

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СИСТЕМ ПОЖЕЖОГАСІННЯ В УМОВАХ ПОВНОГО ЗНЕСТРУМЛЕННЯ КОРАБЛЯ

Попроцький І. С.

доктор філософії зі спеціальності Освітні, педагогічні науки, начальник відділення забезпечення якості освітньої діяльності та вищої освіти
Інституту Військово-Морських Сил
Національного університету «Одеська морська академія»
ORCID ID: 0000-0002-0260-5068

Ігнатенко О. А.

начальник кафедри корабельної енергетики та електроенергетичних систем
Інституту Військово-Морських Сил
Національного університету «Одеська морська академія»
ORCID ID: 0009-0009-6938-6208

Сапіга В. В.

кандидат технічних наук, доцент, заступник начальника кафедри корабельної енергетики та електроенергетичних систем
Інституту Військово-Морських Сил
Національного університету «Одеська морська академія»
ORCID ID: 0000-0002-2752-5152

Анотація. У статті на підставі аналізу досвіду ведення боротьби за живучість кораблів (катерів, суден) Військово-Морських Сил Збройних Сил України, під час відсічі російської агресії проти України була окреслена проблематика, яка пов'язана з забезпеченням живучості кораблів. З множини виявлених проблем щодо забезпечення живучості кораблів, автори статті зосередились на вирішенні проблеми забезпечення працездатності штатних корабельних систем пожежогасіння під час повного знеструмлення та одночасної відсутності можливості доступу екіпажу або аварійно-рятувальної групи до даних систем та засобів управління ними. Пошук одночасно простих, надійних та економічно доцільних технічних рішень щодо модернізації існуючих корабельних систем пожежогасіння, або пошук інноваційних технічних рішень стосовно даного класу систем, які апробовані в морській галузі, визначило актуальність даного дослідження. Авторами статті під час дослідження штатних корабельних систем пожежогасіння за допомогою метода порівняння та методики Plus/Minus/Interesting були виявлені резерви за допомогою яких можна забезпечити працездатність даних систем в умовах повного знеструмлення та одночасної відсутності можливості доступу екіпажу до даних систем. Після дослідження авторами статті схемних рішень різноманітних корабельних систем пожежогасіння були окреслені основні напрямки рішення проблеми забезпечення працездатності систем пожежогасіння в умовах повного знеструмлення. Окремо формалізовані шляхи рішення зазначеної проблематики для кораблів, що будуються, а також під час модернізації існуючих корабельних систем пожежогасіння. У висновках і перспективах подальших досліджень чітко сформульовані напрямки забезпечення працездатності корабельних систем пожежогасіння в умовах активної протидії противника та при відсутності особового складу.

Ключові слова: живучість кораблів, система пожежогасіння, працездатність систем, знеструмлення.

Poprotskyi I. S., Ihnatenko O. A., Sapiha V. V. ENSURING THE OPERABILITY OF FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS IN CONDITIONS OF COMPLETE BLACKOUT OF THE SHIP

Abstract. Based on the analysis of the experience of fighting for the survivability of ships (boats, vessels) of the Naval Forces of the Armed Forces of Ukraine, during the repulse of russian aggression against Ukraine, the article outlines the problems related to ensuring the survivability of ships. Of the many identified problems of ensuring the survivability of ships, the authors of the article focused on solving the problem of ensuring the operability of standard ship fire extinguishing systems during a complete blackout and at the same time the lack of access of the crew or emergency rescue team to these systems and controls. The search for simple, reliable and economically feasible technical solutions for the modernization of existing ship fire extinguishing systems or the search for innovative technical solutions for this class of systems, which have been tested in the maritime industry, determined the relevance of this study. The authors of the article, during the study of standard shipboard fire extinguishing systems using the comparison method and the Plus/

Minus/Interesting methodology, identified reserves that can be used to ensure the operability of these systems in conditions of complete de-energization and at the same time the lack of crew access to these systems and controls. After the completion of the study of schematic solutions of various ship fire extinguishing systems, the authors of the article outlined the main directions for solving the problem of ensuring the operability of fire extinguishing systems in conditions of complete de-energization. Separately, the directions of the solution for new ships and during the modernization of existing ship fire extinguishing systems have been formalized. In the conclusions and prospects for further research, the directions for ensuring the operability of ship fire extinguishing systems in the conditions of active opposition of the enemy and in the absence of personnel are clearly formulated.

Key words: *survivability of ships, fire extinguishing system, system efficiency, de-energization.*

Актуальність проблеми. Досвід ведення боротьби за живучість кораблів (катерів, суден) Військово-Морських Сил Збройних Сил України (далі, кораблі), під час відсічі російської агресії проти України [1, 2], вказує на проблематику, яка пов'язана з забезпеченням живучості кораблів, а саме:

під час розосередження кораблів в пунктах базування (порту):

малоефективність боротьби за живучість власними силами під час отримання кораблем великих пошкоджень (найбільш притаманно для катерів), необхідність в залученні сил пошуково-рятувального забезпечення та корабельних аварійно-рятувальних груп (далі – АРГ);

значна розосередженість кораблів по території портової інфраструктури впливає на збільшення часу для надання допомоги аварійному об'єкту силами пошуково-рятувального забезпечення або АРГ поряд розташованих кораблів;

можливість повного знеструмлення корабля в наслідок бойових пошкоджень, обмеженість або неможливість потрапляння особового складу на борт при дії вторинних факторів бойового впливу (детонація боєприпасів, горіння паливо-мастильних матеріалів, руйнування корпусних конструкцій тощо) (особливо характерно для катерів), ускладнює, а де коли унеможлиблює ведення боротьби за живучість корабля.

під час перебування кораблів в морі:

повне знеструмлення корабля в наслідок бойового пошкодження або дії вторинних факторів бойового впливу та аварії, як і у випадку знаходження кораблів в пунктах базування (порту), ускладнює, а де коли унеможлиблює ведення боротьби за живучість корабля;

загибель, травмування особового складу під час отримання кораблем бойового пошко-

дження, призводить до зниження спроможності екіпажу та корабельних технічних засобів вести ефективну боротьбу за живучість;

здійснення операцій з порятунку особового складу та корабля в цілому, як вторинний фактор бойового пошкодження корабля, обмежує сили та засоби задіяні під час ведення боротьби за живучість.

під час відновлення кораблями боездатності (перебуванні в ремонті):

обмеженість можливості застосування корабельних засобів боротьби за живучість під час проведення відновлення їх працездатності;

пошкодження тимчасових магістралей протипожежних систем та електричного живлення з берегу;

зменшення кількості особового складу у вечірній та нічний час (заходи розосередження особового складу), що обмежує сили, які задіюються під час ведення боротьби за живучість корабля.

З наведених вище проблем, в даному дослідженні зосередимося на одній з них, а саме, забезпечення працездатності штатних корабельних систем пожежогасіння під час повного знеструмлення та одночасної відсутності можливості доступу екіпажу або аварійно-рятувальної групи до даних систем та засобів управління ними.

Встановлені на даний час на кораблях штатні системи пожежогасіння достатньо ефективні, мають, як правило, три режими управління (автоматичний, дистанційний та ручний), але в умовах повного знеструмлення та одночасно неможливості доступу екіпажу до місця знаходження засобів управління системою, роблять їх непрацездатними. Тому пошук нових конструкторських рішень щодо модернізації існуючих корабельних систем пожежогасіння або пошук інноваційних технічних рішень стосовно даного класу сис-

тем, що апробовані в морській галузі, вказує на актуальність даного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений огляд предметної області вказує на наступні напрямки в удосконаленні суднових (корабельних) систем пожежогасіння. Перший напрямок [3 – 7], пов'язаний з пошуком вогнегасної рідини, яка одночасно є ефективною з точки зору припинення горіння та безпечною для екіпажу, пасажирів та не шкодить вантажу.

Другий напрямок досліджень [8 – 12], пов'язаний з удосконаленням інструментів для виявлення ознак пожежі, небезпечних концентрацій вибухонебезпечних речовин. Однією з інноваційних технологій в даному напрямку є створення програмних продуктів для систем температурно-тривоної сигналізації на основі алгоритмів нечіткої логіки та штучного інтелекту [13].

Спроба знайти одну універсальну систему пожежогасіння, в якості робочої речовини використовується вода, призвела до удосконалення спринклерних систем високого тиску, шляхом створення розпилювачів різної конструкції під певне суднове приміщення та алгоритмів роботи даних систем [14 – 16].

В роботі, яка з'явилася досить недавно [17], поява якої була викликана запитом Командування ВМС ЗС України щодо вирішення проблематики застосування озоноруйнуючої речовини фреон 114В2 в системах об'ємного хімічного гасіння та можливості її заміни на інші вогнегасні рідини (гази), основна увага була приділена формалізації загальних вимог для модернізації автоматизованої системи газового пожежогасіння.

З іншого боку, не дивлячись на багатоспрямованість досліджень щодо удосконалення корабельних систем пожежогасіння, не охопленої з точки зору функціонування, залишились завдання забезпечення працездатності існуючих систем пожежогасіння, що встановлені на кораблях (побудови кінця ХХ та початку ХХІ століття) в умовах повного знеструмлення корабля з одночасної неможливістю доступу екіпажу до місцевих органів управління системою. Таким чином, встановлені протиріччя, дозволили сформулювати мету дослідження.

Мета дослідження. Пошук одночасно простих, надійних та економічно доцільних технічних рішень щодо модернізації існуючих корабельних систем пожежогасіння, які мають зберігати свою працездатність під час повного знеструмлення корабля та, в умовах неможливості, привести їх в дію з місцевого посту управління.

Виклад основного матеріалу. Конструкція та склад корабельних систем можуть бути різними. Ці відмінності визначаються призначенням систем, особливостями їхньої роботи, специфікою запропонованих до них вимог, а також до якого класу чи підкласу відноситься корабель (катер, судно). Виходячи з цього неможливо представити єдину конструктивну схему системи та вказати обов'язкові елементи, що повинні входити до її складу. Однак, виходячи зі спільності призначення, принципу дії й запропонованих до систем вимог, можна встановити уніфіковану структурну схему корабельної або суднової системи (рис. 1). В свою чергу уніфікована структурна схема системи дає можливість провести аналіз штатних корабельних протипожежних систем з послідовним виявленням проблемних вузлів або недосконалості алгоритмів роботи системи в цілому.

Користуючись, структурною схемою корабельної системи, розглянемо структуру систем пожежогасіння, їх загальний принцип дії та можливість їх автоматичного спрацювання в умовах повного знеструмлення або неможливості доступу особового складу чи АРГ до місцевих органів управління системою.

Дія **водяних систем пожежогасіння** (рис. 2) полягає в охолодженні потоком води речовин і конструкцій, що горять. Ними облаштовують усі кораблі для боротьби з пожежами у службових і житлових приміщеннях, на відкритих палубах і платформах. Забортна вода для гасіння вогнища пожежі подається під тиском до ручних або стаціонарних лафетних стволів.

Алгоритм роботи системи наступний (відрізняється від проекту корабля, катеру):

для системи, яка представлена на рис. 2, алгоритм роботи наступний: у випадку зниження тиску в трубопроводах водяної системи пожежогасіння від реле тиску (2) надходить

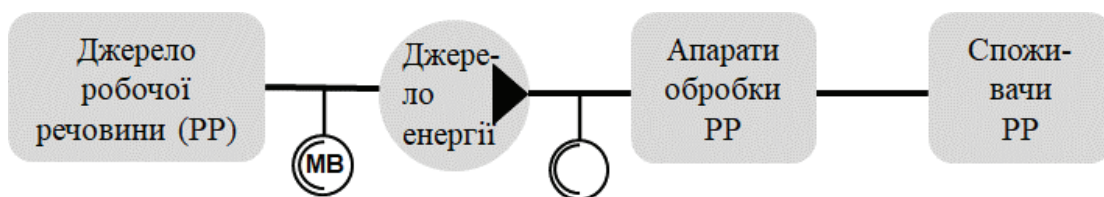


Рис. 1. Структурна схема корабельної системи [18]

джерело «робочої речовини» (далі, РР); джерело енергії, що забезпечує переміщення робочої речовини; апарат обробки робочої речовини, що забезпечує доведення параметрів технічних речовин до необхідних значень; контрольно-вимірювальні прилади (далі, КВП), що дозволяють вимірювати параметри «робочої речовини»; споживач «робочої речовини»; трубопроводи, що з'єднують перераховані елементи в межах конкретної системи.

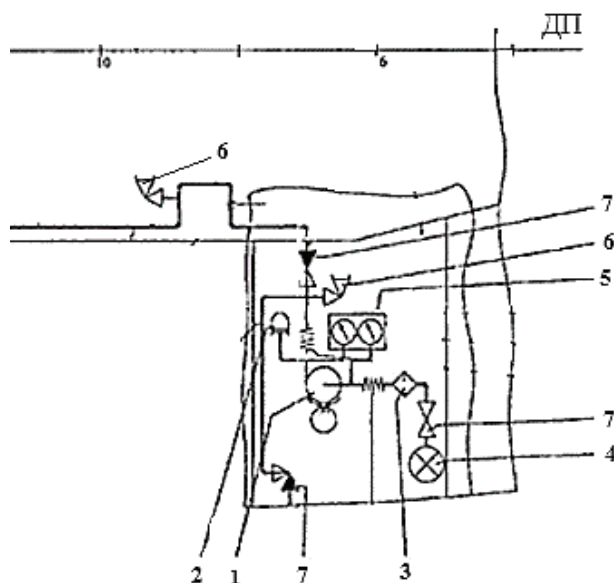


Рис. 2. Приклад побудови водяної системи пожежогасіння (окрема ділянка) [19]

1 – пожежний насос; 2 – реле тиску (сигналізує про тиск в системі та забезпечує автоматичний пуск пожежного насосу у випадку зниження тиску в магістралі системи); 3 – фільтр; 4 – прийомний кінгстон; 5 – контрольно-вимірювальні прилади; 6 – пожежний кран (точка під'єднання пожежного рукава); 6 – запірні арматури та трубопроводи системи.

сигнал на пуск пожежного насосу (1), насос, зазвичай, перебуває в режимі – *standby* (режим очікування) та здійснюється подача забортної води до пожежних кранів (6);

для системи, якими обладнанні інші бойові кораблі та у відповідності до керівних документів, алгоритм роботи наступний: один пожежний насос постійно працює (перекачує воду по замкнутому колу за допомогою регулюючої арматури), другий насос перебуває в режимі – *standby* (режим очікування). В випадку витрати води з пожежної магістралі через регулюючий клапан припиняється подача води по замкнутому колу та забортна вода негайно подається до пожежної магістралі. У випадку збільшення

витрати забортної води з пожежної магістралі запускається другий пожежний насос, чим забезпечується потрібна витрата води. З аналізу роботи системи (в обох варіантах функціонування системи), можна стверджувати, що дана система може бути працездатною у випадку **наявності електроживлення** на борту аварійного корабля або у випадку подачі електричної енергії від зовнішніх джерел енергії (корабля чи судна аварійно-рятувального загону) до електродвигуна пожежного насосу або подачі забортної води при знеструмленні насосів в систему від іншого корабля (судна). Іншим фактором, дієвості даної системи є аварійний пожежний насос з приводом від двигуна

внутрішнього згоряння (використовується на комерційних судах).

В системі водяного зрошення (рис. 3) вода подається до спеціальних розпилювачів для гасіння пожежі у сховищах або трюмах вибухових та легкозаймистих речовин, а також зрошення палуб, перебірок, шахт, трюмів у машинному відділенні. Система спрацьовує автоматично при певному підвищенні температури й автоматично подає сигнал у центральний пост управління (далі, ЦПУ), також передбачено дистанційне та ручне (за допомогою місцевих органів управління системою) управління системою.

У випадку автоматичного режиму роботи системи, сигнал від датчиків температурно-тривожної сигналізації (артилерійський постріб обладнується датчиками температури та тиску) надходить до електромагнітного клапана (3) та на привід швидко відкриваючого клапана (4) внаслідок цього повітря з балону з стиснутим повітрям (2) надходить до редукційного клапана (попередньо відрегульованого на заданий тиск) і потім повітря відповідного тиску потрапляє до ємності (1) де під дією тиску повітря починається процес витіснення прісної води до трубопроводу зрошення артилерійського пострібу, при цьому датчик тиску (5) видає сигнал на пульт про подачу води у постріб.

З аналізу роботи системи, можна стверджувати, що дана система може бути працездатна у випадку **наявності електроживлення** на борту аварійного корабля. Дане твердження ґрунтується на тому, що у випадку повного знеструмлення корабля, клапана (3) і (4) та датчики температурно-тривожної сигналізації (далі, ТТС) втрачають канал управління, а саме, **датчики ТТС→Пульт ТТС↔ клапана (3) і (4)**.

З метою спрощення конструкції, зниження масо-габаритних показників та вартості представленої системи водяного зрошення артилерійського пострібу, елементи (1), (2) і (3) та редукційний клапан (рис. 3) можуть бути відсутні. В цьому випадку для зрошення пострібу використовується забортна вода, яка подається від водяної системи пожежогасіння через швидко відкриваючий клапан (4). Працездатна дана система буде також у випадку наявності електроживлення на борту аварійного корабля, а саме: втрата каналу управління **датчики ТТС→Пульт ТТС↔ клапана (4)** та робота пожежного насоса, якій має електродвигун в якості приводу.

Наступна система, яка також поширена на кораблях є **система піногасіння** (рис. 4). Дія **вогнегасної піни** полягає в утворенні шару на поверхні (товщиною 10 – 50 см), який ізолює від кисню та припиняє горіння.

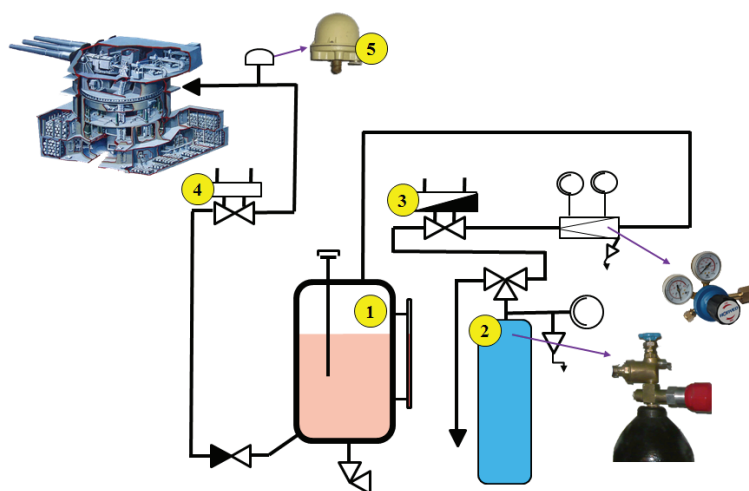


Рис. 3. Приклад побудови системи водяного зрошення артилерійського пострібу [18]

1 – ємність з водою; 2 – балон з повітрям високого тиску; 3 – електромагнітний клапан; 4 – швидко відкриваючий клапан (обладнаний піроприводом (піропатроном) або електромагнітним приводом); 5 – реле тиску (сигналізує про подачу води в артилерійський постріб) та трубопроводів і арматури.

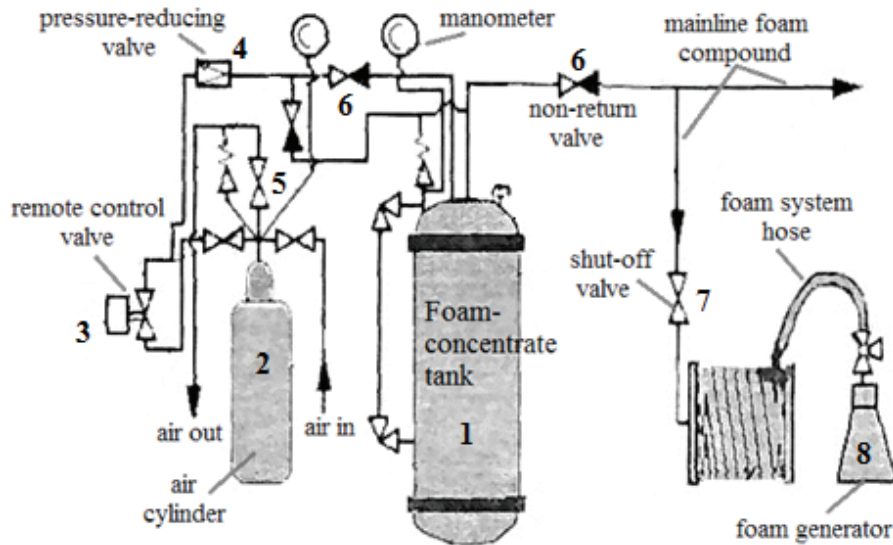


Рис. 4. Приклад побудови системи піногасіння

1 – ємність з піноутворюючим розчином; 2 – балон з повітрям високого тиску; 3 – електромагнітний клапан (забезпечує подачу повітря до редукційного клапану в режимі дистанційного управління та управління з місцевого посту); 4 – редукційний клапан (забезпечує зниження тиску повітря з 15 МПа до 0,8 – 1,0 МПа); 5 – клапана прохідного запірною; 6 – клапан незворотній, КВП та трубопроводи.

Зазвичай, система підготовлена до дії та перебуває в режимі *standby*. У випадку застосування системи, по сигналу з пульта управління загальнокорабельними системами подається команда (керуючий сигнал) на відкриття клапану (3) та починається подача стиснутого повітря в цистерну (1) від балону високого тиску (2), що в підсумку через відкриті клапани (6, 7) забезпечує подачу піноутворюючого розчину до піногенератору (8).

Аналіз роботи системи піногасіння свідчить, що вона працездатна у випадку **наявності електроживлення** на борту аварійного корабля та в умовах доступу особового складу корабля або АРГ до місцевих органів управління станції піногасіння. Дане твердження ґрунтується на алгоритмі роботи системи піногасіння, що був представлений вище.

Наступна система, яка за своїм алгоритмом роботи концептуально подібна системі піногасіння є **система об'ємного хімічного** (рис. 5). Вогнегасною речовиною є хладони, які при потраплянні в приміщення знижують концентрацію кисню до рівня, при якому процес горіння не підтримується, в наслідок чого пожежа згасає. Зазвичай, система складається з декількох станцій об'ємно-хімічного гасіння (далі, ОХГ), з метою забезпечити резервування та гарантувати припинення горіння.

Подача вогнегасної речовини в аварійне приміщення здійснюється за допомогою стиснутого повітря (тиском від 0,8 до 1,0 МПа), який змушує її переміщуватися по трубопроводах до розпилювачів. Подача вогнегасної рідини в аварійне приміщення здійснюється в ручну від станції ОХГ.

Початковий стан системи ОХГ – система підготовлена до дії. За розпорядженням керівника боротьби за живучість, приводиться в дію відповідна секція станції ОХГ, тобто зривається пломба на клапані (6) та завдяки кінцевому вимикачу у аварійному приміщенні спрацьовує світлова та звукова сигналізація.

З аналізу роботи системи, можна стверджувати, що дана система може бути **працездатна у випадку повного знеструмлення корабля** (умова, система не має пошкоджень), але потребує присутності на борту аварійного корабля та доступу особового складу корабля або АРГ до станції ОХГ для приведення її в дію за допомогою місцевих органів управління системою.

Остання система пожежогасіння, розглянута в даній статті є **система гасіння інертними газами**, яка призначена для подачі інертних газів (гази, що не підтримують горіння, містять менше 5% кисню) в аварійне приміщення. У випадку, встановлення системи в приміщення корабельної артилерійської установки

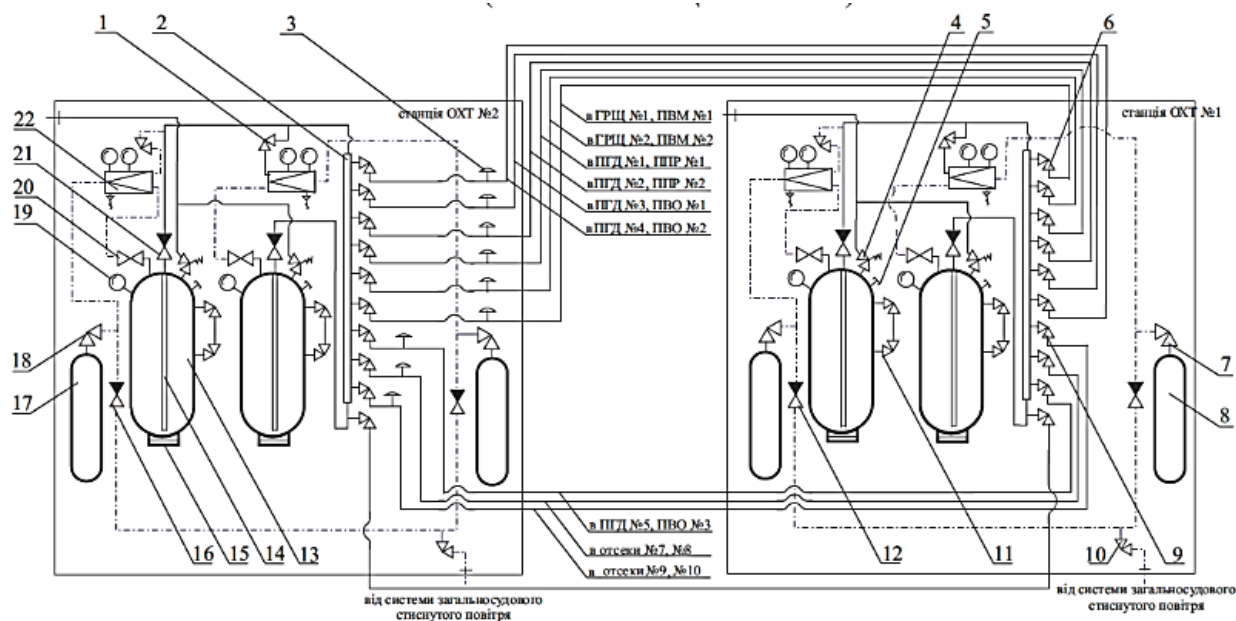


Рис. 5. Схема система об'ємно-хімічного горіння [19]

3 – датчик, що сигналізує подачу вогнегасної речовини в приміщення; 6 – клапана, що забезпечують потрапляння вогнегасної речовини у відповідне приміщення; 8, 17 – балон з повітрям високого тиску; 13 – ємність з вогнегасною речовиною; 22 – редукційний клапан.

(рис. 6) – система, призначена для подачі робочої речовини (*Halon 2402*) в приміщення з метою запобігання запалювання або вибуху суміші горючих газів і повітря, що потрапляють всередину аварійного приміщення.

Зазвичай система підготовлена до дії та перебуває в автоматичному або в дистанційному режимах, або приводиться в дію з місцевого органу управління системою. Сигнал від температурно-тривожної сигналізації (приміщення обладнується датчиками температури та тиску) надходить до електромагнітного клапана (1, 10) внаслідок цього повітря з балону з стиснутим повітрям (26, 37) потрапляє до редукційного клапана (попередньо відрегульований на заданий тиск) і потім повітря відповідного тиску надходить до ємності (21, 32) де під дією тиску повітря починається процес витіснення вогнегасної речовини до розпилювачів, попередньо пройшовши очищення (фільтри 5, 16) та розірвавши червоно-мідну мембрану (7, 15) – своєрідний запобіжник від несанкційного надходження вогнегасної речовини в приміщення.

З аналізу роботи системи, можна стверджувати, що дана система може бути працездатна у випадку наявності електроживлення на

борту аварійного корабля. Дане твердження ґрунтується на тому, що у випадку повного знеструмлення корабля, клапана (1) і (10) та датчики ТТС втрачають канал управління, а саме, датчики ТТС → Пульти ТТС ↔ клапана (1) і (10).

З аналізу схемних рішень різноманітних систем пожежогасіння (рис. 7) можна зробити наступні висновки:

якщо система передбачає автоматичний режим роботи то для її спрацювання потрібно мати незалежне джерело живлення датчиків ТТС та джерело електричного струму для приведення електромагнітних клапанів в дію;

якщо система пожежогасіння передбачає дистанційний або ручний режим приведення в дію, то це вимагає присутності на аварійному кораблі особового складу або АРГ.

Таким чином, для забезпечення працездатності системи в складних умовах обстановки та при відсутності особового складу, деякі виконавчі елементи систем (наведено на рисунку 7) повинні бути забезпечені автономними джерелами живлення. Завдяки таким технічним рішенням можна значно покращити ефективність роботи систем пожежогасіння на кораблях (катерах, суднах).

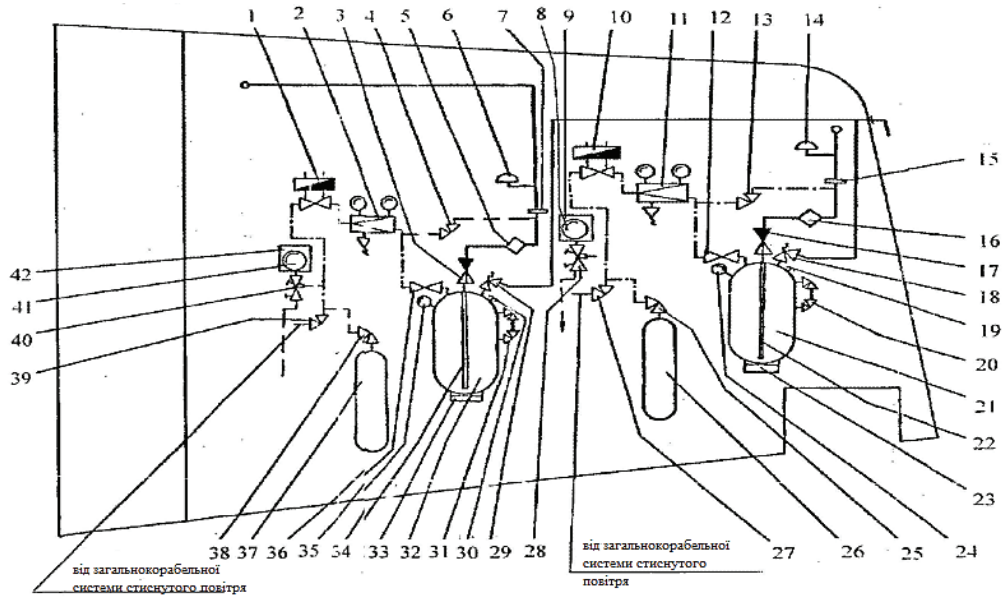


Рис. 6. Схема система гасіння інертними газами приміщення артилерійської установки (позначені тільки основні елементи) [19]

1, 10 – електромагнітний клапан (забезпечує подачу повітря до редукційного клапану в автоматичному, дистанційному та за допомогою місцевих органів управління системою); 5, 16 – фільтр; 7, 15 – мембрана, призначена для запобігання потрапляння вогнегасної речовини в приміщення під час знаходження системи в режимі – standby; 21, 32 – ємність з вогнегасної речовиною; 26, 37 – балон з повітрям високого тиску.

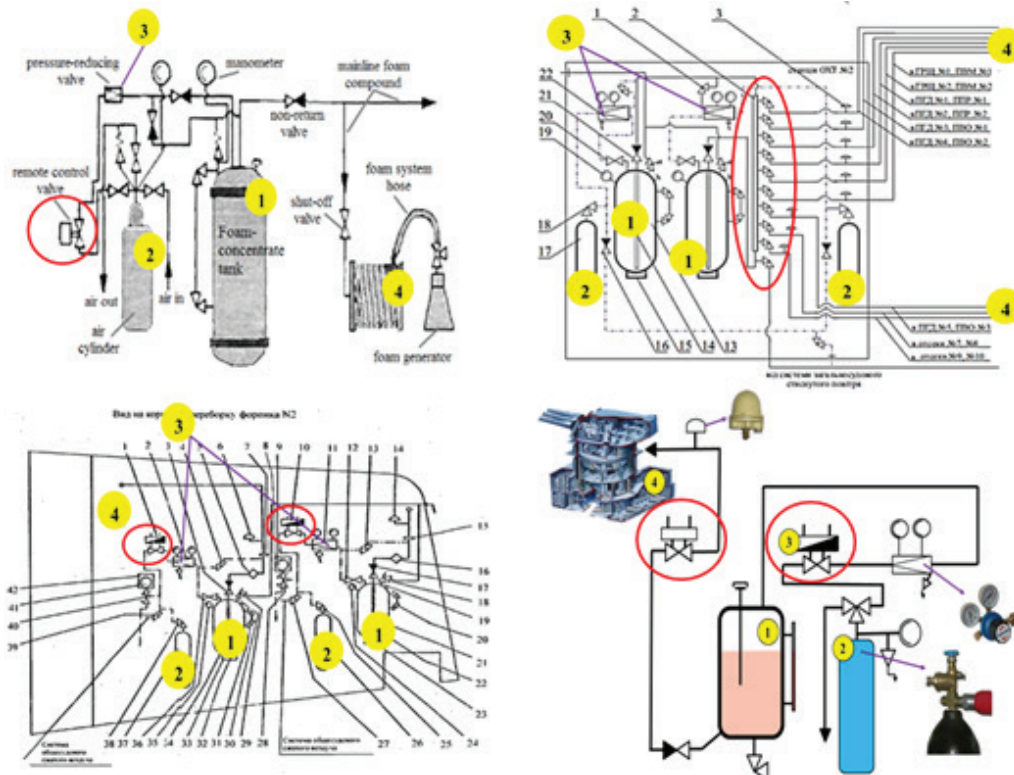


Рис. 7. Системи пожежогасіння, візуалізація критичних елементів (критичні елементи позначені червоним кольором)

1 – джерело «робочої речовини»; 2 – джерело енергії, що забезпечує переміщення робочої речовини; 3 – апарат обробки робочої речовини; 4 – споживач «робочої речовини» (див. рис. 1)

Першим шляхом рішення проблеми та досягнення мети дослідження, що стосується нових кораблів, повинно бути:

1. Уточнення вимог до протипожежних систем корабля (катеру, судна) в технічному завданні на розробку проекту або їх внесення в контракт щодо закупівлі корабля. При цьому, пріоритетом повинно бути, використання вже існуючих та апробованих конструкторських рішень на морському транспорті. Прикладом такого технічного рішення є встановлення системи пожежогасіння 3M™ Noves™ 1230 (рис. 8) на кораблях Берегової охорони США у 2020 році [20]. Розробником даної системи є американська компанія «Sea-Fire Marine» [21], одна з лідерів у Світі з розроблення та виробництва систем пожежогасіння для морських суден. Система пожежогасіння 3M™ Noves™ 1230 є стаціонарною установкою з вогнегасним агентом NOVEC 1230 (різновид, хімічна назва – додекафтор-2-метилпентан-3-он – це фторований кетон зі структурною формулою $CF_3CF_2C(O)CF(CF_3)_2$) [22].

Система захищає заданий об'єм корпусу корабля, використовуючи різні режими роботи, такі як автоматичне спрацювання або ручне розблокування за допомогою механічного тягового тросу. Тобто, передбачено приведення системи у дію з зовні, що в свою чергу покращує ефективність системи.

Впровадження даного рішення, потребує вирішення додаткових завдань, а саме:

проведення аналізу нормативної бази України щодо будівництва військових кораблів (катерів), керівних документів Регістру судноплавства України та «Міжнародної конвенції з охорони людського життя на морі (СОЛАС-74)»;

за підсумками вирішення першого додаткового завдання, є підготовка пропозиції до внесення змін до вимог з проектування корабельних систем пожежогасіння та з подальшою імплементацією їх в нормативно-правову базу України;

підготовка та затвердження переліку організаційних заходів щодо порядку дії особового складу або АРГ під час використання даної системи для ліквідації пожежі (тобто внесення змін в керівні документи ВМС ЗС України, щодо організації боротьби за живучість корабля).

2. Модернізація існуючих корабельних систем пожежогасіння, які мають зберігати свою працездатність під час повного знеструмлення корабля (катера, судна) та, в умовах неможливості, привести їх в дію з місцевого посту управління. Реалізація другого напрямку, також пов'язана з рішенням допоміжних завдань:

пошук оптимальних по надійності, вартості, часу спрацювання, стійкості до негатив-

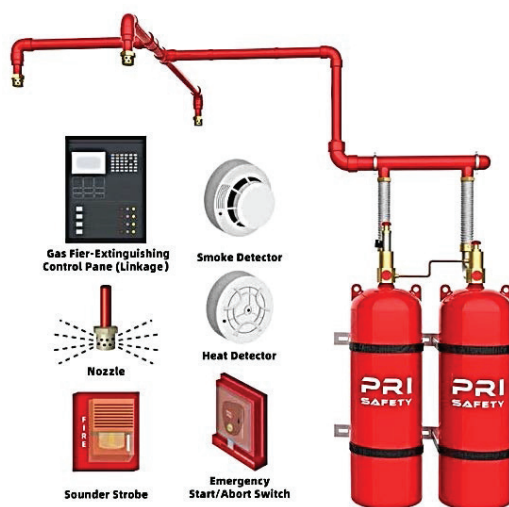


Рис. 8. Приклад розміщення елементів системи в машинному відділенні судна та приблизна конфігурація системи [23]

них зовнішніх факторів (висока температура, робота в агресивному середовищі, витримування прискорення вільного падіння до 8g (стійкість системи в умовах активної протидії противника) тощо;

внесення змін до конструкторської документації корабельних систем пожежогасіння з залученням представників державних (наприклад «Дослідно-проектний центр кораблебудування» (м. Миколаїв) та приватних конструкторських бюро (наприклад, Marko Ltd);

підготувати та затвердити перелік організаційних заходів щодо порядку дії особового складу або АРГ під час використання модернізованих корабельних систем пожежогасіння (тобто внесення змін в керівні документи ВМС ЗС України, щодо організації боротьби за живучість корабля).

Висновки і перспективи подальших досліджень. Проведене дослідження дозволило сфокусувати увагу на таких напрямках

вирішення проблеми, працездатності штатних корабельних систем пожежогасіння під час повного знеструмлення та одночасної відсутності доступу екіпажу або аварійно-рятувальної групи до даних систем та їх засобів управління (місцевих), як:

використання в системах температурно-тривожної сигналізації датчиків та пультів управління з автономними джерелами живлення;

пошук готових конструкторських рішень щодо нових приводів (електричний та механічний (за допомогою торсу)) електромагнітних клапанів систем пожежогасіння, які можуть бути встановлені на кораблі та відповідають вимогам надійності та безпеки;

провести дослідження щодо можливості дистанційного бездротового запуску системи пожежогасіння, з урахуванням стійкості каналу до засобів радіоелектронної боротьби.

Література:

1. Ігнатенко О. А. Бюлетень з вивчення досвіду відповідно до напрямку підготовки здобувачів вищої освіти Інституту Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія». Одеса : видавництво НУ «ОМА», 2024. 5–13 с.
2. Слободянюк М. В. Бюлетень з вивчення досвіду відповідно до напрямку підготовки здобувачів вищої освіти Інституту Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія». Одеса: видавництво НУ «ОМА», 2024. 35 с.
3. Shuai Yuan, Chongye Chang, Shuaishuai Yan, Pan Zhou. A review of fire-extinguishing agent on suppressing lithium-ion batteries fire. *Journal of Energy Chemistry*. Volume 62, November 2021, Pages 262–280. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2095495621001583?via%3Dihub>
4. Wan X., Wang Y., Xu G., Yang W., Li S., Kang N., Lin J. Experimental study on fire extinguishing performance of typical large space fires on ships. *Ships and Offshore Structures*, 2024. 1–7. <https://doi.org/10.1080/17445302.2024.2373550>
5. IG-55 argonite fire suppression systems URL: <https://www.inertgasfiresystems.com/inert-gas-fire-suppression-systems/ig-55-argonite-fire-suppression-systems/>
6. Kidde Marine Argonite™ 469 Series Inert Gas. URL: https://www.kidde.com/fire-suppression/en/uk/media/Argonite%20Marine%20469%20Inert%20Gas%20System_Revised%2020.06.2024_tcm1137-190058.pdf
7. Novec installation. Engine room & ammunitions room : Project FPB98U / Shipbuilding company OCEA. Quai de la Cabaude 85100 Les Sables d'Olonne, France, 2021. 73 с.
8. Chen T.-H., Kao C.-L., Chang S.-M.: An intelligent real-time fire-detection method based on video processing. In: IEEE 37th Annual 2003 International Carnahan Conference on Security Technology, 14–16 October 2003, pp. 104–111.
9. Ugur Toreyin B., Dedeoglu Y., Cetin A.E.: Contour based smoke detection in video using wavelets. In: 14th European Signal Processing Conference EUSIPCO 2006, Florence, Italy.
10. Ugur Toreyin B., Cinbis R.G., Dedeoglu Y., Cetin A.E.: Fire detection in infrared video using wavelet analysis. *Opt. Eng.* (2007), 46(6), 067204-1–067204-9.
11. Yuan F.: Motion accumulation and translucence based video smoke detection model. *J. Data Acquis. Process.* 2007, 22(4), 396–400

12. Chen T.H., Yin Y.H., Huang S.F. et al.: The smoke detection for early fire-alarming system base on video processing. In: Proceedings of the 2006 International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, Pasadena, CA, USA, 18–20 December 2006, pp. 427–430
13. Jin C, Wang T, Alhusaini N, Zhao S, Liu H, Xu K, Zhang J. Video Fire Detection Methods Based on Deep Learning: Datasets, Methods, and Future Directions. *Fire*. 2023; 6(8):315. <https://doi.org/10.3390/fire6080315>
14. Grant G., Brenton J., Drysdale D. Fire suppression by water sprays. *Progress in energy and combustion science*, 2000. 26(2), 79–130.
15. McBride, Will E.: Fine water mist fire protection system. In: 48th Annual Petroleum and Chemical Industry Conference (PCIC 2001), Toronto, ON, 24–26 September 2001, pp. 245–252
16. Fire protection for Naval vessels. URL: <https://www.marioff.com/en/fire-protection-for-marine/naval-vessels/>
17. Розробка рекомендацій із модернізації систем об'ємного хімічного гасіння з використанням фреону 114В2 відповідно до вимог Монреальського протоколу : Звіт про виконання оперативного завдання/виконавець НДЦ «ДО» ІВМС НУ «ОМА» Одеса, 2024. 25 с.
18. Сапіга В. В. Корабельні енергетичні установки : навчальний посібник. Одеса : видавництво НУ «ОМА», 2022. 276 с.
19. Суднові системи. Технічний опис і інструкції з експлуатації. Ч. 2. : Системи протипожежні / розробник КП «ІППЦ». Миколаїв, 2012. 102 с.
20. Sea-Fire's New Engineered MN-Series NOVEC 1230 Fire Suppression System. URL: <https://www.maritime-executive.com/index.php/features/sea-fire-s-new-uscg-approved-novec-1230-fire-system-1>
21. NFG/NFD pre-engineered fire systems. URL: <https://sea-fire.com/product-category/nfgnfd/>
22. Perfluoro(2-methyl-3-pentanone). URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Perfluoro\(2-methyl-3-pentanone\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Perfluoro(2-methyl-3-pentanone))
23. All About Fire-Suppression Systems. URL: <https://www.marlinmag.com/boats/fire-suppression-systems-on-boats/>

References:

1. Ihnatenko, O.A. (2024). Bulletin on the study of experience in accordance with the direction of training of applicants for higher education of the Institute of Naval Forces of the National University "Odessa Maritime Academy". Odesa: NU "OMA", pp. 5–13.
2. Slobodianiuk, M.V. (2024). Bulletin on the study of experience in accordance with the direction of training of applicants for higher education of the Institute of Naval Forces of the National University "Odessa Maritime Academy". Odesa: NU "OMA" Publishing House, pp. 35.
3. Shuai Yuan, Chongye Chang, Shuaishuai Yan, Pan Zhou. (November 2021). A review of fire-extinguishing agent on suppressing lithium-ion batteries fire. *Journal of Energy Chemistry*. Volume 62, pp. 262–280. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2095495621001583?via%3Dihub>
4. Wan, X., Wang, Y., Xu, G., Yang, W., Li, S., Kang, N., & Lin, J. (2024). Experimental study on fire extinguishing performance of typical large space fires on ships. *Ships and Offshore Structures*, 1–7. <https://doi.org/10.1080/17445302.2024.2373550>
5. IG-55 argonite fire suppression systems Retrieved from <https://www.inertgasfiresystems.com/inert-gas-fire-suppression-systems/ig-55-argonite-fire-suppression-systems/>
6. Kidde Marine Argonite™ 469 Series Inert Gas. Retrieved from https://www.kidde.com/firesuppression/en/uk/media/Argonite%20Marine%20469%20Inert%20Gas%20System_Revised%2020.06.2024_tcm1137-190058.pdf
7. Novec installation. Engine room & ammunitions room : Project FPB98U / Shipbuilding company OCEA. Quai de la Cabaude 85100 Les Sables d'Olonne, France, 2021. pp.73 .
8. Chen, T.-H., Kao, C.-L., Chang, S.-M.(2003). An intelligent real-time fire-detection method based on video processing. In: IEEE 37th Annual 2003 International Carnahan Conference on Security Technology, 14–16 October 2003, pp. 104–111.
9. Ugur Toreyin, B., Dedeoglu, Y., Cetin, A.E. (2006). Contour based smoke detection in video using wavelets. In: 14th European Signal Processing Conference EUSIPCO Florance, Italy.
10. Ugur Toreyin, B., Cinbis, R.G., Dedeoglu, Y., & Cetin, A.E. (2007). Fire detection in infrared video using wavelet analysis. *Opt. Eng.* 46(6), 067204-1–067204-9.
11. Yuan, F. (2007). Motion accumulation and translucence based video smoke detection model. *J. Data Acquis. Process.* 22(4), pp. 396–400.
12. Chen, T.H., Yin, Y.H., Huang, S.F. et al. (2006). The smoke detection for early fire-alarming system base on video processing. In: Proceedings of the 2006 International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, Pasadena, CA, USA, 18–20 December, pp. 427–430.

13. Jin, C., Wang, T., Alhusaini, N., Zhao, S., Liu, H., Xu, K., Zhang, J. (2023). Video Fire Detection Methods Based on Deep Learning: Datasets, Methods, and Future Directions. *Fire*. 6(8):315. <https://doi.org/10.3390/fire6080315>
14. Grant, G., Brenton, J., & Drysdale, D. (2000). Fire suppression by water sprays. *Progress in energy and combustion science*, 26(2), pp. 79–130.
15. McBride, Will E.: Fine water mist fire protection system. In: 48th Annual Petroleum and Chemical Industry Conference (PCIC 2001), Toronto, ON, 24–26 September 2001, pp. 245–252.
16. Fire protection for Naval vessels. Retrieved from <https://www.marioff.com/en/fire-protection-for-marine/naval-vessels/>
17. Development of recommendations for the modernization of volumetric chemical quenching systems using 114B2 freon in accordance with the requirements of the Montreal Protocol: Report on the implementation of the operational task/Executor of the Research Center "DO" IVMS NU "OMA" – Odesa, 2024. pp. 25.
18. Sapiha, V.V. (2022). *Ship Propulsion Systems : Tutorial*. Odesa: NU OMA, pp. 276.
19. Ship systems. Technical description and operating instructions. Part 2. : System fire-fighting / developed by KP "IPCC". Mykolayiv, 2012. pp. 102.
20. Sea-Fire's New Engineered MN-Series NOVEC 1230 Fire Suppression System. Retrieved from <https://www.maritime-executive.com/index.php/features/sea-fire-s-new-uscg-approved-novec-1230-fire-system-1>
21. NFG/NFD pre-engineered fire systems Retrieved from <https://sea-fire.com/product-category/nfgnfd/>
22. Perfluoro(2-methyl-3-pentanone). Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Perfluoro\(2-methyl-3-pentanone\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Perfluoro(2-methyl-3-pentanone))
23. All About Fire-Suppression Systems. Retrieved from <https://www.marlinmag.com/boats/fire-suppression-systems-on-boats/>