

УДК 622.24

УЧЁТ ЛИМИТИРУЮЩИХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ В ПРОЕКТАХ
БУКСИРОВКИ БУРОВЫХ УСТАНОВОК И ДРУГИХ ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ
ИНДУСТРИИ

Б. С. Гуральник, В. В. Сатин

CONSIDERING LIMITING WEATHER CONDITIONS IN PREPARATION OF
PROJECTS FOR TOWAGE OF DRILLING PLATFORMS AND OTHER OBJECTS
OF MARINE INDUSTRY

B. S. Guralnik, V. V. Satin

В статье предлагается использовать новые справочные данные Регистра о режиме ветров и волнения при выборе сроков выхода из порта или места отстоя при буксировках ответственных объектов, чтобы исключить попадание в условия штормовой погоды. Для этого рекомендуется использовать данные об «окнах погоды» и продолжительности штормов в морях на всех участках маршрута буксировки. На примере неудачной буксировки судна «Д.Д.» показано, что выбор правильной тактики прохождения участков маршрута с использованием данных об «окнах погоды» позволил бы исключить повреждения буксируемого объекта, стоимость устранения которых составила около 900 млн руб.

В случае «сухой» транспортировки буровой установки, погруженной на баржу со свесами, при качке возможны вход свесов в воду, появление нагрузок на средства крепления от дополнительных сил плавучести и слеминга. В проекте морской операции буксировки должны быть определены ограничения из условия мореходности баржи с погруженной на неё буровой установкой, в частности при входе свесов в воду при качке. В статье показана возможность расчётного определения амплитуд бортовой качки баржи боксового типа с погруженной на неё буровой установкой для проверки возможности её безопасной дальнейшей океанской или морской буксировки. Практические расчёты амплитуд бортовой качки баржи «Е» с погруженной на неё буровой установкой «А» продемонстрировали возможность использования данной расчётной схемы.

безопасная буксировка, буровая платформа, авария, окна погоды, боксовая баржа, амплитуды бортовой качки

The paper suggests using the information on “weather windows” and duration of storms in the seas at all route sectors of the towage. Using the example of failed towage of the vessel “D.D.” we can show that choosing proper tactics for the arrangements of the object towage at all route stages using information on “weather windows” would exclude any damages of the towing object which amounted to 900 million roubles.

In case of “dry” transportation of a drilling platform being loaded with overhanging parts on the barge under the conditions of rolling we can evidence possible entering of

the overhanging parts into the water, appearance of additional loading at fastenings from additional force of floatage and slamming. "Project of marine operation" should determine the limitations on the basis of navigability of the barge with a drilling platform loaded in particular for the cases of entering of the hanging parts into the water under the circumstances of rolling. Practical calculations of rolling amplitude for «E» barge with the loaded drilling platform «A» have proved feasibility of this calculation model.

safety towing, drilling rig, accident, weather windows, box barges, rolling amplitude

В настоящее время достаточно часто возникает необходимость в морских и океанских буксировках повреждённых и неповреждённых судов, объектов шельфовых проектов, плавучих причалов и пр. Нередко транспортируемый объект грузится на баржу или специализированное судно со свесами, которые могут достигать 8 – 35 м на каждый борт.

При выполнении дальних буксировок случаются ситуации, когда караван попадает в условия плохой погоды. Иногда они заканчиваются авариями или даже катастрофами. Аварийные происшествия возможны вследствие входа свесов в воду, появления ударных нагрузок на корпус транспортируемого объекта от слеминга и дополнительных сил плавучести от вошедшего в воду объема, которые могут не выдержать средства крепления. Аварии также случаются при неправильно принятых решениях и действиях руководителя буксировки из-за недостаточного учёта ожидаемых условий плавания на маршруте буксировки.

Данные вопросы должны рассматриваться в «Проекте буксировки», который проходит одобрение в Регистре. Однако, как показывает практика, этим вопросам в проектах не всегда уделяется должное внимание.

Известно более 30 случаев гибели буровых установок при морских и океанских буксировках [1], [2]. Описанные в указанных источниках инциденты, аварийные происшествия и аварии являются проявлениями риска морских операций. Принятие решений при буксировках в настоящее время основывается на личном и коллективном опыте руководителя буксировки. В обычных условиях для капитана судна преодоление сложностей, в том числе и связанных с неблагоприятными погодными условиями, т.е. риск, является обычным делом, связанным с морской профессией. При буксировках дорогих объектов нефтегазового комплекса стоимостью сотни миллионов долларов риск недопустим и должен быть сведён к минимуму, поэтому стоит задача снизить или устранить воздействие этих факторов опасностей.

Анализ показывает, что во всех случаях с самоподъёмными буровыми установками [2] сценарий развития аварий был следующий:

1. Обрывался буксирный трос или оба троса при использовании двух буксиров.

2. Происходило нарушение непроницаемости корпуса. Отмечалось повреждение или разрушение гуськов воздушных трубок танков, лазов или других доступов внутрь корпуса волнами, заливающими палубу буровой установки. Нарушению водонепроницаемости и повреждению корпуса также способствовали колебания недостаточно надёжно закреплённых высоких ног

СПБУ. Далее вода распространялась внутри корпуса, происходили потеря плавучести, остойчивости и опрокидывание буровой установки.

В авариях с полупогружными установками наблюдалось разрушение конструкций корпусов или колонн, поддерживающих верхнее строение буровой платформы с появлением водотечности, распространение воды внутри корпуса, нарушение плавучести и остойчивости установки.

Однако первопричиной аварий во всех случаях являлась штормовая погода.

В связи с этим возникают две взаимосвязанные задачи:

- определение погодных условий, при которых происходит обрыв буксирного троса;
- выбор сроков выхода на маршрут буксировки и тактики прохождения отдельных его участков, чтобы исключить попадание в условия штормовой погоды заданной интенсивности.

Анализ данных [2] показал, что нижней границей волнения, при котором происходил обрыв буксирного троса, является волнение интенсивностью 6 баллов по шкале Бофорта. В нормативных документах МРС выполнение буксировочных работ тоже ограничивается волнением 6 баллов.

Строго говоря, причиной обрыва буксирного троса является превышение действующих усилий, которые определяются кинематикой и динамикой его работы, допустимой для данного троса нагрузки. Сегодня нет готовых решений этой задачи, и поэтому на данном этапе прием в качестве критерия обрыва буксирного троса характеристики волнения, соответствующие 6 баллам.

В настоящее время руководитель буксировки, анализируя трёх-, двухсуточные и текущий прогнозы, принимает решения о необходимости стоянки или начала движения и его направлении.

При получении прогноза о возможной неблагоприятной погоде с интенсивностью волнения 6 и выше баллов руководитель буксировки должен направить караван в порт-убежище. Аналогично выход на маршрут или из порта-убежища должен назначаться с учётом ожидаемого состояния погоды (балльности волнения) и продолжительности окон хорошей погоды.

Рассмотрим дальнюю океанскую или морскую буксировку. Весь маршрут разобьём на участки L_i , характеризующиеся подобными гидрометеороусловиями плавания. В таком случае буксировка будет заключаться в последовательном прохождении этих участков. Из-за непогоды караван заходит для отстоя в порт или место убежища.

Время прохождения каждого участка зависит от его протяженности, мореходности буксира и буксируемого объекта, назначенной для буксировки скорости, погодных условий и падения скорости на переходе от ветра и волнения.

Рассматриваемая нами задача позволяет ввести упрощающие допущения.

Будем считать, что на каждом участке караван движется прямолинейно и с постоянной средней скоростью независимо от интенсивности волнения. Данное допущение позволяет нам не учитывать падение скорости на разных участках маршрута от ветра и волнения. Дополнительной возможностью такого допущения является то, что Регистр регламентирует скорость буксировки величиной $v_s = 5$ уз. Отметим, что на практике караван при буксировке может развивать скорость до 8 уз.

С учётом сделанных допущений, время прохождения каждого участка маршрута буксировки будет $T_i = L_i / v_s$.

Для того чтобы караван не попал на i -м участке в шторм, нужно, чтобы продолжительность окна хорошей погоды θ_i была больше T_i , т.е. $\theta_i \geq T_i$.

Под штормом будем понимать, как показано выше, превышение ожидаемых высот волн значения $h_{3\%} \geq 6$ м. Таким образом, при планировании, организации и проведении буксировочных работ необходимо знать продолжительность штормов и длительность окон погоды на всех участках буксировки.

Гидрометеоусловия в районе перехода подвержены межгодовой, сезонной и синоптической изменчивости атмосферной циркуляции [3].

При решении оперативных задач и принятии решений по выбору определённых действий при буксировке должна учитываться синоптическая изменчивость ожидаемых погодных условий.

Изменчивость синоптических факторов волнообразования (скорость ветра в районе, время его действия, направление и расстояние разгона ветра) приводит к развитию, появлению штормов и их затуханию. Изменяющиеся в рассматриваемом районе высоты волн образуют чередующиеся последовательности штормов и окон погоды.

Для Азовского, Балтийского, Баренцева, Карского, Каспийского, Северного, Средиземного, Охотского, Чёрного морей среднюю S_{CP} , максимальную S_{max} продолжительность шторма и длительность окон погоды θ можно взять из материалов Регистра [3, 4].

Для районов, не вошедших в этот перечень, величины S_{CP} , S_{max} , θ можно вычислить по формулам, приведённым в [3, 4].

С использованием данных о S_{CP} , S_{max} , θ решаются задачи планирования и организации прохождения всех участков маршрута транспортировки таким образом, чтобы не встретить штормовую погоду, а в случае наступления шторма - нахождения времени отстоя в портах убежищах в ожидании окон хорошей погоды.

Данная процедура также может применяться при анализе принятых решений в случае некачественных аварийных буксировок.

Рассмотрим буксировку судна для перевозки подвижной техники «Д.Д» из п. Санкт Петербург в п. Калининград в осенний период.

Согласно Проекту, одобренному Регистром, маршрут буксировки был разбит на участки, как показано в табл. 1.

Таблица 1. Разбивка маршрута буксировки на участки
Table 1. Breakdown of a towage route in stages

№ п/п	Участок маршрута	Протяжённость участка, мили	Плановое время прохождения участка, ч	Район Балтийского моря согласно [3]
1	Санкт-Петербург-п. Таллинн	170	21	7 и 6
2	п.Таллинн-Ирбенский пролив	65	8	5

Окончание табл. 1

№ п/п	Участок маршрута	Протяжённость участка, мили	Плановое время прохождения участка, ч	Район Балтийского моря согласно [3]
3	Рижский залив-п. Вентспилс	45	5,5	5
4	п. Вентспилс-п. Лиепая	62	8	3
5	п. Лиепая-п. Клайпеда	52	6,5	2
6	п. Клайпеда-п. Балтийск	78	10	2

Как видно из табл. 1, при буксировке караван должен пройти районы 7 и 6 Балтийского моря от п. С. Петербург до п. Таллинн и затем до выхода из Финского залива. Далее возможны два варианта прохождения района 5 Балтийского моря. По первому варианту караван проливами зайдёт в Рижский залив и через Ирбенский пролив выйдет к п. Вентспилс. По второму варианту маршрут пройдёт по 5-му району Балтийского моря до п. Вентспилс, обходя о-ва Хийумаа и Саарема с северо-запада. От п. Вентспилс до п. Лиепая караван пройдёт по 3-му району Балтийского моря. Участок маршрута от п. Лиепая до п. Клайпеда, а затем до п. Балтийск проходит по 2-му району Балтийского моря.

В качестве критерия безопасности буксировки примем условие $Z = h_{3\%} > 5\text{ м}$, которое является максимальным наблюдаемым значением по принятой в [4] градации высот волн в Балтийском море.

В общем случае в качестве критерия безопасности буксировки следует принимать $Z = h_{3\%} \geq 6\text{ м}$.

Ожидаемые в ноябре продолжительности штормов и «окон погоды» по рассматриваемым районам Балтийского моря возьмём из [4].

Таблица 2. Ожидаемые в ноябре продолжительности штормов и «окон погоды» в сутках по районам Балтийского моря

Table 2. Storms duration and weather windows expected in November per days for the areas of the Baltic Sea

Район	S_{cp}	σ_S	S_{max}	θ_{cp}	σ_θ	θ_{max}	Время перехода
7	0,4	0,1	0,6	30	-	30	29 ч (1,21 сут)
6	0,5	0,2	0,8	30	-	30	
5	0,5	0,3	1,0	16,5	36,4	30	14 ч (0,58 сут)
3	0,5	0,2	0,9	14,4	21,7	30	8 ч (0,30 сут)
2	0,5	0,3	1,0	12,5	18,8	30	16,5 ч (0,69сут)

Как видно из табл. 2, выбор «окна погоды» при буксировке по всем районам маршрута не должен вызвать затруднений, так как продолжительность «окна погоды» значительно превышает время перехода по району. Максимальная продолжительность штормов с $h_{3\%} > 5\text{ м}$ в этих районах не превышает 1 сут, и поэтому руководитель буксировки имеет возможность при необходимости переждать шторм в п. Вентспилс, Лиепая, Клайпеда и так назначить срок выхода из порта убежища, чтобы не попасть в условия штормовой погоды. В то же время,

существует вероятность, что штормовая погода в этих районах и не наступит, так как по статистике продолжительность «окон погоды» по районам может быть до 30 сут.

На практике при реализации данной буксировки ситуация развивалась следующим образом.

Караван вышел из п. Санкт Петербург, прошёл район п. Таллинн и 04.11.2013 г. двигался на выход из Финского залива. Как следует из записей в судовом журнале, на буксире был получен неблагоприятный прогноз погоды с ожидаемым усилением ветра до 15 м/с, тем не менее буксировку продолжили. При выходе в район 5 Балтийского моря караван встретил тяжелую погоду, ветер южных направлений силой до 13 м/с. Во избежание обрыва буксирной линии начали движение в направлении пролива Муху-Вяйн. При буксировке по Рижскому заливу дважды происходил обрыв буксирного троса. Чтобы предотвратить после обрыва троса посадку буксируемого объекта на мель, на него завели швартовные концы, которые тоже были порваны, и при этом оказались вырваны кормовые кнехты правого и левого бортов. Во время авральных работ по заведению швартовых и аварийного буксирного тросов произошло несколько навалов на буксируемое судно, которое получило многочисленные вмятины, несколько пробоин и проколов наружной обшивки, при залипании волнами на судне были затоплены два отсека.

Затраты, связанные с устранением полученных при буксировке повреждений, составили около 900 тыс. руб.

Проведённый анализ показал, что практически все повреждения буксируемый объект получил за 9,5 ч, в период с 18:30 4-го ноября по 03:55 5-го ноября, когда караван находился в условиях штормовой погоды в 5-м районе Балтийского моря.

Как показано в табл. 2, средняя и максимальная продолжительность штормов в ноябре в данном районе, согласно [4], составляет соответственно 0,5 и 1,0 сут.

Таким образом, если бы караван задержался в п. Таллинн или на выходе из Финского залива на 1 сут, то штормовая погода утихла бы и караван смог бы благополучно пройти через 5-й район Балтийского моря, а буксируемый объект не получил бы повреждения.

Данный пример показывает, что инженерно-обоснованный выбор тактики прохождения отдельных маршрутов буксировки позволяет исключить попадание в условия штормовой погоды заданной интенсивности и предотвратить получение значительных повреждений.

При транспортировках объектов со свесами также требуется определить ограничения по волнению, когда свесы начнут входить в воду.

Согласно Правилам Регистра буксировки ограничиваются 6-балльным волнением ($h_{3\%} = 6$ м). Однако при качке большие свесы могут начать входить в воду и при меньшем волнении. Это обстоятельство, как правило, не рассматривается, но должно быть учтено при разработке «Проекта буксировки».

Рассмотрим баржу с погруженной на неё со свесами буровой установкой, как показано на рисунке. На тихой воде баржа с буровой плавает с исходной ватерлинией $W L$. Свес начнёт входить в воду при накренивании баржи при качке или по другим причинам по ватерлинию $W_1 L_1$. В случае входа свеса в воду при

качке корпус буровой платформы будет испытывать ударные нагрузки от слеминга, появятся дополнительные отрывающие усилия, действующие на средства крепления буровой установки.

Используя элементарные геометрические соображения и рисунок, получим, что свес начнёт входить в воду, если угол крена баржи составит $\Theta = f / (B/2 + l_s)$.

Наша задача - определить условия, при которых буксировка будет безопасной. Примем, что предельно допустимым волнением для буксировки будет состояние моря, при котором угол крена при бортовой качке Θ_k равен Θ , т.е. когда соблюдается условие $\Theta_k = \Theta$.

Как правило, наибольшие амплитуды качки наблюдаются при положении объекта лагом к набегающему волнению. Караван из буксира с баржей на буксирном тросе имеет ограниченные возможности для маневрирования для выбора оптимального курса.

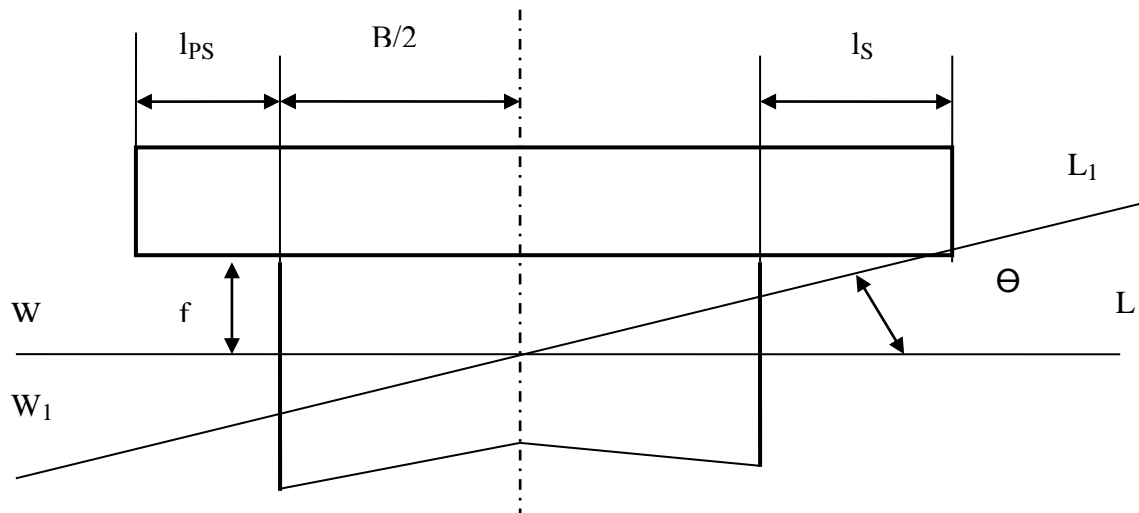


Рис. Схема входа свеса в воду
Fig. Scheme of an overhanging part entering into water

Поэтому рассмотрим качку баржи без хода, расположенной лагом к набегающему волнению, а также на данном этапе не будем учитывать возможное демпфирующее влияние буксирного троса на бортовую качку на косых курсовых углах.

Амплитудно-частотная характеристика бортовой качки по отношению к углу волнового склона α , согласно ОСТ 5.1003-80, определяется выражением

$$\Phi_{\Theta}(\sigma) = \Theta/\alpha = \sigma^2 \cdot \chi_{\Theta}(\sigma) / (2g \cdot (1 - (\sigma/\omega_{\Theta})^2)^2 + 4\mu_{\Theta}^2 \cdot (\sigma/\omega_{\Theta})^2)^{0,5},$$

где χ_{Θ} - редуцированный коэффициент, зависящий от соотношений ширины и осадки к длине волны и от формы обводов судна; σ, ω_{Θ} - соответственно частота набегающего волнения и частота собственных колебаний баржи с погруженной буровой установкой; $2\mu_{\Theta}$ - коэффициент сопротивления бортовой качки.

В качестве расчетного для двумерного нерегулярного волнения примем рекомендуемый ОСТ 5.1003-80 двухпараметрический спектр морского волнения

$$S^{\circ}_{\zeta} = S_1(\sigma) + S_2(\sigma).$$

Параметры спектров $S_1(\sigma)$, $S_2(\sigma)$ определяются по ОСТ 5.1003-80.

Спектр и дисперсия амплитуд бортовой качки по ОСТ 5.1003-80 определяется по формулам:

$$S_{\Theta}(\sigma) = |\Phi_{\Theta}(\sigma)| S_{\zeta}^0(\sigma), \quad D_{\Theta}(\sigma) = \int_{-\infty}^{\infty} S_{\Theta}(\sigma) d(\sigma).$$

В таком случае амплитуды, средние амплитуды и амплитуды бортовой качки 3%-ной обеспеченности будут определяться известными соотношениями:

$$\Theta = (D_{\Theta}(\sigma))^{0,5}, \quad \Theta_{\text{ср}} = 1,25 * \Theta, \quad \Theta_{3\%} = 2,11 * \Theta_{\text{ср}}.$$

Частоту собственных колебаний баржи рассчитаем по общепринятой формуле [4]

$$\omega_{\Theta} = 2\pi/\tau_{\Theta} = (Mgh/I_x + \lambda_{44})^{0,5}.$$

Момент инерции I_x вычислим по формуле Дуайэра [5], предложенной для объектов, имеющих форму параллелепипеда.

Присоединённый момент инерции λ_{44} для прямоугольного понтона, плавающего на поверхности жидкости неограниченной глубины, был определён по формуле, заимствованной из [6].

Используемые при выполнении рассматриваемых нами работ баржи-понтонеры обычно имеют большие отношения ширины к осадке и малые отношения длины к ширине. По сравнению с типовыми судами у них значительно большие коэффициенты общей полноты и полноты ватерлинии, близкие к единице.

По этим показателям баржи-понтонеры выходят за границы, использованные в ОСТ 5.10003-80 для вычисления χ_{Θ} и μ_{Θ} и в номограммах для определения μ_{Θ} В. В. Луговского и С. М. Паненко.

Поэтому в наших расчётах при вычислении χ_{Θ} для баржи-понтонеры применим приближённую формулу, полученную в ЦНИИ им акад. А. Н. Крылова [7].

Для нахождения коэффициента демпфирования бортовой качки μ_{Θ} были использованы данные мореходных испытаний модели трубокладчика, приведенные в [8], который имел близкие к рассматриваемым нами баржам размерения.

Испытания проводили на нерегулярном волнении, соответствующем $H_s = 2,20$ м, с максимумом спектра JONSWAP $T_m = 8$ с. При этих условиях на чисто лаговом волнении модель испытывала бортовую качку с амплитудой $\Theta_{1/3} = 7^{\circ}$, что соответствует $\Theta_{3\%} = 9,31^{\circ}$. Расчёты бортовой качки с использованием описанных выше зависимостей показали, что такие углы крена от качки при условиях испытаний возможны при $2\mu_{\Theta} = 0,225$.

На наш взгляд, данное значение $2\mu_{\Theta}$ следует принимать в расчётах, если нет фактических данных о $2\mu_{\Theta}$ для рассматриваемого объекта.

Рассмотрим применимость данной методики при оценке безопасности транспортировки СПБУ «А» на барже понтонного типа «Е». Характеристики баржи «Е» с погруженной буровой платформой СПБУ «А» приведены в табл. 3.

Таблица 3. Характеристики баржи «Е» с погруженной буровой платформой
Table 3. "E" barge parameters with drilling rig loaded on it

L, м	B, м	T, м	M, т	δ	α	h, м	r, м
87,782	30,48	4,2	10671	0,926	1,0	9,1	20,3

Буровая установка погружена на баржу со свесами на левый и правый борта 8,5 и 11,5 м соответственно, которые начнут входить в воду при крене $\Theta = 7,47$ град.

При выполнении расчётов бортовой качки будем руководствоваться алгоритмом ОСТ 5.1003-80 и полученными выше данными [5 - 8].

Расчёты, выполненные для волнения 4, 5 и 6 баллов, которым соответствуют высоты волн 2; 3,5 и 6 м, показали, что свес начнёт входить в воду при высоте волн $h_{3\%} = 2,4$ м. Данное волнение следует рассматривать как ограничение при составлении проекта буксировки данного объекта.

На наш взгляд, оценка возможности входа свесов в воду должна рассматриваться в «Проекте буксировки» для назначения предельного для буксировки волнения. Это особенно актуально для объектов нефтегазового комплекса, стоимость которых составляет сотни миллионов долларов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Oil rig grounding off Tristan da Cunha. Gard News. Issue 189 February/April, 2008, p. 16-17.
2. <http://home.versatel.nl>
3. Справочные данные по режиму ветра и волнения Баренцева, Охотского и Каспийского морей. – Санкт-Петербург: Российский Морской Регистр Судоходства [Russian Maritime Register of Shipping], 2003.
4. Справочные данные по режиму ветра и волнения Балтийского, Северного, Черного, Азовского и Средиземного морей.- Санкт-Петербург: Российский Морской Регистр Судоходства, 2006.
5. Справочник по теории корабля: в 3 т. / под ред. Я. И. Войткунского. - Ленинград: Судостроение, 1985. – Т. 2. Статика судов. Качка судов. – 440 с.
6. Короткин, А. И. Присоединённые массы судостроительных конструкций: справочник / А. И. Короткин. – Санкт-Петербург: Мор Вест, 2007. - 448 с.
7. Маков, Ю. Л. Качка судов: учеб. пособие / Ю. Л. Маков. - Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2007. – 321 с.
8. Мореходность судов и средств океанотехники. Методы оценки: монография / науч. ред. И. К. Бородай / ФГОУП «Крыловский государственный научный центр». – Санкт-Петербург, 2013.

REFERENCES

1. Oil rig grounding off Tristan da Cunha. Gard News. Issue 189 February-April, 2008, pp. 16-17.
2. Available at: <http://home.versatel.nl>
3. *Spravochnye dannye po rezhimu vetra i volneniya Barentseva, Okhotskogo i Kaspiyskogo morey* [Reference information on wind and waves regime of the Barents Sea, the Sea of Okhotsk and the Caspian Sea]. Saint-Petersburg, Rossiyskiy morskoy registr sudokhodstva [Russian Maritime Register of Shipping], 2003.

4. *Spravochnye dannye po rezhimu vetra i volneniya Baltiyskogo, Severnogo, Chernogo, Azovskogo i Sredizemnogo morey* [Reference information on wind and waves regime of the Baltic Sea, the North Sea, the Black Sea, the Sea of Azov and the Mediterranean Sea]. Saint-Petersburg, Rossiyskiy Morskoy Registr Sudokhodstva, 2006.

5. *Spravochnik po teorii korablya: V trekh tomakh. T 2. Statika sudov. Kachka sudov / Pod red. Ya. I. Voytkunskogo* [Reference book on theoretical naval architecture: in 3 volumes. Volume 2. Statics of vessels. Rolling and pitching of vessels / Edited by Ya. I. Voytkunskiy]. L.: Sudostroenie [Shipbuilding industry], 1985.

6. Korotkin A.I. *Prisoedinennye massy sudostroitel'nykh konstruksiy: Spravochnik* [Added masses of shipbuilding constructions: The reference book]. Saint-Petersburg, Mor Vest, 2007.

7. Makov Yu.L. *Kachka sudov: ucheb. posobie* [Rolling and pitching of vessels: educational guidance]. Kaliningrad: Izd-vo FGOU VPO «KGTU», 2007.

8. *Morekhodnost' sudov i sredstv okeanotekhniki. Metody otsenki* [Sea-going qualities of vessels and characteristics of ocean engineering means. Evaluation methods]. FGOU «Krylovskiy gosudarstvennyy nauchnyy tsentr» [FSUE «Krylov State Research Center»], Saint-Petersburg, 2013.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гуральник Борис Самуилович – Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»; кандидат технических наук, доцент кафедры теории, эксплуатации судов и промышленного рыболовства;
E mail: tspr@bga.gaziner.net

Guralnik Boris Samuilovich – Baltic Fishing Fleet State Academy FSGEI HPE «Kaliningrad State Technical University»; PhD, Associate Professor of the Department of theory, vessel operation and commercial fishery; E mail: tspr@bga.gaziner.net

Сатин Виктор Владимирович – Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»; доцент кафедры теории, эксплуатации судов и промышленного рыболовства; E mail: tspr@bga.gaziner.net

Satin Victor Vladimirovich – Baltic Fishing Fleet State Academy FSGEI HPE «Kaliningrad State Technical University»; Associate Professor of the Department of theory, vessel operation and commercial fishery; E mail: tspr@bga.gaziner.net