ZESZYTY POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2005
Seria: TRANSPORT z. 58 Nr kol. 1688

Jacek FRYDECKI[1], Adam WOLSKI[2], Ewa ABRAMOWSKA[3]

BEZPIECZEŃSTWO TRANSPORTU ŁADUNKÓW RADIOAKTYWNYCH DROGĄ MORSKĄ

Streszczenie. W artykule autorzy przedstawiają głównie problemy związane z bezpiecznym transportem ładunków radioaktywnych drogą morską w oparciu o Konwencję MARPOL 73/74 i SOLAS 74 oraz kodeksy IMGD i INF. Opisano zalecane procedury eksploatacyjne, typy stosowanych opakowań oraz budowę i wyposażenie statków INF.

SAFETY OF SEABORNE RADIOACTIVE CARGO

Summary. The authors discuss basic problems connected with the safe transportation of radioactive cargo carried by sea in respect of the MARPOL 73/74 and SOLAS 74 Conventions and the IMDG and INF Codes. The recommended operating procedures are described as well as types of packages in use and the construction and equipment of INF ships.

1. WPROWADZENIE

W ciągu ostatnich czterech lat w porcie szczecińskim obsłużono pięć transportów ładunków radioaktywnych w relacji bezpośredniej – paliwo dla reaktorów jądrowych. I tak specjalistyczne statki z pojemnikami zawierającymi paliwo jądrowe zacumowały przy jednym z licznych portowych nabrzeży, kolejno w dniach: 20 kwietnia 2001 r. – m/v „ANDROMEDA", 22 listopada 2001 r. – m/v „CAPRICORN", 13 sierpnia 2003 r. – m/v „ATLANTIC OSPREY", 02 maja 2004 r. – m/v „SWAN", 16 stycznia 2005 r. – m/v „ATLANTIC OSPREY". Całość przeładowanego paliwa była przeznaczona dla elektrowni atomowej w Temelinie (Czechy); w przyszłości planowane są następne tego typu transporty.

Źródłem paliwa do reaktorów jądrowych są przeważnie dwie rudy uranowe, tzn.: dwutlenek uranu UO_2, o nazwie blenda uranowa oraz uranylo-wanadan potasu $K_2O \times 2U_2O_3 \times V_2O_5 \times 3H_2O$, noszący nazwę karnotyt. Paliwo jądrowe jest materiałem rozszczepialnym, który najczęściej zawiera wzbogacony uran (charakteryzujący się większą od naturalnej względną zawartością izotopu ^{235}U) lub izotopu plutonu ^{239}Pu.

Biorąc pod uwagę poziom zagrożeń występujący w czasie transportu tego typu ładunków niebezpiecznych, należy w możliwie wysokim stopniu zwiększyć potencjał

[1] Instytut Nawigacji Morskiej, Akademia Morska w Szczecinie, ul. Wały Chrobrego 1-2, 70-500 Szczecin, tel. (+48 91) 4809381, jacekf@am.szczecin.pl
[2] Instytut Nawigacji Morskiej, Akademia Morska w Szczecinie, ul. Wały Chrobrego 1-2, 70-500 Szczecin, tel. (+48 91) 4809416, wolski@am.szczecin.pl
[3] Instytut Matematyki, Fizyki i Chemii, Akademia Morska w Szczecinie, ul. Wały Chrobrego 1-2, 70-500 Szczecin, tel. (+48 91) 4809318, abramowskae@am.szczecin.pl

bezpieczeństwa poprzez wprowadzenie właściwych zabezpieczeń w postaci określonych procedur organizacyjnych, operacyjnych oraz kontrolnych. Głównym miejscem wspólnych, międzynarodowych inicjatyw z zakresu rozwiązywania problemów bezpieczeństwa żeglugi i ochrony morskiego środowiska jest Międzynarodowa Organizacja Morska (*International Maritime Organisation – IMO*). To właśnie ona w roku 1965 po raz pierwszy określiła szczegółowe zasady transportu morskiego materiałów niebezpiecznych, a zatem i materiałów radioaktywnych. Jest on znany pod nazwą Międzynarodowego Kodu Ładunków Niebezpiecznych (*International Maritime Dangerous Goods Code – IMDG*). W roku 1993 jego treść została wzbogacona o suplement w postaci kodu bezpiecznego przewozu statkami radioaktywnego paliwa jądrowego, plutonu oraz wysoko promieniotwórczych odpadów w pojemnikach (*International Code for the Safe Carriage of Packaged Irradiated Nuclear Fuel, Plutonium and Hight – Level Radioactive Wastes in Flask on Board Ships – INF Code*).

2. PROCEDURY PRAWNOEKSPLOATACYJNE

Wśród najistotniejszych aktów prawnych o znaczeniu międzynarodowym, regulujących sprawy związane z bezpieczeństwem transportu materiałów radioaktywnych drogą morską, należy wymienić:

- Międzynarodowe przepisy o zapobieganiu zderzeniom na morzu, Konwencja COLREG – 1972 wraz z późniejszymi poprawkami,
- Międzynarodowa konwencja o zapobieganiu zanieczyszczaniu morza przez statki, Konwencja MARPOL – 1973/78 wraz z późniejszymi poprawkami,
- Międzynarodowa konwencja o pomierzaniu pojemności statków (TONNAGE) z 1969 roku,
- Międzynarodowa konwencja o bezpieczeństwie życia na morzu, SOLAS – 1974 wraz z późniejszymi poprawkami,
- Międzynarodowa konwencja o liniach ładunkowych (LL) z 1966 roku,
- Międzynarodowy kodeks zarządzania bezpieczną eksploatacją statków i zapobieganiem zanieczyszczaniu (Kodeks ISM) oraz Wytyczne wdrażania Kodeksu ISM,
- Międzynarodowy kodeks środków ratunkowych (Kodeks LSA), Res.MSC.48(66),
- Kodeks bezpiecznego postępowania przy rozmieszczaniu i mocowaniu ładunków (Kodeks CSS),
- Międzynarodowy kodeks systemów bezpieczeństwa pożarowego (Kodeks FSS),
- Kodeks stateczności w stanie nie uszkodzonym dla wszystkich typów statków objętych dokumentami IMO – rezolucja A.749(18) poprawiona rezolucją MSC.75(69).

Istniejąca, nowa, unijna dyrektywa 2002/59/WE, będąca następczynią dyrektywy 93/75/EWG, zdecydowanie rozszerzyła zakres przedmiotowy swojej poprzedniczki z roku 1993 i dotyczy spraw związanych z poprawą bezpieczeństwa żeglugi i ochrony środowiska przed zanieczyszczeniami ze statków. Wprowadza ona między innymi istotne dla poprawy stanu bezpieczeństwa wymagania dotyczące zastosowania odpowiednich środków technicznych dla potrzeb związanych z przekazywaniem informacji oraz nadzoru ruchu statków:

- użycia systemów automatycznej identyfikacji statków – AIS,
- nadzoru ruchu statków – VTS,
- rejestrowania podróży – VDR,
- postępowania w przypadku wypadków morskich,

jak również wymiany informacji między państwami członkowskimi oraz wielu innych zagadnień dotyczących bezpieczeństwa ruchu statków. Pamiętać również musimy o nowych

uregulowaniach ujętych w całość nowego rozdziału XI Konwencji SOLAS 1974 oraz Kodeksu ISPS, które weszły w życie z dniem 1 lipca 2004 roku.
W nawiązaniu do tej właśnie nowej dyrektywy unijnej w dniu 12 maja 2003 roku w Polsce ukazało się rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie przekazywania informacji przez armatora statku przewożącego ładunki niebezpieczne lub zanieczyszczające (Dz. U. Nr 101, poz. 938), które nakłada obowiązek na armatora statku zatrudnionego do transportu ładunku niebezpiecznego, zatem i radioaktywnego, opuszczającego port usytuowany w polskim obszarze morskim, najpóźniej w chwili opuszczania portu, zaś na armatora statku zmierzającego do portu lub kotwicowiska położonego w tym obszarze obowiązek przesłania dyrektorowi właściwego urzędu morskiego informacji dotyczących statku, ładunku oraz trasy podróży.

3. OPAKOWANIA W TRANSPORCIE MATERIAŁÓW RADIOAKTYWNYCH

Opakowania materiałów radioaktywnych dopuszczone do transportu zostały szczegółowo określone przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej w opracowaniu pt.: "Uregulowania bezpiecznego przewozu materiałów radioaktywnych". Aktualne jej wydanie TS-R-1 (ST-1) dzieli je na następujące typy:

- wyjątkowe – opakowanie dla materiałów o niskiej radioaktywności, których potencjalne zagrożenie jest znikome, nie wymagają testów na szczelność i odporność (przesyłka radiofarmakologicznych półproduktów z przeznaczeniem dla różnych celów medycznych);
- przemysłowe – opakowania dla materiałów o niskiej radioaktywności, która przypada na jednostkę masy, tzw. LSA, zostały podzielone na trzy kategorie: IP-1, IP-2 i IP-3; podział ten jest związany z ich odpornością na normalne warunki transportu i takie też przechodzą testy (odpady szpitalne, części reaktorów, których powierzchnia została skażona wodami chłodzącymi);
- typu A – opakowanie używane w transporcie małych ilości materiałów o znacznej radioaktywności w normalnych warunkach transportowych;
- typu B – opakowania stosowane do transportu wysoce radioaktywnych materiałów w większych ilościach;
- typu C – opakowania przeznaczone dla materiałów wysoko radioaktywnych w transporcie lotniczym.

W transporcie morskim materiały radioaktywne przewozi się głównie w opakowaniach typu A i/lub B. Zgodnie z zaleceniem Międzynarodowej Organizacji Energii Atomowej powinny one bez względu na rodzaj użytego środka transportu i możliwość wystąpienia sytuacji awaryjnej zabezpieczyć życie ludzkie i mienie oraz naturalne środowisko przed skażeniem (tabl.1). Ich rozmiary wahają się od małych bębnów do wielkich osłoniętych jednostek o wadze do 100 ton. Przykładowo opakowanie 20-tonowe, w którym transportowane jest paliwo jądrowe, w 70% wypełniają komponenty neutralizujące.

Nieustający i praktycznie niczym nie zahamowany rozwój techniki, w tym szczególnie techniki jądrowej, skutkuje dostarczaniem do środowiska naturalnego nowych źródeł promieniowania, czego wynikiem jest skażenie radioaktywne organizmów żywych. Ocena powstałego zagrożenia nie jest łatwa i wymaga użycia specjalistycznego sprzętu do jego wykrycia. Grupa materiałów radioaktywnych występująca w transporcie morskim jest bez wątpienia ładunkiem, którego przewóz wiąże się ze szczególnym i wysokim stopniem ryzyka.

Można stwierdzić, iż wspomniane ryzyko jest wprost proporcjonalne do wielkości występującego potencjału zagrożeń, który jest między innymi pochodną:

- rodzaju ładunku radioaktywnego,
- ilości ładunku radioaktywnego,

- istniejących warunków hydrometeorologicznych,
- stanu technicznego i usprzętowienia statku,
- poziomu wyszkolenia załogi,
- ilości i rodzaju użytych zabezpieczeń wewnętrznych i zewnętrznych,
- jakości i poziomu współpracy zaangażowanych służb.

Tablica 1

Wymagania w zakresie bezpieczeństwa dla opakowań typu A i B

	Opakowanie typu A	Opakowanie typu B
Wymogi projektowe	Ogólne wymogi dotyczące wszystkich opakowań, dodatkowe wymogi związane z różnicą ciśnień i temperatur (dot. transportu lotniczego), dodatkowe wymogi typu: pieczęcie, wiązania, zawartość opakowania	Ogólne wymogi dotyczące wszystkich opakowań, dodatkowe wymogi z wiązane z różnicą ciśnień i temperatur (dot. transportu lotniczego), dodatkowe wymogi dla transportu opakowań typu A oraz dodatkowo wymogi: wytwarzanie ciepła wewnątrz i maksymalna temperatura powierzchniowa.
Wymogi symulacyjne przy normalnych warunkach transportowych	Wolny spadek (z wysokości 0,3 m w zależności od masy ładunku), nacisk lub upychanie, uderzenie (upadek 6 kg belki z wysokości 1 m). Każdy z testów jest poprzedzony spryskaniem opakowania wodą.	Wolny spadek (z wysokości 0,3 m w zależności od masy ładunku), nacisk lub upychanie, uderzenie (upadek 6 kg belki z wysokości 1 m). Każdy z testów jest poprzedzony spryskaniem opakowania wodą.
Wymogi symulacyjne przy wyjątkowych (awaryjnych) warunkach transportu	Nie dotyczy.	Skutki kumulacyjne powstałe wskutek: swobodnego spadku z wysokości 9m, uderzenie, test termiczny (symulacja pożaru – działanie temperatury około 800° przez około 30 minut), nacisk lub upychanie, zanurzenie w wodzie na głębokości 15 m na okres około 8 godzin.

W praktyce będzie to oznaczać ograniczenie do minimum poziomu ryzyka przez wprowadzenie odpowiednich, tj. właściwych i skutecznych sposobów - systemów prewencji i ochrony, zaś w przypadku zaistnienia awarii - ograniczenie jej skali oraz doprowadzenie naturalnego środowiska do stanu przed wypadkiem.

4. STATKI DO PRZEWOZU ŁADUNKÓW RADIOAKTYWNYCH

Szczegółowe informacje w zakresie zaleceń i niezbędnych wymogów oraz środków ostrożności w transporcie morskim ładunków radioaktywnych znajdziemy w najnowszym wydanym w 2002 roku Kodeksie IMDG (klasa VII „Materiały radioaktywne") – tom 1 i 2 oraz Kodeksie INF zawartym w tomie 3 (suplemencie) - całość opracowana i wydana przez IMO. Podstawowym celem obu kodeksów (IMDG i INF) jest zapewnienie bezpiecznego, łatwego i nieograniczonego transportu ładunków niebezpiecznych, w tym radioaktywnych. Z uwagi na międzynarodowy charakter transportu morskiego i jego globalny zasięg konieczne jest normalizowanie i harmonizowanie rozwiązań prawnych i technicznych we wszystkich jego aspektach. Komisja Europejska zmierza do tego, aby najważniejsze z kodeksów i rezolucji IMO uzyskały w ramach Unii Europejskiej moc norm bezwzględnie obowiązujących.

Zasady przewozu morzem ładunków radioaktywnych precyzyjnie reguluje Kodeks INF, przyjęty rezolucją IMO-MSC.88(71) 27 maja 1999 r. w następstwie rozpatrzenia przez MSC wcześniejszych następujących rezolucji: A.748(18) (Kodeks INF), A.790(19) (Przegląd Kodeksu INF), A.853(20) (Poprawki do Kodeksu INF) oraz A.854(20) (Zalecenia odnośnie do opracowań pokładowych planów awaryjnych dla statków przewożących towary INF). Towar INF oznacza napromieniowane paliwa jądrowe w opakowaniu oraz wysoko radioaktywne odpady, zaliczane do klasy VII według Kodeksu IMDG.

Kodeks INF jest prawem obowiązującym w ramach Międzynarodowej konwencji bezpieczeństwa życia na morzu *(Convention for the Safety of Life at Sea – SOLAS)* z 1974 roku, dotyczącym statków używanych do przewozu ładunków INF zgodnie z treścią prawidła 15 rozdziału VII tej Konwencji. Wszedł on w życie z dniem 1 stycznia 2001 roku.

Zawartość Kodeksu INF obejmuje: definicje, nadzór i wydawanie certyfikatów, stateczność awaryjną, zabezpieczenia przeciwpożarowe, kontrolę i utrzymanie temperatury w ładowniach, wymagania konstrukcyjne, sztauowanie, instalacje elektryczne, ochronę radiologiczną, zarządzanie i szkolenia, pokładowy plan awaryjny oraz powiadamianie o wypadkach związanych z ładunkiem INF.

Wszystkie statki przewożące ładunki podlegające postanowieniom Kodeksu INF zostały podzielone na trzy klasy, w zależności od sumarycznej radioaktywności ładunków na statku:

- klasa 1 INF – statki, które mogą przewozić ładunki INF o łącznej radioaktywności poniżej 4000 TBq;
- klasa 2 INF – statki, które mogą przewozić radioaktywne paliwo jądrowe lub wysoko aktywne odpady o łącznej radioaktywności poniżej 2×10^6 TBq lub pluton o łącznej aktywności mniejszej niż 2×10^5 TBq;
- klasa 3 INF – statki mogące przewozić radioaktywne paliwo jądrowe lub wysoko aktywne odpady oraz pluton bez ograniczeń co do maksymalnej łącznej aktywności tych substancji.

Na statkach pasażerskich nie wolno przewozić ładunków INF, których transport jest możliwy tylko statkami klasy 3 INF. Przed rozpoczęciem rejsu statek musi zostać poddany inspekcji wstępnej, która obejmuje pełny przegląd jego konstrukcji, wyposażenia, osprzętu, rozwiązań technicznych oraz materiałów w zakresie przewidzianym w Kodeksie INF. Zgodnie z uregulowaniem I/6b Konwencji SOLAS pozytywny wynik takiego przeglądu jest podstawą do wydania przez administrację lub upoważnioną organizację Międzynarodowego Certyfikatu Przystosowania do Przewozu Ładunku INF, który może być poddawany weryfikacji w okresie jego ważności. Certyfikat taki zostaje unieważniony, jeżeli nie przeprowadzono przeglądu określonego poprzednio lub statek nie spełnia wymagań kodeksu INF lub wygaśnie termin ważności certyfikatu dla danego statku.

Na wszystkich statkach klas 1-3 INF zamknięte przestrzenie ładunkowe muszą posiadać wentylację i chłodzenie, które zapewni temperaturę nie przekraczającą 55°C. Systemy te muszą być całkowicie niezależne od podobnych systemów dla innych pomieszczeń. Istotne ich części składowe (wentylatory, kompresory, wymienniki ciepła, dostawy wody chłodzącej) muszą być zdublowane.

Zastępcze źródło zasilania elektrycznego, spełniające wymogi Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej (Publikacja 92 – Instalacje elektryczne na statkach), powinno być tak rozwiązane, aby ewentualne zakłócenia w głównym zasilaniu nie powodowały zakłóceń pracy tego źródła. Energia pochodząca z alternatywnego źródła powinna wystarczyć do nieprzerwanej pracy następujących urządzeń przez co najmniej 36 godzin:

- zabezpieczających dopływ wody i chłodzenia układów,
- instalacji awaryjnych wymaganych postanowieniami Konwencji SOLAS.

Sztauowanie prowadzone wewnątrz ładowni, a mające na celu unieruchomienie ładunku, powinno być bardzo dokładne i uwzględniające następujące wielkości przyspieszeń: wzdłuż statku -1,5g, w poprzek statku -1,5g, pionowo w górę - 1,0g, pionowo w dół - 2,0g (gdzie: g – przyspieszenie ziemskie).

W zależności od stopnia radioaktywności przewożonych ładunków armator ma obowiązek wyposażenia statku w dodatkowe urządzenia ochrony radiologicznej. Każdy statek INF musi posiadać plan postępowania awaryjnego zatwierdzony przez administrację według zaleceń IMO.

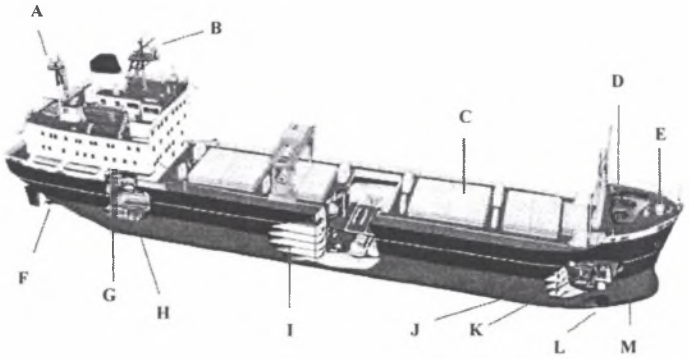
Na początku 2000 roku światowa flota specjalistycznych statków przeznaczonych do transportu paliw nuklearnych (klasa 3 INF) liczyła 14 jednostek zarejestrowanych pod banderą pięciu państw: Japonii, Rosji, Szwecji, Tajwanu i Wielkiej Brytanii.

Głównym wyróżnikiem dla statków specjalistycznych służących do transportu ładunków radioaktywnych (klasa 3 INF) jest utrzymanie dodatniej pływalności w możliwie wszystkich warunkach, w tym również we wszystkich możliwych scenariuszach wypadków. Statki takie zbudowane są z podwójnym kadłubem, zawierającym zazwyczaj pięć ładowni (rys. 1). Ich przestrzeń ładunkową obejmują wodoszczelne, wzdłużne i poprzeczne przegrody stanowiące wewnętrzny szkielet. Konstrukcja i całość kadłuba są zaprojektowane w sposób, który zapewnia pływalność przy uszkodzeniach większych niż przewidziane dla chemikaliowców I klasy. Zakłada się, że przy zderzeniu z inną jednostką o nośności około 24000 DWT i poruszającą się z prędkością 15w nie może zostać uszkodzona przestrzeń ładunkowa. Poniżej pokładu głównego znajdują się dwa wzajemnie niezależne, zamknięte ciągi komunikacyjne, których celem jest zapewnienie w każdych warunkach pogodowych dostępu do pomieszczeń ładunkowych, jak również zapewnienie ciągłej kontroli sprzętu mocującego pojemniki z materiałem radioaktywnym, chłodzenia ładowni, ciśnienia w pojemnikach oraz poziomu promieniowania. Wszystkie główne systemy energetyczne i sterowania są dublowane, co zapewnia duży stopień niezależności jednostki. Wszystkie przestrzenie statkowe są wyposażone w odpowiednie instalacje przeciwpożarowe, przy czym ładownie i siłownia mogą zostać wypełnione gazami tłumiącymi ogień. Ładownie są chronione przez systemy wachlarzy wodnych umożliwiające ich zalanie. System pomp zaopatrujący instalacje pożarowe i spryskiwaczy jest zdublowany. Pojemniki z materiałami radioaktywnymi ładowane są do pięciu dostępnych na statku ładowni na dwóch poziomach. Plan załadunkowy stanowi pochodną planu transportu przygotowywanego oddzielnie na każdą podróż, przy czym priorytetem jest bezwzględne utrzymanie właściwej stateczności i zadowalającego przegłębienia w każdej fazie podróży. Operacje przeładunkowe dokonuje się przy użyciu dźwigów brzegowych lub pływających. Pojemniki ładunkowe zamocowane są w specjalistycznej konstrukcji – nośniku i jako całość stanowią integralną część statku. Luki ładunkowe zabezpieczone są pokrywami (po dwa na luk), zdejmowanymi i zakładanymi suwnicą statkową. W trakcie operacji przeładunkowych otwarte są maksymalnie dwie ładownie, co umożliwia składowanie ruchomych pokryw na pozostałych ładowniach. Ściany działowe oddzielające przestrzeń ładunkową od pozostałej wyposażone są w ekrany w postaci zbiorników wodnych rozciągających się na całej szerokości statku i głębokości ładowni.

W celu zapewnienia wysokiego stopnia niezawodności siłowni okrętowej system napędu głównego składa się z dwóch silników wysokoprężnych i dwóch śrub. Każdy silnik ma swój własny, oddzielny system pomocniczy. Ponieważ zużyte paliwo jądrowe wydziela spore ilości ciepła, to ładownie są chłodzone w celu umożliwienia załodze pracy wewnątrz tych pomieszczeń. Temperatura w ładowniach może być kontrolowana w przedziale od -40°C do +38°C.

Specjalistyczne statki klasy 3 INF obsługiwane są prze znacznie liczniejszą w porównaniu z chemikaliowcami o podobnych wielkościach załogą. Cały personel na poziomie operacyjnym i zarządzania powinien legitymować się certyfikatami o stopień

wyższymi niż te, które wymagane są na innych jednostkach specjalistycznych. Całość personelu jest w sposób aktywny motywowana przez armatora do ustawicznego podnoszenia swoich kwalifikacji. Załoga wyposażana jest w indywidualne dozymetry służące do nadzoru indywidualnej dawki promieniowania, której rekomendowana dawka dla jednego pracownika nie może przekroczyć 20 mSv/rok. Jak wykazały prowadzone badania, średnia dawka wśród załóg statków PNTL w ostatnim dziesięcioleciu była na poziomie 0,08 mSv/rok.



A-system łączności i nawigacji satelitarnej, **B**-system antykolizyjny, **C**-pokrywy luku (panele), **D**-generator awaryjny, **E**-zaczep holowniczy, **F**-dwie śruby i ster, **G**-główny generator, **H**-siłownia okrętowa, **I**-wzmocnienia poprzeczne, **J**-dodatkowa gródź zderzeniowa, **K**-generator dziobowy, **L**-dziobowy ster strumieniowy, **M**-główna gródź zderzeniowa

Rys. 1. Statek klasy 3 INF służący do przewozu ładunków radioaktywnych [5]
Fig. 1. INF 3 Class ship

5. PODSUMOWANIE

Rozwój energetyki jądrowej spowodował konieczność przewozu paliw dla elektrowni jądrowych i odpadów radioaktywnych. Do ich transportu wykorzystuje się powszechnie transport morski. Port w Szczecinie w ostatnich czterech latach przyjął pięć statków z paliwem dla elektrowni atomowej, których konstrukcja i sposób przewozu w pełni odpowiadały surowym przepisom bezpieczeństwa wyspecjalizowanych organizacji międzynarodowych. Zdobyte doświadczenia wykazały, że przewóz i przeładunek potencjalnie niebezpiecznych ładunków radioaktywnych nie stanowi zagrożenia dla ludzi i środowiska naturalnego przy stosowaniu wszystkich wymaganych środków bezpieczeństwa.

Literatura

1. Abramowska E., Frydecki J., Wolski A.: „Transport morski ładunków radioaktywnych wg Konwencji SOLAS oraz kodeksów IMDG i INF" BOiGM nr 5-6, Gdańsk 2003.
2. Nixon I Trevor.: „Nuclear sea transport" Seaways, September 2001.
3. International Maritime Dangerous Goods Code, Volume 1-2 with Suplement (INF Code), IMO London 2002.
4. Międzynarodowa Konwencja o bezpieczeństwie życia na morzu, SOLAS-1974. Tekst ujednolicony, 2002. Polski Rejestr Statków Gdańsk 2002.
5. www.wnti.co.uk