой скорости вращения с точностью 0,5 рад/с. Центрифугирование производилось в непрерывном и ступенчатом режимах. Число оборотов центрифуги замерялось на валу приводного электродвигателя при помощи тахогенератора. Исследуемая древесина - неокоренные сортименты сосны и ели длиной от 3 до 6 м.

В результате экспериментальных исследований установлено, что в процессе центробежного обезвоживания удаление влаги происходит из заболонной древесины, а влажность ядровой (спелой) древесины остается практически без изменений. Центробежное обезвоживание начинается при  $\omega R$  около 50 м/с. Под действием центробежных сил



Номограмма для определения плотности  
 еловых тонкомерных сортиментов в про-  
 цессе центробежного обезвоживания

Ключ:  $d_{sp} \rightarrow d_{en} \rightarrow V_{en} \rightarrow \rho_{вн} \rightarrow \rho_{к} \rightarrow L$

происходит разрыв столбиков жидкости в районе центра вращения, движение ее по продольным капиллярам и удаление через торцы. По мере движения жидкости влажность древесины от торца к центру вращения уменьшается. Образуются зоны повышенной влажности у торцов и зона низкой влажности между ними. С увеличением скорости и времени вращения зона пониженной влажности расширяется, а зона высокой влажности сокращается. В приторцовых зонах влажность практически не изменяется в пределах времени обезвоживания, необходимого для подготовки тонкомерных сортиментов к лесосплаву.

По диаметру сортиментов в средней зоне влажность

заболони выравнивается и приближается к влажности ядра и спелой древесины. В зоне повышенной влажности сохраняется постепенное увеличение влажности от ядра к коре.

Интенсивность изменения плотности хвойных сортиментов зависит от начальной плотности и параметра  $\omega R$ . При увеличении  $\omega R$  интенсивность снижения плотности увеличивается.

При постоянном  $\omega R$  интенсивность обезвоживания увеличивается с увеличением начальной плотности, что приводит к значительному сокращению размаха колебания плотности центрифугированных сортиментов, по сравнению с сортиментами после атмосферной сушки.

Время обезвоживания подготовки тонкомерных сортиментов сосны и ели составляет 10-20 мин. Дальнейшее увеличение времени центрифугирования неэффективно из-за незначительного снижения плотности, а, следовательно, уменьшения производительности и увеличения энергозатрат на обезвоживание. Эффективный параметр  $\omega R$  для подготовки к лесосплаву тонкомерных сортиментов сосны 100-110 м/с, ели - 115-125 м/с.

#### Уравнение изменения плотности центрифугированной древесины при намокании

При центробежном обезвоживании тонкомерных сортиментов происходит перераспределение влаги и смолистых по длине и диаметру. Удаление влаги происходит одновременно по всей толщине заболони, а на торцах остаются зоны высокой влажности, препятствующие выходу воздуха из древесины. В начальный период намокания центрифугированных сортиментов воздух из увлажняющихся периферийных слоев удаляется через боковую поверхность, а с увеличением увлажненного слоя древесины защемляется в средней части сортиментов между зонами высокой влажности у торцов и кольцом увлажненной древесины с боковой поверхности.

Сопротивление защемленного в капиллярах древесины воздуха при водопоглощении можно определить по закону

Бойля-Мариотта

$$P_B = P_0 \frac{V_{н.в}}{V_B} \quad (16)$$

где  $P_B$  - давление сжимаемого воздуха, Па;

$P_0$  - атмосферное давление, Па;

$V_{н.в}$  - начальный объем воздуха в капиллярах, м<sup>3</sup>;

$V_B$  - объем заземленного при намокании воздуха, м<sup>3</sup>.

Так как при намокании сортиментов на плаву гидростатическое давление незначительно, движение жидкости в древесину прекратится при

$$P_K = P_B,$$

где  $P_K$  - капиллярное давление, Па.

Отношение объемов воздуха в сортиментах перед сброской в воду и в процессе намокания можно представить как

$$\frac{V_{н.в}}{V_B} = \frac{\rho_{пр.в} - \rho_{н.в}}{\rho_{пр.в} - \rho_B} \quad (17)$$

где  $\rho_{пр.в}$  - предельная плотность сортиментов при намокании, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{н.в}$  - начальная плотность (перед сброской в воду), кг/м<sup>3</sup>.

Тогда, подставляя значение выражения (17) в уравнение (16) и определяя плотность в процессе намокания  $P_B$  из уравнения В.И.Патякина  $P_B = \rho_{пр.в} - (\rho_{пр.в} - \rho_{н.в}) e^{-2F_B \sqrt{E_H}}$ , получим:

$$P_B = P_0 e^{2F_B \sqrt{E_H}} \quad (18)$$

Движение жидкости по капилляру прекратится при

$$P_0 + \frac{2G \cos \theta}{r} = P_0 e^{2F_B \sqrt{E_H}} \quad (19)$$

Время, необходимое для достижения противодействия заземленного воздуха, достаточного для остановки столбика жидкости

$$t = \frac{1}{4F_B^2} \left[ \ln \left( 1 + \frac{2G \cos \theta}{P_0 r} \right) \right]^2 \quad (20)$$

Уменьшение водопоглощения за счет сопротивления заземленного воздуха в центрифугированной древесине можно представить

$$(\rho_{пр.в} - \rho_B) e^{-\frac{1}{2F_B \sqrt{E_H}}} = (\rho_{пр.в} - \rho_{н.в}) e^{-(2F_B \sqrt{E_H} - \frac{1}{2F_B \sqrt{E_H}})} \quad (21)$$

А уравнение водопоглощения будет иметь вид

$$\rho_g = \rho_{пр.б} \cdot (\rho_{пр.б} - \rho_{н.б}) (e^{-2k_1 V \sqrt{c_n}} + e^{-2k_2 V \sqrt{c_n} - \frac{2k_1 V \sqrt{c_n}}{2k_2 V \sqrt{c_n}}}) \quad (22)$$

Проверка уравнения (22) по экспериментальным данным показала удовлетворительную для практических целей сходимость получаемых значений плотности в процессе намокания.

Результаты исследований влияния различных факторов на водопоглощение центрифугированными сортаментами

Исследованиями распределения влажности в процессе намокания центрифугированных сортиментов установлено, что водопоглощение их через торцовые сечения уменьшается по сравнению с сортаментами, подготовленными методом атмосферной сушки. Через боковую поверхность в начальный период намокания количество поглощаемой жидкости такое же, как у сортиментов после атмосферной сушки, а с увеличением времени намокания — уменьшается.

Водопоглощение сортаментами, подготовленными к лесосплаву методом центробежного обезвоживания, зависит от режима подготовки, возрастая с увеличением скорости вращения центрифуги. Выдержка после центробежного обезвоживания (перед сброской в воду) в течение 3 суток способствует уменьшению водопоглощения, а дальнейшее увеличение продолжительности выдержки не оказывает существенного влияния. По результатам экспериментальных исследований установлены коэффициенты влияния на водопоглощение ядровой древесины сосны ( $k=0,75 V_2^{-0,2}$ ) и спелой древесины ели ( $k=0,75 V_{сн}^{-0,25}$ ). Водопоглощение хвойными центрифугированными сортаментами длиной от 3 до 6 м не зависит от их начальной плотности и длины. Сортаменты с меньшими диаметрами поглощают в начальный период намокания больше воды, а в конечный — меньше, чем сортаменты с большими диаметрами.

С увеличением продолжительности намокания количество поглощенной центрифугированными сортаментами воды растет, а интенсивность водопоглощения уменьшается. В начальный период намокания интенсивность водопоглощения такая же, как у неокоренных сортиментов, подготовленных методом

атмосферной сушки, а с увеличением продолжительности намокания меньше у центрифугированных сортиментов.

Средняя критическая плотность партий центрифугированных тонкомерных сортиментов сосны и ели по результатам проведенных исследований  $990 \text{ кг/м}^3$ .

При центробежном обезвоживании размах колебания плотности тонкомерных сортиментов уменьшается, а в процессе водопоглощения сохраняется постоянным, что обеспечивает уменьшение процента бревен с необеспеченной плавучестью в партии, подготовленной к лесосплаву методом центробежного обезвоживания, по сравнению с сортиментами, прошедшими атмосферную сушку.

Для обеспечения лесосплава без потерь от утопа необходимо, чтобы средняя плотность партии центрифугированных тонкомерных сортиментов к концу лесосплава не превышала величины  $\rho_{кр} - 0,5w$ . Тогда средняя начальная плотность

$$\rho_{н.п.} = \rho_{п.в.} - \frac{\rho_{п.в.} - \rho_{кр} + 0,5w}{0,25\sqrt{V_{с.н.}} + 0,25\sqrt{V_{с.к.}} - 25\sqrt{V_{с.н.}}} \quad (23)$$

где  $\rho_{кр}$  - критическая плотность,  $\text{кг/м}^3$ ;

$w$  - размах колебания плотности,  $\text{кг/м}^3$ .

Технологические схемы и экономическая эффективность подготовки к лесосплаву тонкомерных сортиментов сосны и ели

Технологический процесс подготовки сортиментов к лесосплаву методом центробежного обезвоживания не вносит существенных изменений в схему технологического процесса береговых складов. Наиболее эффективно применение центробежного обезвоживания тонкомерных сортиментов на береговых складах с водосъемным участком. Применение его обеспечивает пуск обезвоженных сортиментов в сжатые сроки при максимальных горизонтах воды и уменьшение затрат на подготовку и сброску в воду. При подготовке к лесосплаву по этой схеме, в зимний период производится рассортировка по диаметру ядровой или спелой древесины на сортименты обеспеченной и необеспеченной плавучести. Сортименты обеспеченной плавучести укладываются в общие штабеля на водосъемном участке, а необеспеченной плавучести - в

штабеля вблизи центробежной установки. С наступлением положительной температуры сортименты необеспеченной плавучести обезвоживаются на центрифуге и укладываются в штабеля на водосъемном участке или сбрасываются в воду в период навигации.

Тонкомерные сортименты весенне-летней заготовки поступают на центробежную установку без рассортировки по диаметру ядровой или спелой древесины и после обезвоживания сбрасываются в воду в период навигации или укладываются в штабеля на водосъемных участках в межнавигационный период. Объем единовременной загрузки самобалансирующейся центрифуги 10-12 м<sup>3</sup>. Погрузочно-разгрузочные работы производятся автокраном К-162, а транспортно-штабелевочные - штабелером ЛТ-33.

Технологическая схема центробежного обезвоживания тонкомерных сортиментов на незатопляемых береговых складах с круглогодовой раскряжкой хлыстов рекомендуется для складов с продолжительностью навигации более 70 суток.

Применение технологической схемы центробежного обезвоживания тонкомерных сортиментов при навигационной раскряжке хлыстов экономически эффективно при продолжительности навигации более 20 суток и грузооборотах складов более 50 тыс. м<sup>3</sup>.

Наибольшая экономическая эффективность достигается при подготовке к лесосплаву сортиментов осенне-зимней заготовки необеспеченной плавучести, отсортированных по диаметру ядровой или спелой древесины, и всех тонкомерных сортиментов весенне-летней заготовки.

#### ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработанный способ подготовки хвойных тонкомерных сортиментов к лесосплаву методом центробежного обезвоживания заключается в повышении сплавоспособности их за счет снижения плотности, уменьшения интенсивности водопоглощения и увеличения критической плотности центрифугированных сортиментов. Применение его обеспечивает лесосплав в течение навигации без утопа, сохранение качества древесины и уменьшение трудозатрат.

2. Полученные уравнения обезвоживания позволяют определять режим работы центробежных установок и рассчитывать плотность тонкомерных сортиментов в зависимости от периода заготовки, продолжительности центрифугирования и параметров центробежного обезвоживания.

3. Уравнение изменения плотности центрифугированной древесины в процессе намокания позволяет рассчитывать плотность тонкомерных сортиментов на любой срок лесосплава и начальную плотность партии сортиментов, обеспечивающую лесосплав без утопа.

4. При центробежном обезвоживании в средней части длины сортиментов образуется зона низкой влажности, а в приторцовых зонах влажность практически не изменяется в пределах времени обезвоживания, необходимого для подготовки тонкомерных сортиментов к лесосплаву. При намокании характер распределения влажности по длине и диаметру центрифугированных сортиментов сохраняется, способствуя увеличению плавучести.

5. При скоростях вращения центрифуги, необходимых для подготовки сортиментов к лесосплаву, режим движения жидкости в капиллярах древесины ламинарный.

6. Получены формулы для определения эквивалентных радиусов древесины сосны и ели в продольном направлении для методов смесимого вытеснения и люминесцентно-фотометрического. Определены эквивалентные радиусы продольных капилляров сосны и ели и функции их распределения по объему и количеству, позволяющие аналитически описать процесс центробежного обезвоживания.

7. Наибольшее влияние на водопоглощение центрифугированными сортиментами сосны и ели оказывают режим подготовки и содержание ядровой (спелой) древесины.

8. Критическая плотность сортиментов сосны и ели, подготовленных к лесосплаву методом центробежного обезвоживания, больше, чем у сортиментов, прошедших атмосферную сушку, и составляет  $990 \text{ кг/м}^3$ . Размах колебания плотности после центробежного обезвоживания уменьшается более, чем на  $110 \text{ кг/м}^3$ , а в процессе водопоглощения не изменяется.

9. Оптимальный параметр центробежного обезвоживания  $\omega R$  для сосны 100–110 м/с, ели – 115–125 м/с.

10. Эффективное время обезвоживания для подготовки к лесосплаву тонкомерных сортиментов 10–20 мин.

11. Подготовка тонкомерных сортиментов к лесосплаву методом центробежного обезвоживания рекомендуется для береговых складов с молевым лесосплавом и грузооборотом от 50 до 100 тыс. м<sup>3</sup> при наличии мягколистевых пород, для складов грузооборотом более 100 тыс. м<sup>3</sup> независимо от породного состава и на береговых складах грузооборотом более 50 тыс. м<sup>3</sup> с навигационной раскряжкой хлыстов.

12. Предполагаемый экономический эффект от внедрения подготовки древесины к лесосплаву методом центробежного обезвоживания с предварительной рассортировкой по диаметру ядра (спелой древесины) составляет 3 руб. 66 коп. на м<sup>3</sup> тонкомерных сортиментов по сравнению с существующим способом атмосферной сушки прольщенных сортиментов. Экономия трудозатрат более 0,1 ч/дня на м<sup>3</sup> подготовленной древесины.

13. Результаты исследований могут использоваться: при проектировании установок для обезвоживания круглых лесоматериалов, на береговых складах при подготовке хвойных тонкомерных сортиментов к лесосплаву, а также на лесоперевалячных базах для обезвоживания пиловочника и других круглых лесоматериалов с целью сохранения качества и ускорения сушки.

14. Для осенне-зимнего периода заготовки рекомендуется производить рассортировку по диаметру ядра (спелой древесины). Сортименты с достаточным запасом плавучести пускать в лесосплав без подготовки, а сортименты с недостаточным запасом плавучести – готовить к лесосплаву центробежным обезвоживанием. В весенне-летний период производить центрифугирование всех тонкомерных сортиментов. Обезвоживание сортиментов осенне-зимней заготовки рекомендуется производить при параметре  $\omega R = 110$  м/с для сосны и 125 м/с – для ели. Сортименты весенне-летней заготовки обезвоживаются при параметре  $\omega R = 100$  м/с для сосны и 115 м/с – для ели.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Полищук В.П. Интенсификация процесса центробежного обезвоживания круглых лесоматериалов. - В кн.: Тезисы докладов участников У научно-технической конференции аспирантов, соискателей и молодых специалистов лесной промышленности. Химки. ЦНИИМЭ, 1975, с.13-14.
2. Полищук В.П. Интенсивность центробежного обезвоживания хвойных тонкомерных сортиментов. - В кн.: Новое в технике и технологии лесосплава. Л., ЛДНТП, 1976, с.34-36.
3. Полищук В.П. Результаты исследования центробежного обезвоживания хвойных тонкомерных сортиментов с целью ликвидации качественных и количественных потерь. - Сборник трудов / ЦНИИ лесосплава. - М.: Лесная промышленность, 1979, № 32, с.82-90.
4. Пятакин В.И., Полищук В.П. Интенсивность изменения плотности и влажности сосновых тонкомерных сортиментов при центробежном обезвоживании. - Сборник трудов / ЦНИИ лесосплава. - М.: Лесная промышленность, 1977, № 27, с.32-39.
5. Пятакин В.И., Крутоголов Л.Г., Полищук В.П. Уравнение центробежного обезвоживания круглых лесоматериалов. - Сборник трудов / ЦНИИ лесосплава. - М.: Лесная промышленность, 1978, № 29, с.47-56.
6. Пятакин В.И., Полищук В.П., Галай Г.Н. Центробежное обезвоживание лесоматериалов. - Лесная промышленность, 1978, № 11, с.22.
7. А.С.614299 (СССР). Способ сушки бревен / Центр. науч.-исслед. институт лесосплава, Авт. изобрет. М.М.Клевицкий, Л.Г. Крутоголов, А.Б.Левит, В.И.Пятакин, В.П. Полекин, В.П.Полищук - Заявл.10.01-77, № 2443896/24-06, опублик. в Б.И., 1978, № 25. УДК 66.047,783,54.047.

---

Сдано в пр-во 16.2.80. Подп. к печати 15.2.80. М-20753  
Тираж 100 экз. Объем 1,0 п.л. уч.-изд. л. 1,25. Изд. № 207.  
Зак. № 14. Бесплатно.

Редакционно-издательский отдел ЛТА

---

Ротапринт ЛТА. 194018, Ленинград, Институтский пер., 5.