

УДК 630*378.33

Д.Н. Афоничев, Н.Н. Папонов, В.В. Васильев

Афоничев Дмитрий Николаевич родился в 1972 г., окончил в 1995 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА. Имеет более 190 печатных работ в области совершенствования конструкций и систем автоматизированного проектирования сооружений транспорта леса.

E-mail: dmafonichev@yandex.ru



Папонов Николай Николаевич родился в 1972 г., окончил в 1994 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА. Имеет более 70 печатных работ в области совершенствования конструкций сооружений, оборудования и технологических процессов транспорта леса.

Тел. раб.: 8 (4732) 53-70-16



Васильев Владимир Викторович родился в 1987 г., студент 5-го курса Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 13 печатных работ в области совершенствования конструкций сооружений, оборудования и технологических процессов транспорта леса.

Тел. раб.: 8 (4732) 53-70-16



**СПЛОТОЧНАЯ ЕДИНИЦА
СТАБИЛИЗИРОВАННОЙ ПЛАВУЧЕСТИ**

Предложена конструкция сплочной единицы стабилизированной плавучести, обеспеченной обертыванием сплочной единицы гибким водонепроницаемым материалом, который исключает непосредственный контакт с водой и при буксировке уменьшает сопротивление движению.

Ключевые слова: лесоматериалы, сплочная единица, плавучесть, гибкий водонепроницаемый материал, вода.

По причине запрета молевого сплава на малых и средних реках, а также резкого падения глубин на судоходных реках произошло снижение объемов древесины, поставляемой по водным акваториям страны. Известно [3], что только в Архангельской области объем сплава древесины уменьшился в 15 раз. Для увеличения объема сплавляемой древесины необходимо, чтобы сплав был организован в сплочных единицах, объединенных в линейки, секции или плоты, и только в исключительных случаях вольницей. При этом обязательно должны соблюдаться экологические требования к соотношению объемов древесины в сплаве и стока воды 1 : 250, при котором гарантируется естественное самоочищение водных артерий.

К сплочным единицам, предназначенным для сплава по малым, средним и большим рекам с малыми глубинами, предъявляются следующие требования [3]: они должны иметь при малой осадке большие объемы; их

конструкция должна обеспечивать возможность изготовления на любом предприятии с использованием имеющегося оборудования; они должны быть унифицированными, иметь одинаковый такелаж и возможность изготовления для разных условий с разными осадками; на путях сплава с увеличением глубины реки должна обеспечиваться возможность их укрепления за счет простого суммирования, например установки друг на друга; они должны обеспечивать возможность сплава лиственной древесины с хвойным подплавом; они должны быть технологичны при выгрузке и обеспечивать возможность разделения на части (например, если в сплочную единицу входит хвойная и лиственная древесина, предназначенная различным потребителям); должны иметь минимальное сопротивление при движении по воде.

Получены положительные результаты при создании сплочных единиц, удовлетворяющих вышеуказанным требованиям. Например, предложенная А.А. Митрофановым [4] сплочная единица состоит из круглых лесоматериалов ограниченной плавучести, которые уложены в нижний, внутренние и верхний ряды. При этом лесоматериалы внутренних рядов ориентированы перпендикулярно лесоматериалам нижнего и верхнего рядов и скрепляются торцами в пакеты, которые состоят из круглых лесоматериалов повышенной плавучести, объединенных гибкими обвязками, и уложены параллельно лесоматериалам ограниченной плавучести нижнего и верхнего рядов. Сплочная единица снабжена гибкими внутренними связями, расположенными горизонтально и соединяющими крайние лесоматериалы ограниченной плавучести внутренних рядов и гибкими внешними обвязками, охватывающими снаружи пакеты лесоматериалов повышенной плавучести и лесоматериалы ограниченной плавучести нижнего и верхнего рядов; гибкие внутренние связи и внешние обвязки соединены вертикальными стяжками.

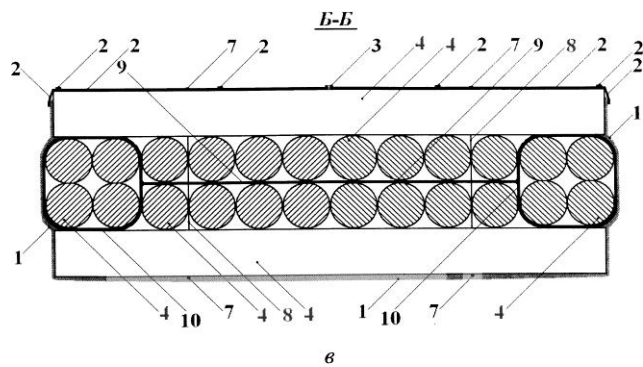
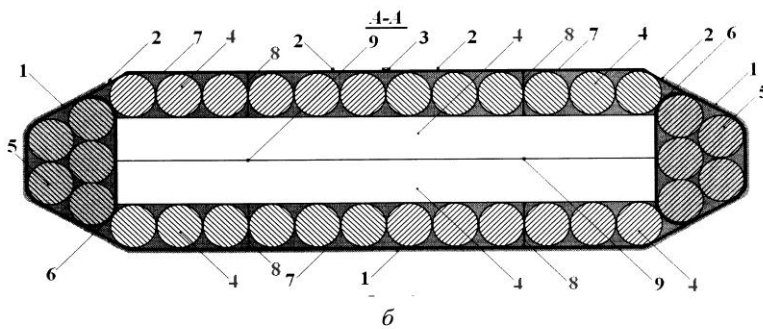
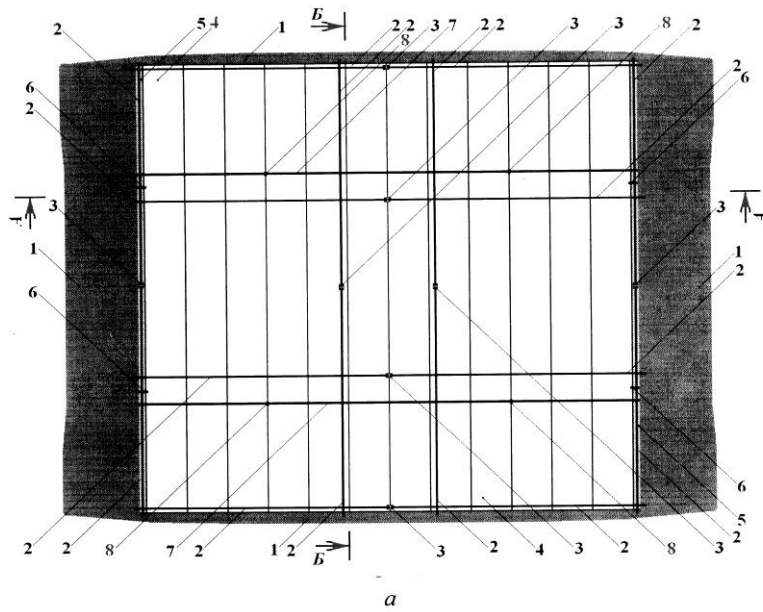
Недостатками данной сплочной единицы являются малый и нестабильный запас плавучести, высокое сопротивление движению. Для устранения этих недостатков нами была предложена другая конструкция сплочной единицы [5], которая представлена на рисунке.

Сплочная единица состоит из листа гибкого водонепроницаемого материала 1, по краям которого закреплены стропы 2 с соединительными устройствами 3 на свободных концах; круглых лесоматериалов ограниченной плавучести 4, уложенных в поперечные верхний и нижний ряды и продольные средние ряды; круглых лесоматериалов повышенной плавучести 5, объединенных гибкими обвязками 6 в пакеты, расположенные в головной и хвостовой частях сплочной единицы; гибких внешних обвязок 7, охватывающих снаружи пакеты круглых лесоматериалов повышенной плавучести 5 и ряды круглых лесоматериалов ограниченной плавучести 4; вертикальных стяжек 8, соединяющих гибкие внешние обвязки 7 и гибкие внутренние связи 9, которые вместе с гибкими внутренними обвязками 10 соединяют круглые лесоматериалы ограниченной плавучести 4 средних продольных рядов.

Сборку сплочной единицы осуществляют только на берегу. Ее можно производить в соответствии с прототипом [4], но при этом необходимо предварительно на плотбище расстелить лист из гибкого водонепроницаемого материала.

После сборки сплочной единицы заворачивают продольные края листа из гибкого водонепроницаемого материала, накладывая их на продольные борта сплочной единицы, натягивают стропы и соединяют их соединительными устройствами, при помощи которых также регулируется натяжение строп. Заворачивают поперечные края листа из гибкого водонепроницаемого материала, накладывая их на поперечные борта (торцы) сплочной единицы, при этом угловые складки листа заворачивают вовнутрь и укладывают вдоль поперечных бортов (торцов) сплочной единицы, натягивают стропы и соединяют их соединительными устройствами.

В лист из гибкого водонепроницаемого материала этим способом можно заворачивать уже собранные при помощи крана или другого грузоподъемного устройства сплочные единицы.



Сплоточная единица [5]: а – вид сверху; б – продольный разрез А-А; в – поперечный разрез Б-Б

Если сплottedная единица включает лесоматериалы как повышенной, так и ограниченной плавучести, то ее вес

$$G_{c.а} = g(V_{i.i} \rho_{i.i} + V_{o.i} \rho_{o.i}), \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;

$V_{п.п}$ и $V_{о.п}$ – объем лесоматериалов повышенной и ограниченной плавучести, м³;

$\rho_{п.п}$ и $\rho_{о.п}$ – плотность лесоматериалов повышенной и ограниченной плавучести, кг/м³.

Согласно закону Архимеда, выталкивающая сила P равна весу вытесненной жидкости G , тогда условие равновесия сплottedной единицы на воде

$$P = G_{c.e} = G. \quad (2)$$

Так как $G = g\rho W_{п}$ (ρ – плотность воды, кг/м³; $W_{п}$ – погруженный объем сплottedной единицы, м³), то

$$G_{c.e} = g(V_{п.п}\rho_{п.п} + V_{о.п}\rho_{о.п}) = g\rho W_{п}. \quad (3)$$

Из формулы (3) найдем

$$W_{п} = \frac{V_{п.п}\rho_{п.п} + V_{о.п}\rho_{о.п}}{\rho}. \quad (4)$$

Коэффициент запаса плавучести сплottedной единицы

$$K = 1 - \frac{V_{п.п}\rho_{п.п} + V_{о.п}\rho_{о.п}}{\rho(V_{п.п} + V_{о.п})} = 1 - \frac{\rho_{с.в}}{\rho}, \quad (5)$$

где $\rho_{с.в}$ – средневзвешенная плотность сплottedной единицы, кг/м³.

В процессе плавания происходит водонасыщение лесоматериалов, при этом увеличиваются плотности $\rho_{п.п}$ и $\rho_{о.п}$ ($K \rightarrow 0$) и погруженный объем сплottedной единицы согласно формуле (4).

Если сплottedную единицу обернуть в водонепроницаемый материал, то пространство между лесоматериалами в погруженной части не будет заполняться водой. Следовательно, вес вытесненной жидкости

$$G = \frac{g\rho W_{п}}{k}, \quad (6)$$

где k – коэффициент полнодревесности сплottedной единицы.

С учетом формулы (6) погруженный объем сплottedной единицы

$$W_{п} = \frac{(V_{п.п}\rho_{п.п} + V_{о.п}\rho_{о.п})}{\rho}. \quad (7)$$

Так как $k < 1$, то, согласно (4) и (7), погруженный объем сплottedной единицы, как и ее осадка, уменьшится.

Средневзвешенная плотность завернутой в гибкий водонепроницаемый материал сплottedной единицы

$$\rho'_{с.в} = \frac{k(V_{п.п}\rho_{п.п} + V_{о.п}\rho_{о.п})}{V_{п.п} + V_{о.п}}, \quad (8)$$

а коэффициент запаса ее плавучести с учетом формулы (8)

$$K = 1 - \frac{k(V_{i.i} \rho_{i.i} + V_{i.i} \rho_{i.i})}{\rho(V_{i.i} + V_{i.i})} = 1 - \frac{\rho_{п.а}}{\rho} = 1 - \frac{k\rho_{п.а}}{\rho}. \quad (9)$$

Совместный анализ формул (5) и (9) показывает, что применение в конструкции сплottedной единицы гибкого материала для ее обертывания по дну и бортам позволяет увеличить запас плавучести и стабилизировать его за счет исключения водонасыщения лесоматериалов. Сплottedная единица, обернутая по дну и бортам в лист из гибкого водонепроницаемого материала, приобретает обтекаемую форму, что снижает не только сопротивление движению, но и энергозатраты на буксировку.

Если рассматривать поперечное сечение сплottedной единицы, можно увидеть, что гибкий материал не всей площадью дна и бортов контактирует с лесоматериалами, поэтому наибольшая вероятность разрыва этого материала будет в местах, где отсутствует его контакт с лесоматериалами. Следовательно, расчет усилия, создаваемого от воды на гибкий материал, необходимо выполнять именно для таких мест при максимальной осадке сплottedной единицы, используя известные в гидравлике зависимости [6].

В настоящее время промышленность выпускает много различных гибких водонепроницаемых материалов [1, 2]. Для обертывания сплottedной единицы авторы предлагают материал 23-М [2] толщиной 0,71 мм, который имеет коэффициент запаса прочности на разрыв не менее 3 при толщине сплottedной единицы 1,0 м и ее осадке 0,7 м. Для защиты оберточного материала сплottedных единиц от механических повреждений необходимо перед сплавом производить расчистку сплавных путей от топляков, выступающих ветвей деревьев, металлических элементов, валунов, что является неотъемлемой частью мелиорации сплавных путей и природоохранных мероприятий. Только так можно гарантировать надежность гибкого водонепроницаемого материала при эксплуатации и возможность его многократного применения.

Безусловно, что использование гибкого водонепроницаемого материала для обертывания сплottedных единиц увеличивает затраты на сплав древесины, поэтому в каждом конкретном случае необходимо выполнить экономическое обоснование целесообразности стабилизации плавучести сплottedных единиц с учетом сроков сплава, породы и качества сплавляемой древесины, минимальной глубины сплавного хода. Экономический эффект стабилизации плавучести сплottedных единиц обеспечивается снижением затрат на подготовку древесины к сплаву, сушку после сплава, дноуглубительные работы, подъем топляков, буксировку, а также многократным использованием гибкого водонепроницаемого материала.

Применение сплottedной единицы предложенной конструкции позволит осуществлять сплав древесины по рекам с малыми глубинами в течение длительного времени без потери плавучести и с низкими энергозатратами.

Выводы

1. Гибкий водонепроницаемый материал препятствует поступлению воды в свободные пространства между лесоматериалами, образующими

сплоточную единицу: таким образом, увеличивается объем вытесняемой жидкости, а следовательно, снижается осадка и повышается плавучесть сплоточной единицы.

2. Лесоматериалы сплоточной единицы, обернутые в лист из гибкого водонепроницаемого материала, не имеют непосредственного контакта с водой, в результате чего не происходит их водонасыщение и запас плавучести остается стабильным в течение всего периода плавания.

3. Сплоточная единица, обернутая по дну и бортам в лист из гибкого водонепроницаемого материала, при буксировке создает меньшее сопротивление движению, так как имеет обтекаемую форму.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борисовец Ю.П.* Гибкие лесосплавные плотины. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 112 с.
2. *Ермолов В.В.* Воздухоопорные здания и сооружения. – М.: Стройиздат, 1980. – 304 с.
3. *Митрофанов А.А.* Лесосплав. Новые технологии, научное и техническое обеспечение. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. – 492 с.
4. Пат. 2043255 РФ, МПК В 63 В 35/62. Сплоточная единица / А.А. Митрофанов, Г.Я. Суров, М.Н. Фоминцев; заявитель и патентообладатель АЛТИ. – № 4928310/11; заявл. 18.04.1992; опубл. 10.09.1995, Бюл. № 25. – 4 с.
5. Пат. 2381949 РФ, МПК В 63 В 35/62, 35/58. Сплоточная единица / Д.Н. Афоничев, Н.Н. Папонов, В.В. Васильев; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. – № 2008146180/11; заявл. 21.11.2008; опубл. 20.02.2010, Бюл. № 5.
6. *Штернлихт Д.В.* Гидравлика. – М.: Колос, 2004. – 656 с.

D.N. Afonichev, N.N. Paponov, V.V. Vasiliev

Raft Section of Stabilized Flotation

The structure of raft section of stabilized flotation is offered, secured by wrapping the raft section with flexible waterproof material eliminating the direct contact with water and reducing the pressure drag at haulage.

Keywords: timber, raft section, flotation, flexible waterproof material, water.
