

УДК 629.12.073  
EDN HVQQRH

## КРАТКИЙ ОБЗОР КРИТЕРИЕВ МОРЕХОДНОСТИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ НЕКОТОРЫМ ИЗ НИХ ПРОЕКТАМИ СУДОВ АО «ЦМКБ «АЛМАЗ»

**Н.Ю. Часовников**, канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, 190121 Россия, Санкт-Петербург, Лоцманская ул., 3, e-mail: n.chasovnikov@yandex.ru

**М.О. Франк**, инженер-конструктор 2 кат., АО «Центральное морское конструкторское бюро «Алмаз», 196128 Россия, Санкт-Петербург, ул. Варшавская, 50, e-mail: frankmo@almaz-kb.ru

Эксплуатация судна сопряжена с воздействием на него различных внешних сил, в том числе морского волнения, в условиях которого судно испытывает качку. Безопасность такой эксплуатации обеспечивается выполнением специальных требований или требований классификационных обществ. Однако их всецелое выполнение не гарантирует приемлемых с точки зрения качки условий обитания на борту человека и пассажиров. Во второй половине XX в. были инициированы исследования, направленные на установление предельных значений некоторых параметров качки, превышение которых снижает эффективность работы экипажа, в том числе приводит к морской болезни. Результаты исследований позволили сформировать набор так называемых критериев мореходности (seakeeping criteria), вошедших в специализированные стандарты, из которых наиболее известны NORDFORSK, NATO STANAG 4154 и USCGC. Несмотря на значительное влияние состояния человека на эффективность эксплуатации судна, применение критериев мореходности при проектировании судов в отечественной практике весьма ограничено. В настоящей статье приведен краткий обзор формирования критериев мореходности и соответствующих стандартов, а также результаты проверки удовлетворения некоторым из них проектами судов АО «ЦМКБ «Алмаз».

**Ключевые слова:** качка, критерии мореходности, ускорения от качки, обитаемость, морская болезнь.

**Для цитирования:** Часовников Н.Ю. Краткий обзор критериев мореходности и результаты проверки удовлетворения некоторым из них проектами судов АО «ЦМКБ «Алмаз» / Н.Ю. Часовников, М.О. Франк // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. 2025. № 79. С. 52 — 61. — EDN HVQQRH.

## A BRIEF OVERVIEW OF THE SEAKEEPING CRITERIA AND THE RESULTS OF CHECKING THE SATISFACTION OF SOME OF THEM BY THE PROJECTS OF THE VESSELS OF JSC CMDB ALMAZ

**N.Yu. Chasovnikov**, PhD, Associate Professor, St. Petersburg State Technical Marine University, 190121 Russia, St. Petersburg, Lotsmanskaya ul., 3, e-mail: n.chasovnikov@yandex.ru.

**M.O. Frank**, 2 cat. Design Engineer, JSC Central Marine Design Bureau Almaz, 196128 Russia, St. Petersburg, Varshavskaya ul., 50

The operation of the vessel involves managing the influence of various external forces, including sea waves, that lead to ship motions. The safety of such operation is ensured by meeting special requirements or requirements of classification societies. At the same time, their full implementation does not guarantee acceptable living conditions for crew members or passengers on board in view of motions. For this purpose, in the second half of the 20th century, studies were initiated aimed at determining the limit values of certain parameters of ship motions, exceeding which reduces the efficiency of the crew, including those leading to motion sickness. The results of the research made it possible to develop a set of so-called seakeeping criteria to be included in relevant specialized standards. NORDFORSK, NATO STANAG 4154 and USCGC are the most widely used. Despite the significant human influence on the efficiency of ship operation, the application of seakeeping criteria in the design of ships in Russian practice is very limited. This article provides a brief overview of the formation of seakeeping criteria and relevant standards, as well as the results of applying some of them to the vessels, designed by JSC CMDB Almaz.

**Key words:** ship motions, seakeeping criteria, acceleration, habitability, seasickness.

**For citation:** Chasovnikov N.Yu., Frank M.O. A brief overview of the seakeeping criteria and the results of checking the satisfaction of some of them by the projects of the vessels of JSC CMDB Almaz. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2025. No. 79. P. 52 — 61. EDN HVQQRH. (In Russ.)

## ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатация судна проходит в условиях морского волнения. Безопасность такой работы обеспечивается характеристиками мореходности, закладываемыми в проект судна в зависимости от требований, устанавливаемых в Техническом задании (ТЗ) на его создание. Как правило, данные требования определяют вводимый в класс судна знак ограничения района плавания, регламентирующий предельную эксплуатационную высоту волны в соответствии с требованиями классификационных обществ, например п. 2.2.5 ч. 1 «Классификация» Правил классификации и постройки морских судов Российского морского регистра судоходства (далее — Правила) [1]. Исходя из класса судна, Правилами предъявляются требования к его корпусу, устройствам, оборудованию, снабжению, надводному борту, остойчивости и т.д. В особых случаях в ТЗ могут содержаться дополнительные требования к характеристикам мореходности, обусловленные работой специального оборудования, например спуско-подъемного устройства, промыслового оборудования и т.п.

При этом полное удовлетворение требованиям Правил, обеспечивающих безопасность судна, не может гарантировать приемлемые условия обитания (здесь и далее с точки зрения умеренности (плавности) качки) экипажа и пассажиров. Так, избыточная остойчивость приводит к резкой качке, что отражается в ее малом периоде и, как следствие, вызванных ею значительных вертикальных ускорениях. Развитие безэкипажной навигации для некоторых типов судов может исключить необходимость обеспечения приемлемых условий нахождения экипажа на судне. Однако полное исключение пребывания человека на борту морского судна вряд ли возможно, а пребывание в качестве пассажира требует определенного уровня комфорта.

В свете изложенного видится достаточно важным добиваться таких характеристик мореходности, которые, с одной стороны, удовлетворяют требованиям Правил, а с другой, обеспечивают приемлемые условия пребывания человека на борту. Для этого во второй половине XX в. за рубежом были инициированы исследования влияния параметров качки на человека по результатам которых сформирован перечень параметров качки (в большей степени влияющих на пребывание человека на борту) и определены их предельные значения. Данный перечень в зарубежной литературе и стандартах предлагается как «критерии мореходности» (seakeeping criteria), по которым оценивается умеренность качки судов.

Целью настоящей работы является краткий обзор стандартов, нормирующих соответствующие критерии (параметры качки), при которых обеспечиваются приемлемые условия работы экипажа и отдыха пассажиров. С использованием известных методов расчета качки и абсолютных ускорений характерных точек определены соответствующие параметры для некоторых судов разработки АО «ЦМКБ «Алмаз» и выполнена проверка удовлетворения полученных значений некоторым критериям мореходности.

## КРАТКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ КРИТЕРИЕВ МОРЕХОДНОСТИ

Влияние движения судна на волнении на состояние человека исследуется достаточно давно. Одним из первых известных исследований можно считать натурные испытания морских судов (два траулера, пассажирский лайнер, два пассажирско-грузовых судна, танкер и балкер для перевозки руды) в начале второй половины XX в., проводившиеся в течение 10 лет. В результате исследования впервые был разработан набор критериев, представляющих собой предельные значения ряда параметров мореходности: заливание, слеминг, вертикальные ускорения и т.д. [2, 3].

Полученные результаты послужили формированию общего подхода к оценке мореходности судов и легли в основу существующих стандартов. Сегодня наибольшее распространение получили стандарты NORDFORSK, NATO STANAG 4154 и USCGC [2, 4]. При этом они не являются требованиями, а созданы для оценки мореходности судов, в том числе при сопоставлении проектов судна для определения его наилучшего варианта, и носят рекомендательный характер.

Критерии мореходности стандарта NORDFORSK были разработаны на основе имевшихся к 1986 г. исследований, а также результатов натурных испытаний. К достоинствам стандарта NORDFORSK можно отнести большое количество типов судов (грузовые суда, военные корабли, катера, рыболовные и оффшорные суда). Также в стандарт введены критерии, представляющие собой предельные значения вертикальных и поперечно-горизонтальных ускорений, учитывая разделение работы экипажа судна на категории (легкая ручная работа, тяжелая ручная работа, интеллектуальная работа) и наличие пассажиров [2 — 4].

Началом формирования критериев мореходности стандарта NATO STANAG 4154 считается проведенное в 1986 г. совещание подгруппы 5 NG-6 в рамках Североатлантического договора, на котором были

определены трудности флота в определении условий, при которых обеспечивается эффективная работа экипажа, в том числе в условиях качки корабля, исходя из физиологических и когнитивных возможностей человека. Позднее исследования влияния качки корабля на человека проводила рабочая группа, состоявшая из инженеров, ученых и врачей, на базе Национальной биодинамической лаборатории Университета Нового Орлеана. Для этого была создана экспериментальная установка, позволявшая имитировать качку корабля, и отобраны добровольцы из состава ВМС. С использованием результатов проведенных исследований, а также исследований по данному направлению до 1997 г., были сформированы критерии мореходности, вошедшие в стандарт NATO STANAG 4154 «Общие процедуры обеспечения мореходности в процессе проектирования судов», принятый 13 декабря 2000 г. Стандарт был пересмотрен и выпущен в новой редакции 22 февраля 2018 г. [2, 4, 6].

Критерии мореходности стандарта USCGC сформированы в 1993 г. в рамках исследований мореходности трех катеров береговой охраны США: 110-футового патрульного катера класса «Island», 82-футового патрульного катера класса «Point» и 47-футового спасательного катера. Целью исследований было определить время работы катеров, в пределах которого параметры их мореходности удовлетворяли критериям, учитывая при этом ветро-волновые особенности районов их эксплуатации. Фундаментом для формирования критериев USCGC послужили набор критериев, выработанных при создании стандарта NATO STANAG 4154, и результаты собственных исследований, например результаты эксплуатации патрульных 50-футовых катеров быстрого реагирования Navy Swift, а также 82-футовых и 95-футовых катеров USCGC во время патрулирования у берегов Южного Вьетнама [2, 7].

Стандарты NORDFORSK (для морских судов, кораблей и катеров), NATO STANAG 4154 (для морских судов и кораблей) и USCGC (для катеров) нормируют предельные значения следующих параметров мореходности: амплитуда бортовой качки, амплитуда килевой качки (только NATO STANAG 4154 и USCGC), вертикальные ускорения, поперечно-горизонтальные ускорения, частота заливания верхней палубы, частота слеминга и частота оголения гребных винтов (только NATO STANAG 4154).

В стандартах NATO STANAG 4154 и USCGC дополнительно содержатся критерии motion sickness incidence (MSI — частота случаев укачивания, приводящих к болезни движения) и motion induced interruptions (МИ — частота прерываний, вызванных движением). Критерий (индекс) MSI, предложенный O'Halon и McCauley в 1974 г. [8], отражает количество людей, выраженное в процентах от их общего количества на борту, и воздействие вертикальных ускорений, при которых возникает болезнь движения (тошнота). Критерий (индекс) МИ, предложенный R. Graham, отражает частоту появления события в минуту, когда человек прерывает работу ввиду необходимости восстановления равновесия, потерянного после воздействия качки. Достаточно подробно об этих критериях писал С.Г. Живица [4].

Еще одним критерием, отражающим воздействие качки на человека, является motion induced fatigue (MIF — усталость, вызванная движением). Под усталостью в данном случае следует понимать снижение работоспособности (утомляемость) человека под воздействием качки. В отличие от MSI и МИ, отражающих прямую физическую реакцию на воздействие качки, MIF значительно сложнее поддается изучению, так как учитывается не только физическое состояние, но и когнитивные функции. Одно из первых исследований MIF, спонсированное так называемой группой ABCD (США, Великобритания, Канада и Нидерланды), было реализовано специально созданной рабочей группой по изучению эффективности работы человека в море. В данном исследовании был реализован подход исключительно к физическому состоянию человека, выраженному в количестве потребляемого кислорода. В результате было установлено, что способность организма потреблять кислород при выполнении работ в условиях качки снижается. Несмотря на важность и имеющиеся исследования, MIF все еще мало изучен и не используется в качестве критерия мореходности [9, 10].

В табл. 1 приведена сводная таблица критериев мореходности стандартов NORDFORSK (для трех типов судов), NATO STANAG 4154 и USCGC. Как указано ранее, в NORDFORSK также предложены критерии (табл. 2), удовлетворение которых обеспечивает малое влияние качки на работу экипажа, учитывая разделение работы на категории, и на пассажиров [4]. С другими известными источниками, содержащими критерии мореходности, можно ознакомиться в [2].

Удовлетворение критериям мореходности, содержащимся в приведенных стандартах, позволяет на этапе проектирования обеспечить значения проектных характеристик судов, кораблей и катеров, приемлемые с точки зрения обитаемости экипажа и пассажиров. Тем не менее, исходя из обзора отечественной литературы, объем исследований и применение соответствующих критериев в отечественной практике при проектировании судов весьма ограничены. При этом попытки применить критерии мореходности, выраженные в предельных значениях ускорений, существуют. Как и в случае формирования критериев стандарта USCGC, на их основе производится оценка эффективности эксплуатации судов [5, 11].

Таблица 1

## Критерии мореходности стандартов NATO STANAG 4154, USCGC и NORDFORSK [2 — 4]

| Параметр                                                             |                                       | NATO STANAG 4154 [6] | USCGC [7]                   | NORDFORSK <sup>5)</sup> [2, 4] |            |                             |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------|-----------------------------|
|                                                                      |                                       | Корабль              | Скоростные катера (до 35 м) | Судно                          | Корабль    | Скоростные катера (до 35 м) |
| Амплитуда бортовой качки (RMS <sup>1)</sup> )                        |                                       | 4,0°                 | 4,0°                        | 6,0°                           | 4,0°       | 4,0°                        |
| Амплитуда килевой качки (RMS)                                        |                                       | 1,5°                 | 3,0°                        | —                              | —          | —                           |
| Амплитуда вертикальных ускорений (RMS), м/с <sup>2</sup>             | Ходовая рубка                         | 0,200g               | 0,200g                      | 0,150g                         | 0,200g     | 0,275g                      |
|                                                                      | Верхняя палуба в корме (рабочая зона) | —                    |                             | —                              | —          | —                           |
|                                                                      | Носовой перпендикуляр                 | 0,275g               | —                           | 0,275g/0,050g <sup>2)</sup>    | 0,275g     | 0,650g                      |
| Амплитуда поперечно-горизонтальных ускорений (RMS), м/с <sup>2</sup> |                                       | Ходовая рубка        | 0,100g                      | 0,100g                         | 0,100g     | 0,100g                      |
| Оголение винта, раз в час                                            |                                       | 90                   | —                           | —                              | —          | —                           |
| Заливание, раз в час <sup>6)</sup>                                   |                                       | 30                   | 20                          | 0,05 (вероятность)             | 0,05 (-/-) | 0,05 (-/-)                  |
| Слеминг, раз в час <sup>7)</sup>                                     |                                       | 20                   | 30                          | 20/6 <sup>3)</sup>             | 20         | 20                          |
| МП, раз в мин                                                        |                                       | 1,0                  | 2,1                         | —                              | —          | —                           |
| MSI, % за 30 мин                                                     |                                       | 2,5 % <sup>4)</sup>  | 5,0 %                       | —                              | —          | —                           |

<sup>1)</sup>Исходные значения амплитуд бортовой и килевой качки, а также вертикальных и поперечно-горизонтальных ускорений, в USCGC приведены в SSA (significant single amplitude), а в NORDFORSK и NATO STANAG 4154 — в RMS (root mean square). Для удобства в таблице приведены значения в RMS.

<sup>2)</sup>В числителе указано значение для судов длиной равной или менее 100 м, в знаменателе — равной или более 330 м. Для судов, длина которых более 100 м, но менее 330 м, значение параметра определяется линейной интерполяцией.

<sup>3)</sup>В числителе указано значение для судов длиной равной или менее 100 м, в знаменателе — равной или более 300 м. Для судов, длина которых более 100 м, но менее 300 м, значение параметра определяется линейной интерполяцией.

<sup>4)</sup>В исходной редакции — 20 % за 4 часа.

<sup>5)</sup>Критерии мореходности для рыболовных и офшорных судов приведены в [2].

<sup>6)</sup>В строке «Заливание, раз в час» для стандарта NORDFORSK приведены значения вероятности возникновения заливания (с англ. critical probability).

<sup>7)</sup>В строке «Слеминг, раз в час» в исходной версии стандарта NORDFORSK приведены значения вероятности возникновения слеминга.

Таблица 2

## Критерии мореходности стандарта NORDFORSK для экипажа и пассажиров [4]

| Описание деятельности экипажа/пассажиров                                                                                                                                                                                                                   | Амплитуда вертикальных ускорений, м/с <sup>2</sup> (RMS) | Амплитуда поперечно-горизонтальных ускорений, м/с <sup>2</sup> (RMS) | Амплитуда бортовой качки (RMS) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Легкая ручная работа</b> людей, привычных к качке; неприемлемо при длительной качке                                                                                                                                                                     | 0,20g                                                    | 0,10g                                                                | 6,0°                           |
| <b>Тяжелый ручной труд</b> людей, привычных к качке (например, на рыболовном судне или судне снабжения)                                                                                                                                                    | 0,15g                                                    | 0,07g                                                                | 4,0°                           |
| <b>Интеллектуальная работа</b> для людей, не полностью адаптированных к качке (например, научный персонал на исследовательском судне). Допустимо в течение длительного времени для экипажа. Допустимо в течение 30 мин для пассажиров, непривычных к качке | 0,10g                                                    | 0,05g                                                                | 3,0°                           |
| <b>Допустимо в течение двух часов для пассажиров, непривычных к качке.</b> Вызывает симптомы морской болезни (тошноты) примерно у 10 % непривычных к качке взрослых пассажиров                                                                             | 0,05g                                                    | 0,04g                                                                | 2,5°                           |
| <b>Допустимо для пассажиров на круизных лайнерах и пожилых людей.</b> Приближается к порогу, ниже которого морская болезнь маловероятна                                                                                                                    | 0,02g                                                    | 0,03g                                                                | 2,0°                           |

## ПРОВЕРКА УДОВЛЕТВОРЕНИЯ НЕКОТОРЫМ КРИТЕРИЯМ МОРЕХОДНОСТИ ПРОЕКТОВ СУДОВ АО «ЦМКБ «АЛМАЗ»

Для проверки удовлетворения критериям мореходности на этапе проектирования судна необходимо определить значения параметров его качки. Для этого при отсутствии результатов модельных мореходных испытаний в опытовом бассейне может быть использован действующий руководящий документ РД 5.1003-80 «Методика расчета качки водоизмещающих кораблей и судов», регламентирующий расчет качки водоизмещающих судов [6]. Для определения абсолютных вертикальных и поперечно-горизонтальных ускорений произвольной точки судна может быть использован метод, изложенный в [4] и [12].

С использованием указанных методов расчета качки и абсолютных ускорений точки были выполнены соответствующие расчеты для научно-исследовательских судов, спроектированных за последние 15 лет в АО «ЦМКБ «Алмаз». Длина судов составляет от 60 до 120 м. Результаты получены для состояния нагрузки, соответствующей среднему эксплуатационному значению (около 50 % запасов). Следует отметить, что все рассмотренные суда оборудованы скуловыми килями.

В качестве расчетного использован спектр нерегулярного двухмерного ветрового волнения согласно [6] интенсивностью от двух до восьми баллов (высота волны 3%-й обеспеченности от 1,25 м до 11,0 м) развивающегося, развитого и затухающего типов.

Учитывая назначение судов, в настоящей статье приводятся результаты удовлетворения следующим критериям мореходности: амплитуды вертикальных и поперечно-горизонтальных ускорений, при которых обеспечиваются приемлемые условия выполнения тяжелого ручного труда и интеллектуальной работы в соответствии с табл. 2.

В соответствии с этим, определены амплитудно-частотные характеристики линейных перемещений, скоростей и ускорений для следующих характерных точек: носовой перпендикуляр на уровне верхней палубы, ходовой мостик в ДП (место размещения рулевого), ходовой мостик у борта, центральный пост управления (ЦПУ) и центр рабочей палубы (для всех случаев находится в диапазоне от 18 до 16 теоретических шпангоутов).

Учитывая то, что в отечественном судостроении принято отражать амплитуды 3%-й обеспеченности или 46%-й обеспеченности (средние амплитуды), амплитуды RMS были пересчитаны. Для этого, в соответствии с [12], значения из табл. 2 необходимо умножить на коэффициент равный 2,64 или 1,25 соответственно. В настоящей статье приводятся значения средних амплитуд.

На рис. 1 приведены результаты расчета амплитуд вертикальных ускорений для рассмотренных судов (условные индексы: а), б), в), г), д)). На рис. 2 приведены результаты расчета амплитуд поперечно-горизонтальных ускорений. Для удобства на соответствующих графиках уровни ускорений (средние амплитуды), соответствующие принятым типам работ и значениям табл. 2, выделены цветами: оранжевый — «Интеллектуальный труд», красный — «Тяжелый ручной труд».

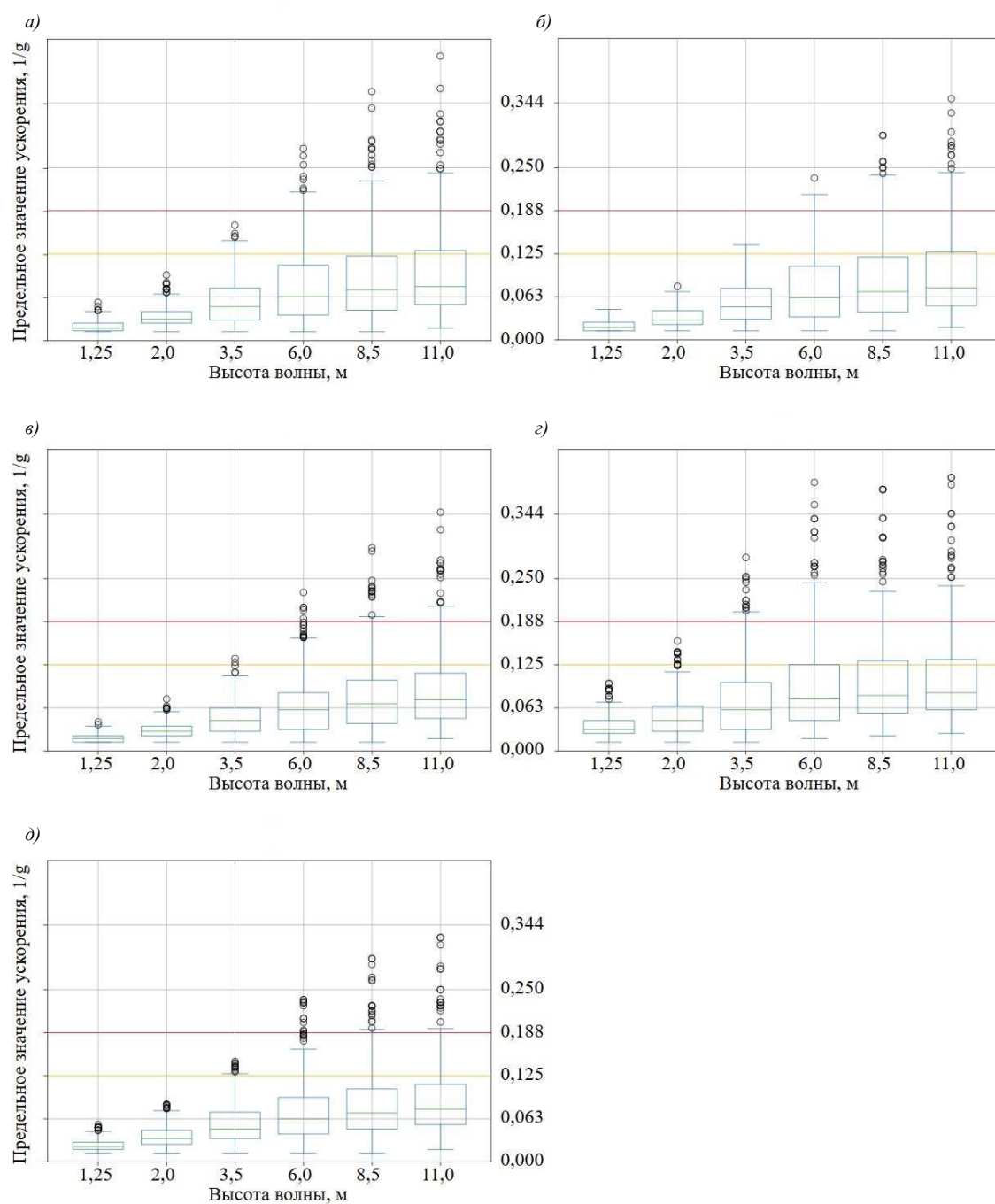


Рис. 1. Средние значения амплитуды вертикальных ускорений:

а) — судно «а»; б) — судно «б»; в) — судно «в»; г) — судно «г»; д) — судно «д».

Для каждого значения высоты волны представлены: медиана (зеленая линия), 1-й и 3-й квартили и предельные минимальное и максимальное значения амплитуды вертикальных ускорений.

Значения определены на основании расчетов вертикальных ускорений в 5 точках по каждому судну, для 4 значений скорости хода и 5 значений курсового угла направления действия волнения.

Желтая линия — величина критериального значения ускорения, соответствующего «Интеллектуальному труду».

Красная линия — величина критериального значения ускорения, соответствующего «Тяжелому ручному труду».



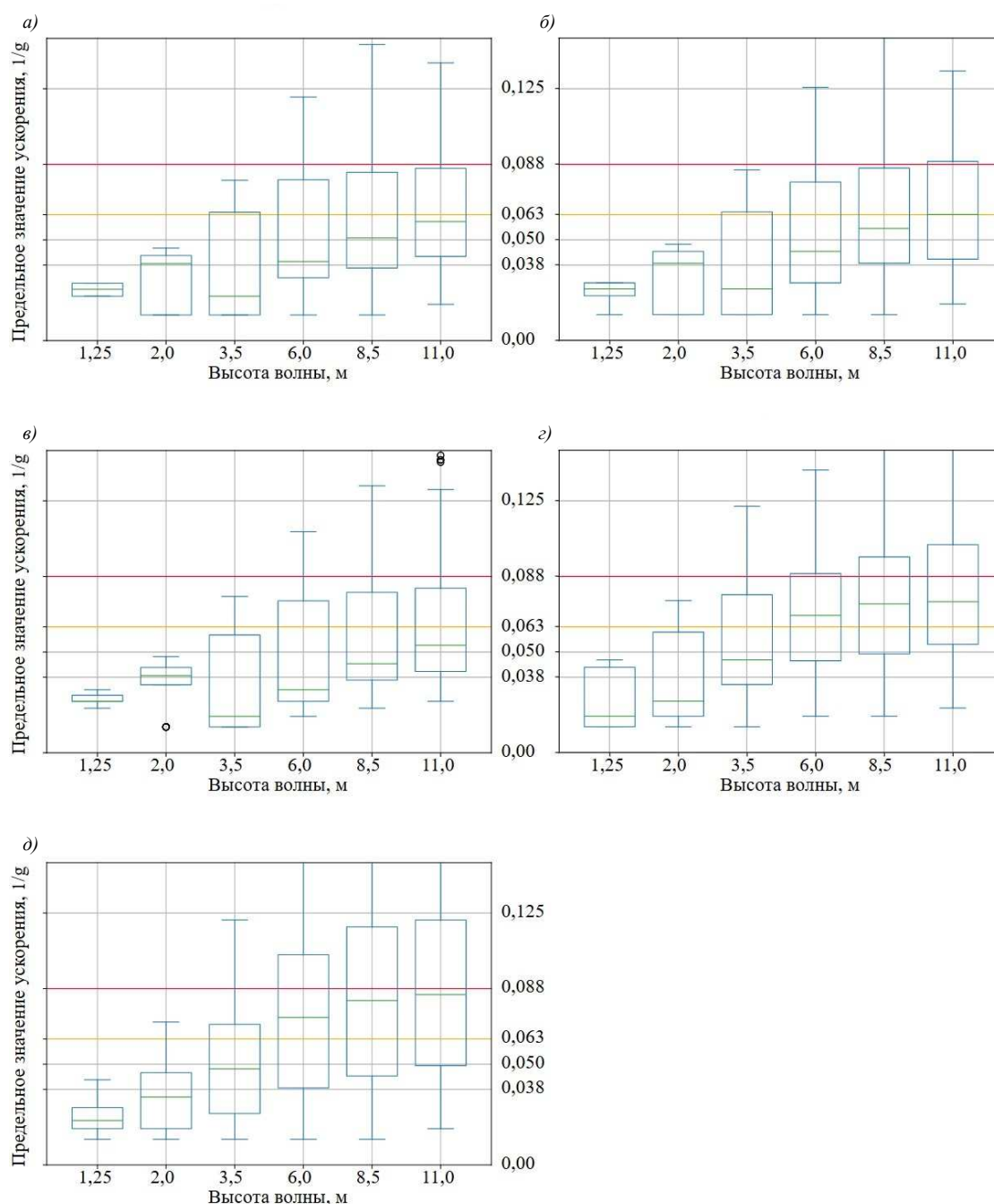


Рис. 2. Средние значения амплитуды поперечных ускорений

Анализируя представленные графики, можно сделать следующие выводы:

а) вертикальные ускорения: амплитуды вертикального ускорения всех судов, кроме судна «г», не превышают критериального значения для «Интеллектуального труда» (0,125g) при высоте волны 2,0 м (4 балла). Аналогично и для критериального значения «Тяжелый ручной труд» (0,188g) в условиях волнения 3,5 м (5 баллов). Более высокие значения амплитуды вертикального ускорения для судна «г» объясняются его меньшими главными размерениями по сравнению с остальными рассмотренными судами. Длина судна «г» соответствует минимальному значению рассмотренного диапазона длины;

б) поперечно-горизонтальные ускорения: амплитуды поперечно-горизонтального ускорения всех судов, кроме «г» и «д», не превышают критериального значения для «Интеллектуального труда» (0,125g) при высоте волны 2,0 м (4 балла). Аналогично и для критериального значения «Тяжелый ручной труд» (0,188g)

в условиях волнения 3,5 м (5 баллов). Более высокие значения амплитуды вертикальных ускорений для судов «г» и «д» также объясняются меньшими главными размерениями по сравнению с остальными рассмотренными судами.

Полученные результаты подтверждают правильность принятых значений главных кораблестроительных характеристик рассмотренных проектов судов АО «ЦМКБ «Алмаз», при которых обеспечиваются приемлемые условия работы экипажа для решения соответствующих задач в спецификационных пределах. Учитывая, что интенсивность волнения более 5 баллов в мореходной практике является значительной, мореходность рассмотренных судов можно считать в полной мере удовлетворительной.

На рис. 3 приведено графическое отображение относительного количества дней, при которых высота волны 3%-й обеспеченности составляет менее 2,0 и 4,0 м, в зависимости от сезона года для центральной части Баренцева моря, в соответствии с [13]. Обобщая результаты рис. 1 и 2 и основываясь на данных рис. 3, видно, что достигнутые показатели мореходности обеспечивают выполнение поставленных перед судами и их экипажем задач.

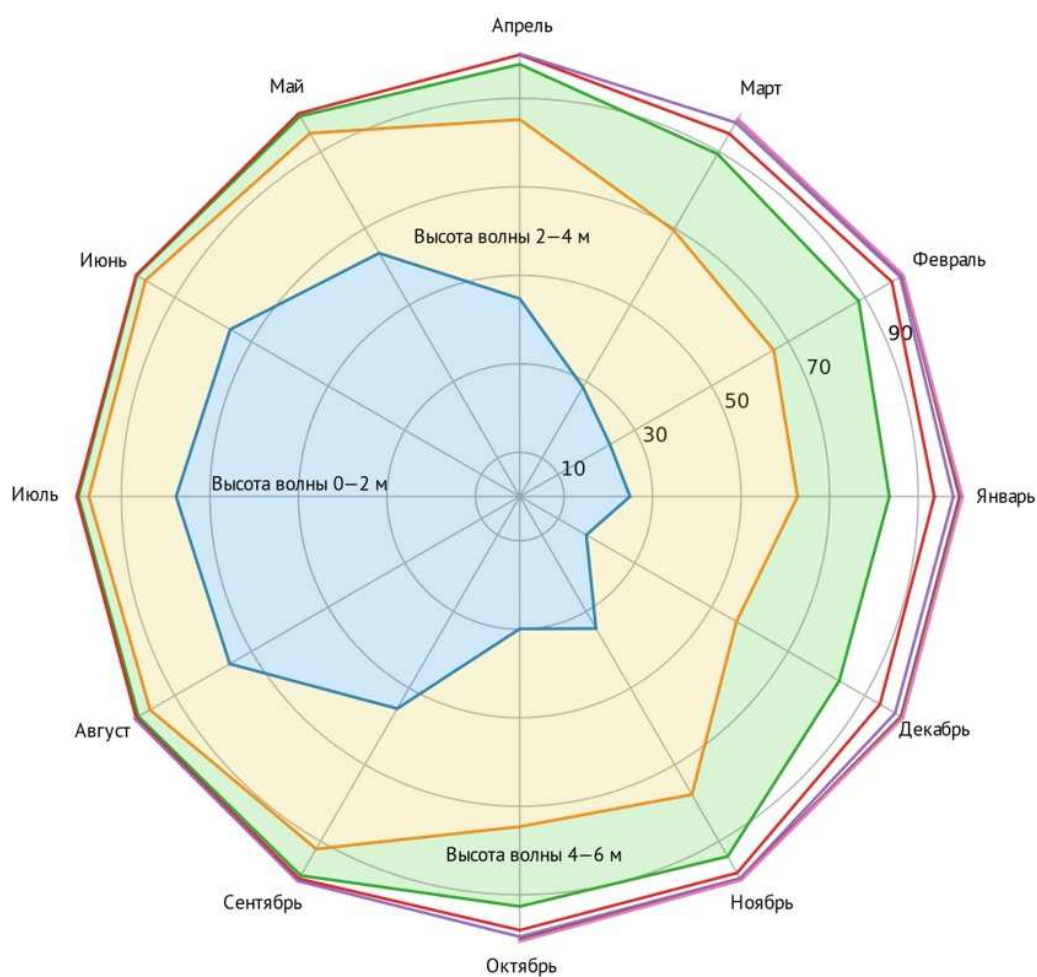


Рис. 3. Графическое отражение относительного количества дней, при которых высота волны 3%-й обеспеченности составляет менее 2,0 м, 4,0 м и более, в зависимости от сезона года для Баренцева моря (осредненное по районам)



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При создании проекта любого судна первостепенной задачей является определение таких значений кораблестроительных характеристик, при которых обеспечивается его эффективная и безопасная эксплуатация, в том числе в условиях качки. При этом полное удовлетворение требованиям классификационных обществ, обеспечивающих безопасность судна, не может гарантировать приемлемые условия обитания экипажа и пассажиров. Одним из таких условий является наличие удовлетворительных значений параметров качки (мореходности). Для этого во второй половине XX в. инициированы исследования по определению предельных значений параметров качки, превышение которых влечет за собой снижение эффективности работы экипажа, в том числе из-за возникновения морской болезни. В результате проведенных исследований были сформированы так называемые критерии мореходности, вошедшие в соответствующие стандарты.

Сегодня наибольшее распространение получили стандарты NORDFORSK (для морских судов, кораблей и катеров), NATO STANAG 4154 (для морских судов и кораблей) и USCGC (для катеров). В них приведены предельные значения следующих параметров мореходности: амплитуда бортовой качки, амплитуда килевой качки (только NATO STANAG 4154 и USCGC), вертикальные ускорения, поперечно-горизонтальные ускорения, частота заливания верхней палубы, частота слеминга и частота оголения гребных винтов (только NATO STANAG 4154). Дополнительно в некоторых из них содержатся специально разработанные критерии MSI и MII.

В отечественной практике, несмотря на важность обеспечения приемлемых условий обитания экипажа (с точки зрения качки), объем исследований и, соответственно, применение указанных критериев при проектировании судов весьма ограничены.

В настоящей статье приведена проверка выполнения требований стандартов в части параметров мореходности, при которых обеспечиваются приемлемые условия работы экипажа и пассажиров, проектами научно-исследовательских судов АО «ЦМКБ «Алмаз». Проверка позволила подтвердить правильность принятых значений их главных кораблестроительных характеристик, при которых обеспечиваются приемлемые условия работы экипажа для решения соответствующих задач.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила классификации и постройки морских судов. Часть I. Классификация / Российский морской регистр судоходства. — СПб., 2025. — 25 — 34 с.
2. Zu M. Seakeeping criteria revisited / M. Zu, K. Garne, A. Rosen // *Ocean Engineering*. — 2024. — Vol. 297. — P. 116785.
3. Karppinen T. Seakeeping performance assessment of ships // T. Karppinen, T. Aitta. — Technical Research Centre of Finland, 1986.
4. Живица С.Г. Ускорения от качки и их учет при оценке мореходности судна / С.Г. Живица // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2022. — № 68/69. — С. 20 — 33.
5. Pattison J.H. Human performance factors and measures in hull form selection / J.H. Pattison, D.J. Sheridan. — Paper presented at the RTO AVT Symposium on “Habitability of Combat and Transport Vehicles: Noise, Vibration and Motion”, Prague, Czech Republic, 4 — 7 October 2004, and published in RTO-MP-AVT-110. — P. 34-1 — 34-24.
6. NATO — STANAG 4154. Common procedures for seakeeping in the ship design process. [Электронный ресурс] URL: <https://standards.globalspec.com/std/14248310/stanag-4154> (дата обращения 01.11.2024).
7. Baitis A.E. Seakeeping criteria for 47-ft, 82-ft, and 110-ft U.S. Coast Guard Cutters / A.E. Baitis, C.J. Bennett, W.G. Meyers, W.T. Lee. — 1986.
8. O'Halon J.F. Motion sickness incidence as a function of frequency and acceleration of vertical sinusoidal motion / J.F. O'Halon, M.E. McCauley // *Aerospace Medicine*. — 1974. — Vol. 45, No. 4. — P. 366 — 369.
9. Dobie T.G. The importance of the human element in ship design / T.G. Dobie. — Paper presented at the Ship Structure Symposium, Arlington VA, June 13, 2020.
10. Wertheim A.H. Working in a moving environment / A.H. Wertheim // *Ergonomics*. — 1999. — Vol. 41, No. 12. — P. 1845 — 1858.
11. Монсеева М.Э. О совместимости требований к остойчивости, непотопляемости и бортовой качке промысловых судов / М.Э. Монсеева. — Калининград: КТИРПиХ, 1973.
12. Бородай И.К. Качка судов на морском волнении / И.К. Бородай, Ю.А. Нецветаев. — Л.: Судостроение, 1969. — 431 с.
13. Справочные данные по режиму ветра и волнения Баренцева, Охотского и Каспийского морей / Российский морской регистр судоходства. — СПб., 2003. — С. 81 — 92.

## REFERENCES

1. Rules for the Classification and Construction of Sea-Going Ships. Part I. Classification / Russian Maritime Register of Shipping. St. Petersburg, 2025. P. 25 — 34.
2. Zu M., Garm K., Rosen A. Revised criteria of marine management. *Ocean Engineering*. 2024. Vol. 297. P. 116785.
3. Karppinen T., Aitta T. Assessment of seaworthiness characteristics of ships. Technical Research Center of Finland, 1986.
4. Zhivitsa S.G. Accelerations due to ship motion in waves and their consideration in ship seakeeping assessment. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2022. No. 68/69. P. 20 — 33. (In Russ.)
5. Pattison J.H., Sheridan D.J. Human performance factors and measures in hull form selection. — Paper presented at the RTO AVT Symposium on "Habitability of Combat and Transport Vehicles: Noise, Vibration and Motion", Prague, Czech Republic, 4 — 7 October 2004, and published in RTO-MP-AVT-110. P. 34-1 — 34-24.
6. NATO — STANAG 4154. General procedures for ensuring seaworthiness in the ship design process. URL: <https://standards.globalspec.com/std/14248310/stanag-4154> (accessed 01.11.2024).
7. Baitis A.E., Bennett K.J., Meyers W.G., Lee W.T. Navigation criteria for 47-foot, 82-foot and 110-foot vessels of the United States Coast Guard. 1986.
8. O'Halon J.F., McCauley M.E. Motion sickness incidence as a function of frequency and acceleration of vertical sinusoidal motion. *Aerospace Medicine*. 1974. Vol. 45, No. 4. P. 366 — 369.
9. Dobie T.G. The importance of the human factor in ship design. — Report presented at the Symposium on Shipbuilding, Arlington, Virginia, June 13, 2020.
10. Wertheim A.H. Work in a moving environment. *Ergonomics*. 1999. Vol. 41 (12). P. 1845 — 1858.
11. Moiseeva M.E. O sovместimosti trebovaniy k ostoichivosti, nepotoplyaemosti i bortovoi kachke promyslovyykh sudov [On the compatibility of requirements for stability, unsinkability and on-board rolling of fishing vessels]. Kaliningrad: KTIRPiH, 1973.
12. Borodai I.K., Netsvetaev Yu.A. Kachka sudov na morskoy volnenii [The rocking of ships on the waves of the sea]. L.: Sudostroenie, 1969.
13. Reference data on wind and wave climate of the Barents Sea, the Sea of Okhotsk and the Caspian Sea / Russian Maritime Register of Shipping. St. Petersburg, 2003. P. 81 — 92.