

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 242815 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **429976**

(22) Data zgłoszenia: **2019.05.20**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2020.11.30 BUP 25/2020**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.05.02 WUP 18/2023**

(51) MKP:

**E02B 3/04** (2006.01)

**E02D 17/20** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**MICHAŁ PELCZARSKI, Wrocław, PL**

(54) Tytuł:

**Aktywna osłona przeciwerozyjna**

**PL 242815 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest aktywna osłona przeciwoerozyjna przeznaczona do stosowania w konstrukcji progów podwodnych i falochronów służących do ochrony linii brzegowych lub ścian obudowujących nabrzeże portowe. Przedmiotowe rozwiązanie przeznaczone jest do zabezpieczania przed erozją denną i brzegową nowych oraz istniejących obiektów zanurzonych w wodzie, między innymi obiektów inżynierskich, gdzie niedopuszczalne są przemieszczenia/obroty fundamentu. Rozwiązanie ma za zadanie wygaszanie energii fal.

Erozja dna następuję z reguły od horyzontalnego składnika, prędkości cyrkulujących cząstek wody, który po przekroczeniu prędkości krytycznej dla danego typu gruntu powoduje unoszenie lżejszych frakcji i ich wypłukiwanie. Cyrkulacja przydenna cząstki wody może mieć geometrię kołową, eliptyczną a najczęściej liniową, gdzie ruch od falowania wywołuje przesunięcia cząstki wody tam i z powrotem wzdłuż dna. Prędkości przydennych cząstek wody ulegają dodatkowemu wzmocnieniu w kontakcie z ciałem sztywnym fundamentu. Zaburzenia wirowe nabierają energii, a ich rosnące prędkości dodatkowo powiększają skalę erozji. Na erozję dna oraz brzegu wokół fundamentu obiektu zanurzonego w wodzie wpływ mają następujące czynniki: nurt rzeki, zawirowania, naturalne dla danego regionu prądy morskie, strumienie związane z pływami, strumienie wzbudzone poprzez (sztormowe) falowanie powierzchni morza oraz strumienie spływające pionowo po powierzchni konstrukcji w kierunku fundamentów, geometria fundamentu oraz ukształtowanie terenu przyległego. W bliskim sąsiedztwie konstrukcji hydrotechnicznych posadowionych na piaszczystym dnie morskim powstają przegłębienia (erozja). Niekontrolowana erozja wokół konstrukcji grozi utratą stateczności, co w konsekwencji może prowadzić do awarii i/lub katastrofy budowlanej. W celu ochrony obiektu budowlanego przed erozją stosuje się środki zapobiegawcze. Najczęściej fundament konstrukcji obudowuje się narzutem kamiennym, to jest sztywnym korpusem budowlanym otrzymanym z litych wyłomów skalnych (najczęściej kamieni). Zastosowanie narzutu kamiennego powoduje, że erozja dna powstaje na zakończeniu konstrukcji narzutowej a nie w sąsiedztwie fundamentu. Niekontrolowane postępowanie procesów erozyjnych na zakończeniu narzutu po pewnym czasie może jednak prowadzić do utraty stabilności a w konsekwencji do awarii/katastrofy budowlanej. Z przeprowadzanych badań wynika, że mimo zastosowania progów, w południowej części cypla Orłowskiego krawędź klifu pomiędzy 2008 a 2009 roku uległa cofnięciu (zerodowaniu). Ten odcinek brzegu był eksponowany na szczególnie silne spiętrzenie sztormowe podchodzące z kierunku NE w połowie października 2009 roku, które spowodowało zniszczenie plaż nad Zatoką Gdańską (w tym czasie uszkodzeniu uległo molo w Sopocie). Przegłębienie dna (naziom dolny) w pobliżu ściany oporowej może prowadzić do utraty stateczności naziomu górnego wokół powierzchni poślizgu. Zaleca się sprawdzanie głębokości dna basenu portowego co pół roku przy użytkowaniu intensywnym i po każdym sztormie w przypadku falochronu. W przypadku stwierdzenia wystąpienia przegłębienia krytycznego konieczne jest jego zasypanie oraz podwodne zagęszczenie. Stosowanie płyty betonowej posiada wadę małej podatności na nierównomierne osiadanie, co w efekcie prowadzi do pęknięcia płyty i wymywania gruntu spod płyty. Zaleca się również wykonanie szykan w płycie celem zmniejszenia prędkości cząstek wody. Głębokość akwenu winna pozwolić na rozproszenie energii strumienia zaśrubowego. Obecnie obserwuje się tendencję do stabilizacji brzegu oraz dna przy zastosowaniu geo-tekstylnych materiałów powłokowych wypełnionych piaskiem lub zaprawą. Wadą tych rozwiązań jest sztywne zachowanie i brak możliwości sprawnego usuwania i rekonfiguracji położenia osłon w przypadku, gdy nie będą spełniały już swych funkcji. Negatywne skutki uboczne budowy falochronów i progów, to pogłębienie dna bezpośrednio przed i za konstrukcją (erozja), ograniczanie wymiany wody pomiędzy morzem a odcięta jego częścią przez konstrukcję falochronu. Metody wymiarowania falochronów brzegowych bazują na wiedzy empirycznej. Oznacza to, że podczas projektowania falochronu można w relatywnie łatwy sposób popełnić błąd, nie doszacowując obciążeń hydrodynamicznych. W przypadku falochronów narzutowych ewentualny błąd wyznaczania obciążeń, a co za tym idzie awarii budowlanej (obsunięcie się odłamów skalnych itp.) można łatwo usunąć poprzez wprowadzenie kolejnych elementów bloków skalnych. Falochrony narzutowe są w tym przypadku traktowane jako konstrukcje giętkie. W przypadku konstrukcji sztywnych nie ma takiej możliwości. Niewłaściwe zwymiarowanie konstrukcji sztywnej lub wystąpienia zapadania się obiektu, jest niemożliwe do usunięcia zwyczajowymi środkami technicznymi. Oznacza to, że w praktyce inżynierskiej falochronów skrzyniowych nie stosuje się do ochrony brzegów morskich.

Ze zgłoszenia patentowego GB2348230 znany jest materac ochronny służący do ochrony rurociągów podwodnych, który zawiera wiele bloków połączonych ze sobą przez giętkie połączenia,

które umożliwiają ograniczony ruch każdego bloku w stosunku do bloków sąsiadujących. Co najmniej jedna krawędź materaca zawiera wiele bloków, z których każdy ma górną powierzchnię, dolną powierzchnię, parę powierzchni końcowych, wewnętrzną powierzchnię boczną oraz powierzchnię zewnętrzną. Powierzchnia zewnętrzna jest pochyla wewnętrznie w górę od dolnej powierzchni do górnej powierzchni, do regionów przejściowych pomiędzy powierzchnią dolną oraz do zewnętrznej powierzchni bocznej, przy czym zewnętrzna powierzchnia boczna i górna powierzchnia są zaokrąglone.

Z amerykańskiego opisu patentowego US6171022 znane jest zastosowanie sztucznych wodorostów i traw, mających za zadanie wytracenie energii wirów wodnych tworzących się wokół przeszkody.

Z brytyjskiego zgłoszenia patentowego GB2468041 znane są materace ułożone z łączonych zużytych opon samochodowych.

Z koreańskiego opisu patentowego KR100471670 znany jest blok służący do ochrony brzegu składający się z betonu o strukturze porowatej, gdzie pory wypełnione są mieszkanką organiczną.

Z amerykańskiego zgłoszenia patentowego US4114394 znane jest zapobieganie erozji dna morskiego. W rozwiązaniu tym stosuje się ruchome płyty mocowane przegubowo do pionowych ścian fundamentu, opuszczane następnie na dno po osadzeniu fundamentów. Płyty takie obsypane kruszywem stanowią osłony fundamentu przed strumieniem napływającym z góry oraz od czoła.

Z brytyjskiego zgłoszenia patentowego GB2009289 znana jest metoda zabezpieczenia podwodnych konstrukcji, która zawiera co najmniej jedną nogę zaopatrzoną w osłonę z elastycznej nieprzepuszczalnej dla wody membrany i tworzącej zamkniętą torbę, którą po wypoziomowaniu platformy wypełnia się wodą i materiałem w postaci cząstek stałych, na przykład żwiru, piasku, jonów rudy. Mieszankę wprowadza się za pośrednictwem co najmniej jednej rury. Na kolumnach głównej platformy stosuje się również perforowane osłony lub perforowane ściany mające za zadanie pochłaniania energii fal, jak na przykład według brytyjskiego zgłoszenia patentowego GB1439288 opisującego stosowanie osłony pionowej trzonu wyposażonej w system dysz utrudniających i regulujących przepływ wody wokół trzonu. W przypadku niekorzystnych prądów spływających po kolumnie platformy, krawędź górną płyty fundamentu profiluje się z odpowiednim występem celem uzyskania korzystnego efektu zwiększającego depozyt gruntu wokół fundamentu. Na głowicach pali, stabilizujących fundament, umieszcza się przesuwne pierścienie o profilu odrzucającym strumienie, tak jak ujawniono w kanadyjskim zgłoszeniu patentowym CN101638900. Przesuwne łącze umożliwia przemieszczanie się osłony wraz z pogłębiającą się erozją i jej aktywne przeciwdziałanie. Dla zmniejszenia obciążeń działających na konstrukcję fundamentów pochodzących od wirów w brytyjskim zgłoszeniu patentowym GB2162610 zaproponowano system pierścieni lub sferycznych form mocowanych do opływającego elementu mających za zadanie destabilizację wirów.

W koreańskim opisie patentowym KR101428628B1 ochronę przed zjawiskiem erozji dennej stanowi siatka wypełniona kruszywem, która posiada patentowe węzły. Wadą rozwiązania jest nieszczelność w kryciu dna. Zaletą, ewentualne dynamiczne przemieszczanie w kierunku kawerny. Możliwe jest również zatonięcie w dnie tego systemu.

Koreański opis patentowy KR100607237B1 ujawnia rozwiązanie dotyczące geometrii warstw w przekroju falochronu. Zastosowanie trójkątnego zagłębienia warstw zewnętrznych umożliwia pełniejsze zakotwienie tych warstw w korpusie oraz zabezpieczenie ich przed zsunieniem.

Europejskie zgłoszenie patentowe EP3228754A1 ujawnia osłonę podciśnieniowego pala rozwijaną wokół pala nad dnem. Rozwijane osłony nie pokrywa całości dna wokół pala. Materiał osłony nie przywiera do zmieniającej się geometrii dna.5A

Amerykański dokument patentowy US6896445B1 ujawnia modułową sztuczną rafę składającą się z gotowych powtarzalnych segmentów układanych jeden na drugim. Moduły wstawiane są w specjalne systemowe łoża leżące na dnie. Wadą tego rozwiązania jest znikome zabezpieczenie przed erozją dna a nawet jej wzmocnienie w pobliżu osłon.

Amerykański dokument patentowy US818141 ujawnia próg podwodny załamujący fale morskie w celu ochrony brzegu i dna przed erozją. Profile progu są prefabrykowanymi skrzyniami kotwionymi ślimaczymi. Wadą rozwiązania jest wzmożone erodowanie dna wokół sztywnych skrzyń, a w konsekwencji zwiększenie momentów zginających trzpienie śrub lub znaczne osłabienie kotwienia.

Z polskiego opisu patentowego PL.221944 znana jest osłona przeciwoerozyjna, która zabezpiecza fundamenty nowych jak i istniejących obiektów zanurzonych w wodzie przed zjawiskiem erozji dna ze szczególnym uwzględnieniem grawitacyjnych fundamentów morskich, platform wydobywczych fundamentów wirników morskich elektrowni wiatrowych, fundamentów mostów oraz innych fundamentów

konstrukcji inżynierskich, gdzie niedopuszczalne są przemieszczenia i obroty fundamentu. Osłona zawiera pionową powłokową osłonę wypełnioną częściowo wodą oraz co najmniej jedną poziomą powłokową osłonę wypełnioną wodą zbudowaną z powierzchni górnej oraz powierzchni dolnej, przy czym pozioma powłokowa osłona wyposażona jest w pionowe przegrody, pomiędzy którymi umieszczone są betonowe kule i jest zamocowana do nabrzeża elementem mocującym.

Z polskiego opisu patentowego PL222556 znana jest osłona przeciwoerozyjna znajdująca zastosowanie do ochrony brzegów naturalnych oraz sztucznie wykonanych, która zawiera pionowe powłokowe osłony wypełnione częściowo wodą, w których w górnych częściach znajdują się przestrzenie powietrzne, przy czym pionowa powłokowa osłona zamocowana jest do krat, które wyposażone są w kotwy mocujące.

Celem według wynalazku jest rozwinięcie konstrukcji ostatnich dwóch rozwiązań.

Aktywna osłona przeciwoerozyjna w postaci, wypełnionego wodą oraz obłymi elementami o ciężarze większym od ciężaru wody, zamkniętego zbiornika, którego ściankę stanowi powłoka, która jest podatna na odkształcenia energią fali wodnej, i który osadzony jest na żelbetowym obiekcie hydrotechnicznym, **według wynalazku charakteryzuje się tym**, iż zbiornik poza obszarem czoła wzmocniony jest falistym gumowym żebrzem, które zamocowane jest do wewnętrznej powierzchni jego powłoki i którego przeciwległe odcinki połączone są gumowymi cięgnami pochłaniającymi energię podczas deformacji, zamieniając ją na pracę odkształcenia.

Korzystnie, obłe elementy stanowią kule betonowe o średnicy od 100 do 300 mm albo otoczaki o pojedynczej frakcji z zakresu 100–300 mm.

Korzystnie, obłe elementy stanowi kruszywo łamane przeszlifowane w młynach o frakcji 16–32 mm.

Korzystnie, stanowiąca ściankę zbiornika powłoka podatna na odkształcenia energią fali wodnej utworzona jest z gumy o grubości co najmniej 5 mm.

Korzystnie, stanowiąca ściankę zbiornika powłoka podatna na odkształcenia energią fali wodnej utworzona jest gumy typu EPDM.

Korzystnie, wewnątrz zbiornika podzielone jest przegrodami wydzielającymi w zbiorniku komory.

Korzystnie, żelbetowy obiekt hydrotechniczny stanowi falochron, a zbiornik zamocowany jest na koronie falochronu.

Korzystnie, w ścianie czołowej falochronu, na której zamocowany jest zbiornik, utworzone są wnęki, w których osadzone są wypełnione wodą zbiorniki, których powłoka utworzona jest z materiału podatnego na odkształcenia energią fali wodnej.

Korzystnie, w falochronie, do którego zamocowany jest zbiornik, utworzone są tunele, w których osadzone są wypełnione wodą zbiorniki, których powłoka utworzona jest z materiału podatnego na odkształcenia energią fali wodnej.

Korzystnie, żelbetowy obiekt hydrotechniczny stanowi próg podwodny albo okresowo zalewany, a zbiornik zamocowany jest do korony progu.

Korzystnie, do korony progu zbiornik zamocowany jest za pośrednictwem żelbetowej płyty profilowanej, na której jest osadzony.

Korzystnie, żelbetowy obiekt hydrotechniczny stanowi falochron, a zbiornik zamocowany jest do ściany czołowej falochronu.

Korzystnie, zbiornik wzdłużnie zestawiony jest z rozmieszczonymi po obu jego stronach, wypełnionymi wodą i obłymi elementami, zbiornikami czołowymi w postaci zamkniętych form powłokowych, których powłoka utworzona jest z materiału podatnego na odkształcenia energią, przy czym zbiornik osadzony jest w, stanowiącej żelbetowy obiekt hydrotechniczny, żelbetowej formie korytkowej.

Korzystnie, powierzchnia zewnętrzna powłoki zbiornika wyposażona jest w otwarte od góry kieszenie, które posiadają otwory o zmieniających się średnicach w miarę rosnącej wysokości kieszeni.

Zastosowanie falistego gumowego żebra, jak w rozwiązaniu według wynalazku, ma za zadanie liniowe usztywnienie powłoki i zmniejszenie jej deformacji od pól sił działających od fali morskiej. Zbiorniki pełnią rolę narzutu kamiennego przeciwdziałającego erozji dna na zakończeniach konstrukcji progów, rew lub falochronów. Obłe elementy w obrębie zbiorników przemieszczają się swobodnie, elastycznie i dynamicznie dostosowując kształt zbiornika do aktualnego pola ciśnień falowych/prądowych. W tym zastosowaniu powłokę zbiornika wzmocnienia się (poza obszarem czoła zbiornika) falowanym żebrzem z gumy, którego przeciwległe odcinki łączy się gumowymi cięgnami pochłaniającymi energię podczas deformacji, zamieniając ją na pracę odkształcenia. Zbiorniki w całości wytwarza się z gumy, korzystnie gumy typu EPDM. Grubość powłoki (ścianki) zbiornika nie powinna przekraczać 5 mm z uwagi na to, iż musi zachowywać ona maksymalną elastyczność w kontakcie z ziarnami piasku.

Zbiorniki wytwarza się w długości na przykład 12 m. Zbiorniki dzielone są wewnętrznymi przegrodami, dla zachowania szczelności komór w razie awarii jednej z nich. Podział zbiornika na komory zapobiega niepożądanemu przesypywaniu się obłych elementów wypełniających. Aktywne osłony w postaci zbiorników mocowanych do korony progu podwodnego albo progu okresowo zalewanego nie mają kontaktu z dnem, a bezpośrednio stykają się z górnymi partiami fal przenoszących około 75% energii fali. Zadaniem zbiorników w konstrukcji według wynalazku mocowanych do korony progu jest wywołanie szybszego załamania fali i rozproszenia jeszcze na progu uderzenia po załamaniu fali lub też załamanie fali za falochronem jeszcze na głębokiej wodzie, co chroni dno przed rozmyciem. Z uwagi na sposób umiejscowienia powyższe zbiorniki narażone są na uderzenia mechaniczne ciał pływających oraz duże prędkości przepływu i ciśnienia. Powłoka takich zbiorników powinna mieć grubość co najmniej 5 mm, korzystnie pomiędzy 10 a 25 mm. Co do zasady powłokę takich zbiorników wytwarza się z gumy zbrojonej siatką z włókien sztucznych. Technologię wytwarzania, zbrojenia i łączenia tych gum można zaadaptować z technologii górniczych przenośników taśmowych. Dla zmniejszenia w nich sił i deformacji oraz zapewnienia możliwości szybkiej wymiany uszkodzonego zbiornika w opisywanej adaptacji stosuje się zbiorniki o długości do 4 m, które trwale mocowane są do żelbetowej płyty profilowanej, wraz z którą są montowane do korony progu, na przykład przy użyciu wkręcanych łączników. Demontaż zbiornika następuje wraz z płytą profilowaną. Ruch zbiornika według wynalazku polega na przemieszczaniu się jego szczytu zgodnym z wektorem prędkości cząstek wody przemieszczającej się w fali i nagłym płynnym wyhamowaniu tego ruchu (sprężystość gumowej powłoki), co zmusza wodę (dzięki siłom lepkości) do utworzenia wiru rotora o osi poziomej. Podobne zjawisko występujące w jazach o sztywnej koronie i profilu naturalnym nazywane jest odskokiem hydraulicznym (odskok Bidone'a). Woda z przepływu nadkrytycznego przechodzi do przepływu podkrytycznego. Pofałdowana geometria płyty betonowej sprzyjać ma przejściu sił poziomych z deformującą się powłoką.

Aktywne formy osłonowe w postaci form powłokowych mocowanych do ścian pionowych falochronu lub ścian obudowujących nabrzeże portowe mają za zadanie zmniejszenie współczynnika odbicia fali od falochronu lub nabrzeża. W powyższym celu stosuje się również wbudowywanie zbiorników we wnęki skrzyni falochronu portowego. W takiej adaptacji w formach powłokowych steruje się ich ciśnieniem wewnętrznym, tak aby ich charakterystyki tłumiące były dostosowane do faktycznie generujących się w basenie fal. Zastosowanie aktywnych osłon w ścianie falochronu umożliwia sterowanie współczynnikiem odbicia, co w klasycznych rozwiązaniach uzyskiwane jest poprzez zastosowanie narzutu kamiennego lub/i narzutu prefabrykowanego z gwiazd-bloków.

Rozwiązanie według wynalazku ma korzystny wpływ na przebudowę dna morskiego w otoczeniu konstrukcji hydrotechnicznych (pala, progu podwodnego i nabrzeża portowego) ustaje erozja.

Kolejną zaletą rozwiązania według wynalazku jest relatywnie mała objętość materiałów tworzących aktywne osłony z uwagi, iż ich wypełnienie stanowi zasadniczo woda a nie kosztowne kruszywo. Osłona według wynalazku reaguje aktywnie w zależności od warunków zewnętrznych, dostosowując się do nich i zwiększając tym samym efekty tłumienia energii strugi. Zaletą rozwiązania jest również prostota montażu i ewentualnej wymiany. Zbiorniki chroniące fundamenty platform mogą być zintegrowane (wbudowane przed zanurzeniem) z podstawą fundamentu i napełniane wodą po fazie ustawiania fundamentu. Zbiorniki według wynalazku wypełnione wodą wykazują bardzo podobne cechy jak ośrodek, w którym są zanurzone. Z uwagi, iż korona zatopionego progu znajduje się co najmniej 60 cm poniżej zwierciadła wody w czasie zimy zawarta w nich woda nie ulegnie zamarznięciu, a wzrost objętości wody w stanie lodowym nie spowoduje uszkodzenia gumy. Geometria zbiorników może być między innymi walcowa o przekroju trójkąta powłokowego, walca eliptycznego, hiperboloidy obrotowej, beczki oraz zespołu równoległych płaskich arkuszy i innych. Stopień wypełnienia zbiornika według wynalazku wodą ustala się w zależności od potrzebnej sztywności ścianki zbiornika i jego podatności na deformację pod działaniem napływających wirów w zastosowaniach przydennych. Stopień wypełnienia wnętrza zbiornika obłymi elementami w postaci kul betonowych bądź otoczków również podlega zasadzie optymalizacji stosownie do lokalnej sytuacji, w zależności od stopnia balastowania, jaki chcemy uzyskać docelowo. Obłe elementy mają jednakowe średnice. Wnętrze formy zbiornika dzieli się przegrodami na komory, aby zapobiec niekontrolowanemu przemieszczaniu się obłych elementów oraz zabezpieczyć pracę zbiornika według wynalazku w przypadku rozszczelnienia jednej z komór. Zadaniem obłych elementów jest ich przemieszczanie się do miejsca najniższego, w którym w wyniku erozji powstało lokalne obniżenie dna. Przemieszczanie się obłych elementów wynika z ich dążenia do zachowania minimum energii potencjalnej oraz z chwilowego stanu równowagi osłony z oddziaływującymi wirami. Względna swoboda przemieszczeń jest tu bardzo istotnym czynnikiem zapewniającym

aktywną reakcją osłony na erozję dna. Zbiornik według wynalazku będzie więc stale poddawać się zmiennym warunkom zewnętrznym, a przemieszczające się w niej obłe elementy będą za sobą ciągnęły zbiornik, prowadząc ostatecznie do wypełnienia powstałego w dnie obniżenia. W powyższej sytuacji strumień, który wywołał powstanie zagłębienia, zostanie wyhamowany, a jego nowa konfiguracja może wpływać na fundament pozytywnie poprzez zwiększanie depozytu niesionej materii w innych okolicach osłanianego fundamentu.

Rozwiązanie według wynalazku aktywnie reaguje na zmiany i posiada cechy ośrodka, przed którym ma chronić. W rozwiązaniu wykorzystuje się zjawisko tłumienia energii wirów powstających w ośrodku wodnym, w którym zanurzony jest obiekt, które polega na stopniowym tłumieniu ich energii poprzez ich pracę na odkształceniach powłoki zbiornika poziomej oraz pionowej. Pozwala to na rozpraszanie energii a nie wzmacnianie jej dodatkowo, jak to ma miejsce na powierzchniach wszelkich „sztywnych” obiektów. Praca wirów wywołuje ciągłą deformację kształtu zbiornika, a zmiana jego kształtu prowadzi do dalszej dezintegracji wiru. Dezintegracja oraz osłabienie energii wirów prowadzi do zapobiegania erozji wrażliwego na wyłukiwanie dna. Dodatkowo, zewnętrzna powierzchnia powłoki zbiornika może być uszorstniona licznymi wypustkami lub wyposażona w inne gumowe narośla.

Rozwiązanie według wynalazku ma korzystny współczynnik transmisji fali nad progiem podwodnym oraz korzystny współczynnik odbicia fali od czoła falochronu.

Przedmiot wynalazku został uwidoczniony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia w widoku z boku aktywną osłonę przeciwerozyjną w pierwszym przykładzie wykonania, fig. 2 – aktywną osłonę przeciwerozyjną w drugim przykładzie wykonania w widoku od czoła, fig. 3 – aktywną osłonę przeciwerozyjną w przekroju wzdłuż linii A-A z fig. 2, fig. 4 – w przekroju poprzecznym aktywną osłonę przeciwerozyjną w trzecim przykładzie wykonania, fig. 5 – aktywną osłonę przeciwerozyjną w czwartym przykładzie wykonania w widoku od czoła, fig. 6 – aktywną osłonę przeciwerozyjną w przekroju wzdłuż linii A-A z fig. 5, fig. 7 – aktywną osłonę przeciwerozyjną w piątym przykładzie wykonania w widoku od czoła, fig. 8 – aktywną osłonę przeciwerozyjną w przekroju wzdłuż linii A-A z fig. 7, a fig. 9 – aktywną osłonę przeciwerozyjną w przekroju w przykładzie wykonania szóstym.

#### **Przykład 1 fig. 1**

Aktywna osłona przeciwerozyjna w przykładzie wykonania pierwszym według wynalazku ma postać rewy sztucznej o wysokim stopniu rozbudowania. Rewę tworzą rozmieszczone w trzech, przystających do siebie, rzędach, zbiorniki 1, 9, 10, wypełnione wodą morską oraz spoczywającymi w ich dolnej części obłymi elementami 2 o ciężarze większym od ciężaru wody. Każdy zbiornik 1, 9, 10 ma postać zamkniętej formy powłokowej, której powłoka (ścianka) w całości utworzona jest z materiału podatnego na odkształcenia energią fali wodnej. Powłoka (ścianka) każdego zbiornika 1, 9, 10 w całości utworzona jest z gumy typu EPDM o grubości 5 mm. Umiejscowione w zbiornikach 1, 9, 10 obłe elementy 2 stanowią kule betonowe o średnicy od 100 do 300 mm albo otoczaki o pojedynczej frakcji z zakresu 100–300 mm. Każdy wchodzący w skład rewy zbiornik 1 środkowego rzędu osadzony jest w żelbetowym obiekcie hydrotechnicznym w postaci ułożonej na piaszczystym dnie morskim żelbetowej formy korytkowej 11. Forma korytkowa 11 do dna morskiego zamocowana jest za pośrednictwem kotew 5. Geometria zbiornika 1 środkowego rzędu jest podłużnego, walcowato-obłego kształtu. Geometrie zbiorników 9, 10 rzędów zewnętrznych są podłużno-walcowato-trójkątnego kształtu. Czołowe zbiorniki 9, 10 (zbiorniki zewnętrznych rzędów) zestawione są przyległe z zewnętrznymi powierzchniami pionowych ścianek formy korytkowej 11 i zamocowane są do nich za pośrednictwem kotew 5. Czołowe zbiorniki 9, 10 wyposażone są w odchodzący od ich najwyżej położonej krawędzi fartuch 12, który nałożony jest na górną powierzchnię pionowych, przyległych do zbiorników 9, 10, ścianek formy korytkowej 11. Fartuch 12 zapobiega wlewaniu się wody w miejsce przyległego zestawienia zbiorników 9, 10 czołowych i formy korytkowej 11. Każdy zbiornik 1, 9, 10 poza obszarem czoła wzmocniony jest, odchodzącym do wewnętrznej powierzchni tworzącej go ścianki, falistym gumowym żebrzem 13 o wysokości do 12 cm. Przeciwległe odcinki żebra 13 połączone są gumowymi cięgnami 14, które pochłaniają energię podczas deformacji, która zamieniana jest na pracę odkształcenia. Ułożone w powyższym układzie na dnie morskim zbiorniki 1, 9, 10 zabezpieczone są przed poderwaniem/obróceniem nałożoną na ich powierzchnię wierzchnią konstrukcją 4 w postaci lin albo siatki, których końce lub krawędzie zamocowane są do utwierdzonych w dnie morskim kotew 5. W zbiornik 1 wbudowany jest zawór wlewowy/wylewowy wody oraz zawór odpowietrzający. Zbiornik 1 zabezpieczony jest przed poderwaniem/obróceniem nałożoną na jego powierzchnię wierzchnią konstrukcją 4 w postaci lin albo siatki, których końce czy krawędzie zamocowane są do utwierdzonych w dnie morskim kotew 5 helikalnych czy talerzowych wkręcanych.

**Przykład 2 fig. 2, 3**

Aktywna osłona przeciwerozryjna w przykładzie wykonania drugim według wynalazku przedstawia falochron skrzyniowy z koroną o karbowanej powierzchni (żelbetowy obiekt hydrotechniczny), na której osadzone są jeden obok drugiego zbiorniki 1. Aktywna osłona przeciwerozryjna w tym przykładzie wykonania zbudowana jest z wypełnionej kruszywem 15 w postaci piasku lub żwiru prefabrykowanej żelbetowej skrzyni 16 od góry zamkniętej żelbetową płytą profilowaną 17, o karbowanej powierzchni wierzchniej, na której umiejscowione są jeden obok drugiego, licząc wzdłuż długości falochronu, zbiorniki 1 wypełnione wodą morską oraz spoczywającymi w ich dolnej części obłymi elementami 2 o ciężarze większym od ciężaru wody. Każdy zbiorniki 1 ma postać zamkniętej formy powłokowej, której powłoka (ścianka) w całości utworzona jest z materiału podatnego na odkształcenia energią fali wodnej. Powłoka (ścianka) każdego zbiornika 1 w całości utworzona jest z gumy typu EPDM o grubości od 10 do 25 mm. Umiejscowione w zbiornikach 1 obłe elementy 2 stanowią kule betonowe o średnicy od 100 do 300 mm lub przeszlifowane w młynach kulowych kruszywo łamane z zakresu 16–32 mm, na przykład KGHM Metraco Grys gruby 22 mm albo otoczaki o pojedynczej frakcji z zakresu 100–300 mm. Każdy zbiornik 1 do płyty zamocowany jest kotwami 5 zamocowanymi w ściankach zbiornika 1 i spoczywa przyległe na karbowanej powierzchni płyty 17. W każdy zbiornik 1 wbudowany jest zawór wlewowy/wylewowy wody 7 oraz zawór odpowietrzający 8. Każdy zbiornik 1 poza obszarem czoła wzmocniony jest, odchodzącym do wewnętrznej powierzchni tworzącej go ścianki, falistym gumowym żebrzem 13 o wysokości do 12 cm. Przeciwległe odcinki żebra 13 połączone są gumowymi cięgnami 14, które pochłaniają energię podczas deformacji, zmieniając ją na pracę odkształcenia. Zbiorniki 1 przed poderwaniem/obróceniem zabezpieczone są nałożoną na ich powierzchnię wierzchnią konstrukcją 4 w postaci lin lub siatki, których końce bądź krawędzie zamocowane są do utwierdzonych w płycie kotew 5. Tworzące falochron prefabrykowane żelbetowe skrzynie 16 ze zbiornikami 1 ustawia się na dnie morskim. Zamocowanie podatnego na odkształcenia energią fali wodnej zbiornika 1 na koronie przyczynia się do zwiększenia dyssypacji energii fali przechodzącej ponad koroną falochronu. Ruch/praca podatnego na odkształcenia zbiornika 1 polega na przemieszczaniu się jego szczytu zgodnym z wektorem prędkości cząstek wody przemieszczającej się w fali oraz nagłym płynnym wyhamowaniu tego ruchu (dzięki sprężystości gumowej powłoki zbiornika 1 i wewnętrznych gumowych cięgien 14). Zmusza to wodę (dzięki siłom lepkości) do tworzenia wiru rotora o osi poziomej na długości korony lub zaraz za krawędzią korony. Rotacja wiru jest przeciwna do kierunku przelewającej się nad koroną wody.

**Przykład 3 fig. 4**

Aktywna osłona przeciwerozryjna w przykładzie wykonania trzecim według wynalazku utworzona jak w przykładzie wykonania drugim z tą różnicą, iż prefabrykowana żelbetowa skrzynia 16, na której umiejscowione są zbiorniki 1, wzdłuż osi falochronu, po obu swoich stronach zestawiona jest z niższymi od niej formami korytkowymi 18, 19 wypełnionymi narzutem kamiennym 20. Do zewnętrznych powierzchni czołowych pionowych ścianek form korytkowych 18, 19 zamocowane są przyległe, spoczywające na piaszczystym dnie morskim dodatkowe, czołowe zbiorniki 9, 10, wypełnione wodą morską oraz spoczywającymi w ich dolnej części obłymi elementami 2 o ciężarze większym od ciężaru wody. Każdy czołowy zbiornik 9, 10 ma postać zamkniętej formy powłokowej, której powłoka (ścianka) w całości utworzona jest z materiału podatnego na odkształcenia energią fali wodnej. Powłoka (ścianka) każdego czołowego zbiornika 9, 10 w całości utworzona jest z gumy typu EPDM o grubości 5 mm. Geometrie dodatkowych, czołowych zbiorników 9, 10 są podłużno-walcowato-trójkątnego kształtu. Umiejscowione w czołowych zbiornikach 9, 10 obłe elementy 2 stanowią kule betonowe o średnicy od 100 do 300 mm albo otoczaki o pojedynczej frakcji z zakresu 100–300 mm. Każdy czołowy zbiornik 9, 10 poza obszarem czoła wzmocniony jest, odchodzącym do wewnętrznej powierzchni tworzącej go ścianki, falistym gumowym żebrzem 13 o wysokości do 12 cm. Przeciwległe odcinki żebra 13 połączone są gumowymi cięgnami 14, które pochłaniają energię podczas deformacji, zmieniając ją na pracę odkształcenia. Czołowe zbiorniki 9, 10 do przyległych im zewnętrznych powierzchni pionowych ścianek formy korytkowej 18, 19 zamocowane są za pośrednictwem kotew 5. Dodatkowo, czołowe zbiorniki 9, 10 wyposażone są w odchodzący od ich najwyżej położonej krawędzi fartuch 12, który nałożony jest na górną powierzchnię, pionowych, przyległych do nich, ścianek form korytkowych 18, 19. Fartuch 12 zapobiega wlewaniu się wody w miejsce przyległego zestawienia czołowych zbiorników 9, 10 i formy korytkowej 18, 19. Prefabrykowana żelbetowa skrzynia 16 i zestawione z nią formy korytkowe 18, 19 nie są ze sobą połączone mechanicznie, po to aby umożliwić swobodne ich osiadanie. Uszczelnienie pomiędzy nimi ma postać gumowych fartuchów 21 oraz narzutu kamiennego 20 wrzucanych w dyblową

szczelinę między ich ściankami. Ponadto, do prefabrykowanej żelbetowej skrzyni 16 zamocowana jest mata z geowłókniny 22 zabezpieczająca wypłukiwanie/erodowanie dna pomiędzy skrzynią 16 a formami korytkowymi 18, 19. Opcjonalnie możliwe jest zastosowanie kesonów 23 pozwalających na podciśnieniowe kotwienie czołowych zbiorników 9, 10 do dna morskiego. Zespół skrzyni 16 i form korytkowych 18, 19 układa się na wcześniej przygotowanym podłożu z kruszywa/tłuczni, przy czym czołowe zbiorniki 9, 10, aby zapobiegać erozji, powinny już spoczywać na dnie piaszczystym.

#### **Przykład 4 fig. 5, 6**

Aktywna osłona przeciwerozyjna w przykładzie wykonania czwartym według wynalazku utworzona jak w przykładzie wykonania drugim z tą różnicą, iż w prefabrykowanej żelbetowej skrzyni 16, na której osadzone są zbiorniki 1, utworzone są cztery, dwa dolne i dwa górne, tunele 24, 25, których wloty zasłonięte są siatką 27. Tunele 25 dolne mają faliste, wyprofilowane w betonie dno. W tunelach 24 górnych umiejscowione są zbiorniki 28 wypełnione wodą i obłymi elementami 2 o ciężarze większym od ciężaru wody. Dodatkowe zbiorniki 28 mają konstrukcję i są wypełnione elementami obłymi jak w powyższych przykładach wykonania według wynalazku. Umiejscowione na wlotach tuneli siatki 27 utrzymują zbiorniki 28 w tunelach 24 oraz zapobiegają dostawaniu się do tuneli 24 większych od ziaren piasku elementów. Tunele 24, 25 są prostopadłe do osi wzdłużnej budowanego falochronu.

#### **Przykład 5 fig. 7, 8**

Aktywna osłona przeciwerozyjna w przykładzie wykonania piątym według wynalazku utworzona jak w przykładzie wykonania drugim z tą różnicą, iż w czołowej ścianie prefabrykowanej żelbetowej skrzyni 16, na której osadzone są zbiorniki, utworzone są cztery, dwie dolne i dwie górne, wnęki (komory) 29, w których umiejscowione są wypełnione wodą zbiorniki 30. Zbiorniki 30 wykonane są jak w powyższych przykładach wykonania. Otwory wlotowe do wnęk 29 zamknięte są siatką 27 utrzymującą zbiorniki 30 we wnękach 29. Dodatkowo, zbiorniki 30 kotwione są do tylnych ścianek przynależnych im wnęk 29. Falochron według tego typu lepiej reaguje na różnego rodzaju fale stojące, odbijające się i załamujące na ścianie oraz za koroną.

#### **Przykład 6 fig. 9**

Aktywna osłona przeciwerozyjna w przykładzie wykonania szóstym według wynalazku utworzona jest z zamkniętego zbiornika 1, którego wewnątrz w całości wypełnione jest wodą morską oraz spoczywającymi w jego dolnej części obłymi elementami 2 o ciężarze większym od ciężaru wody. Zbiornik 1 ma postać zamkniętej formy powłokowej. Zamknięta forma powłokowa (zbiornik 1) ma powłokę w całości utworzoną z materiału podatnego na odkształcenia energią fali wodnej. Powłoka (ścianka) zbiornika 1 w całości utworzona jest z gumy typu EPDM o grubości 5 mm. Umiejscowione w zbiorniku 1 obłe elementy 2 stanowią kule betonowe o średnicy od 100 do 300 mm albo otoczaki o pojedynczej frakcji z zakresu 100–300 mm. Geometria zbiornika 1 jest podłużnego, walcowato-obłego kształtu. Zbiornik 1 po długości podzielony jest przegrodami wydzielnymi w nim komory. Zbiornik 1 zawieszony jest na ścianie betonowego pirsu 3. Zawieszenie zbiornika 1 na ścianie pirsu 3 zrealizowane zostało poprzez umiejscowienie go w siatce 6 zamocowanej do ściany pirsu 3, nad zbiornikiem 1. Siatka 6 zamocowana jest przy użyciu kotew 5. W zbiornik 1 wbudowany jest zawór wlewowy/wylewowy wody oraz zawór odpowietrzający. Poprzez wpompowywanie/wypompowywanie wody przy użyciu pompy steruje się stopniem napięcia zbiornika 1. Zbiornik 1 zawieszony jest nad dnem morskim. Siatka 6 utrzymująca zbiornik 1 jest wyposażona w eliptyczny otwór zabezpieczony pierścieniem rozciągającym 31. Powierzchnia zewnętrzna powłoki zbiornika 1 wyposażona jest w kieszenie 32 o kilku rozmiarach wykonane z arkuszy gumowych wulkanizowanych do powłoki zbiornika 1. Każda kieszeń 32 wulkanizowana jest trzema krawędziami do zbiornika 1, a górna jej krawędź pozostaje swobodna. Górna krawędź kieszeni 32 usztywniona jest sprężystą listwą 33 z tworzywa sztucznego, pozwalającą na uformowanie łuku pozwalającego na utrzymywanie otworu wlewowego kieszeni w każdej konfiguracji zbiornika 1. Kieszenie 32 posiadają otwory o zmieniających się średnicach w miarę rosnącej wysokości kieszeni. Kieszenie 32 mają za zadanie przechwytywać wodę spływającą po powłoce zbiornika 1 i stopniowo ją oddawać przez otwory różnych średnic. Kieszenie 32 mają przez to stawiać zmienny w czasie opór cząstkom wody falującej, co pozwala na przechwytywanie energii fal długich. Każdy zbiornik 1, poza obszarem czoła, wzmocniony jest falistym gumowym żebrzem 13 o wysokości do 12 cm. Przeciwległe odcinki żebra 13 połączone są gumowymi cięgnami 14, które pochłaniają energię podczas deformacji, która zamieniana jest na pracę odkształcenia. Korzystnie niektóre kieszenie 32 są zamknięte, a w ich środku umieszczone są kule betonowe 34 w otoczce z tworzywa sztucznego o pojedynczej frakcji z zakresu, od 6 do 10 cm. Cięgno 14 napinające kotwione jest w ścianie w strefie dolnej i mocowane jest do siatki 6. Możliwe jest również zakotwienie cięgna 14 w balaście leżącym na dnie. Takie rozwiązanie

może być stosowane przy szczególnie silnych falowaniach unoszących osłonę, według wynalazku. Jedną z ważniejszych charakterystyk zbiornika 1 jest jego opóźnione reagowanie na wymuszenia fal, co uzyskuje się poprzez kieszenie 32, ciągną wewnętrzne, system balastujący oraz ciągną napinające 14.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Aktywna osłona przeciwerozryjna w postaci, wypełnionego wodą oraz obłymi elementami o ciężarze większym od ciężaru wody, zamkniętego zbiornika, którego ściankę stanowi powłoka, która jest podatna na odkształcenia energią fali wodnej, i który osadzony jest na żelbetowym obiekcie hydrotechnicznym, **znamienna tym**, że zbiornik (1) poza obszarem czoła wzmocniony jest falistym gumowym żebrzem (13), które zamocowane jest do wewnętrznej powierzchni jego powłoki i którego przeciwległe odcinki połączone są gumowymi cięgnami (14).
2. Osłona według zastrz. 1, **znamienna tym**, że obłe elementy (2) stanowią kule betonowe o średnicy od 100 do 300 mm.
3. Osłona według zastrz. 1, **znamienna tym**, że obłe elementy (2) stanowią otoczaki o pojedynczej frakcji z zakresu 100–300 mm.
4. Osłona według zastrz. 1, **znamienna tym**, że obłe elementy (2) stanowią kruszywo łamane przeszlifowane w młynach o frakcji 16–32 mm.
5. Osłona według zastrz. 1, **znamienna tym**, że stanowiąca ściankę zbiornika (1) powłoka podatna na odkształcenia energią fali wodnej utworzona jest z gumy o grubości co najmniej 5 mm.
6. Osłona według zastrz. 1, **znamienna tym**, że stanowiąca ściankę zbiornika (1) powłoka podatna na odkształcenia energią fali wodnej utworzona jest z gumy typu EPDM.
7. Osłona według zastrz. 1, **znamienna tym**, że wewnątrz zbiornika (1) podzielone jest przegrodami wydzielającymi w zbiorniku (1) komory.
8. Osłona według zastrz. 1, **znamienna tym**, że żelbetowy obiekt hydrotechniczny stanowi falochron a zbiornik (1) zamocowany jest na koronie falochronu.
9. Osłona według zastrz. 8, **znamienna tym**, że w ścianie czołowej falochronu, na której zamocowany jest zbiornik (1), utworzone są wnęki (29), w których osadzone są wypełnione wodą zbiorniki (30), których powłoka utworzona jest z materiału podatnego na odkształcenia energią fali wodnej.
10. Osłona według zastrz. 8, **znamienna tym**, że w falochronie, do którego zamocowany jest zbiornik (1), utworzone są tunele (24), w których osadzone są wypełnione wodą zbiorniki (28), których powłoka utworzona jest z materiału podatnego na odkształcenia energią fali wodnej.
11. Osłona według zastrz. 1, **znamienna tym**, że żelbetowy obiekt hydrotechniczny stanowi próg podwodny albo okresowo zalewany, a zbiornik (1) zamocowany jest do korony progu
12. Osłona według zastrz. 11, **znamienna tym**, że do korony progu zbiornik (1) zamocowany jest za pośrednictwem żelbetowej, płyty (17) profilowanej, na której jest osadzony.
13. Osłona według zastrz. 1, **znamienna tym**, że żelbetowy obiekt hydrotechniczny stanowi falochron, a zbiornik (1) zamocowany jest do ściany czołowej falochronu.
14. Osłona według zastrz. 1, **znamienna tym**, że zbiornik (1) wzdłużnie zestawiony jest z rozmieszczonymi po obu jego stronach, wypełnionymi wodą i obłymi elementami (2), zbiornikami czołowymi (9, 10) w postaci zamkniętych form powłokowych, których powłoka utworzona jest z materiału podatnego na odkształcenia energią, przy czym zbiornik (1) osadzony jest w, stanowiącej żelbetowy obiekt hydrotechniczny, żelbetowej formie korytkowej (11).
15. Osłona według zastrz. 1, **znamienna tym**, że powierzchnia zewnętrzna powłoki zbiornika (1) wyposażona jest w otwarte od góry kieszenie (32), które posiadają otwory o zmieniających się średnicach w miarę rosnącej wysokości kieszeni (32).

# Rysunki

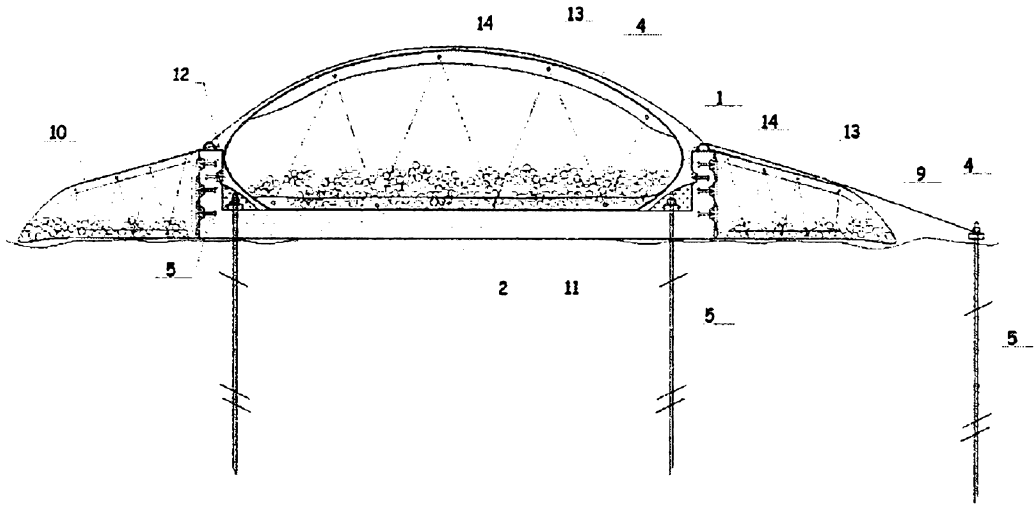


Fig. 1

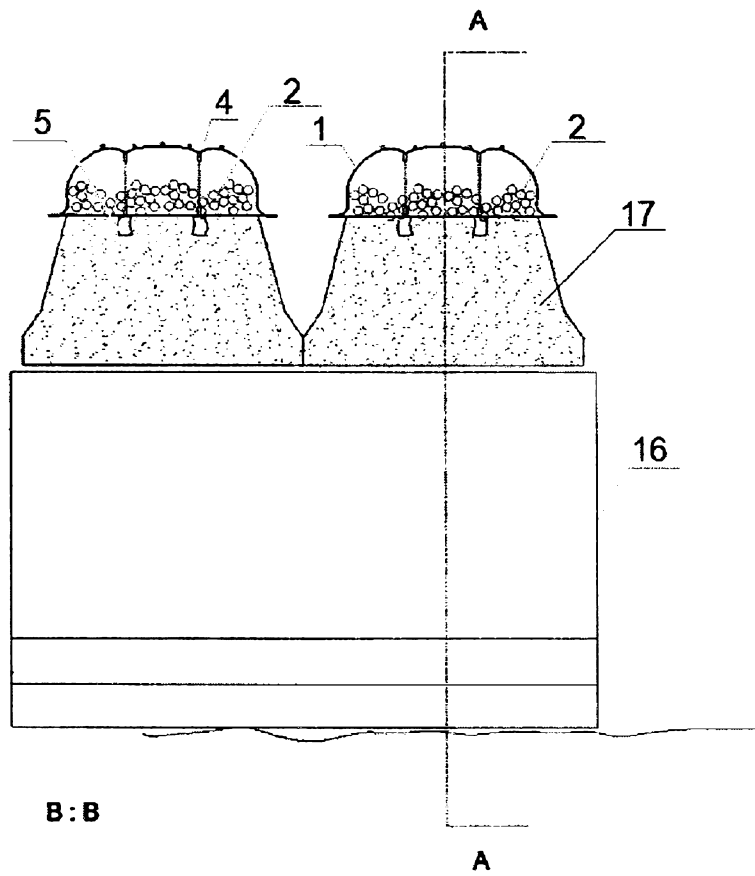


Fig. 2

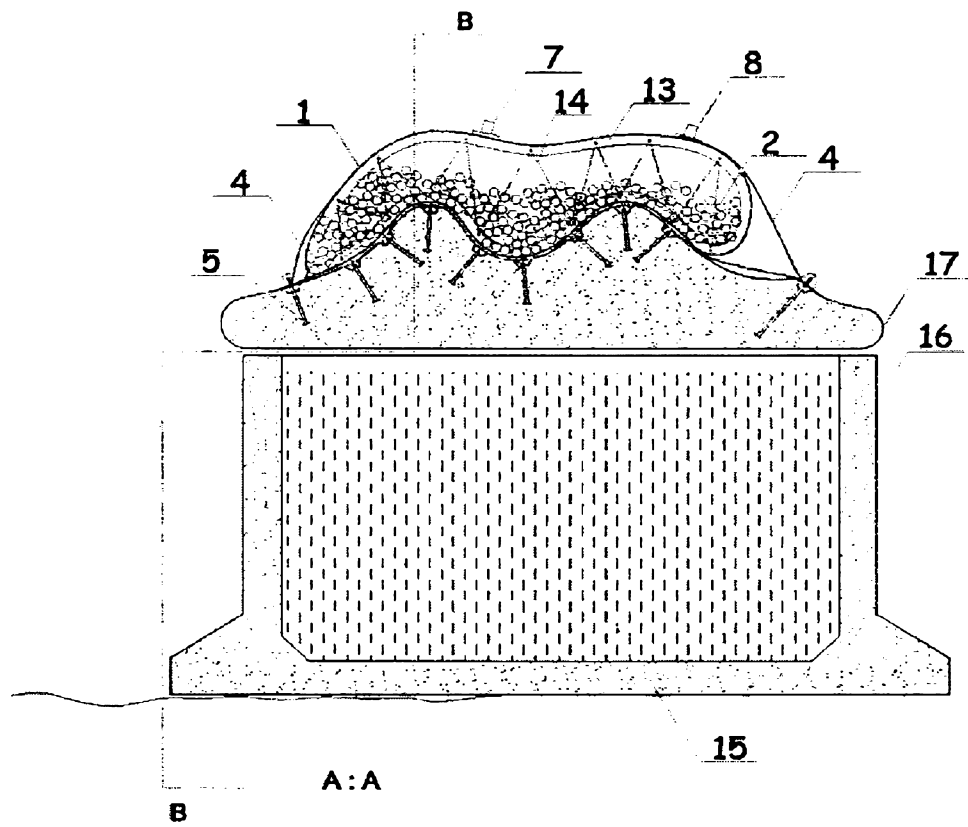


Fig. 3

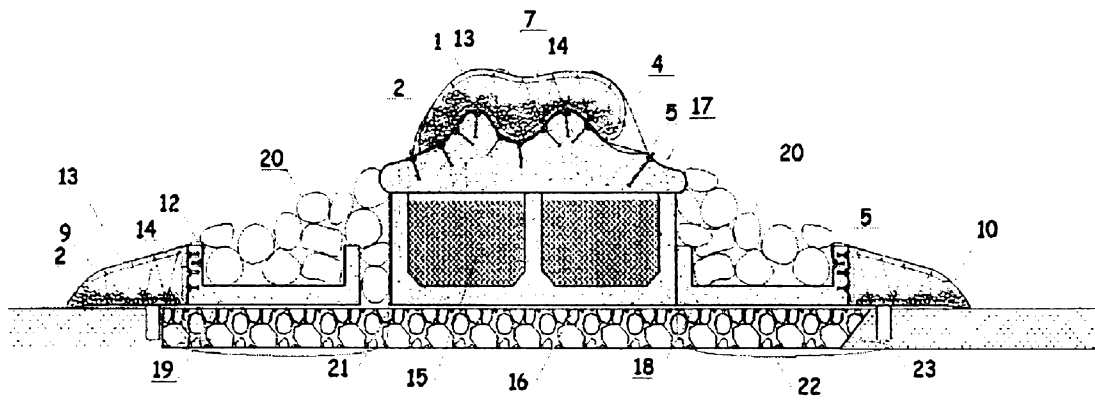


Fig. 4

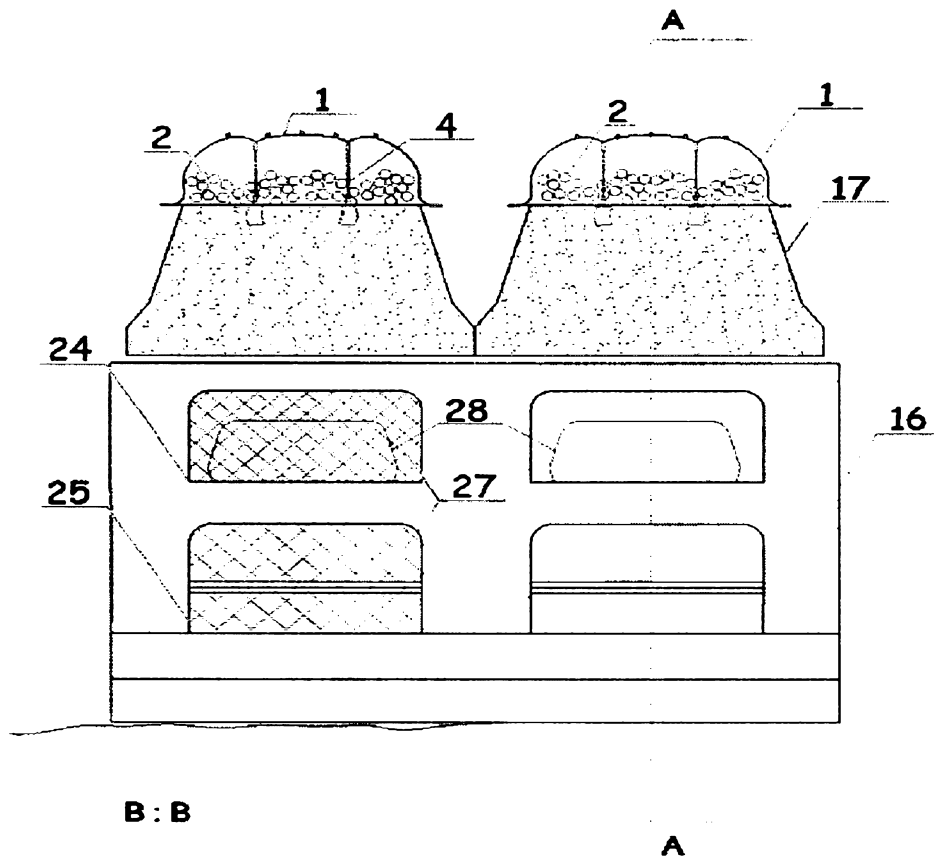


Fig. 5

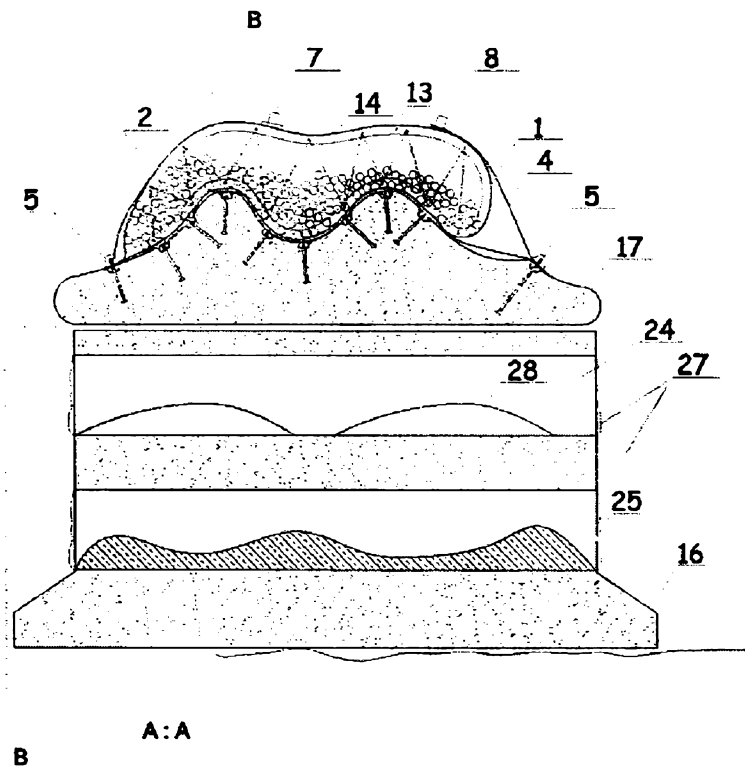


Fig. 6

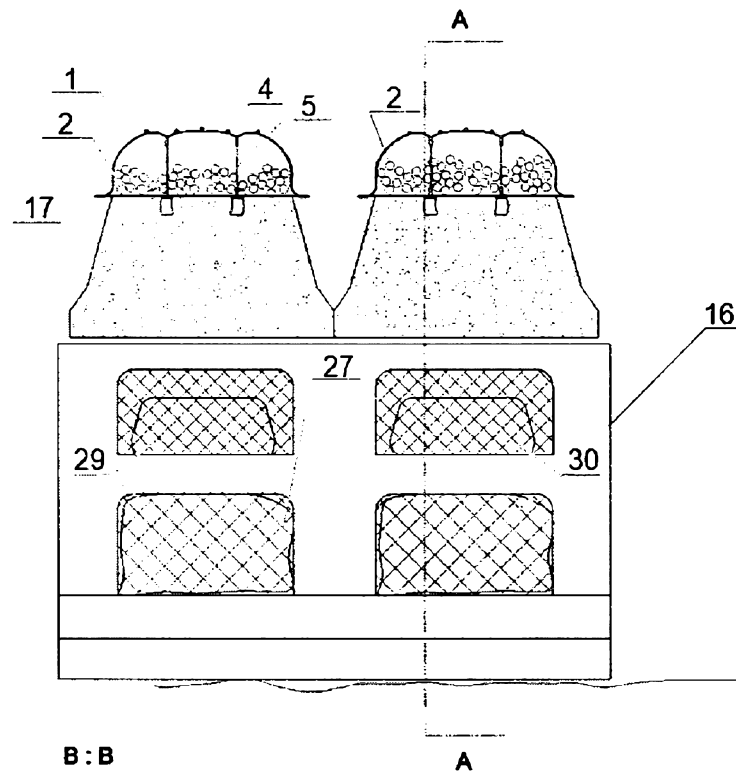


Fig. 7

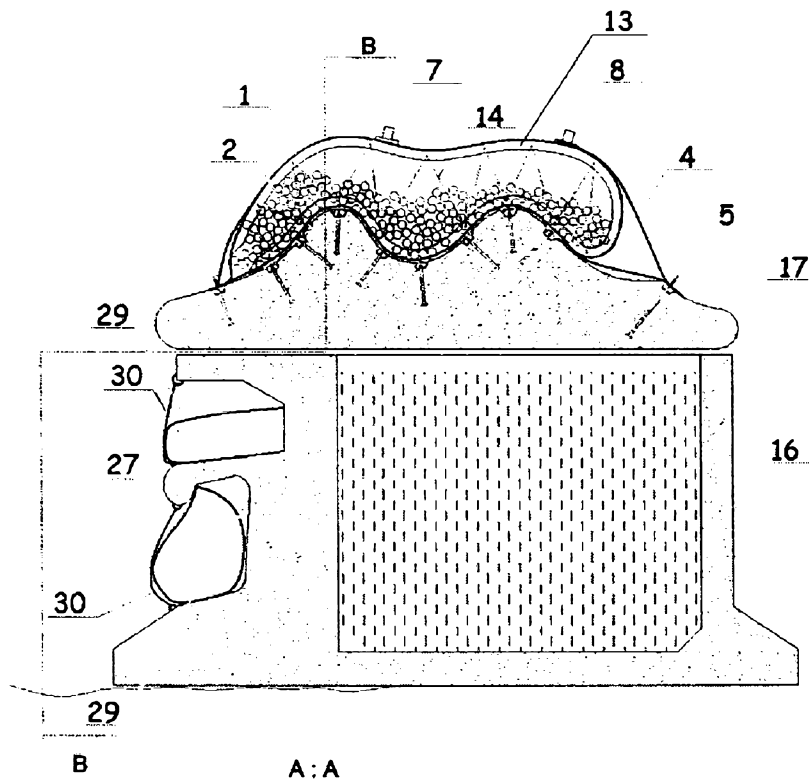
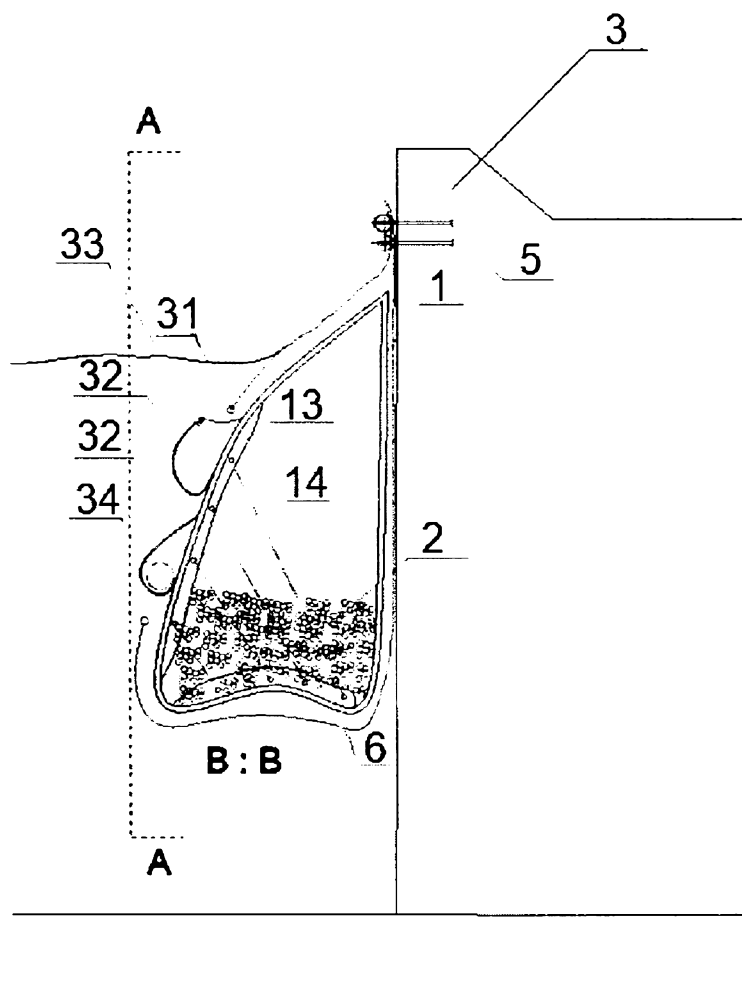


Fig. 8

*Fig. 9*