

УДК 629.5.028.7
К 14

ВЫБОР ЯКОРНОГО СНАБЖЕНИЯ ЯХТ

А. Я. Казарезов, д-р техн. наук, проф.;
Ю. Н. Пашенко, канд. техн. наук, доц.

Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Аннотация. Якорное снабжение яхты выбирается в соответствии с требованиями классификационного общества, которые определяются количественно в зависимости от условного критерия, имеющего наименование характеристики снабжения.

Для ряда классификационных обществ определена зависимость требуемой массы якорей и цепи от характеристики снабжения. Сделана попытка сопоставить требования классификационных обществ к якорному снабжению яхт и массе якорей и якорной цепи, определяемой характеристикой снабжения.

Ключевые слова: яхта, якорь, цепь якорная, характеристика снабжения, масса якоря.

Анотація. Якірне обладнання яхти вибирається відповідно до вимог класифікаційного товариства, які визначаються кількісно залежно від умовного критерію, який називається характеристикою обладнання.

Для ряду класифікаційних товариств визначено залежність необхідної маси якорів і ланцюга від характеристики обладнання. Зроблено спробу зіставити вимоги класифікаційних товариств до якірного обладнання яхт і маси якорів та якірного ланцюга, яка визначається характеристикою постачання.

Ключові слова: яхта, якір, ланцюг якірний, характеристика постачання, маса якоря.

Abstract. The anchor equipment of a yacht is selected in accordance with the requirements of the classification society. The requirements are defined due to the conditional criterion which is called equipment characteristics.

For a number of classification societies the dependence of required anchors and a chain weight on the equipment characteristics is defined. An attempt is made to match the requirements of classification societies to the anchor equipment of yachts and the weight of anchors and an anchor chain which is defined by the equipment characteristics.

Keywords: yacht, anchor, anchor chain, equipment characteristics, weight anchor.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Снабжение яхты якорным устройством зависит от усилий, действующих на заякоренное судно. Эти силы условно разделяют на три категории: ветровые, волновые и усилия, вызванные течением. Указанные усилия действуют одновременно и взаимно влияют друг на друга. Большинство расчетных методов усилий, действующих на заякоренное судно, это влияние не учитывают [3–5]. Значительное влияние на силы, действующие на заякоренное судно, оказывает глубина якорной стоянки [6]. В настоящее время не существует достаточно корректной методики расчета поведения заякоренного судна малых размеров и определения сил, действующих на судно.

В практике проектирования яхт параметры якорного снабжения выбирают в соответствии с требованиями классификационного общества. Параметры якорного снабжения в данном случае определяются условной расчетной величиной, называемой характеристикой снабжения. В зависимости от характеристики снабжения яхты классификационное общество нормирует количество и массу якорей, калибр и суммарную длину якорных цепей, как основных параметров якорного устройства.

Каждое классификационное общество предлагает свою формулу для определения характеристики снабжения яхты, которая и определяет параметры якорно-

го устройства, обеспечивающего надежную якорную стоянку яхты.

Яхты, как моторные, так и парусные, в значительной мере чувствительны к изменению весовой нагрузки. Масса якоря яхты при прочих равных характеристиках устройства является решающим фактором для выбора его элементов. Поэтому снижение массы якоря, располагаемого в носовой оконечности яхты, является важной задачей при проектировании яхт. Классификационные общества, выдвигая свои требования к якорному устройству яхты, тем самым косвенно и нормируют массу якоря. В связи с указанным обстоятельством представляет интерес сравнение требований различных классификационных обществ к элементам якорного устройства яхты.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Детально зависимости длины якорной цепи и массы якорей от характеристики снабжения рассмотрены в [1].

Общий характер зависимости массы якоря от характеристики снабжения яхты достаточно хорошо описывается как линейной, так и степенной функциями. Форма зависимости массы якоря от характеристики снабжения яхты у Lloyd's Register of Shipping и Bureau Veritas совпадает, у Регистра судоходства Украины несколько отличается от формы зависимости этих классификационных обществ [1].

Общий характер зависимости длины якорных цепей от характеристики снабжения яхты достаточно хорошо описывается логарифмической функцией в требованиях Lloyd's Register of Shipping и Bureau Veritas. Форма зависимости длины якорных цепей от характеристики снабжения яхты у Регистра судоходства Украины четко описывается линейной функцией, что существенно отличается от требований Lloyd's Register of Shipping и Bureau Veritas [1].

Lloyd's Register of Shipping [9] предлагает следующую формулу для расчета характеристики снабжения:

$$EN = 10,76L_p(B/2 + D) + 5,38A, \quad (1)$$

где L_p – расчетная длина яхты, определяемая как среднее значение наибольшей длины и длины по ватерлинии; B – ширина корпуса; D – высота борта; A – боковая площадь парусности надстроек и рубок, ширина которых превышает половину ширины судна.

Bureau Veritas [7, 8] предлагает следующие формулы для определения характеристики снабжения:

$$EN = (\Delta)^{2/3} + 2\left(aB + \sum b_i \cdot h_i \cdot \sin Q_i\right) + 0,1A; \quad (2)$$

$$NA = 0,63(LBT)^{2/3} + 2\left(S_1 + \sum S_i \cdot \cos \alpha_i\right) + 0,1A, \quad (3)$$

где Δ – водоизмещение яхты; L – длина яхты по ватерлинии; B – ширина корпуса; T – осадка; a – высота надводного борта; b_i – ширина i -го яруса надстройки или рубки, превышающая четверть ширины яхты; h_i – высота i -го яруса надстройки или рубки, превышающая четверть ширины яхты; $S_1 = aB$; $S_i = b_i h_i$; Q_i – угол между лобовой стенкой i -го яруса надстройки или рубки и плоскостью ватерлинии; α_i – угол между лобовой стенкой i -го яруса надстройки или рубки и плоскостью шпангоута; A – боковая площадь парусности надстроек и рубок, ширина которых превышает четверть ширины судна.

Правила Регистра судоходства Украины [2] предлагают следующую формулу для определения харак-

теристики снабжения:

$$N_c = 0,6LBH_1 + A_1, \quad (4)$$

где L – расчетная длина яхты, определяемая как среднее значение наибольшей длины и длины по ватерлинии; B – ширина корпуса; H_1 – высота борта плюс 1/6 высоты киля; A_1 – половина объема надстроек, ширина которых превышает четверть ширины яхты.

Характеристики снабжения (1)–(3) имеют размерность площади, а характеристика снабжения (4) имеет размерность объема. Формулы (2) и (3), предлагаемые одним классификационным обществом для расчета характеристики снабжения в разное время, отличаются только значением коэффициента полноты водоизмещения яхты.

Большинство формул для определения характеристики снабжения яхты имеют сходную структуру, так как они основаны на физике происходящего явления. Однако рассчитанная по разным формулам характеристика снабжения для конкретной яхты будет иметь различные числовые значения. В соответствии со значением характеристики снабжения каждое классификационное общество для конкретной яхты назначит и свои требования к элементам якорного устройства.

Анализируя состояние вопроса определения характеристики снабжения яхты, приходим к следующему *нерешенному вопросу* – выбору классификационного общества, характеристика снабжения которого лучше отражает физическую суть явления и обеспечивает выбор надлежащих параметров якорного устройства яхты при минимальной его массе.

ЦЕЛЬ ДАННОЙ РАБОТЫ – сравнение параметров якорного устройства яхт, назначаемых разными классификационными обществами.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Требования к массе якорей и якорной цепи яхты, предъявляемые классификационными обществами, рассчитаны в зависимости от характеристики снабжения и приведены в табл. 1–4.

Таблица 1. Требования Регистра судоходства Украины (RSU 2004) к массе якорей и цепи

Характеристика снабжения, м ²	Водоизмещение, т	Масса якоря ПДС*, кг		Длина цепи, м	Калибр цепи, мм	Масса цепи, кг		Масса якорей и цепи, кг
		первого	второго			1 м	всей	
20	4	13	10,5	50	6	0,79	39,60	63
25	5	13,5	11	52	7	1,08	56,06	81
30	6	15	13	54	7	1,08	58,21	86
40	8	17	15	58	8	1,41	81,66	114
55	12	21	18	65	8	1,41	91,52	131
70	17	25	21	72	9	1,78	128,30	174
90	23	29	25	80	10	2,20	176,00	230
110	29	34,5	29	86	10	2,20	189,20	253

*Якорь ПДС – якорь повышенной держащей силы.

Продолж. табл. 1

Характеристика снабжения, м ²	Водоизмещение, т	Масса якоря ПДС, кг		Длина цепи, м	Калибр цепи, мм	Масса цепи, кг		Масса якорей и цепи, кг
		первого	второго			1 м	всей	
130	36	40	34	94	11	2,66	250,23	324
155	44	46,5	40	105	13	3,72	390,39	477
180	52	53	45	114	13	3,72	423,85	522
210	57	62	53	124	13	3,72	461,03	576
245	72	73,5	62	136	14	4,31	586,43	722
280	84	84	71	148	16	5,63	833,54	989
300	100	95	81	156	16	5,63	878,59	1055

Таблица 2. Требования Lloyd's Register of Shipping (RL 1978) к массе якорей и цепи

Характеристика снабжения, м ²	Масса каждого якоря ПДС, кг	Длина цепи, м	Калибр цепи, мм	Масса цепи, кг		Масса якорей и цепи, кг
				1 м	всей	
200	14	55	8	1,41	77,44	105
300	18	55	8	1,41	77,44	113
400	23	55	8	1,41	77,44	123
500	27	55	8	1,41	77,44	131
600	32	55	9	1,78	98,01	162
700	36	55	9	1,78	98,01	170
800	41	80	9	1,78	142,56	225
1000	50	110	11,2	2,76	303,56	404
1200	65	130	11,2	2,76	358,76	489
1600	90	170	12,5	3,44	584,38	764
2000	125	190	14	4,31	819,28	1069

Таблица 3. Требования Bureau Veritas (BV 2006) к массе якорей и цепи

Характеристика снабжения, м ²	Масса каждого якоря ПДС, кг	Длина цепи, м	Калибр цепи, мм	Масса цепи, кг		Масса якорей и цепи, кг
				1 м	всей	
11	8	75	6	0,79	59,40	75
13	10	80	6	0,79	63,36	83
15	11	85	6	0,79	67,32	89
17	13	95	8	1,41	133,76	160
19	14	100	8	1,41	140,80	169
21	16	105	8	1,41	147,84	180
23	18	110	8	1,41	154,88	191
25	19	115	8	1,41	161,92	200
27	21	120	8	1,41	168,96	211
29	23	125	8	1,41	176	222
32	26	130	10	2,20	286	338
36	30	137,5	10	2,20	302,50	363
40	35	137,5	10	2,20	302,50	373
44	40	152	10	2,20	334,40	414
48	45	165	11	2,66	439,23	529
54	50	165	11	2,66	439,23	539
62	62	180	12,5	3,44	618,75	743
70	75	192,5	12,5	3,44	661,72	812

Таблиця 4. Требования Bureau Veritas (BV 1993) к массе якорей и цепи

Характеристика снабжения, м ²	Масса якоря обыкновенного	Масса каж-дого якоря ПДС	Длина цепи, м	Калибр цепи, мм	Масса цепи, кг		Масса якорей ПДС и цепи	Масса якорей и цепи
	кг				1 м	всей		
11	15	11,28	35	7	1,08	37,73	60	68
13	19	14,29	40	7	1,08	43,12	72	81
15	23	17,29	45	8	1,41	63,36	98	109
17	26	19,55	50	8	1,41	70,40	109	122
19	30	22,56	55	9	1,78	98,01	143	158
21,5	33	24,81	60	9	1,78	106,92	157	173
24,5	39	29,32	65	10	2,20	143	202	221
28	45	33,83	70	10	2,20	154	222	244
32,5	52	39,10	75	11	2,66	199,65	278	304
37,5	62	46,62	80	12	3,17	253,44	347	377
42,5	72	54,14	85	13	3,72	316,03	424	460
47,5	82	61,65	90	14	4,31	388,08	511	552
55	91	68,42	95	14	4,31	409,64	546	592
65	113	84,96	100	15	4,95	495	665	721
75	135	101,50	105	16	5,63	591,36	794	861

Масса погонного метра цепи для возможности сопоставления требований классификационных обществ определена в табл. 1–4 по приближенной формуле, приведенной в [2], в зависимости от калибра цепи.

Масса якорей принята в соответствии с требованиями классификационных обществ, однако учитывается, что в большинстве случаев предусмотрены якоря повышенной держащей силы (ПДС). Регистр судоходства Украины в своих требованиях указывает массу штокового якоря, понимая под этим якорь повышенной держащей силы. Правила допускают при-

менение бесштокового якоря массой в 1,33 раза более требуемой, понимая под бесштоковым якорем обычный якорь [2]. В табл. 4 (Требования Bureau Veritas 1993 года к массе якорей и цепи) указаны как масса обыкновенного якоря, требуемая Правилами, так и масса якоря повышенной держащей силы, рассчитанная через коэффициент 1,33.

Сопоставим требования классификационных обществ к массе якорей и цепи на примере парусно-моторной яхты проекта «Антарес 49», основные данные которой приведены в табл. 5.

Таблиця 5. Параметры парусно-моторной яхты проекта «Антарес 49»

№ п/п	Параметр, единица измерения	Значение
1	Водоизмещение, т	22,5
2	Длина максимальная, м	15,0
3	Длина по ватерлинии, м	13,0
4	Ширина максимальная, м	4,50
5	Осадка максимальная, м	2,80
6	Осадка корпусом, м	0,90
7	Высота борта, м	2,02
8	Высота надводного борта, м	1,12
9	Высота килля, м	1,90
10	Боковая проекция площади парусности рубки, м ²	4,73
11	Ширина рубки, м	3,10
12	Высота рубки, м	0,63
13	Длина рубки, м	7,50
14	Объем рубки, м ³	14,65
15	Угол наклона лобовой стенки рубки к плоскости ватерлинии, рад (град)	0,247 (14)

Результаты расчета требований различных классификационных обществ к якорному снабжению парусно-моторной яхты проекта «Антарес 49» приведены в табл. 6. Масса якорей и цепи, требуемая раз-

личными классификационными обществами для яхты проекта «Антарес 49», в табл. 1–4 выделена курсивом. В требованиях Bureau Veritas указана масса обыкновенного якоря и якоря повышенной держащей силы.

Таблица 6. Требования классификационных обществ к якорному снабжению яхты проекта «Антарес 49»

№ п/п	Параметр, единица измерения	Наименование классификационного общества (тип используемого якоря)				
		RSU2004 (ПДС)	RL1978 (ПДС)	BV2006 (ПДС)	BV1993 (Простой)	BV1993 (ПДС)
1	Характеристика снабжения	95,65	643,23	22,43	23,83	23,83
2	Якорь 1, кг	34,5	36	18	39	29,3
3	Якорь 2, кг	29	36	18	39	29,3
4	Масса якорей, кг	63,5	72	36	78	58,6
5	Длина цепи, м	86	55	110	65	65
6	Калибр цепи, мм	10	9	8	10	10
7	Масса цепи, кг	189,2	98	155	143	143
8	Масса якорей и цепи, кг	253	170	191	221	201,6

На примере парусно-моторной яхты проекта «Антарес 49» можно сделать вывод о том, что Регистр судоходства Украины предъявляет наиболее жесткие требования к якорному снабжению яхт по сравнению с требованиями иных классификационных обществ.

Наименьшей массой обладает якорное снабжение, выбранное по Правилам Lloyd's Register of Shipping, якоря которого на 13 % тяжелее, чем якоря, выбранные по Правилам Регистра судоходства Украины. При этом масса цепи, выбранной по Правилам Lloyd's Register of Shipping, составляет 52 % от массы цепи, требуемой Правилами Регистра судоходства Украины, что объясняется в 1,56 раза более длинной цепью и большего калибра, чем требуемая Регистром судоходства Украины.

Представляет интерес и трансформация требований Bureau Veritas 2006 года по сравнению с 1993 годом. Масса якорей уменьшена, с учетом перехода на якорь повышенной держательной силы, на 63 %. В то же время длина цепи увеличена в 1,69 раза при уменьшении калибра цепи на 2 мм.

Для корректного сопоставления требований Bureau Veritas 1993 и 2006 годов к массе якоря необходимо принять во внимание, что в требованиях 1993 года рассматривается якорь обыкновенный, в требованиях 2006 года – якорь повышенной держательной силы. Большинство классификационных обществ видит разницу в массе указанных выше якорей в 1,33 раза. Однако даже с учетом названного выше коэффициента следует отметить, что требования Bureau Veritas 2006 года к массе якоря снижены по сравнению с требованиями 1993 года.

Таблица 7. Требования классификационных обществ к якорному снабжению яхты в зависимости от условной характеристики

RSU 2004		RL 1978		BV 2006		BV 1993		
Условная характеристика снабжения	Масса якорей ПДС и цепи, кг	Условная характеристика снабжения	Масса якорей ПДС и цепи, кг	Условная характеристика снабжения	Масса якорей ПДС и цепи, кг	Условная характеристика снабжения	Масса простых якорей и цепи, кг	Масса якорей ПДС и цепи, кг
20	63	30	105	46,86	75	44,11	68	60
25	81	45	113	55,38	83	52,13	81	72
30	86	60	123	63,9	89	60,15	109	98

Требования Bureau Veritas 2006 года к длине якорных цепей существенно выше по сравнению с требованиями 1993 года. Поскольку требования Bureau Veritas 2006 года к массе якорей снижены по сравнению с требованиями 1993 года, эти два обстоятельства определенным образом компенсируют друг друга и не приводят к значительному изменению массы всего устройства в целом.

Подобные изменения в требованиях Bureau Veritas 2006 года по сравнению с требованиями 1993 года к якорному снабжению яхт демонстрируют компромиссный подход к обеспечению надежной якорной стоянки – чем легче якорь, тем длиннее якорная цепь, и наоборот – чем тяжелее якорь, тем короче якорная цепь.

В свете указанной выше тенденции следует считать целесообразным в требованиях Регистра судоходства Украины уменьшение калибра якорной цепи.

Указанные выводы основываются на одиночном примере парусно-моторной яхты. Для возможности сопоставления требований классификационных обществ к массе якорей и цепи примем в качестве условной характеристики снабжения характеристику, определенную по требованиям Регистра судоходства Украины 2004 года к малым судам [2].

Результаты расчета требуемой классификационными обществами массы якорей и цепи в зависимости от условной характеристики снабжения приведены в табл. 7. Масса якорей и цепи, требуемая различными классификационными обществами для яхты проекта «Антарес 49», в табл. 7 выделена курсивом.

Продолж. табл. 7

RSU 2004		RL 1978		BV 2006		BV 1993		
Условная характеристика снабжения	Масса якорей ПДС и цепи, кг	Условная характеристика снабжения	Масса якорей ПДС и цепи, кг	Условная характеристика снабжения	Масса якорей ПДС и цепи, кг	Условная характеристика снабжения	Масса про-стых якорей и цепи, кг	Масса якорей ПДС и цепи, кг
40	114	75	131	72,42	160	68,17	122	109
55	131	90	162	80,94	169	76,19	158	143
70	174	105	170	89,46	180	86,22	173	157
90	230	120	225	97,98	191	98,25	221	202
110	253	150	404	106,5	200	112,28	244	222
130	324	180	489	115,02	211	130,33	304	278
155	477	240	764	123,54	222	150,38	377	347
180	522	300	1069	136,32	338	170,43	460	424
210	576	360	1817	153,36	363	190,48	552	511
245	722	420	2370	170,4	373	220,55	592	546
280	989	480	2582	187,44	414	260,65	721	665
300	1055	540	3310	204,48	529	300,75	861	794

Графическая зависимость требуемой классификационными обществами массы якорей и цепи от условной характеристики снабжения приведена на рис. 1.

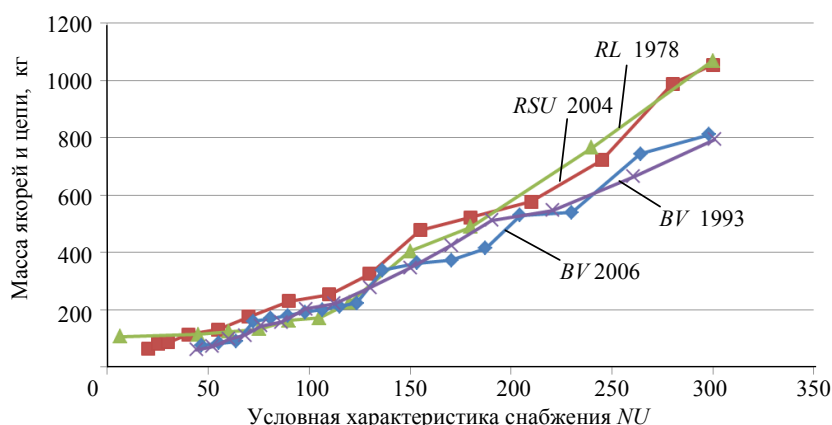


Рис. 1. Зависимость массы якорей и цепи от условной характеристики снабжения

Анализ зависимостей, приведенных на рис. 1, позволяет сделать следующие выводы.

В диапазоне значений условной характеристики снабжения от 75 до 110 единиц масса якорей и цепи, выбранная в соответствии с требованиями Lloyd's Register of Shipping, меньше, чем масса устройства, определяемая по требованиям иных классификационных обществ.

В диапазоне значений условной характеристики снабжения от 200 единиц и более масса якорей и цепи, выбранная в соответствии с требованиями Lloyd's Register of Shipping, превышает массу снабжения, определяемую по требованиям иных классификационных обществ.

В диапазоне значений условной характеристики снабжения от 125 единиц и выше минимальную массу якорей и цепи требует Bureau Veritas. При этом требования Bureau Veritas 2006 и 1993 годов поочередно обеспечивают минимальную массу снабжения.

В диапазоне значений условной характеристики снабжения от 50 до 175 единиц масса якорей и цепи, выбранная в соответствии с требованиями Правил Регистра судоходства Украины, больше, чем масса якоря снабжения, определяемая по требованиям иных классификационных обществ.

ВЫВОДЫ И НАПРАВЛЕНИЕ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Структура формул для расчета характеристики якорного снабжения яхт, используемых различными классификационными обществами, в той или иной мере отражает схему расчета сил, действующих на заякоренное судно.

2. Наиболее близка к физической сути происходящего явления формула для расчета характеристики якорного снабжения яхт, предлагаемая требованиями Bureau Veritas 2006 года.

3. Просматривается тенденция в требованиях Bureau Veritas к снижению массы якоря с одновременным увеличением длины якорной цепи.

4. Масса якорей и цепи, требуемая классификационными обществами во всем диапазоне значений условной характеристики якорного снабжения яхт соотносится по-разному. Нет ни одного классификационного общества, требования которого обеспечивают минимальную массу.

5. С точки зрения минимизации массы якорного снабжения яхты, следует отдать предпочтение выбору якорного устройства по Правилам Bureau Veritas

«Rules for the Classification and the Certification of Yachts», Part 3 Hull Structure, 01/93.

6. Требования Правил Регистра судоходства Украины, предъявляемые к якорному снабжению, нуждаются в усовершенствовании. В частности, следует считать целесообразным уменьшение калибра якорной цепи.

7. Для корректировки Правил Регистра судоходства Украины в области якорного снабжения яхт следует выполнить системные и более детальные исследования рассматриваемого вопроса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Казарезов, А. Я.** Анализ требований классификационных обществ к якорному снабжению яхт [Текст] / А. Я. Казарезов, С. Ф. Ильин // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2009. – № 4 (427) – С. 84–88.
- [2] Регистр судоходства Украины. Правила классификации и постройки малых судов [Текст]. – Т. 4, ч. 3. Устройства, оборудование и снабжение, 2004.
- [3] Справочник по судовым устройствам [Текст] : в 2 т. Т. 1. Рулевые, якорные и швартовные устройства / А. Н. Гурович, В. И. Асиновский, Б. Н. Лозгачев, Д. А. Гринберг. – Л. : Судостроение, 1975. – 352 с.
- [4] Судовые устройства [Текст] : справочник / под ред. М. Н. Александрова. – Л. : Судостроение, 1987. – 656 с.
- [5] Управление судном и его техническая эксплуатация [Текст] : учебник для учащихся судовод. спец. высш. инж. мор. училищ / Е. И. Жуков, М. Н. Либензон, М. Н. Письменный [и др.] ; под ред. А. И. Щетининой. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1983. – 655 с.
- [6] **Шулейкин, В. В.** Физика моря [Текст] / В. В. Шулейкин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1968. – 1083 с.
- [7] Bureau Veritas «Rules for the Classification and the Certification of Yachts». [Text]. – Part B. Hull and Stability. – July 2006.
- [8] Bureau Veritas «Rules for the Classification and the Certification of Yachts». [Text]. – Part 3. Hull Structure, 01/93.
- [9] Lloyd's Register of Shipping «Rules and Regulations for the Classification of Yachts and Small Craft» [Text]. – Part 2. Hull Construction, Chapter 6, Hull Arrangements. – August 1978.

© А. Я. Казарезов, Ю. М. Пашенко

Надійшла до редколегії 09.01.13

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
д-р техн. наук, проф. Б. А. Бугаєнко