

СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СУДНА

SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ECOLOGICAL SAFETY OF THE SHIP

УДК 629.12:629.1:62-408

DOI: 10.37890/jwt.vi84.640

Анализ способов ведения выморозочных работ и исследование закономерностей формирования подводного канала от соотношения гидростатического давления заглубления и давления внутри оболочки под днищем плоскодонного судна

П. А. Бимбереков

ORCID: 0000-0003-4303-8570

А. Д. Емельянов

ORCID: 0009-0003-9356-6176

*Сибирский государственный университет водного транспорта, г. Новосибирск,
Россия*

Аннотация. В статье представлен анализ существующих методов вымораживания судов и методов, послуживших основанием для разработки оговоренных методов выморозочных работ. Охарактеризован способ «Ведения выморозочных работ» согласно патента Российской Федерации на изобретение №2067141, как наиболее гарантирующий форму создаваемого подводного канала под корпус судна ускоренными темпами. Исследовалась зависимость формы и размеров формируемого подводного ледового канала в зависимости от исходного диаметра используемой оболочки, давления в ней и заглубления под корпусом судна. Геометрические параметры канала должны обеспечить удовлетворительные для ведения судоремонтных работ размеры. Надувные оболочки под давлением прокачиваемого холодного воздуха определяют получаемую форму и размеры подводного канала, предназначенного для ведения судоремонтных работ: по дефектации, ремонту и техническому обслуживанию корпусных конструкций. Исследование формы оболочки под днищем плоскодонного судна производилось путем модельного эксперимента с ящиком из прозрачного материала (аквариумом), под которым была закреплена рамка, собранная из линеек с миллиметровой шкалой, что позволяло фиксировать зону примыкания и форму надувной оболочки под корпусом. Для чего, проводилась фото фиксация размеров оболочки при помощи подводной съёмки и съёмки с помощью эндоскопа изнутри надувной оболочки. Получены закономерности формы и размеров оболочки, находящейся под корпусом модели при разных соотношениях значений давления в оболочке и глубины её погружения при разных осадках модели, фиксируемых по маркам углубления выполненных из линеек с миллиметровой шкалой.

Ключевые слова: выморозочные работы, надувная эластичная оболочка, гидростатическое давление, заглубления оболочки.

Analysis of conducting freezing operations methods and the investigation of the formation patterns of an underwater channel from the ratio of the hydrostatic pressure of the depth and the pressure inside the shell under the bottom of a flat-bottomed vessel

Pavel A. Bimberekov

ORCID: 0000-0003-4303-8570

Andrew D. Emelyanov

ORCID: 0009-0003-9356-6176

Siberian State University of Water Transport, Russian Federation

Abstract. The article presents an analysis of existing methods of freezing ships and the methods that served as the basis for the development of agreed methods of freezing operations. The method of "Conducting freezing operations" according to the patent of the Russian Federation for invention No. 2067141 is characterized as the most guaranteeing the shape of the created underwater channel under the hull of the vessel. The dependence of the shape and size of the formed underwater ice channel was studied depending on the initial diameter of the shell used, the pressure in it and the depth under the hull of the vessel. The dimensions of the shell under the pressure of the pumped cold air determine the resulting shape and dimensions of the underwater channel intended for carrying out work on defecation, repair and maintenance of hull structures. These dimensions should satisfactorily ensure that the specified work can be carried out in freezing conditions. The shell shape was studied by means of a model experiment with an object with transparent walls on which a frame assembled from rulers with a millimeter scale was fixed, which made it possible to fix the zone of attachment of the inflatable shell under the body. In addition, the size of the shell was photographed using underwater photography and endoscope photography from inside the inflatable shell. Patterns of the shape and size of the shell located under the body of the object are obtained at different ratios of the pressure values in the shell and the depth of its immersion, fixed by the indentation marks made from rulers with a millimeter scale.

Keywords: freezing operations, inflatable elastic shell, hydrostatic pressure, shell indentations.

Введение

Одним из широко используемых способов обеспечения доступа к корпусам судов в подводной части без их докования является проведение выморозочных работ. Традиционные методы вымораживания требуют значительных временных и трудовых затрат, сопряжены с серьёзным риском затопления зоны выморозок и даже повреждения корпусов судов. Наиболее распространён, в настоящее время, метод ручного удаления льда для доступа к корпусу судна. Он предполагает вырубку или выпиливание ледяных блоков вокруг ремонтируемого участка с использованием ручных инструментов (пешни, бензопилы, лома) или механизированных средств (гидравлические дробилки). После разметки зоны рабочие пропиливают лёд по контуру, извлекают фрагменты льда и очищают поверхность корпуса от остатков льда [1...3], примеры ведения выморозочных работ широко отражены на Интернет-ресурсах, например, [4], рис. 1. Предварительно корпус окалывают. Данный метод требует большого опыта ведения таких работ для минимизации их сроков исполнения при утонении ледовой корки в зоне выморозочных работ. Для ведения выморозочных работ существуют специальные нормы времени [5].

Основываясь на технических решениях [6,7] были разработаны способы ведения выморозочных работ [8,9]. Способ [8] заключается в том, что во льду проделываются майны с обоих бортов ремонтируемого корпуса судна рис. 2,3. Через них под корпус судна заводится эластичная оболочка, которая затем закачивается холодным воздухом. Требуемое давление достигается посредством редукционного клапана,

который при дальнейшей закачке воздуха и обеспечивает переток последнего через эластичную оболочку. После достижения вокруг продуваемой оболочки ледовых стенок требуемой толщины, в оболочку закачивают горячий воздух, который получают подключением к работе воздухонагнетательного устройства калорифера. Эластичная оболочка высвобождается из льда и извлекается наружу. Доводка выморозки ведется обычными методами.

Способ [9] предусматривает получение во льду у борта судна ямы. Под ледяной покров нагнетают воздух объемами не более объема полости, ограниченной сверху покровом, снизу водой, с боков по контуру предстоящей ямы ледяными стенками, которые сверху вниз промораживают прямыми неразборными в подводной части теплообменниками, ранее установленными в покров непосредственно за контуром, до дна предстоящей ямы, после чего нагнетание прекращают, а дно предстоящей ямы промораживают L-образными неразборными в подводной части теплообменниками, установленными в покров одновременно с прямыми теплообменниками, в результате получают замкнутую в ледяную оболочку полость, которую вскрывают, и удаляют глыбы льда за грузовые петли, ранее установленные в покров одновременно с теплообменниками внутри контура.

Метод [9] не позволяет достаточно точного контроля формы получаемой выморозки и поэтому за объект исследования была выбрана составляющая метода [8], включающая получение требуемой для удовлетворительных условий дефектационных и ремонтно-восстановительных работ формы поперечного сечения подводимой надувной оболочки, обеспечивающей после намораживания соответствующую форму подводного канала. Кроме того, сохранение надувной оболочки в целости до начала ведения работ по корпусу судна позволяет сохранять незатопленной зону выморозки при возможных подвижках ледового поля. При использовании нескольких оболочек или последовательного одной оболочки может быть получено выморозка с требуемой зоной оголения корпуса.

Цель работы: выявление зависимости формы оболочки от глубины погружения и величины внутреннего давления с помощью модельных испытаний.



Рис. 1. Пример использования выморозки методом ручного удаления льда

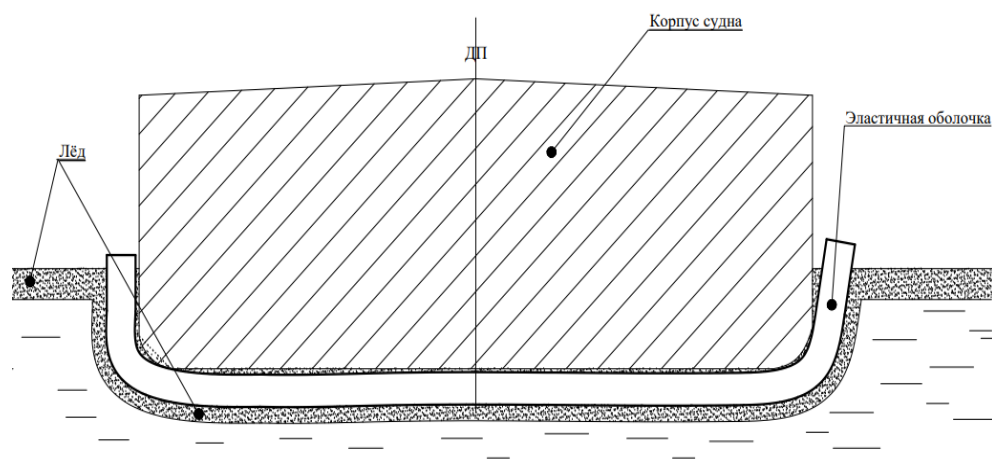


Рис. 2. Способ ведения выморозочных работ по патенту № 2067141С1

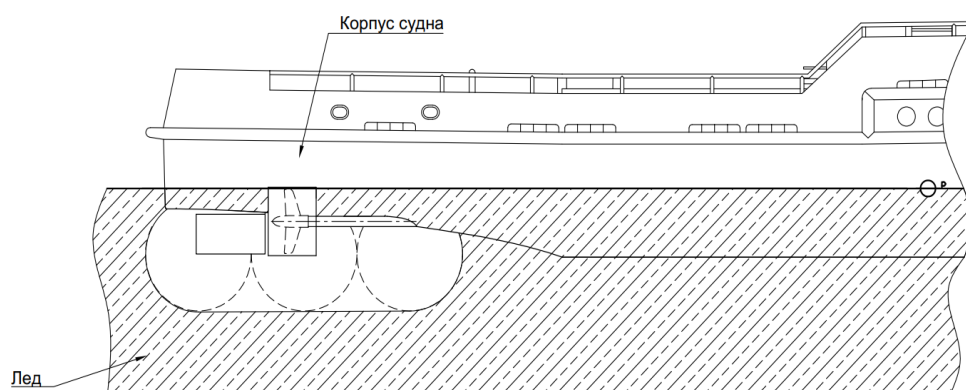


Рис. 3. Возможное использование трех оболочек с последующей выборкой льда между ними

Объекты и методика модельных испытаний

В качестве масштабной модели судна использовался прямоугольный прозрачный аквариум из оргстекла толщиной 10 мм и габаритными размерами $L \times B \times H = 690 \times 370 \times 425$ при осадках $T \in [50 \dots 75]$ с шагом в 5 мм. Прозрачность стенок позволила наблюдать за поведением оболочки и фиксировать её параметры (см. рис. 4, 5).

Мерительная рамка, закрепленная под аквариумом, использовалась для фиксации формы оболочки как при съёмке под водой, так и через дно аквариума.

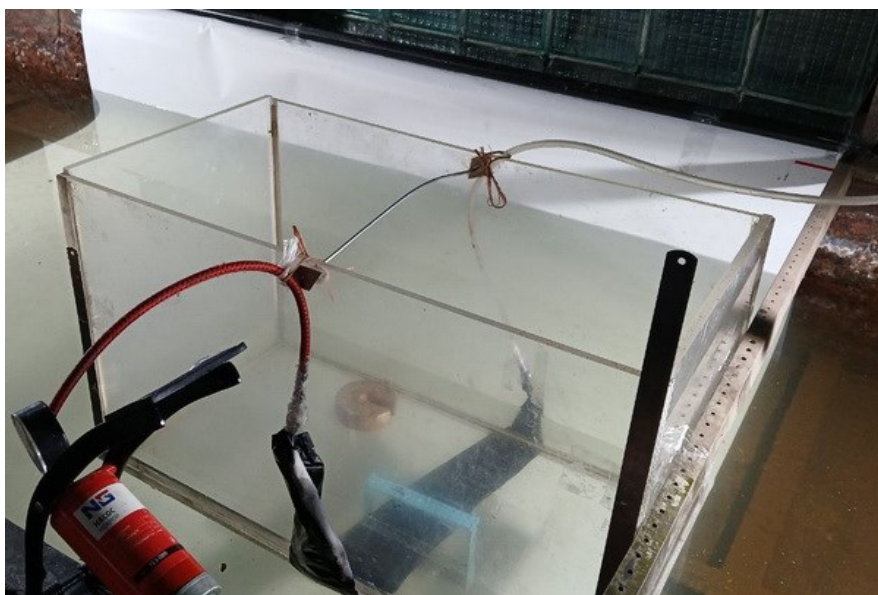


Рис. 4. Экспериментальная установка до закачки воздуха в оболочку

Для контроля осадки на стенках аквариума размещены вертикальные линейки.

На рис. 6...9 представлены фотофиксации моментов измерений в ходе проведения модельных испытаний.



Рис. 5. Экспериментальная установка. Мерительная рамка
(фото под водой)

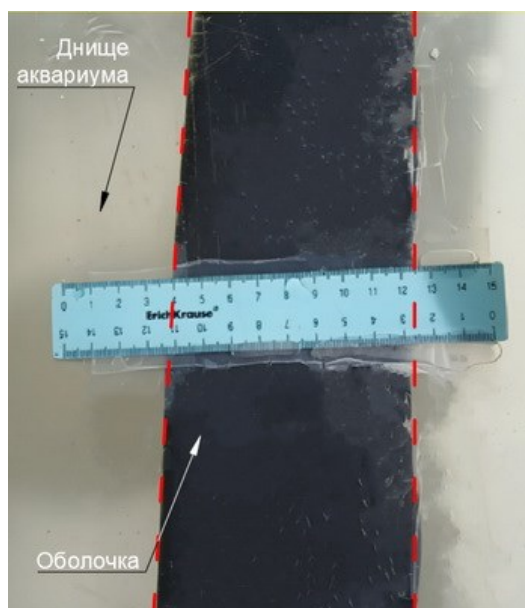


Рис. 6. Контроль прилегания оболочки к днищу аквариума

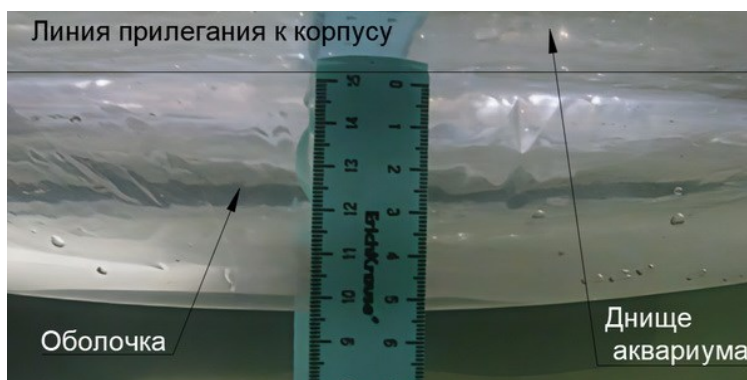


Рис. 7. Измерение высоты оболочки



Рис. 8. Вид на зону примыкания оболочки к дну аквариума

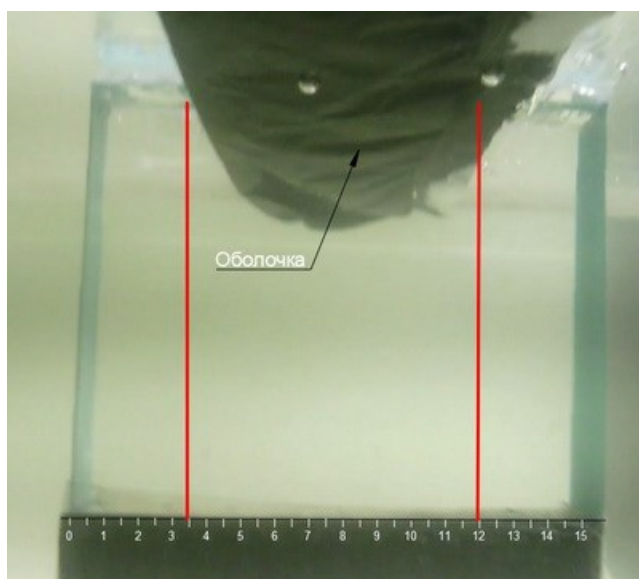


Рис. 9. Измерение ширины нижней части оболочки

На основании рис. 8 можно судить о том, что в случае плоскодонного днища судна оболочка в середине пролёта формируемого подводного канала заметно отходит от днища сохраняя меньшую ширину примыкания чем в районе скул.

Согласно рис. 8 ширина примыкания оболочки у скуловых подворотов примерно на треть больше, чем в диаметральной плоскости. Оценка изменения ширины зоны примыкания оболочки к плоскому днищу дала значение угла расширения зоны контакта от ДП к бортам примерно в 8° .

Из рис. 5, 7 достаточно хорошо фиксируется, что высота оболочки посреди ширины модели больше, чем у скул.

Так же на внутреннюю часть оболочки в нескольких поперечных сечениях была наклеена контурная нить и метка с отрезком 2 см, что позволило посредством компьютерной обработки регистрировать по фотоизображениям геометрические размеры оболочки, используя подход [10].

На рис. 10 дан пример фиксации формы оболочки в поперечном сечении, отмеченном наклеенной нитью.

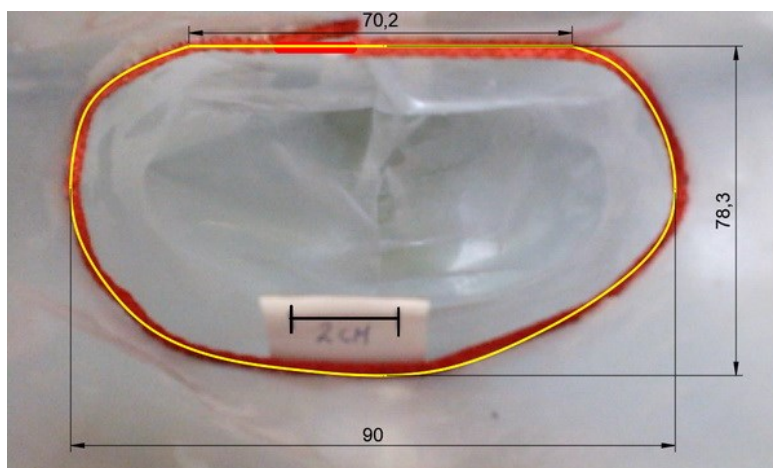


Рис. 10. Контурная нить при давлении внутри оболочки 45 мм вод. ст. на осадке 50 мм

Результаты исследования

Результаты измерений параметров оболочек при разных значениях осадок модели и давления в оболочках диаметрами 80 и 100 мм соответственно сведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Результаты измерений для оболочки 80 мм

№	Осадка, мм	Давление, мм вод. ст.	Ширина контакта оболочки и днища, мм	Высота оболочки, мм
1	50	35	75	44
2		40	69	50
3		45	61	59
4	55	40	76	43
5		45	67	53
6		50	58	62
7	60	40	76	44
8		45	70	52
9		55	63	58
10	65	48	74	45
11		55	67	54
12		60	60	58
13	70	50	72	47
14		55	65	54
15		65	55	63
16	75	55	74	43
17		60	64	56
18		65	58	61

По данным табл. 1, 2 построены диаграммы зависимостей значений ширины контакта оболочки, b , высоты оболочки под днищем, h , давления в оболочке, p , при двух её диаметрах, $d \in [80;100]$ рис. 11.

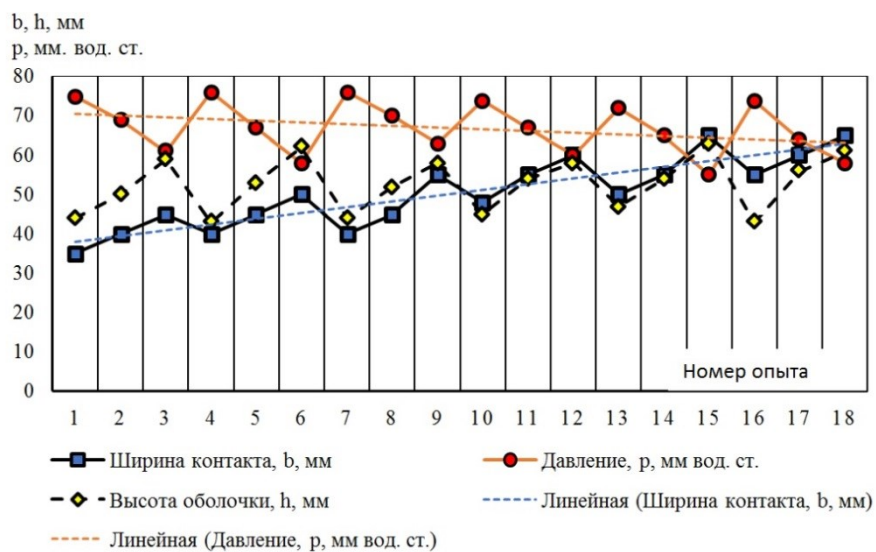
Из последнего видна вполне закономерная зависимость, показывающая, что при росте давления ширина контакта оболочки с днищем падает, а высота оболочки под днищем возрастает.

Таблица 2

Результаты измерений для оболочки 100 мм

№	Осадка, мм	Давление, мм вод. ст.	Ширина контакта оболочки и днища, мм	Высота оболочки, мм
1	50	35	90	61
2		40	77	75
3		45	65	78
4	55	40	83	68
5		45	75	75
6		50	65	82
7	60	40	84	70
8		45	67	78
9		55	55	85
10	65	48	78	72
11		55	64	80
12		60	62	88
13	70	50	79	75
14		55	70	77
15		65	65	80
16	75	55	84	70
17		60	75	73
18		65	71	78

а)



б)

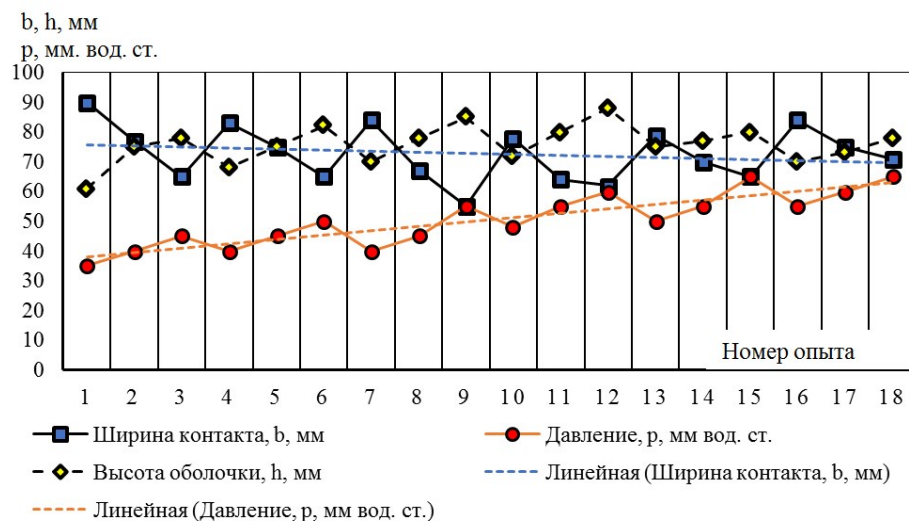


Рис. 11. Зависимость ширины, высоты и давления оболочки:

а) при диаметре оболочки 80 мм; б) при диаметре оболочки 100 мм

Для выяснения взаимосвязи регистрируемых в исследовании показателей между собой построен ряд зависимостей рис. 12...19.

На рис. 12, 13 приведены графические зависимости вида $b = f(p/T)$ и $h = f(p/T)$. Даже не оценивая границы диапазона разброса случайных величин на основе графиков 12 из рассмотрения можно исключить точки с грубыми погрешностями под номерами 1, 8, 9 (выделенные желтым цветом на графике и в табл. 2), а на графике 13, дополнительно указанным можно исключить точку 12 (все указанные точки также выделены желтым цветом).

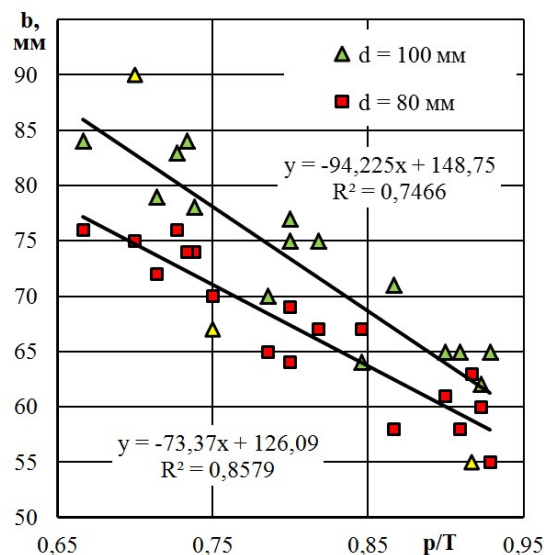


Рис. 12. Зависимость вида $b = f(p/T)$

С учетом исключения последних на рис. 14 представлены графические зависимости вида $h = f(b)$.

Для возможности их применения полученных зависимостей для оболочек произвольного диаметра приведем их к безразмерному виду, построив ряд выражений на данных табл. 1, 2.

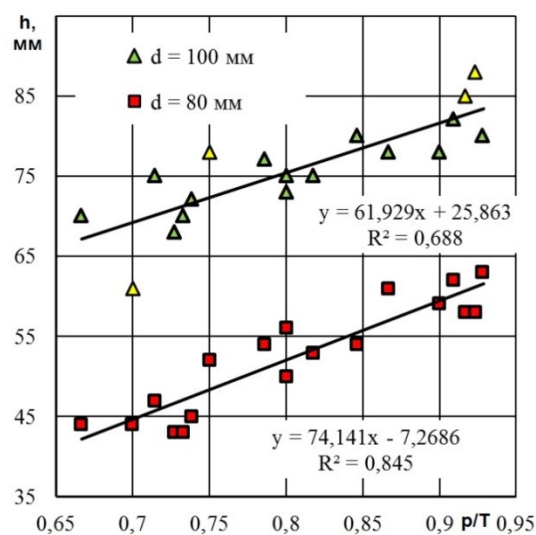


Рис. 13. Зависимость вида $h = f(p/T)$

На рис. 15...18 представлены зависимости вида $h/d = f(p/t)$, $b/d = f(p/t)$ и $(h+b)/2d = f(p/T)$.

Зависимость вида $(h+b)/2d = f(p/T)$ построена исходя из сопоставления рис. 15 и 17, где имеем обратное по направленности соотношение величин h/d и b/d при разных диаметрах оболочки.

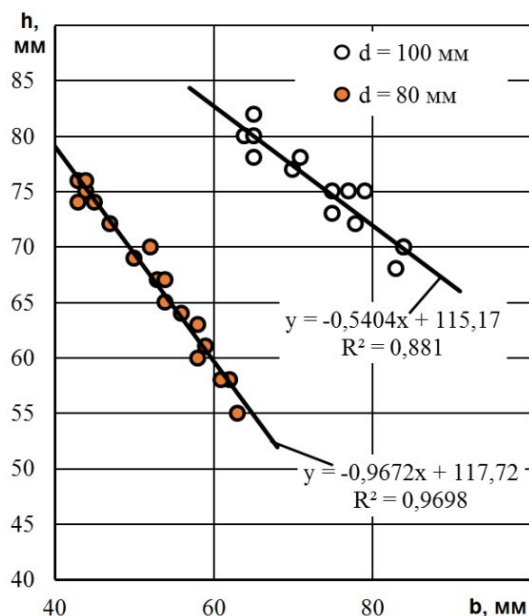


Рис. 14. Зависимость вида $h = f(b)$

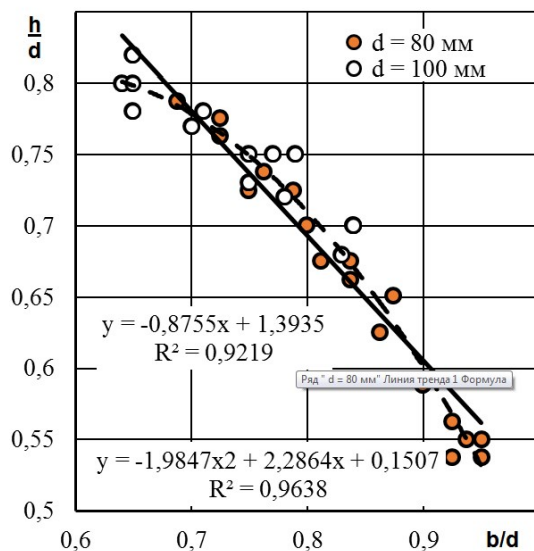


Рис. 15. Зависимость вида $h/d = f(b/d)$

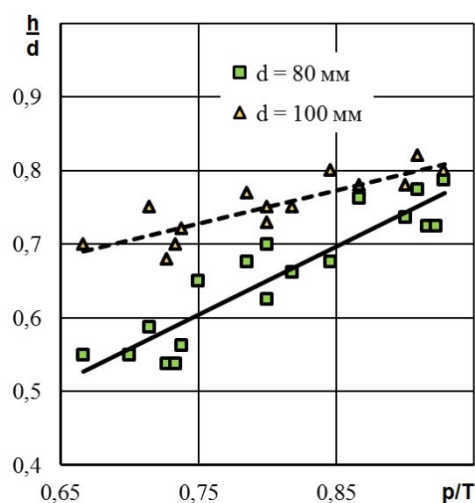


Рис. 16. Зависимость вида $h/d = f(p/T)$

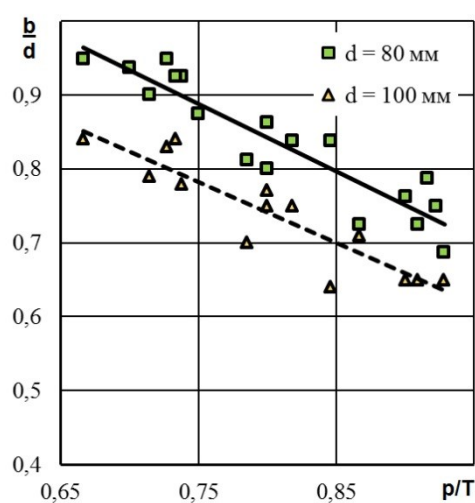


Рис. 17. Зависимость вида $b/d = f(p/T)$

На основе рис. 16, 18 дадим следующие аппроксимационные выражения для произвольного диаметра оболочки и относительного значения p/T :

$$h/d = -0,876b/d + 1,39, \quad (1)$$

или

$$h/d = -1,985(b/d)^2 + 2,286b/d + 0,151; \quad (2)$$

$$(h + b)/d \approx 1,5. \quad (3)$$

С целью увязки относительных значений ширины и высоты оболочки к её диаметру, а также значения давления и осадки подобрана графическая зависимость при двух испытанных диаметрах оболочки рис. 19, описываемая аппроксимационным выражением:

$$\frac{b}{d} = \frac{-0,675(p + 0,25h)}{T} + 1,51. \quad (4)$$

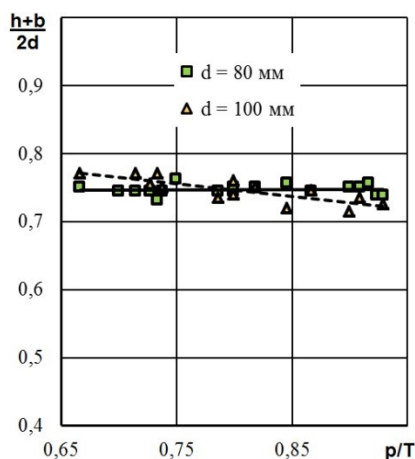


Рис. 18 Зависимость вида $(h+b)/(2d) = f(p/T)$

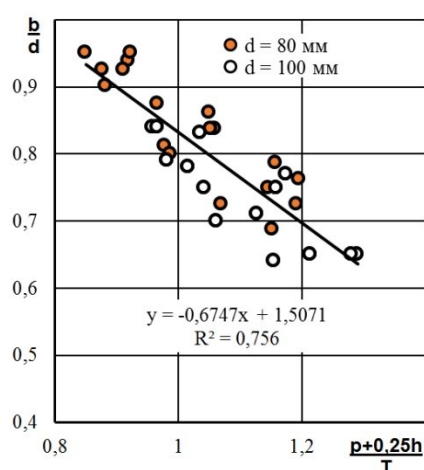


Рис. 19 Зависимость вида $b/d = f[(p+0,25h)/T]$

Обсуждение

Используя формы (1), (3), (4) произведем расчет требуемого диаметра оболочки с целью обеспечения минимальной высоты подводного канала к корпусным конструкциям днища в диаметральной плоскости (ДП) высотой 0,8 м, 1,0 м и 1,2 м при отношении p/T равному 0,9; 0,8 и 0,7 и варьируемых осадках судна от 0,2 м до 2 м. Минимальный размер 0,8 м принят опираясь на минимальную высоту двойного дна согласно [11]. Результаты расчета сведены в табл.3 и представлены на рис. 20,21.

В столбцах табл. 3 и далее указанные либо пронумерованные формулы, либо даны расчетные выражения через номера столбцов в квадратных скобках. Выражение в столбце 8 получено на базе формулы (4), его используем для взаимной оценки результатов столбцов 7 и 8. В столбце 10 дан расчет периметра сечения оболочки с определенным диаметром, а в столбце 11 оценочное значение периметра оболочки с прямоугольным сечением с размерами h и b . Из сопоставления столбцов 7 и 8 можно говорить о удовлетворительной работе формулы (3), а сопоставление столбцов 10 и 11 говорит о правдоподобности расчетных результатов табл. 3.

Данные зависимости позволяют прогнозировать поведение оболочек в натурных испытаниях, для образования ледового канала высотой 0,8-1,2 м при осадке от 0,2 до 2 м и отношений давления (измеряемого в метрах водяного столба) к осадке от 0,7 до 0,9 в ДП судна.

С учетом изменения ширины примыкания оболочки согласно рис. 8 при отступлении от ДП получаем зависимость:

$$b_y = b[1 + y \cdot \tan(8/57,3)], \quad (5)$$

где y – координата по ширине корпуса от ДП (будем условно считать для скулы $y = B/2$).

Таблица 3

	p/T	$T, м$	$h, м$	h/T	$b/d, (4)$	$h/d, (1)$	$d, м [3]/[6]$	$d, м \frac{([6]+[5])*[7]}{1,5}$	$b, м [5]*[7]$	$S = 3,14*d, м 3,14*[7]$	$S_{\square} = 2*(h+b), м 2*([3]+[9])$
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,80	0,20	0,80	4,00	0,30	1,13	0,71	0,67	0,21	2,22	2,02
2	0,80	0,40	0,80	2,00	0,63	0,84	0,96	0,94	0,61	3,01	2,81
3	0,80	0,60	0,80	1,33	0,75	0,74	1,08	1,07	0,81	3,41	3,22
4	0,80	0,80	0,80	1,00	0,80	0,69	1,16	1,15	0,93	3,65	3,46
5	0,80	1,00	0,80	0,80	0,84	0,66	1,21	1,21	1,01	3,81	3,63
6	0,80	1,20	0,80	0,67	0,86	0,64	1,25	1,25	1,07	3,93	3,75
7	0,80	1,40	0,80	0,57	0,87	0,62	1,28	1,28	1,12	4,02	3,84
8	0,80	1,60	0,80	0,50	0,89	0,61	1,30	1,30	1,15	4,09	3,91
9	0,80	1,80	0,80	0,44	0,90	0,61	1,32	1,32	1,18	4,15	3,96
10	0,80	2,00	0,80	0,40	0,90	0,60	1,33	1,34	1,20	4,19	4,01

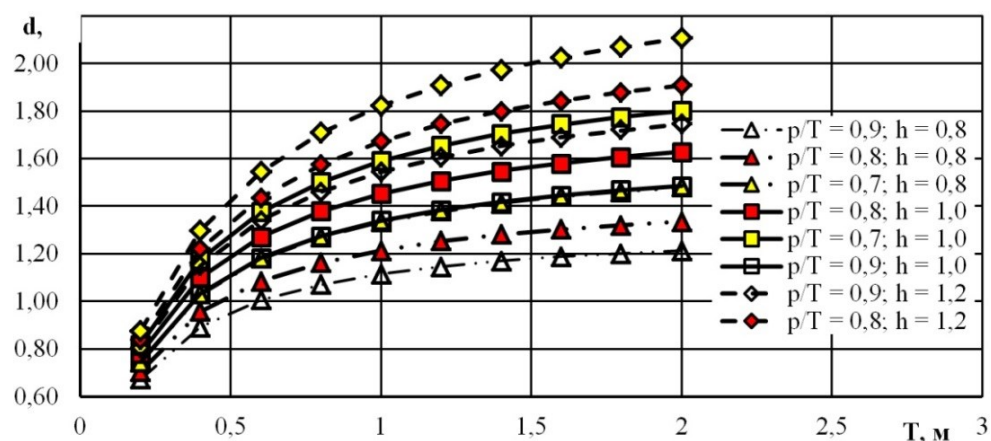


Рис. 20. Расчетная зависимость диаметра оболочки от осадки судна в ДП

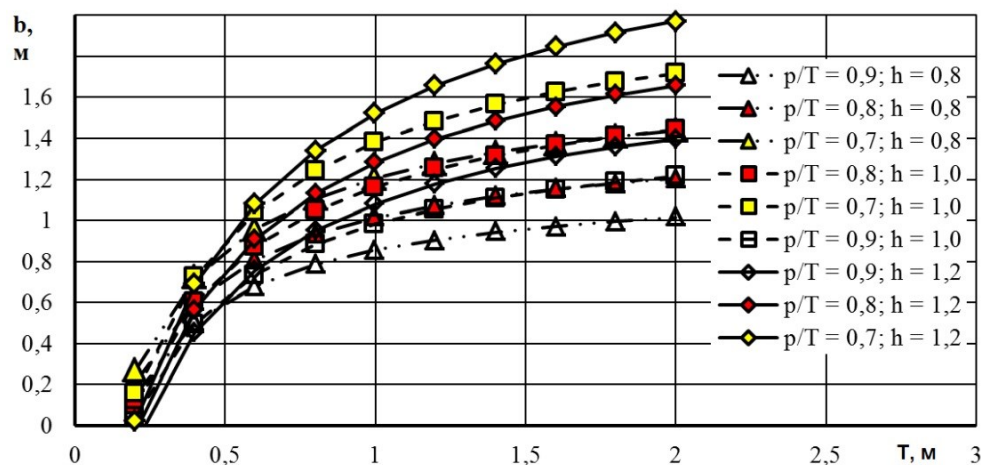


Рис. 21. Расчетная зависимость ширины оболочки от осадки судна в ДП

С учетом оговоренного угла уменьшения примыкания оболочки к днищу плоскодонного судна в 8° произведем систематический расчет размеров образуемого оболочкой канала в зависимости от полуширины судна, $B/2$ (табл. 4).

Из табл.4 следует, что для обеспечения одинаковой высоты формируемого ледового канала требуется изготовление надувной оболочки переменного диаметра при минимальном значении в ДП и максимальном у скулы. При этом для больших значений осадок судна расчетное значение диаметра оболочки у скулы становится мало рациональным, хотя увеличение относительного давления до 0,95 и более позволяет заметно его сократить.

Таблица 4

p/T	T, м	h, м	h/T	В диаметральной плоскости (ДП)						
				b/d (4)	h/d (1)	d, м [3]/[6]	d, м ([6]+[5])*[7] 1,5	b, м [5]*[7]	$S = \frac{3,14d}{3,14*[7]}$, м	$S_{\square} = \frac{2(h+b)}{2*([3]+[9])}$, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,9	0,2	0,8	4,00	0,23	1,19	0,67	0,64	0,15	2,11	1,91
0,8	0,4	0,8	2,00	0,63	0,84	0,96	0,94	0,61	3,01	2,81
0,9				0,57	0,90	0,89	0,87	0,50	2,81	2,61
0,95				0,53	0,92	0,87	0,84	0,46	2,72	2,52
0,9	0,6	0,8	1,33	0,68	0,80	1,00	0,99	0,68	3,15	2,96
0,9	0,8	0,8	1,00	0,73	0,75	1,07	1,06	0,79	3,36	3,17
0,9	1	0,8	0,80	0,77	0,72	1,11	1,10	0,86	3,50	3,31
0,8	1,2	0,8	0,67	0,86	0,64	1,25	1,25	1,07	3,93	3,75
0,9				0,79	0,70	1,15	1,14	0,91	3,60	3,41
0,95				0,76	0,73	1,10	1,09	0,83	3,45	3,26
0,9	1,4	0,8	0,57	0,81	0,68	1,17	1,16	0,94	3,67	3,49
0,9	1,6	0,8	0,50	0,82	0,67	1,19	1,18	0,97	3,73	3,54
0,9	1,8	0,8	0,44	0,83	0,67	1,20	1,20	1,00	3,78	3,59
0,8	2,0	0,8	0,40	0,90	0,60	1,33	1,34	1,20	4,19	4,01
0,9				0,84	0,66	1,21	1,21	1,01	3,81	3,63
0,95				0,80	0,69	1,16	1,15	0,93	3,65	3,46

Продолжение табл. 4

У скулы при d = const				У скулы при h = const					
b _{скул} , м (5)	b _{скул} /d [12]/[7]	h _{скул} /d (1)	h _{скул} , м [14]/[7]	(b/d) _{скул} (4)	h/d _{скул} (1)	d _{скул} , м [15]/[17]	b _{скул} , м [16]/[18]	$S_{скул} = \frac{3,14d_{скул}}{3,14[18]}$, м	$S_{\square} = \frac{2*(h+b_{скул})}{2*([3]+[19])}$, м
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
0,26	0,39	1,05	0,71	0,39	1,05	0,76	0,29	2,39	2,19
1,03	1,08	0,45	0,43	1,08	0,45	1,79	1,93	5,62	5,46
0,86	0,96	0,55	0,49	0,96	0,55	1,46	1,41	4,59	4,41
0,78	0,90	0,60	0,52	0,90	0,60	1,34	1,21	4,20	4,02
1,16	1,15	0,38	0,38	1,15	0,38	2,11	2,43	6,62	6,46
1,34	1,25	0,30	0,32	1,25	0,30	2,71	3,38	8,50	8,36
1,46	1,31	0,25	0,27	1,31	0,25	3,26	4,26	10,24	10,13
1,83	1,46	0,11	0,14	1,46	0,11	7,21	10,52	22,63	22,64
1,54	1,34	0,21	0,24	1,35	0,21	3,78	5,08	11,87	11,77
1,42	1,29	0,26	0,29	1,29	0,26	3,05	3,93	9,59	9,46
1,61	1,37	0,19	0,22	1,37	0,19	4,26	5,85	13,38	13,30
1,66	1,39	0,17	0,20	1,39	0,17	4,71	6,56	14,80	14,73
1,69	1,41	0,16	0,19	1,41	0,16	5,14	7,24	16,13	16,07
2,05	1,54	0,04	0,06	1,54	0,04	18,22	28,00	57,22	57,60
1,73	1,42	0,14	0,18	1,42	0,14	5,53	7,87	17,37	17,33
1,59	1,36	0,19	0,23	1,36	0,19	4,10	5,60	12,89	12,80

Заключение

Проведенное исследование позволило установить зависимости формы и размеров надувных оболочек, располагаемых под корпусом судна при разных его осадках и давлении в оболочках. Полученные аналитические зависимости позволяют

производить расчетное проектирование оболочек с прогнозируемыми высотой и шириной подводного под корпус судна канала.

Список литературы

1. Малышев И.В. Отстой флота и выморозочные работы при судоремонте. – Москва : Транспорт, 1967, С.111
2. Гуревич И. М., Зеличенко А.Я., Кулик Ю. Г. Под ред. И.М. Гуревич. Технология судостроения и судоремонта. Учебник для вузов водн. трансп. М., «Транспорт», 1976 С.204-205.
3. Видецкий А.Ф. Книга. Справочник. Ремонт речных судов. ред. Видецкий А.Ф. М. Транспорт, 1988, с.34.
4. Выморозка кораблей. Полярник рассказал, как устроена самая тяжелая работа в мире, где роют ледяные тоннели.
URL:https://trendymen.ru/lifestyle/events/135839?utm_medium=organic&utm_source=yan dexsmartcamera/(дата обращения 28.08.2025).
5. Гуревич С.А., Маркова Ф. П., Усакова Н. Б., Узлова Л. П. Нормы времени на ледокольные и выморозочные работы. - Москва : Транспорт, 1967, С. 11-15.
6. ФАУ «Российское Классификационное Общество». Правила классификации и постройки судов. URL: <https://rfclass.ru/izdaniya-rko/pravila-klassifikatsii-postroyki-i-osvidetelstvovaniya-sudov-vvp-sudov-smeshannogo-reka-more-plavaniya-plavuchikh-obektov/pravila-klassifikatsii-i-postroyki-sudov/>(дата обращения 28.08.2025).
7. Пат. №1124096 Способ возведения ледяных сооружений в водоемах: СССР, МПК E02B17/00, E02B7/00 Макаров В.И., Краснов Ю. Н., №3626028; заяв. 1983.07.21; опубл. 1984.11.15.
8. Пат. №565175 Установка для заготовки использования льда: СССР, М. Кл² F 25D 31/00, F 25C 1/02 / П.М. Енин, В. И. Облинцев, А. Г. Егiazаров, В.Т. Новоков, В. А. Пойгин, Н. К. Люненко и Б. И. Вакуленко - №2060931/13 заяв. 17.09.74; опубл. 15.07.77. Бюл. №26.
9. Пат. № 2067141 Способ выполнения выморозочных работ: Российская Федерация, МПК E02 B 14/00 / Бимбереков П.А.; заявитель и патентообладатель Бимбереков П.А. –№92015926/11; заяв. 30.12.1992; опубл. 27.09.1996, бюл. №24.
10. Пат. №2254525 Способ выморозки судна: Российская Федерация, МПК F25 C 1/12, E 02 B 17/00 / Бутаков А.Н.; заявитель и патентообладатель Бутаков А.Н. - №2001133500/12; заяв. 07.12.2001; опубл. 27.03.2004 Бюл. №17.
11. Бимбереков П.А., Звонков В.Д. Исследование точности определения значений по шкале осадок с применением фото и видеосъемки. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, 2014, № 1-2, с. 169-173.

References

1. Malyshev, I. V. Fleet layup and freezing operations during ship repair. – Moscow : Transport, 1967, p.111
2. Gurevich, I. M., Zelichenko, A. Ya., Kulik, Yu. G. Under the editorship of I. M. Gurevich. Technology of shipbuilding and ship repair. Textbook for higher education institutions of water transport. Moscow, "Transport", 1976 pp. 204-205.
3. Videtsky, A. F. Book. Handbook. Repair of river vessels. ed. Videtsky, A. F. Moscow Transport, 1988, p. 34.
4. Vymorozka korablej. Polyarnik rasskazal, kak ustroena samaya tyazhelaya rabota v mire, gde royut ledyanye tonneli.
URL:https://trendymen.ru/lifestyle/events/135839?utm_medium=organic&utm_source=yan dexsmartcamera/(data obrashcheniya 28.08.2025).
5. Gurevich, S.A., Markova, F.P., Usakova, N.B., Uzlova, L.P. Time standards for icebreaking and freezing operations. - Moscow : Transport, 1967, p.11-15
6. FAU «Rossijskoe Klassifikacionnoe Obshchestvo». Pravila klassifikatsii i postroyki sudov. URL:<https://rfclass.ru/izdaniya-rko/pravila-klassifikatsii-postroyki-i-osvidetelstvovaniya-sudov-vvp-sudov-smeshannogo-reka-more-plavaniya-plavuchikh-obektov/pravila-klassifikatsii-i-postroyki-sudov/> (data obrashcheniya 18.05.25).

7. Pat. №1124096 Method for constructing ice structures in reservoirs: USSR, IPC E02B17/00, E02B7/00 Makarov, V.I., Krasnov, Yu.N., No. 3626028; declared. 1983.07.21; published. 1984.11.15.
8. Pat. №565175 Installation for harvesting and using ice: USSR, IPC F 25D 31/00, F 25C 1/02 / P.M. Enin, V.I. Oblintsev, A.G. Egiazarov, V.T. Novokov, V.A. Poigin, N.K. Lyunenkov and B.I. Vakulenko - declared No. 2060931/13. 17.09.74; published 15.07.77. Bulletin No. 26.
9. Pat. №2067141 Method for performing freezing operations: Russian Federation, IPC E02 B 14/00 / Bimberekov, P.A.; applicant and patent holder Bimberekov, P.A. – No. 92015926/11; appl. 30.12.1992; published 27.09.1996, Bulletin No. 24.
10. Pat. №2254525 Method for freezing out a vessel: Russian Federation, IPC F25 C 1/12, E 02 B 17/00 / Butakov, A.N.; applicant and patent holder Butakov, A.N. -№2001133500/12; declared 07.12.2001; published 27.03.2004 Bulletin №17.
11. Bimberekov, P.A., Zvonkov, V.D. Study of the accuracy of determining values on the draft scale using photo and video filming. Scientific problems of transport of Siberia and the Far East, 2014, No. 1-2, pp.169-173.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Бимбереков Павел Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры Теории корабля, судостроения и технологии материалов, Сибирский государственный университет водного транспорта, 630099, Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail: bimberekov@yandex.ru

Pavel A. Bimberekov, Dr. Sci. (Eng), Assistant professor, Professor of the Department Ship Theory, Shipbuilding and Materials Technology, Siberian State University of Water Transport, 630099, Novosibirsk, Shchetinkina str., 33, e-mail: bimberekov@yandex.ru

Емельянов Андрей Дмитриевич, аспирант, Сибирский государственный университет водного транспорта, 630099, Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail: vip.andrey.emelyanov@mail.ru

Andrey D. Emelyanov, graduate student, Siberian State University of Water Transport, 630099, Novosibirsk, Shchetinkina str., 33, e-mail: vip.andrey.emelyanov@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.07.2025; опубликована онлайн 20.09.2025.
Received 28.07.2025; published online 20.09.2025.