

Piotr Bojarski

Akademia Morska w Gdyni

MORSKIE I LOTNICZE RADIOWE SYSTEMY ALARMOWANIA – MOŻLIWOŚCI WSPÓŁPRACY

Powtarzające się w ostatnim okresie, szczególnie na przestrzeni ostatniego roku, katastrofy morskie i lotnicze skłaniają do przeanalizowania po raz kolejny funkcjonowania i skuteczności technicznych systemów i urządzeń, których zadaniem w obu służbach (morskiej i lotniczej) jest możliwie niezawodne sygnalizowanie zagrożenia, w jakim znalazł się statek morski lub powietrzny, i automatyczne przekazywanie danych, umożliwiających dokładną lokalizację miejsca wypadku. W artykule wskazano techniczne i organizacyjne ograniczenia możliwości skutecznej współpracy tych służb ratowniczych. Zaproponowano zmiany techniczne podnoszące, zdaniem autora, efektywność lokalizacji miejsca wypadku (szczególnie lotniczego) oraz sformułowano wnioski dotyczące możliwości rozszerzenia współpracy obu służb radiokomunikacyjnych w sytuacjach alarmowych.

Słowa kluczowe: radiokomunikacja morska i lotnicza, radiokomunikacja w niebezpieczeństwie, alarmowanie w systemach radiowych.

WSTĘP

Lotnictwo i żegluga morska stanowią dwie dziedziny ludzkiej działalności, w których łączność radiowa odgrywa szczególną rolę. O znaczeniu sprawnej i skutecznej łączności w obu przypadkach nie trzeba nikogo przekonywać. Wyjątkowej wagi nabiera ona w sytuacjach awarii i zagrożenia zarówno statku powietrznego, jak i morskiego. W przypadku konieczności niesienia pomocy jednostce w niebezpieczeństwie dwie sprawy są szczególnie ważne. Jest to możliwie szybkie i niezawodne przekazanie informacji o zagrożeniu oraz dokładne określenie miejsca wypadku i przekazanie tej informacji służbom ratowniczym. Wypadki lotnicze i katastrofy morskie, do których doszło w roku 2014 i na początku roku 2015, skłaniają do ich przeanalizowania, nie tylko ze względu na znaczną liczbę ofiar, ale też z uwagi na ich przebieg i okoliczności techniczne oraz organizację akcji poszukiwawczych. Jak wiadomo, miejsca katastrofy samolotu malezyjskich linii lotniczych na Oceanie Indyjskim nie udało się ustalić, a na wrak statku, który zatonął u północnych wybrzeży Anglii, natrafiły przepływające jednostki, bez alarmu ze strony służb ratowniczych. Oba przywołane przypadki, ale nie tylko one, skłaniają do refleksji nad niską skutecznością stosowanych wspólnie radiowych systemów alarmowania i lokalizacji katastrof lotniczych i morskich.

Rozwój technologii i techniki elektronicznej i informatycznej, obserwowany od ponad dwudziestu lat, szczególnie w odniesieniu do zastosowań lądowych, tworzy wrażenie prawie nieograniczonego dostępu do potrzebnych informacji i możliwości ich natychmiastowej transmisji, bez względu na warunki. Przeświadczenie to, jak pokazuje praktyka, w wielu przypadkach jest błędne. Dziwi to szczególnie w odniesieniu do systemów i służb profesjonalnych, jakimi w powszechnym odczuciu powinny być służby ratownicze lotnicze i morskie oraz stosowane przez nie rozwiązania.

Ze względu na odmienny zakres funkcjonowania transportu morskiego i lotniczego, spróbowano znaleźć w artykule obszar wspólny, w którym współdziałanie służb ratowniczych, ale i statków morskich i powietrznych bezpośrednio, byłoby korzystne. W wielu miejscach na świecie trasy przelotu lotnictwa komunikacyjnego pokrywają się z obszarami intensywnego ruchu w żegludze oceanicznej. Przy odpowiednich decyzjach w zakresie technicznym i organizacyjnym daje to, zdaniem autora, możliwość zwiększenia skuteczności alarmowania i prowadzenia akcji ratowniczych w sytuacjach zagrożenia tak na morzu, jak i w powietrzu nad obszarami oceanicznymi.

1. PROCEDURY ALARMOWANIA W WARUNKACH LOTNICZYCH I MORSKICH

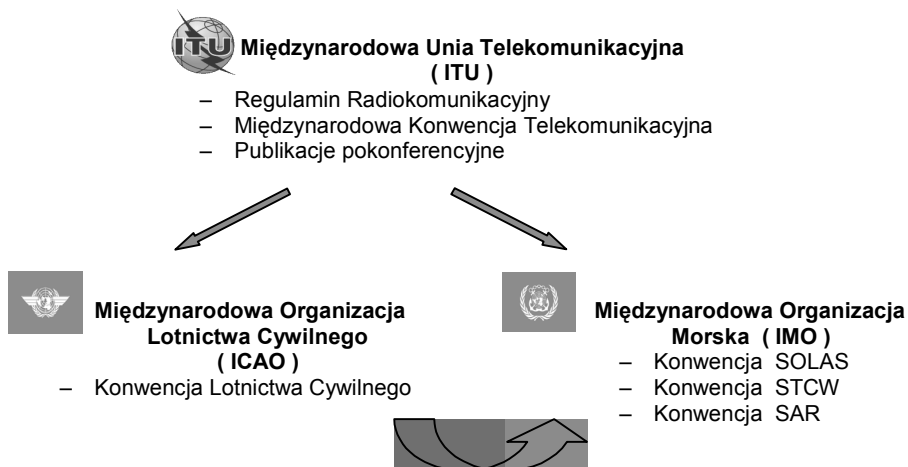
Międzynarodowa Unia Telekomunikacyjna (ITU) rozdzieliła zakres odpowiedzialności za decyzje techniczne i proceduralne w radiokomunikacyjnej służbie morskiej i lotniczej (również w zakresie alarmowania i łączności w niebezpieczeństwie) pomiędzy dwie wyspecjalizowane organizacje :

- Międzynarodową Organizację Morską (IMO);
- Międzynarodową Organizację Lotnictwa Cywilnego (ICAO).

Organizacje te, wraz z administracjami państw krajów członkowskich oraz specjalistycznymi placówkami naukowymi, opracowują zalecenia i wytyczne mające służyć rozwojowi, współpracy oraz bezpiecznemu funkcjonowaniu w zakresie radiokomunikacji w transporcie morskim i lotniczym.

Jak wynika ze struktury organizacyjnej współpracy międzynarodowej (rys. 1), rzeczywisty obszar kontaktów jest ograniczony do bezpośredniej organizacji akcji ratowniczych i poszukiwawczych (SAR) na morzu z użyciem samolotów. Stan ten jest rezultatem wielu lat niezależnego rozwoju obu tych dziedzin radiokomunikacji, odmiennych potrzeb komunikacji eksploatacyjnej oraz ograniczonych możliwości tradycyjnej techniki (analogowa transmisja sygnałów, przydział pasm częstotliwości). Nie ma więc aktualnie ani procedur ani technicznych możliwości odbioru wzajemnego lub retransmisji alarmów, wysyłanych w obu systemach radiowych. Algorytmy alarmowania, stosowane w łączności lotniczej, zakładają wysyłanie sygnałów alarmowych przez samolot w niebezpieczeństwie w pasmach VHF i/lub IF/HF do stacji naziemnych, na częstotliwościach komunikacyjnych, zależnie od obszaru i pułapu przelotu. Wywołanie jest realizowane w trybie ręcznym.

Alarmowanie w trybie automatycznym w radiokomunikacji lotniczej uruchamiane jest właściwie po zaistnieniu katastrofy i rozbiciu się samolotu. Służy jedynie sprawnej lokalizacji miejsca i przyspiesza dotarcie ekip ratowniczych w rejon wypadku. Mimo wykorzystywania w tej procedurze urządzeń ELT (*Emergency Locator Transmitter*), współpracujących z systemem satelitarnym COSPAS-SARSAT, jej efektywność przy wypadkach nad obszarami oceanicznymi wydaje się zbyt mała, o czym świadczą towarzyszące wypadkom lotniczym informacje o problemach z lokalizacją miejsca katastrofy.



SOLAS – *Convention for the Safety of Life at Sea*,

STCW – *Convention on Standards of Training Certification and Watchkeeping for Seafarers*,

SAR – *Convention on Maritime Search and Rescue*,

IAMSAR – *International Aeronautical and Maritime Search and Rescue*

Rys. 1. Hierarchia organizacji międzynarodowych i dokumenty warunkujące techniczne możliwości i procedury organizacji łączności w morskiej i lotniczej służbie radiokomunikacyjnej

Fig. 1. *The hierarchy of international organizations and documents affecting technical capabilities and the procedures for organization of communication in maritime and air radio services*

Zasadniczą zmianę w kierunku automatyzacji procedur i pracy urządzeń alarmowania w niebezpieczeństwie przeszła radiokomunikacja morska, wraz z wprowadzeniem od roku 1999 systemu GMDSS. Umożliwia on zagrożonemu statkowi morskiemu wysłanie w trybie automatycznym sygnałów alarmowych niezależnymi systemami radiowymi na kilka sposobów. Jednak żadna z procedur alarmowania na morzu nie przewiduje współpracy z radiokomunikacją lotniczą.

Należy zaznaczyć, że bolączką obu systemów alarmowania, chociaż wynikającą z różnych przyczyn, jest znaczna liczba tzw. fałszywych alarmów (w systemach morskich ponad 40%). Są one rezultatem zarówno błędów operatorów, jak i zawodnej techniki, niemniej świadczą o niedoskonałości stosowanych rozwiązań.

2. UWARUNKOWANIA TECHNICZNE OBU SŁUŻB RADIOWYCH

Obie służby komunikacyjne, korzystając z formalnie identycznych systemów radiowych (radiotelefony ultrakrótkofalowa, krótkofalowa SSB, satelitarna, system selektywnego wywołania), różnią się nie tylko zakresami wykorzystywanych częstotliwości (tab. 1), ale też stosowanymi modulacjami (w zakresie VHF) czy algorytmami pracy (DSC i SELCAL).

Współczesny morski system radiotelefonii VHF wykorzystuje emisję F3E i pracuje w zakresie częstotliwości wskazanych w tabeli 1. Po wielu latach prób uruchomiono w tym zakresie system DSC (*Digital Selective Calling*), bez którego nie można by zrealizować założeń automatyzacji wywołań alarmowych i rutynowych w systemie GMDSS.

Tabela 1. Pasma częstotliwości przydzielone morskiej i lotniczej służbie radiokomunikacyjnej do celów łączności fonicznej i najważniejsze częstotliwości robocze (RR)

Table 1. Frequency band for maritime and air radio communications for voice and the main working frequency [RR]

Pasma	Służby morskie		Służby lotnicze	
	zakres	częstotliwości charakterystyczne	zakres	częstotliwości charakterystyczne
VHF MHz	156–174 F3E	156,300 (CH 6) 156,525 (CH 70) 156,650 (CH 13) 156,800 (CH 16)	118–137 A3E	121,50 123,10 156,30 (CH 6)
T–IF kHz	1605–4000 J3E	2177,00 2182,00 4125,00	2800–4000 J3E	2182,00 3023,00
U–HF kHz	4000–27 500 J3E	wg potrzeby	4000–22 000 J3E	5680,00 6215,00

W stosunku do radiokomunikacji lotniczej istnieją tu dwie istotne bariery. W służbie lotniczej w paśmie VHF stosowana jest modulacja A3E, a selektywne wywołanie (SELCAL – *Selective Calling*) jest rozwiązaniem analogowym, bazuje na częstotliwościowym kodzie identyfikacji użytkowników i umożliwia jedynie wywołanie w kierunku ziemia – samolot, bez możliwości automatycznego potwierdzenia odbioru. W efekcie nie daje możliwości połączenia między operatorami obu służb. Jedynie wyposażenie samolotów w urządzenia dysponujące kanałem CH 6 (156,3 MHz), według przydziału dla służby morskiej, pozwala na prowadzenie korespondencji w warunkach akcji SAR. Problemy takie, jak wykorzystywanie innych częstotliwości czy rodzaj wykorzystywanego systemu selektywnego wywołania, można rozwiązać w trybie administracyjnym.

Zagadnieniem dużo istotniejszym jest konieczność ujednoczenia, stosowanej w obu służbach, techniki modulacji. Używanie w służbie lotniczej modulacji

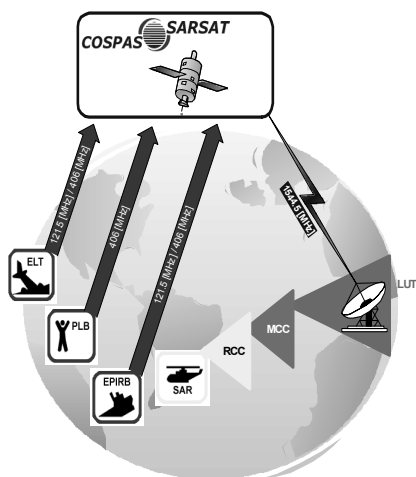
amplitudy wynika z odczuwalnego, przy szybkości poruszania się samolotu, wpływu efektu Dopplera. Powstający błąd częstotliwości odbieranej jest zależny od prędkości poruszania się samolotu, a jego wielkość w istotny sposób ogranicza poprawną pracę systemu, wykorzystującego analogową modulację częstotliwości. Przykładowe wielkości powstającego błędu częstotliwości ilustruje poniższe zestawienie (tab. 2).

Tabela 2. Przykładowe wielkości powstającego błędu częstotliwości

Table 2. Sample frequency error in Doppler effect

Prędkość samolotu [km/h]	Błąd f [Hz]
350	40
760	86,5
900	102,5

Przy prędkości przekraczającej prędkość dźwięku 1,5 razy, błąd częstotliwości wynosi ponad 200 Hz. W tych warunkach rozwiązaniem jest użycie modulacji cyfrowych z pakietową transmisją informacji, jak to ma miejsce w systemie satelitarzym INMARSAT standardu C czy w DSC (niewykorzystywanym w lotnictwie). Porównując, w krótkim zestawieniu, techniczne warunki pracy systemów radiowych w lotnictwie i żegludze morskiej, należy zwrócić uwagę na wykorzystanie systemu satelitarznego COSPAS-SARSAT. Umożliwiający lokalizację miejsca katastrofy system znalazł zastosowanie zarówno w warunkach morskich, lądowych, jak i w lotnictwie (rys. 2).



- LUT – Local User Terminal (lokalna stacja użytkownika COSPAS-SARSAT)
- NCC – Network Coordination Centre (stacja koordynująca oceaniczny obszar INMARSAT)
- RCC – Rescue Coordination Centre (centrum koordynacji ratownictwa)
- SAR – Search and Rescue (lokalne centrum poszukiwań i ratownictwa)

Rys. 2. Schemat organizacyjny alarmowania w systemie COSPAS-SARSAT w zastosowaniu lotniczym, lądowym i morskim [1]

Fig. 2. Scheme alert in the COSPAS-SARSAT system the use of air, land and sea communication [1]

Jednak charakter jego wykorzystania jest zdecydowanie różny. Morskie urządzenie sygnalizacyjne (radiopława EPIRB 406) może być uaktywnione ręcznie lub automatycznie (w przypadku zatonięcia statku), a jego praca może być w wielu przypadkach nadzorowana przez operatora, z wyłączeniem w przypadku zażegnania niebezpieczeństwa włącznie. Pozwala to na wykorzystanie radiopławy nie tylko do sygnalizacji (lokalizacji) miejsca katastrofy, ale również do wzywania pomocy w sytuacji zagrożenia na morzu. W systemie lotniczym urządzenie sygnalizacyjne (ELT – *Emergency Locator Transmitter*) pozwala jedynie zlokalizować miejsce katastrofy. Zastosowany mechanizm aktywacji ELT (układ grawitacyjny) uruchamia nadajnik w przypadku przeciążenia przy silnym uderzeniu, którego, z oczywistych względów, nie wytrzymała konstrukcja samolotu. Uruchomienie sygnalizacji ma tu więc zupełnie inny charakter niż na statku.

Wskazane różnice techniczne i eksploatacyjne, przy jednoczesnym braku silnego czynnika, skłaniającego do zapewnienia współpracy służb radiowych lotniczej i morskiej spowodowały, że przez lata rozwoju nie opracowano sposobu współpracy omawianych systemów radiokomunikacyjnych ani w zakresie technicznym, ani organizacyjnym.

3. OCENA MOŻLIWOŚCI WSPÓŁPRACY I PROPOZYCJE ZMIAN

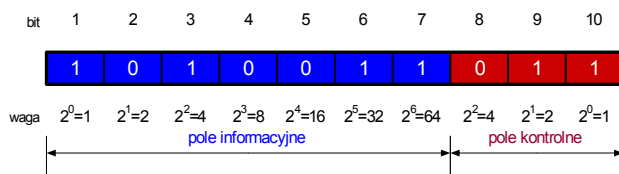
Doświadczenia techniczne i organizacyjne, zdobyte w okresie kilkunastu lat eksploatacji systemu GMDSS, a także prace prowadzone nad modernizacją radiokomunikacji lotniczej, wydają się dobrym momentem dla analizy warunków współpracy obu służb w szerszym zakresie niż okazjonalna współpraca w poszukiwawczych akcjach SAR. Również przebiegi akcji poszukiwawczych i ratowniczych w przypadkach katastrof lotniczych nad obszarami morskimi i katastrof w żegludzie morskiej (w mniejszym stopniu) pozwalają przewidywać większą ich skuteczność w przypadku zwiększenia liczby stacji radiowych, przygotowanych do odbioru sygnałów alarmowych, szczególnie wysyłanych w trybie automatycznym.

Możliwość taką daje, zdaniem autora, modyfikacja używanego w służbie morskiej systemu DSC, który szczególnie w paśmie VHF potwierdził wielokrotnie swoją skuteczność. Urządzenia tego systemu, zwłaszcza w zakresie alarmowania, zapewniają wygodę i szybkość obsługi, bez dodatkowych regulacji, co w przypadku samolotu ma szczególne znaczenie. Nadajnik DSC pozwala na natychmiastowe wysłanie sygnału alarmowego, zawierającego podstawowe, niezbędne dane, takie jak: pełna identyfikacja stacji nadającej, aktualna pozycja i czas jej aktualizacji oraz przyczyna alarmu (jeżeli zostanie wprowadzona przez operatora).

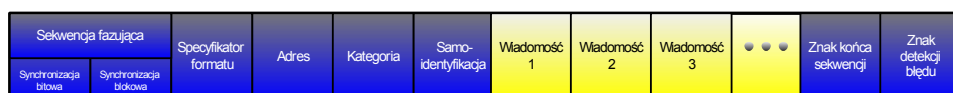
Istotną właściwością systemu jest automatyczny odbiór alarmu przez wszystkie stacje radiowe, znajdujące się w zasięgu stacji alarmującej, także możliwość automatycznego potwierdzenia przez stację współpracującą odebranego alarmu oraz łatwość retransmisji odebranej informacji (tzw. *Mayday Relay*) do centrum poszukiwań i ratownictwa (SAR).

Strukturę informacji i sposób jej kodowania w pakiecie wywoławczym systemu DSC w wersji morskiej, przedstawiono na rysunku 3.

Przykład ciągu kodowego



Ogólny schemat sekwencji wywoławczej



Rys. 3. Przykład 10-bitowego ciągu kodowego, stosowanego w DSC oraz ogólny format sekwencji wywoławczej w aplikacji morskiej [5]

Fig. 3. An example for the 10-bits code used in the DSC and general format of the call sequence in maritime radio

W przypadku adaptacji systemu dla służby lotniczej należy dostosować zawartość sekwencji wywoławczej do jej wymagań, ale stanowi to jedynie modyfikację w zakresie oprogramowania systemu. Jeżeli założyć konieczność rozdzielenia organizacyjnego służby morskiej i lotniczej przez realizację alarmowania w różnych kanałach pasma VHF (w służbie morskiej CH 70), to skuteczny odbiór wywołań wzajemnie przez statki powietrzne i morskie można zrealizować techniką podwójnego nasłuchu, stosowaną w radiotelefonach typowo morskich. Jednocześnie należy zwrócić uwagę na fakt, że zastosowanie w proponowanym charakterze systemu DSC nie wymaga zmiany przydziału częstotliwości przeznaczonych do korespondencji w niebezpieczeństwie w obu służbach.

Drugim elementem, w którym należy poszukiwać poprawy skuteczności alarmowania w obu służbach, jest wspomniany już system COSPAS-SARSAT, wykorzystujący nadajniki alarmowe PLB, ELT i EPIRB (różnie nazywane w różnych zastosowaniach). Przeznaczeniem tych urządzeń jest automatyczna transmisja sygnału alarmowego i umożliwienie określenia miejsca katastrofy. Doświadczenie wykorzystania ich w warunkach morskich wskazuje na dużą skuteczność systemu.

Uzupełnienie konstrukcji radiopław morskich o wbudowany odbiornik GPS zdecydowanie poprawiło precyzję wskazania pozycji, z ok. 3,5 mili morskiej na podstawie efektu Dopplera do paru kabli przy wykorzystaniu odbiornika GPS.

W świetle powyższych obserwacji wydaje się celowe zdecydowane wprowadzenie podobnych rozwiązań w alarmowych systemach lotniczych dla samolotów przelatujących nad rozległymi obszarami morskimi. Szczęólnego znaczenia w takim zastosowaniu nabiera wymóg automatycznego uwalniania się i pływalności takiego nadajnika – radiopławy.

Zaznaczyć należy, że od roku 2002 ICAO wprowadziła zalecenie wyposażenia samolotów w urządzenia ELT współpracujące z systemem COSPAS-SARSAT, ale doświadczenie wypadków lotniczych z ostatniego okresu wskazuje na małą skuteczność stosowanych rozwiązań w omawianych warunkach. W propozycji wykorzystania systemu radiopław do sygnalizacji w lotnictwie, należałoby, zdaniem autora, uwzględnić kilka dodatkowych elementów technicznych, wynikających z doświadczeń na morzu. Poza wspomnianym automatycznym uwalnianiem się i pływalnością nadajnika dla wcześniejszego i skuteczniejszego sygnalizowania awarii wydaje się przydatna możliwość ręcznej aktywacji urządzenia przez pilota. Takie rozwiązanie umożliwiłoby uruchamianie sygnału alarmowego, odbieranego przez system satelitarny z dużą skutecznością jeszcze przed rozbiciem się samolotu.

Rozwój technicznych środków automatycznego wysyłania i odbioru radiowych sygnałów alarmowych wskazuje, że przy współpracy specjalistów z obu dziedzin radiokomunikacji istnieje możliwość opracowania systemu alarmowego znacznie skuteczniejszego od aktualnie stosowanych rozwiązań.

PODSUMOWANIE

Koncepcja umożliwienia współpracy w zakresie alarmowania w niebezpieczeństwie morskiej i lotniczej służby radiowej powstała w wyniku powtarzających się sytuacji nieodnalezienia lub zbyt późnego odnalezienia statku morskiego lub samolotu, który uległ katastrofie w obszarach morskich, chociaż takie sytuacje zdarzają się w lotnictwie również nad lądem. Rozszerzenie wykorzystania automatycznego alarmowania w paśmie VHF przy użyciu DSC, przez udział samolotów komunikacyjnych, znacznie zwiększa zasięg wywołań w tym paśmie ze względu na pułap przelotu samolotów. Podniosłoby to skuteczność wywołań alarmowych statków przy użyciu najprostszego (i najtańszego) systemu komunikacji na morzu, dotychczas używanego obowiązkowo w obszarze A1.

W przypadku lotnictwa korzyść polegałaby na możliwości retransmisji alarmów przez stacje statkowe, które dysponują skutecznymi systemami radiokomunikacyjnymi o zasięgu globalnym. Natomiast opracowanie lotniczej radiopławy współpracującej z systemem COSPAS-SARSAT, która uruchamiałaby się skutecznie zarówno w przypadku rozbicia się samolotu na lądzie, jak i na morzu, powinno być oczywistym wynikiem prac podejmowanych przez ICAO nad modernizacją lotniczych systemów radiowych. Nowym (30 maja 2015 r.), spektakularnym przykładem skuteczności alarmowania w tym systemie jest akcja ratunkowa jachtu *Down North*, podjęta w wyniku odebrania alarmu automatycznie nadanego przez radiopławę EPIRB 406 już po zatonięciu jednostki. Wydaje się, że przypadki zaginięcia bez śladu statków powietrznych i morskich w niedługim czasie mogą odejść w przeszłość.

LITERATURA

1. *Admiralty List of Radio Signals (GMDSS)*, vol. 5, UK Hydrographic Office, London 2012/2013.
2. Polak Z., Rypulak A., *Awionika, przyrządy i systemy pokładowe*, Instytut Technologii Eksploatacji, Radom 2002.
3. *Radiooperator w Radiowej Służbie Lotniczej. Materiały szkoleniowe dla operatorów w służbie lotniczej*, PAR, Warszawa 2000.
4. *Regulamin Radiokomunikacyjny* – ITU, Genewa 2012.
5. *System GMDSS regulaminy, procedury i obsługa*, praca zbiorowa, Skryba, Gdańsk 2000.

THE MARITIME AND AIR RADIO ALARM SYSTEMS – POSSIBILITIES FOR COOPERATION

Summary

In the article they presented possibilities and conditions for cooperation the maritime and air radio alarm systems. Restrictions of this cooperation were discussed and a possibility was shown improvement in the effectiveness of joint actions.

Keywords: *marine and air radiocommunication, radiocommunication in danger, alarm in radiosystems.*