

Boris Muvrin*, Boris Kavedžija*, Stanisław Stryczek**

ZAPOBIEGANIE ROZSZERZANIU SIĘ ZANIECZYSZCZENIA ROPĄ W PORTACH***

1. WSTĘP

W chwili obecnej podstawowym sposobem ograniczania szkód powstałych na skutek awarii tankowców jest podejmowanie odpowiednich działań – polegających na ograniczaniu rozszerzania się plamy ropnej – już po jej rozlaniu w miejscu powstania awarii. Jest to sposób niezbyt pewny, stosunkowo kosztowny i, nieraz, spóźniony w czasie.

Usuwanie ropy rozlanej poza granicami zapory pływającej sprowadza się przeważnie do jej „neutralizacji” (wiązanie) środkami chemicznymi co powoduje osiadanie powstałych produktów reakcji chemicznej na brzegi morza lub jego dno. Może to mieć pewien ujemny wpływ na morską i przybrzeżną florę i faunę.

Najlepszym sposobem uniknięcia szkodliwego działania ropy naftowej na środowisko jest jej fizyczne usunięcie z miejsca rozlania w jak najkrótszym czasie. W związku z tym absolutnie najważniejsze jest natychmiastowe ograniczenie zanieczyszczonej powierzchni. Następnie w zależności od zaistniałej sytuacji należy najlepszą metodą oraz środkami technicznymi, które są do dyspozycji, usunąć możliwie jak największą objętość substancji zanieczyszczającej.

Podstawowymi przepisami prawnymi, regulującymi procedury i sposoby postępowania w opisanych sytuacjach są postanowienia Konwencji międzynarodowej o ochronie życia ludzi na morzu (SOLAS, 1974), Kodeks międzynarodowy środków niebezpiecznych (IMDG Code), Kodeks międzynarodowy budownictwa i sprzętu (IGC Code, 1975), Konwencja międzynarodowa o unikaniu zanieczyszczenia morza (MARPOL 73/78) oraz Code 1971, 1983, BC Cod 1998, a także BLU Code.

Wymienione przepisy regulują dla każdego portu towarowego instalowanie wszelkich obowiązkowych sprzętów oraz wykonywanie czynności i postępowania w związku z przeła-

* University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Departmen of Petroleum Engineering, Croatia

** Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

*** Pracę wykonano w ramach badań statutowych realizowanych w AGH Kraków i RGN Zagreb

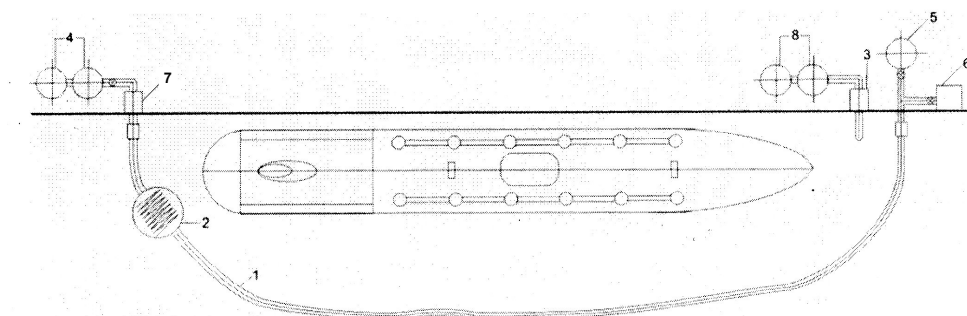
dunkiem towarów niebezpiecznych, warunkami i transportem morskim. Przepisy te zobowiązują odpowiednie instytucje państwowe do określenia odpowiednich norm dla każdego portu, w zależności od jego funkcji oraz ścisłego przestrzegania tych norm.

2. OGÓLNE ZASADY DZIAŁANIA ZAPORY PŁYWAJĄCEJ

Zapora pływająca jest w zasadzie rurą wykonaną z wzmocnionego plastyku (1). Profil poprzeczny powinien być tak dobrany ażeby uniemożliwić rozchodzenie się plamy ropnej określonej grubości ani przez jej przelewanie przez zaporę, ani poprzez jej przenikanie pod zaporą.

Zaporę rurową odpowiedniej długości mocuje się w dwóch punktach na nabrzeżu oddalonych od siebie na odległość większą niż jest przewidywalna łączna długość tankowca zacumowanego burtą do brzegu. Długość rury jest tak dobrana ażeby opasać cały tankowiec na bezpiecznej odległości od jego linii wodnej. Niezależnie od tego, rura może być na określonym odcinku „gofrowana“ (2), czyli mieć formę umożliwiającą jej rozciąganie się lub skracanie [1, 2].

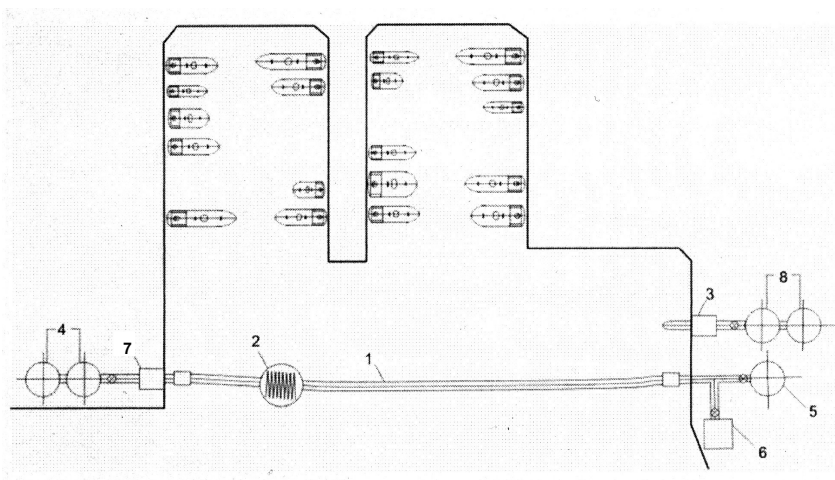
Schemat zainstalowania zapory rurowej w miejscu przetaczania ropy naftowej pokazany jest na rysunku 1.



Rys. 1. Samowynurzająca się zapora zainstalowana w miejscu przetaczania ropy
Objaśnienia w tekście

Podobny schemat instalowania układu zaporowego można zastosować dla odgradzania całego portu jachtowego od otwartej powierzchni morza. W ten sposób można ograniczyć rozlewanie się dużej ilości ropy lub innych paliw w przypadku większej awarii. Taki schemat pokazany jest na rysunku 2.

Podstawowy układ składa się z rury zaporowej (1) wypełnionej cieczą dużego ciężaru właściwego zanurzonej do odpowiedniej głębokości (lub opuszczonej na dno), pompy (3) przeznaczonej do wypełniania zapory cieczą obciążającą, zbiornika na ciecz (8) oraz sprężarki (5) do napompowania zapory wyciskając ciecz z powrotem do zbiornika (6). W przypadku konieczności wystarczy włączyć sprężarkę i zapora wynurzy się na powierzchnię odgradzając miejsce awarii. Niezależnie od opisanego układu zainstalowana jest pompa odsysająca (7) z odpowiednio zaprojektowanym wlotem, zadaniem której jest usunięcie rozlanej ropy z powierzchni morza do zbiornika zbiorczego (4) [4, 5].

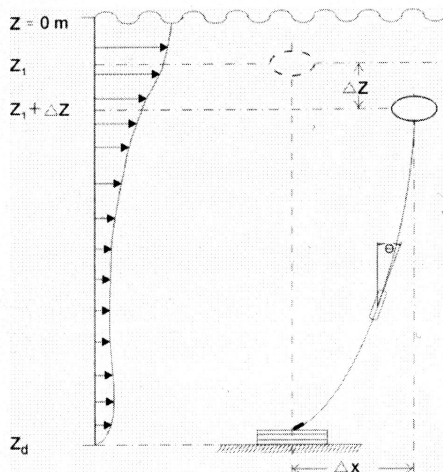


Rys. 2. Schemat samowynurzającej się zapory rurowej zabezpieczającej port jachtowy
Obajśnienia w tekście

3. OBLICZENIA SIŁ DZIAŁAJĄCYCH NA ZAPORĘ

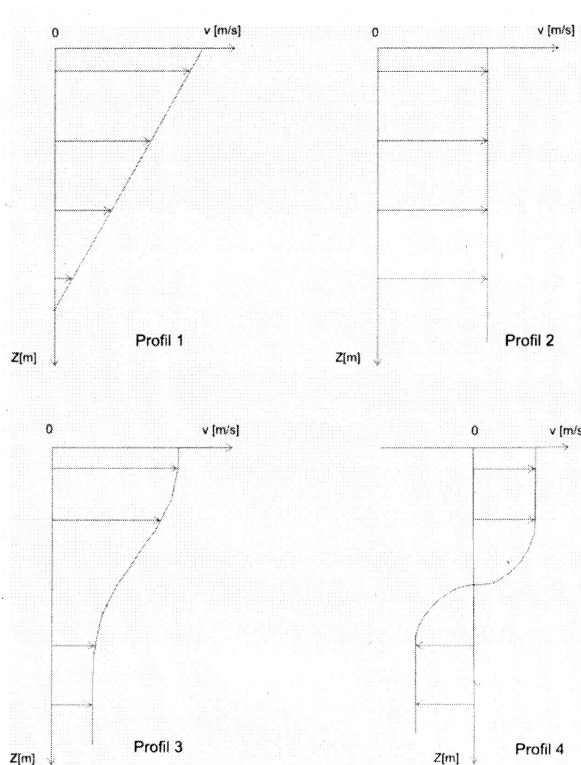
Stopień bezpieczeństwa zapory określa się w pierwszej kolejności przy pomocy parametrów statycznych. Ponieważ, pomijając układy dynamiczne, układ statyczny jest złożony, w niniejszej pracy prezentowane są rozwiązania podstawowe lecz konieczne dla doboru parametrów projektowania.

Na rysunku 3 pokazany jest profil rozkładu sił poziomych na wynurzający się układ zaporowy, wynikających z działania lokalnego prądu morskiego [3, 4, 5].



Rys. 3. Profil prądu i położenie układu teoretycznego

Rysunek 4 pokazuje niektóre teoretyczne profile rozkładów sił prądów lokalnych działających na zapórę odgradzającą.



Rys. 4. Uprozczone profile prądów morskich lokalnych

Zasadnicze obliczenie działania ruchu wody morskiej na zapórę rurową sprowadza się do obliczenia wpływu pola sił prądu na wynurzającą się część układu zaporowego.

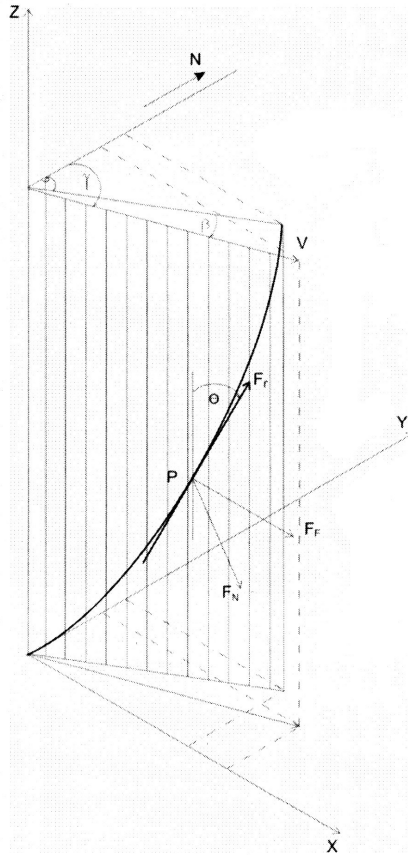
Schemat rozkładu sił prądu morskiego pokazany jest na rysunku 5.

Podstawowa płaszczyzna pochylenia rozpatrywanego układu tworzy z kierunkiem północnym N kąt (azymut) oznaczony jako φ . Każdy segment tej płaszczyzny jest prostopadły do poziomej płaszczyzny X-Y.

Siła działająca na układ i powodująca jego pochylenie jest siłą F_r , która to siła stanowi składową siły oporu. Siła F_r jest siłą styczną, działającą w kierunku powierzchni. W określonym wybranym punkcie P wektor F_r odchylony jest od pionu o kąt θ . Na rozpatrywaną płaszczyznę w punkcie P działa normalna siła oporu F_N , powodująca obrót płaszczyzny podstawowej, czyli zmianę kątu φ .

Wszystkie składowe siły w punkcie P zależą od głównego poziomego wektora V , określonego kierunkiem i intensywnością prądu lokalnego. Wektor prądu V odchylony jest od kierunku północy o kąt γ . To znaczy, że V jest odchylony od płaszczyzny podstawowej o kąt

β , przy czym $\beta = \gamma - \varphi$. Z tego powodu wektor ten można rozpatrywać jako jego składowe V_F i V_N . Składowa V_F znajduje się w płaszczyźnie układu, a składowa normalna V_N jest prostopadła.



Rys. 5. Przestrzenny rozkład sił profilu prądu

Schemat rozpatrywanego rozkładu sił pokazany jest na rysunku 6. Ze schematu wynika:

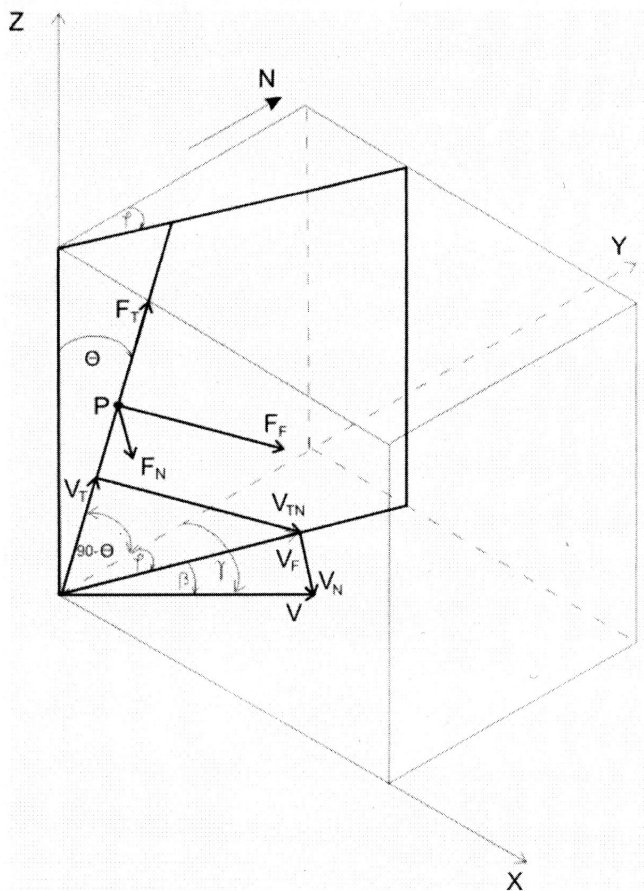
$$V_F = V \cdot \cos \beta \quad (1)$$

$$V_N = V \cdot \sin \beta \quad (2)$$

Rozłożywszy siłę V_F na składową styczną V_T , znajdującą się w płaszczyźnie podstawowej oraz na składową normalną V_{TN} , która jest na nią skierowana pionowo, otrzymuje się:

$$V_T = V \cdot \cos \beta \cdot \sin \Theta \quad (3)$$

$$V_{TN} = V \cdot \cos \beta \cdot \cos \Theta \quad (4)$$



Rys. 6. Składowe sił działających w rozpatrywanym punkcie

Po określeniu trzech składowych prądu V_N , V_T oraz V_{TN} można obliczyć siłę działającą w punkcie P (rys. 6).

Wzór na siłę oporu można przedstawić w formie:

$$F_W = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D \cdot A \cdot V^2 \quad (5)$$

przy czym:

- ρ – gęstość wody morskiej [kg/m^3],
- C_D – współczynnik oporu,
- A – powierzchnia [m^2],
- V – prędkość przepływu [m/s],
- F_W – siła oporu [N].

W ten sposób można otrzymać równania dla każdego działającego w punkcie P obciążenia F_N , F_F i F_T , które przyjmą postać:

$$F_N = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_{DN} \cdot A_L \cdot l \cdot (V \cdot \sin \beta) \cdot (V \cdot \sin \beta) \quad (6)$$

$$F_F = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_{DN} \cdot A_L \cdot l \cdot (V \cdot \cos \beta) \cdot (V \cdot \cos \beta \cdot \cos \Theta) \quad (7)$$

$$F_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_{DT} \cdot A_L \cdot l \cdot (V \cdot \cos \beta \cdot \sin \Theta) \cdot (V \cdot \cos \beta \cdot \sin \Theta) \quad (8)$$

przy czym:

A_L – powierzchnia charakterystyczna dla określonej długości segmentu układu, wyrażona w $[m^2/m]$,

l – długość poszczególnego segmentu $[m]$.

Na układ w punkcie P , poza wymienionymi siłami prądu, działa siła wyporności:

$$F_S = F_{SL} \cdot l \quad (9)$$

Wielkość F_S jest sumą masy i wyporności, a F_{SL} jednostkową wypornością. W celu zabezpieczenia stanu równowagi układu wszystkie wymienione siły muszą spełniać warunki równowagi statycznej. Warunki równowagi tak skomplikowanych układów rozwiązuje się dla każdego segmentu metodą iteracji. Przy tym, w stanie równowagi sumy wektorów sił w punkcie ich zaczepienia powinny wynosić zero. Wyliczenia stabilności układów rozwiązuje się komputerowo przy pomocy specjalnego oprogramowania.

4. WNIOSKI

W przykładach opisanych wyżej rozpatrywane są wyłącznie układy rur giętkich mających zastosowanie w wodzie morskiej. Stanowi ono pierwszy lecz niezbędny krok w trakcie obliczeń parametrów samozanurzających się zapór pływających.

W celu kompleksowego rozwiązania opisanych układów niezbędne jest dodatkowe wprowadzenie parametrów związanych z dynamicznym działaniem fal i wiatru oraz przypływami i odpływami. Poza tym należy przeprowadzić obliczenia parametrów roboczych pomp tłoczących i odsysających, sprężarek, zbiorników zbiorczych, jak i dodatkowe obliczenia obciążeń rozrywających na ścianki rury. Dodatkowe znaczenie ma obliczenie szybkości wynurzenia się i zatapiania zapory odgradzającej.

LITERATURA

- [1] Schröder M.: *Das statische Verhalten von ein Punkverankeuneeen bei Anströmung*. Institut für Meersekunde C.A. Universität Kiel, Kiel, 1987

- [2] Timošenko S.P., Jang D.H.: *Viša dinamika*. Građevinska knjiga, Beograd, 1962
- [3] Muvrin B.: *International patent application PCT/HR2004/000044*
- [4] Muvrin B.: *International patent application PCT/HR2004/000047*
- [5] Muvrin B.: *International patent application PCT/HR2004/000048*