

УДК 630*378.33

Сущность явлений, возникающих при движении плота на мелководье, и причины посадки плотов на мель

А.Ю. Мануковский^{1 a}, Д.А. Макаров^{1 b}, О.В. Завершинская^{1 c}, М.В. Степанищева^{2 d}

¹Воронежская лесотехническая академия, ул. Тимирязева 8, Воронеж, Россия

²Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

^amayu1964@mail.ru, ^bd.a.makarov@mail.ru, ^cmayu1964@mail.ru ^dmarina01031977@inbox.ru

Статья получена 12.07.2015, принята 6.09.2015

В статье рассмотрены проблемы прохождения мелководных участков судоходных рек и посадки на мель при плотом сплаве леса. Выявлены причины посадки плота на мель, выделены наиболее распространенные варианты развития событий, при которых плот садится на мель. Проведен анализ всех факторов, которые при прохождении мелководного участка способствуют столкновению плота с дном водоема, потере управления и, соответственно, посадке на мель. Особое внимание уделено вопросу о влиянии волнообразования на процесс сплотки, выделены основные виды сопротивления движению плота, влияющие на все процессы при сплаве леса. Рассмотрен вопрос распределения зон давления, возникающего при движении плота, по всей его длине. Согласно типу воздействия каждого фактора на процесс сплава леса в плотах сделаны соответствующие выводы и предложения. Также в статье поднимаются вопросы о скоростном проседании плота при критических значениях донного запаса и скорости буксировки по сложным участкам. При этом приоритет уделяется проседанию на криволинейных участках траектории движения по причине сноса под действием центростремительных или центробежных сил, где столкновение с дном водоема происходит в точках, расположенных по дуге окружности, образованной ребром между донной и боковой частью плота. Описана механика поведения плота в данной ситуации. Согласно описанным в статье факторам и причинам сделаны соответствующие выводы и рекомендации о необходимости исследований в данной области.

Ключевые слова: плот; сплоточная единица; плотом сплав леса; мелководье; гидродинамическое сопротивление; динамика плота.

Essence of the phenomena occurring during raft motion in shallow water and reasons for raft stranding

A.Yu. Manukovskiy^{?a}, D.A. Makarov^{?b}, O.V. Zavershinskaya^{?c}, M.V. Stepanisheva^{?d}

¹Voronezh State Forestry Engineering Academy; 8, Timiryazeva St., Voronezh, Russia

²Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

^amayu1964@mail.ru, ^bd.a.makarov@mail.ru, ^cmayu1964@mail.ru ^dmarina01031977@inbox.ru

Received 12.07.2015, accepted 6.09.2015

The article examines the problem of transmitting the shallow areas of navigable rivers and stranding while rafting the wood. Reasons of raft stranding have been revealed, the most common scenarios of raft stranding have been pointed out. All the factors have been analyzed causing raft-bottom collision, loss of control and stranding during raft motion in shallow water. Special attention has been paid to the wave-formation influence on rafting, basic kinds of resistance to the raft motion influencing on the rafting process have been revealed. Allocation of the pressure zones appearing during raft motion to the whole raft length has been investigated. According to the type of influence of different factors on the rafting process, conclusions and ideas have been offered. The article also raises questions about the speed of the raft subsidence at critical values of the bottom margin and the rate of towing on difficult sites. The priority has been given to subsidence on the curved sections of the movement trajectory because of drifting under the influence of centripetal or centrifugal forces, where the collision with the reservoir bottom occurs at points located along the circular arc formed by the edge between the bottom and a side of the raft. Mechanics of the raft behaviour has been described in a given situation. According to the factors and reasons presented in the article, corresponding conclusions and recommendations have been offered on the need for researching this area.

Key words: raft; raft section; wood rafting; shallow; hydrodynamic resistance; raft dynamics.

Введение. Водный транспорт леса, являясь подотраслью лесной индустрии, значительно превосходит другие виды транспортировки древесины по своим транспортно-технологическим и природно-социальным критериям (объем, экономичность, энергоресурсность, географичность и др.) и, кроме того, отличается уникальным многообразием (молевой, кошельный, плотовой, судовые перевозки), характеризуемым специфической совокупностью положительных и отрицательных транспортно-технологических признаков, определяющих рациональность использования того или иного вида транспортировки и зависящих от естественных и искусственных факторов физико-географического комплекса.

Среди известных видов водного транспорта леса наиболее перспективным по социально-экономическим критериям является плотовой лесосплав, которому также присущи как положительные, так и отрицательные характеристики. К последним относят сезонность работ, потери лесоматериалов, труднорегулируемую (при традиционном подходе) полнодревесность, большие габариты, сложность управления, необходимость расформирования при проводке через лимитирующие створы и последующее формирование плота, особые требования к габаритам водного пути, ограничение скорости движения и др.

Особо выделяется проблема возникновения и устранения навигационных аварий при осуществлении сплава леса в плотах.

Из множества неблагоприятных факторов, связанных с особенностями конструкции плота, зачастую недостаточное внимание уделяется условиям сплотки. В первую очередь необходимо обратить внимание на неблагоприятные особенности русла или режима лесосплавных рек. Недостаточный габарит лесосплавного пути, засорение топляком, корягами, эрозия русла реки — все эти факторы способны существенно осложнить процесс сплотки леса [1].

Среди различных причин навигационных аварий посадка на мель стоит на первом месте как по количеству случаев, так и по размеру убытков. Ниже представлены основные причины посадки на мель плавучих сооружений, таких как плоты, в процентном соотношении:

- по вине судоводителя — 90 %;
- стихия — 5 %;
- касание неизвестных препятствий — 3 %;
- недостаток средств навигационного обеспечения — 1 %;
- выход из строя главного двигателя или рулевого устройства буксирного судна — 1 %.

Районы, в которых наиболее часто происходят посадки на мель, это подходы к портам или нижним складам, проливы, каналы, районы рейдовой разгрузки, извилистые участки рек. В этих районах наиболее частыми причинами посадки судна на мель являются:

- незнание местных судоходных правил;
- пренебрежение рекомендациями лоции;
- неудовлетворительный контроль за положением судна относительно заданного курса;
- неудовлетворительное управление судном при маневрировании;
- использование не откорректированных карт и пособий;
- небрежность при опознании берега и применении средств навигационного обеспечения при плавании в больших акваториях (водохранилища, озера);
- пренебрежение требованиями хорошей практики при плавании в малоисследованных районах;
- неиспользование эхолота при плавании вблизи берега, особенно в мелководных районах, по счислению.

Наиболее типичные случаи посадки на мель по стихийным обстоятельствам:

- действие прижимного ветра (в сторону берега);
- дрейф в сторону мели;
- преднамеренная посадка на мель в аварийных условиях.

Важно заметить, что при осуществлении сплава леса в плотах или его перевозке в баржах снятие с мели становится крайне проблематичным. Необходимость расформирования плота или же разгрузки баржи влечет за собой огромные убытки.

На реках посадка на мель происходит, как правило, по двум причинам:

- недостоверная разведка уровня вод;
- ошибка судоводителя.

Сложность прохождения плотом мелководных участков требует от судоводителя значительного опыта. Сложность ситуации заключается не только в том, что малый донный запас представляет собой реальную навигационную опасность, но и в том, что поведение плота (как и любого другого плавучего сооружения) на мелководье существенно отличается от поведения на глубокой воде.

Ухудшение управляемости плотом, увеличение тормозного пути, увеличение потребной для буксировки мощности, снижение скорости буксировки — основные отличительные особенности поведения любого плавучего сооружения на мелководье, а опасность возникновения явления «рыскания» плота может привести к серьезным последствиям при движении по участку реки с большой активностью малых судов и моторных лодок [2].

Движущаяся в жидкости лесотранспортная единица или судно испытывают воздействие гидродинамических и гидростатических сил [1; 2]. Результирующая гидродинамических сил, направленная в сторону, противоположную движению тела, называется силой сопротивления воды движению тела. Результирующая гидростатических сил представляет собой архимедову силу поддержания.

Для того чтобы тело двигалось с заданной скоростью, на него должны действовать внешние силы: сила тяги судна-буксира или специального устройства для перемещения лесотранспортных единиц.

Кроме того, на характер движения лесотранспортных единиц и судов оказывает влияние окружающая внешняя среда — воздействие ветровых, ветроволновых нагрузок, наличие уклона водной поверхности на участках движения, характеристики трассы буксировки (глубина, ширина) и др.

При одновременном действии сил, вызывающих движение, и сил сопротивления этому движению лесотранспортная единица или судно могут иметь два вида движения — установившееся или неустановившееся.

Движущееся на поверхности воды тело совместно с окружающей его средой (воздух, вода) составляет сложную гидромеханическую систему, полное изучение которой дало бы правильное решение вопросов взаимодействия тела с окружающей средой. Однако, рассматривая в дальнейшем движение тела только в горизонтальной плоскости, параллельной поверхности воды («плоская» задача), делаем допущение, что вертикальные и крутильные движения и колебания тела не оказывают существенного влияния на его движение [1; 2].

В этом случае движущая сила P затрачивается на преодоление инерции массы лесотранспортной единицы или судна, присоединенных масс воды $M(1+\lambda)dv/dt$ и полного сопротивления их движению в окружающей среде, т. е.:

$$P = M(1+\lambda)dv/dt + \sum R, \quad (1)$$

где dv/dt — ускорение движения; 1 — коэффициент присоединенной массы воды.

Полное сопротивление окружающей среды движению лесотранспортных единиц или судов определяется выражением:

$$\sum R = R_{\text{ш}} \pm R_{\text{вп}} \pm R_{\text{в}} \pm R_i, \quad (2)$$

где R — сопротивление воды движению лесотранспортной единицы или судна; $R_{\text{в}}$ — воздушное сопротивление движению; $R_{\text{вл}}$ — сопротивление лесотранспортных единиц или судов волнению водной среды; R_i — сопротивление, возникающее от наличия уклона водной поверхности.

Из выражения (1), с учетом величины сопротивления движению (2), может быть записано уравнение движения лесотранспортных единиц или судов в водном потоке:

$$M = (1+\lambda)dv/dt = R_{\text{ш}} \pm R_{\text{вп}} \pm R_{\text{в}} \pm R_i. \quad (3)$$

Как при установившемся, так и при неустановившемся движении его параметры — скорость, путь, время — определяются величиной действующих сил — движущей силой и силами сопротивления движению.

Таким образом, движение лесотранспортной единицы или судна будет определено, если известны движущие силы и силы сопротивления:

– сопротивление трения;

– сопротивление формы;
– ветровое сопротивление;
– волновое сопротивление;
– сопротивление, возникающее при наличии уклона водной поверхности.

Сопротивление трения зависит от площади смоченной поверхности тела и его шероховатости [1; 3]. Сопротивление формы зависит от обводов корпуса плавучего сооружения. Ветровое сопротивление связано с воздействием ветра. Волновое сопротивление связано с образованием волн при взаимодействии тела плавучего сооружения с окружающей водой. Такие волны состоят из двух систем: носовая и кормовая система волн. Каждая из них состоит из расходящихся и поперечных волн (рис. 1).

Расходящиеся волны 2, 4 при движении плота 1 образуют короткий фронт и располагаются уступом. Кормовые расходящиеся волны 4 меньше носовых 2 и на глубокой воде практически не заметны. Поперечные волны 3, 5 располагаются фронтом поперек плавучего сооружения и не выходят за пределы расходящихся волн, их высота убывает от носовой части плота к кормовой. Носовая волна начинается гребнем из-за значительного лобового сопротивления. Первая кормовая волна при всем этом всегда начинается впадиной, захватывающей кормовую часть плота. Именно поэтому давление в носовой части всегда больше, чем в кормовой. За счет разницы давлений и образуется волновое сопротивление.

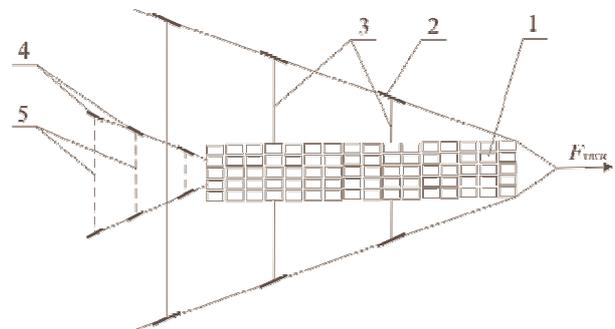


Рис. 1. Волнообразование на мелководье: 1 — плот; 2 — носовые расходящиеся волны; 3 — носовые поперечные волны; 4 — кормовые расходящиеся волны; 5 — кормовые поперечные волны

С выходом плота на мелководный участок и уменьшением донного запаса изменяется система образования волн, что сказывается в первую очередь на управляемости, повышая вероятность рыскания плота. При этом резко возрастает волновое сопротивление.

Решение данной проблемы весьма осложнено, в первую очередь по материальным причинам.

Эксплуатация волноустойчивых типов плотов и сплочных единиц сама собой не в состоянии значительно улучшить ситуацию в данном вопросе. Помимо формы, стремящейся к обтеканию, немаловажен вопрос о наличии полостей между лесоматериалами, которые заполняются водой в процессе сплотки. Данный фактор сильно влияет на эффективность плотового сплава в целом.

Другой немаловажный вопрос — столкновение с дном водоема из-за сноса плота с заданной траектории движения, что вызвано разностью давлений, распределенных вдоль тела плота. Распределение зон давления представлено на рис. 2.

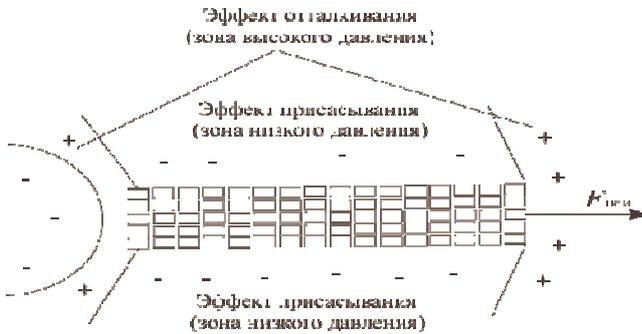


Рис. 2. Распределение зон давления

Важно отметить, что основополагающим является значение скорости, при которой буксируют плот: чем она выше, тем более выражены эффекты присасывания и отталкивания. По этой причине возникает острая необходимость в повышении гидродинамических качеств плота путем помещения его элементов в обтекаемую оболочку, изменении формы секции или сплочной единицы, изменении условий формирования пучков с использованием лесоматериалов разного диаметра для уменьшения количества объема полостей, о чем было сказано ранее, и т. д.

Как было отмечено, для всех представленных выше факторов основополагающим является параметр скорости. Так, при критических значениях скорости буксировки возникает вероятность скоростного проседания плота на малых глубинах, где донный запас также стремится к критическому. В данном случае носовая часть плота под воздействием лобового сопротивления стремится уйти под воду, и происходит накат волны на носовую часть плота, в результате чего при отсутствии необходимого донного запаса происходит столкновение с донной поверхностью, что приводит к обрыву буксировочных тросов и сносу плота к берегу реки с последующей посадкой на мель. Важно отметить, что возможность потери управления плотом по причине обрыва троса зависит от типа и мощности буксирного катера, плотности грунта, формы секций и формы носовой части плота.

Но движение плота по относительно прямому мелководному участку, так или иначе, возможно, если соблюдать скорость, не превосходящую предельно допустимую. Другая ситуация возникает при прохождении плотом поворотов. В данном случае даже соблюдение предельно допустимой скорости не дает гарантий успешного прохождения участка.

Возникающая при маневре центробежная или центростремительная сила $F_{ц}$ стремится сместить плот в сторону от заданной траектории. Движение при этом

происходит от центра или к центру радиуса поворота R (рис. 3), направление движения определяется параметром скорости буксировки плота по заданной траектории и величиной радиуса поворота. На плот, помимо центробежной или центростремительной силы $F_{ц}$, действует сила тяги буксира $F_{тяги}$, являющаяся условно постоянной, если не учитывать перепады мощности работы двигателя буксира. Центробежная (или центростремительная) сила $F_{ц}$ при этом возрастает с момента входа в поворот. Также на плот действуют сила сопротивления движению, лобовое сопротивление $F_{с.л.}$ и боковое сопротивление $F_{с.б.}$, действующие в противовес силе тяги $F_{тяги}$ и центробежной или центростремительной силе $F_{ц}$ соответственно.

Как сказано ранее, значение центробежной силы в данном случае зависит от величины радиуса поворота русла реки и скорости движения плота.

При сравнительно небольшом габарите лесосплавного пути велика вероятность сноса плота на мель или же его столкновение со встречным или попутным плавучим сооружением.

Важно отметить, что при начале сноса под действием центробежной или же центростремительной силы на боковую поверхность плота дополнительно начинает воздействовать сила, образованная давлением от течения воды в водоеме $F_{теч}$. На малых реках данный параметр может серьезно повлиять на скорость бокового смещения плота.

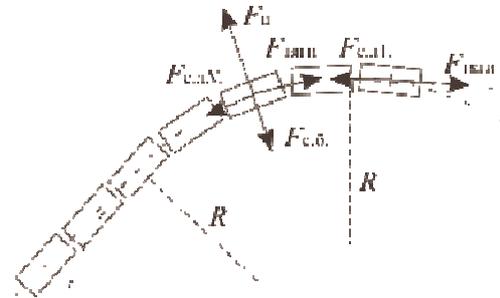


Рис. 3. Силы, действующие на плот в повороте

Таким образом, согласно третьему закону Ньютона получим следующую зависимость:

$$F_{ц} + F_{сопр} + F_{ин} + F_{теч} = 0, \quad (4)$$

где $F_{ц}$ — центростремительная или центробежная сила, Н; $F_{сопр}$ — сумма сопротивлений, Н; $F_{ин}$ — инерционная составляющая, определяющая боковое смещение плота, Н; $F_{теч}$ — сила давления от течения в водоеме, Н.

Управление плотом в подобной ситуации требует привлечения дополнительных буксировочных средств, постоянной корректировки курса и минимальных скоростей движения по заданному участку.

Но добиться идеальных значений скорости зачастую невозможно, поэтому важен показатель смещения

плота относительно заданного курса под воздействием центробежной силы $F_{ц}$.

Наличие всех вышеперечисленных факторов существенно осложняет применение плотового лесосплава, требует конкретных методов предотвращения посадки на мель, методов прогнозирования чрезвычайных ситуаций, совершенствования самой технологии сплава леса в плотках.

Зная условия сплотки и режим рек, по которым осуществляется сплав, возможно выявить участки с наибольшей вероятностью возникновения чрезвычайной ситуации, такой, как посадка на мель, и дать экипажам буксиров соответствующие указания по предотвращению подобной ситуации.

В случае если экипаж буксирного катера все же совершил ошибку, и плот сел на мель, определение параметра первичного отклонения Δ позволит выявить скорости бокового смещения, и, соответственно, параметры столкновения плота с берегом или дном.

Совершенствование методов снятия плотов с мели необходимо по множеству причин. Основными являются существенные затраты на осуществление операции снятия с мелководья или же большие убытки из-за оставления плота до паводков или половодья. Немаловажной является и проблема экологическая, ведь при снятии плота с мели повреждается естественное дно водоема, нарушается экологический баланс. Уничтожение водорослей из-за волочения плота лишает пищи обитателей данного участка водоема.

Эти проблемы должны решаться не только совершенствованием уже существующих методов снятия плавучих сооружений с мели, но и созданием новых, более эффективных и экологически безопасных.

Литература

1. Фоминцев М.Н. Плоты (конструкция, эксплуатация, технология). М.: Лесн. пром-сть, 1978. 216 с.
2. Снопков В.И. Управление судном. СПб: Професионал, 2004. 536 с.
3. Мануковский А.Ю., Макаров Д.А. Исследование процессов гидродинамики «тормоза-стабилизатора» // Вестн. Поволж. гос. технол. ун-та. Сер. Лес. Экология. Природопользование. 2014. № 3. С. 57-66.
4. Мануковский А.Ю., Макаров Д.А., Подойницын К.С. Методы снижения гидродинамического сопротивления движению сортиментных плотов при их буксировке // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 12. С. 125-127.
5. Мануковский А.Ю., Макаров Д.А., Подойницын К.С. Судно для осуществления плотового сплава леса // Системы. Методы. Технологии. 2012. № 1. С. 120-122.
6. Мануковский А.Ю. Макаров Д.А., Подойницын К.С. Головной гидродинамический обтекатель для сортиментных плотов // Системы. Методы. Технологии. 2012. № 2. С. 98-101.
7. Макаров Д.А., Мануковский А.Ю. Моделирование процессов гидродинамики «Тормоза-стабилизатора» // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. науч. тр. по материалам междунар. заочной науч.-практической конф. (18–19 нояб. 2014г. Воронеж). Воронеж, 2014. С. 195-203.
8. Макаров Д.А., Макарова Ю.А., Мануковский А.Ю. К расчету кинематических параметров системы управления плотом // Материалы XIV междунар. молодежная науч. конф. «Севергеоэкотех 2013», 20–22 марта 2013 г., Ухта. Ухта, 2013. Ч. 4. С. 74-77.
9. Макаров Д.А., Макарова Ю.А., Мануковский А.Ю. К вопросу предотвращения посадки плотов на мель // Материалы XIV междунар. молодежная науч. конф. «Севергеоэкотех 2013», 20–22 марта 2013 г., Ухта. Ухта, 2013. Ч. 4. С. 78-81.
10. Макаров Д.А. Макарова Ю.А., Зубахина Е.Р. Моделирование процесса бокового сноса плота // Материалы XV междунар. молодежная науч. конф. «Севергеоэкотех 2014» (26–28 марта 2014 г., Ухта). Ухта, 2014. Ч. 1. С. 211.
11. Мануковский А.Ю., Макаров Д.А. Эксплуатационные характеристики системы управления типа «тормоз-стабилизатор» для плотового лесосплава: моногр. Воронеж: ВГЛТА, 2013. 70 с. Рус. Деп. в ВИНТИ 16.09.013, № 256-B2013.
12. Мануковский А.Ю., Макаров Д.А., Макарова Ю.А. Система управления типа «тормоз-стабилизатор» для плотового лесосплава. Воронеж: ВГЛТА, 2013. 27 с. Рус. Деп. в ВИНТИ 29.05.13, № 155-B2013.
13. Мануковский А.Ю., Макаров Д.А., Макарова Ю.А. Проблема посадки плотов на мель в процессе сплотки и их последующего снятия с мели. Воронеж: ВГЛТА, 2013. 30 с. Рус. Деп. в ВИНТИ 29.05.13, № 154-B2013.
14. Мануковский А.Ю., Макаров Д.А. Определение площади воздействия на дно водоема при посадке и снятии плота с мели // Лесотехнический журнал. 2012. № 4. С. 89-96.
15. Мануковский А.Ю., Макаров Д.А. К вопросу о сплаве леса по рекам с малыми глубинами // Леса России в XII веке: материалы девятой междунар. науч.-технической интернет-конф., сент. 2012 г. СПб., 2012. С. 90-93.
16. Мануковский А.Ю., Макаров Д.А. Альтернативные самотормозящиеся плоты с кормовыми гидродинамическими тормозами. Воронеж: ВГЛТА, 2010. 11 с. Рус. Деп. В ВИНТИ 29.12.10 № 731-B2010.
17. Мануковский А.Ю., Макаров Д.А. Самотормозящийся плот с мобильными тормозными щитами стойкими гидродинамическим перегрузкам Воронеж: ВГЛТА, 2010. 17 с. Рус. Деп. В ВИНТИ 29.12.10 № 732-B2010.
18. Мануковский А.Ю., Макаров Д.А. К расчету снятия плотов с мели путем создания гидродинамической подушки в донной части плота // Материалы XIII международной молодежной научной конференции «Севергеоэкотех 2012» (21–23 марта 2012 г., Ухта). Ухта, 2013. Ч. 2. С. 198-202.
19. Макаров Д.А., Завершинская О.В., Брагин П.С. Проблема снятия с мели плотов // Материалы XIII международной молодежной научной конференции «Севергеоэкотех 2012» (21–23 марта 2012 г., Ухта). Ухта, 2013. Ч. 2. С. 202-207.
20. Макаров Д.А., Мануковский А.Ю. Плот: пат. 2543138 Рос. Федерация. № 2013142531/11; заявл. 17.09.13; опубл. 27.02.15, Бюл. № 6 7 с.

References

1. Fomintsev M.N. Rafts (construction, operation, technology). M.: Lesn. prom-st', 1978. 216 p.
2. Snopkov V.I. The management of the vessel. SPb: Professional, 2004. 536 p.
3. Manukovskii A.Yu., Makarov D.A. Investigation of processes of hydrodynamics "brake-stabilizer" // Vestn. Povolzh. gos. tekhnol. un-ta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie. 2014. № 3. P. 57-66.
4. Manukovskii A.Yu., Makarov D.A., Podoinitsyn K.S. Methods of reducing the hydrodynamic resistance of the assortment of rafts when towing // Systems. Methods. Technologies. 2011. № 12. P. 125-127.
5. Manukovskii A.Yu., Makarov D.A., Podoinitsyn K.S. The ship for the implementation of rafts of floating timber // Systems. Methods. Technologies. 2012. № 1. P. 120-122.
6. Manukovskii A.Yu., Makarov D.A., Podoinitsyn K.S. Head hydrodynamic fairing for raft assortment // Systems. Methods. Technologies. 2012. № 2. P. 98-101.
7. Makarov D.A., Manukovskii A.Yu. Modelling of processes of hydrodynamics "Brakes stabilizer" // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika: sb. nauch. tr. po materialam mezhdunar. zaochnoi nauch.-prakticheskoi konf. (18-19 noyab. 2014 g. Voronezh). Voronezh, 2014. P. 195-203.
8. Makarov D.A., Makarova Yu.A., Manukovskii A.Yu. The calculation of kinematic parameters of the control system of the raft // Materialy XIV mezhdunar. molodezhnaya nauch. konf. «Severgeokotekh 2013», 20-22 marta 2013 g., Ukhta. Ukhta, 2013. Ch. 4. P. 74-77.
9. Makarov D.A., Makarova Yu.A., Manukovskii A.Yu. To the question of preventing the landing of rafts aground // Materialy XIV mezhdunar. molodezhnaya nauch. konf. «Severgeokotekh 2013», 20-22 marta 2013 g., Ukhta. Ukhta, 2013. Ch. 4. P. 78-81.
10. Makarov D.A., Makarova Yu.A., Zubakhina E.R. Simulation of a lateral drift of the raft // Materialy XV mezhdunar. molodezhnaya nauch. konf. «Severgeokotekh 2014» (26-28 marta 2014 g., Ukhta). Ukhta, 2014. Ch.1. P. 211.
11. Manukovskii A.Yu., Makarov D.A. Operational characteristics of the control system of the "brake-stabilizer" for timber rafting: monogr. Voronezh: VGLTA, 2013. 70 p. Rus. Dep. v VINITI 16.09.013, № 256-V2013.
12. Manukovskii A.Yu., Makarov D.A., Makarova Yu.A. The control system of the "brake-stabilizer" for the rafts of timber rafting. Voronezh: VGLTA, 2013. 27 p. Rus. Dep. v VINITI 29.05.13, № 155-V2013.
13. Manukovskii A.Yu., Makarov D.A., Makarova Yu.A. The problem of landing rafts aground in the process of rafts and their subsequent removal from the aground. Voronezh: VGLTA, 2013. 30 p. Rus. Dep. v VINITI 29.05.13, № 154-V2013.
14. Manukovskii A.Yu., Makarov D.A. Determination of the impact area on the bottom of the reservoir at planting and removal of the raft from the shallows // Lesotekhnicheskii zhurnal. 2012. № 4. P. 89-96.
15. Manukovskii A.Yu., Makarov D.A. To the question of floating timber on the rivers with small depths // Lesa Rossii v XII veke: materialy devyatoi mezhdunar. nauch.-tekhnicheskoi internet-konf., sent. 2012 g. SPb., 2012. P. 90-93.
16. Manukovskii A.Yu., Makarov D.A. Alternative self-locking rafts with stern hydrodynamic brakes. Voronezh: VGLTA, 2010. 11 p. Rus. Dep. V VINITI 29.12.10, № 731-V2010.
17. Manukovskii A.Yu., Makarov D.A. The self-locking raft with brake mobile brake shields resistant to hydrodynamic overloads. Voronezh: VGLTA, 2010. 17 p. Rus. Dep. V VINITI 29.12.10, № 732-V2010.
18. Manukovskii A.Yu., Makarov D.A. Calculation of removing rafts from the shallows by creating hydrodynamic cushions in the bottom part of the raft // Materialy XIII mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii «Severgeokotekh 2012» (21-23 marta 2012 g., Ukhta). Ukhta, 2013. Ch.2. P. 198-202.
19. Makarov D.A., Zavershinskaya O.V., Bragin P.S. The problem of removing rafts from the shallows // Materialy XIII mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii «Severgeokotekh 2012» (21-23 marta 2012 g., Ukhta). Ukhta, 2013. Ch. 2. P. 202-207.
20. Makarov D.A., Manukovskii A.Yu. Raft: pat. 2543138 Ros. Federatsiya. № 2013142531/11; zayavl. 17.09.13; opubl. 27.02.15, Byul. № 6.7 p.