

А.В. Сдобнякова, С.Н. Зеленов
ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
В КОРАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ
ОГNETУШАЩЕГО ВЕЩЕСТВА «БРАНДСИС 1230»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Нижний Новгород, Россия

Представлен анализ современных технических средств обеспечения пожарной безопасности глубоководных аппаратов. Рассматривается возможность применения в системах пожаротушения отечественного газового огнетушащего вещества (ГОТВ) «Брандсис 1230» (аналог вещества *Novex 1230* фирмы 3М, США).

Современные требования на конструктивные элементы судовой противопожарной защиты, системы пожаротушения и пожарной сигнализации, а также на противопожарное оборудование и снабжение определяет Российский морской регистр судоходства часть VI (РМРС), ежегодно переиздаваемый и обновляемый. Требования к противопожарным системам для подводной техники и кораблей ВМФ РФ установлены Общими техническими требованиями (ОТТ) 6.1.17-89. Данный нормативный документ был разработан и утвержден еще в 1989 г., соответственно, спроектированные на их основе корабельные противопожарные системы требуют модернизации.

Ключевые слова: *пожар, противопожарная система, пожарная сигнализация, подводная лодка, водолаз, спасание, глубоководный аппарат.*

Введение

В настоящее время пожары на глубоководных аппаратах редки. Последнее происшествие было зафиксировано 1 июля 2019 г. на атомной глубоководной станции АС-31 «Лошарик», находившейся на полигоне боевой подготовки Северного флота в районе Кольского залива Баренцева моря [1]. В аккумуляторном отсеке произошло возгорание, которое привело к гибели 14 моряков-подводников. Согласно сообщению Минобороны России, подводники погибли в результате отравления продуктами горения.

Специалисты института ВУНЦ ВМФ (управление пожарной безопасности и др.) занимаются обновлением общих технических требований (ОТТ) – как общих, так и конкретных противопожарных требований. Новая версия общих технических требований к корабельным противопожарным системам уже была направлена флотским КБ и НИИ.

Обзор существующих технических средств

Взрыво- и пожаробезопасность – способность корабля препятствовать возникновению взрывов, возникновению и развитию пожаров до размеров, приводящих к выходу его из строя. Как элемент живучести корабля они обеспечиваются выполнением трех групп мероприятий [2].

Конструктивные мероприятия формируют пассивную и активную противопожарную и противовзрывную защиту корабля.

К мероприятиям, создающим пассивную защиту, относятся:

- разделение корпуса и надстроек аппарата на противопожарные зоны с помощью огнестойких корпусных конструкций с огнестойкими элементами насыщения (двери, люки, кабельные проходки и др.);
- конструктивная защита основных путей передвижения личного состава и путей эвакуации;

- применение для корпусных конструкций негорючих материалов, а для отделки и оборудования помещений корабля негорючих или трудногорючих материалов с медленным распространением пламени по поверхности, обладающих умеренной дымообразующей способностью;
- применение оборудования, систем и устройств, вооружения и технических средств корабля в специальном исполнении (например, искро- и взрывопожаробезопасном исполнении).

Мероприятия, обеспечивающие активную защиту корабля:

- оснащение стационарными и переносными средствами пожаротушения при рациональном их размещении на корабле;
- оснащение системами и средствами обнаружения пожара (системы пожарной сигнализации, системы обнаружения взрывоопасной среды, тепловизионного мониторинга, а также автоматического включения средств пожаротушения (АВСП));

На кораблях в качестве стационарных средств противопожарной защиты применяются:

- системы водяного пожаротушения (водяная противопожарная, водораспыления, орошения и затопления погребов, спринклерная, водяной защиты);
- система пенного пожаротушения (с использованием воздушно-механической пены низкой, средней и высокой кратности);
- системы пожаротушения негорючими газообразными веществами (паротушения, углекислотная, дымовых и выпускных газов);
- системы и средства объемного химического тушения (ОХТ).

Для обеспечения взрыво- и пожаробезопасности необитаемых глубоководных аппаратов необходимы конструктивные меры, способствующие защищать аппараты без участия человека, т.е. срабатывать автоматически.

К организационно-техническим мероприятиям по обеспечению взрыво- и пожаробезопасности корабля относятся:

- содержание в исправности и постоянной готовности к действию стационарных систем противовзрывной и противопожарной защиты и переносных средств пожаротушения;
- соблюдение правил хранения и обращения со взрывоопасными и горючими материалами;
- выполнение правил обеспечения взрыво- и пожаробезопасности при эксплуатации технических средств и проведении ремонтных работ с использованием открытого огня;
- обеспечение необходимой технической документацией;
- привитие личному составу навыков соблюдения правил предупреждения взрывов и пожаров;
- обучение личного состава использованию средств пожаротушения и тактике тушения различных пожаров.

Выполнение перечисленных мероприятий и соблюдение указанных требований обеспечивает успешное ведение борьбы за живучесть при получении кораблем боевых или аварийных повреждений.

Пути совершенствования противопожарной защиты на подводных аппаратах

Изучение причин и последствий последних пожаров на кораблях ВМФ позволяет заключить, что они были бы менее серьезными, если бы при создании новых, эксплуатации и ремонте уже действующих кораблей, были учтены новые технологии строительства, новые материалы, новые технические средства извещения и борьбы с пожарами [3].

Рассмотрим некоторые направления работ по совершенствованию противопожарной защиты глубоководных аппаратов.

Работы в области огнезащитных материалов

В практику пожаротушения входит применение интеркалированного графита в качестве огнезащитного материала. Под действием огня такие материалы резко (в десятки раз) увеличиваются в объеме, образуя слои пены, имеющей низкую теплопроводность и высокую термическую стойкость. Образовавшаяся пена покрывает защищаемые поверхности, заполняет отверстия и щели, изолируя очаг пожара. На рис. 1 представлены основные стадии получения новых огнезащитных углеродных материалов.



Рис. 1. Основные стадии получения новых углеродных материалов: пенографита и графитовой фольги

Работы по системам пожарной сигнализации

Достигнутый прогресс в области средств измерений, вычислительной техники и программного обеспечения открывает практически неограниченные возможности для развития систем пожарной сигнализации (СПС) в части снижения времени обнаружения пожаров, снижения вероятности ложных тревог, приобретения новых функций по диагностике предпожарных состояний, выдачи рекомендаций руководителю по борьбе с пожаром и пр. Следует ожидать появления новых каналов обнаружения пожарной и предпожарной обстановки (аэрозольный, оптиколокационный, химический и др.) и использования технологии нейронных сетей в алгоритмах обработки сигналов. Ведутся также работы по усовершенствованию информационного и программно-математического обеспечения систем информационной поддержки борьбы за живучесть (СИП БЖ). Все это, безусловно, приведет к увеличению стоимости систем и потребует средств на разработку. Необходимость и глубину реализации указанных возможностей должны определить Международная морская организация (ИМО) для гражданских судов и командование ВМФ – для военных кораблей.

Работы в области систем пожаротушения

Совершенствуются *водяные системы пожаротушения*. В этом направлении значимым стало создание системы тонкораспыленной воды (ТРВ) высокого давления (15 МПа) с пневмоакустическими распылителями, позволяющими на порядок сократить количество воды, необходимой для подавления пожара по сравнению с обычной системой. К недостаткам системы относятся необходимость постоянного нахождения путевых трубопроводов и арматуры под давлением 15 МПа, отсутствие большерасходных насосов высокого давления и специальной арматуры отечественного производства, высокая стоимость. Работы последних лет были направлены на создание альтернативы, лишенной перечисленных недостатков. Это системы среднего давления (4 МПа) с пленкообразующими составами, системы низкого давления (0,3...0,4 МПа) со специально созданными пневмоакустическими распылителями, с устройствами создания температурно-активированной воды. Также для систем водяного пожаротушения разработан новый пленкообразующий состав «Малахит», превосходящий по огнетуша-

щей эффективности применяемый фторсодержащий пенообразователь ПО-6А3F и удовлетворяющий действующим экологическим требованиям по производству и использованию таких составов. Разработаны и испытаны макетные образцы систем с новыми огнегасителями, а также образцы систем тонкораспыленной воды (ТРВ) среднего и низкого давления, с переносными устройствами подачи огнегасителя для замены морально и технически устаревших существующих корабельных систем водяного пожаротушения.

Газовые (объемные химические) системы пожаротушения. На сегодняшний день активно ведутся разработки в усовершенствовании системы объемного химического пожаротушения ЛОХ (лодочная объемная химическая), наиболее распространенной на подводных лодках и глубоководных аппаратах (ГПА). Работы ведутся, в основном, по поиску более эффективных и безопасных огнегасящих веществ [4].

Из *химических средств пожаротушения* наиболее эффективным огнегасителем остается хладон 114В2 (тетрафтордибромэтан $C_2F_4Br_2$) ГОСТ 15899-70 – тяжелая бесцветная жидкость со специфическим запахом. Он обладает высокой эффективностью при тушении пожаров (огнетушащая концентрация – около 2 % об.), но в 30 раз более токсичен (предельно допустимая концентрация – 1 тыс. мг/м³), запрещен к производству и котируется по потреблению согласно Монреальскому протоколу с 1994 г. как имеющий озоноразрушающий потенциал выше нуля.

В последние годы осуществлялся поиск равноценной замены, который завершился созданием хладонов 227еа (гептафторпропан C_3HF_7) и ПФК-40, массовая огнетушащая концентрация которых примерно в 3...4 раза выше, чем у упомянутых выше хладонов. Это потребовало увеличения объемов хранилищ огнегасителей на 20...30 %, что для корабельных систем и особенно систем глубоководных аппаратов нежелательно. Крыловский государственный научный центр разрабатывал стационарные судовые системы пожаротушения нового поколения на основе безопасных газовых огнетушащих веществ (ГОТВ) с разработкой технологии их создания. В результате выполнения этих работ было создано огнетушащее вещество – хладон ПФК 49. Это вещество (в настоящее время производится компанией Холдинг ОСК групп с названием *Брандсис 1230* (ФК-5-1-12)) получено на основе перфторэтилизопропилкетона $CF_3CF_2C(O)CF(CF_3)_2$ и является аналогом огнетушащего вещества *Novex 1230* американской компании 3М). Оно полностью удовлетворяет требованиям международных соглашений по озоноразрушающему слою и парниковому эффекту (нулевой потенциал озоноразрушения, время жизни в атмосфере – 5 дней, потенциал глобального потепления менее 1), для его промышленного производства разработана технология. Рекомендуемая область применения вещества: новое поколение стационарных систем пожаротушения на основе безопасных огнетушащих веществ для борьбы с пожарами на объектах морской техники.

ГОТВ «Брандсис 1230» является полностью фторированным аналогом этилизопропилкетона, веществом со слабыми молекулярными связями, которое поглощает теплоту гораздо лучше воды и имеет температуру кипения 49 °С. Эти свойства важны при тушении пожаров, особенно на их ранней стадии, поскольку хладон интенсивно поглощает теплоту зарождающегося огня. Хладон «Брандсис 1230» подавляет пожар при помощи комбинации физических и химических свойств. Механизм гашения в большей мере (70 %) основан на эффекте охлаждения и частично на химической реакции ингибирования пламени (30 %). При этом не снижается концентрация кислорода в помещении (что важно для увеличения времени эвакуации людей из помещения). ГОТВ «Брандсис 1230» относится к безопасным газам, к которым относятся инертные (благородные) газы, такие как аргон, азот, а также «чистые» газы – хладон 23, хладон 227еа.

Принцип действия системы ЛОХ

Принцип действия лодочной объемной химической защиты – системы объемного химического пожаротушения (ЛОХ) представлен на рис. 2. Это химическое воздействие огнетушащего вещества на точки горения. Огнегаситель работает как антикатализатор, замедлитель

реакций горения вплоть до их полного прекращения (ингибитор горения). На газоперекачивающих агрегатах (ГПА) в качестве огнегасителя в настоящее время применяется тетрафтордидибромэтан (хладон 114В2) чистотой 99,5 %.

В каждом отсеке ГПА имеется станция системы ЛОХ, с которой огнегаситель можно подать в свой или соседний отсеки. Система применяется для тушения больших пожаров на любой стадии их развития, за исключением тушения пожаров порохов, взрывчатых веществ и двухкомпонентных ракетных топлив.

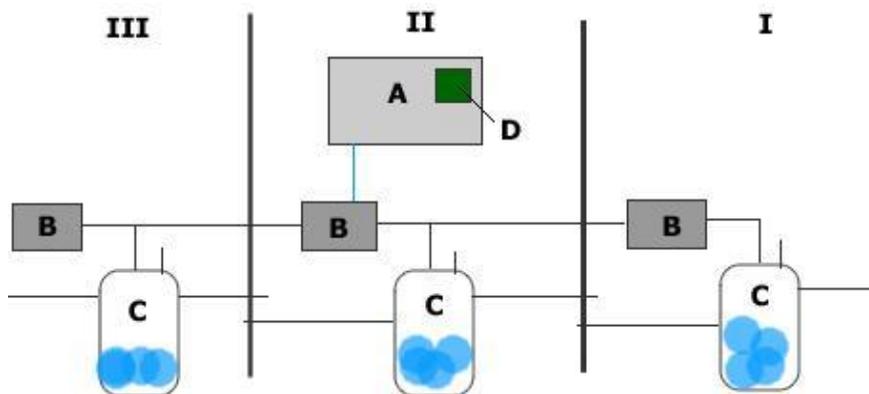


Рис. 2. Система ЛОХ. Принципиальная схема:
 А – пульт управления в центральном посту; В – отсечные пульты;
 С – баллоны с хладоном; D – блок «Ротор»; I, II, III – отсеки

Управление системой ЛОХ осуществляется через пульт общекорабельных систем (ОКС) «Молибден» (рис. 3). Активизировать систему пожаротушения можно с центрального пульта (в ЦП) для любого отсека или непосредственно в отсеке (только для своего отсека и соседних отсеков). В центральный пульт встраивается блок «Ротор» для записи отображаемых «Молибденом» параметров и проходящих команд – аналог «черного ящика» в авиации.



Рис. 3. Пульт и индикатор подачи ЛОХ

При включении ЛОХ подается звуковой сигнал тревоги ревуном, и в отсек пускается хладон, вытесняемый из баллонов сжатым воздухом. Личный состав данного отсека должен в течение нескольких секунд надеть переносные дыхательные аппараты (ПДА), позволяющие дышать около 20 мин. За отведенное время личный состав аварийного отсека должен выполнить первичные мероприятия по борьбе за живучесть корабля, переключиться в ИП-6 (изолирующий противогаз) или ШДА (шланговые дыхательные аппараты) и продолжить борьбу за живучесть в своем отсеке. На некоторых российских неатомных подводных лодках применяются химические системы нового поколения – на основе азота [5].

В настоящее время ведутся конструкторские проработки по замене хладона на более безопасное и эффективное вещество «Брандис 1230». Данное вещество входит в перечень веществ, разрешенных к применению на территории бывшего СССР под наименованием «хладон ФК-5-1-12» (СП 5.13130.2009).

Преимущества вещества

В случае срабатывания системы пожаротушения и выпуска пожаротушающего вещества в атмосферу, «Брандсис 1230» разрушается в верхних слоях атмосферы под воздействием ультрафиолета и удаляется из окружающей среды в течение 5 суток. При этом отсутствует кумулятивный эффект, свойственный хладонам, т.е. вещество не сохраняется в атмосфере длительное время. Для ГОТВ Noves (Брандсис) 1230 были проведены необходимые исследования по безопасности для человека и биологических объектов. Два направления этих исследований учитывали два разных по частоте и интенсивности воздействия возможных непосредственных контактов человека и Noves (Брандсис) 1230. Первый вариант такого контакта – интенсивное воздействие на протяжении незначительного времени – возможен для персонала какого-либо защищаемого объекта при срабатывании системы пожаротушения. Второй вариант – незначительное, но регулярное по интенсивности воздействие на протяжении длительного времени – возможен при обращении с веществом в процессе производства систем пожаротушения.

Минимальная огнетушащая концентрация ГОТВ «Брандсис 1230» для тушения пламени Н-гептана составляет 4,2 % в соответствии с ГОСТ Р 53280.3-2009, п.6.3 [6]. Для вещества получена декларация ЕАЭС RU Д-CN.РА04.В.40308/22 о соответствии требованиям технического регламента Евразийского экономического союза (технического регламента Таможенного союза) ТР ЕАЭС 043/2017. «Брандсис 1230» позволяет тушить все классы пожара А, В, С (включая электроприборы и электрооборудование за счет хороших диэлектрических свойств) без нанесения вреда металлу и без его коррозии (углеродистая сталь, медь, молибден, нержавеющая сталь и пр.)

Для сравнения: выпуск установки газового пожаротушения (ГПТ) на основе хладона (348 кг хладона 227), равносильна выбросу в атмосферу 1,008.926 кг CO₂, что сравнимо с годовым выбросом CO₂ от 211 легковых автомобилей. Выпуск установки ГПТ на основе фторкетонов (401 кг Noves (Брандсис) 1230) равносильна выбросу 401 кг CO₂ (0,07 машины в год). Его также можно соразмерить с выбросом CO₂ от жизнедеятельности одной коровы в течение одного месяца.

Технико-экономическое обоснование решения

Проведенные исследования показывают, что применение вещества «Брандсис 1230» будет более безопасно для человека и дает наилучшие показатели среди известных сжиженных ГОТВ. Вещество имеет низкую огнетушащую концентрацию (как следствие использование меньшего количества модулей ГПТ, меньшее количество ГОТВ), безопасен для окружающей среды, имеет наименьшее время существования в атмосфере.

Результаты сравнения свойств ГОТВ «Брандсис 1230» с другими веществами приведены в табл.1.

Таблица 1.

Сравнение Noves (Брандсис) 1230 с другими веществами

ГОТВ	Огнетушащая концентрация	NOAEL*	Коэффициент безопасности	ВСА	ПГП
Брандсис 1230	4,2 %	10 %	2,38	3...5 дней	1
Хладон 125	9,8 %	7,8 %	нет	32,5 лет	3400
Хладон 227	7,2 %	9 %	1,25	36.5 лет	3500

* – отношение NOAEL (No Adverse Effect Level – отсутствие уровня побочных эффектов) к расчетной концентрации, ВСА – время существования в атмосфере, ПГП – Потенциал Глобального Потепления.

Применение «Брандсис 1230» позволяет создать систему с наименьшей трубной разводкой и меньшим числом насадок, что уменьшает массу и стоимость монтажных работ. Можно сделать вывод, что при одинаковой цене за кг огнетушащего вещества фреона и «Брандсис 1230» (≈ 5000 руб.), система с применением вещества «Брандсис 1230» будет дешевле поскольку потребуются меньшее количество вещества и, как следствие, меньшие объемы баллонов, диаметры и протяженность трубопроводов.

Сравнительные объемы (количество и емкость баллонов для хранения расчетного количество огнегасящего вещества) представлены на рис. 4,5.

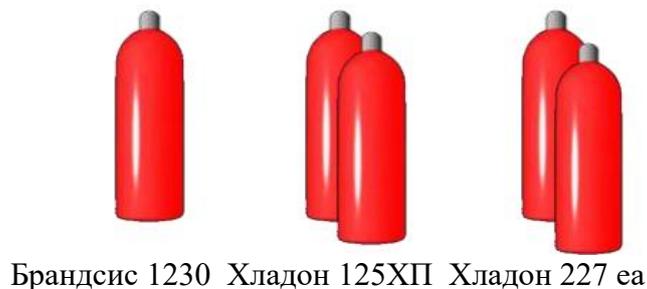


Рис. 4. Сравнение количества огнетушащих веществ для ликвидации пожаров

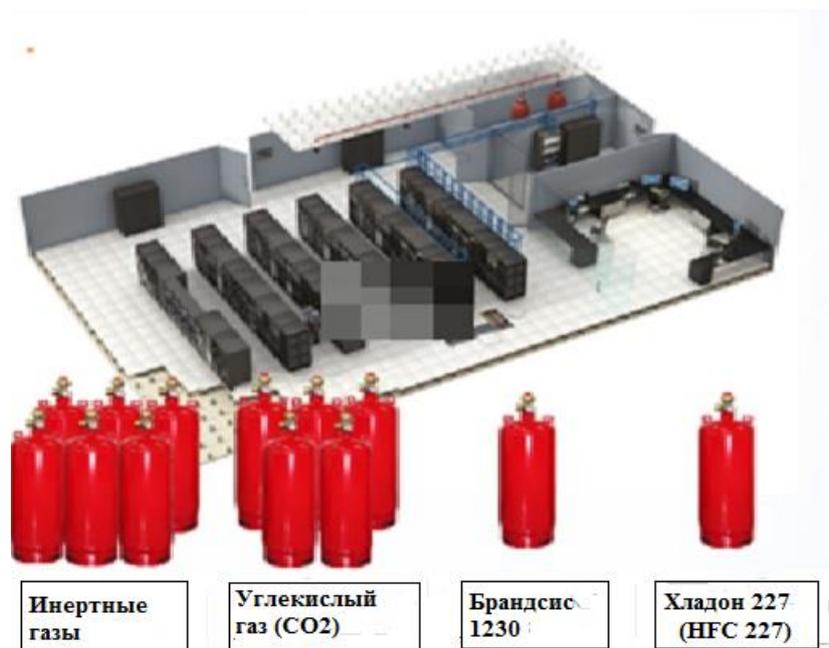


Рис. 5. Средний объем помещения в 200 м^3 , защищаемого системой пожаротушения

В последнее время *Novec 1230* в микрокапсулах нашел применение при изготовлении пожаротушащих композиционных материалов, используемых *Samsung SDI* для тушения пожаров на ранних стадиях в модульных системах хранения электроэнергии большой емкости (ESS) на основе литий-ионных аккумуляторов для солнечных батарей. В августе 2019 г. компания *Samsung SDI* официально заявила о вложении \$169 млн в систему пожаротушения с использованием пожаротушащих композиционных материалов на основе микрокапсулированного *Novec 1230*. Позже сообщалось об успешном прохождении специального теста UL9540A на эффективность применения такого вида огнегасящего материала.

Заключение

Рассмотрен вопрос о замене в системе объемного химического пожаротушения (ЛОХ) глубоководного аппарата газового огнетушащего вещества хладона 114В2 (фреона) на более безопасный «Брандсис 1230». По параметрам безопасности для человека, экологической безопасности, расхода огнетушащего вещества «Брандсис 1230» превосходит все хладоны (фреоны) и другие огнетушащие вещества, применяемые в настоящее время на ГПА.

Библиографический список

1. Последний поход: из-за чего могли погибнуть 14 офицеров-подводников [Электронный ресурс] Сайт РБК. URL: <https://www.rbc.ru/society/09/07/2019/5d22fb699a79475dc02884e8/> (дата обращения 16.04.2023).
2. ОТТ. «Корабли ВМФ. Требования к противопожарной и противозрывной защите. Общие тактико-технические требования. Часть I. Подводные лодки».
3. Хладоны [Электронный ресурс] URL: <https://fireman.club/inseklodepia/hladony/> (дата обращения 16.04.2023).
4. Защита ЦОДов установками газового пожаротушения с применением инновационного газового огнетушащего вещества 3М Novec 1230. Доклад компании «Пожтехника» на ежегодной международной конференции «ЦОД-2010».
5. Кормилицин, Ю.Н. Устройство подводных лодок / Ю.Н. Кормилицин, О.А. Хализев. – СПб.: Элмор, 2008. Т.1. – 336 с.
6. ГОСТ Р 53280.3-2009 Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 3. Газовые огнетушащие вещества. Методы испытаний. – М.: Стандартиформ, 2009. – 13 с.