

630^{x3}
453 БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С. М. КИРОВА

На правах рукописи

ДМИТРИЕВА ИРИНА НИКОЛАЕВНА

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЦЕНТРОБЕЖНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ
ДРЕВЕСИНЫ СИБИРСКОЙ ЛИСТВЕННИЦЫ
ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЛЕСОСПЛАВА БЕЗ ПОТЕРЬ ОТ УТОПА

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 1981

Диссертационная работа выполнена в Центральном научно-исследовательском институте лесосплава и Ленинградской ордена Ленина лесотехнической академии имени С. М. Кирова.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – доктор технических наук,
старший научный сотрудник
В. И. ПАТЯКИН

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ – Заслуженный деятель науки
и техники РСФСР, доктор
технических наук,
профессор В. Н. ХУДОНОВ
– кандидат сельскохозяйственных
наук, доцент Э. Э. ПАУЛЬ

ВЕДУЩЕЕ ПРЕДПРИЯТИЕ – Производственное объединение
"Енисейлесосплав"

Защита диссертации состоится 8 февраля 1982 г. в 14 часов на заседании специализированного совета К. 056. 01. 01 по присуждению ученой степени кандидата наук в Белорусском технологическом институте имени С. М. Кирова (220630, Минск, ул. Свердлова, 13 а, БТИ им. С. М. Кирова)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан 27 // 1981 г.

Ученый секретарь
специализированного совета

И. Э. РИХТЕР

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года, утвержденных на XXVI съезде КПСС, в качестве одного из основных ключевых вопросов развития материального производства ставится проблема развития производительных сил Сибири, предусматривающая качественные сдвиги в развитии всех отраслей промышленности, в том числе и лесозаготовительной, на базе рационального использования природных ресурсов. Около 60% лесосырьевых ресурсов нашей страны тяготеют к водным путям. В районах Сибири и Дальнего Востока, где преобладающей породой в лесонасаждениях является лиственница, водный транспорт леса и особенно наиболее эффективный его вид - лесосплав, является подчас единственным средством транспортного освоения лесосырьевых баз.

627649
Несмотря на значительные запасы лиственницы в лесах Сибири и Дальнего Востока, составляющие около 26 млрд. м³, освоение этих лесов идет нерационально, вырубается в основном породы древесины, обладающие достаточным запасом плавучести лесоматериалов. Лесосплав лиственницы, обладающей высокой плотностью и незначительной плавучестью, сопровождается большими потерями при лесосплаве без предварительной подготовки. Существующие способы подготовки лиственницы к лесосплаву - транспирационная сушка, атмосферная сушка окоренных пятнами бревен - трудоемки и обладают рядом существенных недостатков, которые не обеспечивают проведения лесосплава без потерь от утопа. Это одна из основных причин, объясняющих, почему только около 4% лиственницы вывозится к лесосплавным путям, а остальная часть остается на лесосеке.

В связи с этим тема "Исследование процесса центробежного обезвоживания древесины сибирской лиственницы для целей лесосплава без потерь от утопа" является актуальной. Исследования по разработке новой технологии для подготовки круглых лесоматериалов к лесосплаву были начаты под руководством В.И.Патякина в 1973 году ЦНИИлесосплава инициативно, а затем

ИНСТИТУТ ЛЕСОСПЛАВА
им. С. М. Кирова

были поддержаны Государственным комитетом СССР по науке и технике (Постановления ГКНТ № 387 от 06.08.1973г. и № 369 от 19.07.1979г.).

Цель работы. Разработка рациональных способов и режимов подготовки древесины сибирской лиственницы в поле центробежных сил в целях лесосплава без потерь от утопа на основании проведенных исследований особенностей и закономерностей процесса обезвоживания и научного обоснования возможности и эффективности их применения.

Научная новизна. Впервые исследован процесс обезвоживания древесины сибирской лиственницы в поле центробежных сил, установлены режимы обезвоживания, обеспечивающие лесосплав лиственницы без потерь от утопа, установлены и экспериментально подтверждены закономерности процесса обезвоживания при ступенчатом режиме центрифугирования древесины, как наиболее эффективном для подготовки лесоматериалов к лесосплаву без потерь от утопа. Построена теоретическая модель течения жидкости в капиллярно-пористом теле в поле центробежных сил. Разработана методика центробежного способа определения параметров капиллярно-пористой структуры древесины.

Место проведения экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования проводились в полерой лаборатории ЦНИИ лесосплава на полупромышленной установке, в Институте тепло- и массообмена АН БССР, на кафедре водного транспорта леса и гидравлики Ленинградской лесотехнической академии имени С.М.Кирова на лабораторных установках.

Практическая значимость. Разработан новый технологический процесс подготовки круглых лесоматериалов сибирской лиственницы для целей лесосплава без потерь от утопа, установлены наиболее эффективные режимы обезвоживания, получены аналитические зависимости для расчета технологических параметров процесса, а также технических и технологических параметров установок.

Реализация работы. Результаты исследований приняты к использованию Институтом тепло- и массообмена АН БССР для проектирования центробежных установок по обезвоживанию дре-

весины.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и получили одобрение конференций по итогам научно-исследовательских работ кафедры водного транспорта леса и гидравлики ЛТА им.С.М.Кирова в 1979 и 1980г г., конференции молодых научных работников ЦНИИлесосплава в 1980г.

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 5-ти статьях.

Объём работы. Диссертация состоит из введения, семи разделов, общих выводов, списка литературы, приложений. Текстовая часть работы изложена на 150 страницах (таблицы, рисунки и другие материалы на 60 страницах). В работе содержится 9 таблиц и 65 рисунков, список литературы, включающий 103 наименования, в том числе на иностранных языках - 5 наименований и приложения на 66 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении даны обоснование выбора темы исследований и аннотация работы.

Во втором разделе рассмотрено состояние вопроса, дан анализ существующих способов подготовки листовничной древесины к лесосплаву по результатам выполненных исследований и существующим нормативным документам и литературным источникам.

Отмечается значительный вклад в разработку и совершенствование процессов подготовки листовничцы к лесосплаву без потерь от утопа, внесенный И.А.Беленовым, В.М.Кондратьевым, А.И.Табулиным; Б.Н.Тихомировым, Г.Ф.Шульцем и др.

Дается анализ теоретических и экспериментальных исследований нового перспективного научного направления в области подготовки лесоматериалов к лесосплаву методом центробежного обезвоживания, теоретически обоснованного и разработанного В.И.Патякиным, применительно к древесине хвойных тонкомерных сортиментов сосны и ели, а также березы, выполненных его учениками: В.П.Полищуком и М.М.Клевицким.

С учетом анализа состояния вопроса и требований рационального освоения лиственничных лесов Сибири и Дальнего Востока автором сформулированы основные задачи исследования:

1. Построение теоретической модели течения жидкости в древесине при разгонном и ступенчатом режиме центрифугирования наиболее эффективном для лиственницы.

2. Экспериментальное изучение этого процесса, установление закономерностей влияния основных факторов на процесс центробежного обезвоживания лиственничной древесины.

3. Разработка рациональных режимов центробежного обезвоживания древесины сибирской лиственницы, обеспечивающих лесосплав без потерь от утопа.

4. Аналитическое и экспериментальное определение сроков нахождения обезвоженной древесины лиственницы на плаву.

5. Технологическое и экономическое обоснование возможности и эффективности применения нового способа подготовки древесины к лесосплаву.

6. Разработка рекомендаций для применения нового способа в производственных условиях для расчета режимов и параметров для проектирования технологического процесса и оборудования для его осуществления.

В третьем разделе изложены результаты теоретических исследований процесса центробежного обезвоживания древесины сибирской лиственницы.

На основании анализа структурных особенностей, микро- и макростроения древесины лиственницы принята модель капилляра (рис.1), разделенного пористыми мембранами с радиусами пор r_m , радиус капилляра - r_k . Движение жидкости представлено как линейная суперпозиция плоского двумерного течения и осевого движения, не зависящего от продольной координаты z . На основании анализа действующих сил на продольный капилляр, их сравнительной оценки для случая осесимметричного ламинарного течения использованы уравнения Навье-Стокса

$$\begin{cases} \frac{\partial U_x}{\partial t} = -\frac{1}{\rho_{жк}} \frac{\partial p}{\partial x} - 2\omega U_z + \nu \frac{\partial^2 U_x}{\partial y^2}, \\ \frac{\partial U_z}{\partial t} = -\frac{1}{\rho_{жк}} \frac{\partial p}{\partial z} + 2\omega U_x + \omega^2 z + \nu \frac{\partial^2 U_z}{\partial y^2} + \frac{2\sigma \alpha \beta}{\rho_{жк} l_m} \end{cases} \quad (I)$$

с граничными и начальными условиями

$$t=0: U_x = U_z = 0, \quad y = \pm l_m: U_x = U_z = 0,$$

- где $\rho_{жк}$ - плотность жидкости, заполняющей капилляр, кг/м³;
 ω - частота вращения, 1/с;
 p - давление, Па;
 ν - коэффициент кинематической вязкости, м²/с;
 σ - коэффициент поверхностного натяжения, н/м;
 α - число мембран (перегородок) на единицу длины капилляра;
 β - число капилляров (пор) в мембране на единицу поверхности;
 U_x, U_y, U_z - проекции вектора скорости \vec{U} на оси координат x, y, z ;
 t - время, с.

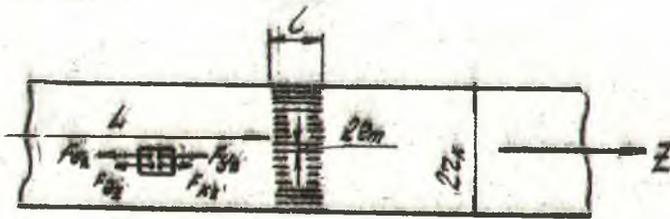


Рис.1. Модель капилляра лиственничной древесины.

Рассмотрены следующие случаи течения жидкости:

а) Одномерное стационарное течение жидкости в поле постоянного статического давления p . Решение уравнения

$$\frac{\partial^2 U_z}{\partial y^2} = \frac{2\sigma \alpha \beta}{\nu \rho_{жк} l_m} - \frac{\omega^2 z}{\nu}, \quad \text{к которому приво-}$$

дится система (I) с граничными условиями $y = \pm r_k : v_z = 0$, для скорости v_x будет

$$v_x = \left(\omega^2 z - \frac{2\sigma\alpha\beta}{\rho_{nc} r_m} \right) \cdot \frac{r_k^2 - y^2}{2V} \quad (2)$$

При этом расход жидкости

$$Q = 2 \int_0^{r_k} v_x dy = \frac{2 r_k^3}{3V} \left(\omega^2 z - \frac{2\sigma\alpha\beta}{\rho_{nc} r_m} \right) \quad (3)$$

Согласно выражению (3), расход Q линейно зависит от координаты z . Для изменения плотности ρ листовичной древесины в процессе центрифугирования получено выражение

$$\rho(t) = \rho_n - \int d\rho(t) = \rho_n - \int_0^t \frac{d\sigma \rho_{nc}}{V} dt, \quad (4)$$

$$\rho(t) = \rho_{np.0} - (\rho_n - \rho_{np.0}) \exp(-\xi_1 t), \quad (5)$$

где

$$\xi_1 = \frac{(r_k^2 - y^2) \cdot (2\sigma\alpha\beta - \omega^2 z \rho_{nc} r_m)}{2LV \rho_{nc} r_m}, \quad (6)$$

$\rho_{np.0}$ - предельная плотность, достигаемая при данном режиме обезвоживания, кг/м³;

ρ_n - начальная плотность, кг/м³;

L - расстояние от оси вращения до торца сортамента, м;

б) Плоское стационарное течение жидкости в поле постоянного статического давления P .

Система уравнений (I) с условиями

$$t=0: v_x = v_z = 0, \quad y = \pm r_k: v_x = v_z = 0$$

примет вид

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} = \frac{2\omega}{V} v_x, \\ \frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} = -\frac{2\omega}{V} v_z - \frac{\omega^2 z}{V} + \frac{2\sigma\alpha\beta}{V \rho_{nc} r_m}; \end{cases} \quad (7)$$

Для скоростей v_x и v_z получены аналитические решения

$$V_x = V_\omega \left\{ \frac{\sin \theta y}{4 \sin \beta z_k} \cdot \operatorname{sh} \left[-\beta z_k \left(1 - \frac{y}{z_k} \right) \right] - 1 \right\}, \quad (8)$$

$$V_z = \frac{V_\omega \cos \theta y}{4 \sin \beta z_k} \operatorname{sh} \left[-\beta z_k \left(1 - \frac{y}{z_k} \right) \right]. \quad (9)$$

Тогда расходы жидкости по капилляру в продольном и поперечном направлениях будут

$$\begin{cases} Q_x = \frac{\rho_m V_\omega}{8} \left(1 - \frac{\beta z_k}{\sin \beta z_k} \right), \\ Q_z = \frac{z}{16 \tau_k \beta} \left(\omega^2 \tau_k z \beta_k - 4 \sigma \alpha \beta \right); \end{cases} \quad (10)$$

где $\beta = \sqrt{\omega / \nu}$,

$$V_\omega = \left(\frac{\omega z}{2} - \frac{\sigma \alpha \beta}{\rho_m \tau_m \omega} \right). \quad (11)$$

Линейный характер зависимости расхода Q_x от координаты z означает невозможность безразрывного движения столбика жидкости в капилляре в поле центробежных сил. Иначе говоря, процесс следует рассматривать как нестационарный.

в) Плоское нестационарное течение жидкости в капилляре в поле центробежных сил при постоянном статическом давлении

ρ .

$$\text{При этом принято } \begin{cases} t \leq 0 : \omega = 0, V_x = V_z = 0 \\ t > 0 : \omega = \text{const} \end{cases}$$

и введено $\bar{z} = \frac{z}{\sqrt{\nu t}}$

Система уравнений (I) имеет вид

$$\begin{cases} \frac{d^2 V_x}{d\bar{z}^2} + \frac{1}{2} \bar{z} \frac{dV_x}{d\bar{z}} - 2\omega t V_x = 0, \\ \frac{d^2 V_z}{d\bar{z}^2} + \frac{1}{2} \bar{z} \frac{dV_z}{d\bar{z}} + 2\omega t + t z \omega^2 - \frac{2\sigma \alpha \beta}{\rho_m \tau_m} t = 0; \end{cases} \quad (12)$$

с граничными условиями $\bar{z}_k = \pm z_k / \sqrt{\nu t} : V_x = V_z = 0$.

Аналитическое решение (12) для скоростей V_x и V_z будет

$$\begin{cases} U_x = U_w \left\{ \exp\left(-\frac{\bar{\eta}^2}{4}\right) \operatorname{ch}(\bar{\eta} B_1 - \bar{\eta}_* B_*) \cdot \frac{\sin B_1 \bar{\eta}}{\sin B_* \bar{\eta}_*} - 1 \right\}, \\ U_z = U_w \exp\left(-\frac{\bar{\eta}^2}{4}\right) \operatorname{sh}(\bar{\eta} B_1 - \bar{\eta}_* B_*) \cos B_1 \bar{\eta} / \sin B_* \bar{\eta}_*, \end{cases} \quad (13)$$

где $B_1 = \sqrt{\omega t}$, $B_* = B_1 \sqrt{1 - i \frac{\eta_*^2}{32 B_1^2}}$.

При $t \rightarrow \infty$ решения переходят в (8,9) для стационарного режима движения. Так как время релаксации τ_p (перехода на стационарный режим течения жидкости) составляет 10^{-3} с, а среднее время процесса центробежного обезвоживания листовенной древесины t_z равно 1200 с, то есть $\tau_p \ll t_z$, а зависимость расхода Q_z от продольной координаты z носит параболический характер, следует рассматривать пульсационный тип течения жидкости в поле центробежных сил.

Развитие пульсаций описывается уравнением

$$\frac{\partial U_z}{\partial t} = -\frac{dP}{\rho_m dz} + \omega^2 z + \frac{2\sigma \times \beta}{\rho_m r_m} + \nu \frac{\partial^2 U_z}{\partial y^2}. \quad (14)$$

Введением $x = \frac{\partial U_z}{\partial y}$ и дифференцированием (14) по t , получено

$$\frac{\partial x}{\partial t} = \nu \frac{\partial^2 x}{\partial y^2} \quad (15)$$

с начальными условиями

$$t \leq 0: x_0 \text{ для } \forall y, \quad t > 0: x = \begin{cases} x_0 \text{ при } y=0 \\ 0 \text{ при } y \rightarrow \infty \end{cases}$$

Решение (15) имеет вид

$$x = x_0 \left[1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\bar{\eta}} \exp(-\bar{\eta}^2) d\bar{\eta} \right]. \quad (16)$$

Для скорости V_x будет при $\frac{dP}{dz} = 0$

$$U_x = x_0 \rho_0 - \left[\bar{\eta} - \int_0^{\bar{\eta}} \operatorname{erfc}(\bar{\eta}) d\bar{\eta} \right].$$

А величина $V_{x_{max}}$ определится как $\sqrt{4t} x_0$.

Величина \mathcal{L}_0 определяется по результатам решений задач, изложенных выше. Для плотности древесины в процессе центробежного обезвоживания, используя (4), получено

$$\rho(t) = \rho_{np,0} - (\rho_n - \rho_{np,0}) \exp(-\frac{t}{\tau})$$

Коэффициент центробежного обезвоживания \mathcal{L} является сложной функцией параметров центробежного обезвоживания: частоты вращения ω , времени центрифугирования t , времени разгона установки τ , числа разгонов N , а также параметров макро- и микроструктуры древесины. Определению эмпирической зависимости коэффициента центробежного обезвоживания \mathcal{L} от перечисленных выше параметров посвящен экспериментальный раздел данного исследования.

В четвертом разделе излагаются задачи и методика проведения экспериментальных исследований. Процентное содержание заболонной древесины η , влажность W , интенсивность водопоглощения B определялись в соответствии с рекомендациями "Правил подготовки и приемки древесины для лесослава", а также по соответствующим ГОСТам.

Капиллярно-пористая структура древесины лиственницы исследовалась двумя методами: смесимого вытеснения по методике НИО СЕМЬОРГЮ и по центробежному методу, предложенному О.С.Ксенжеком и впервые примененному в настоящей работе для исследования капиллярно-пористой структуры древесины.

Суть метода состоит в том, что при любых значениях частоты вращения центрифуги ω устанавливается равновесие между капиллярными и центробежными силами, а зависимость содержания жидкости в капиллярах от частоты вращения центрифуги позволяет найти функцию распределения капилляров по радиусам $\mathcal{F}(r)$ и средний радиус капилляров r_{cp} . Исследование поровой структуры проводилось на 140 образцах заболонной и ядровой древесины лиственницы. Партии ядровых и заболонных образцов помещали в специальные контейнеры, предохранявшие их от обдува воздухом, и в течение 30 минут вращали на центробежной установке ЛЦ-5 (конструкция ИГМО АН БССР) при

частотах вращения 0-500 1/с. При обосновании метода исходят из упрощенной модели капиллярно-пористого тела в виде системы параллельных капилляров различных радиусов, относительная частота которых описывается функцией распределения $F(r)$. Максимальный радиус заполненных пор r_w равен

$$r_w = \frac{2\sigma}{4\omega^2 R} \quad (17)$$

где L - длина исследуемого образца, м;
 R - радиус вращения ротора, м.

Поры, для которых выполняется соотношение $r > r_w$, будут заполнены только частично. Степень их заполнения

$$\alpha = \frac{2\sigma}{\rho_{ж} \omega^2 R L r} \quad (18)$$

Определив $F(r)$ как $\int_0^{\infty} F(r) dr = 1$, для общего количества жидкости в капиллярах, получим:

$$Q = Q_{r < r_w} + Q_{r > r_w} = \pi L \left[\int_0^{r_w} r^2 F(r) dr + \int_{r_w}^{\infty} r^2 \alpha F(r) dr \right] \quad (19)$$

Дифференцируя (19) по параметру r_w , получим

$$\frac{dQ}{dr_w} = \pi L \int_{r_w}^{\infty} r F(r) dr \quad (20)$$

Повторное дифференцирование (20) по параметру r_w позволяет записать

$$f(r_w) = \frac{1}{L r_w} \cdot \frac{d^2 Q}{dr_w^2} \quad (21)$$

Таким образом, зная величины L , R , $\rho_{ж}$ и изменяя величину ω , и графически дифференцируя зависимости $Q(r_w)$ и dQ/dr_w по параметру r_w , получаем графическую зависимость $f(r_w)$. Исследования зависимости коэффициента центробежного обезвоживания f от параметров центрифугирования производились по специально разработанной методике.

В пятом разделе представлены материалы исследований С.И. Ванина, О.И. Полубояринова, В.И. Вихрова и других ученых, ранее изучавших капиллярно-пористую структуру листовенничной древесины. Здесь же приведены результаты исследований автора настоящей работы, касающиеся параметров микро- и макроструктуры листовенничной древесины, а также установлены средние радиусы капилляров заболонной и ядровой древесины и их изменения по сечениям и длине ствола. Установлена функция распределения капилляров по радиусам - логарифмически нормальное распределение вида

$$f(z) = \frac{1}{\sigma(z-a)\sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{[\ln(z-a)-m]^2}{2\sigma^2} \right\}, \quad (22)$$

где a , m , σ - параметры, характеризующие это распределение, составляющие соответственно для заболонной и ядровой древесины: m -0,905 и 0,637, σ^2 -0,569 и 0,498, a -0,4I и 0,25. Наиболее вероятные значения эффективного радиуса капилляров для заболонной и ядровой древесины листовенницы составили соответственно 1,8I и 1,40 мкм.

Изучен характер изменения по сечениям и длине ствола процентного содержания заболони, ядра и коры, плотности листовенничной древесины в абсолютно сухом остоянии, влажности и плотности в свежесрубленном состоянии. Установлены эмпирические зависимости, связывающие плотность древесины с процентным содержанием заболони в сечениях ствола, а именно:

для комлевых сортиментов $\rho = 800 + 9,35q$, (23)

для срединных и вершинных $\rho = 680 + 5,60q$. (24)

В шестом разделе приводятся результаты исследования влияния параметров центробежного обезвоживания на снижение плотности листовенничной древесины. Установлена эмпирическая зависимость параметра центробежного обезвоживания от частоты вращения центрифуги ω , времени центрифугирования t , числа разгонов и торможений центрифуги N , времени разгона τ , степени окоренности древесины α и процентного содержания заболонной древесины q .

Относительное снижение плотности ρ определено как

$$\bar{\rho}(t) = \rho_n - \rho(t) / \rho_n, \quad (25)$$

где ρ_n - плотность древесины до центрифугирования, кг/м³;
 $\rho(t)$ - плотность древесины в процессе центрифугирования, кг/м³.

Изменение плотности $\bar{\rho}$ в процессе центробежного обезвоживания описывается уравнением

$$\bar{\rho}(t) = \bar{\rho}_{np.0} + (1 - \bar{\rho}_{np.0}) \exp(-k\sqrt{t}), \quad (26)$$

где

$$\bar{\rho}_{np.0} = \rho_{np.0} / \rho_n,$$

$\rho_{np.0}$ - наименьшее значение плотности древесины после центробежного обезвоживания.

Зависимость влияния процентного содержания заболонной древесины на относительное снижение плотности $\bar{\rho}$ аппроксимируется аналитическим выражением вида

$$\bar{\rho} = 0,57\eta + Const. \quad (27)$$

Зависимость параметра центробежного обезвоживания \bar{F} от частоты вращения ω носит квадратичный характер и представляется выражением

$$\bar{F}(\omega) = a\omega^2 + b\omega + c \quad (28)$$

с коэффициентами $a = -1,3 \cdot 10^{-5}$, $b = 2 \cdot 10^{-4}$, $c = -3 \cdot 10^{-2}$.

Зависимость параметра центробежного обезвоживания \bar{F} от числа разгонов и торможений центрифуги N описывается линейным выражением

$$\bar{F}(N) = aN + b \quad (29)$$

с коэффициентами $a = -8 \cdot 10^{-4}$, $b = -5,4 \cdot 10^{-2}$.

Зависимость параметра центробежного обезвоживания \bar{F} от времени центрифугирования t описывается выражением

$$\bar{F}(t) = at^2 + bt + c \quad (30)$$

с коэффициентами $a = -7,6 \cdot 10^{-8}$, $b = 1,6 \cdot 10^{-4}$, $c = -0,14$.

Изучение влияния времени разгона τ центрифуги на параметр центробежного обезвоживания \bar{F} показало независимость последнего от времени разгона, то есть $\bar{F}(\tau) = Const$. В свою очередь влияние степени окоренности древесины α на параметр центробежного обезвоживания практически одинаково для неокоренной и окоренной пшными древесиными, что позволяет

считать $f(x) = \text{const.}$

В седьмом разделе изложены основные результаты исследования водопоглощительной способности листовидной древесины, подготовленной к сплаву способом центробежного обезвоживания, а также проведено сравнение с водопоглощением контрольной партии древесины листовидной.

На рис.2 представлены графики, обрисовывающие изменение плотности ρ в партиях контрольной и центрифугированной древесины. На рис.3 приведены сравнительные результаты по размаху колебаний плотности Δ контрольной и центрифугированной древесины листовидной в зависимости от времени намокания t , которые свидетельствуют о сокращении в 1,5 раза размаха колебаний в партии центрифугированной древесины по сравнению с контрольной. В таблице 1 представлены сравнительные расчетные данные интенсивности транспирационной, атмосферной сушки в рядовых штабелях окоренной пятнами листовидной древесины и центробежной сушки, процесса водопоглощения, значений критических плотностей, сроков сплава без потерь от утопа после этих способов сушки.

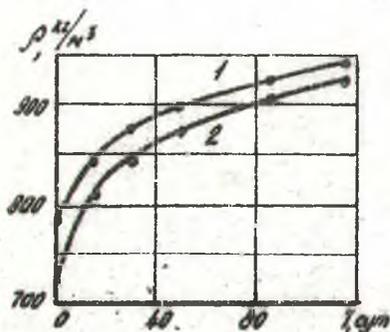


Рис.2. Изменение плотности ρ контрольной (1) и центрифугированной (2) древесины в процессе водопоглощения.

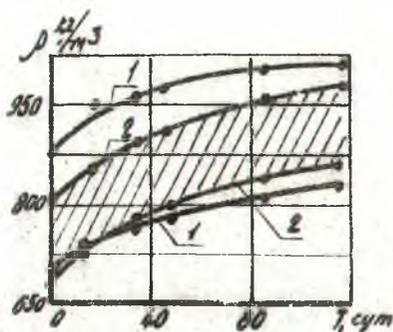


Рис.3. Размах колебаний по плотности в партиях контрольной (1) и центрифугированной (2) древесины в зависимости от длительности намокания t .

С учетом известных ранее и установленных в ходе экспериментальных исследований значений величин, характеризующих струк-

турные микро- и макропараметры, параметры центробежного обезвоживания и водопоглощения, получено неравенство

$$\left\{ 1260 - \rho_n + \sqrt{1 - \frac{25}{\omega^2}} \cdot [\exp(-\xi \sqrt{t}) - 1] \cdot (\rho_n - 670) \right\} \times \\ \times \frac{\exp 0,06 T}{1 + \exp(-\frac{16,7}{\sqrt{T}})} > 330 - 0,25 T, \quad (31)$$

позволяющее связать в одну зависимость эти параметры с условием лесосплава без потерь от утопа

$$\rho(T) < \rho_{кр} - \frac{\Omega}{2} \quad (32)$$

Таблица I

Сравнительные данные по интенсивности сушки и водопоглощения в зависимости от способа подготовки листовенничной древесины к лесосплаву

| Способ подготовки к лесосплаву | Плотность свежесрубленного сырья | Плотность после сушки | Начальная плотность перед сплавом | Плотность при продолжительности сплава $T=60$ суток | Размах колебаний по плотности Ω | Критическая плотность $\rho_{кр}$ | Продолжительность сплавов без потерь от утопа t |
|-----------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|
| | ρ_c кг/м ³ | ρ_k кг/м ³ | ρ_0 кг/м ³ | $\rho_{кв}$ кг/м ³ | кг/м ³ | кг/м ³ | д.п.с |
| Атмосферная сушка окоренной пятнами древесины | 895 | 748 | 720 | 760 | 400 | 975 | 0 |
| Транспирационная сушка | 895 | 772 | 758 | 815 | 500 | 975 | 0 |
| Центробежный способ | 895 | 763 | 741 | 780 | 180 | 990 | 60 |

В восьмом разделе представлены технологические схемы и проведены расчеты экономической эффективности применения установки центробежного обезвоживания для подготовки листовенничных круглых лесоматериалов к лесосплаву. Годовой экономической эффект по сравнению с применяющимися способами подготовки листовенничной древесины к лесосплаву составил по варианту сплошных рубок 1,10 руб/м³, по варианту существующих объемов

заготовок I,30 руб/м³.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Известными опубликованными работами установлена и подтверждена настоящими исследованиями высокая эффективность способа центробежного обезвоживания лесоматериалов при подготовке их к лесосплаву без потерь от утопа.

2. Используя уравнения Навье-Стокса и модель капилляра, выбранную на основании анализа особенностей макро- и микро-строения древесины лиственницы, построена теоретическая модель разгонного течения жидкости в капиллярно-пористом теле в поле центробежных сил.

3. Математическая обработка результатов проведенных экспериментальных исследований параметров капиллярно-пористой структуры древесины лиственницы показала, что функция распределения капилляров по их радиусам имеет вид логарифмически нормального распределения, что наиболее типично для различных биологических структур.

4. Сравнительный анализ экспериментальных параметров, описывающих капиллярно-пористую структуру древесины, полученных методом смесимого вытеснения и центробежным методом, показывает, что последний в наибольшей степени удовлетворяет исследуемому процессу обезвоживания древесины в поле центробежных сил.

5. В зависимости от режима центрифугирования и начальной плотности древесины центробежное обезвоживание обеспечивает относительное снижение плотности в пределах от 6% до 15%.

6. В процессе исследований сплошного, ступенчатого и пикового режимов установлено, что наиболее эффективным является ступенчатый режим центрифугирования с числом разгонов и торможений $N = 3-4$, частотой вращения 50-55 1/с и временем центрифугирования 1200 с, который и рекомендуется производству. При этом относительное снижение плотности увеличивается в 1,5 раза по сравнению со сплошным режимом ($N = 1$).

7. В результате центробежного обезвоживания лиственничной древесины происходит перераспределение свободной влаги по капиллярам, таким образом, что обеспечивается равновесие тор-

цевых частей бревен, а, следовательно, увеличивается значение критической плотности для лиственничной древесины с 975 до 990 кг/м³.

8. Проверка установленной единой аналитической зависимости, связывающей параметры капиллярно-пористой структуры, центробежного обезвоживания и водопоглощения лиственничной древесины, показала вполне удовлетворительную схожимость расчетных и опытных данных.

9. Аналитически получена и экспериментально подтверждена зависимость коэффициента центробежного обезвоживания } от частоты вращения ω , времени обезвоживания t , начальной плотности ρ_n , радиуса капилляра r_k , числа разгонов и торможений $N_{\text{РН}}$ и свойств жидкости.

10. Процесс обезвоживания круглых лесоматериалов обеспечивает их проплав в течение навигации без потерь от утопа за счет резкого снижения плотности, сокращения размаха колебаний по плотности и более высокого значения предела плавучести.

11. Установленная зависимость плотности древесины от процентного содержания заболони с учетом коэффициента влияния коры позволяет вполне удовлетворительно производить оценку плотности и отсортировку круглых лесоматериалов с необеспеченным запасом плавучести.

12. Ожидаемый экономический эффект от применения центробежного способа подготовки лиственничных лесоматериалов к лесосплаву составляет по варианту сплошных рубок 1,10 руб/м³, по варианту существующих объемов заготовок 1,30 руб/м³.

13. Способ центробежного обезвоживания, в силу его кратковременности, позволяет избежать возникновения больших тангенциальных напряжений, приводящих к растрескиванию древесины, а, следовательно, и снижающих ее качество, что неизбежно при длительных способах сушки как круглых лесоматериалов, так особенно лиственничных пиломатериалов, требующих специальных мягких режимов подготовки.

14. Центробежный способ обезвоживания лесоматериалов для лесосплава может быть использован для подготовки любых других пород древесины, что означает возможность эксплуатации

лесонасаждений различных составов без ограничения по времени, как для чистых лиственничников, так и для любых смешанных лесов в любое время года.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих статьях:

1. Базаров С.М., Дмитриева И.Н., Пятакин В.И. Построение и совершенствование теоретической модели течения жидкости в древесине в поле центробежных сил. - Л.:1981. - 21 с. - Рукопись представлена ЛТА им.С.М.Кирова. Деп. ВНИПИЭИлеспром 8 мая 1981. Депонированные рукописи № 9 с.77.

2. Дмитриева И.Н., Пятакин В.И., Базаров С.М. Центробежное обезвоживание лиственничных сортиментов для целей лесосплава. - Л.:1981. - 18 с. - Рукопись представлена ЛТА им. С.М.Кирова. Деп. ВНИПИЭИлеспром, 8 мая 1981. Депонированные рукописи № 9 с.77.

3. Исследование капиллярно-пористой структуры древесины методом центробежного обезвоживания. Бармичев С.Д., Дмитриева И.Н., Пятакин В.И., Хоменя Е.А. - Л.:1981. - 11 с. - Рукопись представлена ЛТА им. С.М.Кирова. Деп. ВНИПИЭИлеспром, 8 мая 1981. Депонированные рукописи № 9 с.77.

4. Полекин Б.П., Дмитриева И.Н. Зависимость плотности древесины свежесрубленной лиственницы от содержания заболони. - М.:1980. Экспресс-информация. Лесоэксплуатация и лесосплав. Вып.19. ВНИПИЭИлеспром. - 12 с.

5. Полекин Б.П., Дмитриева И.Н. Исследование влияния объема заболонной древесины на некоторые лесосплавные свойства лиственницы. - М.:1978. - 17 с. - Рукопись представлена ЦНИИлесосплава. Деп. ВНИТИ 1978. № 12. Депонированные рукописи с. 107.

Ирина Николаевна Дмитриева

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЦЕНТРОБЕЖНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ
ДРЕВЕСИНЫ СИБИРСКОЙ ЛИСТВЕННОЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЛЕСОСПЛАВА
БЕЗ ПОТЕРЬ ОТ УТОПА

Подписано в печать 24.II.81. АТ 13851 формат 60x84 1/16
Печать офсетная. Усл.печ.л.0,93.Уч.-изд.л.1,0. тираж 100 экз.
Заказ 582 . Бесплатно.

Отпечатано на ротаринте ордена Трудового Красного Знамени
технологического института им.С.М.Кирова.

220630. Минок, Свердлова, 13.