

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **232649**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **421562**

(22) Data zgłoszenia: **11.05.2017**

(51) Int.Cl.

F03D 13/10 (2016.01)

F03D 13/25 (2016.01)

F03D 13/40 (2016.01)

E02D 27/06 (2006.01)

E02D 27/42 (2006.01)

E02D 27/50 (2006.01)

(54) **Sposób instalowania w morzu platformy pływającej typu TLP pod elektrownie wiatrowe**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

19.11.2018 BUP 24/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.07.2019 WUP 07/19

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA GDAŃSKA, Gdańsk, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

CZESŁAW DYMARSKI, Gdańsk, PL

PAWEŁ DYMARSKI, Gdańsk, PL

JĘDRZEJ ŻYWICKI, Gdańsk, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Małgorzata Kluczyk

PL 232649 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób instalowania w morzu platformy pływającej typu TLP [Tension Leg Platform] pod elektrownie wiatrowe, o głębokości powyżej 40 m, zwanej także konstrukcją wsporczą, na której zamocowana jest wieża z turbiną wiatrową, przy czym platforma ta połączona jest z dnem za pomocą napiętych cięgien.

Znane są sposoby instalowania w morzu konstrukcji wsporczych pod morskie elektrownie wiatrowe. Sposoby te zależą głównie od głębokości morza, ale także od lokalizacji akwenu i panujących na nim warunków morskich, odległości od brzegu, ilości tych elektrowni oraz od rodzaju i dostępności specjalistycznych statków i urządzeń niezbędnych do realizacji tego typu operacji morskich.

Na małych głębokościach do 40–50 m uzasadnione jest stosowanie konstrukcji wsporczych podstawianych na dnie. Są to zwykle następujące rodzaje konstrukcji:

- w kształcie rury grubościenniej o średnicy do 6 m wbijane w dno,
- kratownicowe postawione na dnie i połączone z nim za pomocą pali,
- grawitacyjne żelbetowe lub stalowe, które po zabalastowaniu osadzone są mocno na dnie,
- w kształcie kolumny stojącej na trzech skośnych nogach mocowanych do dna za pomocą pali lub osadzone przez balastowanie.

Na większych głębokościach powyżej 50 m stosuje się konstrukcje wsporcze w postaci platform pływających zakotwiczonych za pomocą cięgien w postaci lin, łańcuchów lub rur mocowanych do umieszczonych wcześniej w dnie morskim pali ssawnych lub wbijanych. Platformy te z reguły buduje się w ten sposób, że ich główny kadłub zapewniający im wymaganą wyporność stanowi część podwodną, a jedynie umieszczona na nim kolumna wznosi się na odpowiednią wysokość ponad poziom morza. Dzięki temu ograniczone jest niekorzystne działanie fal i wiatru na zakotwiconą platformę. Niemniej jednak ten kształt platform czyni znacznie trudniejszą operację zanurzania kadłuba platformy do wymaganej głębokości do czasu, aż zamocowane zostaną cięgna kotwiczne. Wynika to z tego, że z chwilą zanurzenia jej głównego kadłuba z reguły traci ona stateczność, co grozi jej wywróceniem. Z tego względu operacje instalowania tych platform z reguły przeprowadza się za pomocą wysoce specjalistycznych samopodnośnych statków, wyposażonych w opuszczane nogi, które na miejscu instalacji platformy są opuszczane na dno tak, że statek na ten czas staje się obiektem postawionym i związanym sztywno z dnem morza. Wówczas potężne żurawie tego statku są w stanie podnieść i utrzymywać czy opuszczać platformę na czas instalowania i mocowania jej cięgien kotwicznych, co jest jednak procesem bardzo trudnym i czasochłonnym. W dostępnej literaturze technicznej brak jest dokładniejszych opisów tych operacji. Należy przy tym zaznaczyć, że w przypadku cięgien rurowych lub linowych wstępnie napiętych, dla uniknięcia ich zginania podczas wymuszonych obciążeniami zewnętrznymi poziomymi przemieszczeń platformy, stosuje się bardzo złożone i drogie przeguby w miejscu połączenia tych cięgien z platformą i z palem kotwicznym. Z uwagi na nietypowe cechy i złożoność konstrukcji wspomnianych statków samopodnośnych koszty ich projektu i budowy, a także koszty ich usług są bardzo wysokie i mogą być uzasadnione jedynie w przypadku instalowania dużej liczby tego typu konstrukcji wsporczych.

Wad tych nie posiada sposób instalowania w morzu platform z napiętymi cięgnami kotwicznymi pod elektrownie wiatrowe według wynalazku.

Istota sposobu instalowania w morzu platformy pływającej składającej się z trzech symetrycznie rozmieszczonych ramion kadłuba i umieszczonej centralnie między nimi kolumny polega na tym, że przed holowaniem platformy łańcuchy kotwiczne zamocowane są jednym końcem w kluzach kotwicznych, umieszczonych w końcowej części ramion, przy czym zwisające części łańcuchów są uniesione i po przełożeniu przez demontowalne nakładki ochronne lub krążki osadzone na końcach ramion, ułożone są wzdłuż ramion, a ich drugie końce zamocowane są za pomocą uch lub stoperów do kadłuba w pobliżu kolumny, następnie platforma holowana jest na miejsce instalacji, gdzie podpływa i cumuje do niej statek specjalistyczny z odpowiednio ukształtowaną częścią rufową, wyposażony w żuraw pokładowy oraz urządzenie centrujące i wprowadza na pokład ekipę monterów oraz opuszcza z żurawia pokładowego linę z hakiem, na którym członkowie ekipy zaczepiają ostatnie ogniwo łańcucha kotwicznego, po czym operator żurawia pokładowego napina lekko linę z hakiem, a obsługa na platformie zwalnia stoper, zaś operator żurawia pokładowego unosząc stopniowo łańcuch kotwiczny i manewrując wysięgnikiem w sposób kontrolowany opuszcza łańcuch kotwiczny do czasu aż zawiśnie on całkowicie i wówczas dalsze opuszczanie liny z hakiem spowoduje jego wyhaczenie z łańcucha kotwicznego

i wtedy lina z hakiem jest wybierana i obsługa przystępuje do opuszczania w taki sam sposób pozostałych łańcuchów kotwicznych, a po zakończeniu tych prac obsługa platformy przenoszona jest na pomost w górnej części kolumny, gdzie za pomocą podanego ze statku specjalistycznego elastycznego węża i połączeniu go z systemem balastowania platformy rozpoczyna jej balastowanie zwiększając jej zanurzenie do czasu, aż pokład kadłuba znajdzie się na wysokości około 0,5 m nad powierzchnią wody i wówczas statek specjalistyczny zmienia swoje położenie ustawiając się symetrycznie między ramionami kadłuba platformy rufą do kolumny i powoli przemieszcza się do tyłu do czasu, aż oś kolumny w przybliżeniu znajdzie się w osi kanału rufowego statku specjalistycznego i umieszczonego na nim urządzenia centrującego i wówczas uruchamia się to urządzenie centrujące, co powoduje połączenie statku specjalistycznego z kolumną platformy w tylko jednym stopniu swobody, umożliwiającym ich wzajemne przemieszczanie się tylko w kierunku pionowym, po czym po sprawdzeniu prawidłowości położenia statku specjalistycznego z platformą i ewentualnym jego skorygowaniu obsługa przystępuje do dalszego balastowania i zanurzania platformy do czasu, aż końce zwisających łańcuchów kotwicznych znajdą się w gniazdach umieszczonych na palach kotwicznych mechanizmów blokujących i zostaną w nich zablokowane, po czym po sprawdzeniu poprawności tych połączeń obsługa rozpoczyna odbalastowanie platformy do czasu uzyskania przewidzianej wartości napięcia wstępnego łańcuchów kotwicznych, po czym wsuwa się ramiona urządzenia centrującego, co umożliwi bezpieczne odpięcie statku specjalistycznego od platformy i tym samym kończy się proces jej instalacji.

Sposób według wynalazku w bardzo istotnym stopniu zmniejsza koszt i czas operacji morskich związanych z transportem i instalowaniem platform, a ponadto czyni je bezpieczniejszymi.

Przykład postępowania podczas instalowania w morzu platformy pokazano na rysunkach, na których fig. 1 przedstawia rzut aksonometryczny platformy przygotowanej do holowania z pokazanym przekrojem węzła konstrukcyjnego mocowania górnych końców łańcuchów kotwicznych do ramienia platformy, fig. 2 ukazuje w widoku z góry położenie statku specjalistycznego względem platformy podczas rozpoczynania operacji opuszczania łańcuchów kotwicznych, fig. 3 ukazuje w widoku z boku położenie statku specjalistycznego względem platformy podczas kończenia operacji opuszczania łańcuchów kotwicznych i samoczynnego odczepiania się haka z łańcucha, fig. 4 ukazuje widok części rufowej statku specjalistycznego i platformy podczas operacji ich łączenia się oraz zanurzania się platformy podczas instalacji platformy, a fig. 5 ukazuje w rzucie aksonometrycznym zakotwiczoną platformę z widocznymi mechanizmami mocującymi łańcuchy do pali kotwicznych.

Sposób instalowania w morzu platformy pływającej typu TLP 1 pod elektrownie wiatrowe, w przykładzie wykonania, składającej się z trzech symetrycznie rozmieszczonych ramion kadłuba 2 i umieszczonej centralnie między nimi kolumny 3 polega na tym, że przed holowaniem platformy 1 łańcuchy kotwiczne 4 zamocowane są w kluzach kotwicznych 5 umieszczonych w końcowych częściach ramion kadłuba 2, przy czym zwisające części łańcuchów kotwicznych 4 są podniesione i przełożone przez krążki 6 po czym ułożone wzdłuż tych ramion 2, a ich końce zamocowane są, korzystnie za pomocą stoperów 7 do pokładu w pobliżu kolumny 3, a następnie platforma 1 z częściowo zanurzonym kadłubem 2 holowana jest na miejsce jej instalacji, gdzie pod pływa do niej statek specjalistyczny 8 z odpowiednio ukształtowaną częścią rufową, wyposażony w żuraw pokładowy 9 oraz urządzenie centrujące 10 i wprowadza na pokład ekipę monterów oraz opuszcza z żurawia linę z hakiem 11, na którym członkowie ekipy zaczepiają ostatnie ogniwo łańcucha kotwicznego 4, po czym operator żurawia pokładowego 9 napina lekko linę z hakiem 11, a obsługa na platformie 1 zwalnia stoper 6, zaś operator żurawia pokładowego 8 unosząc stopniowo łańcuch kotwiczny 4 i manewrując wysięgnikiem w sposób kontrolowany opuszcza łańcuch kotwiczny 4 do czasu, aż zawisnie on całkowicie i wówczas dalsze opuszczanie liny z hakiem 11 spowoduje całkowite jego wyhaczenie z łańcucha kotwicznego 4 i wtedy lina z hakiem 11 jest wybierana i obsługa przystępuje do opuszczania w taki sam sposób pozostałych łańcuchów kotwicznych 4, a po zakończeniu tych prac obsługa platformy 1 przenoszona jest na pomost w górnej części kolumny 3, gdzie za pomocą podanego ze statku specjalistycznego 8 elastycznego węża rozpoczyna balastowanie platformy 1, zwiększając jej zanurzenie do czasu, aż pokład kadłuba 2 znajdzie się na poziomie około 0,5 m nad powierzchnią wody i wówczas statek specjalistyczny 8 zmienia swoje położenie ustawiając się symetrycznie między ramionami kadłuba 2 platformy 1 rufą do kolumny 3 i powoli przemieszcza się do tyłu do czasu, aż oś kolumny 3 w przybliżeniu znajdzie się w osi kanału rufowego statku specjalistycznego 8 i umieszczonego na nim urządzenia centrującego 10 i wówczas uruchamia się to urządzenie centrujące, co powoduje połączenie statku specjalistycznego 8 z kolumną 3 platformy 1, tylko z jednym stopniem swobody, umożliwiającym ich wzajemne przemieszczanie się jedynie w kierunku pionowym, po czym po sprawdzeniu prawidłowości położenia statku specjalistycznego 8

z platformą 1 i ewentualnym jego skorygowaniu obsługa przystępuje do dalszego balastowania i zanurzenia platformy 1 do czasu, aż końce zwisających łańcuchów kotwicznych 4 znajdą się w gniazdach mechanizmów blokujących 12 zamocowanych do pali kotwicznych 13 i zostaną w nich zablokowane, wówczas po sprawdzeniu poprawności tych połączeń, obsługa rozpoczyna odbalastowanie platformy 1 do czasu uzyskania przewidzianej wartości napięcia wstępnych łańcuchów kotwicznych 4, po czym wsuwa się ramiona urządzenia centrującego 10, co umożliwia bezpieczne odpłynięcie statku specjalistycznego 8 od platformy 1 i tym samym kończy się proces jej instalacji.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że stateczność holowanej platformy 1 przy częściowym zanurzeniu jej kadłuba 2 jest dostatecznie duża. Umożliwia to relatywnie bezpieczne i szybkie holowanie platformy 1 ze stoczni na miejsce instalacji z umieszczonymi na jej kadłubie 2 pewnymi elementami wyposażenia, w tym z łańcuchami kotwicznymi 4 zamocowanymi docelowo jednym końcem do ramion kadłuba 2 i ułożonymi na powierzchni ramion, przy czym drugi koniec każdego łańcucha kotwicznego 4 mocowany jest na czas holowania platformy 1 do ucha lub stopera 7 znajdującego się na kadłubie 2 przy kolumnie 3.

W wariantcie platformy 1, przewidzianej do instalacji na głębokości wody 60 m, około 8 m łańcucha kotwicznego 4 zwisa pod dnem platformy 1 na głębokość do 4 m, zaś zanurzenie kadłuba 2 platformy 1 podczas holowania wynosi około 3 m. Łączne zanurzenie zwisającego łańcucha kotwicznego 4 wynosi 7 m, co nie stwarza problemów podczas holowania.

Przedmiot wynalazku eliminuje najbardziej kosztowne i niebezpieczne operacje podnoszenia i opuszczania na wodę ciężkich platform, w miejscu ich instalacji, przy użyciu olbrzymich żurawi. Stało się to możliwe dzięki zastosowaniu do operacji instalowania platformy 1 specjalistycznego, relatywnie niezbyt dużego statku 8 o odpowiednio ukształtowanej części rufowej kadłuba i posiadającego system pozycjonowania dynamicznego. Wyposażenie specjalistycznego statku 8 stanowi głównie żuraw pokładowy 9 o raczej typowych parametrach technicznych, a także oryginalne, elektrohydrauliczne urządzenie centrujące 10, umożliwiające połączenie statku specjalistycznego 8 z kolumną 3 instalowanej platformy 1 w sposób umożliwiający ich wzajemne przemieszczenie tylko w jednym stopniu swobody, w kierunku pionowym. Zapewnia to zachowanie dużej stateczności statku specjalistycznego 8 z platformą 1 podczas zanurzania jej kadłuba 2 do czasu zaczepienia łańcuchów kotwicznych 4 do specjalnych mechanizmów blokujących 12 umieszczonych na ssawnych palach kotwicznych 13.

Zastrzeżenie patentowe

1. Sposób instalowania w morzu platformy pływającej typu TLP pod elektrownie wiatrowe, składającej się z trzech symetrycznie rozmieszczonych ramion kadłuba i umieszczonej centralnie między nimi kolumny, **znamienny tym**, że przed holowaniem platformy (1) łańcuchy kotwiczne (4) mocuje się w kluzach kotwicznych (5) umieszczonych w końcowych częściach ramion kadłuba (2), przy czym zwisające części łańcuchów kotwicznych (4) podnosi się i przekłada przez krążki (6), po czym układa się wzdłuż ramion kadłuba (2), a ich końce mocuje się, korzystnie za pomocą stoperów (7) do pokładu w pobliżu kolumny (3), następnie platformę (1) z częściowo zanurzonym kadłubem (2) holuje się na miejsce jej instalacji, gdzie pod pływa do niej statek specjalistyczny (8) z odpowiednio ukształtowaną częścią rufową, wyposażony w żuraw pokładowy (9) oraz urządzenie centrujące (10), po czym opuszcza się z żurawia (9) linę z hakiem (11), na którym zaczepia się ostatnie ogniwo łańcucha kotwicznego (4), po czym napina się lekko linę z hakiem (11) i jednocześnie na platformie (1) zwalnia się stoper (7), po czym unosi się stopniowo łańcuch kotwiczny (4) i w sposób kontrolowany opuszcza się łańcuch kotwiczny (4) do czasu, aż zawisnie on całkowicie, a dalsze opuszczanie liny z hakiem (11) spowoduje całkowite jego wyhaczenie z łańcucha kotwicznego (4), następnie wybiera się linę z hakiem (11), po czym opuszcza się w taki sam sposób pozostałe łańcuchy kotwiczne (4), a po zakończeniu tych prac, za pomocą podanego ze statku specjalistycznego (8) elastycznego węża rozpoczyna się balastowanie platformy (1) zwiększając jej zanurzenie do czasu, aż pokład kadłuba (2) znajdzie się na około 0,5 m nad powierzchnią wody, wówczas zmienia się położenie statku specjalistycznego (8), ustawiając się symetrycznie między ramionami kadłuba (2) platformy (1), rufą do kolumny (3) i powoli przemieszcza się do tyłu do czasu, aż oś kolumny (3) w przybliżeniu znajdzie się w osi kanału rufowego statku specjalistycznego (8) i umieszczonego na nim urządzenia centrującego (10), następnie uruchamia się urządzenie

centrujące i łączy się statek specjalistyczny (8) z kolumną (3) platformy (1) tylko z jednym stopniem swobody, umożliwiającym ich wzajemne przemieszczanie się tylko w kierunku pionowym, po czym po sprawdzeniu prawidłowości położenia statku specjalistycznego (8) z platformą (1) i ewentualnym jego skorygowaniu, w dalszym ciągu balastuje się i zanurza się platformę (1) do czasu, aż końce zwisających łańcuchów kotwicznych (4) znajdą się w gniazdach mechanizmów blokujących (12) zamocowanych do pali kotwicznych (13) i zostaną w nich zablokowane, wówczas po sprawdzeniu poprawności tych połączeń, rozpoczyna się odbalastowanie platformy (1) do czasu uzyskania przewidzianej wartości napięcia wstępnego łańcuchów kotwicznych (4), po czym wsuwa się ramiona urządzenia centrującego (10).

Rysunki

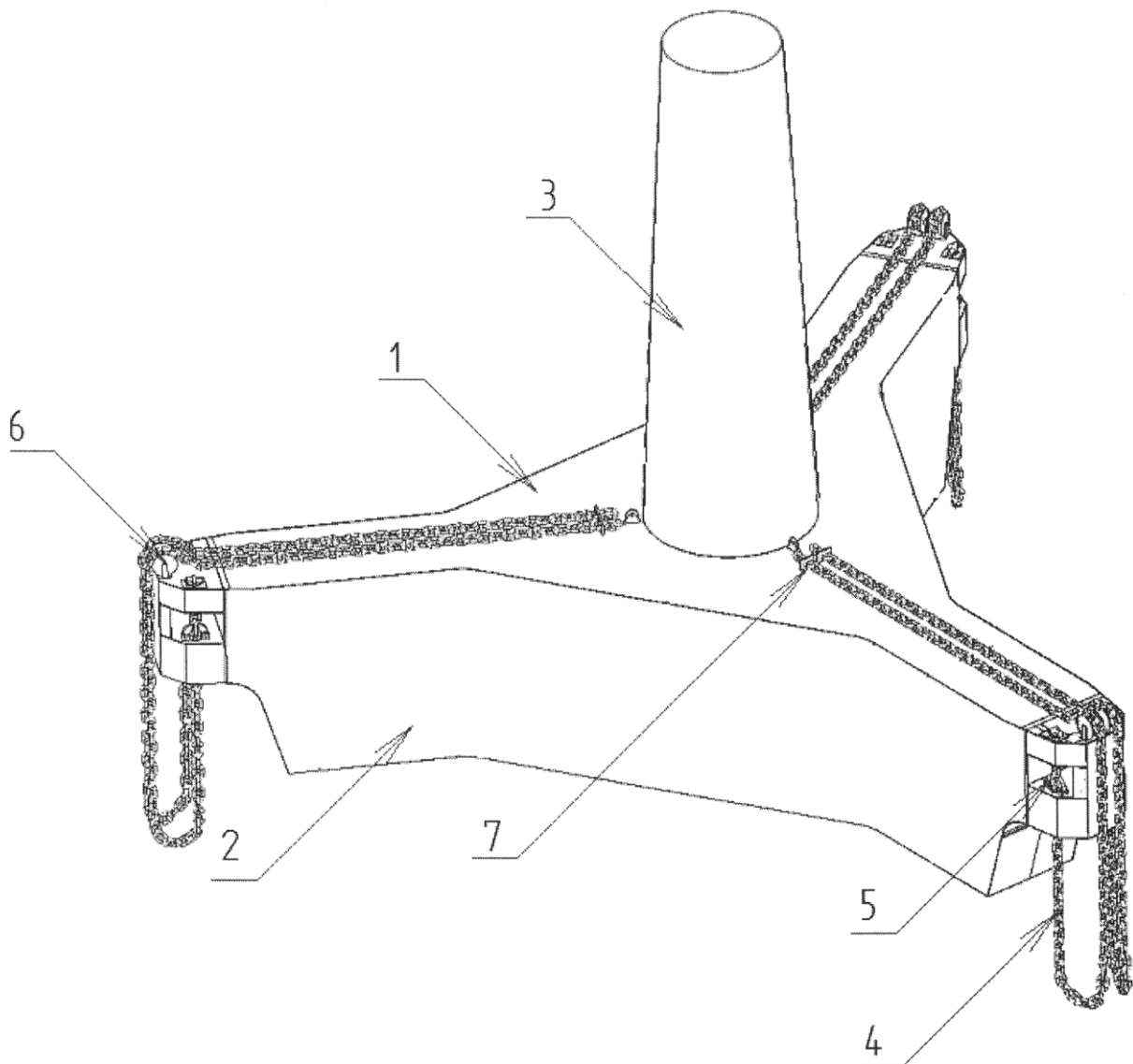


Fig. 1

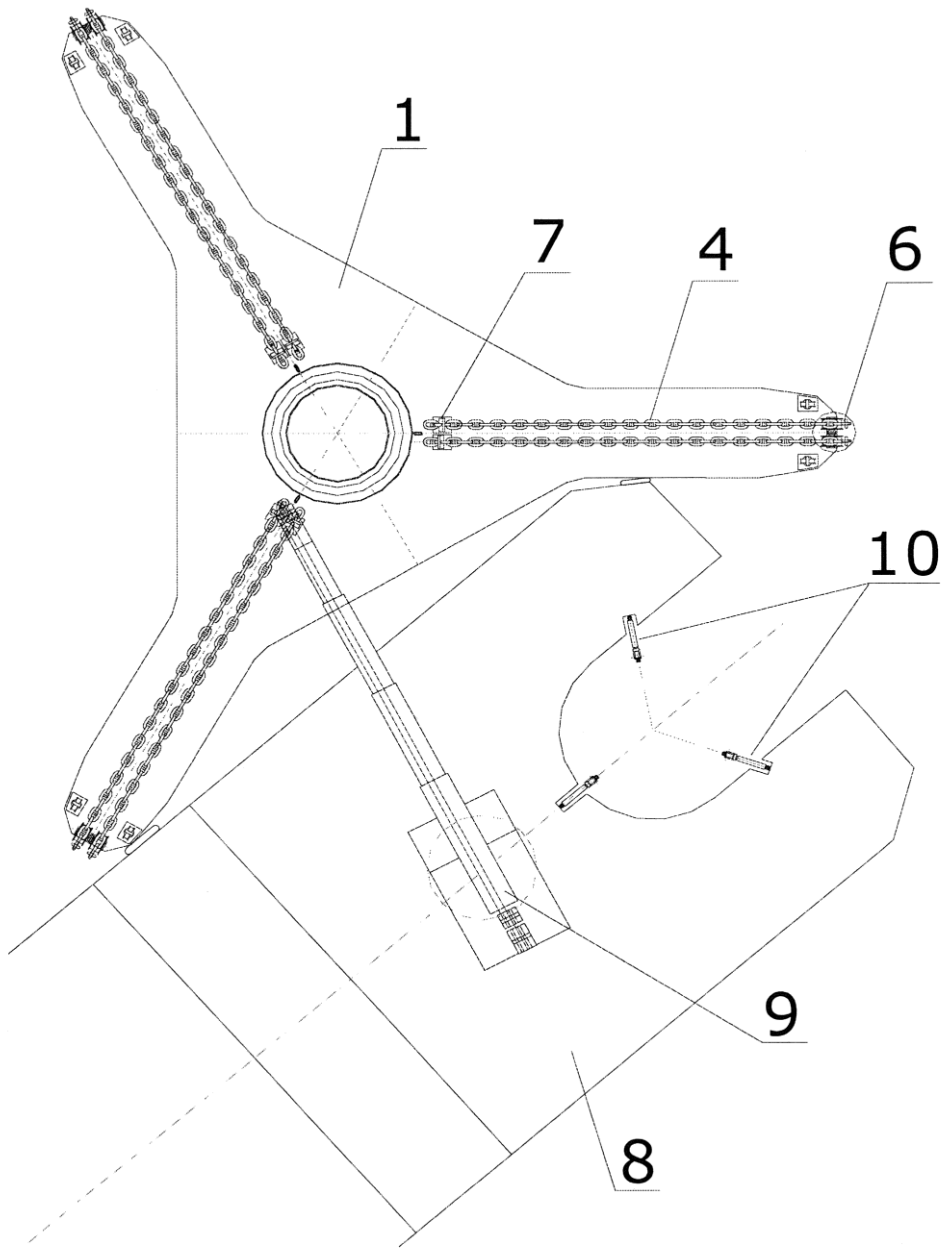


Fig.2

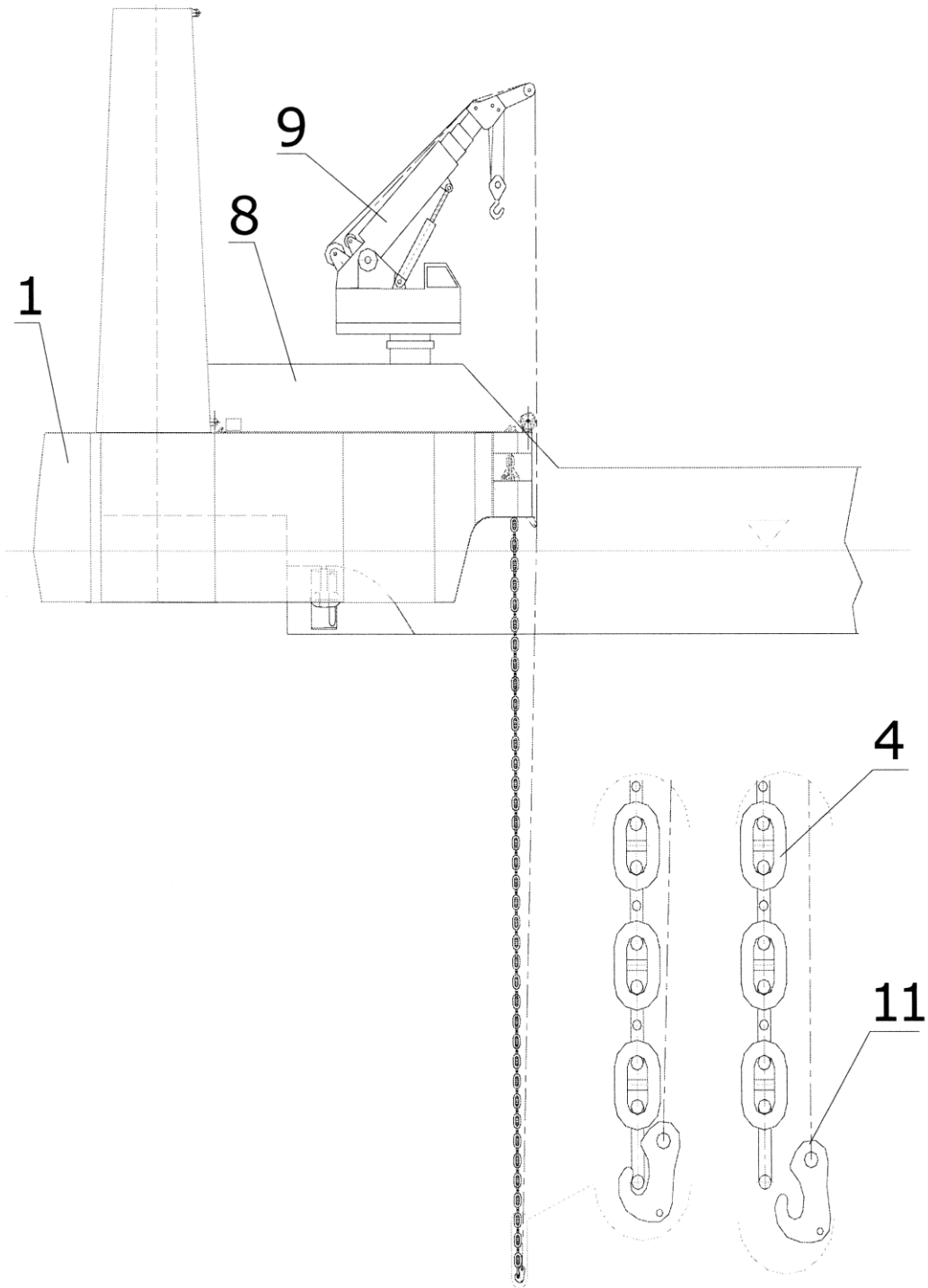


Fig. 3

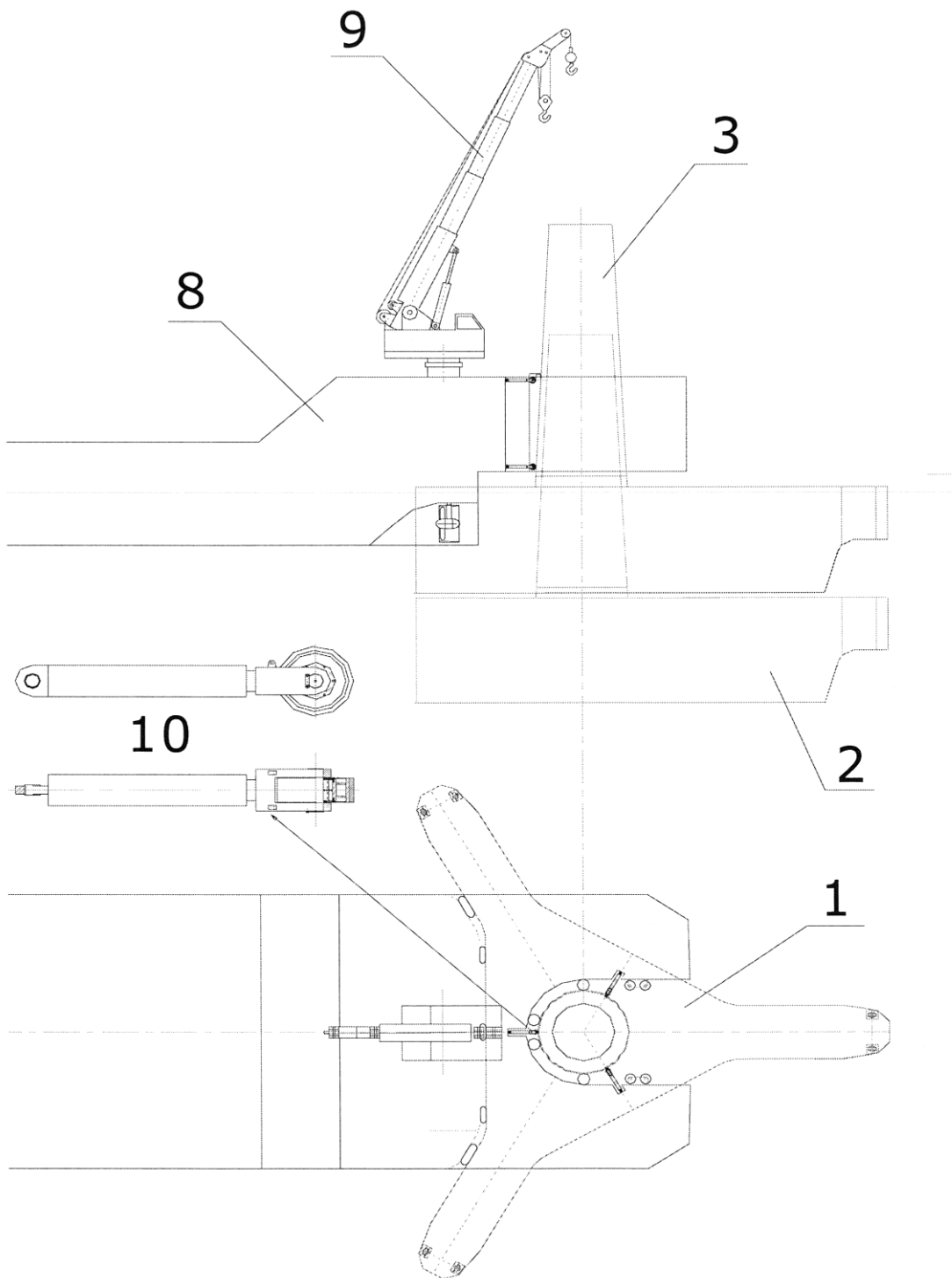


Fig. 4

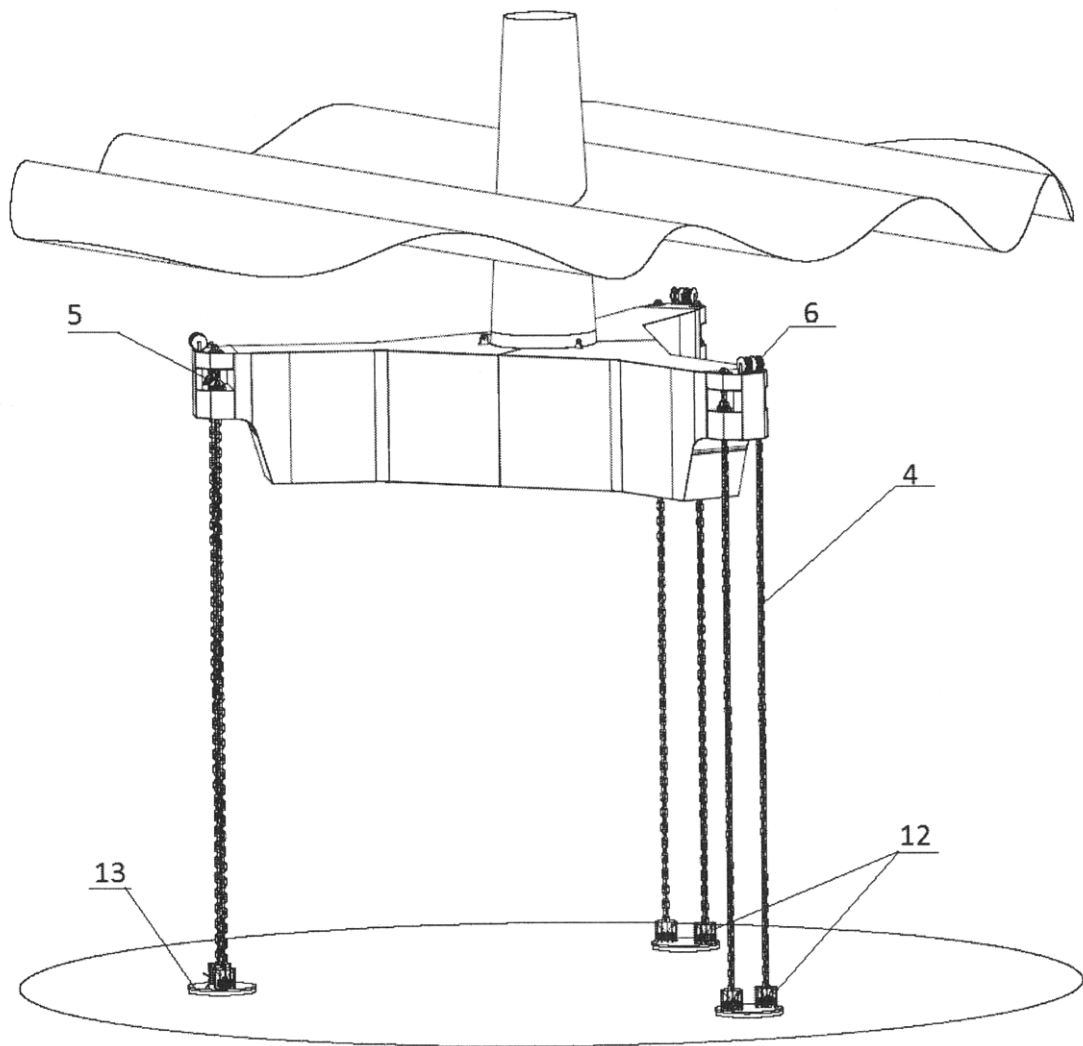


Fig. 5

