

СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА

SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND FLEET OPERATION

Научная статья

УДК 629.5.067.2

<https://doi.org/10.24143/2073-1574-2025-3-7-21>

EDN OQZQQP

Вентиляция закрытых спасательных шлюпок

Владимир Николаевич Мотрич

*Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского,
Владивосток, Россия, MotrichVN@msun.ru*

Аннотация. Поводом для принятия Международной конвенции СОЛАС, впервые установившей основные принципы оснащения судов спасательными средствами, послужила катастрофа «Титаника» в Северной Атлантике. С тех пор эта конвенция продолжает совершенствоваться от аварии к аварии, разработан Международный кодекс по спасательным средствам (Кодекс LSA). Катализатором ряда важных изменений в правилах безопасности стали уроки гибели океанского контейнеровоза MOL Comfort 17 июня 2013 г. в Индийском океане. Экипажу пришлось выживать в условиях спретого воздуха внутри закрытой спасательной шлюпки в штормовую погоду в тропических водах. Но решение проблемы вентиляции шлюпок затянулось на целое десятилетие. Рассматриваются научные исследования микроклимата закрытых спасательных средств и методы решения проблемы вентиляции в них. Исследуются вопросы выживания человека в море, описаны эксперименты, проводимые в Германии, КНР, Канаде, приведена математическая модель воздухообмена, обеспечивающего жизненные процессы в организме, и требования к вентиляции полностью закрытых спасательных шлюпок Международного кодекса по спасательным средствам, которые вступят в силу 01 января 2026 г. С целью выбора оптимальной конструкции системы вентиляции закрытых спасательных шлюпок проведен сравнительный анализ проектов, предлагаемых ведущими производителями спасательных средств. Для обеспечения качества вентиляции предлагается применять повышающий коэффициент 1,1 при использовании приведенной математической модели.

Ключевые слова: аварии на море, спасательные шлюпки, конструкция спасательных средств, вентиляция спасательных средств, концентрация углекислого газа, выживание человека, безопасность мореплавания

Для цитирования: Мотрич В. Н. Вентиляция закрытых спасательных шлюпок // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2025. № 3. С. 7–21. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2025-3-7-21>. EDN OQZQQP.

Original article

Ventilation of enclosed life-boats

Vladimir N. Motrich

*Admiral Nevelskoy Maritime State University,
Vladivostok, Russia, MotrichVN@msun.ru*

© Мотрич В. Н., 2025

Abstract. The reason for the adoption of the International SOLAS Convention, which for the first time established the basic principles of equipping ships with life-saving equipment, was the Titanic disaster in the North Atlantic. Since then, this convention has continued to be improved from accident to accident, and the International Code of Safety Products (LSA Code) has been developed. The lessons of the death of the ocean container ship MOL Comfort on June 17, 2013 in the Indian Ocean became the catalyst for a number of important changes in safety regulations. The crew had to survive in stale air conditions inside a closed lifeboat in stormy weather in tropical waters. But the solution to the problem of ventilation of the boats was delayed for a whole decade. Scientific studies of the microclimate of enclosed rescue vehicles and methods for solving the problem of ventilation in them are considered. The issues of human survival at sea are investigated, experiments conducted in Germany, China, and Canada are described, a mathematical model of air exchange that ensures vital processes in the body is presented, and the requirements for ventilation of fully enclosed life-boats of the International Code of Life-saving Equipment, which will enter into force on January 01, 2026. In order to select the optimal design of the ventilation system for enclosed life-boats, a comparative analysis of projects proposed by leading manufacturers of rescue equipment was carried out. To ensure the quality of ventilation, it is proposed to apply an increasing coefficient of 1.1 when using the above mathematical model.

Keywords: marine casualties, life-boats, survival craft design, ventilation of life-saving equipment, carbon dioxide concentration, human survival, safety of navigation

For citation: Motrich V. N. Ventilation of enclosed life-boats. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and technologies.* 2025;3:7-21. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2025-3-7-21>. EDN OQZQQP.

Введение

Мореплавание с древнейших времен ассоциировалось с опасностями, связанными не только со штормами, туманами, рифами, действиями пиратов, но и несовершенством конструкции кораблей. После катастрофы «Титаника» обязательным международным стандартом стали спасательные шлюпки, плавучесть которых при полной нагрузке обеспечивалась внутренними воздушными ящиками даже при затоплении водой по верхнюю кромку планширя. Форма корпуса с обоюдоострыми обводами носа и кормы, исключавшая необходимость разворота бортом к волне, была заимствована у вельботов, использовавшихся басками на промысле китов с середины XIV в. [1].

Исторический экскурс

Классическая открытая шлюпка (рис. 1, *a*) не обеспечивала защиты находившихся в ней людей от непогоды. Из 83-х членов экипажа и кадетов учебного парусного барка «Памир», попавшего в ураган «Кэрри» 21 сентября 1957 г., сумели воспользоваться одной из открытых спасательных шлюпок 22 человека. Через три дня спасатели обнаружили в полузатопленной шлюпке лишь 6-х полу живых моряков, остальных смыли за борт штормовые волны [2]. В работе [3] описан случай, когда в холодное время года спустя 22 ч после аварии была обнаружена открытая спасательная шлюпка, на борту которой все 12 человек не имели признаков жизни, несмотря на теплую одежду, которая быстро промокла от брызг и обледенела.



a



б

Рис. 1. Типы спасательных шлюпок: *a* – открытая; *б* – первая закрытая спасательная шлюпка капитана А. Лундина

Fig. 1. Types of life-boats: *a* – open; *б* – Captain Lundin's first closed life-boat

Первую конструкцию закрытой спасательной шлюпки предложил шведский капитан А. Лундин

в начале XX в. (рис. 1, *б*). Герметизация обитаемого отсека позволила создать специальные шлюпки

для танкеров, способные преодолевать горящую нефть на воде, свободно падающие шлюпки, погружающиеся на некоторое время в воду, и свободно всплывающие шлюпки. Вместе с тем увеличивались масса и габариты спасательных шлюпок, усложнялась конструкция спусковых устройств, а также повышались эксплуатационные риски. Так, по данным британского отдела по расследованию аварий на море, за первое 10-летие XXI в. погибли 12 моряков, 87 человек получили тяжкие телесные повреждения в результате несчастных случаев со шлюпками. Не лучше ситуация и в других странах. Норвежский морской директорат сообщил, что за тот же период имели место 5 несчастных случаев со шлюпками со смертельным исходом, а 190 человек получили травмы, из которых 65 привели к полной потере трудоспособности моряков [4]. Неудивительно, что моряки все чаще стали полагаться на надувные спасательные плоты, обеспечивающие легкость спуска и, несмотря на меньшую прочность материала, достаточную живучесть и защиту от непогоды. В некоторых исследованиях [2, 4, 5] даже поднимался вопрос: а нужны ли спасательные шлюпки на судах вообще?

Перед дилеммой: на чем спасаться – на шлюпках или плотах – оказался экипаж контейнеровоза MOL Comfort. Это судно, построенное на судовер-

фи Mitsubishi Heavy Industries в 2008 г., вместимостью 8 110 контейнеров в 20-футовом исчислении совершило круговой рейс «Сингапур – Джидда – Суэц – Роттердам – Гамбург – Саутгемптон – Гавр – Сингапур», имело на борту все действующие документы, было обеспечено необходимой информацией от центра метеопроводки, а оборудование работало исправно. Перед выходом в море были выполнены необходимые расчеты остойчивости, продольной и местной прочности. Изгибающие моменты в корпусе составляли 99 % от допустимых, осадка – 13,45 м носом, 13,6 м кормой, метацентрическая высота – 2,5 м. Кроме груза, на борту имелось 1 500 т топлива и 6 160 т балласта. Капитан обладал 19-летним опытом командования, в том числе однотипными судами. План перехода предусматривал снижение скорости хода с 20 до 17 уз при ухудшении погоды в Аравийском море [6].

17 июня 2013 г. в 07.45, когда контейнеровоз находился в 430 милях от Омана, в левую склону ударили две особо крупные волны, и корпус судна переломился на две части (рис. 2). Начался пожар. Часть контейнеров оказалась за бортом. Капитан принял единственное правильное решение в сложившейся ситуации – оставить судно. В эфир был послан сигнал бедствия.



Рис. 2. Катастрофа контейнеровоза MOL Comfort

Fig. 2. The disaster of the container ship MOL Comfort

Испытывая, как многие моряки, недоверие к шлюпкам, капитан контейнеровоза MOL Comfort распорядился спустить надувные спасательные плоты с левого борта, прикрытоого от ветра. Однако хаотично раскачивающиеся в толчее волн контей-

неры представляли серьезную угрозу не только для резиновых плотов, но и для людей при посадке. Капитану пришлось изменить свое решение.

Громоздкая полностью закрытая шлюпка была спущена с правого борта в бушующее море спо-

койно и профессионально, подтвердив пользу проведения учений и тренировок. Все 26 членов экипажа (11 русских, 14 филиппинцев и 1 украинец) разместились в ней целыми и невредимыми, но вскоре возникли непредвиденные трудности.

Иллюминатор рулевого в шлюпке постоянно заливался смесью воды с мазутом, срываемой штормовым ветром с поверхности моря. Одному из членов экипажа пришлось стоять на скользкой палубе позади рубки и через открытую кормовую дверь голосом корректировать движение шлюпки. Хотя плавание в шлюпке продолжалось около часа, это было тяжелым испытанием для находившихся в ней людей, одетых в гидрокостюмы, в жару, спретом воздухе, насыщенном удущивыми парами топлива. Вентиляция отсутствовала, а открыть люки не было возможности из-за опасности заливания водой [6].

В то же утро в 10.18 в район разыгравшейся трагедии прибыл контейнеровоз такого же класса – Yantian Express, но из-за плавающих контейнеров пришлось держаться на безопасном расстоянии. Вдоль бортов были вывешены грузовые сетки, чтобы люди могли взбираться по ним из воды [6].

В 11.10 шлюпка с экипажем погибшего судна подошла под прикрытие борта контейнеровоза Yantian Express, но не всем удалось с первого раза

подняться по скользким сеткам на 10-метровую высоту. Сорвавшихся в воду вытаскивали с помощью спасательных кругов с линиями. При этом документы, судовая касса и вахтенный журнал были утоплены.

В 11.36, наконец, все 26 спасшихся моряков были приняты на борт, и Yantian Express отправился по расписанию в порт Коломбо [6].

Гибель сравнительно нового и ухоженного судна в далеко не экстремальных условиях погоды подняла ряд важных проблем, требовавших неотложного решения. Конечно, трещины в корпусах крупных судов образуются не так уж редко. Так, 18 января 2007 г. контейнеровоз MSC Napoli 1991 г. постройки с 2 400 контейнерами на борту, следя в проливе Ла-Манш при 9-метровом волнении со скоростью 11 уз, получил разрыв корпуса между машинным отделением и грузовым трюмом № 6 [7].

Капитан с крыла мостика оценил обстановку и, увидев расходящуюся трещину в борту, послал в эфир сигнал бедствия и отдал приказ оставить судно (рис. 3). Хотя паспортная вместимость шлюпки составляла 32 человека, 26 членов экипажа контейнеровоза в гидрокостюмах с жилетами чувствовали себя в тесноте и задыхались от удышья. Некоторые от перегрева организма и дегидратации теряли сознание [7].



Рис. 3. Спасение экипажа MSC Napoli: *а* – спуск спасательной шлюпки; *б* – эвакуация с помощью вертолета

Fig. 3. Rescue of the MSC Napoli crew: *a* – life-boat launch; *б* – evacuation using helicopter

Факты аварии на судах MSC Napoli и MOL Comfort доказали, что судовые спасательные шлюпки еще рано списывать, они все еще могут использоваться для сохранения жизни людей, когда все другие возможности исчерпаны. Спасательные

шлюпки дают больше шансов на выживание, поскольку они обладают рядом важных достоинств по сравнению со спасательными плотами. Изготовленные из жесткого материала, они освобождают моряков от необходимости постоянной подкачки камер

плавучести и возможности повреждения плота неосторожным обращением с острыми предметами. В отличие от надувных плотов, закрытые шлюпки оснащены собственным двигателем, маневренны и обеспечивают защиту от непогоды. Однако процесс спуска на воду спасательных шлюпок в штормовую погоду представляет большую опасность.

Также следует вывод о том, что, хотя в последние десятилетия совершенствование конструкции закрытых спасательных шлюпок и шло по пути максимальной защиты потерпевших бедствие от неблагоприятного воздействия окружающей среды, однако проблеме создания микроклимата в замкнутых объемах их салонов не уделялось достаточного внимания [8].

Целью настоящей статьи является обобщение опыта ведущих стран-производителей закрытых спасательных шлюпок, чтобы выявить перспективную конструкцию, обеспечивающую выживание человека до подхода спасательных сил с учетом его физиологических возможностей.

Исследования проблемы выживания в закрытых спасательных шлюпках

Полностью закрытые спасательные шлюпки используются не только на судах, они нашли широкое применение на плавучих буровых установках. Глав-

ным требованием к конструкции была выдвинута возможность преодолевать зону горящей на воде нефти в течение времени не менее 8 мин, при этом автономная система воздухоснабжения должна обеспечить работу двигателя и достаточный подпор для предотвращения попадания внутрь токсичных газов [9]. Вопрос, как в них будут чувствовать себя 40–60 человек, тогда не рассматривался.

В 1993 г., после ряда тяжелых аварий с морскими буровыми установками, в тренажерном центре Института технологий на шельфе Роберта Гордона в Абердине (RGIT) были проведены исследования физиологических нагрузок на людей, находящихся в стандартной полностью закрытой моторной спасательной шлюпке в различное время года при различном состоянии погоды и волнении, одетых как в обычную рабочую одежду со спасательными жилетами, так и в гидрокостюмы, и при полном, и при частично заполненном салоне. Внутри шлюпки на разных уровнях регистрировалась температура и относительная влажность воздуха, регулярно проводился анализ воздушной среды на содержание двуокиси иmonoокиси углерода (угарного газа) при работающем в разных режимах двигателе (рис. 4). Имелся также анемометр для измерения движения воздуха в салоне.

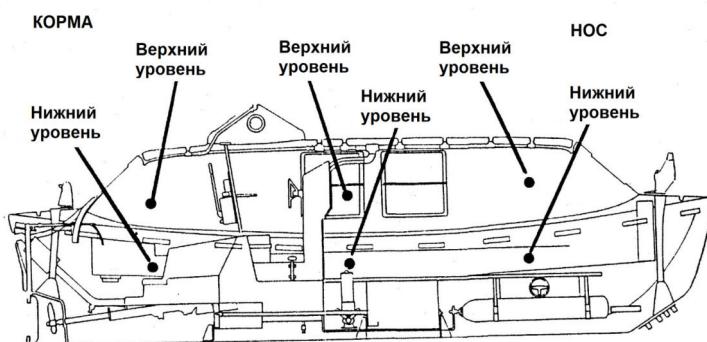


Рис. 4. Схема расположения датчиков температуры в полностью закрытой спасательной шлюпке при проведении эксперимента RGIT

Fig. 4. Arrangement of temperature sensors in a fully enclosed life-boat during the RGIT experiment

Для определения потерь массы тела от потоотделения всех участников взвешивали обнаженными на точных электронных весах до и после пребывания в шлюпке. За состоянием здоровья участников постоянно наблюдал врач, шлюпку сопровождал спасательный катер, и любой пожелавший прекратить эксперимент мог в него пересесть [10].

В ходе испытаний было обнаружено, что результирующие температурные условия напрямую связаны с количеством людей в салоне шлюпки. Высокие внутренние температуры вызывают зна-

чительный тепловой дискомфорт и повышенный уровень потоотделения, особенно у тех, кто одет в гидрокостюмы.

Через 30–60 мин после начала эксперимента люди в шлюпке подвергались приступам морской болезни, при этом 49 % участников чувствовали значительное недомогание, а у 29 % началась рвота. Конструкция стандартной закрытой шлюпки предрасполагает к укачиванию из-за стесненного пространства, отсутствия визуальной ориентации и расположения людей на сидениях без фиксации

корпуса и головы (рис. 5). В несколько лучшем положении находятся спасающиеся в свободно падающих шлюпках за счет полугоризонтального

расположение кресел авиационного типа с подголовниками, фиксацией всего тела, и увеличенного внутреннего объема на одного пассажира [10].



Рис. 5. Размещение людей в салоне закрытой спасательной шлюпки:
а – позы людей в начальный период после посадки;
б – через 20 мин ощущается неудобство жесткого спасательного жилета

Fig. 5. Placement of people in the cabin of a closed spa life-boat: а – postures of people in the initial period after landing;
б – after 20 minutes, the discomfort of a rigid life jacket is felt

Морская болезнь является серьезной проблемой на спасательных шлюпках или плотах, где она, как правило, отмечается у 75 % спасающихся (49 % за 45 мин испытания). Она усугубляется духотой,арами топлива, запахом тел и видом рвоты у окружающих. Даже те, кто изначально не страдал морской болезнью, в конце концов поддавлялись общей атмосферой в шлюпке и чувствовали себя плохо.

Препараторы от морской болезни находятся в шлюпочной аптечке, и эвакуированные не будут иметь к ним доступа до тех пор, пока не попадут в спасательное средство. Многие лекарственные препараты требуют времени для проявления эффекта, и успех перорального приема должен быть поставлен под сомнение, поскольку у многих выживших может возникнуть рвота вскоре после эвакуации. Необходимо оценить другие способы введения и, поскольку в закрытой шлюпке укачивание наступает быстро, следует обратить внимание на тот или иной способ внутримышечного или подкожного введения препарата. Может оказаться полезным быстро всасывающийся быстродействующий пре-

парат для сублингвального введения [10].

Тепловой стресс может привести к повышенному потоотделению и обезвоживанию организма. В сочетании с потерей жидкости из-за рвоты последствия обезвоживания могут быть драматическими.

Основные рекомендации доклада заключались в том, что следует пересмотреть конструкцию полностью закрытых спасательных шлюпок, уделив особое внимание вентиляции, снизить нормы их вместимости, а также решить проблему обезвоживания путем восполнения жидкости у находящихся в ней людей.

Учитывая, что у некоторых людей всего за 45 мин масса тела изменилась на 1,5–2,0 кг, необходимо решить тепловые проблемы. Человек весом 80 кг, теряющий 2 кг/ч (т. е. 2–5 % от массы тела), может оказаться в очень тяжелом состоянии через 5–6 ч.

В дополнение к применению препаратов против морской болезни необходимо учитывать профилактику серьезного обезвоживания и восполнение жид-

кости. Проблема восполнения жидкости хорошо изучена в спортивной медицине. Учитывая потенциально высокие показатели потери жидкости и обезвоживания, следует рассмотреть необходимость обеспечения регидратирующими веществами [10]. Без принятия этих мер, по мнению специалистов RGIT, тяжелое истощение у спасающихся в закрытой шлюпке может наступить в течение 12–24 ч [10].

Еще один важный аспект, зависящий от количества людей в шлюпке, – содержание углекислого газа. Как и все живые существа, человек нуждается в кислороде (O_2) для использования в химических реакциях, которые управляют метаболизмом и позволяют ему существовать. Человеческий метаболизм использует топливный субстрат (глюкозу) и O_2 для химической реакции окисления, которая генерирует энергию, тепло и побочные продукты. При аэробных (с участием O_2) метаболических реакциях образуется один из побочных продуктов – углекислый газ (CO_2). Это негорючий газ без цвета и запаха, который является четвертым по распространенности газом в воздухе, которым мы дышим, и составляет примерно 0,04 % нашей атмосферы. Он тяжелее воздуха, что приводит к вытеснению кислорода, когда он оседает в нижней части закрытых помещений. Углекислый газ, впрочем, как и кислород, в избыточных количествах может стать вредным для организма при вдыхании, но, в отличие от последнего, становится токсичным при гораздо меньшей концентрации.

Малые концентрации газов удобно оценивать в частях на миллион (parts per million, или ppm): 1 ppm = 0,0001 %; 1 % = 10 000 ppm. При концентрации CO_2 1 000 ppm, или 0,1 % объемной концентрации, возникают первые симптомы отравления (вялость, сонливость, затруднение дыхания). Воздействие CO_2 на организм человека усиливается с увеличением как концентрации, так и продолжительности нахождения в опасной атмосфере. Учитывая, что CO_2 растворим в тканевых жидкостях в 20 раз лучше, чем O_2 , он оказывает быстрое воздействие и на дыхание, и на центральную нервную систему.

При повышении концентрации CO_2 процентное содержание O_2 снижается, что имеет последствия для людей: сначала частота дыхания, а также сердцебиение и кровяное давление постепенно повышаются, когда значение O_2 падает ниже 17 %. Психические функции начинают нарушаться в диапазоне от 13,3 до 10,5 % O_2 . При этом снижается воля к выживанию, происходят изменения в настроении, допускаются ошибки там, где необходимы навыки или сообразительность. Путанность сознания и дезориентация наблюдаются из-за недостатка кислоро-

да в мозге. Потеря сознания и в конечном счете смерть могут наступить, когда O_2 снизится до менее 10 % [10].

Закрытые спасательные шлюпки применяются на судах, плавающих под флагами многих стран мира, поэтому проблему необходимо решать на международном уровне. Агентством Организации Объединенных Наций, ответственным за безопасность мореплавания, включая безопасную эксплуатацию спасательных средств, является Международная морская организация, членами которой по состоянию на 01 января 2025 г. являются 176 государств мира. В отечественной литературе по международному морскому праву используется английское сокращенное название этой организации с русской транслитерацией «ИМО» (от начальных букв International Maritime Organization). Эта аббревиатура используется в учебнике, рекомендованном Министерством науки и высшего образования Российской Федерации для высших учебных заведений «Морское право» под редакцией профессора А. С. Скаридова, вышедшем в издательстве «Юрайт» (Москва) в 2025 г., а также Секретариатом Международной морской организации в текстах официальных переводов издаваемых документов на русский язык. Поэтому сокращение «ИМО» в дальнейшем будет использоваться и в настоящей статье.

На 41-й сессии Подкомитета ИМО по конструкции и оборудованию судов делегация Германии представила доклад, в котором были изложены проблемы, связанные с нехваткой кислорода и высокой концентрацией углекислого газа в полностью закрытых спасательных средствах. Во время эксперимента, проведенного в Федеральном институте производственной безопасности и охраны здоровья 30 мая 1995 г. у причала в безветренную погоду в полностью закрытой спасательной шлюпке типа TSL-T 5.7 с работающим двигателем и 15-ю испытуемыми в салоне, уровень CO_2 достиг 3 % уже через 37 мин (рис. 6). Но этот доклад не вызвал ожидаемого отклика. Подкомитет призвал все государства продолжать исследование проблемы вентиляции закрытых спасательных средств и довести эту информацию до их производителей.

С тех пор прошло 10 лет. После аварии MOL Comfort делегации Багамских островов и Японии представили отчет об эксперименте, проведенном Национальным морским научно-исследовательским институтом совместно с фирмой по производству судовых спасательных средств NISHI-F Co., Ltd. при участии судоходной компании Mitsui OSK Line и классификационного общества Nippon Kaiji Kyokai (Class NK).

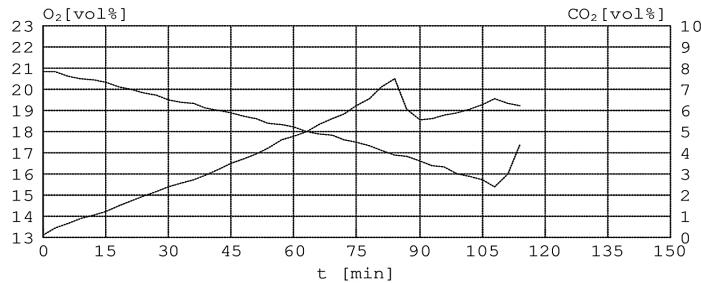


Рис. 6. Концентрация кислорода (O_2) и углекислого газа (CO_2) в закрытой спасательной шлюпке типа TSL-T 5.77 с 15-ю пассажирами в зависимости от времени

Fig. 6. Oxygen (O_2) and carbon dioxide (CO_2) concentrations in a closed TSL-T 5.77 lifeboat with 15 passengers, depending on time

На серийной 25-местной свободнопадающей спасательной шлюпке (рис. 7) был установлен комплект из двух напорных вентиляторов производительностью по $420 \text{ м}^3/\text{ч}$ каждый, размещенных по обоим бортам в кормовой части и имеющих общий воздухозаборник с системой воздухоснаб-

жения двигателя, защищенных дополнительным кожухом, а также двух специально оборудованных в носовой части корпуса шлюпки вентиляционных отверстий по бортам диаметром 130 мм с защитными кожухами (рис. 7, 8).

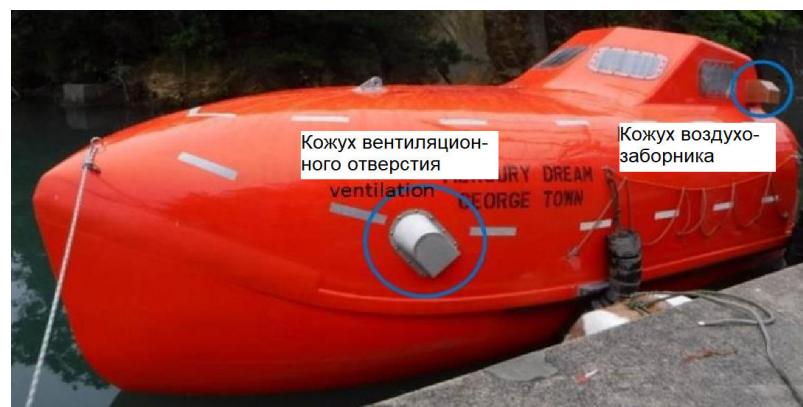


Рис. 7. Установка оборудования для проведения испытаний по эффективности вентиляции в полностью закрытой спасательной шлюпке

Fig. 7. Installation of equipment for conducting ventilation efficiency tests in a fully enclosed life-boat



Рис. 8. Оборудование вентиляции внутри шлюпки: а – напорный вентилятор; б – закрытие воздуховода

Fig. 8. Ventilation equipment inside the boat: а – pressure fan; б – duct sealing

Для упрощения конструкции воздуховоды внутри шлюпки не устраивались. Все отверстия были оборудованы средствами герметизации. Питание подавалось от штатного генератора, вырабатывавшего ток 12 А напряжением 12 В, с приводом от двигателя шлюпки.

После переоборудования масса шлюпки увеличилась на 23 кг, и она прошла все требуемые испытания на мореходность, водонепроницаемость и ударостойкость с удовлетворительными результатами. Увеличение массы ощутимо не повлияло на остойчивость шлюпки, а скорость снизилась всего на 0,006 уз [11].

Эксперимент проводился в три этапа. Концентрация кислорода, углекислого газа, температура и относительная влажность воздуха регистрировалась в 11-и местах по всему салону каждые 60 с.

Первый этап эксперимента был проведен пасмурным майским днем в безветренную погоду с плотно закрытыми отверстиями и люками, без вентиляции, с 6-ю пассажирами в салоне и работающим на максимальных оборотах двигателем. Уже через 30 мин концентрация углекислого газа составила около 1 900 частей на миллион при норме,

установленной японским стандартом по санитарии в строительстве – 1 000 частей на миллион. Это подтвердило факт, что проблема обеспечения безопасной воздушной среды существует даже при минимальном комплекте людей и для полностью закрытых спасательных шлюпок требуется мощная вентиляционная система [11].

На втором этапе в шлюпку посадили 25 человек, закрыли все люки и отверстия, запустили мотор на полную мощность и включили один вентилятор левого борта. Через 64 мин температура внутри шлюпки повысилась с 27 до 31 °C, а концентрация углекислого газа достигла 3 500 частей на миллион, что считается японскими правилами пороговым значением. Затем открыли все люки, но и спустя 8 мин содержание углекислого газа упало лишь до 2 600 частей на миллион. Пришлось включить оба вентилятора [11].

Когда же в шлюпке находилось 25 человек, то при полной герметизации и работающем на всех оборотах двигателе концентрация углекислого газа достигла 3 500 частей на миллион за 9 мин. Сразу же включили оба вентилятора, и атмосфера стала комфортной на 15-й мин эксперимента (рис. 9).

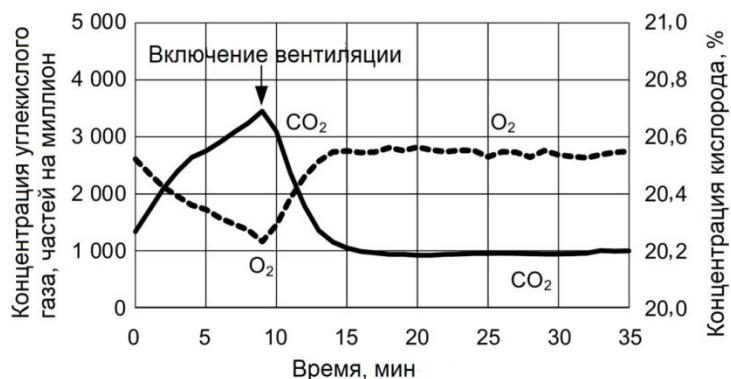


Рис. 9. Содержание углекислого газа и кислорода на третьем этапе эксперимента

Fig. 9. Carbon dioxide and oxygen content at the third stage of the experiment

Для определения объема подаваемого в шлюпку воздуха в час, необходимого для разбавления до допустимой концентрации выделяющегося углекислого газа, было составлено следующее уравнение:

$$Q = \frac{H}{C_i - C_0} \cdot 106, \quad (1)$$

где H – количество выдыхаемого CO_2 , $\text{м}^3/\text{ч}$ на человека; C_i – измеренная концентрация CO_2 внутри спасательной шлюпки, частей на миллион; C_0 – концентрация CO_2 в атмосфере, частей на миллион.

В приведенной ниже таблице содержатся результаты расчета производительности вентиляции,

основанные на измерении скорости воздушного потока и концентрации углекислого газа на разных этапах эксперимента.

Таким образом, результаты эксперимента подтвердили, что система вентиляции с электроприводом эффективно снижает концентрацию углекислого газа внутри полностью закрытой спасательной шлюпки. Расчеты доказали, что производительность вентиляции $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ на человека достаточно для поддержания концентрации CO_2 на безопасном уровне [11].

При измерении напряжения аккумуляторной батареи было установлено, что энергопотребление системы вентиляции составило 0,288 кВт и мощ-

ности двигателя спасательной шлюпки 18,4 кВт вполне хватало. Суточный расход топлива составил 6 л при емкости топливного бака 180 л, че-

мопроводилась работа двигателя в течение требуемых правилами 24 ч [11].

Расчет производительности вентиляции в закрытой спасательной шлюпке

Calculation of ventilation performance in a closed life-boat

Регистрируемый параметр	Этап 1	Этап 2	Этап 3
Количество пассажиров	6	25	25
Средняя масса тела, кг	77	71	71
Число работающих вентиляторов	—	1 (левый борт)	2
Удельная подача воздуха, измеренная по потоку воздуха, м ³ /ч на человека	—	19,8	23,8
Измеренная концентрация CO ₂ в салоне, частей на миллион	1 900	1 260	940
Концентрация CO ₂ в атмосфере, частей на миллион		420	
Количество выдыхаемого CO ₂ одним человеком в состоянии покоя, м ³ /ч		0,013	
Удельная подача воздуха, рассчитанная по формуле (1), м ³ /ч на человека	8,8	15,5	25,0

После того как стало известно, что пережил экипаж MOL Comfort, уже никто не посмел возражать против необходимости обеспечения надлежащей вентиляции закрытых спасательных шлюпок. Более того, на 97-й сессии Комитета по безопасности на море, которая прошла в ноябре 2016 г. в Лондоне, решению этой проблемы был отдан высший приоритет и назначена конечная дата принятия новых требований 01 января 2018 г. Далее планировалось разработать меры по улучшению микроклимата в спасательных плотах и частично закрытых шлюпках.

В реструктурированном Подкомитете по судовым системам и оборудованию снова была создана Рабочая группа, в состав которой, кроме специалистов из Германии, Японии и Багамских островов, вошли представители таких стран, лидирующих в производстве спасательных средств, как Норвегия и Финляндия. Активное участие в работе приняла делегация КНР. Присоединилась к Рабочей группе Российская Федерация. Из неправительственных организаций участвовали Международная палата судоходства, Международная ассоциация классификационных обществ, Международная ассоциация круизных линий и др. Роль координатора выполнял Дж. Гриллз, командир дивизиона проектирования и стандартов спасательных и противопожарных систем Береговой охраны США.

Рабочая группа, прежде всего, определила круг задач, которые предстояло решить. На первом этапе требовалось собрать и проанализировать данные о микроклимате из научных исследований, докладов на конференциях, журнальных статей, стандартов и других надежных и актуальных источников. На основе этого анализа требовалось определить критерии к новым требованиям к вентиляции для полностью закрытых спасательных

шлюпок (влажность, температура, пороговые уровни O₂, CO₂, производительность вентиляции, кратность воздухообмена).

Независимо от конструкции, назначение спасательной шлюпки или любого другого спасательного средства, такого как спасательный плот, всегда одно и то же: обеспечить временную пригодную для жизнедеятельности среду, которая предоставит шансы пассажирам на выживание до момента спасения. Исходя из этих соображений, Рабочая группа сосредоточилась на разработке минимальных требований безопасности и обеспечения выживания людей в полностью закрытых спасательных шлюпках судов, эксплуатирующихся вне полярных районов Арктики и Антарктики. Повышение комфорта не должно быть целью новых требований.

Обзор литературы показал, что на выживание людей в спасательном средстве влияют два основных параметра: атмосфера (состав воздуха) и температура тела.

До тех пор, пока полностью закрытые спасательные средства (шлюпки) вентилируются исключительно атмосферным воздухом, при условии, что выхлопные газы от работающего двигателя не попадают внутрь, пригодная для жизни атмосфера может определяться концентрацией CO₂.

Рабочая группа не смогла достичь консенсуса в отношении методов вентиляции спасательных средств. По мнению делегации Германии, открытие люков спасательного средства для подачи воздуха может привести к попаданию в него воды в ненастную погоду и снижению остойчивости. Поэтому естественная вентиляция не может рассматриваться как альтернатива принудительному воздухообмену. Китайские специалисты, напротив, считали, что если спасательная шлюпка, отделившись от своего корабля-носителя, как правило,

дрейфует при неработающем двигателе, то предпочтение следует отдавать пассивной естественной вентиляции. При этом следует уделить особое внимание надлежащему регламентированию количества отверстий, их расположению, размеру и обеспечению водонепроницаемости. Для обеспечения длительной работы двигателя спасательной шлюпки нужен резервный запас топлива, а это не всегда возможно. Поэтому Рабочая группа решила не включать требования об обязательной принудительной вентиляции, чтобы избежать чрезмерных предписаний и не сдерживать будущие инновационные разработки [12].

Не все согласились с предлагаемыми нормами качества воздуха в спасательном средстве. По мнению делегации Германии, производительность вентиляции $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ на человека, принятая в стандартах при строительстве береговых объектов из расчета обеспечения комфортной концентрации кислорода 20,5 % и углекислого газа 0,12 %, применительно к спасательным средствам завышена. В таком случае для предотвращения образования застойных зон внутри шлюпки вместимостью 150 человек потребуется 8 вентиляторов производительностью по $420 \text{ м}^3/\text{ч}$, 3 генератора и повышенный запас топлива [12].

Ссылаясь на исследования в области медицины, в частности вышедший в 2000 г. в Берлине труд доктора Р. Ф. Шмидта «Физиология человека» и работу профессора К. Глоксхубера «Токсикология», изданную в Штутгарте в 1994 г., в которых доказано, что в условиях выживания человек переносит концентрацию углекислого газа 0,5 % в атмосфере без серьезных последствий, а воздух с содержанием кислорода 18 % еще пригоден для дыхания, была предложена предельная норма $4,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ на человека.

Китай предложил также учитывать данные, подтвержденные длительной практикой эксплуатации угольных шахт и обитаемых подводных аппаратов. Так, в национальном стандарте КНР в области гигиены труда GBZ 2-2002 принятая средневзвешенная по времени допустимая концентрация углекислого газа 0,5 %, а при кратковременном воздействии – даже 1 %. Стандарт на дыхательные смеси GB 18435-2007 также устанавливает предельно допустимую концентрацию CO_2 внутри насыщенной подводной камеры – 0,5 %.

Других предложений больше не поступало, и Рабочей группой было согласовано пороговое значение концентрации CO_2 в атмосфере полностью закрытых спасательных шлюпок – 5 000 частей на миллион.

Концентрация кислорода должна поддержи-

ваться на уровне не менее 20 %, а ее предельное значение должно составлять не менее 18 %.

Такие соображения, как объем полностью закрытой спасательной шлюпки или способ вентиляции, определяют, как долго должен поддерживаться пригодный для жизни микроклимат. При этом Кодекс LSA требует иметь на борту любой спасательной шлюпки достаточное количество топлива, пригодного для использования в условиях температур, предполагаемых в районе эксплуатации судна, чтобы обеспечить движение полностью нагруженной спасательной шлюпки со скоростью 6 уз в течение не менее 24 ч.

Интересные результаты были получены в проведенном исследовательским институтом Национального совета Канады эксперименте. В полностью закрытую спасательную шлюпку с измерительной аппаратурой, установленную на трейлере, поочередно усаживали от 1-го до 15-и пассажиров возрастом от 19-и до 58-и лет (рис. 10). Оказалось, что количество выдыхаемого CO_2 зависит не от количества пассажиров в спасательной шлюпке, а от общей массы пассажиров. Люди с большей массой выделяют CO_2 с большей скоростью, поэтому важно учитывать не только количество людей внутри спасательного средства, но и массу тела каждого пассажира шлюпки.

Когда же шлюпке на трейлере придали колебательные движения, имитирующие качку по особой программе, то интенсивность выработки CO_2 еще больше возросла: если в неподвижной шлюпке она составляла 3,16 мл на 1 кг массы тела в минуту, то в ситуации, подобной шторму, повысилась до величины $3,56 \pm 0,44$ мл на 1 кг массы тела в минуту [11].

Масса тела варьируется для разных национальностей. В своем труде «Антропометрия, эргономика и рабочий дизайн» профессор Кембриджского университета С. Фезант утверждает, что 95 % взрослых американцев весят 102 кг, англичан – 94 кг, а стандартный вес 75 кг имеют лишь гонконгские китайцы.

Так как опасная концентрация CO_2 в полностью закрытой спасательной шлюпке может образоваться очень быстро при не различимых на фоне общего стресса симптомах, Национальный совет Канады предложил установку газоанализаторов для контроля качества воздуха. В идеале, когда уровень CO_2 близок к ПДК, такие устройства подают визуальный и слуховой сигнал, что позволит обитателям шлюпки самостоятельно регулировать воздухообмен. Однако это предложение не нашло поддержки большинства членов Рабочей группы, т. к. это приведет к усложнению технического обслуживания.

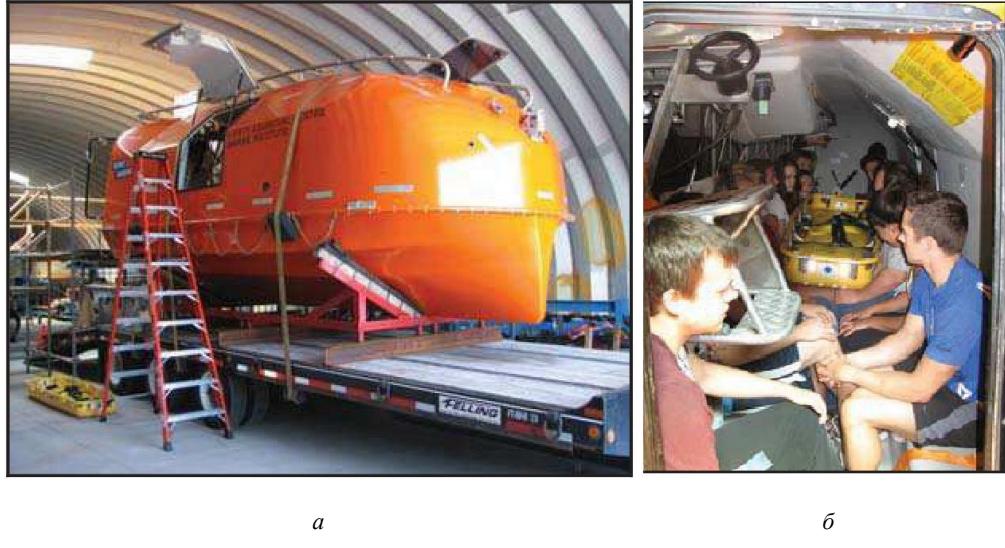


Рис. 10. Эксперимент исследовательского института Национального совета Канады:
а – расположение спасательной шлюпки на платформе; *б* – участники эксперимента в салоне шлюпки

Fig. 10. Experiment of the Research Institute of the National Council of Canada:
a – location of the life-boat on the platform; *б* – the participants of the experiment in the cabin of the boat

До тех пор, пока единственным источником образования CO₂ считается дыхание человека, в спасательном средстве концентрация углекислого газа и кислорода взаимосвязаны, т. е. в замкнутом пространстве концентрация углекислого газа увеличивается на столько же, на сколько уменьшается концентрация кислорода. Поэтому считается достаточным указать одно из двух веществ, например CO₂. Для достижения порогового значения содержания CO₂ в спасательном средстве необходим воздухообмен, чтобы заменить воздух с более высокой концентрацией CO₂ наружным воздухом [11].

Математическая модель была предложена группой ученых из Федерального института производственной безопасности и охраны здоровья в Дортмунде:

$$C_{CO_2} = \frac{V_{ZU}}{nV_T} \cdot 100 \% \cdot \left(1 - e^{(-n+t)}\right) + C_{CO_2, AIR}, \quad (2)$$

где C_{CO_2} – концентрация CO₂ в спасательной шлюпке; V_{ZU} – объем CO₂ на входе; n – число обменов воздуха; V_T – объем спасательной шлюпки; $C_{CO_2, AIR}$ – концентрация CO₂ в воздухе.

Если принять за пороговый уровень CO₂ внутри шлюпки – 5 000 частей на миллион, а содержание CO₂ в атмосферном воздухе – 400 частей на миллион, то при нахождении в шлюпке людей со средней массой тела 102 кг в условиях интенсивной качки

удельная подача воздуха, рассчитанная по уравнению (2), составляет 5,0 м³/ч на человека [11].

Китайская делегация обратила внимание на то, что математическая модель (2), которую Рабочая группа использовала для расчета параметров вентиляции полностью закрытой шлюпки, не учитывает начальные условия, и предложила приведенное ниже уравнение с сохранением обозначений оригинала:

$$y_2 = \left(\frac{X}{Q} + y_0 \right) \left[1 - \exp \left(-\frac{tQ}{N} \right) \right] \cdot 1 + y_1 \exp \left(-\frac{tQ}{N} \right), \quad (3)$$

где N – внутренний объем спасательной шлюпки; X – количество CO₂, выдыхаемого всеми находящимися в ней людьми; Q – общая производительность вентиляции; y_0 – концентрация CO₂ в свежем воздухе; y_1 – начальное значение концентрации CO₂ в помещении спасательной шлюпки; y_2 – концентрация CO₂ внутри спасательной шлюпки за время t .

Некоторые государства – члены ИМО – прямо или косвенно выразили обеспокоенность по поводу того факта, что обсуждавшийся показатель вентиляции, равный 5 м³/ч на человека, основан исключительно на модельном расчете и не подтвержден практическими опытами. В связи с этим Китай инициировал специальный эксперимент по исследованию вентиляции на двух типах спасательных шлюпок: 25-местной шлюпке *A* и шлюпке *B* вместимостью 130 человек (рис. 11).



Рис. 11. Типы спасательных шлюпок: *а* – шлюпка *А*; *б* – шлюпка *В*

Fig. 11. Types of life-boats: *a* – life-boat *A*; *b* – life-boat *B*

Шлюпка *А* была оборудована двумя вентиляционными отверстиями диаметром 70 мм в носовой части и одним электровентилятором в корме мощностью 72 кВт производительностью 456 м³/ч. Шлюпка *В* имела два таких вентилятора и 4 носовых вентиляционных отверстия диаметром 95 мм. Воздуховоды на обеих шлюпках не предусматривались. Для каждой шлюпки было разработано 8 сценариев испытаний: на швартовых и на ходу, с ча-

стичной и полной нагрузкой, с использованием пассивной и активной вентиляции. Параметры воздушной среды в шлюпках регистрировались непрерывно [11].

Установлено, что средняя концентрация СО₂ в шлюпках на 2,45–9,98 % превышает теоретические расчеты, причем разрыв 2,45 % относится к большей шлюпке (рис. 12).

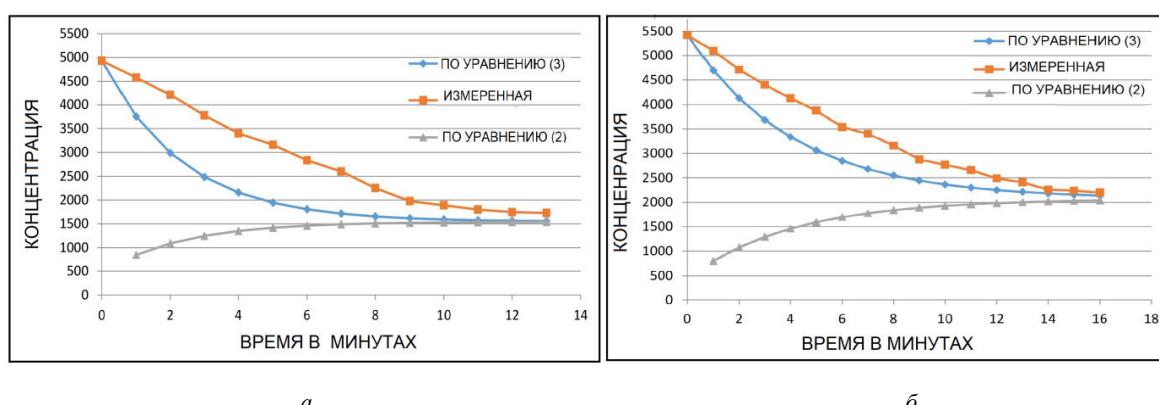


Рис. 12. Концентрации СО₂: *а* – в шлюпке *А*; *б* – в шлюпке *В*

Fig. 12. CO₂ concentrations: *a* – in boat *A*; *b* – in boat *B*

Кроме того, расположение людей оказывает влияние на скорость воздушного потока из-за дополнительного сопротивления, что приводит к отклонениям примерно на 10 % для шлюпки *А* и 20 % для шлюпки *В*. Это свидетельствует о том, что организация воздушного потока играет ключевую роль при проектировании системы вентиляции.

С учетом вышеизложенных результатов испытаний делегация КНР предложила ввести коэффициент

безопасности 1,1 к теоретическим расчетам и соответственно увеличить нормативную производительность вентиляции до 6,45 м³/ч на человека [11].

Требовались новые исследования, чтобы точнее определить производительность вентиляции закрытых спасательных шлюпок. Заканчивался 2018 г., сроки принятия новых правил были сорваны.

Человек – гомеотермический организм, чьи метаболические процессы лучше всего протекают

в узком температурном диапазоне. Чтобы выжить, температура человеческого тела должна поддерживаться такой, чтобы избежать состояния гипотермии (переохлаждения) и гипертермии (теплового удара). Гипотермия наступает при температуре тела ниже 35 °C, а гипертермия – при температуре тела выше 37,5 °C. При температуре тела выше 40 °C используется термин «гиперпирексия». Гипотермия и гипертермия/гиперпирексия возникают, когда организм рассеивает больше тепла, чем вырабатывает, и, соответственно, производит или поглощает больше тепла, чем может рассеять. Следовательно, идеальная производительность вентиляции должна быть такой, чтобы температура слоев воздуха, прилегающая к коже, позволяла человеку сохранять тепловой баланс, находясь в определенной одежде [11].

Не получила одобрения в Рабочей группе концепция личной мобильности, заключавшаяся в предоставлении пассажирам дополнительного пространства внутри спасательной шлюпки, позволяющего вставать и передвигаться для поддержания достаточного кровообращения, выполнения задач по выживанию, пользования туалетом или сна.

Когда же разразилась пандемия COVID-19, дебаты в кулуарах ИМО на время стихли. Как только стало возможно проводить публичные заседания, делегации Багамских островов, Японии, Панамы и КНР в совместном заявлении напомнили о чрезвычайной важности и срочности принятия требований к вентиляции полностью закрытых спасательных шлюпок. Во избежание дальнейших споров предлагалось остановиться на пороговом значении концентрации CO₂ – 5 000 частей на миллион, что требовало согласованной к тому времени с большинством производителей подачи воздуха не менее 5 м³/ч на человека из расчета количества людей, разрешенного к размещению в спасательной шлюпке, в течение как минимум 24 ч.

Заключение

Новые требования к вентиляции полностью закрытых спасательных шлюпок были приняты Комитетом по безопасности на море 08 июня 2023 г. Резолюцией MSC.535(107) «Поправки к Международному кодексу по спасательным средствам». Кроме положения об обеспечении производительности вентиляции не менее 5 м³/ч на человека, в Кодекс LSA были включены требования к средствам закрытия отверстий вентиляции, управление которыми должно осуществляться изнутри спасательной шлюпки. Должны быть предусмотрены

средства для обеспечения того, чтобы отверстия держались закрытыми до спуска спасательной шлюпки, т. е. во время ее хранения, а также во время спуска. Конструкция средств закрытий не должна снижать эффективность противопожарной защиты и системы автономного воздухоснабжения, если таковые имеются. На спасательных шлюпках, спускаемых методом свободного падения, отверстия и средства их закрытия должны иметь такую конструкцию, чтобы выдерживать все нагрузки и предотвращать поступление воды при ожидаемом погружении шлюпки в воду во время спуска методом свободного падения.

Соответствующие изменения были внесены в Резолюцию MSC.81(70) «Пересмотренные рекомендации по испытанию спасательных средств».

Поправки будут считаться принятыми 01 июля 2025 г., если до этой даты более одной трети договаривающихся правительств, общий торговый флот которых по валовой вместимости составляет не менее 50 % мирового торгового флота, не уведомят о своих возражениях против них, и в этом случае вступят в силу 01 января 2026 г. Положения измененного правила будут применяться к полностью закрытым спасательным шлюпкам, установленным 01 января 2029 г. или после этой даты, что вполне учитывает сроки на проектирование, подготовку к производству, испытание и одобрение нового оборудования.

Исходя из приведенного выше сравнительного анализа, по мнению автора статьи, новым требованиям Международного кодекса по спасательным средствам будет удовлетворять система вентиляции закрытой спасательной шлюпки, оснащенная вентиляторами с электрическим приводом. Производительность вентиляторов целесообразно рассчитывать с использованием соотношения (3). Если в конструкции не используются воздуховоды, то повышающий коэффициент 1,1 гарантированно обеспечит равномерную вентиляцию спасательной шлюпки без образования невентилируемых карманов. Для предотвращения обезвоживания организма желательно предусмотреть у посадочных мест средства для восполнения потери влаги.

Уравнение (3) не предназначено для расчета параметров вентиляции закрытых спасательных шлюпок для судов, эксплуатирующихся в полярных районах, где требуется учитывать изолирующие свойства теплой одежды. Исследования в этом направлении ведутся, но это тема для отдельной публикации.

Список источников

1. Blockside E. W. Ship's Boats. London: Longmans Green and Co., 1920, 520 p.
2. Pamir memorial. URL: <http://bit.ly/3Sty8UW> (дата обращения: 30.10.2024).

3. Клинцевич Г. Н. Выживаемость терпящих бедствие на море. М.: Транспорт, 1977. 96 с.
4. Ross T. W. Ship's Lifeboats: Analysis of Accident Cause and Effect and its Relationship to Seafarers' Hazard Perception. URL: <https://seatracker.ru/viewtopic.php?t=3495> (дата обращения: 30.10.2024).
5. Review of lifeboat and launching systems' accidents. Marine Accident Investigation Branch. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7d8042ed915d2d2ac0954a/Lifeboat_Study.pdf (дата обращения: 30.10.2024).
6. Report of the investigation into the sinking of the "MOL Comfort" in the Indian Ocean. Bahamas Maritime Authority. London, September 2015. 47 p.
7. Structural failure of container vessel MSC Napoli and subsequent beaching. Marine Accident Investigation Branch. URL: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/547c703ced915d4c0d000087/NapoliReport.pdf> (дата обращения: 30.10.2024).
8. Волович В. Г. Человек в экстремальных условиях природной среды. М.: Мысль, 1983. 223 с.
9. Международный кодекс по спасательным средствам (кодекс LSA). СПб.: Изд-во ЦНИИМФ, 2018. 192 с.
10. Light I. M., Coleshaw S. R. Survivability of Occupants of Totally Enclosed Motor Propelled Survival Craft. RGIT Survival Centre Ltd, Aberdeen, Scotland, 1993. 40 p.
11. International Maritime Organization: Develop New Requirements for Ventilation of Survival craft. Results of a research on lifeboat ventilation systems. URL: <https://docs.imo.org/Shared/Download.aspx?did=114308/> (дата обращения: 10.09.2024).
12. International Maritime Organization: Microclimate in totally enclosed survival craft. URL: <https://docs.imo.org/Shared/Download.aspx?did=14117/> (дата обращения: 10.09.2024).

References

1. Blockside E. W. *Ship's Boats*. London: Longmans Green and Co., 1920, 520 p.
2. *Pamir memorial*. Available at: <http://bit.ly/3Sty8UW> (accessed: 30.10.2024).
3. Klintsevich G. N. *Vyzhivaemos' terpiashchikh bedstvie na more* [Survival of those in distress at sea]. Moscow, Transport Publ., 1977. 96 p.
4. Ross T. W. *Ship's Lifeboats: Analysis of Accident Cause and Effect and its Relationship to Seafarers' Hazard Perception*. Available at: <https://seatracker.ru/viewtopic.php?t=3495> (accessed: 30.10.2024).
5. Review of lifeboat and launching systems' accidents. Marine Accident Investigation Branch. Available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7d8042ed915d2d2ac0954a/Lifeboat_Study.pdf (accessed: 30.10.2024).
6. Report of the investigation into the sinking of the "MOL Comfort" in the Indian Ocean. Bahamas Maritime Authority. London, September 2015. 47 p.
7. Structural failure of container vessel MSC Napoli and subsequent beaching. Marine Accident Investigation Branch. Available at: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/547c703ced915d4c0d000087/NapoliReport.pdf> (accessed: 30.10.2024).
- uk/media/547c703ced915d4c0d000087/NapoliReport.pdf (accessed: 30.10.2024).
8. Volovich V. G. *Chelovek v ekstremal'nykh usloviyakh prirodnoi sredy* [Humans in extreme environmental conditions]. Moscow, Mysl' Publ., 1983. 223 p.
9. *Mezhdunarodnyi kodeks po spasatel'nym sredstvam (kodeks LSA)* [International Code of Life-Saving Equipment (LSA Code)]. Saint Petersburg, Izd-vo TsNIIMF, 2018. 192 p.
10. Light I. M., Coleshaw S. R. *Survivability of Occupants of Totally Enclosed Motor Propelled Survival Craft*. RGIT Survival Centre Ltd, Aberdeen, Scotland, 1993. 40 p.
11. International Maritime Organization: Develop New Requirements for Ventilation of Survival craft. Results of a research on lifeboat ventilation systems. Available at: <https://docs.imo.org/Shared/Download.aspx?did=114308/> (accessed: 10.09.2024).
12. International Maritime Organization: *Microclimate in totally enclosed survival craft*. Available at: <https://docs.imo.org/Shared/Download.aspx?did=14117/> (accessed: 10.09.2024).

Статья поступила в редакцию 19.03.2025; одобрена после рецензирования 20.05.2025; принятая к публикации 06.08.2025
The article was submitted 19.03.2025; approved after reviewing 20.05.2025; accepted for publication 06.08.2025

Информация об авторе / Information about the author

Владимир Николаевич Мотрич – доцент кафедры судовождения; Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского; MotrichVN@msun.ru

Vladimir N. Motrich – Assistant Professor of the Department of Navigation; Admiral Nevelskoy Maritime State University; MotrichVN@msun.ru

