

DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-4-635-645

DEVELOPMENT OF A CALCULATION POWER MODEL OF A VACUUM AUTOMOUNTING DEVICE

A. A. Butsanets, T. A. Volkova

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

One of the ways to improve navigation safety during water transport operation is to develop automated devices and systems that reduce the number of tasks for workers. For example, the introduction of vessels with different levels of autonomy into production activities, capable of automatically monitoring the environment or delivering cargo, helps to reduce the size of the vessel due to the absence of a residential superstructure. On inland waterways, one of the limitations of the introduction of autonomous navigation is their safe passage through shipping passages — shipping locks. Mooring a vessel in a lock chamber is very labor-intensive and is usually performed by crew members of the vessel being locked for movable (floating hoops) or fixed (berthing bollards, bollards, hoops) mooring devices, the permissible loads of which are established in regulatory documents. Over the past 10 years, the authors have not found studies describing the results of measuring the loads on mooring devices and ropes arising from the movement of the vessel in the lock chamber. Another constraint to the implementation of autonomous shipping is the lack of requirements for auto-mooring devices that ensure the retention of vessels in the lock chamber. In this regard, the purpose of this study is to compare the standard and actual values of the load on mooring eyes and ropes for the theoretical calculation of the holding forces of the vacuum auto-mooring device model, taking into account the operating conditions in the shipping lock chamber. The measurement results presented in the article were obtained in the course of the research work “Development of scientifically based recommendations for establishing hydraulic modes for filling and emptying the chambers of locks No. 1–8 of the Federal State Budgetary Institution “Volga-Balt Administration” based on in-kind studies of the conditions of ship mooring in lock chambers” commissioned by the Federal Agency for Maritime and River Transport using a strain gauge installed in the mooring rope cut. As a result of the theoretical calculation of the holding force of the vacuum auto-mooring device, the holding forces of the vacuum gripper from the radius of one vacuum suction cup were obtained.

Keywords: unmanned vessel, shipping lock, automated mooring, ship pass, vacuum gripping device, navigation safety, floating ring.

For citation:

Butsanets, Artem A., Tamara A. Volkova. “Development of a calculation power model of a vacuum automounting device.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 16.4 (2024): 635–645. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-4-635-645.

УДК 303.05; 656.62

РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНОЙ СИЛОВОЙ МОДЕЛИ ВАКУУМНОГО АВТОШВАРТОВНОГО УСТРОЙСТВА

А. А. Буцанец, Т. А. Волкова

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Темой исследования является один из способов повышения безопасности судоходства при эксплуатации водного транспорта, а именно разработка автоматизированных устройств и систем, позволяющих сократить количество выполняемых работниками операций (в частности, внедрение в производственную деятельность судов с разным уровнем автономности, способных в выполнять мониторинг окружающей среды или доставку грузов способствует уменьшению размера судна за счет отсутствия жилой надстройки). Отмечается проблема, заключающаяся в том, что на внутренних водных путях одним из ограничений внедрения автономного судоходства является их безопасная проводка через судопропускные сооружения — судоходные шлюзы. Швартовка судна в камере шлюза является весьма

трудоёмкой операцией и выполняется, как правило, членами экипажа шлюзуемого судна за подвижные (плавучие рымы) или неподвижные (швартовные устройства причальные тумбы, кнехты, рымы), допустимые нагрузки которых установлены в нормативных документах. Подчеркивается, что за последние 10 лет отсутствуют исследования, описывающие результаты измерений нагрузок на швартовные устройства и канаты, возникающие из-за движения судна в камере шлюза. В работе обращается внимание на то, что фактором, сдерживающим внедрение автономного судоходства, является отсутствие требований к автошвартовым устройствам, обеспечивающим удержание судов в камере шлюза. В связи с этим целью настоящего исследования является сопоставление нормативных и фактических значений нагрузки на швартовные рымы и канаты для теоретического расчета усилий удержания модели вакуумного автошвартового устройства, с учетом условий работы в камере судоходного шлюза. Отмечается, что представленные в статье результаты измерений получены в ходе выполнения научно-исследовательской работы «Разработка научно-обоснованных рекомендаций по установлению гидравлических режимов наполнения и опорожнения камер шлюзов № 1–8 ФБУ «Администрация «Волго-Балт» на основании натурных исследований условий стоянки судов в камерах шлюзов» по заказу Федерального агентства морского и речного транспорта с помощью установленного тензодатчика в разрез швартовного каната. В результате теоретического расчета удерживающей силы вакуумного автошвартового устройства получены численные значения зависимости удерживающей силы вакуумного захвата от радиуса одного вакуумного присоса.

Ключевые слова: безэкипажное судно, судоходный шлюз, автоматизированная швартовка, судопропуск, вакуумное захватное устройство, безопасность судоходства, плавучий рым.

Для цитирования:

Буцанец А. А. Разработка расчетной силовой модели вакуумного автошвартового устройства / А. А. Буцанец, Т. А. Волкова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2024. — Т. 16. — № 4. — С. 635–645. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-4-635-645.

Введение (Introduction)

Научно-технический прогресс и постоянное стремление к повышению безопасности судоходства на морских и внутренних водных путях способствуют разработке автоматизированных устройств и систем [1], [2], позволяющих частично или полностью исключить человека из рабочих процессов. Примером таких устройств являются безэкипажные и беспилотные суда, на которых возлагаются задачи по мониторингу окружающей среды, обследованию территорий, быстрой доставке грузов и др. Как правило, в настоящее время эти функции выполняют маломерные суда длиной не более 21 м, но уже известны случаи работы коммерческих судов. Так, например, в 2023 г. ФГУП «Росморпорт» начал эксплуатацию автомобильно-железнодорожного парома на СПГ пр. CNF19M «Генерал Черняховский» в автономном режиме для функционирования по маршруту Усть-Луга — Калининград.

На внутренних водных путях безопасное плавание безэкипажных и беспилотных судов несколько осложнено, например, проходом через судоходные шлюзы. Несмотря на наличие высокой автоматизации управления процессом шлюзования существуют операции, требующие непосредственного участия человека. В настоящее время швартовка судна в камере шлюза осуществляется с помощью экипажа к подвижным (плавучим) рымам [3]–[5]. Автоматизация этого процесса является сложной проблемой, для решения которой необходима разработка нового технического решения.

В большинстве случаев в качестве основного способа автоматизации швартовных операций применяются вакуумные устройства. Для их разработки и внедрения на судоходных шлюзах необходимо наличие информации о требуемых расчетных и фактических нагрузках, воспринимаемых плавучими рымами во время шлюзования, в том числе определение необходимых швартовных усилий. Следует отметить, что нормативные требования при проектировании данных элементов механического оборудования шлюзов ограничиваются выбором швартовного усилия в зависимости от водоизмещения расчетного судна. В отраслевой технической литературе вопрос условий нагружения и особенностей эксплуатации швартовных устройств также освещен недостаточно полно. В связи с этим целью настоящего исследования является сопоставление нормативных и фактических значений нагрузки на швартовные канаты для теоретического расчета усилий

удержания модели вакуумного автошвартовного устройства с учетом условий работы в камере судоходного шлюза.

Методы и материалы

Расчетная схема подвижных швартовных устройств (плавающих рымов) приведена в следующих изданиях: Онохов П. П. Механическое оборудование шлюзов и судоподъемников. — М.: Транспорт, 1973. — 183 с.; Семанов Н. А. Варламов Н. Н., Баланин В. В. Судоходные каналы, шлюзы и судоподъемники. — М.: Транспорт, 1970. — 352 с. В результате аналитической проверки расчетной схемы, представленной в этих изданиях, была установлена ее корректность и возможность использования при проектировании подвижных швартовных устройств, в том числе автошвартовных.

Основной задачей автошвартовного устройства (АШУ) во время шлюзования является фиксация судна и безотрывное его удерживание в течение необходимого для шлюзования времени в безопасном положении в камере шлюза. Как правило, силами, воздействующими на судно, являются гидродинамические и ветровые нагрузки, способные воздействовать на него в тех направлениях, которые могут привести к отрыву судна от АШУ. Таким образом условие безотказного удержания судна является одним из важнейших критериев безопасной и эффективной работы АШУ, в том числе с помощью вакуумных захватов, рассматриваемых в работах [5], [7], [8].

Отрыв судна при швартовке к АШУ с вакуумными захватами возможен в том случае, когда силы, приложенные к судну в направлении, стремящемся освободить его, превышают силу всасывания. Противопоставление сил может изменяться в зависимости от степени всасывания. Величина удерживающей силы и, следовательно, удерживающая способность АШУ, могут варьироваться путем изменения силы присасывания с помощью пневматической системы. В классическом исполнении используется подход, когда на причале установлены швартовные устройства с расчетным значением удерживающей силы, а суда с превышающей нагрузкой не допускают к стоянке. Об исследованиях способов швартовки и прилагаемых усилий на причалах известно с середины XX в. Например, в авторском свидетельстве 1974 г.¹ сила измеряется с помощью датчиков, с превышением заданных значений которых лебедка изменяет длину каната, компенсируя нарушение допустимых значений. Более подробно этот вопрос исследован в работах [5], [7], [8].

Условия работы швартовных устройств на судоходных шлюзах имеют некоторые особенности. В частности, во время шлюзования на судно воздействует гидродинамическая сила, величина которой зависит от системы наполнения и опорожнения камеры шлюза. В шлюзах, эксплуатируемых на внутренних водных путях РФ, применяют в основном *сосредоточенную* (головную) и *распределительную* основные системы питания [9]. Вне зависимости от системы питания шлюза АШУ или их группа должно обеспечивать удержание судна несмотря на силы, воздействующие на корпус судна и приводящие его в движение. Основной проблемой в данном случае является отсутствие в открытом доступе данных о величине фактических сил, действующих на швартовные канаты при наполнении камеры шлюза. Такие данные были получены в ходе выполнения научно-исследовательской работы [10]. Проведение измерений проводилось на порожних судах пр. RST54 на шлюзах № 1–6 ФБУ «Администрация «Волго-Балт» в навигацию 2022 г. Система питания на данных сооружениях головная, наполнение шлюзовой камеры осуществляется из-под основных ворот верхней головы.

В рамках экспериментальных исследований после захода судна в камеру шлюза производилась его швартовка в обычном режиме за два рабочих рыма и кнехта на судах № 1 и № 4. Для обеспечения безопасности выполнялась дополнительная швартовка за промежуточный рым и кнехт судна № 3, при этом она осуществлялась с провисом, чтобы не вносить искажений в получаемые данные усилий в рабочих швартовах. Далее выполнялась перешвартовка судна с датчиками усилий. Общий вид применяемых средств измерений приведен на рис. 1 и 2, вид установленного тензодатчика в разрез швартовного каната — на рис. 3.

¹ Патент США № 4055137 Vessel mooring system [Электронный ресурс]: <https://patents.google.com/patent/US4055137A/en?q=%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%82+%D0%A1%D0%A8%D0%90+%E2%84%96+4%2c055%2c137>.



Рис. 1. Общий вид весоизмерительного датчика



Рис. 2. Общий вид весоизмерительного прибора

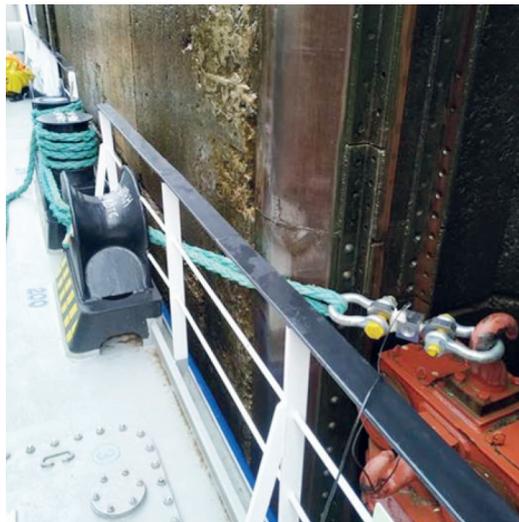


Рис. 3. Вид установленного тензодатчика в разрез швартовного каната

Расположение кнехтов на судне пр. RST54 позволяет растянуть судно на канатах при обратной учалке, уменьшив его возможные перемещения под воздействием гидродинамических сил. Более подробное исследование методики с результатами проведенных экспериментов является темой дальнейших публикаций. В данном исследовании в качестве примера в таблице приведены отдельные результаты измерений, которые были учтены при выполнении расчетов величины вакуумного усилия присосов автошвартовного устройства, концептуальное изображение которого дано на рис. 4 [11].

Как следует из полученных результатов измерений, нагрузки, воспринимаемые швартовными канатами, а также непосредственно устройствами, имеют значения, существенно меньшие требуемых нормативных для судов с таким водоизмещением. Кроме того, характер нагрузок является весьма неравномерным и скачкообразным. Дополнительно следует отметить, что в ходе проведения испытаний зафиксированы случаи обрывов швартовных канатов.

Результаты измерений в камере шлюза № 2 Волго-Балтийского водного пути

Номер опыта	v_3 , м/мин	Максимальное / осредненное максимальное усилие в швартовном канате и время его фиксирования				Время наполнения / опорожнения камеры, с	Номера швартовных рымов	Водоизмещение, т / осадка, м
		$P_{пр}$, тс	$t_{пр}$, с	$P_{обр}$, тс	$t_{обр}$, с			
Наполнение								
21н	0,26	9,87/6,0	384	-4,43/-3,0	598	909	2 и 6	6280 / 2,9
22н	0,23	9,27/5,0	439/400	-4,88/-2,9	418	970	2 и 6	6280 / 2,9
23н	0,27	7,34/3,7	104/130	-	-	887	5 и 9	6280 / 2,9
24н	0,27	6,97/3,9	119/130	-5,82/-3,7	265/420	897	3 и 7	6280 / 2,9
25н	0,27	7,52/3,8	121	-9,1/3,6	407/470	901	5 и 9	6280 / 2,9
26н	0,26	6,72/4,0	105/120	-10,7/-3,7	421/480	930	4 и 8	6280 / 2,9
27н	0,26	15,8/8,0	378/360	-9,73/-3,8	542	895	2 и 6	6280 / 2,9
Опорожнение								
21о	0,88/0,87	4,64/2,2	35	-5,45/-5,45	547	572	5 и 9	7880 / 3,6
22о	0,88/0,87	-	-	-9,87/-9,87	596	590	8 и 12	7880 / 3,6
23о	0,88/0,87	-	-	-10,4/-10,4	629	597	8 и 12	7880 / 3,6
24о	0,88/0,87	-	-	-9,39/-9,39	616	588	8 и 12	7880 / 3,6
25о	0,88/0,88	12,4/9,2	27/380	-10,5/-10,5	609	586	8 и 12	7880 / 3,6
26о	0,88/0,88	10,1/6,8	686/380	-9,87/-9,2	594/600	589	5 и 9	7880 / 3,6

Примечания: v_3 — скорость маневрирования затворами; $P_{пр}$ — усилия в швартовном канате при нагружении со стороны верхнего бьефа в сторону нижнего бьефа; $P_{обр}$ — усилия в швартовном канате при нагружении со стороны нижнего бьефа в сторону верхнего бьефа; $t_{пр}$, $t_{обр}$ — соответственно время фиксирования прямого и обратного усилий с начала опыта.

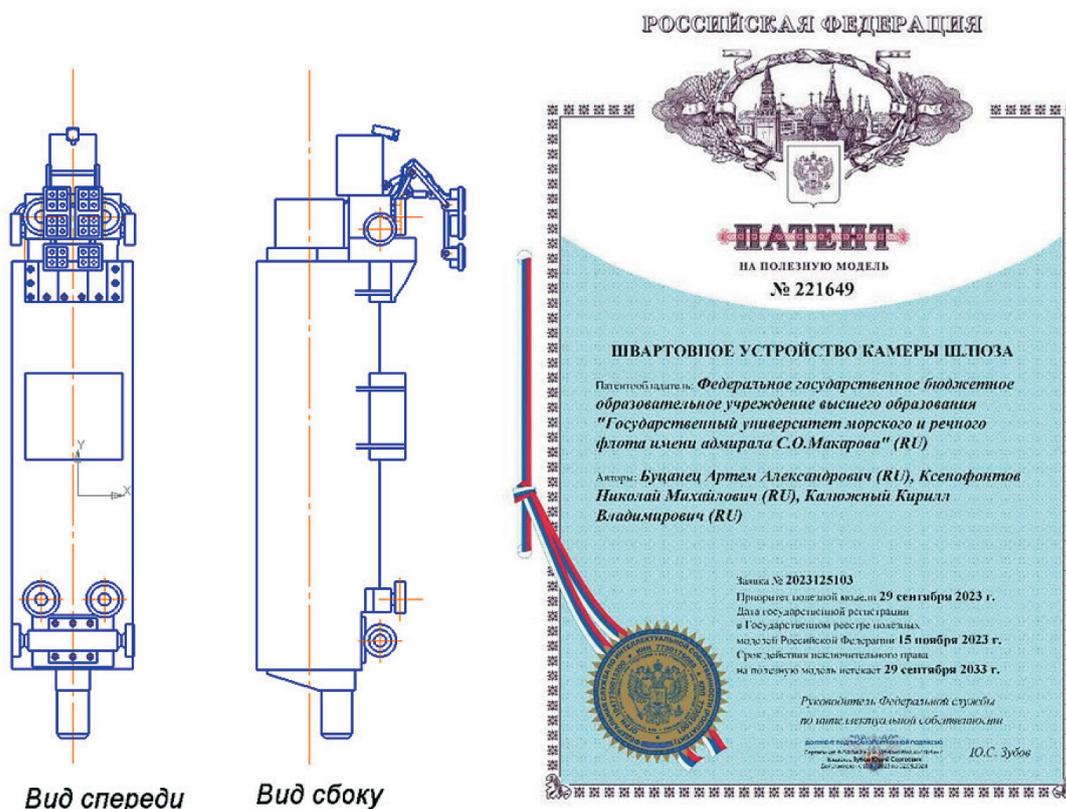


Рис. 4. Концептуальное изображение конструкции автошвартового плавучего рыма (а) и патент на полезную модель (б)

Представляется, что с учетом особенностей предлагаемого АШУ необходимая величина швартового усилия будет гораздо ниже, чем для классических подвижных швартовых устройств. Для проверки данного утверждения определим необходимые швартовые усилия для вакуумного АШУ, а также выполним проверку возможности применения рассматриваемого устройства.

Результаты и их обсуждение (Results and their discussion)

В простейшем случае при выполнении расчетов величины вакуумного усилия сопел автошвартового устройства рассмотрим недеформируемое сопло сферической формы. В частности, оценим максимальную силу одного сопла вакуумного АШУ. Для этого необходимо рассчитать идеальный вакуум, учитывая, что возникающее поле давления направлено перпендикулярно к поверхности судна. Запишем его в виде вектора давления (кПа):

$$\vec{p} = \{10^2; 10^2; 10^2\}.$$

Для оценки максимальной силы найдем поток поля вектора \vec{p} через площадь вакуумного пятна, создаваемого векторным полем:

$$\vec{n} = \{n_x; n_y; n_z\},$$

где

$$n_x = -\frac{\frac{\delta f(x, y)}{\delta x}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\delta f(x, y)}{\delta x}\right)^2 + \left(\frac{\delta f(x, y)}{\delta y}\right)^2}};$$

$$n_y = -\frac{\frac{\delta f(x, y)}{\delta y}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\delta f(x, y)}{\delta x}\right)^2 + \left(\frac{\delta f(x, y)}{\delta y}\right)^2}};$$

$$n_z = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\delta f(x, y)}{\delta x}\right)^2 + \left(\frac{\delta f(x, y)}{\delta y}\right)^2}}.$$

Тогда поток имеет вид

$$(\vec{p}, \vec{n}) = \frac{10^5}{r_0} (x + y + \sqrt{r_0^2 - x^2 - y^2}) \Rightarrow \iint_S (\vec{p}, \vec{n}) dS = 10^5 \cdot \iint_S \frac{x + y + \sqrt{r_0^2 - x^2 - y^2}}{\sqrt{r_0^2 - x^2 - y^2}} dx dy.$$

Соответственно итоговая оценка максимальной удерживающей силы имеет вид

$$F_{уд} = 10^2 r_0^2 \pi.$$

Поскольку предлагаемое захватное устройство имеет 24 сопла, его удерживающая сила $F_{уд}$, кН, имеет вид

$$F_{уд} = 24 \cdot 10^2 r_0^2 \pi.$$

Примечание. При переводе кН в единицу измерения тонна силы следует разделить полученное значение приблизительно на 9,8.

Соответственно удерживающая сила $F_{уд}$, тс, будет вычисляться по формуле

$$F_{уд} = \frac{24 \cdot 10^2 r_0^2 \pi}{9,8}.$$

Таким образом, при увеличении радиуса сопла удерживающая сила будет возрастать, как показано на рис. 5.

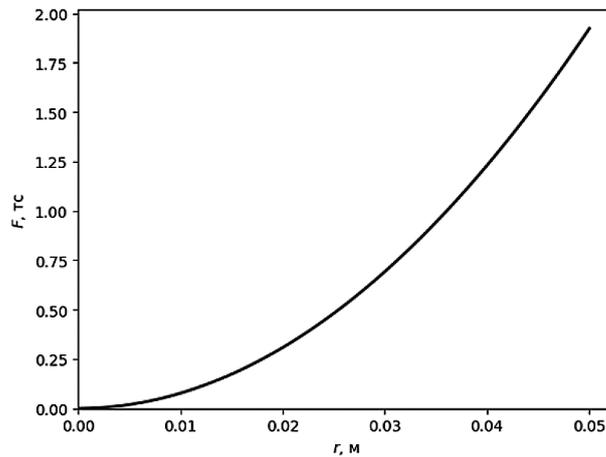


Рис. 5. Зависимость удерживающей силы вакуумного захвата от радиуса одного вакуумного присоса

Используя основное условие равновесия, т. е. равенство нулю равнодействующей всех сил, действующих на судно, а именно: силы удержания вакуумных присосов, силы Архимеда, силы тяжести судна, гидравлического давления, можно найти зависимость радиуса и количества сопел в устройстве:

$$F_{уд} + F_A + F_{тяж} + F_{гидр.давл} = 0.$$

Таким образом, указанное соотношение будет иметь вид

$$-n \cdot 10^2 r_0^2 \pi + \rho gh + mg - \rho gV = 0,$$

где m — масса погруженной в воду части судна, т;
 V — объемное водоизмещение судна, м³;
 ρ — плотность воды в шлюзе;
 g — ускорение свободного падения;
 h — осадка судна.

В данном случае зависимость радиуса от количества сопел в устройстве имеет вид:

$$r_0^2 = \frac{g(\rho h + m - \rho V)}{10^2 n \pi},$$

где n — количество сопел, в предлагаемом захватном устройстве равно 24.

Таким образом, изменяя величину радиуса, можно получить точную силу, необходимую для удержания данного судна.

Присвоим конкретные значения для судна, участвовавшего в эксперименте пр. RST54, сравним рассчитанную аналитическим путем удерживающую силу с экспериментальными данными. Для выполнения расчетов необходимо знание следующих параметров судна: длины $L = 140,85$ м, ширины $B = 16,7$ м, осадки (для реки) $h = 3,6$ м.

Объемное водоизмещение судна рассчитывается по формуле с использованием коэффициента полноты судна. Данный коэффициент общей полноты определяется в зависимости от типа судна. Так, в пр. RST54 значение коэффициента находится в промежутке от 0,72 до 0,9. Для расчетов будем брать среднее значение 0,81. Тогда

$$V = \delta LBh = 6859, \text{ м}^3.$$

Таким образом, радиус одного вакуумного присоса r , м, создающий силу, необходимую для удержания судна,

$$r = \sqrt{\frac{g(\rho h + m - \rho V)}{10^2 n \pi}} = 0,063.$$

Если считать, что для удержания судна такой длины необходимы четыре швартовых устройства, то удерживающую силу, можно разделить на четыре части. Тогда размер радиуса одного устройства (r , м), можно представить в виде

$$r = \sqrt{\frac{g(\rho h + m - \rho V)}{10^2 n \pi \cdot 4}} = 0,035.$$

Удерживающая сила, создаваемая захватным устройством при таком радиусе, составляет

$$F_{уд} = 24 \cdot 10^2 \cdot 0,035^2 \cdot \pi = 9,04, \text{ кН.}$$

или $F_{уд} = 0,92$, тс.

Данной силы достаточно, чтобы удерживать судно, находящееся в состоянии покоя.

Кроме того, в камере шлюза наблюдается воздействие гидродинамических сил. Для того, чтобы учесть их воздействие, рассмотрим продольную составляющую гидродинамических сил¹:

$$F_{п.с} = 1,4\sqrt[3]{D},$$

где D — водоизмещение расчетного судна.

В общем виде зависимость продольной составляющей гидродинамических сил от водоизмещения судна имеет вид рис. 6.

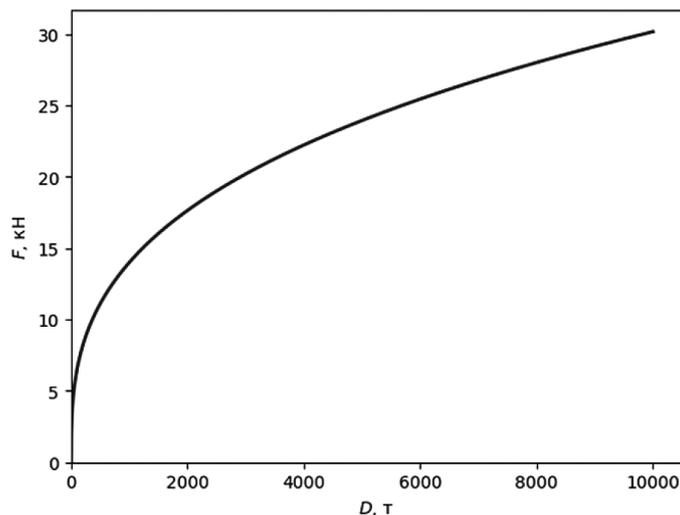


Рис. 6. Зависимость продольной составляющей гидродинамических сил от водоизмещения судна

Таким образом, для пр. RST54, максимальное водоизмещение которого на реке составляет 7880 т, продольная составляющая гидродинамических сил

$$F_{п.с} = 1,4\sqrt[3]{7880 \cdot 9,8} = 59,62 \text{ кН.}$$

или $F_{п.с} = 6,08$, тс.

При условии, что судно удерживается четырьмя захватными устройствами, каждое из них должно нести нагрузку в 1,5 тс. Требуемое усилие для удержания одним швартовым устройством должно составлять 1,5 тс. Для получения такой силы радиус одного сопла вакуумного захвата должен быть не менее

$$r_0 = \sqrt{\frac{59,62}{24 \cdot 4 \cdot 10^2 \pi}} \approx 0,044 \text{ м.}$$

¹ СП 101.13330.2023 «СНиП 2.06.07–87. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения».

Соответственно можно сделать вывод о том, что предлагаемая концепция захватного устройства способна удерживать судно.

Следует отметить, что в зависимости от размеров судна может изменяться количество требуемых захватных устройств. Например, для самоходного наливного судна проекта Р-135, длина которого составляет 57,8 м, необходимо два захватных устройства. Максимальное водоизмещение данного судна составляет 580 т. Продольная составляющая гидродинамических сил в таком случае будет составлять воздействие в 24,99 кН или 2,55 тс и радиус в данном случае должен быть не менее

$$r_0 = \sqrt{\frac{24,99}{24 \cdot 2 \cdot 10^2 \pi}} \approx 0,041 \text{ м.}$$

Для сухогрузного контейнеровоза пр. 326.1, длина которого составляет 82 м, водоизмещение 2683 т потребуются три захватных устройства. Продольная составляющая гидродинамических сил в таком случае будет составлять воздействие в 41,63 кН или 4,25 тс. Радиус в этом случае должен быть не менее

$$r_0 = \sqrt{\frac{41,63}{24 \cdot 3 \cdot 10^2 \pi}} \approx 0,042 \text{ м.}$$

Таким образом, можно сделать вывод о том, что величина радиуса одного вакуумного присоса должна составлять около 0,045 м (45 мм).

Заключение (Conclusion)

В результате проведения натурного эксперимента установлено, что нормативное значение швартовного усилия существенно выше фактически полученного. При этом установлено, что рывковое усилие в ряде случаев превышало в несколько раз средневзвешенное значение. Данное явление обусловлено неравномерным движением плавучего рыма из-за его заклинивания вследствие возникновения силы трения покоя, возникающей между катковыми опорами и их направляющими.

Расчеты, полученные в результате исследования, подтверждают принципиальную возможность применения рассматриваемого технического решения вакуумного АШУ. При этом результаты расчета необходимого швартовного усилия вакуумного АШУ достоверны при условии его определения через продольную составляющую величины гидродинамической силы в соответствии с требованиями СП 101¹. Следует отметить, что в расчете не учитывается возможность бокового давления из-за воздействия ветровых нагрузок, что необходимо предусмотреть в процессе дальнейшей разработки данного устройства, как и возможность выхода из строя одного или нескольких сопел захватного устройства во время швартовки судна. Кроме того, представляется целесообразным, во избежание заклинивания АШУ, вместо опор качения предусмотреть опоры скольжения, а также рассмотреть возможность использования электропривода для осуществления перемещения устройства при изменении уровня воды в камере шлюза.

Благодарности

Статья выполнена в рамках научно-исследовательской работы по теме «Выполнение исследований для определения оптимального технического решения по автоматизации швартовных операций классических и беспилотных судов на судоходных шлюзах» (Приказ от 28.08.2023 № 908).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смоленцев С. В. Сетевые аспекты передачи данных из морского автономного надводного судна в центр дистанционного управления и обратно / С. В. Смоленцев, С. Ф. Шахнов, А. А. Буцанец // Электронные информационные системы. — 2024. — № 1(40). — С. 5–18. — EDN AWZQNZ.

¹ СП 101.13330.2023 «СНиП 2.06.07–87 «Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения».

2. Смоленцев С. В. Перечень оборудования и обзор протоколов передачи данных для автономных надводных судов / С. В. Смоленцев, С. Ф. Шахнов, А. А. Буцанец // *Электронные информационные системы*. — 2023. — № 4 (39). — С. 10–21.
3. Актуганов М. М. Реконструкция Павловского шлюза в рамках комплексной модернизации ГТС Камского бассейна / М. М. Актуганов // *Гидротехника*. — 2021. — № 3(64). — С. 8–10. — EDN GSWWKY.
4. АС № 1176014 А1 СССР, МПК E02B 3/22. Рым плавучий для швартовки судов: № 3722562: заявл. 05.04.1984; опубл. 30.08.1985 / В. А. Вознесенский, Н. Ф. Федоров; заяв. Ленинградское специальное конструкторское бюро «ЛЕНГИДРОСТАЛЬ». — EDN VZUUDW.
5. Буцанец А. А. Исследование проблемы построения автоматизированной системы управления для обеспечения безопасного пропуса безэкипажных судов через судоходные шлюзы / А. А. Буцанец, Н. М. Ксенофонтов, Т. А. Волкова // *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова*. — 2023. — Т. 15. — № 6. — С. 1115–1129. — DOI 10.21821/2309-5180-2023-15-6-1115-1129. — EDN OQMZNO.
6. Гарибин П. А. Валидация швартовых тумб причалов АО «Троица» в порту «Чайка» (Северодвинск) с проведением натурного эксперимента / П. А. Гарибин, А. А. Буцанец, С. В. Егоров // *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова*. — 2024. — Т. 16. — № 1. — С. 84–96. — DOI 10.21821/2309-5180-2024-16-1-84-96. — EDN FROPWK.
7. Кузнецов, С. С. Обзор технических решений автошвартовых устройств на судоходных шлюзах / С. С. Кузнецов, Н. М. Ксенофонтов, А. А. Буцанец / *Транспортное дело России*. — 2024. — № 4. — С. 223–225.
8. Декельман Г. П. Обзор технических решений автошвартовых устройств на причальных сооружениях / Г. П. Декельман, А. А. Буцанец, К. В. Калужный / *Транспортное дело России*. — 2024. — № 4. — С. 214–218
9. Гапеев А. М. Системы питания судоходных шлюзов водой: моногр. / А. М. Гапеев, В. В. Кононов. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2013. — 268 с.
10. Разработка научно-обоснованных рекомендаций по установлению гидравлических режимов наполнения и опорожнения камер шлюзов № 1–8 ФБУ «Администрация «Волго-Балт» на основании натурных исследований условий стоянки судов в камерах шлюзов: отчет о НИР. / ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»; рук. Г. Г. Рябов. — СПб., 2022. — 250 с. № 121120700109-8.
11. Пат. 221649 РФ, МПК E02C 1/10, E02B 3/20, B63B 21/00. Швартовное устройство камеры шлюза / А. А. Буцанец, Н. М. Ксенофонтов, К. В. Калужный; заяв. и патентообл. Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — № 2023125103; заявл. 29.09.2023; опубл. 15.11.2023, Бюл. № 32.

REFERENCES

1. Smolentsev S. V., Shakhnov S. F. and Butsanets A. A. “Network aspects of data transmission from a marine autonomous surface ship to the remote control center and back.” *Electronic information systems* 1(40) (2024): 5–18.
2. Smolentsev S. V., Shakhnov S. F. and Butsanets A. A. “A list of equipment and overview of data transmission protocols for autonomous surface vessels” *Electronic information systems* 4(39) (2023): 10–21.
3. Aktuganov M. M. “Reconstruction of the Pavlovsky lock as part of the rehabilitation of the Kama basin hydraulic engineering installations.” *Hydrotechnika* 3(64) (2021): 8–10.
4. Voznesenskij V. A. and Fedorov N. F. SU 1 176 014 A1, IPC E 02 B 3/24. Rym plavuchij dlya shvartovki sudov. USSR — Soviet Union. Publ. 30 August 1985.
5. Butsanets, A. A., N. M. Ksenofontov, and T. A. Volkova. “Studying the Problem of Constructing an Automated Control System to Ensure the Safe Passage of Unmanned Vessels through Shipping Locks.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 15.6 (2023): 1115–1129. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-6-1115-1129.
6. Garibin, P. A., A. A. Butsanets, and S. V. Egorov. “Validation of JSC ‘Troitsa’ Berths Bollards in the ‘Chayka’ Port of Severodvinsk.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 16.1 (2024): 84–96. DOI 10.21821/2309-5180-2024-16-1-84-96.
7. Kuznetsov S. S., Ksenofontov N. M. and Butsanets A. A. “Overview of technical solutions for mooring devices on shipping locks.” *Transport business of Russia* 4 (2024): 223–225.
8. Dekelman G. P., Butsanets A. A. and Kalyuzhny K. V. “Overview of technical solutions for mooring devices at berthing facilities.” *Transport business of Russia* 4 (2024): 214–218.

9. Gapeev A. M., Kononov V. V. *Sistemy pitaniya sudohodnyh shlyuzov vodoj: monografiya*. SPb.: GUMRF imeni admirala S. O. Makarova, 2013.

10. Morgunov, K. P. "The emergence and development of a crack in the concrete of the abutment of the lower head of lock № 2 of the Volga-Baltic waterway." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 14.6 (2022): 849–861. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-6-849-861.

11. *Razrabotka nauchno-obosnovannyh rekomendacij po ustanovleniyu gidravlicheskih rezhimov napolneniya i oporozhneniya kamer shlyuzov №№ 1–8 FBU «Administraciya «Volgo-Balt» na osnovanii prirodnih issledovaniy uslovij stoyanki sudov v kamerah shlyuzov*. SPb.: FGBOU VO GUMRF im. adm. S. O. Makarova, 2022.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Буцанец Артем Александрович —
кандидат технических наук,
начальник отдела НТИ и ИС
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: butsanetsaa@gumrf.ru
Волкова Тамара Александровна —
кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: volkovata@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Butsanets, Artem A. —
PhD
Head of the Department
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg,
198035, Russian Federation
e-mail: butsanetsaa@gumrf.ru
Volkova, Tamara A. —
PhD
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg,
198035, Russian Federation
e-mail: volkovata@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 1 августа 2024 г.

Received: August 1, 2024