

УДК 656.61.052

## ПРОБЛЕМЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ КРИТЕРИЕВ ОСТОЙЧИВОСТИ СУДНА В НЕПОВРЕЖДЁННОМ СОСТОЯНИИ

Осокин Михаил Викторович<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент

e-mail: [kaf\\_sbs@vsuwt.ru](mailto:kaf_sbs@vsuwt.ru)

Жуков Максим Валерьевич<sup>1</sup>, аспирант

e-mail: [kaf\\_sbs@vsuwt.ru](mailto:kaf_sbs@vsuwt.ru)

<sup>1</sup> Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

**Аннотация.** Предложение ИМО второго поколения критериев недостаточной остойчивости для судов в неповрежденном состоянии составлено на базе пяти режимов неудовлетворительной остойчивости. В данном материале представлена многоуровневая система оценки, рассмотрены методы расчётов, связанные со вторым поколением критериев динамической остойчивости судна на волнении, сложности, связанные с их практическим применением, ввиду недостатка информации на борту судна и намечены пути решения указанных проблем.

**Ключевые слова:** критерии остойчивости, момент инерции действующей ватерлинии, избыточные ускорения, параметрический резонанс качки, серфинг, бродинг.

## PROBLEMS OF PRACTICAL APPLICATION OF THE SECOND GENERATION CRITERIA FOR INTACT STABILITY OF A VESSEL

Osokin Mikhail Victorovich<sup>1</sup>, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

e-mail: [kaf\\_sbs@vsuwt.ru](mailto:kaf_sbs@vsuwt.ru)

Zhukov Maxim Valerievich<sup>1</sup>, Doctoral Student

e-mail: [kaf\\_sbs@vsuwt.ru](mailto:kaf_sbs@vsuwt.ru)

<sup>1</sup> Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

**Abstract.** IMO's proposal of the second-generation criteria for intact stability for ships in an undamaged state is based on five modes of unsatisfactory stability. This material presents a multi-level assessment system, considers calculation methods related to the second generation of criteria for dynamic stability of a vessel in waves, difficulties associated with their practical application due to lack of information on board the vessel and outlines ways to solve these problems.

**Keywords:** stability criteria, transverse moment of inertia of the water plane, excessive acceleration, parametric rolling, surfing, broaching.

Остойчивость судна в настоящее время регламентируется ИМО путём применения положений Кодекса по остойчивости судов в неповреждённом состоянии 2008 года [1] с поправками, принятыми в течение последующего ряда лет. Изложенные в нём

обязательные критерии остойчивости базируются в основном на использовании статистики аварийных происшествий. Вместе с тем в последние годы проводились и проводятся в большом объёме исследования для разработки научных методов практических расчётов влияния на судно явлений, связанных с его динамической остойчивостью. Результатом таких разработок являлись, например, такие документы, как [2] и [3]. Современные методы прогнозирования погоды, основанные на использовании математических моделей атмосферы и взаимодействия океана и атмосферы, позволяют снабжать пользователей достаточно точной информацией о полях ветра и волнения в разных районах Мирового океана. Например, интернет-сайты [4] и [5], часто используются для получения прогнозов судоводителями. При этом рассматриваются поля высот и периодов волн как для ветрового волнения, так и минимум для одной системы зыби. Поэтому Комитет по безопасности мореплавания (КБМ) ИМО 4 – 11 ноября 2020 года утвердил Временные руководящие принципы для второго поколения критериев остойчивости, основанные главным образом на новейших технологиях расчётов [6]. В развитие этого документа 26.04.2023 КБМ ИМО был издан циркуляр [7], в котором даны пояснения по практическому использованию этих критериев. В указанных документах предусмотрены пять видов опасностей для судна на волнении: потеря остойчивости в состоянии судна без хода, чрезмерные ускорения при качке, «чистая» потеря остойчивости, вызывающая появление больших углов крена при изменении момента инерции действующей ватерлинии на волне, параметрический резонанс качки и серфинг/бродчинг.

В циркуляре [6] упомянуты ограничения, присущие приводимым в нём методам оценки остойчивости, а именно: методы оценки остойчивости по критерию ускорения при качке требуют дальнейшей доработки, критерии уязвимости уровня 1 и уровня 2 для режима нарушения остойчивости судна без хода иногда дают противоречивые результаты, т. е. для некоторых судов на волне с определёнными характеристиками на уровне 2, когда остойчивость рассчитывается с учётом обеспеченности нерегулярного волнения, требования к остойчивости могут не выполняться, в то время, как на уровне 1 при расчёте остойчивости на регулярном волнении, они выполняются. Критерий уязвимости второго уровня для режима «чистой» потери остойчивости даёт недостоверные результаты для судов с низким надводным бортом, то есть не учитывает влияние заливания палубы на момент инерции действующей ватерлинии. Существует большое разнообразие размеров и обводов корпусов судов, профилей их эксплуатации и воздействующих на судно условий окружающей среды в разных районах мирового океана. Поэтому, в настоящее время требования второго поколения критериев динамической остойчивости не являются обязательными и находятся на стадии апробации. КБМ ИМО продолжает пересматривать [6], принимая во внимание учёт опыта проектирования и эксплуатации судов. Государствам-членам ИМО предлагается использовать [6] в качестве дополнительных мер при применении требований обязательных критериев части А Кодекса [1] и довести их до сведения всех заинтересованных сторон, в частности судостроителей, капитанов судов, операторов и судоходных компаний, а также делиться с ИМО опытом их пробного использования в целях планируемого в будущем внесения этих критериев в обязательные требования.

Методы, содержащиеся в [6], основаны на общих подходах и принципах анализа динамики корабля. В процессе разработки некоторые из них упрощены, а также выполнена их эмпирическая настройка. Инновационным аспектом таких критериев является всесторонний взгляд на безопасность судна, как интеграцию проектных и эксплуатационных решений. Кроме того, вводится многоуровневый подход оценки остойчивости с возрастающей от уровня к уровню точностью и одновременным усложнением методики расчётов. Процесс применения таких методов для оценки



динамической устойчивости на судне в конкретном состоянии загрузки с применением доступной на борту информации может вызвать у судоводителя затруднения ввиду сложности производимых расчётов, требующих учёта переменных, значения которых не всегда в готовом виде доступны на мостике. Поэтому в настоящее время в разных странах проводится множество исследований, направленных на практическое применение методов расчёта, изложенных в [6]. Создаются компьютерные программы для поддержки решений капитана о выборе курса и скорости судна в зависимости от погодных условий (которые, однако, не отменяют требований к наличию на борту материалов, необходимых для расчёта устойчивости в бумажном виде). С целью упомянутого выше информирования ИМО о пригодности методов расчёта для отдельных типов и размеров судов производятся попытки их практического применения к конкретным судам. В качестве примера можно привести научные статьи [8 – 10], в которых рассматриваются аспекты практического применения методов расчёта ускорений при качке, параметрического резонанса, серфинга и бродинга применительно к мега яхтам, рыболовным судам, контейнеровозам и танкерам-химовозам. На основе таких исследований выпущен циркуляр КБМ ИМО [7]. В руководствах [6] и [7] расчёты при каждом режиме нарушения устойчивости могут производиться на трех различных уровнях с возрастающим уровнем точности результатов, но одновременно с усложнением расчётов и увеличением времени, необходимого для вычислений. Схема действий при этом приведена на Рисунке 1. Если устойчивость при расчётах упрощенными методами (на регулярном волнении) на первом уровне оказывается не удовлетворительной, то следует переходить на второй (расчёты с учётом обеспеченности волнения) или третий уровень («прямой» расчёт устойчивости) или применять оперативные меры, обеспечивающие безопасность плавания (ограничивать судну район плавания или допустимые погодные условия, менять маршрут, курсовой угол к волне, скорость или загрузку судна). На первом и втором уровнях применяются понятия уязвимости судна по тому или иному виду динамической устойчивости. Последняя версия руководства [6] явно указывает на отсутствие иерархии между уровнями. То есть судно считается не уязвимым, если его устойчивость соответствует критериям хотя бы на одном уровне. Так называемая «прямая» оценка устойчивости представляет собой третий уровень оценки и является наиболее сложным, но точным подходом к оценке динамической устойчивости судна, применяемым в основном на этапе его проектирования. При этом используется либо вычислительный инструмент (математическая модель, компьютерная программа), способный решать нелинейные задачи на движение во временной области или испытание модели судна в опытовом бассейне, или их комбинация. В настоящее время «прямая» оценка устойчивости требует весьма значительных затрат времени. Руководящие принципы второго поколения критериев устойчивости помимо этапа проектирования также касаются безопасности судоходства с точки зрения аспектов эксплуатации. Должный уровень безопасности плавания не может быть достигнут только путём правильного проектирования судна. Безопасное управление судном в суровых погодных условиях может обеспечиваться подробным руководством или ограничениями для плавания. Поэтому необходимость создания оперативного руководства и оперативных ограничений также определена [6]. Руководство и ограничения предоставляют судоводителю информацию об опасных условиях плавания (т. е. сочетаний состояния моря, курсового угла по отношению к волне и скорости), которых следует избегать, а также при необходимости устанавливают ограничения возможности осуществления плавания с точки зрения географического района и/или условий окружающей среды. Первый уровень уязвимости устойчивости был разработан для грубой оценки уязвимости судна по конкретному виду нарушения устойчивости, с использованием относительно быстрых и простых методов расчёта. Однако предлагаемые упрощения подразумевают, что к этим критериям следует относиться



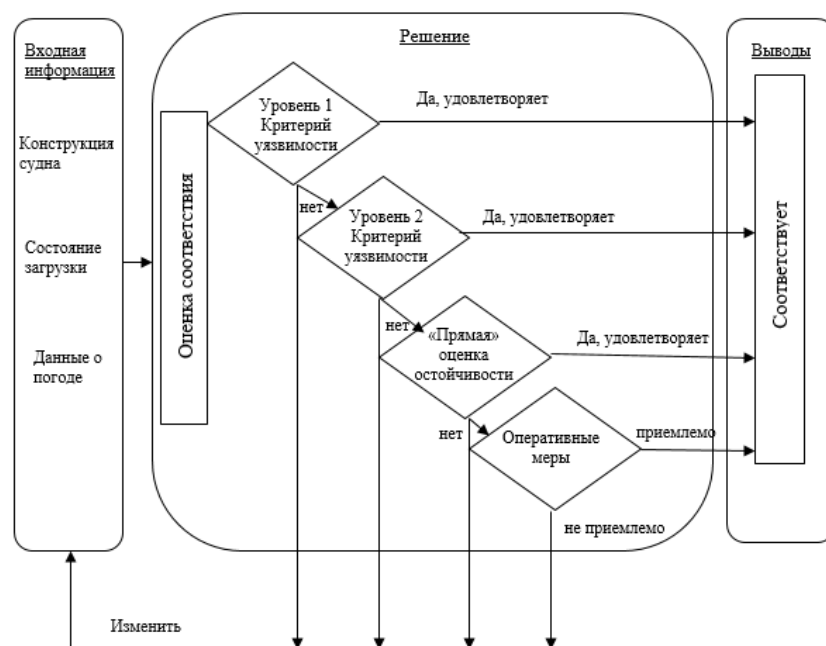


Рисунок 1 – Схема многоуровневого подхода к оценке динамической остойчивости судна

весьма осторожно. Структура расчётов с применением критерия первого уровня для судна без хода в целом аналогична структуре критерия погоды из Кодекса [1]. Только таблица коэффициентов крутизны волны, рассчитываемых через период собственных колебаний судна, заменяется на приведённую в [11]. При этом соблюдаются условия не превышения углом статического крена от расчётного ветра значения в 80% от угла заливания или 16 градусов (что меньше) и не превышения углом крена под ветер под воздействием качки и шквала значения в 50 градусов, динамического угла опрокидывания или угла заливания (что меньше). Для критерия ускорения при качке на уровне 1 предполагается, что волны от траверза воздействуют на судно, имеющее нулевую скорость. Условия неуязвимости судна при этом определяются уравнением (1).

$$\varphi \cdot K_L \cdot \left( g + \frac{4\pi^2 \cdot h_r}{T_\varphi^2} \right) \leq 4.64 \text{ М/с}^2 \quad (1)$$

где  $\varphi$  – характерная амплитуда качки, учитывающая коэффициент эффективного волнового склона, крутизну волны, как функцию периода собственных колебаний судна и безразмерный логарифмический декремент затухания качки;

$k_L$  – коэффициент связи, учитывающий одновременное воздействие килевой и бортовой качки, а также рыскания судна на величину ускорения;

$g$  – ускорение свободного падения;

$h_r$  – высота возможного местонахождения людей над осью вращения судна при бортовой качке;

$T_\varphi$  – период собственных колебаний судна при бортовой качке.

Структуры оценки критериев «чистой» потери остойчивости и параметрического резонанса качки на уровне 1 основаны на применении уравнений гидростатики. Вычисления проводятся для осадок судна, соответствующих гребню и подошве волны. Размеры волны при этом определяются по правилу: её длина  $\lambda_w$  равна длине судна, а крутизна  $S_w = 0,0334$  для «чистой» потери остойчивости, и  $S_w = 0,0167$  для параметрического резонанса. Для этих режимов нарушения остойчивости приведённые в [6] методы расчёта уровне 1 не применимы к судам, имеющим завал бортов внутрь.



Критерий уровня 1 для «чистой» потери остойчивости считает судно неуязвимым, если удовлетворяются требования, изложенные в уравнениях (2) и (3).

$$C_{\nabla} = \frac{\nabla_D - \nabla}{A_W \cdot (D - d)} \geq 1 \quad (2)$$

где  $D$  – расчётная высота борта;

$d$  — осадка судна при данной загрузке;

$\nabla_D$  – объёмное водоизмещение судна, рассчитанное для осадки, равной  $D$  на ровном киле;

$\nabla$  – объёмное водоизмещение судна при осадке  $d$ ;

$A_W$  – площадь действующей ватерлинии при осадке  $d$ .

$$GM_{min} \geq 0.05 \text{ м} \quad (3)$$

где  $GM_{min}$  — метацентрическая высота, рассчитанная по формуле (4) с учетом гидростатических элементов при осадке  $d_L$ , проходящей через впадину волны.

$$GM_{min} = KB + \frac{I_{TL}}{\nabla} - KG, \quad (4)$$

где  $KB$  – аппликата центра величины.

$I_{TL}$  – момент инерции действующей ватерлинии относительно её продольной оси при осадке  $d_L = d - \delta d_L$ . В качестве  $\delta d_L$  выбирается минимальное из двух значений:

$$\delta d_L = d - 0.25d_{full} \text{ или } \delta d_L = \frac{L \cdot S_w}{2}.$$

$L$  – длина судна по действующей ватерлинии.

$d_{full}$  – осадка судна при полной загрузке на спокойной воде.

Судно считается неуязвимым по параметрическому резонансу качки на уровне 1, если выполняются условия уравнений (2) и (5).

$$\frac{\delta GM}{GM} \leq R_{PR}, \quad (5)$$

где  $R_{PR}$  – стандарт, определяемый как функция от длины, ширины судна, коэффициента полноты мидель-шпангоута и площади скуловых килей;

$GM$  — метацентрическая высота на спокойной воде;

$\delta GM$  — амплитуда изменения метацентрической высоты, рассчитываемая, как половина разности метацентрических радиусов при осадках, соответствующих расчётной высоте борта судна и четверти от осадки в полном грузу, либо учитывающих крутизну волны, как показано в расшифровке переменных для уравнения (4).

Судно в данном состоянии загрузки не уязвимо на уровне 1 для серфинга/броучинга, если его длина составляет более 200 м или число Фруда по длине – не более 0.3.

Критерии уязвимости по всем упомянутым выше видам нарушения остойчивости на уровне 2 основаны на долгосрочном (в течение периода в 3600 секунд) анализе, оценивающем вероятность потери остойчивости. Все они имеют структуру, показанную в уравнении (6).

$$\sum_{i=1}^N W_i \cdot C_{S,i} \leq R, \quad (6)$$

где  $W_i$  – весовой коэффициент. Он находится из таблицы спектрального распределения высот и периодов волн путём деления количества волн с определёнными высотами и периодами в выборке на общее количество волн в выборке. Такие таблицы составлены Международной ассоциацией классификационных обществ для различных районов Мирового океана и приводятся, в частности, в [12]. В циркуляре [6] используется таблица для Северной Атлантики, часть которой показана на рис. 2. Здесь  $H_S$  – «значительная» высота волны,  $T_Z$  – период волны.

«Значительная» высота волны приводится в прогнозах погоды и волнения. Общее количество волн, обладающих рассматриваемыми сочетаниями высот и периодов во всей таблице – 100 000;

$C_{S,i}$  – краткосрочная вероятность возникновения данного вида нарушения остойчивости на волне, имеющей определённое сочетание длины и периода, зависящий от различных параметров, связанных с данным видом нарушения. Каждый вид нарушения требований к остойчивости отличается процедурой расчета для получения краткосрочного значения критерия  $C_{S,i}$ . Общее описание процедуры оценки каждого вида  $C_{S,i}$  приведено в [6]. Подробное описание структуры таких расчётов с примерами можно найти в [7];

R — пороговое значение (стандарт) вероятности нарушения требований к остойчивости, которому необходимо соответствовать при оценке вероятности возникновения данного вида нарушения.

Number of occurrences: 100 000 / $T_z$ (s) = average zero-crossing wave period / $H_s$ (m) = significant wave height																
$T_z$ (s) ►	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	18.5
Hs (m) ▼																
0.5	1.3	133.7	865.6	1186.0	634.2	186.3	36.9	5.6	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	0.0	29.3	986.0	4976.0	7738.0	5569.7	2375.7	703.5	160.7	30.5	5.1	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0
2.5	0.0	2.2	197.5	2158.8	6230.0	7449.5	4860.4	2066.0	644.5	160.2	33.7	6.3	1.1	0.2	0.0	0.0
3.5	0.0	0.2	34.9	695.5	3226.5	5675.0	5099.1	2838.0	1114.1	337.7	84.3	18.2	3.5	0.6	0.1	0.0
4.5	0.0	0.0	6.0	196.1	1354.3	3288.5	3857.5	2685.5	1275.2	455.1	130.9	31.9	6.9	1.3	0.2	0.0
5.5	0.0	0.0	1.0	51.0	498.4	1602.9	2372.7	2008.3	1126.0	463.6	150.9	41.0	9.7	2.1	0.4	0.1
6.5	0.0	0.0	0.2	12.6	167.0	690.3	1257.9	1268.6	825.9	386.8	140.8	42.2	10.9	2.5	0.5	0.1
7.5	0.0	0.0	0.0	3.0	52.1	270.1	594.4	703.2	524.9	276.7	111.7	36.7	10.2	2.5	0.6	0.1
8.5	0.0	0.0	0.0	0.7	15.4	97.9	255.9	350.6	296.9	174.6	77.6	27.7	8.4	2.2	0.5	0.1

Рисунок 2 – Таблица спектра высот и периодов волн для Северной Атлантики

Краткосрочный критерий  $C_{S,i}$  для судна без хода оценивается с помощью упрощенной динамической модели, в зависимости от энергетических спектров ветра и волн в сочетании с оператором реакции на крен. Для ускорений при качке он анализирует оператор реакции ускорения при бортовой качке с учётом волнового энергетического спектра. И параметрический резонанс, и «чистая» потеря остойчивости определяются двумя краткосрочными критериями. Для параметрического резонанса один из них оценивает величину изменения остойчивости в условиях набора из 16 волн, а второй учитывает амплитуду качки путём применения упрощенной динамической математической модели во временной области. Для «чистой» потери остойчивости оба критерия оценивают снижение остойчивости путем исследования изменения плеча восстанавливающего момента на волнах. Каждый из них представляет собой средневзвешенное значение определенных параметров остойчивости судна, которое считается статически расположенным на волнах определенной высоты и длины. Краткосрочный критерий для серфинга/бродчинга итеративно вычисляется путем оценки упора винта, сопротивления воды движению судна и дополнительного волнового сопротивления.

Критерии, процедуры и стандарты, рекомендованные в [6] для «прямой» оценки остойчивости на волне, обеспечивают уровень безопасности, соответствующий средней вероятности нарушений остойчивости, не превышающей  $2,6 \cdot 10^{-3}$  на одно судно в год. Нарушение остойчивости определяется как превышение угла крена в 40 градусов, угла крена, при котором происходит потеря остойчивости на спокойной воде или угла входа в воду отверстий, считающихся не закрытыми, на спокойной воде, в зависимости от того, что меньше; или превышение значения ускорения при бортовой качке  $9,81 \text{ м/с}^2$  в самом высоком месте, на котором могут находиться люди. Процедура «прямой» оценки остойчивости состоит из метода, адекватно воспроизводящего движение судна на волнении; и процесса, посредством которого получаются и обрабатываются входные

данные для оценки, получаются выходные данные и оцениваются результаты вычислений. Движение судна на волнении прогнозируется посредством математического моделирования или модельных испытаний. Применение технологий, задействованных в модельных испытаниях, должно соответствовать рекомендациям материалов Международной конференции опытовых бассейнов 2008 года. Численное моделирование движения судна выполняется путём численного решения уравнений его движения на волнах с учетом или без учета влияния ветра. Моделирование нерегулярных волн должно быть статистически и гидродинамически достоверным. Силы демпфирования качки должны включать в себя волновые, вихревые и поверхностные компоненты. В качестве данных, применяемых для расчёта демпфирования качки допускается использовать модельные испытания на затухание качки или режим вынужденной качки, существующие базы данных измерений или расчетов для однотипных судов (при их наличии) или эмпирические формулы, применяемые с учётом их ограничений. При математическом моделировании сил и моментов силы Крылова-Фруда должны учитывать точные обводы корпуса, особенно для режимов судна без хода, «чистой» потери остойчивости и параметрического резонанса. При расчётах должен осуществляться комплексный учёт компонентов бортовой, килевой, вертикальной качки и рыскания.

Как видно из приведённого выше, практическое применение второго поколения критериев остойчивости даже на уровне 1, не говоря уже об уровнях 2 или 3, может сопровождаться большим количеством расчётов, требующих значительных затрат времени. При этом в документации, имеющейся на борту судна, может оказаться недостаточно входных данных для таких расчётов. Поэтому, обеспечение безопасности судна при его движении на волнении требует разработки простых и быстрых инструментов, способных оперативно учитывать, как погодные условия, так и текущую загрузку судна. Используемые в настоящее время для этой цели компьютерные программы, например, программа «Von voyage», созданная компанией «Applied Weather Technology», достаточно успешно справляются с этой задачей, но, во-первых, наличие компьютерных программ не отменяет требований к наличию на борту судна бумажной документации, позволяющей оценивать его остойчивость, во-вторых упомянутые программы используются в основном на крупных судах в океанском плавании, а иногда, даже при наличии программы на борту, для уменьшения эксплуатационных расходов, судовладельцами задействуются не все её возможности. Выход видится в разработке для каждого конкретного проекта судна номограмм или диаграмм для различных скоростей и курсовых углов волны, вход в которые осуществляется с данными о курсовом угле, высоте и периоде волны, а также скорости и аппликате центра тяжести судна при данной загрузке, а на выходе определяется соответствие остойчивости критериям второго поколения в прогнозируемых условиях. В качестве примера номограмм, применяемых для оценки поведения судна в условиях попутного волнения, можно привести, например, номограммы из [3], служащие для оценки поведения судна в условиях попутного или из [7], служащие для оценки условий уязвимости судна по параметрическому резонансу качки при любых курсовых углах волнения. Предполагается дополнение такими материалами судового буклета «Информации об остойчивости».

#### Список литературы:

1. International Code of Intact stability. – URL: <https://deckofficer.ru/titul/resolutions/item/imo-international-code-on-intact-stability> (дата обращения 21.04.2024)
2. MSC.1/Circ.1228. 11 January 2007. Revised guidance to the master for avoiding dangerous situations in adverse weather and sea conditions. – URL:



<https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Safety/Documents/Stability/MSC.1-CIRC.1228.pdf> (дата обращения 21.04.2024)

3. Выбор безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении (РД 31.00.57.2-91 ). – СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2001. – 58 с.;

4. Единая система информации о мировом океане. – URL: [http://193.7.160.230/web/esimo/black/wwf/wwf\\_black.php](http://193.7.160.230/web/esimo/black/wwf/wwf_black.php) (дата обращения 21.04.2024)

5. Прогностические карты полей ветра и волнения для Мирового океана. – URL: <https://www.windy.com/?56.333,44.001,5> (дата обращения 21.04.2024)

6. MSC.1/Circular.1627 – Interim Guidelines on the Second Generation Intact Stability Criteria. – URL: <https://www.crclass.org/wp-content/uploads/2023/10/2-6-MS-C.1-Circ.1627-Interim-Guidelines-On-The-Second-Generation-Intact-Stability-Criteria-Secretariat.pdf> (дата обращения 21.04.2024)

7. MSC.1/Circ.1652 26 – Explanatory notes to the Interim Guidelines on the Second Generation Intact Stability Criteria. – URL: [https://puc.overheid.nl/PUC/Handlers/DownloadDocument.ashx?identifier=PUC\\_743708\\_14&versienummer=1&type=pdf&ValChk=H\\_CVidw\\_4r2094jI45UvwQTEqBT3USaMkmeb1fKvw5g1](https://puc.overheid.nl/PUC/Handlers/DownloadDocument.ashx?identifier=PUC_743708_14&versienummer=1&type=pdf&ValChk=H_CVidw_4r2094jI45UvwQTEqBT3USaMkmeb1fKvw5g1) (дата обращения 21.04.2024)

8. N. Petacco, P. Gualeni. Evaluation by a Quantitative Index about Intact Stability Performance in Waves of a Set of Megayacht Units. Journal of Marine Science and Engineering. 2023.11.04, 814. – URL: <https://www.mdpi.com/2077-1312/11/4/814> (дата обращения 21.04.2024)

9. Shin, D.; Chung, J. Application of dead ship condition based on IMO second-generation intact stability criteria for 13K oil chemical tanker. Ocean Eng. 2021, 238, 109776. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/358504360\\_Assessment\\_of\\_Excessive\\_Acceleration\\_of\\_the\\_IMO\\_Second\\_Generation\\_Intact\\_Stability\\_Criteria\\_for\\_the\\_Tanker/lin](https://www.researchgate.net/publication/358504360_Assessment_of_Excessive_Acceleration_of_the_IMO_Second_Generation_Intact_Stability_Criteria_for_the_Tanker/lin) (дата обращения 21.04.2024)

10. Petacco, N.; Vernengo, G.; Villa, D.; Coppedé, A.; Gualeni, P. Influence of Systematic Hull Shape Variations on Ship Stability Performances in Waves. J. Ship Res. 2021, 65, 243 – 256. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/372940636\\_The\\_influence\\_of\\_ship\\_stability\\_in\\_waves\\_on\\_naval\\_vessel\\_operational\\_profiles](https://www.researchgate.net/publication/372940636_The_influence_of_ship_stability_in_waves_on_naval_vessel_operational_profiles) (дата обращения 21.04.2024)

11. MSC.1/Circular 1200. Interim Guidelines for Alternative Assessment of the Weather Criterion (24.05.2006). – URL: [https://www.imorules.com/MSCCIRC\\_1200.html](https://www.imorules.com/MSCCIRC_1200.html) (дата обращения 21.04.2024)

