

Михалюк А.С., Бардадим Д.А.

НИИ спасания и подводных технологий ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», Санкт-Петербург, Россия

КОНСТРУКТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО СПАСАНИЯ ПОДВОДНИКОВ ИЗ ОТСЕКОВ АВАРИЙНОЙ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ, ЛЕЖАЩЕЙ НА ГРУНТЕ

Исследуются факторы, сопровождающие аварийную покладку подводной лодки на грунт и влияющие на безопасность спасания ее экипажа. Целью работы является выявление опасных факторов, оценка степени их влияния на безопасность спасания, а также разработка конструктивных мероприятий, направленных на повышение эффективности спасания личного состава аварийной подводной лодки, лежащей на грунте. Выполнен анализ данных по авариям отечественных и зарубежных подводных лодок, рассмотрены существующие средства и способы спасания подводников из аварийной подводной лодки, лежащей на грунте. Проведен патентный поиск изобретений, направленных на совершенствование спасания экипажей аварийных подводных лодок. Выявлены неучтенные ранее причины возможного роста давления в неаварийных отсеках подводной лодки, лежащей на грунте. Выполнена оценка скорости роста давления и степень его влияния на безопасность спасания личного состава подводной лодки. Разработаны конструктивные мероприятия по предотвращению повышения давления в неаварийных отсеках подводной лодки. Выявлен опасный фактор повышения давления в неаварийной подводной лодке, лежащей на грунте. Техническое решение, предотвращающее повышение давления, позволит без существенных затрат повысить вероятность спасания подводников при подобных авариях.

Ключевые слова: подводная лодка, авария, повышение давления, отсек-убежище, спасание.

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Для цитирования: Михалюк А.С., Бардадим Д.А. Конструктивное обеспечение самостоятельного спасания подводников из отсеков аварийной подводной лодки, лежащей на грунте. Труды Крыловского государственного научного центра. 2018; специальный выпуск 1: 25–29.

УДК 623.827:626.02

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-1-S-I-25-29

Mikhalyuk A., Bardadim D.

Rescue & Underwater Technologies Research Institute, Military Education & Training Centre “Naval Academy”, St. Petersburg, Russia

DESIGN MEASURES TO ENSURE UNASSISTED ESCAPE OF SUBMARINE CREW FROM COMPARTMENTS OF A DISABLED GROUNDED SUBMARINE

Safe escape factors in case of emergency grounding of a submarine are considered. The purpose is to identify dangerous factors, evaluate their impact on safe rescue as well as to work out design measures to enable efficient crew rescue from a grounded submarine. Data on accidents with Russian and foreign submarines are analysed, existing crew rescue equipment and methods for grounded submarines are reviewed. Patent search is done for inventions to improve crew rescue from crippled submarines. Earlier unaccounted causes of possible pressure rise in intact compartments of grounded submarines are revealed. The rate of pressure rise as well as its implications for safe rescue of submarine crews are evaluated. Design measures are elaborated to avoid pressure rise in submarine's intact compartments. The pressure rise in intact submarine is identified as a hazardous factor. The cost-effective technical solution proposed to prevent pressure rise would increase the chances for safe escape of submarine crews in case of such accidents.

Key words: submarine, accident, pressure rise, refuge compartment, rescue.

Authors declare lack of the possible conflicts of interests.

For citations: Mikhalyuk A., Bardadim D. Design measures to ensure unassisted escape of submarine crew from compartments of a disabled grounded submarine. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2018; special issue 1: 25–29 (in Russian).

UDC 623.827:626.02

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-1-S-I-25-29



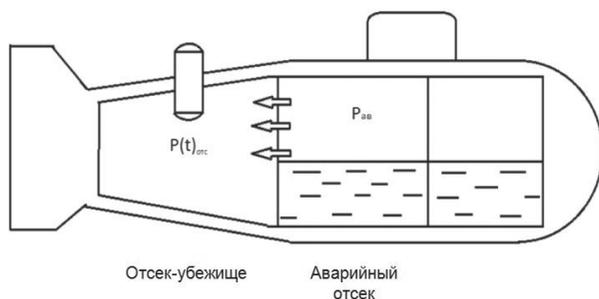


Рис. 1. Вариант аварийной обстановки в отсеках ПЛ
Fig. 1. An accident scenario for submarine compartments

Для обеспечения живучести подводной лодки (ПЛ), ее надводной и подводной непотопляемости, а также обеспечения возможности спасания экипажа прочный корпус ПЛ конструктивно разделен на отсеки водонепроницаемыми поперечными переборками. Прочность и устойчивость переборок, отделяющих отсеки-убежища, в которых располагаются спасательные устройства, должны обеспечить возможность как самостоятельного спасания подводников на глубинах (вплоть до предельных, где возможно использование спасательного снаряжения подводника), так и при помощи сил поисково-спасательного обеспечения.

Известно, что под герметичностью понимается способность корпусных конструкций не пропускать газообразные вещества и аэрозоли, а под непроницаемостью – способность не пропускать воду и другие жидкости [1–2]. Межотсечные переборки ПЛ являются непроницаемыми, но не абсолютно герметичными по причине наличия большого количества коммуникаций (трубопроводов, кабельных трасс) проходящих через переборки. Руководящие документы Военно-морского флота регламентируют допускаемую степень протечки воздуха через неплотности переборок [1–2].

В случае аварии при затоплении отсека, смежного с отсеком-убежищем, при наличии в нем воздушной подушки, воздух из аварийного отсека через неплотности переборки будет постепенно поступать в отсек-убежище, где неизбежно будет повышаться давление (рис. 1). Скорость нарастания давления в отсеке-убежище зависит от соотношения объемов аварийного отсека и отсека-убежища, величины давления газовой среды в аварийном отсеке, а так же от степени газопроницаемости переборки.

Увеличение давления в отсеке-убежище будет негативно сказываться на безопасности выхода подводников через спасательные устройства на поверхность. При превышении определенных величин

давления в отсеке-убежище и времени нахождения под давлением, значения которых определены экспериментально и изложены в руководящих документах Военно-морского флота [3], возникает риск возникновения декомпрессионных заболеваний у подводников в процессе самостоятельного выхода из аварийной ПЛ. Степень тяжести декомпрессионных расстройств может варьироваться от легкой вплоть до летального исхода.

Опыт аварий, связанных с аварийной покладкой ПЛ на грунт с оставшимися в живых членами экипажа, показал, что практически во всех случаях авария сопровождается повышением давления воздуха в неаварийных отсеках [4–5].

В рамках научно-исследовательской работы «Экспериментально-теоретические исследования развития аварийной обстановки на подводном носителе» (шифр «Орленок») были выполнены теоретические и экспериментальные исследования по определению скорости повышения давления воздуха в отсеке аварийной ПЛ через неплотности межотсечной переборки. Исследования проводились в Балтийском государственном техническом университете при участии специалистов научно-исследовательского института спасания и подводных технологий ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» на специально разработанном гидродинамическом стенде моделирования развития аварийной обстановки на ПЛ, лежащей на грунте (рис. 2) [6–10].

На стенде Балтийского государственного технического университета было выполнено физическое моделирование различных процессов, сопровождающих развитие аварийной обстановки в отсеках ПЛ. В том числе, был смоделирован процесс перетекания воздуха из воздушной подушки затопленного аварийного отсека в неаварийный через неплотности межотсечной переборки при различных степенях ее газопроницаемости.

Физическое моделирование показало, что, например, на глубине 80 м давление в смежном с аварийным отсеке будет расти, и его величина за время 50 ч. составит от 30 до 60 % величины забортного давления. Верхний и нижний предел роста давления зависят от соотношения объемов аварийного и смежного с ним отсеков, а также распределения неплотностей по высоте переборки [6–10]. В случае отсутствия воздушной подушки в аварийном отсеке давление в смежном отсеке может повышаться только за счет фильтрации воды. Переборки являются непроницаемыми, и фильтрация воды возможна только по причине каких-либо аварийных повреждений межотсечной переборки.

Стоит отметить что результаты научно-исследовательской работы «Орленок» не были реализованы,

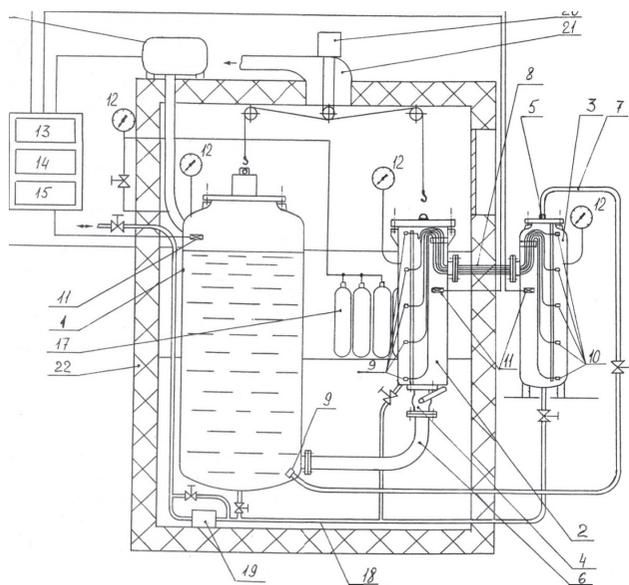


Рис. 2. Гидродинамический стенд моделирования развития аварийной обстановки на ПЛ: 1 – камера моделирования внешней среды; 2 – камера моделирования аварийного отсека; 3 – камера моделирования смежного отсека; 4 – имитатор пробоины с приводом открытия; 5 – имитатор работы СЛ с фильтром; 6 – магистраль подачи воды от 1 к 4; 7 – магистраль подачи воды от 1 к 5; 8 – магистраль подачи воды и воздуха от 2 к 3; 9 – фильтры; 10 – насадки с калиброванными отверстиями и фильтрами; 11 – датчики давления; 12 – манометры; 13 – контрольно-коммутационное оборудование; 14 – усилительно-преобразовательная аппаратура; 15 – регистрирующая аппаратура; 16 – компрессор; 17 – баллонная группа; 18 – магистраль наполнения и слива; 19 – насос; 20 – электролебедка; 21 – вытяжная вентиляция; 22 – железобетонный бокс

Fig. 2. Hydrodynamic submarine accident modeling facility: 1 – environment modeling chamber; 2 – accident-affected compartment modeling chamber; 3 – adjacent compartment modeling chamber; 4 – hull breach simulator with opening actuator; 5 – simulator of escape hatch with filter; 6 – water pipeline from 1 to 4; 7 – water pipeline from 1 to 5; 8 – water & air supply pipeline from 2 to 3; 9 – filters; 10 – nozzles with calibrated holes and filters; 11 – pressure gauges; 12 – manometers; 13 – control & switching equipment; 14 – amplifier & converter hardware; 15 – data recorders; 16 – compressor; 17 – bottles; 18 – fill/drain pipeline; 19 – pump; 20 – electric winch; 21 – exhaust ventilation; 22 – reinforced concrete box

и фактического проведения мероприятий, предотвращающих повышение давления в отсеке-убежище за счет фильтрации межотсечной переборки, не проводилось.

Качественный анализ результатов физического моделирования [6–10], показывает, что скорость по-

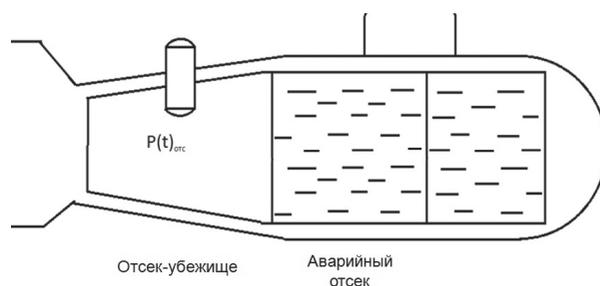


Рис. 3. Вариант аварийной обстановки в отсеках ПЛ (аварийный отсек затоплен полностью)

Fig. 3. An accident scenario for submarine compartments (fully flooded compartment)

вышения давления в смежном с аварийным отсеке за счет перетекания воздуха из воздушной подушки аварийного отсека весьма существенна, и ее нельзя не учитывать при спасении. В то же время имеют место аварийные ситуации, при которых отсутствует воздушная подушка в аварийном отсеке (т.е. аварийный отсек затоплен полностью), что при целостности переборки исключает повышение давления воздуха в смежном отсеке (рис. 3). Такой вариант аварии возможен при наличии пробоины в верхней части отсека (случай столкновения ПЛ с надводным кораблем или судном).

Из всего вышесказанного следует, что в случае, если отсек-убежище, где находится выживший личный состав, является смежным с аварийным отсеком, требуется каким-либо способом стравить воздушную подушку с этого аварийного отсека за борт для предотвращения роста давления в отсеке-убежище.

Специалистами Научно-исследовательского института спасания и подводных технологий ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» разработана система предотвращения повышения давления в отсеке-убежище аварийной ПЛ, лежащей на грунте, позволяющая стравить воздушную подушку из аварийного отсека, если он является смежным с отсеком-убежищем (рис. 4).

Система предотвращения повышения давления в отсеке-убежище аварийной ПЛ, лежащей на грунте, представляет собой трубопровод, соединяющий отсек, смежный с отсеком-убежищем, с забортным пространством и проходящий через отсек-убежище. На трубопроводе установлены бортовой кингстон (первый запор) и запорный клапан (второй запор). В исходном состоянии первый и второй запоры закрыты и опломбированы. В аварийной ситуации воздушная подушка из аварийного отсека стравливается

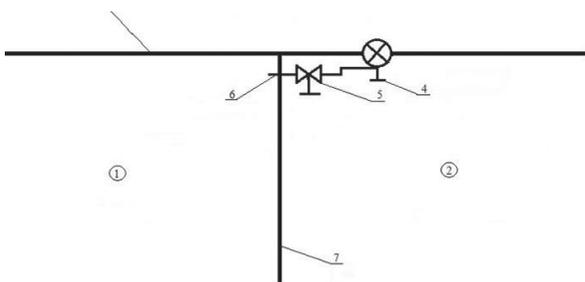


Рис. 4. Система предотвращения повышения давления в отсеке-убежище аварийной ПЛ, лежащей на грунте: 1 – аварийный отсек; 2 – отсек-убежище; 3 – прочный корпус ПЛ; 4 – кингстон (1-й запор); 5 – запорный клапан (2-й запор); 6 – трубопровод; 7 – межотсечная переборка

Fig. 4. System for preventing pressure rise in the refuge compartment of a disabled grounded submarine: 1 – damaged compartment; 2 – refuge compartment; 3 – pressure hull; 4 – flood valve (1st lock); 5 – stop valve (2nd lock); 6 – pipeline; 7 – between-compartment bulkhead

путем открытия первого и второго запора подводниками, находящимися в отсеке-убежище. При использовании данной системы аварийный отсек должен быть необитаем, т.к. присутствие в нем людей приведет к их гибели.

Достоинство представленного технического решения заключается в его простоте и в то же время высокой эффективности. Установка данной системы на ПЛ позволит избежать повышения давления в отсеке-убежище, что существенно увеличит вероятность спасения подводников при спасении как самостоятельно, так и силами и средствами поисково-спасательного обеспечения.

Библиографический список

References

1. Руководство по эксплуатации корпусов, устройств и систем подводной лодки. М.: Военное издательство, 1978. [Operating manual for submarine hulls, gears and systems. M.: Voennoe izd., 1978. (In Russian)].
2. ОСТВ5Р.1023-72. Непроницаемость и герметичность металлических корпусов подводной лодки. Методы, нормы и правила испытаний. [OSTV5R. 1023-72. Water tightness and sealing of submarine metal hulls. Test methods, standards and rules. (In Russian)].
3. Правила выхода личного состава из аварийной подводной лодки, ПВ ПЛ-99. [Rules for crew escape from a distressed submariner, PV PL-99. (In Russian)].
4. Шолох Е.П. Энциклопедия катастроф, аварий и происшествий на подводном флоте: 1900–2000. М., 2002. [Sholokh E.P. Encyclopedia of catastrophes, accidents and emergencies in submarines. 1900–2000. M.: 2002. (In Russian)].

5. Прасолов С.Н., Амитин М.Б. Устройство подводных лодок. М.: Военное издательство, 1973. [Prasolov S.N., Amitin M.B. Submarine design and arrangement. M.: Voennoe izd., 1973. (In Russian)].
6. Отчет о НИР «Экспериментально-теоретические исследования развития аварийной обстановки на подводном носителе» (шифр НИР «Орленок»). Этап 1. В/ч 20914, БГТУ, КБСМ. СПб., 1995. [Research project report “Experimental and theoretical investigation of accident development on board of underwater platform” (Code NIR Orlenok). Phase 1. V/ch 20914, BGТУ, KBSM. SPb., 1995. (In Russian)].
7. Отчет о НИР «Экспериментально-теоретические исследования развития аварийной обстановки на подводном носителе» (шифр НИР «Орленок»). Этап 2. В/ч 20914, БГТУ, КБСМ. СПб., 1996. [Research project report “Experimental and theoretical investigation of accident development on board of underwater platform” (Code NIR Orlenok). Phase 2. V/ch 20914, BGТУ, KBSM. SPb., 1996. (In Russian)].
8. Отчет о НИР «Экспериментально-теоретические исследования развития аварийной обстановки на подводном носителе» (шифр НИР «Орленок»). Этап 3. В/ч 20914, БГТУ, КБСМ. СПб., 1998. [Research project report “Experimental and theoretical investigation of accident development on board of underwater platform” (Code NIR Orlenok). Phase 3. V/ch 20914, BGТУ, KBSM. SPb., 1998. (In Russian)].
9. Отчет о НИР «Экспериментально-теоретические исследования развития аварийной обстановки на подводном носителе» (шифр НИР «Орленок») Имитационное численное моделирование вариантов спасения с использованием СЛ-М с учетом развития аварийной обстановки на объекте. Книга 1. Приложения. В/ч 20914, БГТУ, КБСМ. СПб., 1998. [Research project report “Experimental and theoretical investigation of accident development on board of underwater platform” (Code NIR Orlenok). Numerical simulation of rescue scenarios using SL-M with due regard for on-board accident development. Book 1. V/ch 20914, BGТУ, KBSM. SPb., 1998. (In Russian)].
10. Приложение № 7 к отчету по теме 40-01-70. Исследования изменения параметров воздушной среды отсеков-убежищ подводных лодок при их шлюзовании. В/ч 20914. СПб., 1974. [Appendix No.7 to Report, theme 40-01-70. Investigation of ambient air parameters in submarine refuge compartments at locking. V/ch 20914. SPb., 1974. (In Russian)].

Сведения об авторах

Михалюк Александр Сергеевич, младший научный сотрудник 131 научно-исследовательской лаборатории (средств спасения личного состава подводных объектов) НИИ спасения и подводных технологий Военного учебно-научного центра Военно-морского флота «Военно-морская академия». Адрес: 198412, Россия, Санкт-Петербург, Ломоносов, ул. Морская, д. 4. Тел.: 8 (812) 422-42-64; E-mail: mihalychr61@yandex.ru.

Бардадим Денис Анатольевич, к.т.н., начальник отдела

НИИ спасания и подводных технологий Военного учебно-научного центра Военно-морского флота «Военно-морская академия». Адрес: 188512, Россия, Санкт-Петербург, Ломоносов, ул. Морская, д. 4. Тел.: 8 (812) 422-37-37. E-mail: bardadimd@mail.ru.

About the authors

Mikhalyuk A., Junior Researcher, Laboratory of crew rescue means for underwater objects, Research Institute of Rescue and

Underwater Technologies, N.G. Kuznetsov Naval Academy, address: 4, Morskaya st., Lomonosov, St. Petersburg, Russia, post code 198412. Tel.: 8 (812) 422-42-64; E-mail: mihalychr61@yandex.ru.

Bardadim D., Cand. of Tech. Sc., Head of Department, Research Institute of Rescue and Underwater Technologies, N.G. Kuznetsov Naval Academy, address: 4, Morskaya st., Lomonosov, St. Petersburg, Russia, post code 188512. Tel.: 8 (812) 422-37-37; E-mail: bardadimd@mail.ru.

Поступила / Received: 20.02.18
Принята в печать / Accepted: 18.04.18
© Михалюк А.С., Бардадим Д.А., 2018