

УДК 630\*378.33

## Головной гидродинамический обтекатель для сортиментных ПЛОТОВ

А.Ю. Мануковский<sup>1\*</sup>, К.С. Подойницын<sup>1</sup>, Д.А. Макаров<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Институтский пер. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: shtopordm@mail.ru  
Статья поступила 12.11 2011, принята 03.05.2012

*Проблема возникновения значительных гидродинамических сопротивлений при буксировке сортиментных плотов стоит давно. В статье рассматривается метод повышения эффективности плотового лесосплава путем внедрения гидродинамических головных обтекателей. Нами был разработан головной гидродинамический обтекатель для сортиментных плотов, предназначенный для снижения гидродинамических сопротивлений при буксировке плота речными буксирами. Целью работы является повышение эффективности плотового лесосплава путем снижения гидродинамического сопротивления движению плота при его буксировке речными буксирами. Ограниченность осуществления сплава леса в плотах периодом высокой воды (половодье и паводки) задает жесткие временные рамки. Повышение скоростных характеристик плотов даст возможность уменьшить время транспортировки, что положительно отразится на эффективности сплава леса. В статье представлено подробное описание конструкции гидродинамического обтекателя для сортиментных плотов, предложены наиболее перспективные типы материалов для исполнения представленной конструкции. Анализ эффективности плота с гидродинамическим обтекателем проводился по результатам математического моделирования. В статье представлен график сравнения базового варианта плота и плота с установленным гидродинамическим обтекателем. По результатам математического моделирования нами установлен ряд преимуществ плотов с гидродинамическими обтекателями перед базовыми плотами.*

**Ключевые слова:** сплав леса, сортиментный плот, гидродинамическое сопротивление, головной гидродинамический обтекатель, речной буксир.

## Lead hydrodynamic fairing for assortment rafts

A.Yu. Manukovsky<sup>1</sup>, K.S. Podoyntsyn<sup>1</sup>, D.A. Makarov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State Forestry Engineering University, 5 Institutsky lane, St. Petersburg, Russia. E-mail: shtopordm@mail.ru  
The article received 12.11.2011, accepted 03.05.2012

*The initiation of considerable hydrodynamic resistance when towing assortment rafts has been a problem for a long time. The article considers the possibility of rafting effectiveness increase by means of introduction of lead hydrodynamic fairings. We designed the lead hydrodynamic fairing for assortment rafts meant for reducing hydrodynamic resistance when towing a raft by tugboats. This paper aims at rafting effectiveness increase by means of reducing hydrodynamic resistance to raft movement when towing it by tugboats. The accomplishment limitation of timber floating at the high water period (flood time and flowage) sets tough time conditions. The rise in rafts velocity performances will enable to reduce raft transportation time and this will have a favourable effect on floating effectiveness. A detailed description of hydrodynamic fairing design for assortment rafts has been given in the article, the most prospective types of materials to implement the presented design have been proposed. The effectiveness analysis of a raft equipped with a hydrodynamic fairing was carried out according to the mathematical modeling results. The diagram for comparing the raft base version and the one equipped with a hydrodynamic fairing has been given in the article. We have established some advantages of the rafts equipped with a hydrodynamic fairing over base ones.*

**Key words:** rafting, assortment raft, hydraulic resistance, lead hydrodynamic fairing, tugboat.

Лесосплав, по сравнению с остальными видами транспорта леса, является наиболее выгодным как в экономическом, так и в технологическом плане. Среди его разнообразия (молевой, кошельный, плотовой) наиболее перспективным принято считать плотовой лесосплав ввиду его относительной дешевизны и возможности перевозить большие объемы леса за один рейс. Но наряду с достоинствами, у плотового сплава леса есть и свои недостатки: проблема организации управляемости плотом, управление скоростью, ограничение сплочных операций по времени и другие. Проблемы обуславливаются в большинстве случаев возни-

кающими при буксировке плота сопротивлениями движению, которые могут достигать довольно больших показателей [1].

В классической гидродинамике [2] сопротивление движению в жидкой среде тем меньше, чем более обтекаема его поверхность. Известно также, что с возрастанием скорости движения тела в жидкой среде сопротивление движению возрастает [2]. Именно по этой причине существует ряд критериев, ограничивающих скорость движения сортиментного плота при буксировке и зависящих от возникающих сил сопротивления движению [3].

Для классических сортиментных плотов скорость буксировки, как правило, не превышает 1...1,2 м/с в штиль, и при больших расстояниях перевозка леса может занять довольно много времени, что невыгодно с экономической точки зрения. Например, буксировка типового плота шириной 24 м, длиной 270 м и высотой пучка 1,3 м по р. Северная Двина от г. Котлас до г. Архангельск (около 600 км) при средней скорости буксировки 0,9...1,1 м/с составит порядка 70 часов, т. е. трое суток. При этом для обеспечения необходимой тяги и управляемости плотом задействуются от двух до пяти буксирных катеров, что требует существенных финансовых затрат.

Уменьшение гидродинамического сопротивления позволит отказаться от привлечения дополнительных технических средств буксировки, для выбора которых и необходим расчет сопротивления движению плота.

Известно, что сопротивление движению тела в жидкости имеет максимальное значение в его головной части [2], таким образом, оптимальным решением для уменьшения гидродинамического сопротивления может служить уменьшение ширины плота или же его гидродинамического сопротивления в головной части путем установки гидродинамического обтекателя. Но уменьшение ширины плота не представляется целесообразным при стремлении сохранить и даже увеличить объем перевозимой древесины, поскольку подобный ход увеличит длину плота, что существенно отразится на его управляемости.

В качестве базового рассматривался вариант создания многоразового сборно-разборного гидродинамического обтекателя для сортиментного плота. В ходе исследований нами был предложен и проанализирован гидродинамический обтекатель, представленный на

рис. 1. Обтекатель был разработан и рассчитан нами в САПР FreeSHIP+.

Обтекатель представлен сборно-разборным каркасом, образующим заданную форму, обтянутым высокопрочным материалом (прорезиненный кевлар, несколько слоев брезента или прорезиненное стекловолокно) [4, 5]. В качестве примера можно предложить следующий тип обшивки корпуса обтекателя (рис. 2).

Обшивка состоит из двух слоев брезента 1 и 2, а также пластиковых или деревянных защитных щитков 4. Щитки необходимы для уменьшения вероятности повреждения брезентового слоя обшивки в случае столкновения с плавающим предметом. Они крепятся к брезентовому полотну 1 при помощи заклепок 3, при этом в месте соприкосновения с брезентом наносится клей для более прочного сцепления.

Для предотвращения пропускания воды места вокруг заклепок с внутренней стороны проклеиваются еще одним слоем брезентового полотна.

Необходимость применения пластика или древесины для изготовления защитных щитков 4 обусловлена тем, что острые края металла, образовавшиеся из-за коррозии или же некачественного изготовления, также способны повредить брезентовое полотно. Подобный тип обшивки обладает достаточной прочностью.

Каркас обтекателя выполняется из металлических труб, соединяемых между собой болтовыми соединениями. Возможность разборки гидродинамического обтекателя благоприятно сказывается на долговечности материалов, поскольку позволяет хранить его составные части в складском помещении, где они менее подвержены коррозии и занимают не так много места, как в собранном виде под открытым небом.

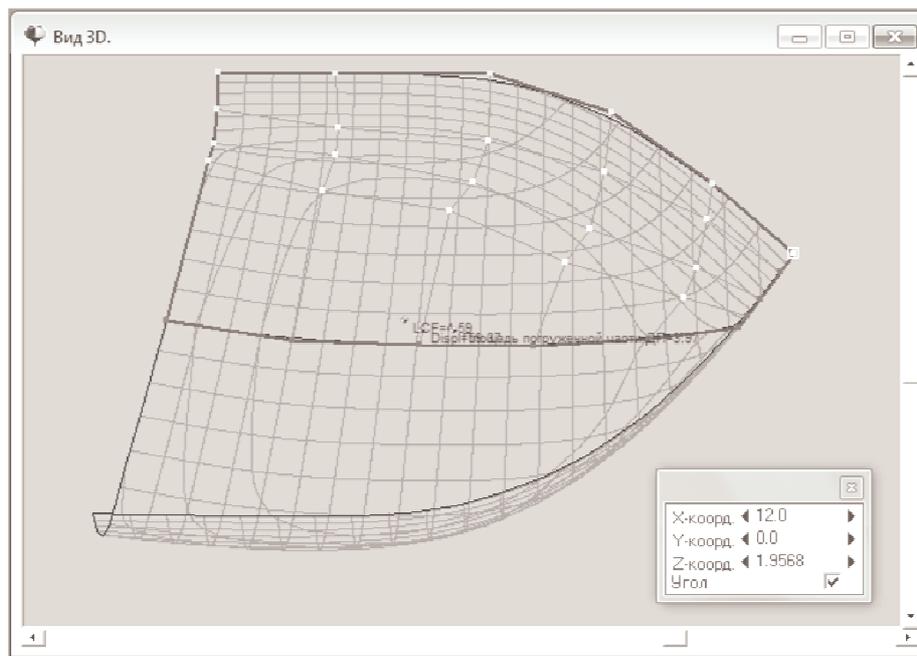
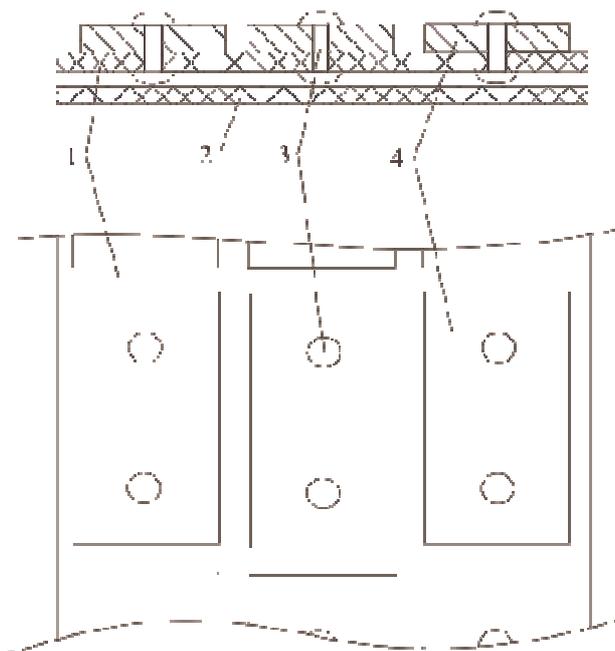


Рис. 1. Головной гидродинамический обтекатель в САПР FreeSHIP+.

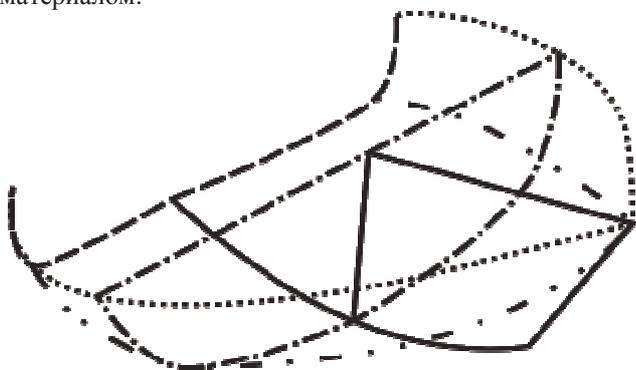


**Рис. 2.** Альтернативный тип обшивки корпуса гидродинамического обтекателя:  
1 – первый слой брезента, 2 – второй слой брезента, 3 – заклепка, 4 – защитный щиток.

Составные части каркаса гидродинамического обтекателя, обеспечивающие необходимую жесткость конструкции, представлены на рис. 3 и обозначены разными типами линий.

Каркас собирается и обтягивается высокопрочным материалом на суше, после чего спускается на воду и монтируется в носовой части плота; далее плот буксирится к месту назначения (плотостоянка нижнего склада). По прибытии плота на плотостоянку нижнего склада гидродинамический обтекатель демонтируется и один или в сцепке с баржами буксирится обратно. Также возможны разборка, перевозка обтекателя и его последующая сборка.

Немаловажно отметить, что способность обтекателя держаться на плаву обеспечивается за счет ряда шпангоутов-перегородок, также обтянутых высокопрочным материалом.



**Рис. 3.** Составные части гидродинамического обтекателя.

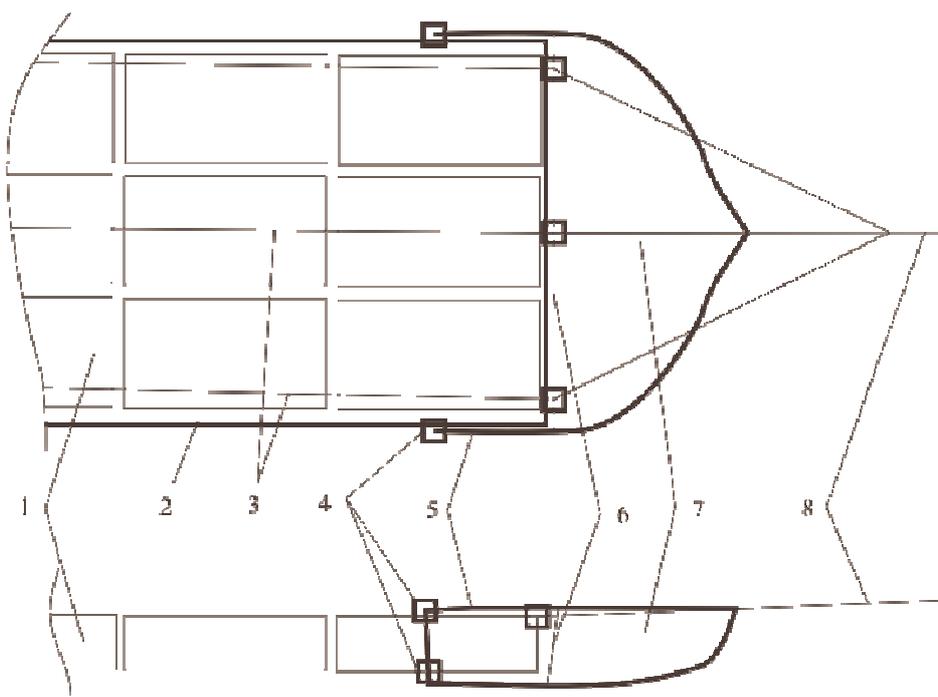
На рис. 4 представлена схема крепления гидродинамического обтекателя и буксировочных тросов в носовой части плота.

Плот, состоящий из секций 1, оплотника 2 и лежней 3, при помощи креплений-сцепов 4 жестко сцепляется носовой частью с гидродинамическим обтекателем 5. Гидродинамический обтекатель состоит из двух частей: водозаполняемой, где расположены крепления-сцепы 4 и водонепроницаемой части 7. Водонепроницаемость обеспечивается гибкой перегородкой 6 и необходима для поддержания гидродинамического обтекателя на плаву.

Буксировочные канаты 8 жестко крепятся непосредственно к плоту. Это необходимо во избежание деформации обтекателя при маневрах.

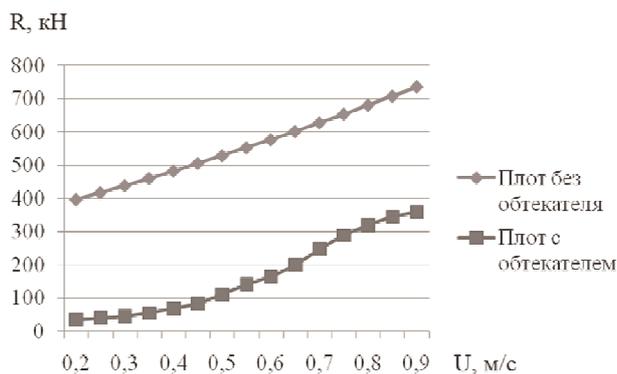
Гидродинамический обтекатель позволяет в разы снизить лобовое гидродинамическое сопротивление движению сортиментного плота при его буксировке без изменения ширины. Согласно моделированию в среде САПР процесса буксировки плота без гидродинамического обтекателя и с ним, возникающие гидродинамические сопротивления движению при различных условиях буксировки отличаются в 2...5 раз. Наглядным примером может служить график зависимости сопротивления движению сортиментного плота от скорости для типового плота и плота с установленным головным гидродинамическим обтекателем (рис. 5).

Как видно из графика на рис. 5, возникающие силы сопротивления движению при буксировке плота с одинаковыми скоростями в базовом и предлагаемом вариантах отличаются практически в 5 раз.



**Рис. 4.** Схема крепления гидродинамического обтекателя в носовой части плота:  
 1 – секция, 2 – оплотник, 3 – лежень, 4 – крепления-сцепы, 5 – гидродинамический обтекатель, 6 – гибкая перегородка, 7 – водонепроницаемая часть, 8 – буксировочные канаты.

Данный фактор благоприятно скажется на скорости буксировки, увеличив ее предельно допустимое значение. Увеличение допустимой скорости буксировки плота позволит осуществлять большие объемы перевозок лесоматериалов за один и тот же период времени, который, как известно, составляет для плотового сплава леса порядка 2...4 недели, то есть, период паводков и половодий. При всем этом, используя данную разработку, возможно увеличение объема перевозки без какого-либо воздействия на скорость буксировки плота.



**Рис. 5.** Совмещенный график зависимости сопротивления движению плота  $R$  (кН) от скорости буксировки  $U_0$  (м/с) для типового плота шириной 24 м, длиной 270 м и высотой пучка 1,3 м.

Внедрение в эксплуатацию подобных разработок может коренным образом изменить технологию сплотки лесоматериалов и сделать ее более качественной.

#### Литература

1. Митрофанов А.А. Научное обоснование и разработка экологически безопасного плотового лесосплава. Архангельск: Изд-во Архан. гос. техн. ун-та, 1999. 268 с.
2. Басин А.М., Анфимов В.Н. Гидродинамика судна. Сопротивление воды, движители, управляемость и качка. Л.: Ленингр. отд-ние, 1961. 684 с.
3. Фомильцев М.Н., Львов И.П., Соколов К.Б. Плоты (конструкция, эксплуатация, технология). М.: Лесн. пром-ть, 1978. 216 с.
4. Полимерные композиционные материалы. Свойства. Структура. Технологии / под ред. А.А. Берлина. СПб.: Профессия, 2009. 560 с.
5. Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ошмян В.Г. Полимерные композиционные материалы. Прочность и технологии. М.: Интеллект, 2009. 352 с.

#### References

1. Mitrofanov A.A. Scientific basis and designing of environmentally friendly rafting. –Arkhangel'sk: Izd-vo Arkhang. gos. tekhn. un-ta, 1999. 268 p.
2. Basin A.M. Anfimov V.N. Vessel hydrodynamics. Water resistance, propulsion devices, steerability and rolling. L.: Leningradskoye otdeleniye, 1961. 684 p.
3. Floats (construction, exploitation, technology) / M.N.Fomil'tseva, I.P.L'vov, K.B.Sokolov etc.: Pod red. M.N.Fomintseva. M.:1978. 216 p.
4. Polymer composite materials. Characteristics. Structure. Technologies. / Pod red. A.A.Berlina. SPb.:Professiya, 2009. 560 p.
5. Bazhenov S.L., Berlin A.A., Kul'kov A.A., Oshmyan V.G. Polymer composite materials. Strength and technologies. M.: Izd-vo Intellect, 2009. 352 p.