

УДК 630\*378.33

UDC 630\*378.33

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПЛОТА ДЛЯ СПЛАВА ДРЕВЕСИНЫ ПО РЕКАМ С МАЛЫМИ ГЛУБИНАМИ**

**IMPROVING THE RAFT DESIGN FOR THE ALLOY OF TIMBER DOWN THE RIVERS WITH SMALL DEPTHS**

Афоничев Дмитрий Николаевич  
д.т.н., профессор

Afonichev Dmitry Nikolaevich  
Dr.Sci.Tech., professor

Васильев Владимир Викторович  
аспирант

Vasiliev Vladimir Victorovich  
postgraduate student

Папонов Николай Николаевич  
к.т.н., доцент

Paponov Nikolay Nikolaevich  
Cand.Tech.Sci., associate professor

*Воронежская государственная лесотехническая академия, Воронеж, Россия*

*Voronezh State Academy of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia*

Дано описание конструкции плота, формируемого из плоских сплоточных единиц, показано, что данный плот имеет большую осадку, которая увеличивается в процессе плавания. Предложена конструкция плота, формируемого из плоских сплоточных единиц стабилизированной плавучести. Предлагаемый плот имеет меньшую осадку, интенсивность возрастания которой при плавании не существенна, что позволяет проводить его через участки рек с малыми глубинами. Дано описание процесса формирования плота

We describe the construction of the raft, formed of flat raft sections; it is shown, that the given raft has deeper draft, which increases during the voyage. The construction of the raft, formed from flat raft sections of stabilized buoyancy is presented. The proposed raft has less draft, the intensity of increase of which is not significant when navigating; it allows it to go through the sections of rivers with smaller depths. A description of raft formation is given

Ключевые слова: ПЛОТ, ПЛОСКАЯ СПЛОТОЧНАЯ ЕДИНИЦА, СПЛОТОЧНАЯ ЕДИНИЦА СТАБИЛИЗИРОВАННОЙ ПЛАВУЧЕСТИ, ОСАДКА, ФОРМИРОВАНИЕ

Keywords: RAFT, FLAT RAFT SECTION, RAFT SECTION OF STABILIZED BUOYANCY, DRAFT, FORMATION

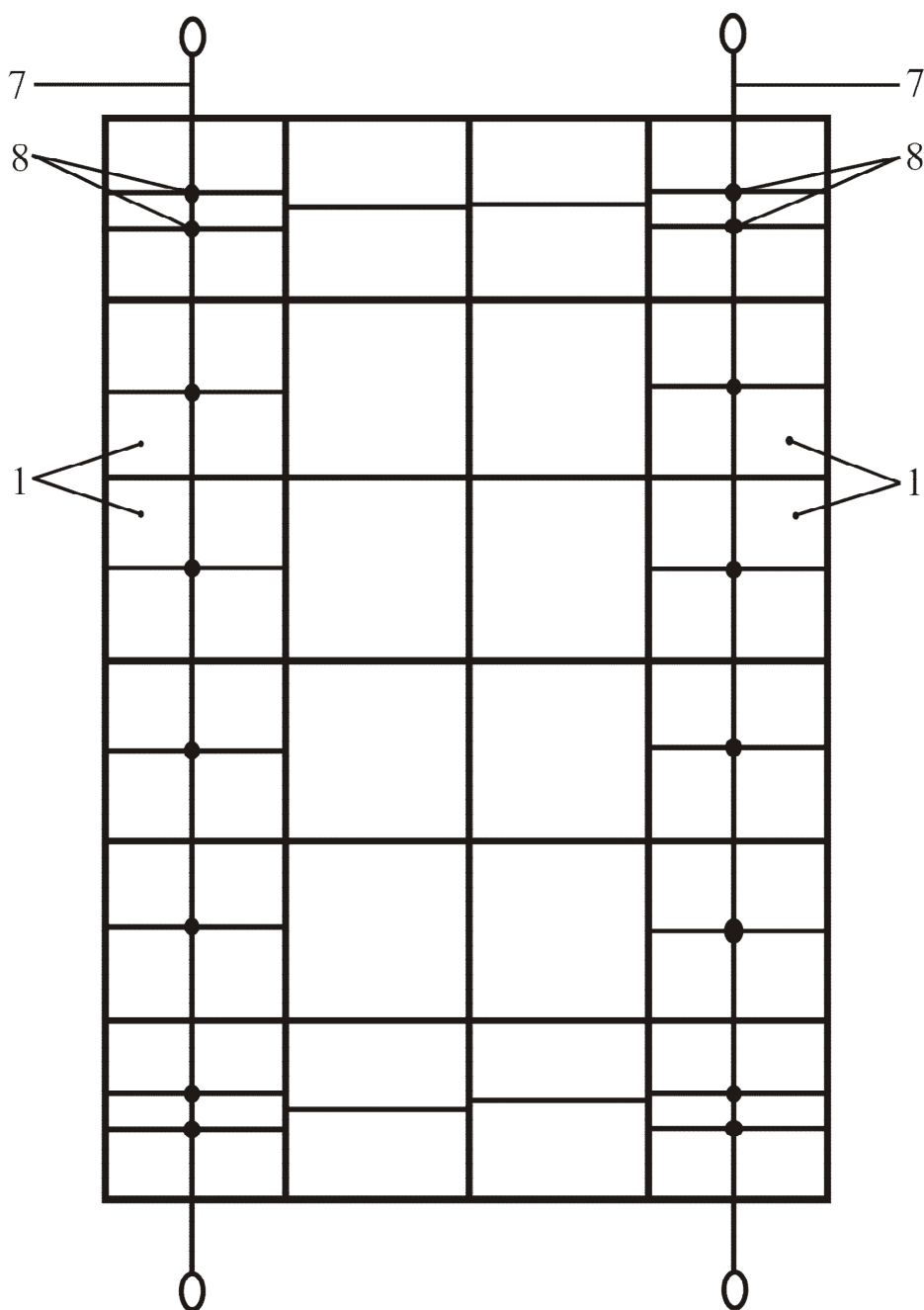
Увеличение объема доставки древесины потребителям в плотах по внутренним водным путям с малыми энергозатратами возможно внедрением плотового сплава на реках с малыми глубинами. Для этого необходимо применять конструкции плотов, имеющих малую осадку. Такие плоты, как правило, формируются из плоских сплоточных единиц, а опыт их буксировки показывает эффективность проведения данного вида мероприятий на реках с малыми глубинами [1, 2, 3, 4].

В настоящее время разработано несколько конструкций плотов на основе плоских сплоточных единиц [1, 5, 6, 7], которые предназначены для

буксировки по малым и средним рекам, а в переформированном состоянии – по большим рекам. Одна из таких конструкций, разработанная А.А. Митрофановым представлена на рисунках 1 и 2 [5]. Плот содержит сплотовые единицы 1, жесткие связи 2, такелаж 3, бортовые комплекты 4, бревна 5, поперечные счалы 6, бортовые лежни 7 и сжимы 8.

Формирование плота производят следующим образом. Из сплотовых единиц 1, формируются поперечные ряды путем соединения их жестких связей 2 такелажем 3. В качестве такелажа могут быть использованы цепи, канатные или проволочные связи. На крайние сплотовые единицы накладывают бортовые комплекты 4. На ряды, устанавливаемые в голове и хвосте плота, т.е. на первый и последний, укладывают бревна 5, перекрывающие стыки жестких связей, и соединяют их с головным и хвостовым рядами проволочными скрутками (на рисунках 1 и 2а не показаны). Кроме того, на эти ряды накладывают поперечные счалы «восьмерка» 6. Сформированные ряды буксируют за жесткие связи крайних сплотовых единиц до формировочных причалов, которые размещают на магистральной реке, где габариты водного пути позволяют формировать плоты.

При буксировке рядов круглые лесоматериалы сплотовых единиц располагаются поперек потока, чем обеспечивается безаварийный проход лимитирующих створов. В плоту круглые лесоматериалы располагаются вдоль потока, что способствует снижению сопротивления воды движению плота при буксировке его по магистральным рекам.

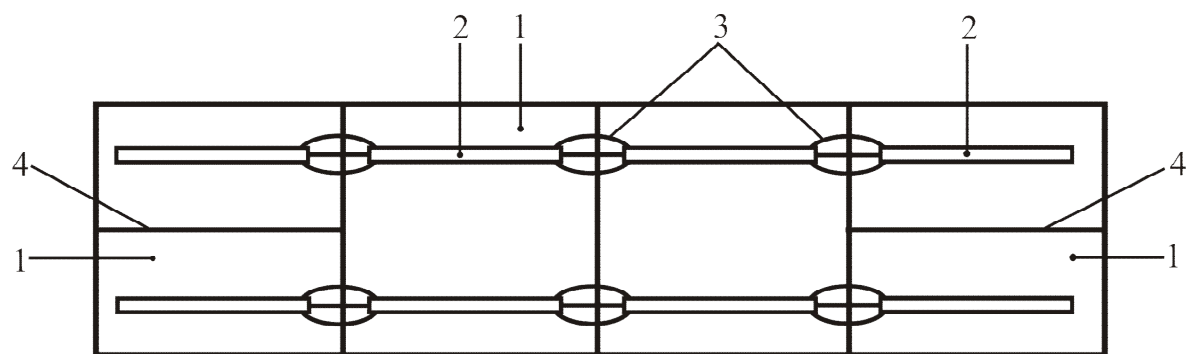


1 – сплотовые единицы, 2 – жесткие связи, 3 – такелаж, 4 – бортовые комплекты, 5 – бревна, 6 – поперечные счалы, 7 – бортовые лежни, 8 – сжимы

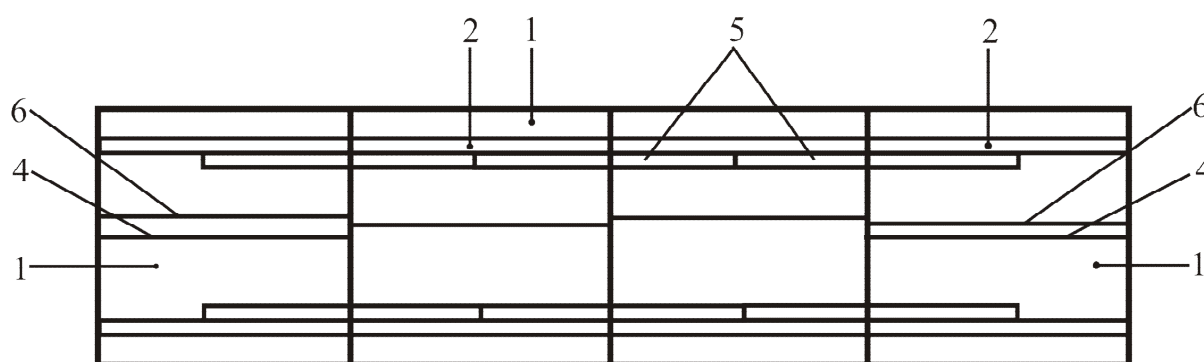
Рисунок 1 – Плот, вид сверху

На формируемых причалах ряды соединяют между собой с помощью бортовых лежней 7, которые прокладывают вдоль плота по крайним бортовым сплотовым единицам, и крепят к ним сжимами 8. Сжимы уста-

навливают в точках пересечения бортовых лежней с поперечными счалами и бортовыми комплектами.



а)



б)

1 – сплочные единицы, 2 – жесткие связи, 3 – такелаж, 4 – бортовые комплекты, 5 – бревна, 6 – поперечные счалы

а – средний ряд сплочных единиц, вид сверху;

б – крайний ряд сплочных единиц, вид сверху

Рисунок 2 – Поперечные ряды плота, вид сверху

В пунктах приплава при расформировании плота снимают сжимы на крайних сплочных единицах крайнего ряда, и освободившийся ряд буксируют к выгрузочному механизму. Здесь поочередно освобождают сплочные единицы путем разъединения такелажных связей. После выгрузки сплочных единиц одного ряда высвобождают из плота и подают под выгрузку следующий ряд.

Недостатком данного плота является большая осадка. Величина осадки определяется из равновесия веса ряда и выталкивающей силы, так как ряды между собой соединены гибкими связями 7. Предположим, что ряд состоит из двух видов сплочных единиц разных размеров, но сплочные единицы в ряду расположены симметрично (это необходимо для исключения крена), то есть ряд включает две крайние сплочные единицы и две средние. Параметры крайних сплочных единиц в формулах имеют индекс «*K*», а средних – «*C*». Вес ряда  $G_p$ , включающего четыре сплочные единицы, составит

$$G_p = g \left\{ 2 \left[ k_0 \left( r_K k_{\phi K} B_K L_K H_K + r_C k_{\phi C} B_C L_C H_C \right) + m_K + m_C \right] + m_p \right\}, \quad (1)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$k_0$  – коэффициент, учитывающий массу коры;

$r$  – плотность древесины, кг/м<sup>3</sup>;

$k_{\phi}$  – коэффициент, учитывающий форму сплочной единицы;

$B, L, H$  – соответственно ширина, длина и высота сплочной единицы, м;

$m$  – масса обвязок и крепежных элементов сплочной единицы, кг;

$m_p$  – масса обвязок и крепежных элементов ряда, кг.

Выталкивающую силу определим при условии, что брусстер абсолютно жесткий и все сплочные единицы ряда имеют одинаковую осадку  $T$ . Выталкивающая (архимедова) сила  $P_A$  для рассматриваемого ряда равна

$$P_A = 2g r_0 T \left( k_{\Pi K} k_{DK} B_K L_K + k_{\Pi C} k_{DC} B_C L_C \right), \quad (2)$$

где  $r_0$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$k_{\Pi}$  – коэффициент, учитывающий уменьшение плановых размеров сплочной единицы в погруженной части;

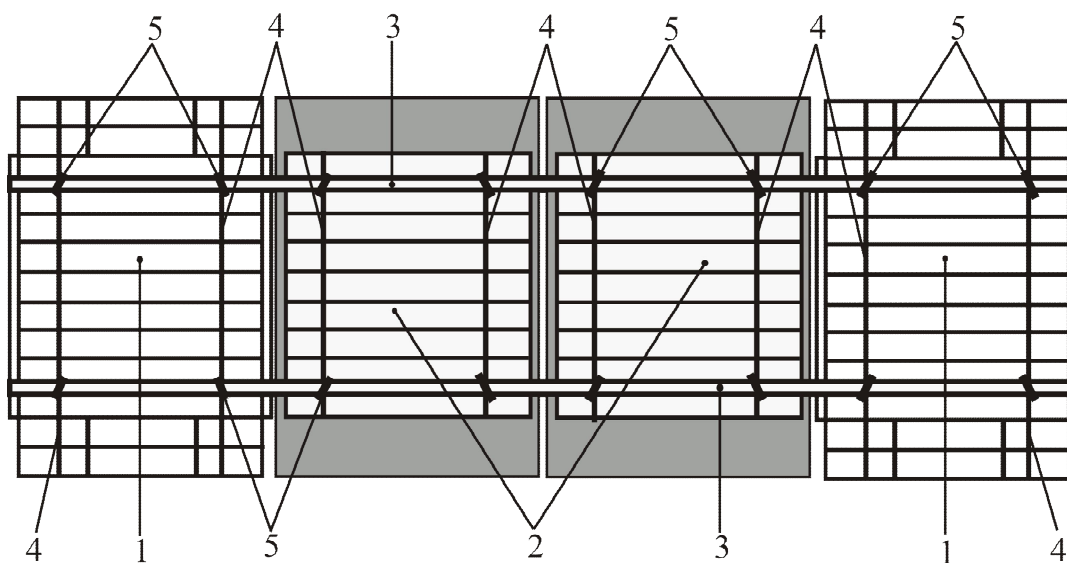
$k_D$  – коэффициент полндревесности сплочной единицы.

При  $P_A = G_p$  получаем величину осадки ряда

$$T = \frac{2[k_0(r_K k_{\Phi K} B_K L_K H_K + r_C k_{\Phi C} B_C L_C H_C) + m_K + m_C] + m_P}{2r_0(k_{ПК} k_{ДК} B_K L_K + k_{ПС} k_{ДС} B_C L_C)}. \quad (3)$$

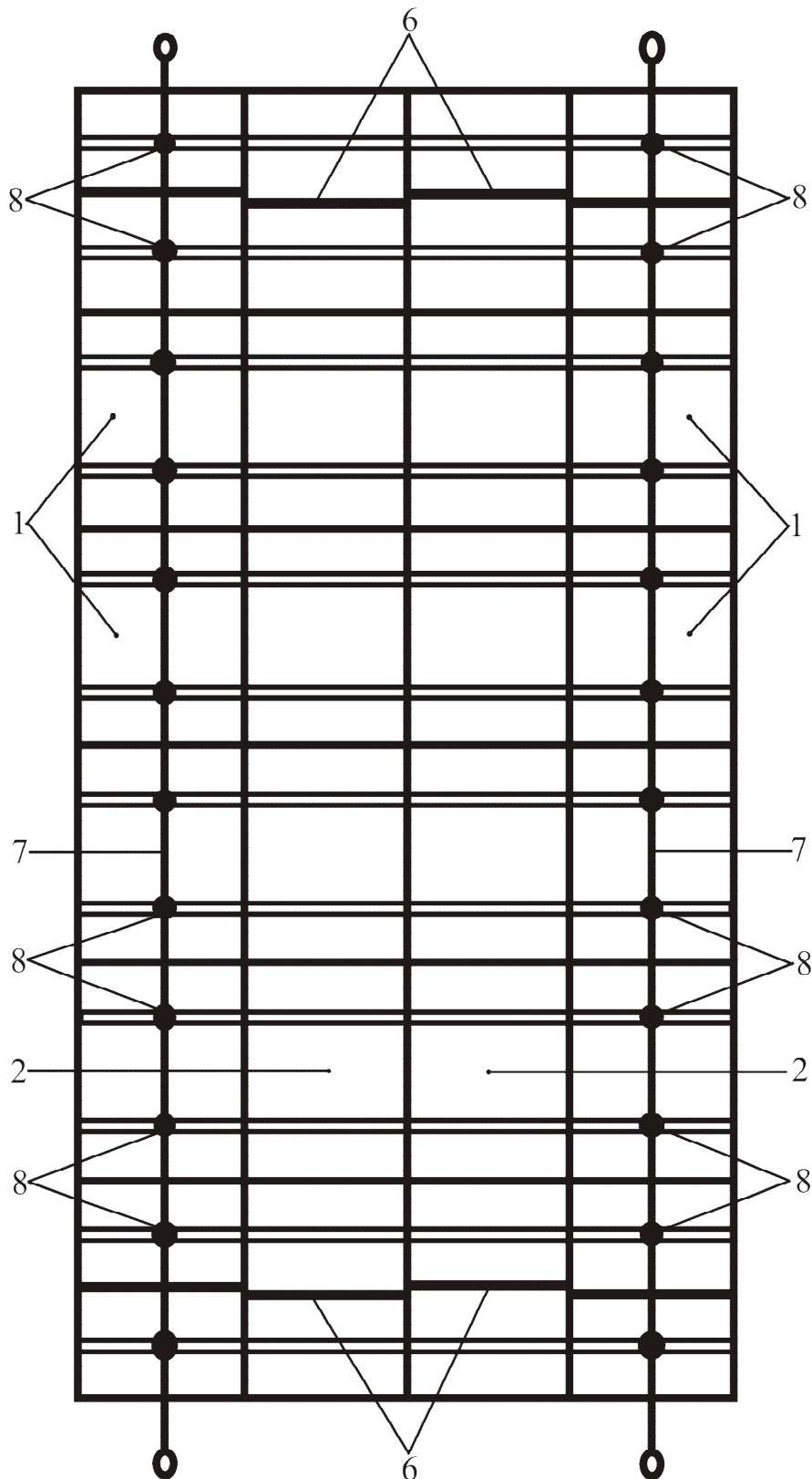
Из формулы (3) видно, что величина осадки зависит от плотности укладки лесоматериалов в сплочной единице, то есть от коэффициента полндревесности  $k_D$  равного 0,65...0,8, и плотности древесины  $r$ , которая в процессе сплава увеличивает в результате водопоглощения древесины. Величина осадки по этой причине увеличивается к концу сплава и возможна полная потеря плавучести.

Для устранения приведенного недостатка в рассматриваемом плоту предложены конструктивные изменения. В результате этого получена новая конструкция плота, которая представлена на рисунках 3 и 4.



1 – сплочные единицы; 2 – сплочные единицы стабилизированной плавучести; 3 – брустеры; 4 – гибкие обвязки; 5 – такелаж

Рисунок 3 – Поперечный ряд предлагаемого плота, вид сверху



1 – сплоточные единицы; 2 – сплоточные единицы стабилизированной плавучести; 6 – поперечные счалы; 7 – бортовые лежни; 8 – сжимы

Рисунок 4 – Предлагаемый плот, вид сверху

Плот содержит расположенные поперечными рядами сплотовые единицы 1 и сплотовые единицы стабилизированной плавучести 2, выполненные по патенту РФ № 2381949 [8] и установленные в середине каждого ряда. Сплотовые единицы 1 и сплотовые единицы стабилизированной плавучести 2 в ряду соединены между собой брусстерами 3, закрепленными за гибкие обвязки 4 сплотовых единиц 1 и сплотовых единиц стабилизированной плавучести 2 такелажем 5.

Сплотовые единицы 1 и сплотовые единицы стабилизированной плавучести 2 в головном и хвостовом рядах соединены между собой поперечными счалами 6 (на рисунке 4 не показаны). Вдоль плота по крайним бортам сплотовых единиц 1 проложены бортовые лежни 7, которые прикреплены к брусстерам 3 сжимами 8.

Необходимо отметить, что подробное описание конструкции сплотовых единиц стабилизированной плавучести представлено в работах [8, 9, 10]. Особенностью сплотовых единиц стабилизированной плавучести является их изоляция от воды посредством заворачивания в гибкий водонепроницаемый материал. Это обеспечивает заполнение свободных полостей между лесоматериалами сплотовой единицы не водой, а воздухом, и в формулах (2) и (3)  $k_{ДС} = 1$ , то есть выталкивающая сила увеличивается на величину

$$\Delta P_A = 2g r_0 k_{ДС} B_C L_C T (1 - k_{ПС}). \quad (4)$$

Таким образом, осадка ряда, содержащего сплотовые единицы стабилизированной плавучести, будет меньше. Кроме этого изоляция лесоматериалов от воды предотвращает водопоглощение и плотность древесины средних сплотовых единиц будет постоянной в процессе сплава, то есть  $r_C = \text{const}$ .

На основе вышеизложенного можно утверждать, что ряд, состоящий из жестко соединенных между собой посредством брусстеров сплотовых



единиц (рисунок 3) будет оставаться всегда на плаву. Потеря плавучести возможна только в случае аварийного разрушения водонепроницаемой обертки сплочных единиц стабилизированной плавучести.

Формирование плота производится следующим образом. Изготавливаются сплочные единицы 1 и сплочные единицы стабилизированной плавучести 2, последние выполняются в соответствии с патентом РФ № 2381949 [8]. Готовые сплочные единицы 1 и сплочные единицы стабилизированной плавучести 2 спускают на воду и буксируют к месту формирования поперечных рядов: по одиночке или группами. Из сплочных единиц 1 и сплочных единиц стабилизированной плавучести 2 формируют поперечные ряды, причем сплочные единицы стабилизированной плавучести 2 размещают в середине ряда, а сплочные единицы 1 – по краям ряда. Ряд, составленный из сплочных единиц 1 и сплочных единиц стабилизированной плавучести 2, объединяется брусстерами 3. Брусстеры 3 закрепляются за гибкие обвязки 4 сплочных единиц 1 и сплочных единиц стабилизированной плавучести 2 такелажем 5.

В качестве такелажа 5 могут быть использованы цепи, канатные или проволочные связи. Сформированные ряды буксируют за брусстеры 3 до формировочных причалов, которые размещаются на магистральной реке, где габариты водного пути позволяют формировать плоты.

На формировочных причалах из рядов формируют плот, путем плотной установки рядов друг к другу. На ряды, расположенные в голове и хвосте плота, накладывают поперечные счалы 6. После этого вдоль плота по крайним бортовым сплочным единицам 1 прокладывают бортовые лежни 7, которые крепят к брусстерам сжимами 8. После этого плот буксируется по водному пути к месту назначения. Размещение сплочных единиц стабилизированной плавучести 2, выполненных по патенту РФ № 2381949 [8], в середине рядов, позволяет обеспечить защиту гибкого водонепроницаемого материала, в который завернуты эти сплочные еди-

ницы, от механических повреждений, как при буксировке плота, так и при буксировке отдельных рядов.

Применение предлагаемой конструкции плота позволит осуществлять плотовой сплав древесины по участкам рек с малыми глубинами. Это увеличит общий объем доставки древесины из труднодоступных лесных массивов самым экономичным видом транспорта. На предложенную конструкцию плота авторы подали заявку на изобретение.

### Список литературы

1. Митрофанов А.А. Лесосплав. Новые технологии, научное и техническое обеспечение / А.А. Митрофанов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. – 492 с.
2. Митрофанов А.А. Научное обоснование новых технологий лесосплава по рекам с малыми глубинами / А.А. Митрофанов, В.А. Барабанов, П.Н. Перфильев // Ресурсосберегающие и экологические перспективные технологии и машины лесного комплекса будущего: матер. междунар. научной конф., посвященной 55-летию лесотехнического факультета ВГЛТА / ВГЛТА. – Воронеж, 2009. – С. 319–324.
3. Перфильев П.Н. Исследование гидродинамических характеристик линеек из плоских сплотовых единиц / П.Н. Перфильев, А.А. Митрофанов // ИВУЗ «Лесной журнал», 2009. – № 1. – С. 44–51.
4. Мурашова, О.В. Гидродинамические характеристики лесосплавных плоских сплотовых единиц: автореф. дис. ... к-та тех. наук : 05.21.01 / О.В. Мурашова. – Архангельск, 2007. – 19 с.
5. Патент на изобретение 2290337 РФ, МПК В 63 В 35/62. Плот / А.А. Митрофанов, Г.Я. Суров, А.Н. Вихарев; заявитель и патентообладатель АГТУ. – № 2004100909/11; заявл. 09.01.2004; опубл. 20.06.2005. Бюл. № 36.
6. Патент на полезную модель 72953 РФ, МПК В 65 G 69/20. Плот / Г.Я. Суров, Н.С. Главатских; заявитель и патентообладатель АГТУ. – № 2007148730/22; заявл. 24.12.2007; опубл. 10.05.2008, бюл. № 6.
7. Патент на полезную модель 98733 РФ, МПК В 63 В 35/62. Плот / Г.Я. Суров, О.В. Мурашова; заявитель и патентообладатель АГТУ. – № 2010118920/11; заявл. 11.05.2010; опубл. 27.10.2010, бюл. № 8.
8. Патент на изобретение 2381949 РФ, МПК В 63 В 35/62, 35/58. Сплотовая 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.
9. Афоничев Д.Н. Сплотовая единица стабилизированной плавучести / Д.Н. Афоничев, Н.Н. Папонов, В.В. Васильев // ИВУЗ «Лесной журнал». – 2010. – № 6. – С. 114–120.
10. Афоничев, Д.Н. Выбор гибкого водонепроницаемого материала для стабилизации плавучести сплотовых единиц [Текст] / Д.Н. Афоничев, В.В. Васильев, Н.Н. Папонов // Лесотехнический журнал / ВГЛТА – 2011. – № 1. – С. 95–99.