

Przemysław GALOR¹
Wiesław GALOR²

ZASTOSOWANIE ODBOJNIC W PORTACH JACHTOWYCH I MARINACH

Można zaobserwować wyraźny rozwój turystyki wodnej i morskiej, który powoduje wzrost liczby nowobudowanych portów jachtowych i marin. Niezależnie jednak od rodzaju portu jachtowego, konieczne jest wykonanie odpowiednich działań zapewniających bezpieczeństwo jednostek pływających (jachtów). Podstawowym warunkiem jest dobijanie i postój bez uszkodzenia kadłuba jednostki i nabrzeża. Odbojnice są urządzeniami chroniącymi przed siłą uderzenia jednostki w nabrzeże i podczas postoju. Konstrukcja odbojnic bazuje na wykorzystaniu własności sprężystych i ich kształtu. Aktualnie do budowy odbojnic stosowane są elastomery poliuretanowe. W referacie zostaną przedstawione zagadnienia związane z bezpieczeństwem cumowaniem jednostek pływających w portach jachtowych oraz zastosowanie odbojnic.

THE USING OF FENDERS IN YACHTS PORTS AND MARINES

The appreciable increasing of water and marine tourism can be observed. It caused the development of new building yachts ports and marines. Independent of kind of ports, it is necessary to provide the proper activity to ensure the water craft (yachts) safety. The basic condition is berthing and mooring without of damage of hull yacht and quay. The fenders are devices to protect against of yachts impact on quay and during mooring. The fender construction is based on resiliency property and their shape. Actually, the polyurethane elastomers are used to make the fenders. The papers present the problems of safety maneuvering of water craft in yachts ports and application of fenders.

1. WSTĘP

Następuje wyraźny rozwój turystyki wodnej i morskiej, który powoduje wzrost liczby nowobudowanych portów jachtowych i marin. Szczególnie można zaobserwować wzrost

¹Maritime University of Szczecin, Faculty of Economics and Transport Engineering, Henryka Pobożnego 1 Str., 70-500 Szczecin, tel. +48 91 4809 650, fax. +48 09 535, e-mail: p.galor@am.szczecin.pl

²Maritime University of Szczecin, Faculty of Navigation, Wały Chrobrego ½ Str., 70-500 Szczecin, Poland, tel.: +48 91 4891 514, fax: +48 91 4809 535, e-mail: w.galor@am.szczecin.pl

marin, jako portów jachtowych mających zapewnić bezpieczny postój jednostek w określonym okresie (od kilku godzin do kilkunastu tygodni).

Port jachtowy, morski lub śródlądowy, stanowi zespół akwenów portowych, hydrotechnicznych budowli portowych, budowli lądowych oraz urządzeń technicznych, zapewniających bezpieczny postój i obsługę jachtów oraz innych rekreacyjnych lub turystycznych jednostek i urządzeń pływających. Dla spełnienia swoich zadań port jachtowy musi mieć odpowiednio ukształtowane obszary wodne (akwatorium portowe) zasłonięte przed wpływem wiatrów, fal, prądów i pochodu lodu, a także odpowiedniej wielkości portowe tereny lądowe (terytorium portowe), umożliwiające dzięki odpowiedniemu wyposażeniu, obsługę żeglarzy i innych użytkowników portu jachtowego, w zakresie przewidywanym w planie przestrzennego zagospodarowania portu jachtowego [6]. Rys.1 przedstawia przykład portu jachtowego.

Marina jest portem jachtowym połączonym z dopełniającą zabudową mieszkalną. Przez dopełniającą zabudowę mieszkalną rozumieć należy pawilony lub inne budynki klubowe i portowe, zapewniające miejsca hotelowe, sklepy, bary, kawiarnie i restauracje oraz wszelkie funkcje wymagane przez tymczasowych lub stałych mieszkańców. W skład mariny wchodzić mogą również centra rekreacyjne.

Inną nowoczesną koncepcją portu jachtowego i mariny jest tzw. wioska żeglarska lub jachtowa (marina village). Charakteryzuje się ona tym, że wokół mariny istnieje osiedle mieszkaniowe zintegrowane z mariną. Przyczynia się to do znacznego podniesienia wartości takiej mariny [6].

Niezależnie jednak od rodzaju portu jachtowego, konieczne jest wykonanie odpowiednich działań zapewniających bezpieczeństwo jednostek. Podstawowym warunkiem jest dobijanie i postój bez uszkodzenia kadłuba jednostki i nabrzeża.



Rys. 1. Port jachtowy w Świnoujściu [Źródło: www.marina map.com]

2. CUMOWANIE JEDNOSTKI DO NABRZEŻA

Manewr cumowania (dobijania) jednostki pływającej do budowli hydrotechnicznej (nabrzeża, pirsu) jest ostatnim etapem procesu nawigacji. Idealnym manewrem byłby taki,

przy którym całkowite wytracenie przez jednostkę prędkości nastąpiłoby w momencie kontaktu z nabrzeżem. Jednak w rzeczywistości następuje dynamiczne oddziaływanie jednostki, powodujące odkształcenie i naprężenie kadłuba, nabrzeża i urządzenia odbojowego, (jeżeli takie jest stosowane). Jeżeli wielkości te przekroczą dopuszczalne wartości, nastąpi uszkodzenie jednego z tych elementów systemu: jednostka – urządzenie odbojowe – nabrzeże.

Warunkami bezpiecznego dobijania jednostek są [1]:

$$E \leq E_d \quad \text{dla} \quad p \leq p_{dop} \quad (1)$$

gdzie:

- E - maksymalna energia kinetyczna statku absorbowana przez system nabrzeże – urządzenie odbojowe – jednostka pływająca
- E_d - dopuszczalna energia kinetyczna absorbowana przez system nabrzeże – urządzenie odbojowe – jednostka
- p - jednostkowe parcie urządzenia odbojowego na poszycie kadłuba jednostki
- p_{op} - dopuszczalne jednostkowe parcie na kadłub

Przy określaniu energii kinetycznej jednostki przejmowanej przez urządzenie odbojowe należy uwzględnić następujące czynniki:

- kąt podchodzenia statku do linii cumowniczej
- położenie punktu kontaktu kadłuba w stosunku do środka ciężkości statku
- krzywiznę poszycia kadłuba na styku z urządzeniem odbojowym
- własności sprężyste urządzenia odbojowego, poszycia kadłuba oraz konstrukcji
- budowli hydrotechnicznej
- opór wody pomiędzy jednostką a nabrzeżem
- tarcie na styku powierzchni poszycia statku i urządzenia odbojowego

Wymienione czynniki powodują zmniejszanie energii kinetycznej jednostki, i w rezultacie urządzenie odbojowe musi pochłonąć część całkowitej energii i określona jest jako energia efektywna. Energia efektywna podczas dobijania jednostki do budowli (uderzenia w urządzenia odbojowe) będzie równa:

$$E = E_k \cdot C \quad [J] \quad (2)$$

gdzie:

- E_k - energia kinetyczna dobijającej jednostki
- C - całkowity współczynnik strat energii będący iloczynem współczynników strat cząstkowych czynników występujących przy dobijaniu

3. ODBOJNICE NABRZEŻOWE

Odbojnice nabrzeżowe są urządzeniami specjalnymi służącymi do ochrony budowli hydrotechnicznej oraz jednostki pływającej podczas jej dobijania (manewru cumowania) oraz postoju przy tej budowli. Oddziaływanie jednostki na urządzenia odbojowe mają

charakter statyczny i dynamiczny, co powoduje określone odkształcenia i naprężenia, jednostki i nabrzeża. Właściwy dobór typu i parametrów urządzenia odbojowego powinien zapewnić powstanie w konstrukcji jednostki pływającej i chronionej budowli naprężeń sprężystych w granicach dopuszczalnych dla tych konstrukcji. Działanie odbojnicy polega na absorbowaniu części energii kinetycznej statku w chwili zetknięcia statku. Aktualnie na świecie stosuje urządzenia odbojowe pracują w oparciu o elementy sprężyste. Następuje ich ugięcie sprężyste (odkształcenie), a energia dobijania statku zmienia się w pracę sprężystą. Podczas tej pracy odbojnica przejmuje reakcję siły uderzenia jednostki, która jest przekazywana na konstrukcję nabrzeża. Oznacza to, że następuje przekształcenie przejętej energii na pracę elementów sprężystych samego urządzenia.

Podstawowymi parametrami charakteryzującymi odbojnice nabrzeżowe są:

- siła reakcji w funkcji odkształcenia,
- energia absorbowana w funkcji odkształcenia,
- dopuszczalne odkształcenie.

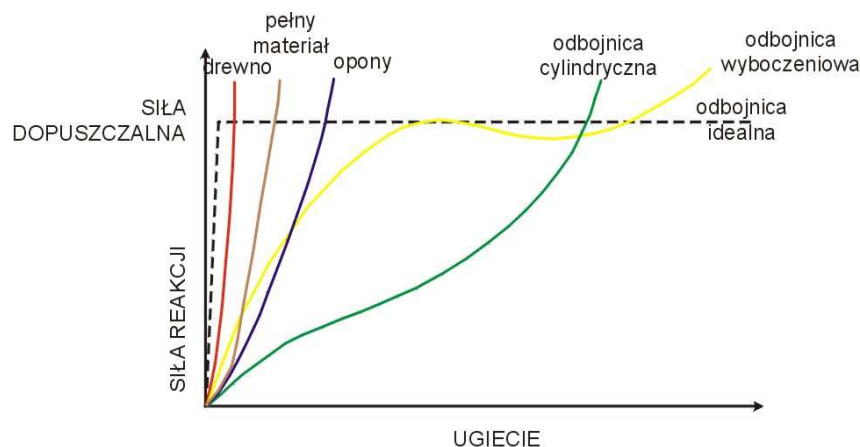
Dodatkowe parametry to:

- twardość urządzenia
- powierzchnia styku z kadłubem statku
- wymiary odbojnicy (długość, szerokość, głębokość),
- sposób mocowania do nabrzeża.

Podstawowe parametry odbojnicy zależne są od rodzaju materiału zastosowanego do jego wykonania, oraz jego kształtu, konstrukcji i wymiarów.

Efektywna odbojnica nabrzeżowa powinna charakteryzować się możliwością dużą absorpcją energii dobijającej jednostki i niskim parciem na kadłub i budowlę. Najbardziej efektywne w tym względzie są urządzenia wykorzystujące elementy o dużej sprężystości. Materiały stosowane dotychczas obejmujące drewno, litą gumę, opony „staroużyteczne“ i wałki cylindryczne z gumy nie spełniają tych wymagań. Aktualnie najnowsza generacja odbojnic budowana jest w oparciu o odpowiednio dobrane elementy z gumy lub elastomeru poliuretanowego charakteryzującego się wyjątkowymi własnościami sprężystymi i możliwością uzyskania wysokiej powtarzalności parametrów. Elastomery dzięki możliwości wytworzenia elementów o dowolnych kształtach znacznie zwiększają efektywność rozwiązań [3]. Im materiał bardziej sprężysty tym osiągnięcie założonej (dopuszczalnej) siły reakcji odbywa się przy większym ugięciu (większej drodze), a tym samym energia absorbowana jest większa.

Dla danego typu materiału można jednak uzyskać różne własności odbojnicy. Dla odpowiedniego kształtu (przekroju odbojnicy) można uzyskać lepsze własności niż dla pełnego przekroju. Poprzez odpowiednie połączenie elementów otrzymuje się odbojnicę o charakterystyce, przy której efektywność (energia absorbowana) jest wyższa niż pełnym przekroju. Odbojnice wykonane w ten sposób nazywane są odbojnicami wyboczeniowymi [3]. Przy tej samej ilości materiału zastosowanego do budowy odbojnicy można uzyskać nawet czterokrotne zwiększenie efektywności (rys.2).



Rys. 2. Charakterystyki różnych typów odbojnic

Projektując i dobierając odpowiedni rodzaj urządzenia odbojowego należy brać pod uwagę nie tylko zdolność pochłaniania energii dobijającego statku, ale również wytrzymałość konstrukcji poszycia statku. Stwierdzenie takie wynika z analizy zaistniałych uszkodzeń statków podczas dobijania. Jednak można postawić tezę, że w przypadku małych jednostek pływających typu barki, holowniki, jednostki taboru portowego, turystycznych statków pasażerskich (tzw. białej floty), jednostek rekreacyjnych (jachtów), itp., podstawowym warunkiem zapewnienia bezpieczeństwa jest nie przekroczenie dopuszczalnego odkształcenia kadłuba, pochłonięcie części energii kinetycznej podczas manewru dobijania. Stąd przy doborze odbojnic dla tego typu jednostek należy zwrócić szczególną uwagę na ten element.

4. ENERGIA KINETYCZNA DOBIJAJĄCEJ JEDNOSTKI

Wielkość energii kinetycznej statku podchodzącego do budowli hydrotechnicznej można wyrazić ogólnie zależnością:

$$E_k = 0,5 \cdot m_w \cdot V_s^2 \quad [J] \quad (3)$$

gdzie:

m_w - masa wirtualna jednostki

$$m_w = m_s + m_w \quad [kg] \quad (4)$$

gdzie:

m_s - masa jednostki

m_w - masa wody towarzyszącej

O masie jednostki decydują w głównej mierze jej wymiary. Według zalecenia 44 [6] można przyjąć podział jednostek na trzy grupy: jachty żaglowe (tabela 1), jachty motorowe (tabela 2) i katamarany i trimarany (tabela 3) [5].

Tab. 1 Jachty żaglowe

Grupa	Rodzaje jachtów	Długość całkowita [m]	Szerokość całkowita [m] Brml	Zanurzenie maksymalne [m] TJml
AS	Małe jachty mieczowe	$L_c < 6,0$	$< 1,8$	$< 1,3$
BS	Małe jachty żaglowe, balastowo - mieczowe i z balastami ruchomymi (jachty klasowe regatowe mieczowe)	$6,0 < L_c < 8,0$	$< 2,8$	$< 1,5$
CS	Małe jachty żaglowe	$8,0 < L_c < 10,0$	$< 3,2$	$< 1,6$
DS	Średnie jachty żaglowe	$10,0 < L_c < 12,0$	$< 3,6$	$< 2,0$
ES	Większe jachty żaglowe	$12,0 < L_c < 14,0$	$< 4,2$	$< 2,4$
FS	Duże jachty żaglowe	$14,0 < L_c < 18,0$	$< 4,6$	$< 2,6$
GS	Bardzo duże jachty żaglowe	$18,0 < L_c < 24,0$	$< 5,6$	$< 3,2$
HS	Statki i megajachty żaglowe	$L_c > 24,0$	$> 5,6$	$> 3,2$

Źródło: zalecenia [5]

Tab. 2 Jachty motorowe

Grupa	Rodzaje jachtów	Długość całkowita L_c [m]	Szerokość całkowita [m]	Zanurzenie maksymalne T_c [m]
AM	Bardzo małe jachty motorowe	$4,5 < L_c < 8,0$	$< 3,3$	$< 1,0$
BM	Małe jachty motorowe	$8,0 < L_c < 10,0$	$< 3,8$	$< 1,1$
CM	Średnie jachty motorowe	$10,0 < L_c < 12,0$	$< 4,2$	$< 1,2$

DM	Większe jachty motorowe	$12,0 < L_c < 14,0$	$< 4,8$	$< 1,4$
EM	Duże jachty motorowe	$14,0 < L_c < 18,0$	$< 5,2$	$< 1,6$
FM	Bardzo duże jachty motorowe	$18,0 < L_c < 24,0$	$< 5,6$	$< 2,0$
GM	Statki i megajachty motorowe	$L_c > 24,0$	$> 5,6$	$> 2,0$

Źródło: zalecenia [5]

Tab. 3 Katamarany i trimarany

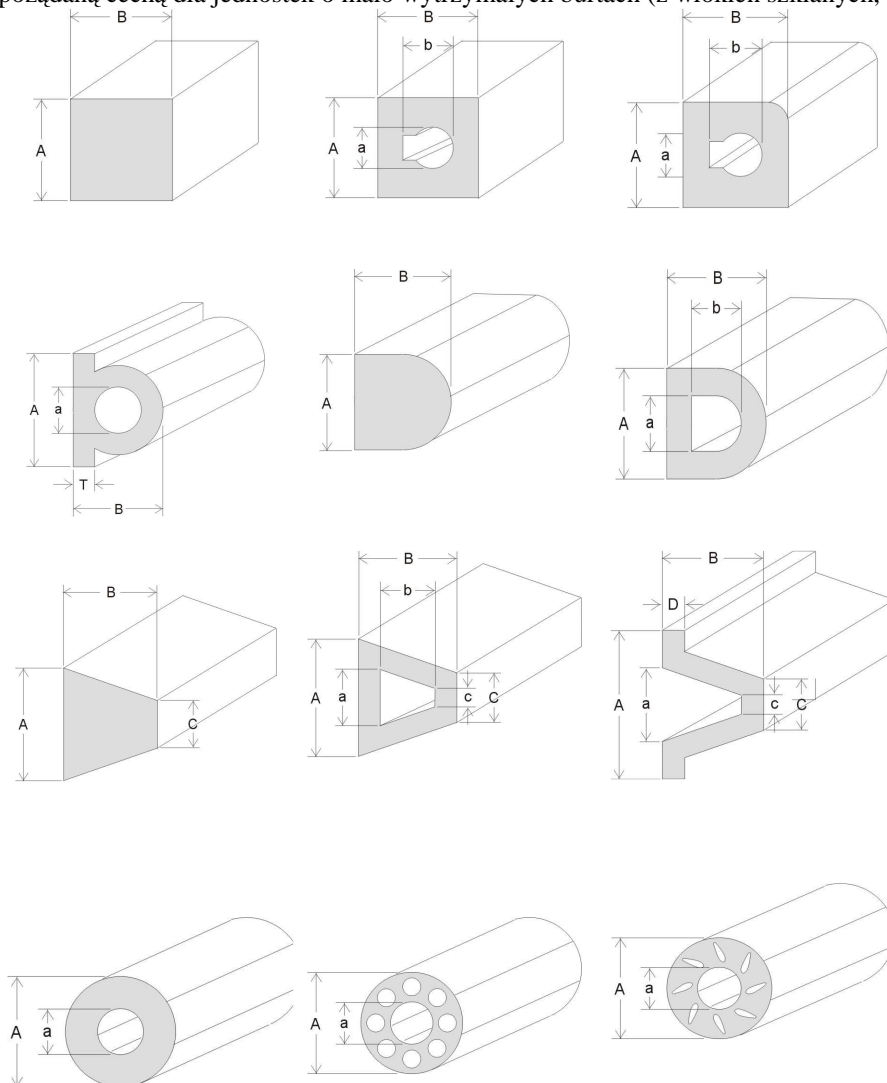
Rodzaje jachtów	Długość całkowita L_c [m]	Szerokość całkowita B[m]	Zanurzenie maksymalne T_c [m]
Małe trimarany i katamarany	$6,0 < L_c < 8,0$	$< 4,8$	$< 0,6$
Średnie trimarany i katamarany	$8,0 < L_c < 10,0$	$< 6,0$	$< 0,8$
Duże trimarany i katamarany	$10,0 < L_c < 12,0$	$< 9,0$	$< 1,2$
Bardzo duże trimarany i katamarany	$U > 12,0$	$> 9,0$	$> 1,2$

Źródło: zalecenia[5]

5. BELKI ODBOJOWE

Belki odbojowe przeznaczone są do montowania na nabrzeżach oraz kadłubach jednostek pływających. Są przeznaczone do ochrony kadłubów małych jednostek pływających typu barki, holowniki, jednostki taboru portowego, turystycznych statków pasażerskich, jednostek żeglugi rekreacyjnych itp. oraz różnych budowli hydrotechnicznych. Wykonuje się je w kształtach: kwadratowym, stożkowym, okrągłym i w kształcie D [2]. Dla każdego kształtu dodatkowo można wykonać wewnątrz otwory o różnym przekroju i kształcie (rys.3). Belki bez otworu wewnętrznego używane są jako zabezpieczające odbojnice (odbojniki) na nabrzeżach oraz jednostkach pływających, gdzie wymagana jest niska absorpcja energii, ale występuje stały kontakt kadłuba z budowlą. Są odporne na silne uderzenia. Belki kwadratowe lub trapezowe z otworem mają zastosowanie na nabrzeżach, dalbach odbojowych do absorpcji energii podczas cumowania jednostek. Są również stosowane na dziobach, rufach i burtach jednostek. Szczególne zastosowanie mają belki o kształcie podwójnego trapezu na dziobach i rufach holowników. Odbojnice o przekroju okrągłym z otworem (cylindryczne) są najczęściej używane do ochrony nabrzeży. Stosowane są także na małych statkach, jachtach, łodziach i holownikach.

Dodatkowe otwory w ścianie belki powodują, że stają się one bardziej “miękkie”, co jest pożądaną cechą dla jednostek o mało wytrzymałych burtach (z włókien szklanych, stopów



Rys. 3. Najczęściej stosowane przekroje belek odbojowych

aluminium). Belki o kształcie D z otworem stosowane są powszechnie na nabrzeżach portowych, marinach, oraz małych statkach, pogłębiarkach, łodziach rybackich in. Profil

ten posiada płaską podstawę i zaokrągloną powierzchnię czołową zapewniającą początkowy łagodny kontakt między burtą jednostki i nabrzeżem. Belki odbojowe na nabrzeżach mogą być mocowane pionowo, poziomo i ukośnie (rys.4). Mogą być regularnie rozmieszczone tworząc siatkę na nabrzeżu, przez co ułatwiają cumowanie i postój jednostek o różnej wielkości.



Rys.4. Zastosowanie belek odbojowych na nabrzeżu

6. WNIOSKI

Następuje wyraźny rozwój turystyki wodnej i morskiej w Polsce, który powoduje wzrost liczby nowobudowanych portów jachtowych i marin. Niezależnie jednak od rodzaju portu jachtowego, konieczne jest wykonanie odpowiednich działań zapewniających bezpieczeństwo jednostek. Podstawowym warunkiem jest dobijanie i postój bez uszkodzenia kadłuba jednostki i nabrzeża. Manewr cumowania (dobijania) jednostki pływającej do budowli hydrotechnicznej (nabrzeża, pirsu) jest ostatnim etapem procesu nawigacji. W trakcie tego manewru następuje dynamiczne oddziaływanie jednostki, powodujące odkształcenie i naprężenie kadłuba, nabrzeża i odbojnicy (jeżeli taka jest stosowana). Jeżeli wielkości te przekroczą dopuszczalne wartości, nastąpi uszkodzenie jednego z tych elementów. Odbojnice nabrzeżowe są urządzeniami specjalnymi służącymi do ochrony budowli hydrotechnicznej oraz jednostki pływającej podczas jej dobijania (manewru cumowania) oraz postoju przy tej budowli. Efektywna odbojnica nabrzeżowa powinna charakteryzować się możliwością dużą absorpcją energii dobijającej jednostki i niskim parciem na kadłub i budowlę. Aktualnie najnowsza generacja odbojnic budowana jest w oparciu o odpowiednio dobrane elementy z elastomeru poliuretanowego

charakteryzującego się wyjątkowymi własnościami sprężystymi i możliwością uzyskania wysokiej powtarzalności parametrów. Przykładem takich odbojnic są belki odbojowe przeznaczone są do montowania na nabrzeżach oraz kadłubach jednostek pływających. Belki odbojowe na nabrzeżach mogą być mocowane pionowo, poziomo i ukośnie. Mogą być regularnie rozmieszczone tworząc siatkę na nabrzeżu, przez co ułatwiają cumowanie i postój jednostek o różnej wielkości. Ma to szczególne zastosowanie w portach jachtowych i marinach.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Galor W., *Bezpieczeństwo żeglugi na akwenach ograniczonych budowlami hydrotechnicznymi*, Wyd. FR WSM Szczecin, 2002.
- [2] Galor W., Grządziel Z., Galor A. (2004): *Belki odbojowe jako element poprawy bezpieczeństwa małych jednostek podczas cumowania do nabrzeży*. Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie nr 2 (74) - część 3, Szczecin, 2004.
- [3] Galor W., (2008), *Odbojnice z elastomerów poliuretanowych*, Inżynieria Morska i Geotechnika, Nr 6, 2008.
- [4] Galor W., (2008), *Zastosowanie odbojnic Milanówek w morskim i śródlądowym budownictwie hydrotechnicznym oraz na jednostkach pływających*, Seminarium naukowe „Elastomerowe urządzenia odbojowe”, Politechnika Gdańska, Gdańsk, 2008.
- [5] *Zalecenia do projektowania morskich konstrukcji hydrotechnicznych. Z1- Z46 (1997)*. Politechnika Gdańska, Katedra Budownictwa Morskiego, Studia i Materiały. Zeszyt Nr 21, Gdańsk 1997.
- [6] Mazurkiewicz B. , *Porty jachtowe i mariny. Projektowanie*. Wyd. FP PO i GM, Gdańsk 2010.