

630^x

Б79

БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С.М. ЮРЬЕВА

На правах рукописи

БОЛОТОВ ОЛЕГ ВАДИМОВИЧ

УДК 630.378.2

ТЕХНОЛОГИЯ БЕРЕГОВОЙ СПЛОТКИ И СПУСКА НА ВОДУ
КРУПНООБЪЕМНЫХ СПЛОТЧНЫХ ЕДИНИЦ ИЗ ПАКЕТОВ
ХЛНСТОВ

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 Сибирском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте (СТИ) на кафедре водного транспорта леса

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР
В.Н. ХУДОНОВ

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
В.Я. ХАРИТОНОВ
- кандидат технических наук, доцент
С.С. ЛЕБЕДЬ

Ведущее предприятие - Сибирское научно - производственное лесозаготовительное объединение - Сиб НПО

Защита состоится "17" января 1987г. в 14 часов на заседании специализированного совета К.056.01.01 в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте имени С.М. Кирова (220630, г.Минск, Ул.Свердлова, 13а, БТИ им. С.М. Кирова, корпус 4, зал заседаний).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института

Автореферат разослан "17" января 1987г.

Ученый секретарь
специализированного совета

С.П. Трофимов

©

Белорусский ордена Трудового Красного Знамени технологический институт имени С.М.Кирова, 1986

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Задача ускорения научно-технического прогресса водного транспорта леса предусматривает дальнейшее совершенствование процессов лесосплава, в частности, на основе увеличения объемов и расширения области применения береговой сплотки древесины, её транспортировки в плотках, организованных по принципу единого транспортного пакета хлыстов. К 1990 году планируется увеличить объем береговой сплотки до 33 млн.м³, в том числе хлыстов - до 13,5 млн.м³. В настоящее время интенсивно разрабатываются и внедряются в производство эффективные технологии и системы специализированных машин для межнавигационной береговой сплотки. Однако выводка с водосъемных плотбищ и транспортировка большого количества плотов в короткий ранне-весенний период связаны с известными трудностями. По этой причине Минлесбумпром СССР рекомендует активнее развивать навигационную береговую сплотку для условий незатопляемых складов, на долю которой в настоящее время приходится только 2-3% сплачиваемой на берегу древесины.

Значительным резервом лесосплава является и возможность более эффективного использования глубин весеннего половодья, а также соблюдение максимальных, с учетом гарантированных глубин, осадок плотов в течение всего периода лесосплава.

Особое значение приобретают эти перспективные направления для Сибири и Дальнего Востока. Крупномасштабное гидроэнергетическое строительство сформировало и продолжает обеспечивать эти районы протяженными и глубоководными транспортными системами, которые часто оказываются единственным средством доставки массовых грузов. Значительные экономические преимущества большегрузных плотов с осадками 2,5 ... 3,0 и более метров подтверждаются исследованиями ЦНИИЛесосплава, ЦНИИЭВТа, СГИ и др. институтов, выполненными для Северо-Западного, Обь-Иртышского, Ангара-Енисейского, Байкальского, Амуро-Зейского и других лесосплавных бассейнов.

Однако современные средства береговой сплотки хлыстов в условиях незатопляемых складов позволяют изготавливать и спускать на воду пучки с максимальным объемом до 60 м³. Имеющиеся системы машин - как у нас в стране, так и за рубежом - не предоставляют возможности оперативно и в достаточном диапазоне регулировать основные параметры сплочных единиц (СЕ) с целью рационального использования лесотранспортных возможностей водных путей. Практически отсутствуют и систематические исследования по определению основных

ВИБЛИОГРАФИЯ
ИМ. С. А. ...

26440P

принципов и параметров проектирования техники и технологии для сплотки на берегу и спуска на воду крупнообъемных сплотовых единиц - пучков объемом 100...300 и более м³, а также лесосплавных сигар - 800...1600 м³, сформированных из пакетов хлыстов.

Цель работы заключается в обосновании способа изготовления на берегу и спуска на воду крупнообъемных сплотовых единиц, сформированных из пакетов хлыстов в условиях незатопляемых складов, установлении управляющих факторов этого процесса и степени их влияния на транспортные характеристики сплотовых единиц, в разработке техники и технологии, а также методики определения оптимальных условий функционирования исследуемого процесса.

Научная новизна. Сформулированы рекомендации по проектированию технологии и средств механизации навигационной береговой сплотки крупнообъемных СЕ из пакетов хлыстов в условиях незатопляемых складов. Предложен и обоснован способ осуществления этого процесса, исключаящий наиболее энергоёмкие операции по преодолению сил сопротивления скатки массы хлыстов при сплотке и обеспечивающий оперативное и в достаточном диапазоне регулирование транспортных характеристик сплотовых единиц в процессе изготовления на берегу и спуска на воду. Получено аналитическое решение задачи определения оптимальной формы поперечного сечения сплотно-формировочных устройств (ОМУ) стоечного типа. Экспериментальными исследованиями подтверждена достоверность теоретического решения и установлено качественное и количественное влияние основных управляющих факторов на параметры процесса береговой сплотки и спуска СЕ на воду. Разработаны: методика расчета параметров крупнообъемных СЕ в процессе их сплотки на берегу и спуска на воду, методика расчета оптимальной формы поперечного сечения ОМУ стоечного типа, технология и устройства для реализации предложенного способа береговой сплотки крупнообъемных СЕ - цилиндрических пучков и лесосплавных сигар.

Практическая ценность и реализация. Разработанные рекомендации по проектированию, способ и технология, а также методики расчета оптимальных условий реализации сплотки на незатопляемых складах и спуска на воду крупнообъемных хлыстовых СЕ использованы отраслевой научно-исследовательской лабораторией Минлесбумпрома СССР (ОНИИ СГИ) при разработке технической документации (ТЗ, ТЭО, технический проект) на линию береговой сплотки ЦЛР - 4. На основе этой исходной документации Иркутским филиалом института "Типро-лестранс" выполнен "Техно-рабочий" проект на строительство участ-

4

принципов и параметров проектирования техники и технологии для плотки на берегу и спуска на воду крупнообъемных сплочных единиц - пучков объемом 100...300 и более м³, а также лесосплавных сигар - 800...1600 м³, сформированных из пакетов хлыстов.

Цель работы заключается в обосновании способа изготовления на берегу и спуска на воду крупнообъемных сплочных единиц, сформированных из пакетов хлыстов в условиях незатопляемых складов, установлении управляющих факторов этого процесса и степени их влияния на транспортные характеристики сплочных единиц, в разработке техники и технологии, а также методики определения оптимальных условий функционирования исследуемого процесса.

Научная новизна. Сформулированы рекомендации по проектированию технологии и средств механизации навигационной береговой плотки крупнообъемных СЕ из пакетов хлыстов в условиях незатопляемых складов. Предложен и обоснован способ осуществления этого процесса, исключающий наиболее энергоёмкие операции по преодолению сил сопротивления сжатию массы хлыстов при плотке и обеспечивающий оперативное и в достаточном диапазоне регулирование транспортных характеристик сплочных единиц в процессе изготовления на берегу и спуска на воду. Получено аналитическое решение задачи определения оптимальной формы поперечного сечения сплочно-формировочных устройств (ОФУ) стоечного типа. Экспериментальными исследованиями подтверждена достоверность теоретического решения и установлено качественное и количественное влияние основных управляющих факторов на параметры процесса береговой плотки и спуска СЕ на воду. Разработаны: методика расчета параметров крупнообъемных СЕ в процессе их плотки на берегу и спуска на воду, методика расчета оптимальной формы поперечного сечения ОФУ стоечного типа, технология и устройства для реализации предложенного способа береговой плотки крупнообъемных СЕ - цилиндрических пучков и лесосплавных сигар.

Практическая ценность и реализация. Разработанные рекомендации по проектированию, способ и технология, а также методики расчета оптимальных условий реализации плотки на незатопляемых складах и спуска на воду крупнообъемных хлыстовых СЕ использованы отраслевой научно-исследовательской лабораторией Минлесбумпрома СССР (ОНИЛ СГИ) при разработке технической документации (ТЗ, ТЭО, технический проект) на линию береговой плотки ЦР - 4. На основе этой исходной документации Иркутским филиалом института "Типролестранс" выполнен "Техно-рабочий проект на строительство участ-

ка береговой сплотки плотов Баргузинского ЛПХ объединения "Забайкаллес", строительство которого осуществляется в настоящее время. Методика расчета формы поперечного сечения сплотно-формировочных устройств стоечного типа нашла применение при проектировании сплотно-формировочных устройств агрегата для сбора аварийной древесины на водохранилищах ГЭС, разработка которого проводится ОНИЛ СТИ по заданию Минлесбумпрома СССР с 1986 года. Указанная методика может быть также использована при проектировании широко используемых в отрасли накопительно-формировочных и сплотно-формировочных устройств стоечного типа. Применение этих разработок позволяет расширить область применения береговой сплотки хлыстов, снизить энергоёмкость процесса сплотки и удельный расход такелажа на каждую сплотно-формировочную единицу, повысить эффективность использования лесотранспортных возможностей глубоководных путей и значительно снизить экологически отрицательное воздействие процессов лесосплава на окружающую среду.

Апробация результатов работы. Материалы диссертации нашли отражение в научных отчетах СТИ (№№ гос. регистрации 74022157, 7804556, 79051000, 01818014525, 01860101127). Основные результаты работы доложены и обсуждены на Всесоюзных (Ленинград, 1978 и 1982) краевых и областных (Красноярск 1980-1985, Архангельск 1982), республиканской (Иркутск, 1985) и институтских (Красноярск, 1977-1986, Лесосибирск, 1985 и 1986) научно-технических конференциях, а также кафедрах водного транспорта леса СТИ (Красноярск, 1981, 1983, 1985), БТИ им. С.М. Кирова (Минск, 1981 и 1986), АЛТИ им. В.В. Куйбышева (Архангельск, 1982), МТИ (Москва, 1985) и получили положительные отзывы.

Разработанное устройство для формирования сплотно-формировочных единиц с оптимальной формой их поперечного сечения вошло в перечень научно-технических разработок, рекомендуемых к широкому внедрению в производство по Красноярскому краю.

За линию береговой сплотки ЦЛР - 4 автор награжден дипломом II степени Всесоюзного конкурса НТО и бронзовой медалью ВДТХ СССР.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ и получено 3 авторских свидетельства на изобретения.

Структура и объём работы. Диссертация изложена на 224 страницах машинописного текста, иллюстрируется 40 рисунками, 14 таблицами и состоит из введения, 6 разделов, выводов, библиографического списка из 108 наименований и 22 приложений на 49 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении кратко обоснована актуальность темы, представлена цель работы и основные результаты исследований, их практическая реализация, новизна и апробация.

В первом разделе (состояние вопроса) рассмотрено современное состояние и перспективы развития береговой сплотки хлыстов, проведен анализ существующих способов и средств механизации процесса и на их основе определена актуальность исследования и разработки техники и технологии для сплотки на берегу и спуска на воду крупнообъемных сплотночных единиц, сформированных из пакетов хлыстов в условиях незатопляемых складов. Определены особенности этого вида береговой сплотки, связанные с увеличением объема СЕ, которое, прежде всего, повышает суммарную грузовую работу (энергоемкость) процесса. Показано, что одним из способов минимизации этого показателя является исключение из цикла сплотки наиболее энергоемкой и традиционной операции — сжатия (утягивания) круглых лесоматериалов рабочими органами сплотночного устройства. В этом случае необходимый запас потенциальной энергии и требуемые транспортные характеристики сплотночных единиц могут быть получены не в результате преодоления сил сопротивления сжатию значительной массы хлыстов, а за счет рационального использования распорных сил этой массы. Кроме того, для сокращения циклов подъемно-транспортных операций необходимо все производственные участки (разгрузка пакетов, формирование СЕ и др.) сконцентрировать в зоне спуска единиц на воду.

Сущность предложенного способа состоит в гравитационном формировании сплотночной единицы из пакетов хлыстов в береговом сплотночном устройстве стоечного типа и оснащение её обвязками без их утягивания. Причем заданный объем хлыстов формируется в сплотночном устройстве с уменьшенной шириной между стойками и увеличенной высотой СЕ. В процессе спуска на воду при освобождении единицы от формообразующих элементов сплотночного устройства произойдет переформирование совокупности хлыстов и деформация поперечных сечений СЕ как тела, обладающего определенными свойствами анизотропной сыпучей среды. В результате сложного механического взаимодействия хлыстов между собой, с обвязками и внешней средой высота поперечных сечений единицы уменьшится, а ширина увеличится. Созданный запас потенциальной энергии реализуется в виде распорных сил совокупности хлыстов, которые воспринимаются и уравниваются обвязками. В обвязках — как в гибких

нитях, имеющих определенный модуль упругости – появятся некоторые натяжения. В свободноплавающем положении на спокойной воде геометрические и динамические параметры плотской единицы стабилизируются принимая определенные транспортные значения.

Для определения методов управления и оптимизации режимов функционирования рассмотренного процесса с целью достижения в его конечной фазе требуемых (заданных природно-производственными условиями) транспортных параметров СЕ необходима качественная и количественная информация о связи этих параметров с управляющими факторами процесса.

В результате проведенных учеными и специалистами исследований, разработаны теоретические основы и методы расчета параметров плотских единиц на различных этапах их изготовления. Установлены и факторы, влияющие на параметры СЕ. В этом плане следует отметить работы Н.И. Лебедева, А.Н. Пименова, И.П. Львова, С.Х. Будыки, В.М. Кондратьева, В.А. Щербакова, В.Н. Худоногова, В.И. Пяткина, Д.Н. Липмана, Ф.Е. Захаренкова, Ю.М. Реутова, Д.Е. Меркина, М.Н. Фоминцева, М.М. Овчинникова, Ю.И. Валькова, Ю.Н. Селянина и др. Полученные ими результаты стали исходными предпосылками и основой для постановки и решения задач исследований. Однако анализ априорных данных показал недостаточную информационную определенность по ряду вопросов, отражающих сущность исследуемого процесса береговой плотки.

На основе этого анализа и в соответствии с целью работы определены следующие задачи: уточнить общую физическую картину процесса плотки из пакетов хлыстов на берегу и управляемого спуска крупнообъемных СЕ на воду; выбрать теоретические предпосылки и методы исследований; разработать общую схему управления процессом и оптимизации его основных параметров; экспериментально проверить результаты аналитических исследований и установить количественную оценку влияния основных управляющих факторов на параметры процесса; проверить результаты исследований на натуральных объектах в производственных условиях; разработать рекомендации по проектированию технологии и оборудования исследуемого процесса; разработать методику расчета основных параметров крупнообъемных плотских единиц в процессе изготовления на берегу и спуска на воду.

Во втором разделе (теоретическая часть) процесс плотки и спуска СЕ на воду (объект исследований) рассмотрен, с одной стороны, как совокупность частных взаимосвязанных операций – подсистем (формирование СЕ, оснащение обвязками, спуск на воду и т.д.). С другой,

сам объект - как подсистема более сложной системы - транспортно-технологической схеме сухопутно-водной доставки хлыстов от лесосеки к потребителю. Основными элементами взаимосвязи всех систем определены: единый транспортный пакет хлыстов и совокупность транспортных параметров СЕ, которые обеспечивают её требуемые прочность и волноустойчивость. В соответствии с этим разработана общая структура и схема оптимизации исследуемого процесса. За обобщенный критерий оптимизации принят период времени \bar{t} нахождения сплоченной единицы на определенном волновом режиме до начала её разрушения. Показатель \bar{t} и параметры пакета хлыстов, во-первых, обобщают конструктивные и структурные особенности СЕ, которые определяют её исходные характеристики, т.е. вход оптимизируемого процесса. Во-вторых, показатель \bar{t} определяет и обобщает основные транспортные параметры СЕ (параметры оптимизации), достижение которых в конечной фазе процесса (на выходе) методом целенаправленного регулирования управляющих факторов и является целью оптимизации.

Объект исследований представлен в виде трех периодов изготовления СЕ (рис. 1): А - формирование единицы в сплочно-формировочном устройстве и оснащение её обвязками; Б - спуск единицы и освобождение от формообразователей; В - спуск СЕ на воду до свободно-плавающего положения. На основе анализа характеристик сплоченной единицы и её структурных элементов, способов и условий изготовления СЕ и спуска на воду определены наиболее значимые факторы. Часть из них - объем, тип и конструкция СЕ, коэффициенты формы C и полндревесности η - регламентируются правилами (ТУ), установленными для каждого лесосплавного пути, и являются заданными. Другие зависят от способа сплочки и спуска СЕ на воду и могут быть приняты в качестве управляющих. К ним отнесены: первый период (А) - исходная форма поперечного сечения СЕ и способ оснащения обвязками; второй период (Б) - условия освобождения СЕ от формообразователей и скорость входа V_0 единицы в воду.

Таким образом, транспортные качества СЕ в значительной мере зависят от исходной формы её поперечного сечения и полндревесности, а также изменения этих характеристик при выполнении последующих операций. Для процессов, в которых отсутствует операция сжатия лесоматериалов и предусматривается регулирование параметров СЕ, вопрос об оптимизации формы поперечного сечения приобретает особое значение.

На основании анализа работ Ю.К. Сикилинды, Н.И. Лаврова, Г.М.

Черкасова, Р.А. Дарсигова и др. сделан вывод, что за оптимальную может быть принята такая форма СЛУ, которая наиболее приближает поперечное сечение СЕ к кругу (при $C=1$) или эллипсу (при $C>1$). В этом случае обеспечивается минимальная длина периметра (обвязки) и,

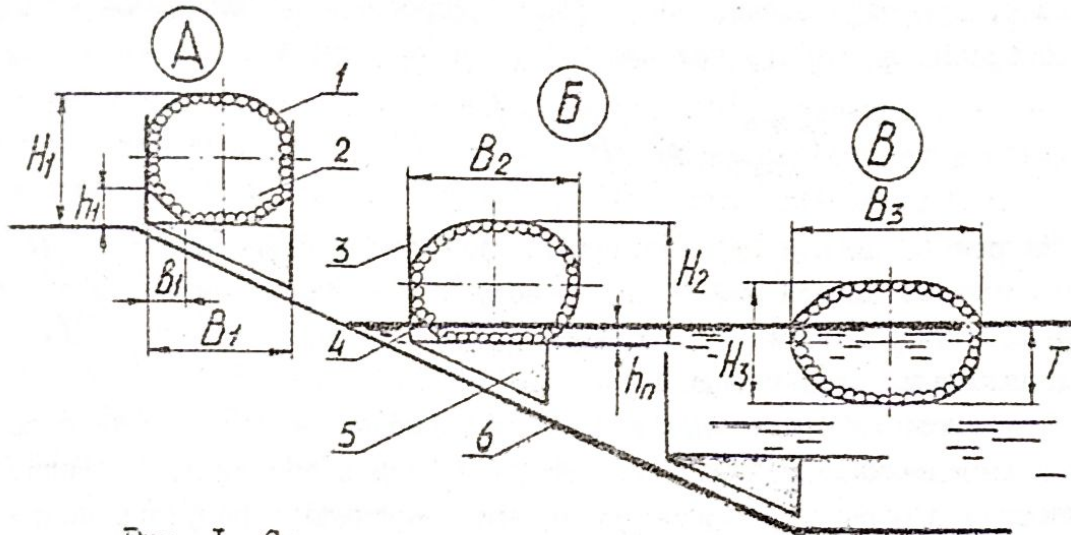


Рис. 1. Схема процесса сплотки и спуска СЕ на воду: А, Б и В соответственно первый, второй и третий периоды изготовления сплотовых единиц; 1 - обвязка; 2 - сплотовая единица; 3, 4 - формообразующие элементы (3-стойка, 4-подкос); 5 - платформа спускового устройства; 6 - наклонный стапель.

можно предположить, будут созданы лучшие условия для повышения полндревесности и усилий в обвязках СЕ после спуска её на воду.

Решение задачи методами дифференциальной геометрии и математического анализа позволили получить удобные для практического использования зависимости:

$$h_1 = 0,293 H_1 ; \quad (1)$$

$$B_1 = 0,293 B_1 , \quad (2)$$

однозначно определяющие форму поперечного сечения СЛУ стоечного типа для любых заданных H_1 и B_1 и обеспечивающие все перечисленные выше условия оптимальности.

При спуске сплотовых единиц в момент входа в воду со скоростью V_0 силы гидродинамической природы вызывает резкое увеличение усилий (максимальные усилия $P_{max}^{сп}$) в обвязках единицы. В условиях буксировки СЕ в составе плота при ветровом волнении также наблюдаются максимальные усилия ($P_{max}^в$), которые в несколько раз могут превышать усилия на спокойной воде. В условиях ветрового волне-

ния необходимая прочность такелаж а, обеспечивается увеличением его диаметра, что является объективной необходимостью. Спуск СЕ на воду операция позволяющая регулировать её кинематические и динамические характеристики. Следовательно, соблюдая принцип системного подхода к задаче, при определении допускаемых скоростей V_0 входа СЕ в воду, целесообразно выполнить условие (ограничение) вида

$$P_{max}^{сп} \leq P_{max}^б. \quad (3)$$

На основе имеющихся зависимостей для расчета максимальных усилий в обвязках СЕ при спуске их на воду и буксировке на ветро-волновом режиме предложен метод определения допускаемых скоростей V_0 , удовлетворяющих ограничению (3).

Освобождение сплотовых единиц от формообразователей также сопровождается скачкообразным увеличением усилий в обвязках. Очевидно эти пиковые усилия P_n должны удовлетворять аналогичному ограничению

$$P_n \leq P_{max}^б. \quad (4)$$

На величину усилий P_n и в целом на исследуемый процесс значительное влияние оказывают условия оснащения СЕ обвязками и освобождения её от формообразователей. Количественная оценка этих условий представлена соответственно в виде двух коэффициентов: относительной длины обвязок k_p (отношение длины обвязки к периметру СЕ до оснащения её такелажем) и относительного погружения СЕ в воду h_0 (отношение абсолютной глубины h_n погружения СЕ в воду в момент освобождения от формообразователей к высоте единицы H_1). Имеющиеся данные позволяют провести лишь качественную оценку влияния этих факторов на параметры процесса, так как исследования выполнены для сортиментных пучков, на эмпирическом уровне и только для отдельных значений указанных факторов. Количественное влияние факторов k_p и h_0 устанавливалось в ходе экспериментальных исследований.

Таким образом, к управляющим факторам исследуемого процесса следует отнести:

- первый период - габарит СЕ (высота H_1 и ширина B_1), соответствующую ему форму поперечного сечения и коэффициент k_p ;
- второй период - коэффициент h_0 и допускаемая скорость входа СЕ в воду V_0 .

В качестве основных параметров процесса приняты: коэффициенты C_3 и η_3 , осадка СЕ - T и усилия в обвязках P_1 и P_3 .

В третьем разделе (методическая часть) представлена программа и методика экспериментальных лабораторных и натурных исследований. За методологическую основу принята стратегия поступательного движения от простых (однофакторных) к более сложным (многофакторным) регрессионным моделям, полученным с использованием методов планирования эксперимента с целью математического описания объекта и решения задач его оптимизации. Экспериментальные лабораторные исследования проводились в лаборатории кафедры водного транспорта леса СГИ на моделях лесосплавных сигар и цилиндрических пучков в масштабе $1 : 25$. Натурные опыты выполнялись в производственных условиях лесного порта Баргузинского ЛПХ объединения "Забайкаллес".

В задачи экспериментальной части работы входило: уточнение общей физической картины процесса береговой сплотки и спуска на воду крупнообъемных СЕ; проверка аналитических зависимостей по определению оптимальной формы поперечного сечения СЭУ стоечного типа; установление количественного влияния управляющих факторов (H_1 , B_1 , k_e и h_0) на параметры процесса; проверка основных результатов исследований на натурном объекте в производственных условиях.

В четвертом разделе (экспериментальные исследования) приведены результаты и анализ экспериментальной части работы. Лабораторный эксперимент состоял из пяти серий опытов. Три первые серии проведены на моделях лесосплавных сигар, две последние - цилиндрических пучках.

Первая серия - поисковый (предварительный) эксперимент, в результате которого подтверждена принципиальная возможность береговой сплотки СЕ по предложенному способу, апробированы: лабораторный стенд, измерительная и регистрирующая аппаратура, методика проведения опытов. Установлено количество параллельных опытов.

Вторая серия - 3 группы однофакторных опытов - проводилась с целью:

- экспериментальной проверки теоретических исследований по оптимизации формы поперечного сечения СЭУ стоечного типа;
- выявлению качественного и количественного влияния коэффициентов k_e и h_0 на параметры процесса;
- уточнению физической сущности исследуемого процесса.

В первой группе опытов изменение формы поперечного сечения СЭУ производилось варьированием точек закрепления подкосов на стойке и

горизонтальной части платформы спускового устройства по двум возможным схемам. Угол наклона α подкоса к вертикали изменялся от 35 до 75 градусов. По каждой схеме выполнено две подгруппы опытов (всего 12 опытов): первая при постоянном объеме СЕ, вторая — её высоте. Из анализа результатов установлено, что при постоянном объеме СЕ усилия в обвязках P_3 линейно возрастают с увеличением высоты СЕ и изменением формы ее поперечного сечения от близкой к прямоугольной до близкой к треугольной. При постоянной высоте кривые изображающие зависимость усилий P_3 от формы ОУ (по обеим схемам) имеют экстремум (max). Этот максимум соответствует оптимальной форме поперечного сечения ОУ, которая определена по результатам проведенных теоретических исследований.

Во второй и третьей группах опытов исследовалось влияние факторов k_e и h_0 . Коэффициент относительного погружения СЕ в воду h_0 варьировался с фиксацией на 6 уровнях (0, 1/6, 1/3, 1/2, 2/3, 5/6). В результате обработки опытных данных получены уравнения

$$T = 125,09 + 0,36 h_0 + 7,43 h_0^2 ;$$

$$P_3 = 1,42 - 0,30 h_0 - 0,79 h_0^2 .$$

Наибольшие значения усилий P_n зарегистрированы при $h_0=0$, величина которых уменьшалась с увеличением h_0 . Диапазон возможных оптимальных значений определен в пределах $0 < h_0 < 2/3$. Коэффициент относительной длины обвязок k_e изменялся от 1,0 до 1,05 с шагом варьирования 0,013. Обработка данных позволила получить уравнения вида

$$T = 148,0 k_e - 27,65 ;$$

$$P_3 = 16,87 - 14,81 k_e .$$

С увеличением длины обвязки относительно исходного периметра СЕ увеличивается её осадка, усилия P_n и уменьшаются усилия P_3 . Оптимальным уровнем фактора принято значение $k_e = 1,0$.

В четвертой серии решалась интерполяционная задача по определению вида функциональной связи $T = f(B_1, H_1)$ методом планирования и реализации опытов по плану ПФЭ-2². Выполнено две группы опытов: для СЕ сформированных из хлыстов в коре (ствола естественного подростка хвойных пород) и без коры (строганные). По результатам опы-

тов построены номограммы, позволяющие определить исходные (в первом периоде) значения B_1 и H_1 , которые гарантируют заданную величину осадки T .

В пятой серии проведено планирование и реализации многофакторного эксперимента по близкому к D - оптимальным планам B_3 и B_4 . Получены уравнения регрессии в виде:

- по параметру осадка СЕ - T , мм

$$Y_1 = 158,82 + 45,19 X_1 + 0,87 X_2 - 2,07 X_3 + 4,21 X_4 + 5,77 X_1 X_2 + 2,53 X_1 X_4 - 2,54 X_2 X_4, \quad (5)$$

где X_3 - коэффициент k_e ; X_4 - коэффициент h_0 ;

$$Y_1 = 164,60 + 46,06 X_6 - 1,6 X_3 + 3,66 X_4 - 1,0 X_5 X_6; \quad (6)$$

$$Y_1 = 153,05 - 44,33 X_5 - 2,53 X_3 + 4,77 X_4 - 5,07 X_5 X_4; \quad (7)$$

- по параметру усилия в обвязках P_3, H ,

$$Y_2 = 196,37 + 53,61 X_1 - 14,89 X_2 - 53,40 X_3 - 36,58 X_4 - 35,91 X_1^2 + 40,28 X_3^2 - 37,79 X_4^2 + 12,48 X_1 X_2 - 26,66 X_1 X_3 - 35,46 X_1 X_4 + 6,15 X_2 X_4 - 9,48 X_3 X_4 - 8,73 X_1 X_2 X_3 + 14,10 X_1 X_3 X_4 + 5,0 X_2 X_3 X_4 - 11,42 X_1 X_2 X_3 X_4, \quad (8)$$

где X_5 - коэффициент формы сплочной единицы C_1 ; X_6 - объем СЕ - $W, \text{м}^3$;

$$Y_2 = 174,94 + 38,75 X_6 - 61,46 X_3 - 36,32 X_4 - 24,03 X_6 X_3 - 29,32 X_6 X_4 - 20,90 X_3 X_4 + 19,11 X_6 X_3 X_4; \quad (9)$$

$$Y_2 = 149,99 - 70,74 X_5 - 44,0 X_3 - 36,09 X_4 + 29,28 X_5 X_3 + 41,61 X_6 X_4 - 9,10 X_5 X_3 X_4. \quad (10)$$

Кроме математической модели в процессе обработки и анализа результатов многофакторного эксперимента установлено:

1. Периметры СЕ в сплочном устройстве с оптимальной формой поперечного сечения могут быть определены по зависимости

$$P_1 = 2 [0,414 (B_1 + H_1) + 0,586 \sqrt{B_1^2 + H_1^2}], \quad (11)$$

а для пучков в свободноплавающем положении по формуле

$$P_3 = 1,68 (B_3 + H_3).$$

2. Деформация поперечных сечений СЕ в процессе спуска на воду и освобождения от формообразователей рассчитывается с помощью коэффициентов K_c, K_H и K_B , определяющих относительную деформацию поперечного сечения СЕ в зависимости от факторов k_e и h_0 .

3. Величину максимальных усилий P_n можно определить по значению коэффициента пиковых усилий K_n равного отношению усилий P_n

к P_3 . Зависимость $K_n = f(k_e, h_0)$ представлена в виде графиков. Диапазон изменения коэффициента K_n от 1,2 до 4,7.

В пятой серии выполнены натурные опыты, анализ результатов которых позволил сделать следующие выводы:

- значения деформации натуральных СЕ хорошо согласуются с деформациями модели СЕ (хлысты строганные) при прочих равных условиях проведения опытов;

- усилия в обвязках СЕ после освобождения от формообразователей достигают требуемых значений по действующим для оз. Байкал ТУ;

- коэффициент полндревесности изменялся в пределах от 0,504 до 0,561 при среднем значении 0,530.

В пятом разделе освещено практическое приложение результатов исследований, представлены: рекомендации по проектированию технологии и средств механизации береговой плотки хлыстов в условиях незатопляемых складов, технология и устройства для плотки на берегу и спуска на воду лесосплавных сигар (линия ЦР - 4) и цилиндрических пучков, методика расчета оптимальной формы поперечного сечения сплотно-формировочных устройств стоечного типа, методика расчета основных параметров сплотночных единиц в процессе изготовления на берегу и спуска на воду и пример расчета. На основе этих результатов разработан способ береговой плотки (А.С. 863498), а также устройства для формирования СЕ (А.С. 1154187), оптимальная форма которого достигается в результате расчета по предложенным аналитическим зависимостям. На основе способа разработаны варианты устройств для береговой плотки лесосплавных сигар (А.С. 874548), положительное решение по заявке № 3829374/27-II. ОНИИ СТИ разработана линия ЦР-4, при проектировании которой непосредственно использованы основные результаты настоящих исследований. Линия ЦР - 4 стала принципиальной основой для выполнения Иркутским филиалом института "Гипролестранс" "Техно - рабочего проекта на строительство участка береговой плотки плотов Баргузинского леспромпхоза объединения "Забайкаллес". На проект получены положительные отзывы Гипролестранса, Байкалрыбвода, Востсибрыб НИИ проекта и Оргтехсиблестроя.

В шестом разделе приведен расчет экономической эффективности от внедрения линии береговой плотки ЦР-4, являющейся основным элементом реконструкции лесного порта Баргузинского леспромпхоза ("Забайкаллес"). Внедрение линии позволит увеличить производительность труда на сплотно-формировочных работах в 2-2,5 раза, сократить

численность основных рабочих и себестоимость 1 м³ древесины в 3 раза, повысить качество сплотки, степень механизации всего технологического процесса и создать условия для эффективной охраны водной среды. Годовой экономический эффект от внедрения линии ЦДР-4 при грузообороте лесного порта 670 тыс. м³ в год составит 163,8 тыс. руб.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Современные машины и агрегаты для береговой сплотки хлыстов в условиях незатопляемых складов позволяют изготавливать пучки объемом до 60 м³ и не позволяют оперативно и в достаточном диапазоне регулировать основные параметры сплочных единиц с целью повышения эффективности использования лесотранспортных возможностей водных путей в течении всего периода лесосплава.
2. На основе анализа способов и средств береговой сплотки хлыстов, а также методов расчета основных параметров СЕ в процессе изготовления и спуска на воду определены особенности этого технологического процесса.
3. В качестве обобщенного критерия оптимизации процесса береговой сплотки принята его суммарная энергоемкость.
4. Предложен способ береговой сплотки СЕ и спуск их на воду, исключающий традиционные и наиболее энергоемкие операции по преодолению сил сопротивления сжатию массы хлыстов за счет рационального использования распорных сил этой массы.
5. Разработаны технология и устройства для осуществления этого способа.
6. На основе анализа результатов исследований формы поперечного сечения сплотно-формировочных устройств стоечного типа получено аналитическое решение по его оптимизации (1,2).
7. Обоснована необходимость управляемого спуска крупнообъемных хлыстовых СЕ на воду и предложены рекомендации по определению скоростей спуска единиц на воду, обеспечивающих допустимые пиковые усилия в обвязках.
8. На основе сформулированных особенностей исследуемого процесса и его анализа, а также используя принцип системного подхода к задаче разработана общая схема оптимизации сплотки из пакетов хлыстов на берегу и спуск на воду крупнообъемных СЕ.
9. Экспериментальной частью работы уточнена физическая картина

и подтверждена рациональность предложенного способа береговой плотки, проверена достоверность теоретического решения по оптимизации формы поперечного сечения ОУ стоечного типа, получена качественная и количественная информация о влиянии управляющих факторов на параметры процесса.

10. Экспериментальным путем получены уравнения регрессии (математическая модель) для определения основных параметров исследуемого процесса (5,6,7,8,9,10) и его оптимизации.

11. На основании проведенных исследований разработаны:
- рекомендации по проектированию технологии и оборудования исследуемого процесса;

- методика расчета основных параметров крупнообъемных СЕ в процессе их плотки из пакетов хлыстов на берегу и спуска на воду;

- методика расчета оптимальной формы поперечного сечения плотно-формировочных устройств стоечного типа;

- технология и устройства для плотки на берегу и спуска на воду хлыстовых СЕ (цилиндрических пучков объемом 100-400 м³ и лесосплавных сигар объемом до 1600 м³).

12. Результаты исследований использованы отраслевой научно - исследовательской лабораторией Минлесбумпрома СССР при разработке: технической документации (ТЗ, ТЭО, технический проект) на линию береговой плотки ЦЛР-4, на основе которой Иркутским филиалом института "Гипролестранс" выполнен "Техно-рабочий проект на строительство участка береговой плотки плотов Баргузинского ЛПХ объединения "Забайкаллес", расчетный экономический эффект от внедрения линии ЦЛР-4 составляет 163,8 тыс.руб.

13. Методика расчета оптимальной формы поперечного сечения плотно-формировочных устройств стоечного типа использована ОНИИ СТИ при проектировании агрегата для сбора аварийной древесины на водохранилищах ГЭС.

14. Реализация этих разработок позволяет расширить область применения береговой плотки хлыстов, снизить удельный расход такелажа на каждую СЕ и энергоемкость процесса плотки, повысить эффективность использования лесотранспортных возможностей глубоководных путей без ущерба для окружающей среды.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Рябоконе Д.И., Еслотов О.В. Береговая плотка морских плотов - сигар // Водный транспорт леса: Межвуз. сб. научн. тр. - Красноярск, 1978. - Вып. 6.-с. 97-103.

2. Болотов О.В., Рябоконт Ю.И. Экспериментальные исследования процесса береговой сплотки морских плотов // Там же.-с. 103-109.
3. Болотов О.В. Технологическая линия береговой сплотки морских плотов - сигар на базе сплотно-спускового эллинга // Технология и механизация в лесной деревообрабатывающей промышленности и лесном хозяйстве: Тез. докл. науч.-техн. конф. - Красноярск, 1978.- с. 146-148.
4. А.С. 874548 СССР МКИ В 65G 69/20. Устройство для выгрузки морских плотов в водоем / Ю.И. Рябоконт, Г.А. Ивлев, В.П. Гагарин, А.В. Матюшкин, Л.И. Малинин, О.В. Болотов.-Опубл. 23.10.81, Бюлл. № 39.
5. А.С. 863498 СССР МКИ В 65G 69/20. Способ формирования морских плотов - сигар / Ю.И. Рябоконт, Г.А. Ивлев, А.Ф. Ушаков, О.В. Болотов.- Опубл. 15.09.81, Бюлл. № 34.
6. Болотов О.В. Основные результаты исследований процессов береговой сплотки и сгрузки на воду большегрузных лесотранспортных единиц // Совершенствование подготовки кадров в связи с перспективным развитием лесной промышленности по программе "Сибирь": Тез. докл. науч.-техн. конф. - Красноярск, 1981. - с. 108-111.
7. Болотов О.В. Оптимизация параметров крупнообъемных сплотночных единиц в процессе изготовления и спуска на воду // Актуальные проблемы развития лесопромышленного комплекса и организации строительства: Тез. докл. науч.-техн. конф. - Архангельск, 1982.- с. 63-64.
8. Болотов О.В. Экспериментальные исследования процесса береговой сплотки хлыстовых пучков по многофакторной методике // Научный поиск молодежи - лесной промышленности края: Тез. докл. науч.-техн. конф. - Красноярск, 1983. - с. 50-51.
9. Болотов О.В. О методике расчета параметров хлыстовых пучков береговой сплотки // Научный поиск молодежи - лесной промышленности края: Тез. докл. науч.-техн. конф. - Красноярск, 1984. - с. 30-31.
10. Болотов О.В. Сплотно-формирующее устройство // Информ. листок № 563-84. - Красноярск: ЦНТИ, 1984.
11. А.С. 1154187 СССР МКИ В 65G 69/20. Устройство для формирования сплотночных единиц / Болотов О.В., Жудонов В.Н., Рябоконт Ю.И. - Опубл. 07.05.85, Бюлл. № 17.
12. Болотов О.В. Метод расчета оптимальных параметров сплотно-формирующих устройств // Научный поиск молодежи - лесной про-

мышленности края: Тез. докл. науч.-техн конф. - Красноярск, 1985.
- с. 36-37.

13. Болотов О.В., Худоногов В.Н., Мордвинов С.В. Оптимизация формы поперечного сечения сплотно-формирующих устройств // ИВУЗ, Лесной журнал. - Архангельск, 1986, № 1. - с. 45-48.

14. Болотов О.В. Оптимизация береговой сплотки леса в условиях незатопляемых складов и лесных портов // Транспорт леса в плотках и судах: Сб. трудов ЦНИИлесосплава. - М, 1986.-с. 66-75.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями просим прислать по адресу: 220630, г. Минск, ул. Свердлова 13а, БТИ, специализированный совет К. 056.01.01.

Волотов -

Болотов Олег Вадимович

Технология береговой сплотки и спуска на воду крупнообъемных сплотночных единиц из пакетов хлыстов.

Подписано в печать 14.01.87 г.

АЛ 04040 , Уч.-изд.л.1. Тираж 100 экз. 34к.592

Сибирский ордена Трудового Красного Знамени технологический институт

660049, Красноярск, пр.Мира, 82

Отпечатано на ротатипте Сибирского ордена Трудового Красного Знамени технологического института.