Zeszyty Naukowe SGSP 2022, Nr 81, s. 29–46
ISSN: 0239-5223; e-ISSN: 2720-0779
Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY)
DOI: 10.5604/01.3001.0015.8121

ogn. pchor. mgr inż. Kamil Łukasz Węglarz
student stacjonarnych studiów I stopnia dla strażaków w służbie kandydackiej
na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa i Ochrony Ludności
Szkoła Główna Służby Pożarniczej
e-mail: kamil.weglarz1994@interia.pl

KONCEPCJA OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ NA STATKU MORSKIM TOWAROWYM REGALICA

Abstrakt

W artykule opracowano koncepcję ochrony przeciwpożarowej statku towarowego Regalica. W części teoretycznej omówiono zagadnienia dotyczące regulacji prawnych ochrony przeciwpożarowej statków morskich oraz zaprezentowano charakterystykę statku Regalica. W części praktycznej dokonano opracowania projektu systemu sygnalizacji pożarowej na opisywanym masowcu w oparciu o przepisy morskie. Na etapie opracowywania projektu wykonano następujące założenia projektowe: opis techniczny przyjętej instalacji wykrywania pożaru, dobór elementów liniowych, prowadzenie linii dozorowych i dobór przewodów, lokalizacja centrali sygnalizacji pożarowej oraz warunki zasilania. Ponadto w tej części przedstawiono kompleksową koncepcję ochrony przeciwpożarowej. Na końcu sformułowano wnioski mające wpływ na proces projektowania systemów sygnalizacji pożarowej.

Słowa kluczowe: analiza bezpieczeństwa pożarowego, ochrona przeciwpożarowa, przepisy morskie, wymagania przeciwpożarowe, system sygnalizacji pożarowej

THE CONCEPT OF FIRE PREVENTION ON THE REGALICA CARGO VESSEL

Abstract

In this article a concept of fire protection of the Regalica cargo ship was developed. In the theoretical part the issues concerning the fire protection regulations for sea vessels were discussed and characteristic features of the Regalica ship were presented. The practical part consists of a plan of a fire alarm system on the described bulk carrier based on relevant maritime regulations. In the design development stage, the following design assumptions have been adopted: technical description of the approved fire detection system, selection of linear elements, routing of supervisory lines and selection of cables, location of the fire alarm control panel and power supply conditions. Fur-

thermore, this section includes a comprehensive fire protection concept. The final part formulates conclusions that affect the design process of fire alarm systems.

Keywords: analysis of fire safety, fire prevention, maritime regulations, firefighting requirements, fire detection and alarm system

1. Wprowadzenie

Pożary na statkach zalicza się do jednych z najbardziej niebezpiecznych awarii, które mogą się wydarzyć zarówno na morzu, jak i w porcie. Mogą one wystąpić w różnych fazach eksploatacyjnych: w czasie rejsu, postoju na kotwicy, w czasie prac przeładunkowych lub przeprowadzanych remontów. Bezpieczeństwo pożarowe na statku rozpatrujemy w dwóch kontekstach: prewencji pożarowej i ewentualnych działań gaśniczych. Nadzór przeciwpożarowy polega na: prowadzeniu dokumentacji eksploatacyjnej, opracowywaniu dokumentacji przeciwpożarowej, konserwacji wyposażenia przeciwpożarowego oraz szkoleniu załogi. Urządzenia przeciwpożarowe, sprzęt pożarniczy, a także konstrukcyjne zabezpieczenia przeciwpożarowe wpływają w znaczący sposób na bezpieczeństwo statku oraz załogi. Wyposażenie to musi być zgodne z wymogami konwencyjnymi oraz podlega odpowiednim przeglądom i konserwacjom [1].

Pożary statków mogą zagrażać zdrowiu i życiu, w szczególności na zamkniętej, oddalonej od portu przestrzeni, gdzie marynarze mają ograniczone możliwości ewakuacji. Ponadto na pełnym morzu w razie pożaru mogą oni liczyć tylko na swoje umiejętności w zakresie gaszenia pożarów ze względu na brak możliwości pomocy zarówno Państwowej, jak i Portowej Straży Pożarnej.

Fracht morski posiada inną specyfikę w porównaniu do pozostałych rodzajów transportu. Transport drogą wodną umożliwia przewóz dużej liczby towarów, w tym również ładunków ponadgabarytowych oraz ładunków niebezpiecznych, np. materiałów wybuchowych, łatwopalnych. Dodatkowo transport morski charakteryzuje się najtańszą drogą przewozu towarów na duże odległości, ale występuje tutaj dłuższy czas realizacji dostaw oraz ograniczenia związane z przebiegiem morskich szlaków transportowych [2].

Główną przyczyną podjęcia niniejszego tematu jest powszechność wykorzystania systemu sygnalizacji pożarowej na statkach morskich, a także brak innych publikacji, które poruszają tematykę przepisów, norm i wytycznych dotyczących projektowania tego typu urządzeń przeciwpożarowych na statkach morskich. Celem niniejszego artykułu naukowego jest opracowanie koncepcji ochrony przeciwpożarowej statku towarowego Regalica. Powszechność zastosowania systemu sygnalizacji pożarowej (SSP) na statku wynika z jego dużej skuteczności, możliwości szybkiego wykrycia pożaru i wczesnego ostrzegania o nim, tak aby dać załodze większe szanse na lokalizację i ugaszenie pożaru, zanim rozwinie się do rozmiarów zagrażających życiu załogi i transportowanemu mieniu.

2. Regulacje prawne dotyczące ochrony ppoż. statków morskich

2.1. Regulacje międzynarodowe

Tematyka bezpieczeństwa pożarowego w branży morskiej jest uregulowana m.in. w Międzynarodowej konwencji o bezpieczeństwie życia na morzu (*International Convention for the Safety of Life at Sea* – konwencja SOLAS) oraz w Międzynarodowym kodeksie systemów bezpieczeństwa pożarowego (*International Code for Fire Safety Systems* – kodeks FSS).

W konwencji SOLAS w rozdziale II-2 przedstawiono zagadnienie: Konstrukcja – ochrona przeciwpożarowa, wykrywanie i gaszenie pożarów. W kodeksie FSS są wskazane wytyczne obejmujące międzynarodowe normatywy techniczne dla wyposażenia przeciwpożarowego, takie jak instalacje wykrywania i sygnalizacji pożaru, instalacje gaśnicze stosowane na statkach morskich.

Ponadto wpływ na przepisy przeciwpożarowe ma Administracja, czyli Rząd Państwa, którego banderę statek ma prawo podnosić. Towarzystwa klasyfikacyjne jako państwowe lub prywatne instytucje rzeczoznawcze zajmują się klasyfikacją jednostek pływających oraz posiadają uznanie różnych Administracji morskich. Statki powinny być zaprojektowane, zbudowane i utrzymywane w oparciu o wymagania towarzystwa klasyfikacyjnego, które są zgodne z prawidłami SOLAS oraz kodeksu FSS albo zgodne ze standardami Administracji zapewniającymi równoważny poziom bezpieczeństwa [3].

W niniejszym artykule oparto się na przepisach towarzystwa klasyfikacyjnego Polskiego Rejestru Statków (dalej również jako „PRS"), tj. na przepisach klasyfikacji i budowy statków morskich (część V – Ochrona przeciwpożarowa oraz część VIII – Instalacje elektryczne i systemy sterowania).

Czujki pożarowe i centrala sygnalizacji pożarowej powinny być zgodne z serią norm PN-EN-54, które są również stosowane na lądzie, oraz dodatkowo z normą okrętową IEC 60092-504:2016 [4, 5, 6].

2.2. Certyfikacja elementów składowych SSP

Wszystkie wyroby wyposażenia konwencyjnego, które są umieszczane na statkach, powinny być uznane przez dane towarzystwo klasyfikacyjne w imieniu Administracji morskiej, która upoważniła go do działania w swoim imieniu, lub mieć certyfikat zgodności dostosowany do wymagań dyrektyw UE [7].

Na statkach konwencyjnych pływających pod banderą państw członkowskich UE obowiązują certyfikaty na wyposażenie morskie zgodne z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/90/UE (tzw. Dyrektywa MED) [7, 8].

Wykaz wyrobów podlegających ocenie zgodności określony jest w załączniku do Rozporządzenia Wykonawczego Komisji (UE) 2021/1158 i są w nim wymie-

Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY)

nione następujące środki ochrony przeciwpożarowej związane z systemem sygnalizacji pożarowej: elementy stałych instalacji wykrywania i sygnalizacji pożaru, takie jak: urządzenia sterujące i sygnalizacyjne; urządzenia zasilające; czujki wykrywcze: ciepła, dymu i płomienia; ręczne ostrzegacze pożarowe; izolatory zwarć; urządzenia wejścia/wyjścia ostrzegające przed pożarem; przewody [9].

Producent lub jego upoważniony przedstawiciel w Unii Europejskiej dla wyrobów objętych dyrektywą MED najpierw musi uzyskać niezależną certyfikację od jednostki notyfikowanej, np. PRS, na podstawie której sporządza się deklaracje zgodności wyrobu i na produkcie może wtedy nanosić znak zgodności, czyli tzw. koło sterowe [7].

Pozostałe wyroby wyposażenia konwencyjnego, niewymienione w załączniku do dyrektywy MED lub przeznaczone do umieszczenia na statkach podnoszących banderę państwa niebędącego członkiem Unii Europejskiej, powinny być typu uznanego przez dane towarzystwo klasyfikacyjne. Realizowane jest to poprzez nadzorowanie w oparciu o własne przepisy towarzystw klasyfikacyjnych, które zostały opracowane na podstawie przepisów międzynarodowych [10].

Polski Rejestr Statków sprawuje nadzór klasyfikacyjny w sposób bezpośredni oraz pośredni nad produkcją materiałów i wyrobów objętych wymaganiami opisanymi we własnych przepisach klasyfikacji i budowy. W wyniku nadzoru bezpośredniego dla materiału wystawiana jest metryka lub zaświadczenie PRS, a w ramach nadzoru pośredniego świadectwo uznania typu wyrobu [10].

Certyfikacja urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym zależy od wymagań towarzystwa klasyfikacyjnego. Polski Rejestr Statków zaleca stosowanie nieobligatoryjnej Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/34/UE, tzw. Dyrektywy ATEX [11].

2.3. Wymagania dla przewodów

W instalacji wykrywania i sygnalizacji pożaru należy stosować kable typu okrętowego trudno zapalne (uniepalnione), w oparciu o wymagania PN-EN 60332-1-2:2010 lub im równoważne, odpowiadające wymaganiom uzgodnionym z PRS normom krajowym i międzynarodowym [5, 6, 12]. W miejscach, gdzie obligatoryjnie jest wymagane stosowanie kabli ognioodpornych, powinny one spełniać dodatkowo serię norm IEC 60331 [6].

Zgodnie z przepisami przewody elektryczne stanowiące część instalacji nie powinny przechodzić przez kuchnie, przedziały maszynowe kategorii A, kotłownie i inne wydzielone pomieszczenia o wysokim stopniu zagrożenia pożarowego, za wyjątkiem, gdzie konieczne jest zamontowanie instalacji sygnalizacji pożarowej w tych pomieszczeniach lub przyłączenie ich do właściwego źródła zasilania [6].

Kable zasilające systemy oraz sterujące nimi, których praca jest wymagana podczas pożaru, powinny być ognioodporne, jeżeli przechodzą przez rejony o dużym

zagrożeniu pożarowym. Wyżej wymienione kable nie muszą być ognioodporne, jeśli są poprowadzone co najmniej dwoma trasami/kablami w układzie radialnym możliwie daleko od siebie, w ten sposób, aby w przypadku uszkodzenia przez pożar co najmniej jeden kabel z pętli/układu radialnego został sprawny. Jeśli instalacja sygnalizacji pożarowej jest zrobiona w pętli, to przepalenie w jakimś miejscu tej instalacji nie spowoduje jej pełnego zniszczenia, dlatego nie trzeba stosować kabli ognioodpornych. Jeśli ww. kable prowadzą do urządzeń, które są zainstalowane w pomieszczeniach o dużym zagrożeniu pożarowym, powinny być trudno zapalne [6].

Do systemów, których właściwe działanie jest wymagane podczas pożaru, zaliczane są: instalacje alarmu pożarowego i ogólnego; instalacje wykrywania pożaru; instalacje gaśnicze oraz systemy ostrzegawcze o ich uruchomieniu; systemy drzwi przeciwpożarowych wraz z ich statusem położenia; system drzwi wodoszczelnych wraz ze statusem ich otwarcia; awaryjna pompa pożarowa; oświetlenie awaryjne; rozgłośnia dyspozycyjna [6].

Pętla obwodu instalacji wykrywania i sygnalizacji pożaru z możliwością zdalnej identyfikacji czujek powinna uniemożliwiać uszkodzenie go w więcej niż jednym miejscu. Źródła zasilania, a także obwody elektryczne niezbędne do prawidłowego działania instalacji wykrywczej i alarmowej powinny być stale monitorowane pod kątem zaniku energii oraz uszkodzeń [5].

3. Charakterystyka statku Regalica

Statek Regalica to statek towarowy typu masowiec, który służy do przewozu takich ładunków, jak zboże, węgiel, nawozy sztuczne. Należy on do największego polskiego armatora, czyli Polskiej Żeglugi Morskiej. Statek ten powstał w chińskiej stoczni Sanfu niedaleko Szanghaju w 2011 r. Kadłub statku jest jednoposzyciowy i jest zbudowany ze stali [13].

Rys. 1. Statek Regalica

Źródło: [13]

Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY)

W tabeli nr 1 przedstawiono podstawowe informacje o statku Regalica.

Tab. 1. Podstawowe dane o statku Regalica

Nazwa statku	**Regalica**
Rodzaj statku	Towarowy
Typ statku	Masowiec
Data położenia stępki	26 października 2010 r.
Data zwodowania	22 stycznia 2011 r.
Bandera	Liberia
Port macierzysty	Monrovia
Towarzystwo klasyfikacyjne	Polski Rejestr Statków
Długość całkowita	149,96 m
Długość między pionami	140,80 m
Szerokość statku	23,60 m
Zanurzenie konstrukcyjne	8,25 m
Nośność statku	16 900 t
Prędkość projektowa	14.5 węzłów
Liczba pokładów	7: przedział maszynowy, pokład główny, A, B, C, D, mostek
Liczba ładowni	5
Liczba załogi	18
Rodzaj silnika	Silnik spalinowy o mocy 6570 kW
Agregaty prądotwórcze	3 x o mocy 645 kW
Urządzenia ładunkowe	3 dźwigi, każdy o udźwigu 30 ton 1 dźwig zaopatrzeniowy o udźwigu 3 tony

Źródło: opracowanie własne na podstawie [13]

Tabela nr 2 zawiera informacje o wyposażeniu przeciwpożarowym opisywanego statku.

Tab. 2. Urządzenia przeciwpożarowe i wyposażenie w gaśnice na statku Regalica

Ładownie	Instalacja wodno-hydrantowa, instalacja wykrywania dymu w ładowni, instalacja gaszenia dwutlenkiem węgla
Pomieszczenia mieszkalne	Instalacja wodno-hydrantowa, gaśnice przenośne
Maszynownia	Instalacja wodno-hydrantowa, instalacja gaszenia dwutlenkiem węgla, lokalna instalacja wodno-mgłowa, gaśnice przenośne, agregaty gaśnicze
Farbiarnia	Lokalna instalacja gaszenia dwutlenkiem węgla
Kuchnia	Lokalna instalacja gaszenia dwutlenkiem węgla, gaśnice przenośne
Magazynek bosmański	Instalacja wodno-hydrantowa, gaśnice przenośne

Źródło: opracowanie własne na podstawie [13]

Celem artykułu jest opracowanie koncepcji ochrony przeciwpożarowej dla statku Regalica, w tym zaprojektowanie systemu sygnalizacji pożarowej. Urządzenia wymienione w tab. 2 są już zastosowane na opisywanym statku.

4. Założenia projektowe

4.1. Opis przyjętej instalacji wykrywania pożaru

Centrala Autronica autrosafe BS-200M zgodnie z deklaracją jej producenta jest przeznaczona do stosowania w celu ochrony przeciwpożarowej na statkach morskich i spełnia wymogi konwencji SOLAS. Zaprojektowana została zgodnie z wymaganiami norm szeregu: PN-EN-54, dyrektywy MED i rozporządzenia CPR [14].

Centralka ta jest adresowalna, pozwala na identyfikację miejsca powstania pożaru z dokładnością do pojedynczej czujki. BS-200M jest kompletną centralą sygnalizacji pożarowej z pełnymi możliwościami sterowania oraz umożliwia ona kontrole zewnętrznych urządzeń zabezpieczających, takich jak drzwi przeciwpożarowe, klapy oddymiające oraz przekazywanie informacji o pożarze do stacji monitoringu. W momencie otrzymania sygnału alarmu, zgodnie z zaprogramowanym wariantem alarmowania, centrala jest w stanie uruchomić m.in. przekaźniki wyjściowe wewnątrz centrali, liniowe elementy sterujące na linii dozorowych, sygnalizatory lub przekazać sygnał do statkowego systemu nagłaśniającego. W stanie dozoru centrala nadzoruje stany czujek i ręcznych ostrzegaczy pożarowych: stan alarmu, dozorowanie, uszkodzenie, a ponadto nadzoruje poprawność pracy urządzeń systemu oraz zadziałania lub uszkodzenia elementów sterujących. Centrala BS-200M wykrywa i sygnalizuje uszkodzenia występujące na liniach dozorowych, jak również wewnątrz centrali, które są sygnalizowane optycznie i akustycznie [14].

Podstawowa wersja centrali Autronica posiada wyposażenie dla dwóch pętli adresowalnych z możliwością adresowania po 127 elementów liniowych w każdej pętli. Można ją rozbudować do czterech pętli przy wykorzystaniu dodatkowego pakietu BSD-200, obsługujących w sumie ponad 500 elementów adresowalnych. Pakiet ten jest zasilany bezpośrednio z wewnętrznego źródła napięciem 24 V. Centrala posiada stopień ochrony obudowy IP 32 oraz funkcję umożliwiającą automatyczne testowanie czujek. Może być ona połączona z maksymalnie 8 dodatkowymi panelami, takimi jak: BS-211 panel powtarzacza, BV-210 panel informacyjny, BU-210 panel operatora oraz panel sterowników BUR-200 *Mimic Driver*. Centrala BS-200M zasilana jest prądem 230 V oraz posiada wbudowany zasilacz o prądzie 5 A do ładowania baterii akumulatorów. Centrala ma następujące wyjścia i wejścia: 2 wyjścia przekaźnikowe potencjałowe, 2 wyjścia potencjałowe OC, 2 wyjścia przekaźnikowe bezpotencjałowe oraz 2 wejścia nadzorowane [14].

Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY)

4.2. Dobór elementów liniowych

Czujki zostały rozmieszczone w taki sposób, aby zapewnić ich optymalną skuteczność. Ze względu na możliwość zakłócania działania czujki przez przepływ powietrza, nie umieszczono ich w pobliżu usztywnień oraz kanałów wentylacyjnych. Unikano również miejsc, w których mogłyby one ulec mechanicznemu uszkodzeniu. W projekcie przewidziano czujki montowane pod sufitem w odległości 0,5 m od ścian, wyjątek stanowią korytarze, magazynki i klatki schodowe [5, 15].

Rozstawienie czujek powinno być zgodne z danymi przedstawionymi w tabeli 3.

Tab. 3. Rozstawienie czujek

Rodzaj czujki	Maksymalna powierzchnia podłogi przypadająca na jedną czujkę	Maksymalny odstęp między osiami czujek	Maksymalna odległość od ścian
Ciepła	37 m^2	9 m	4,5 m
Dymu	74 m^2	11 m	5,5 m

Źródło: opracowanie własne na podstawie [5]

Możliwe jest zastosowanie odległości innych niż określone w powyższej tabeli, opierając się na danych deklarowanych przez producentów czujek. Na klatkach schodowych umieszczono czujki na najwyższym piętrze schodów i co drugie piętro poniżej. W pomieszczeniach, gdzie wytwarzana jest para i opary, czyli suszarniach, kuchni, pralni zaplanowano zamontowanie czujek ciepła. Obszary niewymagające stosowania czujek to pomieszczenia małe lub bez ryzyka pożarowego, takie jak: puste przestrzenie bez składowania materiałów palnych, prywatne łazienki, pomieszczenia do przechowywania środków gaśniczych, pomieszczenia do przechowywania środków czystości (w których nie są składowane palne substancje), a także otwarte przestrzenie pokładowe [5, 15].

W projekcie przewidziano również rozmieszczenie ręcznych przycisków sygnalizacji pożarowej (zwane dalej „ROP") na korytarzach i w pobliżu wejść do pomieszczeń, w odległości co 20 m, w widocznych, łatwo dostępnych i dobrze oświetlonych miejscach. W pustych przedziałach oraz pomieszczeniach z butlami na dwutlenek węgla, gdzie występuje małe lub zerowe zagrożenie pożarowe, nie jest wymagane instalowanie ręcznych ostrzegaczy pożarowych [5, 15].

W projektowanym systemie sygnalizacji pożarowej każda czujka oraz ręczny ostrzegacz pożarowy posiada wbudowany izolator zwarć.

Zgodnie z wymogami PRS w pomieszczeniach, gdzie istnieje zwiększone niebezpieczeństwo występowania cieczy i uszkodzeń mechanicznych, należy zapewnić minimalny stopień ochrony IP 44. Na statku ww. pomieszczenia znajdują się między innymi poniżej pokładu głównego, czyli przedziały maszynowe [6]. Należy zaznaczyć, że inne towarzystwa klasyfikacyjne wymagają wyższego stopnia

ochrony obudowy w ww. pomieszczeniach, dlatego na projektowanym statku ze względu na bezpieczeństwo zastosowano wyższy stopień szczelności. Ponadto w oparciu o przepisy PRS w pomieszczeniach, gdzie istnieje możliwość wybuchu (akumulatorownia, farbiarnia), zastosowano urządzenia elektryczne w wykonaniu przeciwwybuchowym Ex [6].

Optyczne czujki dymu BHH-200, BHH-300, BHH-500

Optyczne czujki dymu typu BHH-200, BHH-300, BHH-500 są przeznaczone do wykrywania gazów wydzielanych w procesie spalania zawierających głównie duże widzialne cząstki. Powstają one w początkowym stadium pożaru, na etapie intensywnego spalania bezpłomieniowego. Z racji tego, że czujki te działają na zasadzie promieniowania podczerwonego, są one mniej czułe i wrażliwe od czujek, które działają w paśmie promieniowania nadfioletowego. Stopień ochrony tej serii detektorów to IP-44. Czujki typu BHH-300 i BHH-500 dodatkowo są wyposażone w funkcje autodiagnostyki [16].

Punktowe optyczne czujki dymu BHH-200 zastosowano we wszystkich pomieszczeniach nad pokładem głównym, między innymi w nadbudówce, w pomieszczeniach sypialnych, korytarzach, klatkach schodowych.

Punktowe optyczne czujki dymu BHH-200 połączone w gnieździe BWP-100 zwiększają stopień ochrony obudowy czujki na IP 55. Czujki w taki sposób połączone z ww. gniazdem zastosowano w pomieszczeniach pod pokładem głównym, na pokładzie dziobowym oraz na linii dozorowej poprowadzonej przez komin zgodnie z wymogami PRS [6].

Czujka ciepła BDH-200, BDH-300, BDH-500

Czujki ciepła typu BDH-200, BDH-300, BDH-500 są przeznaczone do wykrywania wzrostu temperatury pojawiającego się w pierwszej fazie pożaru. Czujki ciepła są instalowane głównie wówczas, gdy ze względu na panujące w chronionym pomieszczeniu warunki nie można zainstalować czujek dymu z powodu fałszywych alarmów. Stopień ochrony serii detektorów BDH-200, BDH-300, BDH-500 to IP-44. Czujki typu BDH-300 i BDH-500 dodatkowo są wyposażone w funkcję autodiagnostyki [16].

Punktowe czujki ciepła BDH-200 zastosowano w pralni, suszarni. Czujki ciepła BD-200M o wyższym stopniu ochrony obudowy (IP-55) zostały umieszczone w kuchni, chłodni, w warsztacie maszynowym w oparciu o przepisy PRS [6].

W akumulatorni oraz w magazynku farb zastosowano czujkę BDH-500/EX w wykonaniu iskrobezpiecznym, przeznaczoną do stosowania w strefach zagrożenia wybuchem 0, 1 oraz 2 zgodnie z wymogami PRS [6]. Zastosowano ją w połączeniu z barierą Zenera BZ-500. W pomieszczeniu akumulatorni zastosowana wentylacja grawitacyjna nie jest wystarczająca dla obniżenia koncentracji wodoru

Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY)

poniżej dolnej granicy wybuchowości, która dla wodoru wynosi ok. 18,2%. Może on się wydzielać podczas końcowej fazy ładowania akumulatorów kwasowo-ołowiowych. W związku z możliwością wydzielania się par rozpuszczalników palnych zastosowano również czujkę w wykonaniu iskrobezpiecznym w farbiarni zgodnie z przepisami PRS [6].

Czujka płomienia IR BG-201

Czujka płomienia AUTROFLAME IR BG-201 to punktowa czujka adresowalna zawierająca podwójny detektor, pracująca w zakresie podczerwieni i jest stosowana do użytku w pomieszczeniach, gdzie przewiduje się bardzo szybkie rozprzestrzenianie się ognia. Detektor posiada wysoki stopień ochrony obudowy wynoszący IP-66. Czujka ta charakteryzuje się wysokim stopniem odporności na fałszywe alarmy, gdyż nie reaguje na prace spawalnicze i światło widzialne o stałym natężeniu promieniowania oraz jest nieczuła na światło słoneczne w przeciwieństwie do czujek pracujących w paśmie nadfioletu. Dodatkowo nie jest ona zakłócana przez mgłę olejową w przestrzeniach maszynowych [16].

Ponadto promieniowanie nadfioletowe może być pochłaniane przez oleje, smary, większość wyrobów szklanych i przez wiele rodzajów dymu, a promieniowanie podczerwone jest o wiele mniej podatne na takie czynniki. Czujki płomienia mogą być używane w połączeniu z czujkami ciepła i dymu, ale nie zamiast nich [17].

Na projektowanym statku czujki płomienia BG-201 zastosowano w maszynowni oraz w pomieszczeniu agregatu awaryjnego.

Ręczny ostrzegacz pożarowy BF-300V2

Ręczny ostrzegacz pożarowy BF-300V2 jest przeznaczony do przekazywania informacji o pożarze do współpracującej centrali sygnalizacji pożarowej przez osobę, która zauważyła pożar. Stopień jego ochrony wynosi IP-44. Jest on wyposażony w funkcję autodiagnostyczną [16]. Ręczne ostrzegacze pożarowe tego typu są rozmieszczone na drogach ewakuacyjnych, przy każdym wyjściu na otwarte powietrze, które znajdują się nad pokładem głównym.

Ręczny ostrzegacz pożarowy BF-510 WPH

Ten ostrzegacz przeznaczony jest do montażu na zewnątrz, gdyż posiada wysoki stopień ochrony, tj. IP-55. Zaprojektowany został specjalnie do instalacji morskich. Ręczny ostrzegacz pożarowy również posiada funkcję autodiagnostyczną [16].

Ręczne ostrzegacze pożarowe tego typu są umieszczone przy każdym wyjściu, na drogach ewakuacyjnych, które znajdują się pod pokładem głównym, na pokładzie dziobowym i na linii dozorowej prowadzącej przez komin oraz w obszarach szczególnie zagrożonych pożarem, czyli w kuchni, w pomieszczeniu agregatu awaryjnego zgodnie z wymogami PRS [6].

4.3. Prowadzenie linii dozorowych i dobór przewodów

Na projektowanym statku dla zwiększenia bezpieczeństwa zastosowano kable ognioodporne bezhalogenowe. Mimo tego, że linie dozorowe są wykonane w pętli, to zastosowano wyższy standard niż wymagany przepisami i wykonano je jako kable ognioodporne.

Do zabezpieczenia statku przyjęto cztery linie dozorowe. Linia dozorowa nr 1 zabezpiecza mostek, pokład C, B oraz A. Linia dozorowa nr 2 poprowadzona jest przez pokład główny oraz komin. Linia dozorowa nr 3 zabezpiecza przedziały maszynowe, czyli całą przestrzeń znajdującą się pod pokładem głównym. Linia dozorowa nr 4 poprowadzona jest przez pokład dziobowy.

Linie dozorowe należy prowadzić kablem ognioodpornym CJ86/NC 2 × 1.5. Zasilanie do centrali sygnalizacji pożarowej poprowadzono przewodem elektroenergetycznym ognioodpornym CJ86/NC 3 × 1,5. Czarna skrzynka oraz panel informacyjny są połączone z centralą kablem komunikacyjnym ognioodpornym CHJP86/NC 2 × 2 × 1. Ponadto centrala łączy się z kolumną alarmową w maszynowni, ze statkowym systemem nagłaśniającym, z instalacją wykrywania dymu w ładowni, instalacją gaszenia mgłą wodną oraz z przyciskami zwalniającymi do drzwi przeciwpożarowych za pomocą kabla ognioodpornego CJ86/NC 2 × 1,5 [6, 14].

4.4. Lokalizacja centrali SSP

Centralę sygnalizacji pożarowej zaprojektowano na mostku. Pomieszczenie to jest dobrze oświetlone, wyciszone, a środowisko w nim panujące czyste, suche i jest chronione przez cztery optyczne czujki dymu BHH-200 oraz dwa ręczne ostrzegacze pożarowe BF-300V2. Na mostku zawsze znajduje się oficer wachtowy, który jest zobowiązany do obserwacji stanu centrali. Jest ona zainstalowana w widocznym, łatwo dostępnym miejscu, na wysokości umożliwiającej łatwą obsługę.

4.5. Warunki zasilania

Na statkach morskich zasilanie zasadniczo musi składać się z co najmniej dwóch źródeł energii elektrycznej do zasilania różnych urządzeń, m.in. instalacji wykrywania i sygnalizacji pożaru, z których jednym powinno być awaryjne źródło energii. Zasilanie powinno odbywać się oddzielnymi przewodami zasilającymi, które służą wyłącznie do tego celu. Przewody te powinny prowadzić do automatycznego przełącznika umieszczonego w centralce sygnalizacji pożarowej lub obok niej [3, 15].

Centralka SSP na opisywanym statku zasilana jest z szyny rozdzielnicy głównej statku, a w przypadku zaniku napięcia ze źródła głównego, automatycznie przełącza się na zasilanie awaryjne. Zapasowe źródło zasilania pochodzi z rozdzielnicy awaryjnej oraz może być dodatkowo zasilane przez baterię akumulatorów. Źródło

Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY)

zasilania na statkach towarowych pochodzące z baterii akumulatorów powinno być wystarczające do utrzymania działania instalacji wykrywania i alarmowania o pożarze w stanie pracy co najmniej 18 godz., po czym zasilanie to musi być wystarczające do zapewnienia alarmowania jeszcze przez co najmniej 30 min [3, 15].

Pojemność baterii zasilania rezerwowego obliczono wg wzoru:

$$Q_a = 1{,}25 \cdot (I_d \cdot 18 + I_a \cdot 0{,}5) \quad (1)$$

gdzie: 1,25 – współczynnik uwzględniający starzenie akumulatorów; I_d – prąd pobierany przez elementy systemu w stanie dozorowania [A]; I_a – prąd pobierany przez elementy systemu w stanie alarmowania [A]; 8 – wymagany czas zasilania rezerwowego [h]; 0,5 – wymagany czas alarmowania [h] [18].

W tabeli 4 zestawiono informację na temat poboru prądu przez poszczególne elementy SSP, konieczne do obliczenia minimalnej pojemności stosowanych akumulatorów.

Tab. 4. Zestawienie elementów systemu sygnalizacji pożarowej wraz z ich parametrami prądowymi

Element	**Liczba elementów**	**Prąd dozorowania [mA]**	**Prąd alarmowania [mA]**	**Suma prądu dozorowania [mA]**	**Suma prądu alarmowania [mA]**
Centrala BS-200M	1	200	310	200	310
Panel informacyjny BV-210	2	20	60	40	120
BUR 200 M	1	0	20	0	20
Czujka BHH-200	64	0,3	0	19,2	0
Czujka BDH-200	2	0,3	0	0,6	0
BD-200M	3	0,3	0	0,9	0
Bariera Ex BZ-500	2	50	50	100	100
ROP BF-300V2	14	0,3	0	4,2	0
ROP BF-510 WPH	10	0,3	0	3	0
Czujka płomienia BG-201	2	0,09	0	0,18	0
Trzymacz magnetyczny Autronica GPT	6	40	0	240	0
Suma	-	-	-	**608**	**550**

Źródło: opracowanie własne na podstawie [14]

$$Q_a = 1{,}25 \cdot \left(0{,}608 \cdot 18 + 0{,}550 \cdot 0{,}5\right) = 14{,}02 \text{ Ah}$$

W SSP jako zasilanie awaryjne zastosowano dwa akumulatory Fiamm FG21803 o łącznej pojemności 18 Ah.

5. Ogólna koncepcja działania systemu

Instalacja wykrywania pożaru może wysyłać sygnały i być połączona z innymi systemami bezpieczeństwa pożarowego, np. instalacją sygnalizacyjną i alarmowania, systemami powiadamiania, wyłącznikami wentylacji, drzwiami przeciwpożarowymi, klapami przeciwpożarowymi, stałą lokalną instalacją gaśniczą np. na mgłę wodną, instalacjami wykrywania dymu w ładowni, systemem oddymiania, oświetleniem dróg ewakuacji [5].

Na statku towarowym Regalica instalacja wykrywania pożaru jest podłączona do statkowego systemu nagłaśniającego – rozgłośnia dyspozycyjna, czyli *Public Address System*, który pełni rolę instalacji sygnalizacyjnej i alarmowania. Centrala sygnalizacji pożarowej steruje zamykaniem drzwi przeciwpożarowych. W dodatku instalacja wykrywania pożaru jest wykorzystywana do odbierania informacji od instalacji gaszenia mgłą wodną oraz instalacji wykrywczej dymu z ładowni. Wyżej wymienione instalacje współpracują z systemem sygnalizacji pożarowej, ale to osobne systemy ochrony przeciwpożarowej na statku morskim, które są oddzielnie projektowane.

Rozgłośnia dyspozycyjna na statku Regalica jest złożona z jednostki kontroli, mikrofonów, głośników, okablowania [15]. Zgodnie z zapisami Kodeksu FSS instalacja sygnalizacyjna i alarmowania nie muszą być częścią składową instalacji wykrywania pożaru [5]. Za zgodą Administracji morskiej można dopuścić użycie rozgłośni dyspozycyjnej do przekazania sygnalizacji alarmu ogólnego i alarmu pożarowego [6]. Jeśli alarm pożarowy jest nadawany przez rozgłośnię dyspozycyjną, to nie może on przeszkadzać nadawaniu alarmu ogólnego, który ma priorytet nadawania [15].

Celem alarmu pożarowego jest powiadomienie załogi o pożarze. Składa się on z dwóch krótkich i jednego długiego dźwięku [19]. Alarm pożarowy może być nadawany przez pożarowe urządzenia alarmowe lub statkowy system nagłaśniający. Można rozróżnić następujące sposoby uruchomienia tego alarmu: z panelu z mostka, przez naciśnięcie ręcznego ostrzegacza pożarowego lub automatycznie na skutek zadziałania czujki pożarowej. W przypadku naciśnięcia ROPa jest to alarmowanie jednostopniowe, czyli uruchomienie alarmu II stopnia głównego na całym statku. Z kolei zadziałanie czujki jest to alarmowanie dwustopniowe zwykłe. Aktywacja czujki wywołuje alarm wstępny (alarm I stopnia), sygnalizowany przez czas T1 – czas na zgłoszenie się oficera wachtowego kontrolującego centralę. Jeśli sygnały te nie zostaną potwierdzone w czasie T1, czyli 2 minut, wówczas centrala przechodzi w stan alarmu głównego (alarm II stopnia), a dźwiękowy alarm pożarowy powinien być automatycznie nadawany w pomieszczeniach mieszkalnych, służbowych, na stanowiskach dowodzenia oraz w pomieszczeniach maszynowych kategorii A. Zgłoszenie się obsługi i skasowanie sygnału dźwiękowego w centrali (potwierdzenie przyjęcia alarmu) rozpoczyna czas T2, czyli czas na rozpoznanie.

Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY)

Brak skasowania alarmu w czasie T2 uruchamia alarm II stopnia (alarm główny) [6, 14, 20].

W przypadku wejścia centrali w stan alarmowania centrala BS-200M pozwala na przesłanie sygnałów alarmowych do czarnej skrzynki (VDR), do panelów alarmowych na mostku i w centrali kontrolno-manewrowej oraz do kolumny alarmowej w maszynowni, co daje możliwość podjęcia natychmiastowych działań na wypadek pożaru [14].

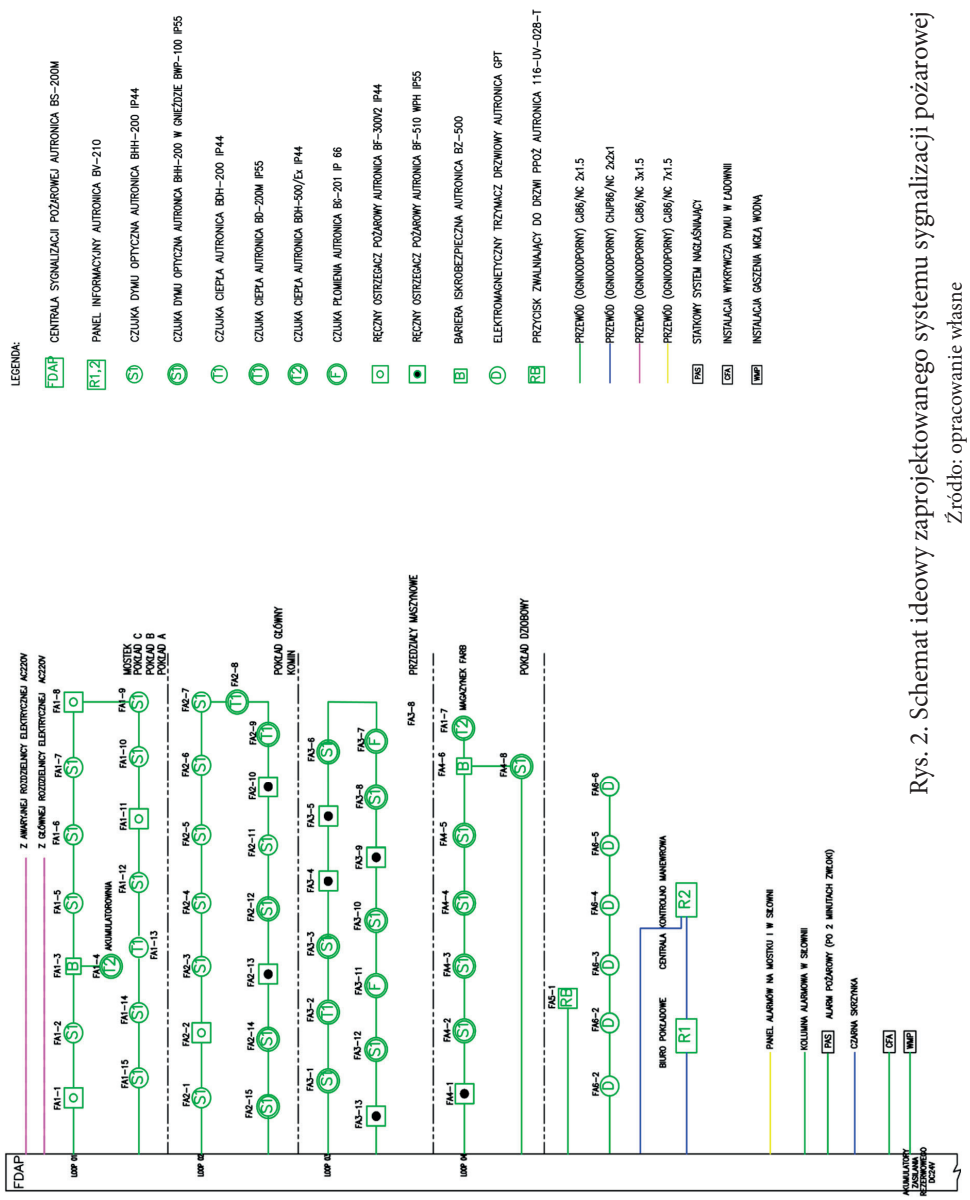
Instalacja wodno-mgłowa na statku Regalica jest przeznaczona do gaszenia pożaru wybranych części wyposażenia w maszynowni. System gaszenia mgłą (typu „*deluge*") jest podzielony na sześć sekcji, które obejmują swoim działaniem następujące przestrzenie w maszynowni: silnik główny, trzy agregaty prądotwórcze, kocioł, pomieszczenie wirówek. W systemie „*deluge*" są stosowane otwarte dysze mgłowe, a instalacja jest aktywowana przez system detekcji lub manualnie [13, 21].

Czujki płomienia i dymu nad przestrzeniami chronionymi przez instalacje mgły wodnej są umieszczone na linii dozorowej, która jest bezpośrednio podłączona do centrali systemu gaszenia, oraz są ustawione na alarmowanie dwustopniowe z koincydencją dwuostrzegaczową. Aktywowanie dwóch czujek (płomieniowej i dymu) sygnalizowane na panelu centrali systemu gaszenia generuje sygnał dźwiękowy w rejonie chronionym przez system (w tej samej sekcji), powodując jego automatyczne uruchomienie. System gaszenia może też zostać włączony lokalnie poprzez użycie ręcznego przycisku startu gaszenia oraz można uruchomić zdalnie z panelu sterowania instalacją mgły wodnej, a w awaryjnych sytuacjach ręcznie. W momencie aktywacji systemu mgły wodnej automatycznie uruchamiają się sygnalizatory dźwiękowe i świetlne w chronionym pomieszczeniu [13, 21].

Instalacja wykrywania dymu w ładowni na statku Regalica składa się z rurociągów zasysających, z centralki sygnalizacji dymu oraz z zespołu dwóch wentylatorów wyciągowych działających na przemian. Na statku Regalica system wykrywania dymu w ładowniach jest połączony ze stałą instalacją gaśniczą na dwutlenek węgla dla ładowni. Gdy dym zostanie wykryty, wentylatory zatrzymane, a ładownia zamknięta, działanie trójdrożnego zaworu umieszczonego w pomieszczeniu z butlami CO_2 izoluje linię próbkowania dymu od szafki kontrolnej oraz wentylatorów i podłącza rurociąg do stałego systemu gaszenia gazem. Rurociąg zasysający, przez który pobierane są próbki powietrza, staje się wówczas rurociągiem do podania środka gaśniczego do ładowni, a miejsce gromadzenia dymu będzie dyszą wpuszczającą dwutlenek węgla. Podanie dwutlenku węgla do gaszenia ładowni odbywa się ręcznie przez otwarcie właściwej liczby butli z gazem [13, 21].

Drzwi przeciwpożarowe na badanym statku utrzymywane są w położeniu otwartym za pomocą zamków elektromagnetycznych, a w przypadku pożaru są zamykane przez centralę sygnalizacji pożarowej.

Schemat jednokreskowy koncepcji ochrony przeciwpożarowej stanowi rys. 2.



Rys. 2. Schemat ideowy zaprojektowanego systemu sygnalizacji pożarowej

Źródło: opracowanie własne

Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY)

6. Wnioski i dyskusja

Na podstawie przygotowanej Koncepcji ochrony przeciwpożarowej w zakresie systemu sygnalizacji pożarowej na statku morskim towarowym Regalica można sformułować następujące wnioski:

1. Przy projektowaniu systemu sygnalizacji pożarowej na statku morskim korzysta się z przepisów i wymagań danego towarzystwa klasyfikacyjnego, które są opracowane na podstawie przepisów międzynarodowych takich jak Konwencja SOLAS i Kodeks FSS. Ponadto mają zastosowanie normy EN 54 oraz IEC 60092-504:16. Na statkach pływających pod banderą UE obowiązują wymagania związane z dyrektywą UE 2021/1158.

2. Rozwój technologiczny sprawia, że urządzenia związane z ochroną przeciwpożarową, w tym również instalacje wykrywania i sygnalizacji pożaru, są stale udoskonalane w celu zminimalizowania ryzyka powstania pożaru oraz zwiększenia bezpieczeństwa w razie jego wystąpienia. Na obecnie budowanych statkach montuje się nowoczesne instalacje wykrywania typu adresowalnego. Instalacja wykrywania pożaru typu konwencjonalnego jest tańsza, ale mniej bezpieczna i obecnie jest spotykana na starszych statkach. W dodatku na statkach starszego typu zamiast statkowego systemu nagłaśniającego stosowano pożarowe urządzenia alarmowe (sygnalizatory akustyczne), które również są tańsze, ale mniej funkcjonalne. Rozgłośnia dyspozycyjna jest osobnym systemem, który oprócz spełniania swojej głównej funkcji, czyli ogłaszania alarmu ogólnego, jest wykorzystywana do nadawania alarmu pożarowego.

3. W projekcie wykorzystano centrale sygnalizacji pożarowej typu analogowego, która jest droższa, ale przy jej pomocy można podjąć wcześniej, szybciej i efektywniej akcję oraz skuteczniej zlokalizować pożar. Ponadto w projekcie wykorzystano statkowy system nagłaśniający jako instalacje alarmowania. Zastosowano osobno centralę systemu gaszenia, w skład której wchodzi linia dozorowa, na której są umieszczone czujki płomienia i dymu ustawione na alarmowanie dwustopniowe z koincydencją dwuostrzegaczową.

4. Istotną kwestią są różnice w zakresie certyfikacji wyposażenia przeciwpożarowego instalowanego na statkach w porównaniu z wyposażaniem, które jest stosowane na lądzie. Różnice te wynikają ze specyfikacji transportu morskiego. Statki morskie, pływając po całym świecie, muszą spełniać nie tylko wymagania europejskie czy państwa bandery, pod jaką pływają, ale również być zgodne z przepisami międzynarodowymi. Urządzenia przeciwpożarowe i sprzęt pożarniczy, który może być sprzedawany na terenie całej Europy, jest oznaczany przez znak koła sterowego na wyposażeniu morskim, a znakiem zgodności CE dla wyrobów budowlanych stosowanych na lądzie. Jednak w praktyce producenci wyrobów związanych z ochroną przeciwpożarową mają produkty, które jednocześnie posiadają certyfikaty zgodne z wymogami morskimi, jak i lądowymi. Należy jednak

mieć świadomość, że nie zawsze tak jest, gdyż oba te sektory mają inne normy, próby oraz inna jest metodyka badań. Wymagania odnoszące się do wyrobów budowlanych są zapisane w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG (rozporządzenie CPR).

References/Bibliografia

1. Grzywaczewski Z., Popielawski T., Załęcki S., *Szkolenie przeciwpożarowe marynarzy Polskiej Marynarki Handlowej: podręcznik dla wykładowców – III oficerów*, Gdańsk 1981.
2. Grzywaczewski Z., Plewa H., Popielawski T., Załęcki S., *Walka z pożarami na statkach*, Gdańsk 1982.
3. Międzynarodowa Konwencja o bezpieczeństwie życia na morzu, PRS, Gdańsk 2015.
4. IEC 60092-504:2016 Electrical installations in ships – Part 504: Automation, control and instrumentation.
5. International Code for Fire Safety Systems, IMO Publishing 2015.
6. Przepisy klasyfikacji i budowy statków morskich, część VIII – Instalacje elektryczne i systemy sterowania, Polski Rejestr Statków, Gdynia 2021.
7. Przepisy nadzoru konwencyjnego statków morskich, część I – Zasady nadzoru, Polski Rejestr Statków, Gdynia 2021.
8. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/90/UE z 23 lipca 2014 r. w sprawie wyposażenia morskiego i uchylająca dyrektywę Rady 96/98/W.
9. Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2021/1158 z 22 czerwca 2021 r. w sprawie wymogów w zakresie projektu, budowy i działania oraz norm dotyczących badań dla wyposażenia morskiego i uchylające rozporządzenie wykonawcze (UE) 2020/1170.
10. Zasady działalności nadzorczej, Polski Rejestr Statków, Gdynia 2021.
11. Publikacja nr 5/I wytyczne do przeprowadzania okresowych przeglądów klasyfikacyjnych elektrycznych urządzeń przeciwwybuchowych na statkach w eksploatacji innych niż tankowce oraz na tankowcach, Polski Rejestr Statków, Gdynia 2016.
12. PN-EN 60332-1-2:2010 Badania palności kabli i przewodów elektrycznych oraz światłowodowych Część 1–2: Sprawdzanie odporności pojedynczego izolowanego przewodu lub kabla na pionowe rozprzestrzenianie się płomienia – Metoda badania płomieniem mieszankowym 1 kW.
13. Dokumentacja techniczna statku Regalica.
14. Instrukcja obsługi centrali sygnalizacji pożarowej, Autronica BS-200M.
15. Przepisy klasyfikacji i budowy statków morskich, część V – Ochrona przeciwpożarowa, Polski Rejestr Statków, Gdynia 2021.
16. Karty katalogowe czujek dymu BHH-200; czujek ciepła typu: BDH-200, BD 200M, BDH-500/Ex; czujek płomienia BG-201; ręczne ostrzegacze pożarowe BF-300V2, BF-510WPH.
17. Markowski W., *Czułość czujek pożarowych cz. I*, „Systemy Alarmowe" 2008, nr 3, s. 60.

Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY)

18. PN-EN 50131-6:2017-12 Systemy alarmowe – Systemy sygnalizacji włamania i napadu – Część 6: Zasilacze.
19. Rezolucja A.1021/26 , Code on alarms and indicator, IMO 2009.
20. Wnęk W., *Instalacje sygnalizacji pożarowej. Wstęp do projektowania*, „Systemy Alarmowe" 2012, nr 5, s. 4–5.
21. Więckiewicz W., *Instalacje kadłubowe statków morskich, Budowa i teoria okrętu zeszyt tematyczny*, Gdynia 2008.