

630*

С 59

Белорусский ордена Трудового Красного Знамени
технологический институт им. С.М.Кирова

На правах рукописи

УДК 630* 378.41

СОКОЛОВСКИЙ Владимир Олегович

ОБОСНОВАНИЕ СПЛАВОСПОСОБНОСТИ СПЛОТНЫХ
ЕДИНИЦ ИЗ ЛИСТВЕННЫХ ХЛЫСТОВ С ПНЕВМОПОДПЛАВАМИ

05.21.01 "Технология и машины лесного хозяйства
и лесозаготовок"

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск 1987

Работа выполнена в Центральном ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте механизации и энергетики лесной промышленности (ЦНИИМЭ).

- Научный руководитель — доктор технических наук
ЛИШМАН Д.Н.
- Официальные оппоненты — доктор технических наук,
профессор ПАТЯКИН В.И.,
кандидат технических наук,
доцент РАШИНЧУК С.Ф.
- Ведущее предприятие — Центральный научно-исследователь-
ский институт лесосплава (ЦНИИлесо-
сплава).

Защита состоится *21 января* 1987 г. в "14⁰⁰" часов на заседании специализированного Совета К 056.01.01 в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте им. С.М.Кирова по адресу: 220630, г.Минск, ул.Свердлова, 13-а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского ордена Трудового Красного Знамени технологического института им. С.М.Кирова.

Автореферат разослан "15" января 1987 г.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, подписанные и заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: 220630, г.Минск, ул.Свердлова, 13-а, Ученому секретарю.

Ученый секретарь специализирован-
ного Совета, канд.техн.наук

С.П.ТРОФИМОВ

ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Важнейшей задачей, стоящей перед лесной промышленностью, является более полное и рациональное освоение лесосырьевых ресурсов, всемерное обеспечение народного хозяйства древесиной без ущерба окружающей среде. В связи с этим перед лесосплавом выдвинуто требование по обеспечению водных поставок древесины, в том числе и лиственных пород, без потерь. Однако водный транспорт леса не в полной мере отвечает предъявляемым к нему требованиям. Так ежегодно народное хозяйство страны имеет дефицит древесного сырья в 35–40 млн. м³, а в то же время, вследствие ограниченной плавучести, потребителям доставляется только 10 % лиственной древесины при среднем её содержании в насаждениях, тяготеющих к водным путям, около 28 %. Для устранения потерь в процессе лесосплава лиственные хлысты сплавляют в сплочных единицах (пучках) с подплавом (40 %) из хвойных хлыстов. Однако эта вынужденная мера не решает проблему, так как во многих районах страны уже ощущается острый дефицит хвойного сырья. Существующие же способы подготовки хлыстов для лесосплава не отвечают современным требованиям лесозаготовительного производства.

Одним из наиболее перспективных путей решения данной проблемы является увеличение запаса плавучести пучков за счет включения в них пневмоподплавов. Для сортиментных пучков уже имеется такой положительный опыт. Однако почти не развиваются попородные поставки лиственных хлыстов в пучковых плотках из-за возникающих трудностей при включении в пучки пневмоподплавов, при букшировке таких сплочных единиц и выгрузке их из воды. Пока отсутствуют научно-обоснованные методы решения и рекомендации по обеспечению сплавоспособности пучков из лиственных хлыстов при помощи пневмоподплавов.

Цель работы. Более полное освоение лесосырьевых ресурсов за счет обеспечения сплавоспособности сплотовных единиц из листовых хлыстов с пневмоподплавами.

Методика исследований. Цель работы достигалась путем теоретических, экспериментальных лабораторных и натурных исследований. При выполнении исследований использовались методы математического и физического моделирования. Основные параметры сплавоспособности сплотовных единиц из листовых хлыстов, а также рациональные объемы и координаты местоположения в них пневмоподплавов в зависимости от требуемых сроков нахождения в воде, характеристик хлыстов, сезона лесозаготовок и других факторов получены на ЭВМ ЕС-1033 с помощью разработанной программы. Лабораторные исследования производились в гидробассейне Белорусского технологического института им. С.М.Кирова. Натурные исследования проводились на предприятиях производственных лесосплавных объединений "Вятлесосплав" и "Нижневятлесосплав". Окончательные выводы формулировались после проведения апробации результатов проведенных исследований в условиях действующих лесозаготовительного, лесосплавного и лесоперевалочного предприятий ВЛПО "Кировлеспром" - Кильмезского ЛПК, Усть-Кильмезского рейда и Сосновской ЛПБ.

Научная новизна. Впервые рассматривались вопросы плавучести, посадки и остойчивости сплотовных единиц из листовых хлыстов во взаимосвязи, обобщение которых позволило дать новое понятие их сплавоспособности. Установлены и обоснованы параметры и критерии сплавоспособности хлыстовых пучков. Разработаны математические модели березовых и осиновых хлыстов и их совокупностей - пучков с учетом плотности древесины и её распределения по длине хлыстов (пучков) в зависимости от сезона лесозаготовок и периода водопоглощения. Получены расчетные схемы и зависимости, на осно-

вании которых впервые разработаны метод расчета сплавоспособности сплотовых единиц из листовых хлыстов и способы её обеспечения при помощи пневмоподплавов. Обоснованы рациональные объемы и местоположение в пучках листовых хлыстов пневмоподплавов для различных природно-производственных условий. Разработаны и научно обоснованы технические и технологические мероприятия по обеспечению гарантированной сплавоспособности сплотовых единиц из листовых хлыстов.

Практическая ценность. На основании результатов исследований разработаны технические и технологические требования по сплотке хлыстовых пучков с пневмоподплавами, их буксировке в составе плотов и выгрузке из воды – "Дополнения к Правилам (ТУ) на сплотку и буксировку хлыстовых пучков с пневмоподплавами" (на опытную партию), согласованные с техническими службами речного пароходства и лесосплавных предприятий Вятского бассейна. Разработаны методические рекомендации по расчету сплавоспособности пучков из листовых хлыстов без и с применением пневмоподплавов, которые позволяют расширить область использования результатов работы и обеспечить их широкое внедрение на производстве. Программа для расчета на ЭВМ параметров сплавоспособности хлыстовых пучков и параметров пневмоподплавов может быть непосредственно использована для оперативного управления лесосплавным производством и прогнозирования поведения сплотовых единиц в воде в зависимости от продолжительности лесосплава, типа и объема подплава, а также других природно-производственных факторов.

Реализация работы. Результаты работы внедрены во ВЛПО "Кировлеспром". Экономический эффект в расчете на 1 м³ древесины составил 0,34 руб. Основные результаты проведенных исследований используются при разработке технологических планов производства

объединениями "Вятлесосплав", "Нижевятлесосплав" в Вятском бассейне и объединениями "Камлесосплав" и "Кудымкарлес" в Волжско-Камском бассейне, а также в учебном процессе в институте повышения квалификации руководящих работников и специалистов Минлесбумпрома СССР.

Методические рекомендации по расчету сплавоспособности березовых и осиновых хлыстовых пучков с применением пневмоподплавов, согласованные ведущими НИИ отрасли, утверждены Минлесбумпромом СССР и направлены для практического использования в проектные институты и на предприятия.

Апробация работы. Основные результаты исследований были доложены и получили одобрение на творческой конференции молодых ученых и специалистов ЦНИИМЭ в 1984 г., на научно-технических советах лаборатории и отделения строительства лесных дорог и транспорта леса ЦНИИМЭ в 1984, 1985, 1986 гг., на научно-техническом совещании кафедры водного транспорта леса и гидравлики ЛТА им. С.М.Кирова в 1985 г., на расширенном заседании кафедры транспорта леса БТИ им. С.М.Кирова в 1986 г.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 6 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 7 глав, заключения и основных выводов, списка использованной литературы (132 наименования) и 14 приложений. Основная часть работы изложена на 180 страницах машинописного текста, содержит 52 рисунка и 15 таблиц. Приложения даны на 101 странице.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе рассмотрены проблемы водного транспорта хлыстов и перспективы его развития; сделан критический обзор работ

Будыка С.Х., Валькова Ю.И., Донского И.П., Зайцева Н.Т., Клевицкого М.М., Козлова В.Г., Кособрюхова В.Б., Кузина А.А., Липмана Д.Н., Львова И.П., Пятакина В.И., Пименова А.Н., Свойкина В.Ф., Тесиса М.А., Тонкея И.И., Филимонова С.С., Фоминцева М.Н., Харитонов В.Я. и других ученых, посвященных вопросам плавучести, устойчивости и положения относительно уровня воды пучков круглых лесоматериалов, а также вопросам улучшения их лесосплавных качеств; сделан анализ существующих способов и методов повышения плавучести листовых круглых лесоматериалов, разработанных ЛТА, МЛТИ, УЛТИ и ЦИИЛесосплава, в плане возможности их применения для сплотовных единиц из хлыстов. В соответствии с этим были сформулированы цель и задачи исследования.

Второй раздел посвящен разработке математических моделей пучков из хлыстов березы и осины, как самых распространенных листовых пород (88 %). Исходя из анализа факторов, влияющих на лесосплавные качества хлыстовых пучков, исходными данными теоретических исследований служат следующие параметры пучков — объем, средняя плотность, положение центра тяжести и центра объема. Вследствие того, что пучки хлыстов состоят из отдельных пакетов, образованных из совокупности хлыстов, то их математические модели оказались взаимосвязанными. Пучок хлыстов комлями в одну сторону (единица транспортного пакета) рассматривался как составной хлыст. Его модель представлялась в виде усеченного конуса эллиптического поперечного сечения, заполненного хлыстами. Модель двухпакетного хлыстового пучка представлялась в виде цилиндра эллиптического поперечного сечения, заполненного пакетами хлыстов комлями в разные стороны. Все другие параметры моделей пучков определили соответствующие математические модели их составляющих хлыстов. При этом неоднородный по плотности хлыст представлялся в виде трех

однородных участков - комлевого, срединного и вершинного с различной плотностью в свежесрубленном состоянии и с различной интенсивностью водопоглощения при нахождении хлыста в воде. Было показано, что интенсивность и характер намокания листовенных хлыстов отличается от соответствующих процессов в листовенных сортаментах (бревнах).

Общая математическая модель хлыстов березы и осины, учитывающая их форму и распределение плотности по длине в свежесрубленном состоянии и при водопоглощении, была выражена следующей системой уравнений

$$\left. \begin{aligned} \delta &= \alpha_0 + \alpha_1 m + \alpha_2 m^2 + \alpha_3 m^3 + \alpha_4 m^4; \\ g_{хл} &= g_{пр} - (g_{пр} - g_{хл.сж}) \cdot \exp(-2 \xi_{хл} \sqrt{t_n}); \\ k_k &= \frac{g_{пр} - (g_{пр} - g_{к.сж}) \cdot \exp(-2 \xi_k \sqrt{t_n})}{g_{пр} - (g_{пр} - g_{сер.сж}) \cdot \exp(-2 \xi_{сер} \sqrt{t_n})}; \\ k_b &= \frac{g_{пр} - (g_{пр} - g_{в.сж}) \cdot \exp(-2 \xi_b \sqrt{t_n})}{g_{пр} - (g_{пр} - g_{сер.сж}) \cdot \exp(-2 \xi_{сер} \sqrt{t_n})}; \\ m_k &= 0,25 l_{хл}; m_{сер} = 0,50 l_{хл}; m_b = 0,25 l_{хл}, \end{aligned} \right\} \quad (I)$$

где δ - относительный диаметр хлыста; $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ - коэффициенты полинома образующей, описывающей форму хлыстов (определяются экспериментальным путем); $m, m_k, m_{сер}, m_b$ - относительная длина соответственно хлыста и его участков - комлевого, срединного и вершинного; $g_{хл}, g_{хл.сж}, g_{пр}$ - плотность хлыста соответственно при нахождении в воде, в свежесрубленном состоянии и предельная, кг/м³; $g_{к.сж}, g_{сер.сж}, g_{в.сж}$ - плотность участков хлыста в свежесрубленном состоянии, кг/м³; $\xi_{хл}, \xi_k, \xi_{сер}, \xi_b$ - коэффициенты пропорциональности интенсивности водопоглощения соответственно хлыста и его участков - комлевого,

серединного и вершинного, l/c^2 ; t_n – срок нахождения хлыста в воде, сут.

Третий раздел посвящен разработке теоретических положений сплавоспособности сплоченных единиц (пучков) из листовенных хлыстов. Обосновано новое понятие сплавоспособности пучков хлыстов, в соответствии с которым они должны обладать плавучестью, иметь допустимое положение относительно водной поверхности (допустимую посадку) и необходимый запас продольной остоичивости.

Основу теоретических положений сплавоспособности пучков из хлыстов составили решения следующих задач: выбор параметров сплавоспособности и разработка методики их расчета; установление нормативных требований и критериев сплавоспособности пучков; оценка плавучести, посадки и остоичивости хлыстовых пучков и сравнение с нормативными требованиями; обоснование объемов и местоположения в пучках из листовенных хлыстов пневмоподплавов для обеспечения установленных требований их сплавоспособности. Исходными данными для решения этих задач служили математические модели как отдельных листовенных хлыстов, так и их совокупностей – пучков. Принимая во внимание, что форма поперечного сечения хлыстовых пучков близка к симметричной фигуре, принято допущение о независимости наклонений в продольной плоскости (дифферент) от наклонений в поперечной плоскости (крен) пучков. Это позволило перейти от решения сложной пространственной задачи к более простой – плоской продольной задаче. В качестве параметров сплавоспособности хлыстовых сплоченных единиц были приняты их осадка в сечении центра объема (в среднем поперечном сечении) T_v и угол дифферента ψ . Их расчет сводится к решению составленных условий сплавоспособности хлыстовых пучков в виде следующей общей системы уравнений

$$\left. \begin{aligned}
 P_{ст}(T_{в.ст}) - G_{ст}(\rho_n) &= 0; \\
 \delta P_{дн}(\delta T_{в.дн}, v_o) - \delta G_{дн}(\delta \rho_n, v_o) &= 0; \\
 M_{в}(T_{в.ст}, \psi_{ст}) - M_{диф.ст}(\rho_n, x_{э.п}) &= 0; \\
 \delta M_{в}(\delta T_{в.дн}, \delta \psi_{дн}, v_o) - \delta M_{диф.дн}(\delta \rho_n, \delta x_{э.п}, v_o) &= 0; \\
 f(T_{в.ст} + \delta T_{в.дн}, \psi_{ст} + \delta \psi_{дн}) &> f_{норм.}; \\
 H(T_{в.ст} + \delta T_{в.дн}, \psi_{ст} + \delta \psi_{дн}) &> H_{норм.},
 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $P_{ст}$, $G_{ст}$ — статические силы, соответственно плавучести и тяжести хлыстовых пучков, Н; $\delta P_{дн}$, $\delta G_{дн}$ — приращения, соответственно силы плавучести и силы тяжести от действия гидродинамических сил при буксировке сплотивных единиц, Н; $M_{в}$, $M_{диф.ст}$ — статические моменты пучка хлыстов в воде, соответственно восстанавливающий и дифференцирующий, Н.м; $\delta M_{в}$, $\delta M_{диф.дн}$ — приращение восстанавливающего и дифференцирующего моментов при буксировке пучков, Н.м; f , $f_{норм.}$, H , $H_{норм.}$ — критерии соответственно сплавоспособности и устойчивости хлыстовых пучков и их нормируемые значения, м; $T_{в.ст}$ — статическая осадка пучка в центре объема, м; $\psi_{ст}$ — статический угол дифферента, рад; $\delta T_{в.дн}$ — приращение осадки при буксировке пучка, м; $\delta \psi_{дн}$ — приращение угла дифферента при буксировке пучков, рад; v_o — скорость буксировки пучков, м/с; $\delta \rho_n$ — приращение средней плотности хлыстового пучка, кг/м³; $\delta x_{э.п}$ — смещение центра тяжести хлыстового пучка, м.

Точное решение даже элементарных задач гидродинамического воздействия на лесосплавные сплотивные единицы представляет значительную трудность. Поэтому определение параметров сплавоспособности хлыстовых сплотивных единиц T_v и ψ производилось путем синтеза теоретических и экспериментальных методов с использовани-

ем основных законов, установленных в теории корабля, с учетом разработанных моделей хлыстовых пучков. Исходя из того, что процесс водопоглощения древесины очень медленный и для определенного срока его можно считать статическим был предложен способ решения уравнений сплавоспособности (2). Для этого из первого условия сплавоспособности определяется $T_{v,ст}$ при $\psi_{ст} = 0$

$$T_v = \frac{S_n}{1000} \varepsilon h_v, \quad (3)$$

где ε — коэффициент пропорциональности осадки поперечного сечения пучка; h_v — высота среднего поперечного сечения пучка, м, а затем уточняется в соответствии с найденным углом дифферента $\psi_{ст}$.

Искомые значения угла дифферента $\psi_{ст}$ определяются из третьего условия системы (2). Это возможно, когда $M_v = M_{диф.ст}$. При этом основным случаем будет наклонение сплотивных единиц в продольной плоскости в сторону вершинного торца, т.к. при водопоглощении, исходя из анализа полученных ранее математических моделей, смещение центра тяжести хлыстов происходит в сторону их вершинной части.

Восстанавливающий момент хлыстовых пучков M_v оказывает противодействие внешним силам, стремящимся вывести сплотивные единицы из равновесия. Было установлено, что он в большей степени характеризуется углом ψ , формой и размерами пучков и определяется по зависимости

$$M_v = 72,0 g l_n^3 C K_n^2 \mathcal{L} m_\psi \frac{(h_n + h_v)^2}{4 h_n} \cdot \sin \psi, \quad (4)$$

где g — ускорение свободного падения, м/с²; l_n — длина пучков хлыстов, м; C — коэффициент формы; K_n — коэффициент полнотревесности; $\mathcal{L}$ — коэффициент пропорциональности ширины плоскости плавания пучков; m_ψ — коэффициент пропорциональности на-

клонения пучков в продольной плоскости; h_k , h_b — высоты комлевых и вершинных торцев сплотовочных единиц, м.

Величина дифферентующего момента пучков $M_{\text{диф.ст}}$ от водо-поглощения составляющих их хлыстов определялась из полученного выражения

$$M_{\text{диф.ст}} = g S_n V_n (x_{\text{в.хл}} - x_{\text{с.хл}}) \cos \psi_{\text{ст}}, \quad (5)$$

где V_n — объем в пучке, м^3 ; $x_{\text{в.хл}}$, $x_{\text{с.хл}}$ — соответственно координаты центра тяжести и центра объема среднего по размерам хлыста в пучке. Тогда, решая совместно уравнения (4) и (5), было получено

$$\psi_{\text{ст}} = \alpha \text{ctg } 13,89 \frac{S_n K_2 h_k (x_{\text{в.хл}} - x_{\text{с.хл}})}{S_b K_n L_{\text{м.ш}} l_n^2} \quad (6)$$

где K_2 — коэффициент полноты формы поперечного сечения сплотовочной единицы.

В результате теоретического анализа приращения параметров сплавоспособности при буксировке хлыстовых сплотовочных единиц $\delta T_{\text{в.дн}}$, $\delta \psi_{\text{дн}}$ было установлено, что при существующих на практике скоростях буксировки U_0 даже до 1,5 м/с, изменение параметров осадки и угла дифферента незначительно — менее 2 % от статического. Это позволило принять $\delta T_{\text{в.дн}} = 0$; $\delta \psi_{\text{дн}} = 0$, т.е. $T_{\text{х.ст}} = T_v$; $\psi_{\text{ст}} = \psi$.

Каждое из условий сплавоспособности хлыстовых пучков (2) было выражено определенным критерием плавучести, посадки, остойчивости. Для практических целей был введен обобщенный критерий сплавоспособности сплотовочных единиц, учитывающий одновременно плавучесть, посадку и остойчивость, — величина донного запаса f . Согласно проведенному аналитическому расчету, величина обобщенного критерия сплавоспособности пучков из хлыстов может

быть определена по формуле

$$f = (H_r - T_v) \cdot \cos \psi - (1 + \beta)(l_n - x_{c.n}) \cdot \sin \psi, \quad (6)$$

где H_r — глубина лимитирующего участка лесосплавной трассы, м;
 β — коэффициент, учитывающий смещение координаты центра тяжести плоскости плавания хлыстового пучка при его наклонении в продольной плоскости ($\beta = 0,15$).

Нормируемая величина обобщенного критерия сплавоспособности зависит от вида лимитирующего участка. Изменение параметров сплавоспособности сплотовых единиц T_v и ψ , при превышении одним из критериев величины его нормированного значения, производилось путем включения в пучки пневмоподплавов. Вид, объем, место установки пневмоподплавов в пучках из листовых хлыстов определялись в соответствии с разработанными расчетными схемами, основывающимися: схема 1 — на изменении средней осадки лесосплавных пучков T_v ; схема 2 — на компенсации дифференцирующего момента $M_{\text{диф}}$, действующего на пучки хлыстов. Выбор расчетной схемы для каждого конкретного случая производится в результате анализа экономических и технических факторов.

Расчетная схема 1 базируется на изменении средней плотности пучков хлыстов путем установки в них пневмоподплавов. Были составлены уравнения для определения рационального объема пневмоподплава V_0 , которые после преобразований получили вид:

а) по условию плавучести пучков

$$V_0 = K_3 \left\{ \left[\frac{g_{\text{хл}}}{1000 K_1'' - 0,5 \omega_n} - 1 \right] V_n + \Delta V_0 \right\}; \quad (7)$$

б) по условию сплавоспособности пучков

$$V_0 = K_3 \left[\frac{2g_{хл}}{1000 \left\{ 1 + \sin \left[3 \arcsin \left(\frac{T_v}{h_v} - 0,5 \right) \right] \right\}} + 1 \right] V_n, (8)$$

где V_0 – объем пневмоподплава в пучке хлыстов, м³; K_3 – коэффициент запаса объема пневмоподплава в пучке с учетом экономических факторов ($K_3 = 1,05$); K_4'' – нормируемый критерий плавучести хлыстовых пучков; ω_n – размах плотности партии хлыстовых пучков, кг/м³; ΔV_0 – дополнительный объем пневмоподплава на случай стравливания воздуха, м³.

Расчетную схему 2 целесообразно применять для хлыстовых оплоточных единиц, обладающих достаточным запасом плавучести, но имеющим недопустимую посадку или продольную остойчивость. Здесь в большей степени требует изменения угол дифферента ψ . Объем пневмоподплава по этой схеме определяется из уравнения (7), а его продольная координата в пучке хлыстов $x_{н.п}$ устанавливается в зависимости от требуемого изменения угла дифферента ψ по полученному выражению

$$x_{н.п} = \frac{K_n V_n l_n^2 \alpha_{м.в} \cdot \operatorname{tg} \psi}{13,89 K_2 h_k V_0}, \quad (9)$$

где $x_{н.п}$ – продольная координата центра объема пневмоподплава в пучке (расстояние от комлевого торца хлыстов), м.

Для двух расчетных схем допустимая продолжительность нахождения листовенных хлыстовых пучков в воде $t_{п.д}$ (сутки) не должна превышать ороков, устанавливаемых следующим выражением

$$t_{п.д} = \frac{1}{4 \xi_{хл}} \left[l_n \frac{g_{пр} - g_{хл.сж} - \frac{\omega_{хл.сж} (1 + K_0)}{2 V_n - 1}}{g_{пр} - 1000 K_4'' (1 + K_0)} \right]^2, \quad (10)$$

где $\rho_{\text{пр}}$ – предельная плотность хлыстов, кг/м³; $\rho_{\text{хл.сж}}$ – плотность хлыстов в свежесрубленном состоянии, кг/м³; $\omega_{\text{хл.сж}}$ – начальный размах плотности хлыстов, кг/м³; n – среднее число хлыстов в пучке, шт.; K_0 – доля пневмоподпила в пучке ($K_0 = V_0/V_n$), %.

В четвертом разделе изложены методика и результаты лабораторных и натурных экспериментальных исследований. Основными задачами таких исследований являлись: проверка достоверности математических моделей листовенных хлыстов и их пучков, а также основных теоретических положений сплавоспособности сплотовочных единиц; установление некоторых численных значений параметров, входящих в аналитические выражения.

Планирование экспериментов и обработка их результатов на ЭВМ производились методами математической статистики. В соответствии с целью и задачами работы экспериментальные исследования проводились в три самостоятельные этапа.

На первом этапе проверялась достоверность теоретических положений, относящихся к математическим моделям хлыстов березы и осины. Кроме того, устанавливались опытные коэффициенты образующей формы хлыстов. Все работы на этом этапе проводились в натурных условиях с реальными хлыстами. Средняя плотность и продольная координата центра тяжести хлыстов березы и осины в натурных условиях определялись при помощи оборудованной мобильной установки для гидростатического способа определения объема и плотности хлыстов, а также их центра тяжести на базе штабелера ЛТ-72. Использовались березовые и осиновые хлысты зимне-весеннего (март), летнего (июль), осеннего (октябрь) периодов заготовки, которые были разбиты на три размерные группы в соответствии с таксационными требованиями – крупные, средние, мелкие. Масса хлыстов определялась при помощи динамометра ДДУ-2-2, смонтиро-

ванного на мобильной установке. Точность измерения плотности хлыстов $\pm 2,0 \text{ кг/м}^3$, положения центра тяжести $\pm 0,01 \text{ м}$. Анализ результатов опытов показал удовлетворительное совпадение экспериментальных и теоретических значений. Для плотности хлыстов расхождение не превысило 5,6 %, для координат центра тяжести хлыстов 1,6 %.

На втором этапе исследовались модели однопакетных, двухпакетных, трехпакетных и четырехпакетных хлыстовых пучков без и с пневмоподплавом внутри. Экспериментальным путем определялась их форма, коэффициенты поперечной и продольной формы, местоположение пневмоподплавов при сплотке пучков. Основные работы проводились в лабораторных условиях с пучками из модельных эквивалентных хлыстов лиственных пород (М 1:10) и проверялись в натуральных условиях на реальных однотипных хлыстовых пучках. Пересчет параметров сплоченных единиц с модели на натуру и обратно производился при помощи переводных коэффициентов, полученных в соответствии с теорией подобия. Для соблюдения подобия физической картины образования пучков хлыстов в лабораторных условиях, кроме соблюдения подобия самих хлыстов, опыты проводились на сплоченных устройствах, имитирующих в масштабе 1:10 коники лесовозного автопозада и два сплоченных агрегата В-43. Было установлено, что форма поперечного сечения хлыстовых пучков различных видов не одинакова, хотя и находится в пределах границ правильных геометрических фигур — прямоугольника и ромба. Корреляционные уравнения связи показателя формы D на основании опытных данных имеют вид: для однопакетных хлыстовых пучков $D = 2,043 C + 1,332$; для двухпакетных хлыстовых пучков $D = 1,896 C + 1,490$; для трехпакетных хлыстовых пучков $D = 1,862 C + 1,315$; для четырехпакетных хлыстовых пучков $D = 2,047 C + 1,533$.

На третьем этапе производилось исследование влияния гидро-

динамических факторов на параметры сплавоспособности модельных хлыстовых пучков (М 1:10) при буксировке их с постоянной скоростью на спокойной воде. Для этих целей использовались полные факторные эксперименты типа 2^3 и 2^2 . Опыты проводились на специально изготовленной установке. После статистической обработки проведенного эксперимента был подтвержден теоретический вывод о возможности не учитывать при существующих типах буксировщиков приращения динамических параметров сплавоспособности хлыстовых пучков $\delta T_{в.дн}$ и $\delta \Psi_{дн}$ от их буксировки.

В пятом разделе производилась окончательная проверка основных выводов теоретических и экспериментальных исследований работы путем их апробации в условиях действующих предприятий. Здесь же отрабатывались основные этапы технологического процесса поставки по воде листовенных хлыстов в едином транспортном пакете при помощи пневмоподплавов.

Результаты промышленной апробации показали удовлетворительное совпадение расчетных и фактических значений, полученных в работе, а также её достоверность.

В шестом разделе разработаны рекомендации по расчету на ЭВМ параметров сплавоспособности сплотовых единиц из листовенных хлыстов с применением пневмоподплавов, а также по определению вида, объема и местоположения пневмоподплавов в хлыстовых пучках для обеспечения их сплавоспособности в течение требуемого периода нахождения в воде. Эти рекомендации совместно с основными техническими и технологическими требованиями по сплотке, буксировке и выгрузке из воды листовенных хлыстовых пучков с пневмоподплавами составили основу методических рекомендаций по расчету сплавоспособности березовых и осиновых хлыстовых пучков с применением пневмоподплавов, утвержденных Минлесбумпромом СССР.

В седьмом разделе дан экономический расчет предложенного

опособа лесосплава лиственных хлыстов, который составил на предприятиях ВЛПО "Кировлеспром" от 0,31 до 0,34 руб./м³ в зависимости от принятой технологии сплотки, буксировки и выгрузки из воды лиственных хлыстовых пучков.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Реализация указаний, содержащихся в постановлениях ЦК КПСС и Совета Министров СССР последних лет по более полному и рациональному освоению лесосырьевых ресурсов и повышению комплектной переработки древесного сырья, связана с дальнейшим ростом объемов вывозки лиственной древесины к водным путям и её доставкой потребителям в хлыстовых пучках.

2. Одним из наиболее перспективных способов обеспечения лесосплавных качеств сплоточных единиц из лиственных хлыстов является включение в них пневмоподплавов.

3. Лесосплавные качества хлыстовых пучков: плавучесть, посадка и продольная остойчивость, — взаимосвязаны и характеризуют сплавоопособность, т.е. возможность пучков держаться на воде, свободно преодолевать лимитирующие участки лесосплавного пути и иметь при этом достаточный запас остойчивости.

4. Основными факторами, определяющими процесс потери сплавоспособности пучков из лиственных хлыстов, являются высокая плотность хлыстов и смещение их центра тяжести в воде в сторону вершинных торцев. Значения установленных факторов для различных природно-производственных условий рекомендуется определять по разработанным в разделе два диссертации математическим моделям пучков из хлыстов березы и осины.

5. Рациональный объем пневмоподплава и его оптимальное положение внутри хлыстового пучка зависят: от типа и размеров

сплоточной единицы; от породы, размеров и сезона заготовки составляющих пучков хлыстов; от вида и типа самого подплава, — и определяются из уравнений (7), (8), (9).

6. Для обеспечения сплавоспособности единого транспортного пакета листовенных хлыстов центр объема включаемого в него пневмоподплава, достаточное количество которого определяется по зависимости (7), должен находиться в районе центра поперечного сечения пакета, расположенного на расстоянии $(0,75+0,80)l_n$, где l_n — длина пакета хлыстов, от комлевых торцев хлыстов.

7. В зависимости от технологических условий пневмоподплавки следует включать в пакеты листовенных хлыстов при их формировании. В процессе сплотки пакетов вершины хлыстов должны быть стянуты дополнительной обвязкой.

8. При существующих конструкциях хлыстовых сплоточных единиц, типах буксировщиков, условиях лесосплавных путей приращение параметров сплавоспособности хлыстовых пучков от их буксировки по сравнению с их статическим положением составляет менее 2 % и поэтому может не учитываться.

9. Проектным институтам и лесосплавным предприятиям при организации и проведении попородных поставок листовенных хлыстов в пучках следует пользоваться методическими рекомендациями по расчету и обеспечению сплавоспособности березовых и осиновых хлыстовых пучков с применением пневмоподплавов, которые основываются на результатах настоящей диссертации и утверждены Минлесбумпромом СССР 24.06.86 г.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Соколовский В.О. Об оценке плотности листовенных хлыстов в условиях лесосплава. — Экспресс-инф. лесозащелуатация и лесосплаз, — М.: ВНИИЛеспром, 1936, вып.2, с.21-23.

2. Соколовский В.О. Сплавоспособность хлыстовых пучков. Рук. деп. во ВНИПИЭИлеспрое, 1986, № 1750 - лб. - 6 с.

3. Соколовский В.О. Аналитическое определение параметров сплавоспособности хлыстовых пучков из лиственной древесины с пневмоподплавами. Рук. деп. во ВНИПИЭИлеспрое, 1986, № 1751 - лб. - 23 с.

4. Липман Д.Н., Соколовский В.О. Физическая сущность процесса потери сплавоспособности хлыстового пучка и общий метод её обеспечения при помощи искусственных подплавов. Рук. деп. во ВНИПИЭИлеспрое, 1986, № 1752 - лб. - 19 с.

5. Соколовский В.О., Крапухин Г.А. Сплотка лиственных хлыстов с пневмоподплавом. "Лесная промышленность", 1986, № 10, с. 31.

6. Липман Д.Н., Соколовский В.О. Перспективные способы лесосплава лиственной древесины: Лекция для руководителей и специалистов лесосплавных предприятий. - М.: Редакционно-издательский отдел ИПК Минлесбумпрома СССР, 1986, - 43 с.

7. Соколовский В.О. Лесосплавной хлыстовый пучок. Положительное решение ВНИИПЭ на изобретение по заявке № 4025591/27-11(028553) от 22.12.1986 г.

Васильев

Владимир Олегович Соколовский

Обоснование сплавоспособности силоточных единиц из листовых хлыстов с пневмоподплавами

Подписано в печать 14.01.1987 АТ 14515 .Формат 60х84 1/16
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,17. Усл.кр.-отт 1,17. Уч.-изд.л.1
Тираж 100 экз. Заказ 63 . Бесплатно.

Белорусский ордена Трудового Красного Знамени технологический институт им. С.М. Кирова. 220630, Минск, Свердлова, 13а.
Отпечатано на ротапринте Белорусского ордена Трудового Красного Знамени технологического института им. С.М. Кирова
220630, Минск, Свердлова, 13.