

УДК 634.0.378.33

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.77

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ МЕТОДОВ СПЛОТКИ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

П.Н. Перфильев, канд. техн. наук

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 630021; e-mail: p.perfilev@narfu.ru

В Российской Федерации, по оценке Организации Объединенных Наций, покрытая лесом площадь составляет 8,5 млн км². Благодаря имеющимся запасам лесных ресурсов значительное развитие получили предприятия лесопромышленного комплекса. В условиях современной конкурентной экономики лесопромышленные предприятия в целях дальнейшего развития вынуждены поддерживать инвестиционную активность на высоком уровне, оптимизировать технологические процессы и модернизировать производственное оборудование. В статье проанализированы инвестиционные проекты крупнейших предприятий лесной промышленности Архангельской области (АО «Архангельский целлюлозно-бумажный комбинат», ЗАО «Лесозавод 25»), рассмотрены факторы снижения себестоимости сырья для перерабатывающих предприятий лесного комплекса, приведены сравнение видов транспортировки круглых лесоматериалов, динамика поставок лесоматериалов на примере предприятий Архангельской области. В настоящее время расчетная лесосека в области составляет чуть более 20 млн м³, объемы лесозаготовок – половину от нее. Основной причиной этого является недостаточная развитость дорожной сети для вывозки заготовленной древесины, поэтому выделяемый лесосечный фонд расположен географически неравномерно и тяготеет к местам, где имеются лесовозные дороги. Дорожную сеть необходимо расширять, но в современных экономических условиях сделать это крайне сложно. Предлагается развивать транспортировку лесоматериалов по естественным транспортным артериям – рекам. Наиболее экономически целесообразен сплав в лесотранспортных единицах. Отмечается, что для лесосплава практически не используются малые и средние реки ввиду малых габаритов лесосплавного хода. Для того, чтобы включить их в логистику транспортных процессов необходимо модернизировать существующие технологии сплотки круглых лесоматериалов. Нами проанализированы современные разработки конструкций сплоточных единиц, пригодных для сплава в условиях ограниченных габаритов лесосплавного хода, рассмотрены основные научные разработки для определения гидродинамических и инерционных характеристик сплоточных и лесотранспортных единиц, приведены результаты математического планирования и классического исследования гидродинамических характеристик линеек из плоских сплоточных единиц.

Ключевые слова: инвестиции, плотовой лесосплав, осадка лесосплавной единицы, плоская сплоточная единица, эксперимент, гидродинамическое сопротивление, коэффициент сопротивления, технология сплава.

Введение

Российская Федерация обладает достаточными запасами лесных ресурсов (лесной фонд занимает около 45 % площади страны). В связи с этим

Для цитирования: Перфильев П.Н. Исследование оптимальных методов сплотки круглых лесоматериалов // Лесн. журн. 2018. № 2. С. 77–87. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.77

на ее территории сформировался мощный лесопромышленный комплекс. Наиболее важна его роль в экономике Европейского Севера, Сибири и Дальнего Востока.

Увеличение показателей прибыли предприятий лесной отрасли в последние годы стало возможным в основном благодаря повышению цен на лесопroduкцию на внутреннем рынке и снижению курса рубля по отношению к основным мировым валютам, что послужило импульсом к их дальнейшему инновационному развитию. Начиная с 2013–2014 гг. заметно возросла инвестиционная активность, особенно в целлюлозно-бумажном производстве. Для примера на рис. 1 представлен рост инвестиций в модернизацию основного технологического оборудования АО «Архангельский целлюлозно-бумажный комбинат» (АЦБК) в 2007–2014 гг.

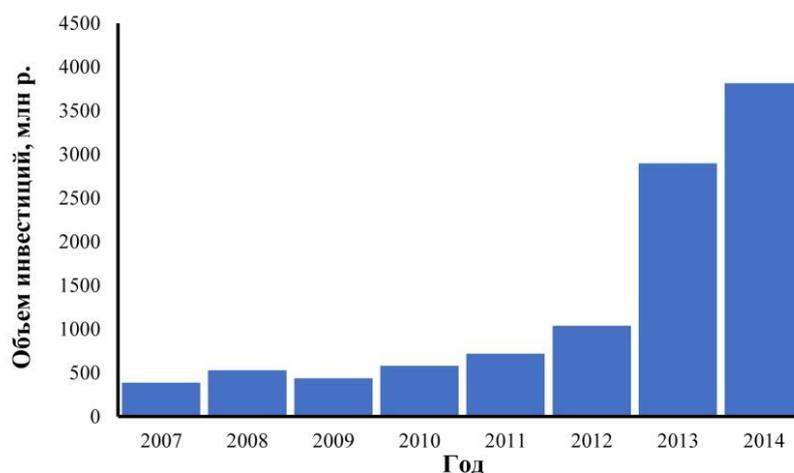


Рис. 1. Динамика объемов капитальных вложений в модернизацию технологического оборудования на АО «Архангельский ЦБК» (2007–2014 гг.)

Перечислим основные крупные инвестиционные проекты предприятий Архангельской области. На АЦБК построен цех полуцеллюлозы, оснащенный современным оборудованием, введен в эксплуатацию многотопливный котел высокого давления для сжигания древесных отходов и осадков сточных вод [11]. В 2015 г. ЗАО «Лесозавод 25» проинвестировал проект модернизации производственной площадки ОАО «Архангельский ЛДК-3», где идет строительство сортировочной линии, нового цеха по распиловке пиловочного сырья, котельной на кородревесных отходах, а также всех необходимых коммуникаций, организуются площадки хранения сырья и готовой продукции. В дальнейшем будут смонтированы 17 сушильных камер, цеха сортировки, торцовки и пакетирования пиломатериалов. После осуществления этих мероприятий к 2018 г. будет сформирован высокопроизводительный современный лесопильно-деревообрабатывающий комплекс.

Инвестиции позволяют сохранять конкурентоспособность продукции лесопромышленных предприятий в современной динамично развивающейся мировой экономике, повышают эффективность их экономической и производственной деятельности, снижая себестоимость продукции и расширяя рынок. Результатами инновационной деятельности являются новые техноло-

гии, дополнительные виды продукции с улучшенными качествами, наукоемкие товары со значительной долей добавленной стоимости. Успешная инновационная деятельность создает новые высокотехнологичные рабочие места, повышает уровень оплаты труда, т. е. решает некоторые социальные вопросы [12].

В современных реалиях для лесопромышленных предприятий крайне важным является снижение себестоимости древесного сырья. Для обеспечения этого необходимо оптимизировать технологические процессы на предприятиях, в том числе и все логистические операции. Проблема оптимизации вывозки первичного сырья из лесосек на переработку – экономически важная составляющая этого процесса [23, 24].

В настоящее время лесозаготовительные предприятия перевозят круглые лесоматериалы до заводов-переработчиков сухопутным и водным транспортом. У сухопутных видов транспортировки имеются неоспоримые преимущества перед водными: высокая коммерческая скорость и доставка «от двери до двери». Лесоматериалы водой транспортируют только в течение навигационного периода, что приводит к созданию в межнавигационный период крупных запасов лесоматериалов, для чего требуются оборудованные склады. Кроме того, по скорости доставки груза водный транспорт уступает всем видам сухопутного транспорта [1, 10]. Однако транспортировка круглых лесоматериалов по воде имеет и положительные стороны. Древесина, находясь в воде на плотостоянке рейда лесоперерабатывающего предприятия, лучше сохраняет свои качества (надежно защищена от размножения насекомых и грибов) [1, 3]. Мощность, требуемая для перемещения одинакового по массе груза по воде, вследствие использования движущей силы течения в 60–80 раз меньше, чем по железнодорожному пути, и в несколько сотен раз меньше, чем по автомобильным дорогам [10]. При этом содержание в надлежащем состоянии водных транспортных артерий по сравнению с сухопутными экономически более целесообразно.

В настоящее время доля водного транспорта при перевозке круглых лесоматериалов на дальние расстояния неуклонно растет за счет меньшей себестоимости транспортировки. Для примера на рис. 2 приведено изменение объемов поступления круглых лесоматериалов в плотках на ЗАО «Лесозавод 25» в 2013–2017 гг.

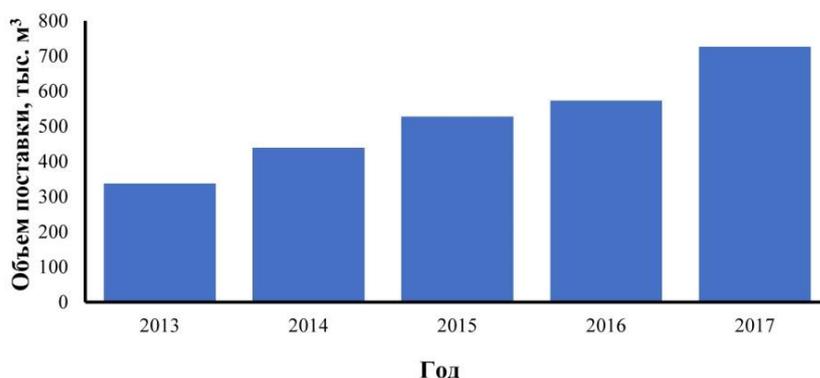


Рис. 2. Динамика объемов поставки круглых лесоматериалов плотковым лесосплавом на ЗАО «Лесозавод 25» (2013–2017 гг.)

В районах со слаборазвитой сетью железных и автомобильных дорог водный транспорт является единственным видом транспортировки лесоматериалов к потребителю. Для некоторых предприятий лесной промышленности альтернативы водной транспортировке сырья практически нет. В качестве примера на рис. 3 представлен график поставки сырья различными видами транспорта на АЦБК в 2009–2015 гг., который иллюстрирует доминирование поставок водными видами транспорта.

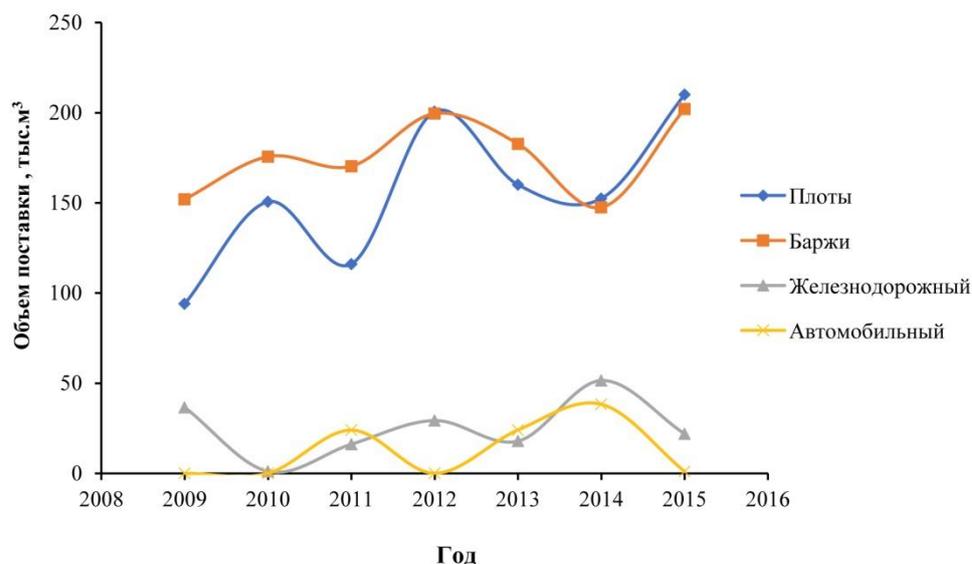


Рис. 3. Динамика объемов поставки круглых лесоматериалов на АО «Архангельский ЦБК» (2009–2015 гг.)

В настоящее время водная транспортировка круглых лесоматериалов осуществляется с помощью плотового лесосплава и баржами. При плотовом лесосплаве в большинстве случаев используются пучковые плоты. Пучок имеет ряд преимуществ над другими типами сплоченных единиц, главным из которых является простота изготовления. Такая сплоченная единица используется уже длительное время, поэтому для нее разработаны и опробованы все основные технологии сплотки, транспортировки и дальнейшей размолвки. Однако из-за относительно большой осадки пучковый плот нельзя использовать на реках с ограниченными глубинами, а это практически все малые и большая часть средних рек. В Архангельской области для плотового лесосплава используется в основном только р. Северная Двина ввиду ограниченности габаритов лесосплавного хода. Лесосеки, находящиеся рядом с такими малыми и средними реками, отрезаны от транспортировки круглых лесоматериалов по воде. Значительный вклад в данное направление исследований внесли такие ученые, как А.А. Митрофанов, В.Я. Харитонов, С.В. Посыпанов, Г.Я. Суров, В.И. Памякин, А.А. Камусин, А.Н. Минаев, П.Ф. Войтко и др.

Сплав древесины по малым и средним рекам позволит освоить новые покрытые лесом площади, что даст импульс дальнейшему развитию предприятий лесной промышленности.

Объекты и методы исследования

В настоящее время силами лесопромышленных предприятий и высших учебных заведений РФ проводятся разработки современных и наиболее оптимальных форм плоточных единиц, проходит их апробация [5, 7–9, 13, 17, 19].

Некоторые виды плоточных единиц, альтернативных пучку, приведены на рис. 4.

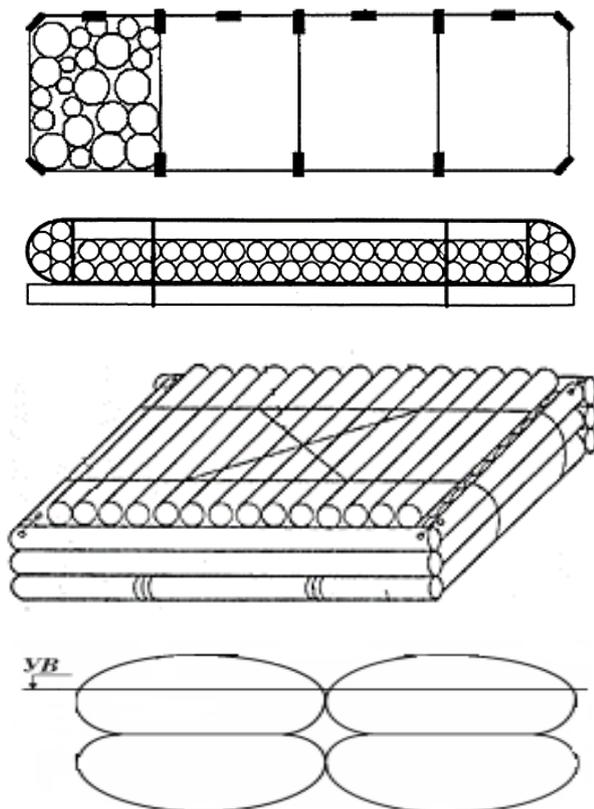


Рис. 4. Виды плоточных единиц (УВ – уровень воды)

Такие плоточные единицы имеют некоторые преимущества перед пучком: малая осадка, большая полндревесность, возможность сплава древесины с низкой плавучестью. Но есть и недостатки – сложность изготовления, больший расход такелажа.

Цель данной работы – исследование гидродинамических характеристик линеек из плоских плоточных единиц (ПСЕ), знание которых позволит эффективнее выполнять технологические и транспортные расчеты сплава лесотранспортных единиц на базе ПСЕ, выбирать средства буксировки, перестановки и торможения, конструкции плотостоянок и их крепления.

Конструкции ПСЕ показаны на рис. 4 и более подробно рассмотрены в работах [5, 13], общий вид плота, сформированного из ПСЕ, представлен на рис. 5.



Рис. 5. Плот из плоских сплотовых единиц

Исследованиям гидродинамических характеристик тел, движущихся в воде, посвящено большое количество работ, в том числе работы по определению сопротивления воды движению бревен [20], пучковых плотов [5, 18, 21, 22], хлыстовых пучков [15, 16], кошелей [2, 10] и судов [4, 6].

Результаты исследования и их обсуждение

Экспериментальные исследования по изучению характеристик линеек из ПСЕ были выполнены в бассейне кафедры технологии лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова.

Перед началом основных экспериментов проведено математическое планирование экспериментов и проанализировано влияние следующих факторов на гидродинамическое сопротивление воды движению модели линейки из ПСЕ: габаритные размеры L (длина), B (ширина) и T (осадка), см; интервал c' между ПСЕ, м; скорость движения модели v , м/с.

Для определения гидродинамического сопротивления использовали следующую зависимость:

$$R = rv^2,$$

где r – приведенное сопротивление воды движению модели линейки, $\text{Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^2$ [14].

В этой формуле величина R при постоянной скорости является для каждой модели функцией r . Поэтому за выходной параметр в уравнении регрессии $r = f(L, B, T, c')$ был принят r , за входные управляющие факторы – x_1 (длина модели); x_2 (ширина модели); x_3 (осадка модели); x_4 (интервал между ПСЕ).

Уравнение регрессии в нормализованных обозначениях после проведения полнофакторного эксперимента, обработки полученных данных, расчета коэффициентов регрессии и проверки их на значимость:

$$r = 5,6275 + 1,3188x_1 + 0,9688x_2 + 2,6425x_3 + 0,4763x_4 + 0,1975x_1x_2 + \\ + 0,3988x_1x_3 + 0,4225x_1x_4 + 0,7088x_2x_3 + 0,1563x_3x_4 + 0,1613x_1x_2x_4.$$

При пересчете уравнения регрессии в натуральные обозначения зависимость приняла следующий вид:

$$r = 1,6970 + 0,1171L - 2,5546B - 98,8984T + 2,0444c' + 0,7426LB + 19,4774LT - \\ - 0,9531Lc' + 675,0476BT - 10,7533Bc' + 14,8857Tc' + 6,6174Lbc'.$$

На основании математического планирования эксперимента можно сделать вывод о достаточном влиянии всех факторов на гидродинамическое сопротивление воды.

Далее эксперименты были проведены по классической методике (всего поставлено 3000 опытов и исследовано 120 моделей).

Гидродинамическое сопротивление воды равномерному движению тел на поверхности жидкости определяли по формуле Ньютона [5, 21]:

$$R = \frac{1}{2} c \rho \Omega v^2,$$

где c – общий безразмерный коэффициент сопротивления движению;

ρ – плотность воды, кг/м³;

Ω – характерная площадь, м².

Полное сопротивление складывается из двух составляющих – сопротивлений трения и формы:

$$R = R_{\text{тр}} + R_{\text{ф}}.$$

После обработки экспериментальных данных были получены эмпирические зависимости для определения коэффициентов сопротивления формы $c_{\text{ф}}$ и трения $c_{\text{тр}}$:

$$c_{\text{ф}} = 0,641 + 0,032 \frac{L_{\text{л}}}{B_{\text{л}}};$$

$$c_{\text{тр}} = 0,008 - 0,0002 \frac{L_{\text{л}}}{B_{\text{л}}},$$

где $L_{\text{л}}$ и $B_{\text{л}}$ – соответственно длина и ширина линейки из ПСЕ, м.

Все зависимости были обработаны статистически с помощью программного обеспечения Statistica 10.

Заключение

В настоящее время объемы заготовки лесоматериалов в нашей стране не оптимальны и могут быть увеличены. Вместе с тем участки, отведенные для рубок, тяготеют в основном к автодорожной сети. Лесосечный фонд в этих местах начинает истощаться. Выходом из сложившейся ситуации является более широкое использование водных путей для транспортировки лесоматериалов. Необходимо продолжить развитие плотового сплава и перевозок лесоматериалов баржами. Однако для плотового лесосплава используются лишь крупные реки, а малые и средние в связи с ограниченностью габаритов сплавного хода практически не применяются для этой цели. Поэтому требуется развивать и внедрять современные технологии сплава, позволяющие исполь-

зовать в транспортно-логистических целях разветвленную речную сеть. Для рек с ограниченными глубинами необходимо подобрать такие схемы, при которых на начальных этапах лесотранспортные единицы могут иметь небольшую осадку, а в дальнейшем, при выходе на крупные реки, они могут быть укрупнены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будыка С.Х., Манухин Г.А., Пименов А.Н. Водный транспорт леса и механизация лесосплавных работ. Минск: Вышэйш. шк., 1970. 439 с.
2. Водный транспорт леса: справ. / сост.: Е.Н. Гаврилова, А.А. Гоник, И.П. Донской, Г.А. Жуков, М.П. Лазарев, С.И. Нефедов, Я.П. Петров, В.В. Савельев, С.С. Филимонов, Г.Ф. Шульц. М.: Гослесбумиздат, 1963. 561 с.
3. Камусин А.А., Дмитриев Ю.Я., Минаев А.Н., Овчинников М.М., Патакин В.И., Пименов А.Н., Полищук В.П. Водный транспорт леса. М.: МГУЛ, 2000. 432 с.
4. Костюков А.А. Сопротивление воды движению судов. Л.: Судостроение, 1966. 448 с.
5. Митрофанов А.А. Лесосплав. Новые технологии, научное и техническое обеспечение: моногр. Архангельск: АГТУ, 2007. 492 с.
6. Павленко Г.Е. Сопротивление воды движению судов. М.: Водтрансиздат, 1953. 507 с.
7. Пат. 2166467 Российская Федерация, В 63 В 35/62. Плоская сплottedная единица / Митрофанов А.А. Опубл. 10.05.01, Бюл. № 13.
8. Пат. 2187442 Российская Федерация, В 63 В 35/62. Плоская сплottedная единица / Митрофанов А.А., Воробьев В.В., Лихачев С.Е., Соконов М.О. Опубл. 20.08.02, Бюл. № 23.
9. Пат. 2456200 Российская Федерация, В 63 В 35/62. Сплottedная единица / Васильев В.В.. 2012. Режим доступа: <http://www.freepatents/2456200> (дата обращения: 28.08.2017).
10. Патакин В.И., Дмитриев Ю.Я., Зайцев А.А. Водный транспорт леса. М.: Лесн. пром-сть, 1985. 336 с.
11. Перфильев П.Н. Математические методы планирования экспериментов сплава современных лесотранспортных единиц // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. № 2, ч. 2(13–2). С. 280–284.
12. Перфильев П.Н. Оценка экономической эффективности инновационной деятельности промышленных предприятий // Сб. науч. ст. междунар. молодеж. науч.-практ. конф. «Реальность – сумма информационных технологий», Курск, 08–10 сент. 2016 г. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2016. С. 183–185.
13. Перфильев П.Н., Рыбак Г.В. Инвестиционная деятельность предприятия ОАО «Архангельский целлюлозно-бумажный комбинат» // Novainfo. 2016. Т. 1, № 55. С. 279–281.
14. Перфильев П.Н., Штаборов Д.А. Оптимизация технологий лесосплава по малым рекам // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. № 3, ч. 4(8–4). С. 235–239.
15. Подготовка к лесосплаву и транспорт леса в плотках: сб. тр. ЦНИИлесосплава. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 118 с.
16. Подготовка к лесосплаву и транспорт леса в плотках и судах: сб. тр. ЦНИИлесосплава. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 102 с.
17. Посыпанов С.В. Исследование геометрических характеристик плавающей двухъярусной пакетной сплottedной единицы // Изв. СПбЛТА, 2016. Вып. 215. С. 176–191.
18. Рапичук С.Ф. Исследование некоторых вопросов сопротивления воды движению плотов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Минск, 1973. 31 с.

19. Суров Г.Я., Штаборов Д.А., Перфильев П.Н. Водный транспорт леса: речные плоты. Архангельск: САФУ, 2015. 1 электрон. опт. диск.

20. Фролов В.В. Сопротивление движению бревен под водой // Вопросы лесозаготовок и транспорта леса: сб. науч. тр. Минск: Вышэйш. шк., 1967. С. 132–140.

21. Худогов В.Н. Гидродинамическое взаимодействие плотов и внешней среды. Красноярск: Краснояр. кн. изд-во, 1966. 225 с.

22. Чекалкин К.А. Исследования гидродинамических характеристик бревенных пучков при поступательном движении: тр. АГТУ. Вып. XIX «Лесоэксплуатация». Архангельск, 1967. С. 86–96.

23. Derbin V., Derbin M. Monitoring of Forest Certification on the Example of the Enterprises LLC Solombalales Managing Company // 16th Intern. Multidisciplinary Sci. GeoConf. (SGEM 2016). Albena, Bulgaria, 30 June – 6 July 2016. Albena, Bulgaria, 2016. Book 3, vol. 2, part A. Pp. 571–580. Available at: <https://sgemworld.at/sgemlib/spip.php?article8271>. (дата обращения: 28.08.2017). Doi: 10.5593/sgem2016/b32/s14.046

24. Derbin V., Derbin M. On the Feasibility of Voluntary Forest Certification // 16th Intern. Multidisciplinary Sci. GeoConf. (SGEM 2016). Albena, Bulgaria, 30 June – 6 July 2016. Albena, Bulgaria, 2016. Book 3, vol. 2, part A. Pp. 589–594. Available at: <https://sgemworld.at/sgemlib/spip.php?article8273> (дата обращения: 28.08.2017). Doi: 10.5593/sgem2016/b32/s14.046

Поступила 27.09.17

UDC 634.0.378.33

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.77

Study of Optimal Bundling Methods of Round Timber

P.N. Perfil'ev, Candidate of Engineering Sciences

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163021, Russian Federation; e-mail: p.perfilev@narfu.ru

According to the estimation of the United Nations, the forested area in the Russian Federation is 8.5 million km². Due to the available sufficient reserves of forest resources, the enterprises of the timber industry have been significantly developed. In the conditions of modern competitive economy, the timber industry enterprises for the purpose of their further development are forced to maintain the investment activity at a high level, to optimize technological processes and to modernize the production equipment. The article analyzes the investment projects of the largest enterprises of the forest industry of the Arkhangelsk region (AO “Arkhangelsk pulp and paper mill”, ZAO “Sawmill 25”). The factors of cost reduction of raw materials for processing enterprises of the forest complex, a comparison of the types of transportation of round timber and the dynamics of timber supply on the example of enterprises of the Arkhangelsk region are considered. Currently, the estimated cutting area in the Arkhangelsk region is just over 20 mln m³. The volume of logging is only half of the allowable cut. The main reason is the insufficient development of the road network necessary for the export of harvested wood. This has led to the fact that the allocated timber-cutting fund is geographically uneven and tends to places with timber roads. The road network needs to be expanded that is extremely difficult in modern economic conditions. The author proposes to develop the river timber transportation. The most economically feasible method is the raft of forest transport units. Currently, small and medium-sized rivers are hardly used due to small dimensions of a floating route. In order to integrate them into the logistics of transport processes, it is necessary to modernize the

For citation: Perfil'ev P.N. Study of Optimal Bundling Methods of Round Timber. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2018, no. 2, pp. 77–87. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.77

existing technologies of round wood bundling. The article analyzes the modern development of structures of float units suitable for rafting in limited dimensions of a floating route, considers the main scientific research results to determine the hydrodynamic and inertial characteristics of rafting and forest transport units, presents the results of mathematical planning and classical study of hydrodynamic characteristics of flat rafts.

Keywords: investment, rafting, rafting sinkage, flat raft, experiment, flow resistance, drag coefficient, floating technology.

REFERENCES

1. Budyka S.Kh., Manukhin G.A., Pimenov A.N. *Vodnyy transport lesa i mekhanizatsiya lesosplavnykh rabot* [Water Log Movement and Mechanization of Logging Operations]. Minsk, Vysheyshaya shkola Publ., 1970. 439 p. (In Russ.)
2. Gavrilova E.N., Gonik A.A., Donskoy I.P., Zhukov G.A., Lazarev M.P., Nefedov S.I., Petrov Ya.P., Savel'ev V.V., Filimonov S.S., Shul'ts G.F., eds. *Vodnyy transport lesa* [Water Log Movement]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1963. 561 p. (In Russ.)
3. Kamusin A.A., Dmitriev Yu.Ya., Minaev A.N., Ovchinnikov M.M., Patyakin V.I., Pimenov A.N., Polishchuk V.P. *Vodnyy transport lesa* [Water Log Movement]. Moscow, MSFU Publ., 2000. 432 p. (In Russ.)
4. Kostyukov A.A. *Soprotivlenie vody dvizheniyu sudov* [Water Resistance]. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1966. 448 p. (In Russ.)
5. Mitrofanov A.A. *Lesosplav. Novye tekhnologii, nauchnoe i tekhnicheskoe obespechenie* [Timber Floating. New Technologies, Scientific and Technical Support]. Arkhangelsk, ASTU Publ., 2007. 492 p. (In Russ.)
6. Pavlenko G.E. *Soprotivlenie vody dvizheniyu sudov* [Water Resistance]. Moscow, Vodtransizdat Publ., 1953. 507 p. (In Russ.)
7. Mitrofanov A.A. *Ploskaya splotochnaya edinitsa* [Flat Raft]. Patent RF, no. 2166467, 2001.
8. Mitrofanov A.A., Vorob'ev V.V., Likhachev S.E., Sokolov M.O. *Ploskaya splotochnaya edinitsa* [Flat Raft]. Patent RF, no. 2187442, 2002.
9. Vasil'ev V.V. *Splotochnaya edinitsa* [Float Unit]. Patent RF, no. 2456200, 2012. Available at: <http://www.freepatent.ru/patents/2456200> (accessed 28.08.2017).
10. Patyakin V.I., Dmitriev Yu.Ya., Zaytsev A.A. *Vodnyy transport lesa* [Water Log Movement]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1985. 336 p. (In Russ.)
11. Perfil'ev P.N. Matematicheskie metody planirovaniya eksperimentov splava sovremennykh lesotransportnykh edinits [Mathematical Planning Methods of Raft Experiments of Modern Timber-Hauling Units]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual Directions of Scientific Research of the 21st Century: Theory and Practice], 2015, no. 2, part 2(13-2), pp. 280–284. (In Russ.)
12. Perfil'ev P.N. Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti innovatsionnoy deyatel'nosti promyshlennykh predpriyatiy [Estimation of Economic Efficiency of the Innovative Activity of Industrial Enterprises]. *Sb. nauch. st. mezhdunar. molodezh. nauch.-prakt. konf. «Real'nost' – summa informatsionnykh tekhnologiy», Kursk, 08–10 sent. 2016 g.* [Proc. Intern. Youth Sci. Practical Conf. “Reality is the Sum of Information Technologies”, Kursk, 08–10 September 2016]. Kursk, SWSU Publ., 2016, pp. 183–185. (In Russ.)
13. Perfil'ev P.N., Rybak G.V. Investitsionnaya deyatel'nost' predpriyatiya OAO «Arkhangel'skiy tsellyulozno-bumazhnyy kombinat» [Investment Activity of the Enterprise OAO “Arkhangelsk Pulp and Paper Mill”]. *Novainfo*, 2016, vol. 1, no. 55, pp. 279–281.
14. Perfil'ev P.N., Shtaborov D.A. Optimizatsiya tekhnologiy lesosplava po malym rekam [Optimization of Technologies of Timber Floating on Small Rivers]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual Directions of Scientific Research of the 21st Century: Theory and Practice], 2014, no. 3, part 4(8-4), pp. 235–239.

15. *Podgotovka k lesosplavu i transport lesa v plotakh* [Preparation for Rafting and Transport of Timber Float]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1980. 118 p. (In Russ.)

16. *Podgotovka k lesosplavu i transport lesa v plotakh i sudakh* [Preparation for Rafting and Transport of Timber Float and on the Sea]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1984. 102 p. (In Russ.)

17. Posypanov S.V. Issledovanie geometricheskikh kharakteristik plavayushchey dvukhyarusnoy paketnoy splotochnoy edinitsy [Investigation of the Geometric Characteristics of a Floating Bilevel Packaged Rafting Unit]. *Izvestia Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii (Izvestia SPbLTA)* [News of the Saint Petersburg State Forest Technical Academy], 2016, no. 215, pp. 176–191.

18. Rapinchuk S.F. *Issledovanie nekotorykh voprosov soprotivleniya vody dvizheniyu plotov: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [Investigation of Some Issues of Water Resistance to the Rafts Movement: Cand. Eng. Sci. Diss. Abs.]. Minsk, 1973. 31 p.

19. Surov G.Ya., Shtaborov D.A., Perfil'ev P.N. *Vodnyy transport lesa: rechnye ploty* [Water Log Movement: River Rafts]. Arkhangelsk, SAFU Publ., 2015. (In Russ.)

20. Frolov V.V. Soprotivlenie dvizheniyu breven pod vodoy [Resistance to the Movement of Logs under Water]. *Voprosy lesozagotovok i transporta lesa* [Issues of Logging and Log Movement]. Minsk, Vysheyschaya shkola Publ., 1967, pp. 132–140. (In Russ.)

21. Khudonogov V.N. *Gidrodinamicheskoe vzaimodeystvie plotov i vneshney sredy* [Hydrodynamic Interaction of Rafts and the Environment]. Krasnoyarsk, Krasnoyarskoe knizhnoe izdatel'stvo Publ., 1966. 225 p. (In Russ.)

22. Chekalkin K.A. *Issledovaniya gidrodinamicheskikh kharakteristik brevennykh puchkov pri postupatel'nom dvizhenii: tr. AGTU. Vyp. XIX, «Lesoekspluatatsiya»* [Investigations of the Hydrodynamic Characteristics of Log Beams when Translational Motion: Proc. ASTU. Iss. 19, "Forest Exploitation"]. Arkhangelsk, 1967, pp. 86–96. (In Russ.)

23. Derbin V., Derbin M. Monitoring of Forest Certification on the Example of the Enterprises LLC Solombalales Managing Company. *16th Intern. Multidisciplinary Sci. GeoConf. (SGEM 2016). Albena, Bulgaria, 30 June – 6 July 2016*. Albena, Bulgaria, 2016, book 3, vol. 2, part A, pp. 571–580. Available at: <https://sgemworld.at/sgemlib/spip.php?article8271> (accessed 28.08.2017). Doi: 10.5593/sgem2016/b32/s14.046

24. Derbin V., Derbin M. On the Feasibility of Voluntary Forest Certification. *16th Intern. Multidisciplinary Sci. GeoConf. (SGEM 2016). Albena, Bulgaria, 30 June – 6 July 2016*. Albena, Bulgaria, 2016, book 3, vol. 2, part A, pp. 589–594. Available at: <https://sgemworld.at/sgemlib/spip.php?article8273> (accessed 28.08.2017). Doi: 10.5593/sgem2016/b32/s14.046

Received on September 27, 2017
