

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL/EP 3904674 T3

(12)

Tłumaczenie patentu europejskiego

(96) Data i numer zgłoszenia patentu europejskiego:

2018.12.28 18944917.6

(97) O udzieleniu patentu europejskiego ogłoszono:

**2024.01.31 Europejski Biuletyn Patentowy 2024/05
EP 3904674 B1**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu:

2021.11.03 Europejski Biuletyn Patentowy 2021/44

(45) Data publikacji o złożeniu tłumaczenia patentu:

2024.06.03 Wiadomości Urzędu Patentowego 2024/23

(51) MKP:

F03D 13/25 (2016.01)

B63B 35/44 (2006.01)

B63B 1/12 (2006.01)

(73) Uprawniony:

**Dragados, S.A., Madrid, ES
Fhecor Ingenieros Consultores, S.A.,
Madrid, ES**

(72) Twórca(-y):

**MIGUEL VAZQUEZ ROMERO, Madrid, ES
NOELIA GONZALEZ PATIÑO, Madrid, ES
ELENA MARTIN DIAZ, Madrid, ES
ALEJANDRO PEREZ CALDENTEY,
Madrid, ES
JOSÉ MARÍA ORTOLANO GONZALEZ,
Madrid, ES
RAÚL GUANCHE GARCIA, Santander, ES
VICTOR AYLLON MARTINEZ, Santander, ES
FRANCISCO BALLESTER MUÑOZ,
Santander, ES
JOKIN RICO ARENAL, Santander, ES
MARCOS CEREZO LAZA, Santander, ES
IÑIGO JAVIER LOSADA RODRÍGUEZ,
Santander, ES**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Wojciech Tabor, Kraków, PL

(54) Tytuł:

Pływająca platforma dla turbin wiatrowych o dużej mocy

Opis

Niniejszy wynalazek należy do sektora konstrukcji na otwartym morzu (offshore), a w szczególności do sektora półzanurzalnych konstrukcji pływających służących jako podpory dla morskich turbin wiatrowych.

Należy zatem do dziedzin budownictwa morskiego i okrętowego.

Dziedzina morskiej energetyki wiatrowej opiera się na technice opracowanej w sektorze przemysłu naftowego i gazowego, poprzez dostosowanie projektów i wymagań dotyczących wydajności do specyfiki odnawialnego źródła energii.

Ogólnie rzecz biorąc, w morskiej energetyce wiatrowej rozróżnia się trzy różne typologie w zależności od rodzaju fundamentu lub warunków podparcia turbiny wiatrowej:

- Głębokie fundamenty, czyli fundamenty metalowe składające się z jednego lub większej liczby pali, które są wbijane w naturalny teren w celu odpowiedniego przeniesienia na niego obciążeń wytwarzanych przez konstrukcję.
- Fundamenty grawitacyjne, w których obciążenia konstrukcji są przenoszone na naturalny teren na poziomie powierzchni, począwszy od konstrukcji monolitycznej.
- Fundamenty pływające, utworzone przez pływające platformy podtrzymujące turbinę wiatrową, która znajduje się na takiej głębokości, że żadne z dotychczasowych rozwiązań nie jest możliwe. Ogólnie rzecz biorąc, ten typ jest związany z lokalizacjami bardzo daleko od wybrzeża, gdzie zanurzenie jest bardzo duże (a zatem koszty inwestycji są wyższe), ale przeciwnie, moc wiatru jest większa, dzięki czemu możliwe jest osiągnięcie produkcji energii wiatrowej wystarczającej do zrekompensowania tego faktu.

W ostatnich latach opracowywano różne rozwiązania pływające, które miały służyć jako wsparcie dla morskich wież i turbin wiatrowych. Bardziej szczegółowo, rodzaj pływających fundamentów (lub platform) dla morskich turbin

wiatrowych można podzielić na następujące podstawowe podtypy:

- a) Platforma półzanurzalna
- b) Platforma SPAR (jednopunktowy zbiornik kotwiczny)
- c) Platforma TLP (platforma z napinanymi nogami)
- d) Platforma SWAY (hybryda pomiędzy SPAR i TLP)

Jedną z cech wszystkich z nich jest znaczenie określone przez system kotwiczący lub cumowniczy, który zwykle stanowi znaczną część kosztu rozwiązania. Są to sekcje składające się z elastomerów, ciągów, lin stalowych, łańcuchów, kotwic itp., które są projektowane i wymiarowane zgodnie z naprężeniami, które muszą wytrzymać, począwszy od obciążeń przenoszonych na nie przez montaż konstrukcji (platformy, wieży i turbiny wiatrowej), obciążeń środowiskowych i nałożonych na nie ograniczeń maksymalnego ruchu.

Jest to jedna z podstawowych cech, które odróżniają tego rodzaju pływające fundamenty przeznaczone dla morskiej energetyki wiatrowej od tych stosowanych w sektorze ropy naftowej i gazu, ponieważ w pierwszym przypadku, oprócz obciążeń spowodowanych samym ciężarem, falami, wiatrem i prądami, obciążenia wytwarzane przez samą turbinę wiatrową podczas jej pracy są bardzo duże: poziome napory i momenty skręcające pochodzące z turbiny wiatrowej i przenoszone na konstrukcję pływającą poprzez wieżę, która ją podtrzymuje.

Dlatego każdy z poprzednich podtypów platform pływających do posadowienia morskich turbin wiatrowych rozwiązuje sposób przeciwstawiania się tym obciążeniom inaczej, generując ruchy, które zawsze mieszczą się w granicach wymaganych do działania turbin.

Tak więc platformy SPAR, TLP i SWAY w dużej mierze powierzają stabilność systemu działaniu lin cumowniczych, które są przystosowane do pracy przy dużych naprężeniach, w celu ograniczenia ruchów wieży i turbiny.

Ponadto platformy półzanurzalne mają większą stabilność morską, wynikającą z faktu, że mają większą zdolność pływania ze względu na ich większą

wyporność. Platformy te (które działają jak prawdziwe pływaki) wymagają nieco mniej wymagających lin cumowniczych, dlatego ich montaż na morzu jest mniej skomplikowany. Mają one jednak tę wadę, że jako iż są większe, wymagają większych ilości materiałów do budowy, a także bardziej złożonych procesów konstrukcyjnych i montażowych.

W tym sensie większość półzanurzalnych platform dla morskich turbin wiatrowych, o których mowa w obecnym stanie techniki, to konstrukcje metalowe, w których platforma (pływak) składa się z cylindrów o osi poziomej lub pionowej połączonych pewnym systemem konstrukcyjnym, który usztywnia zespół.

W oparciu o poprzednią podstawę koncepcyjną i pomijając w analizie inne podtypy (SPAR, TLP, SWAY), wśród platform półzanurzalnych dla morskich turbin wiatrowych, o których mowa w ramach obecnego stanu wiedzy, można wyróżnić platformy półzanurzalne do zastosowań na otwartym morzu, wśród których wyróżniamy dokumenty ES2387232 (82) i ES2387342 (82) Fundación institute de Hidraulica Ambiental de Cantabria (Fundacja Instytutu Hydrauliki Środowiska Kantabrii), oba odnoszące się do platform półzanurzalnych: składające się ze słupa centralnego i wielu słupów zewnętrznych (czterech lub więcej w pierwszym przypadku i trzech w drugim), zawsze połączonych płytą w ich dolnym obszarze, przy czym zarówno słupy, jak i płyta są korzystnie wykonane ze zbrojonego betonu. Dolna płyta jest wzmocniona wieloma belkami, które łączą podstawę każdego słupa zewnętrznego z podstawą słupa wewnętrznego oraz podstawę każdego słupa zewnętrznego z podstawą każdego sąsiedniego słupa zewnętrznego.

Ponadto każdy słup ma wzmacniający przekrój poprzeczny o większej wytrzymałości na pewnej pośredniej wysokości, a także zestaw belek, które łączą na tej wysokości każdy zewnętrzny słup z wewnętrznym słupem i każdy zewnętrzny słup z każdym sąsiednim zewnętrznym słupem.

Ta półzanurzalna platforma obejmuje ponadto system cumowniczy utworzony przez kilka lin cumowniczych przygotowanych do zakotwiczenia do wspomnianego przekroju poprzecznego o większej wytrzymałości każdego zewnętrznego słupa, umieszczonej na jej pośredniej wysokości.

Tym samym wspomniany przekrój poprzeczny o większej wytrzymałości jest niezwykle ważny, ponieważ jest to najbardziej obciążony obszar konstrukcji, gdzie naprężenia są najbardziej skoncentrowane.

W innym aspekcie, w wyżej wymienionych dokumentach, opisano metodę budowy tego typu platformy półzanurzalnej, gdy jej celem jest funkcja podparcia dla morskich turbin wiatrowych. W tym przypadku etapy budowy obejmują następujące kroki:

- umieszczenie wewnętrznej odpornej podstawy i co najmniej czterech zewnętrznych odpornych podstaw na podstawie pływającego doku
- montaż szalunku wznoszącego
- postęp wznoszenia w celu wykonania słupów aż do osiągnięcia poziomu pośredniego przekroju wzmocnienia, tak aby na każdej podstawie oporowej zbudowano trzon, z którym jednocześnie zanurzony zostanie dok pływający
- montaż szalunków zakrywających ujścia wspomnianych trzonów
- umieszczenie wielu belek usztywniających, które łączą każdy trzon zewnętrzny z trzonem wewnętrznym i każdy trzon zewnętrzny z każdym sąsiednim trzonem zewnętrznym
- montaż szalunków pionowych w celu skonstruowania przekroju o większej wytrzymałości
- umieszczenie ram tych obszarów z większym oporem
- betonowanie i demontaż szalunków
- nowy montaż szalunków do stawiania kolejnych sekcji na już zbudowanych przekrojach wmacniających wznoszących się do pewnego poziomu, aż trzony zostaną zbudowane powyżej przekrojów o większej wytrzymałości, jednocześnie z zanurzeniem doku pływającego
- a także demontaż szalunków wznoszących wykańczających górną część

każdego trzonu

- zatapianie doku pływającego do momentu, gdy platforma pozostanie na wodzie
- przeniesienie platformy do doku wyposażeniowego i pionowe naprężanie trzonów
- montaż w doku wyposażeniowym wieży, gondoli, wirnika turbiny wiatrowej lub wyposażenia pomocniczego

Z poprzednich etapów budowy można wywnioskować złożoność wykonania pośredniego przekroju wzmacniającego w każdym z słupów. Przede wszystkim ten projekt platformy półzanurzalnej i związany z nim proces budowy ma następujące wady:

- Podczas wykonywania cylindrów należy zatrzymać wznoszenie na pośredniej wysokości, usunąć wspomniane szalunki wznoszące i zamontować nowy system szalunków w celu wykonania wspomnianego przekroju zbrojeniowego. Po wykonaniu, początkowy system wznoszenia musi zostać ponownie zamontowany, aby kontynuować podnoszenie słupów do ich ostatecznej wysokości.
- przerwanie procesu wznoszenia słupów wymusza przeprowadzenie specjalnych zabiegów w przekrojach, w których wznoszenie zostało przerwane, w celu zagwarantowania szczelności słupów w fazie eksploatacyjnej, ponieważ sekcje te pozostają zanurzone w fazie eksploatacyjnej.
- belki usztywniające, wykonane ze zbrojonego betonu, muszą być umieszczone z doku wyposażeniowego. Ze względu na swoje wymiary, z praktycznego punktu widzenia belki te muszą być umieszczane jedna po drugiej, co wymaga użycia środków podnoszących o ogromnym udźwigu, zarówno z lądu, jak i z morza.

Jednak oprócz poprzednich wad, konstrukcja tego pośredniego układu usztywniającego powoduje pojawienie się stanu naprężenia w słupach, co wymusza wykonanie pionowego naprężenia wszystkich słupów po zakończeniu wznoszenia. Ten system sprężania, oprócz tego, że czyni rozwiązanie droższym,

wiąże się ze znacznymi trudnościami technicznymi, wynikającymi z wysokości słupów.

Sytuację pogarsza fakt, że liny cumownicze pozostają połączone z cylindrami w tych pośrednich przekrojach wzmacniających, powodując zginanie w słupach, co wymusza, aby system napinania był bardzo wyjątkowy i miał bardzo dużą nośność.

W związku z tym wspomniane wynalazki ES2387232 (B2) i ES2387342 (B2) proponują platformy betonowe, które wymagają pionowego naprężenia słupów po ich wykonaniu. Cecha ta pociąga za sobą następujące główne wady:

- Złożoność konstrukcji: wykonanie tych pionowych procesów sprężania na 30-metrowych cylindrach jest bardzo wyjątkowa i złożona:

co więcej, wymaga to dostosowania grubości ścian słupa, która pozostanie uwarunkowana ścieżką, którą muszą podążać osłony sprężające oraz niezbędnymi powłokami. Wpłynie to na wagę zespołu platformy, a także na wyniki zanurzenia i stabilności, na które duży wpływ ma waga zespołu. Wymusza to również stosowanie większych zanurzeń na etapie produkcji, co jest poważną wadą tego typu rozwiązań.

Ponadto wymusza to przyjęcie skomplikowanych rozwiązań w celu zakotwiczenia kabli napinających do dolnego końca cylindrów, co oznacza, że operatorzy muszą zejść na tę wysokość po zakończeniu podnoszenia słupów lub przyjąć systemy specjalnych kotew, których wykonanie jest *a priori* trudniejsze do zagwarantowania.

- Wzrost kosztów rozwiązania: złożoność projektu i wykonania oznacza znaczny wzrost kosztów konstrukcji, co może zagrozić jej konkurencyjności.
- Problemy z trwałością: kryteria trwałości konstrukcji z betonu sprężonego są wymagające, gdy są one narażone na wpływ środowiska morskiego w obszarach targanych falami, ponieważ konstrukcje są poddawane cyklom obciążeń, które są bardzo zmienne i trudne do określenia. W takich warunkach systemy napinające są podatne na korozję, która może ostatecznie zagrozić ich integralności

strukturalnej. Co więcej, większość korzyści w tym zakresie, które uzyskano dzięki zastosowaniu betonu zamiast konstrukcji metalowych, została utracona, ponieważ po raz kolejny zwiększają one wydatki na plan konserwacji.

Ponadto, te dwa rozwiązania nie umożliwiają budowy cylindrów w sposób ciągły, ponieważ wymagają demontażu systemu deskowań wznoszących, montażu innych deskowań, wykonania przekroju wzmacniającego i ponownego montażu początkowego systemu deskowań wznoszących, aby ostatecznie móc kontynuować realizację górnej wysokości cylindrów.

Przedmiot wynalazku niniejszego zgłoszenia ma na celu rozwiązanie wszystkich tych wad, zarówno z punktu widzenia projektu platformy, jak i procesów konstrukcyjnych.

Rozwiązanie przedstawione w niniejszym dokumencie ma na celu rozwiązanie problemu opisanego w poprzednich akapitach.

Składa się z półzanurzalnej platformy morskiej do obsługi morskich turbin wiatrowych o dużej mocy. Obecnie komercyjnie opracowywane są turbiny o mocy 8 i 9 MW, a oczekuje się, że turbiny o mocy 10 MW i większej zostaną wkrótce wprowadzone na rynek. Proponowana platforma służy jako platforma do obsługi turbin tego typu o dużej mocy.

Powstaje jako konstrukcja mieszana, wykonana z betonu w niektórych elementach i ze stali w innych, aby jak najlepiej wykorzystać właściwości tych materiałów.

Platforma ta została zaprojektowana do umieszczenia na głębokości (zanurzeniu) większej niż 60 m, a najlepiej między 90 a 150 m. W przypadku większych głębokości proponowany projekt może mieć zastosowanie, ale wymaga dostosowania konkretnego projektu systemu cumowniczego.

Jako uzupełnienie opisu zawartego w niniejszym dokumencie oraz w celu ułatwienia zrozumienia cech wynalazku, do niniejszej specyfikacji dołączono zestaw rysunków, które w celach ilustracyjnych, przy czym nie ograniczając się do nich, przedstawiają, co następuje:

Rysunek 1 przedstawia ogólny widok perspektywiczny platformy wykonanej zgodnie z niniejszym wynalazkiem.

Rysunek 2 przedstawia widok betonowej konstrukcji nośnej (1), która stanowi podstawę platformy.

Rysunki 3 i 4 przedstawiają odpowiednie widoki platformy z zamontowaną na niej turbiną wiatrową (15).

Rysunki 5 i 6 przedstawiają – odpowiednio – część metalowej nadbudowy (4), która jest wsparta na bocznych cylindrach (2) i na centralnym cylindrze (21).

Platforma składa się z betonowej konstrukcji nośnej (1), tworzącej podstawę platformy, na której wspiera się metalowa nadbudowa (4), która z kolei tworzy połączenie z podstawą (9) wieży turbiny wiatrowej.

Betonowa konstrukcja nośna (1), przedstawiona szczegółowo na Rys. 2, obejmuje następujące elementy: Kwadratowa płyta dolna (11), pięć wydrążonych cylindrów żelbetowych (2, 21) rozmieszczonych w narożnikach i środku kwadratu oraz szereg belek (3, 31), które łączą wspomniane cylindry (2, 21) ze sobą.

Dolna płyta (11) służy jako podstawa platformy. Jest to element o układzie kwadratowym, najlepiej z zaokrąglonymi narożnikami, wykonany z żelbetu o grubości 0,50 m i 1,00 m u podstawy wydrążonych cylindrów (2,21).

Dolna płyta (11) ma cztery otwory (16) w obszarze istniejącym pomiędzy dwoma cylindrami obwodowymi (2), których celem jest umożliwienie zwiększenia samego okresu oscylacji w falowaniu platformy jako całości, aż do nieco ponad 18 sekund. Liczba ta jest znacząca, ponieważ umożliwia odejście od zwykłych okresów fal, tak aby platforma nie rezonowała z falami, co wzmocniłoby falowanie platformy, znacznie zmniejszając operacyjność i produkcję turbiny, a także wywołując niepożądane naprężenia w linach cumowniczych i podczas montażu konstrukcji. Rozwiązanie to implikuje bardzo istotną przewagę nad innymi alternatywami, o których można mówić w aktualnym stanie techniki, w których okresy oscylacji falowania są znacznie krótsze, a zatem sprawiają, że są one podatne na rezonans ze zwykłymi falami w zakresach roboczych. Otwory te mają

kształt elipsy, której osie mają wymiary 8 x 4,50 m każdy, co oznacza procent otwarcia 4% w odniesieniu do całkowitej powierzchni platformy bazowej. Otwory te optymalizują wynikowy okres dzięki bardzo prostemu systemowi konstrukcyjnemu, ponieważ są one wykonywane podczas betonowania reszty platformy bazowej za pomocą szalunków wielokrotnego użytku, które działają jak negatyw.

Na wspomnianej dolnej płycie (11) znajdują się cztery cylindry (2) o średnicy zewnętrznej 14,60 m, tworzące kwadrat, oraz centralny cylinder (21) o średnicy 9 m. Wysokość wszystkich cylindrów jest równa i wynosi od 27 do 30 m od płyty (11). Wszystkie cylindry wykonane są poprzez zsunięcie się z płyty (11) po jej wykonaniu, dzięki czemu pozostają sztywno połączone z płytą (11), tworząc z nią i z belkami (3, 31) jedną bryłę. Jak już wspomniano, cztery ze wspomnianych cylindrów (2) są umieszczone w rogach dolnej płyty (11), a drugi (21) w jej środku. Cztery zewnętrzne cylindry (2) umożliwiają umieszczenie w nich różnych objętości balastu płynnego (wody), a także – w razie potrzeby – balastu stałego. Cylindry te zapewniają platformie pływalność i stabilność morską. Centralny cylinder pozostaje bez płynnego balastu i umożliwia umieszczenie systemu pompowania wspomnianego systemu balastowego.

Na dolnej płycie (11) znajduje się szereg promieniowych belek (31), które łączą zewnętrzne cylindry (2) ze sobą i z centralnym cylindrem (21); oraz inne obwodowe belki (3), które łączą zewnętrzne cylindry (2) w środku ich podstaw. Wszystkie te belki (3, 31) zapewniają sztywność konstrukcyjną płyty (11), a jednocześnie służą do usztywnienia cylindrów (2, 21) od dołu, pozostając w nich osadzone.

Obydwa zespoły belek (3, 31) są puste w środku i stanowią całość z płytą (11). Belki są wykonane z betonu sprężonego i mają kwadratowy lub prostokątny przekrój poprzeczny. To wstępne naprężenie, w przeciwieństwie do proponowanego w niektórych dokumentach opisanych powyżej, jest wykonywane na sucho w elementach poziomych i nie cechuje się szczególną złożonością konstrukcyjną. Co więcej, jest ono umieszczone w stale zanurzonych elementach, co sprawia, że panujące w nim warunki środowiskowe są znacznie lepsze niż w

przypadku cylindrów znajdujących się w obszarze pływów i rozprysków.

Metalowa nadbudowa (4) stanowi element przejściowy między betonową konstrukcją nośną (1), która pozostaje częściowo zanurzona, a podstawą wieży turbiny wiatrowej; wspomniana nadbudowa składa się z następujących elementów: metalowe pokrywy (5, 51) zakrywające każdy z pięciu cylindrów (2, 21); słupy (6, 61) wychodzące ze środka pokryw (5, 51) i dwa układy belek (7, 71), które łączą wspomniane słupy (6, 61) w środku z metalowym elementem (8), na którym zamocowana jest podstawa (9) wieży turbiny wiatrowej.

Metalowe pokrywy (5) mają w dolnej części okrągłe kołnierze (52), które są przymocowane do cylindrów (2) za pomocą śrub kotwiących. Każda z tych pokryw (5, 51) posiada promieniowy układ usztywnień (53) przyspawanych do płyty metalowej pokrywy (54).

Pionowy słup (6) o wysokości około 9 m i średnicy 2,50 m wychodzi ze środka każdej pokrywy (5) cylindrów zewnętrznych (2). Z górnej części wspomnianych filarów (6) wychodzą dwa układy belek:

System poziomych profili metalowych (7) o średnicy 1,50 m, które łączą filary (6) z osią pionową z czterema zewnętrznymi cylindrami (2), tworząc strukturę obwodową.

Cztery belki promieniowe (71) o zmiennym przekroju metalowym, nachylone w kierunku zewnętrznym, przenoszące obciążenie z osadzenia wieży (9) turbiny wiatrowej na każdy z czterech słupów (6), na których pozostają osadzone.

Pionowy cylindryczny słup (61), który ma wysokość około 9 m i średnicę 2,50 m, wychodzi z pokrywy (54) centralnego cylindra (21). W górnej części słup ten jest zwieńczony metalową blachą z promieniowymi usztywnieniami, która tworzy element (8) o tej samej średnicy co podstawa (9) wieży turbiny wiatrowej. Element ten służy do połączenia górnego układu usztywniającego składającego się z profili rurowych (7), belek promieniowych (71) i centralnego pionowego słupka (61) poprzez osadzenie. Ponadto służy do połączenia z podstawą (9) wieży turbiny

wiatrowej.

W ten sposób zdefiniowana metalowa nadbudowa lub element przejściowy (4), oprócz tego, że służy jako górna konstrukcja usztywniająca dla cylindrów (2, 21), ma właściwość drastycznego zmniejszania naprężeń ścinających, zginających i skręcających przenoszonych na betonowe cylindry, z tego powodu zapobiega konieczności umieszczenia w nim układu napinającego. Cylindry o średnicy 2,50 m mają wystarczającą elastyczność, aby drastycznie zmniejszyć przenoszenie naprężeń zginających na infrastrukturę i działają w rzeczywistości jak przeguby obrotowe, bez wad konserwacyjnych i złożoności konstrukcji, które mogą mieć konwencjonalne przeguby obrotowe.

Metalowy słupek (61) znajdujący się nad centralnym cylindrem (21), który ma mniejszą średnicę, a zatem jest mniej sztywny niż pozostałe słupki (6), wymusza przenoszenie obciążeń zginających bezpośrednio na cylindry boczne (2), podczas gdy centralny cylinder (21) otrzymuje tylko obciążenia ściskające, które są znacznie łatwiejsze do wytrzymania. Dzięki przekrojowi poprzecznemu o niskiej sztywności w porównaniu do zespołu, osiągnięto ten sam efekt zmniejszenia naprężeń w centralnym cylindrze betonowym (21), bez trudności wynikających z tego, że ma on mniejszą średnicę niż cylindry zewnętrzne (2), a zatem większą tendencję do koncentracji naprężeń.

Zdefiniowana jako taka, ta metalowa nadbudowa ma przybliżoną wagę 1,440 ton.

Istnieją również inne elementy w tym fundamencie, które uzupełniają tę podstawową i niezbędną konfigurację do jego działania; mianowicie: system odpowiadający podwójnemu kadłubowi, chroniący przed przypadkowymi uderzeniami łodzi. Jest to cylindryczna metalowa konstrukcja utworzona z blach o grubości 10 mm, która pozostaje przymocowana do wnętrza cylindrów bocznych (2) i która zapobiega – w razie przypadkowego uderzenia przez łódź – niekontrolowanemu wlotowi wody do cylindra.

Aktywny system balastowy, składający się z zespołu rur biegnących przez wnętrza dolnych pustych belek (3, 31), a także zestawu pomp umieszczonych

wewnątrz centralnego cylindra (21). System ten umożliwia przenoszenie wody z niektórych cylindrów (2) do innych, jeśli jest to konieczne, w celu skompensowania przechyłów, które mogą wystąpić w fazie eksploatacji z powodu działania turbiny wiatrowej oraz obciążeń spowodowanych falami, wiatrem i prądami.

System cumowniczy składający się z czterech lin (10), utworzonych przez łańcuchy o długości około 565 m każdy, które tworzą zawieszenie łańcuchowe. Na końcach każdego z tych łańcuchów umieszczone są kotwice, które pozostają przymocowane do dna morskiego. Na drugim końcu te liny cumownicze pozostają połączone z płytą w każdym z jej rogów za pomocą prowadnic lin, z przekazywaniem z tego punktu do górnej części betonowych cylindrów, gdzie umieszczony jest pomost, w której znajduje się wciągarka służąca do zarządzania linami.

Zarówno na pokrywach (5, 51) cylindrów (2, 21), jak i na górnej powierzchni belek (71) znajdują się poręcze ochronne (12), które sprawiają, że na powierzchniach tych da się poruszać (na rys. 1 poręcze ochronne (12) zostały przedstawione tylko na jednej z belek (71), w celu wyraźnego pokazania konstrukcji wspomnianych belek w pozostałych). Podobnie, schody (13) są umieszczone na słupach (6,61), które umożliwiają przejście z poziomu pokryw (5) do podstawy słupy (9) turbiny wiatrowej bez większych trudności niż zmiana wysokości. Wreszcie, na zewnątrz co najmniej jednego z zewnętrznych cylindrów (2) znajduje się system dokowania łodzi (14), który pozostaje częściowo zanurzony, do którego łodzie dostarczające zaopatrzenie na platformę mogą bezpiecznie zbliżyć się w celu transportu personelu, sprzętu lub zaopatrzenia na platformę. (Patrz rys. 3 i 4).

Pokrywy (5, 51) są wyposażone we właz (55), przez który możliwy jest dostęp do wnętrza cylindrów (2, 21) w celu ich kontroli lub naprawy, urządzeń pompujących itp. Korzystnie jest, aby wewnątrz pokrywy zamontowany był również system schodów, które ułatwiają ten dostęp.

Chociaż produkcja i działanie tej platformy są optymalne, gdy jest ona

utworzona z czterech cylindrów obwodowych (2), nie ma żadnych przeszkód technicznych, aby jej wykonanie nie było możliwe z trzema cylindrami tworzącymi trójkąt równoboczny, pięcioma lub nawet sześcioma cylindrami obwodowymi cylindry (2) tworzące odpowiednio pięciokąt foremny lub sześciokąt; dlatego możliwe przykłady wykonania z liczbą cylindrów od trzech do sześciu uważa się za równoważne opracowaniu niniejszego wynalazku.

Wszystkie wymiary określone wcześniej zostały podane jako wskazówki, nie są one dokładnymi wymiarami i dlatego mogą być modyfikowane w szerokim zakresie.

Beton, który ma być użyty w konstrukcji, jest betonem konwencjonalnym, chociaż jako alternatywę można zastosować betony o niskiej gęstości, zmniejszając w ten sposób wynikowy poziom zanurzenia. Zbrojenie betonu stanowią konwencjonalne pręty stalowe. Alternatywnie można rozważyć zastosowanie prętów stalowych pokrytych żywicami, włóknami metalowymi, włóknami z tworzyw sztucznych, prętów GFRP lub dowolnego innego systemu niepodatnego na korozję.

Proces budowy tych platform jest sekwencyjny, a projekt został opracowany w celu osiągnięcia procesu przemysłowego, który maksymalnie zmniejsza szybkość produkcji.

Pomyślano również o tym, aby umożliwić instalację wieży i wszystkich elementów turbiny wiatrowej w procesie produkcyjnym w doku produkcyjnym w porcie, w którym należy zorganizować 4 kolejne obszary produkcyjne (od obszaru nr 0 do obszaru nr 3), które będą stanowić przemysłową linię produkcyjną tych platform.

W obszarze 0 umieszczony jest ponton pomocniczy o wymiarach nieco większych niż wymiary płyty (11). W tym pomocniczym pontonie wykonywany jest wstępny montaż pontonu zbrojeniowego płyty.

W obszarze 1 umieszczony jest zanurzalny ponton o wymiarach nieco większych niż wymiary pomocniczego pontonu zbrojeniowego płyty. Ten

zanurzalny ponton jest głównym miejscem produkcji i ma cztery wieże (po jednej w każdym rogu), które zapewniają mu wystarczającą bezwładność w płaszczyźnie pływania, gdy pozostaje zanurzony. Wykonywane są w nim następujące kroki konstrukcyjne:

1. Pomocniczy ponton z prętami zbrojeniowymi jest wkładany do głównego pontonu podwodnego i za pomocą wspartej na nim konstrukcji pomocniczej opuszcza pręt zbrojeniowy zwisający z płyty jako całość, która w ten sposób pozostaje oddzielona od pontonu pomocniczego. W tym czasie główny ponton jest lekko zanurzony, ponton pomocniczy jest usuwany, a główny ponton jest ponownie wynurzany, w którym to momencie pręty zbrojeniowe są opuszczane z płyty, pozostawiając ją ostatecznie wspartą na głównym pontonie. W tym momencie można przystąpić do montażu szalunków płyty i jej betonowania.
2. Po zakończeniu betonowania płyty (11) wykonywane są dolne belki (3, 31) z betonu sprężonego. Stanowi to poziome naprężenie wstępne, które jest wykonywane na sucho, dlatego nie jest ono szczególnie skomplikowane.
3. Następnie rozpoczyna się montaż szalunków cylindrów (2,21). Obejmuje on przesuwne (niepodnoszące się) szalunki zarówno w celu osiągnięcia wysokiego tempa produkcji, jak i zapewnienia niezbędnych warunków uszczelnienia cylindrów.
4. Gdy cylindry zostaną podniesione na wysokość około 12 m, częściowo zbudowana konstrukcja ma wystarczającą nośność, dlatego w tym czasie rozpoczyna się zatapianie pontonu podwodnego w celu zwodowania konstrukcji w tym częściowo wyprodukowanym stanie. Wodowanie polega na zatopieniu podwodnego pontonu nośnego poniżej zanurzenia platformy pływającej, po czym platforma zostaje oddzielona od pontonu i może zostać z niego zdjęta poprzez pociągnięcie za pomocą holownika, który przenosi platformę na sąsiedni obszar produkcyjny nr 2.

Wykonanie tego manewru wodowania pozwala na to, aby niezbędne zanurzenie doku w tym obszarze nr 2 nie było nadmierne (około 15 lub 16 m), ponieważ główny zanurzalny ponton ma głębokość ładowni około 6 m, z którego to powodu

wykonanie wodowania w kolejnych fazach wymagałoby znacznie większych zanurzeń, które uczyniłyby to niewykonalnym. Gdy platforma pływa w obszarze produkcyjnym nr 2, wykonywane są następujące operacje:

5. Na początku należy wykonać obróbkę spoiny w celu kontynuowania betonowania aż do ukończenia całej wysokości cylindrów za pomocą tego samego systemu deskowania, który został użyty w obszarze nr 1.

6. W razie potrzeby w każdym z cylindrów montowana jest wewnętrzna stalowa tuleja.

7. Umieszczenie metalowych elementów tworzących górną pokrywę pięciu cylindrów.

Manewr ten wykonywany jest za pomocą dźwigu lądowego znajdującego się w doku. Elementy te stanowią część nadbudowy (lub elementu przejściowego) opisanej w poprzednich akapitach. Po umieszczeniu na miejscu, śruby kotwiące, które sztywno łączą te pokrywy ze ścianami cylindra, są następnie naprężane.

8. Przeniesienie platformy do obszaru produkcyjnego nr 3. Na tym etapie produkcji platforma jest unoszona na wodzie za pomocą holownika.

Pozostała część produkcji platformy i montaż turbiny wiatrowej są przeprowadzane we wspomnianym obszarze produkcyjnym nr 3:

9. Balastowanie platformy poprzez wprowadzenie wody morskiej do czterech zewnętrznych cylindrów. Manewr ten można łatwo wykonać za pomocą zdalnie sterowanych zaworów zamontowanych w dolnej części ścian cylindrów. Za pomocą balastowania możliwe jest podparcie częściowo zbudowanej platformy na dnie morskim doku w obszarze nr 3. Podłoże zostało wcześniej wyrównane. W ten sposób można osiągnąć znacznie większą precyzję podczas wykonywania kolejnych manewrów.

10. Montaż pozostałej części metalowej nadbudowy (element przejściowy). Waga metalowej nadbudowy, która pozostała do zamontowania na platformie, wynosi około 845 ton. Aby uniknąć konieczności przeprowadzania tej operacji za

pomocą dużego dźwigu, a także aby uniknąć konieczności znacznego wzmocnienia metalowej konstrukcji, aby można ją było podnieść za pomocą takich środków, podjęto decyzję o zamontowaniu tej części na pokładzie pontonu jako katamaranu. Tak więc, po zmontowaniu na lądzie, ta metalowa konstrukcja jest montowana na pokładzie katamaranu za pomocą manewru załadunku podobnego do tego wykonywanego w innych operacjach dla przemysłu morskiego. Załadunek odbywa się w samym doku produkcyjnym. Konstrukcja pozostaje podparta na katamaranie za pomocą systemu podnośników. Katamaran jest następnie umieszczany w obszarze nr 3, dzięki czemu częściowo przechodzi przez przestrzeń między cylindrami. Alternatywnie, zamiast katamaranu można użyć dwóch bliźniaczych pontonów, które są połączone ze sobą za pomocą samej metalowej konstrukcji. Po umieszczeniu w tym miejscu, podnośniki są opuszczane, a konstrukcja, która pozostaje zamontowana na platformie, jest następnie demontowana. Obejmuje to manewr unoszenia się na wodzie, który jest czasami wykorzystywany podczas montażu platform morskich lub podstawy na ich systemach fundamentowych. Oczywiście w tym przypadku manewr ten ma duże uproszczenia, ponieważ jest wykonywany na osłoniętych wodach portu produkcyjnego i w samym doku.

11. Spoiny do wykonania połączenia między dwiema już zamontowanymi częściami nadbudowy.

12. Montaż w tym samym obszarze produkcyjnym nr 3 wieży, gondoli, wirnika i łopat turbiny wiatrowej za pomocą dźwigu lądowego znajdującego się na nabrzeżu.

Fazy produkcyjne 10, 11 i 12 implikują sukcesywny wzrost ciężaru urządzenia pływającego, z tego powodu w tych fazach, usuwanie balastu z cylindrów jest stopniowo przeprowadzane tak, że po zakończeniu platforma unosi się na wodzie, już całkowicie skonstruowana i gotowa do holowania do miejsca montażu na głębokiej wodzie.

Wśród wad i ograniczeń, które zostały przewyciężone dzięki niniejszemu wynalazkowi, należy podkreślić następujące:

Projekt tej platformy oznacza koncepcyjny krok w ramach projektu w

odniesieniu do poprzednich propozycji, ponieważ możliwość zastosowania jej do turbin o dużej wydajności i obciążonych większymi obciążeniami (od fal, wiatru, prądów i działania samej turbiny) nie jest prostym krokiem skalowania wymiarów lub wydajności, ale wymaga nowego projektu, takiego jak ten zaproponowany w niniejszym dokumencie.

W tym sensie bariera technologiczna wynikająca z kompatybilności obciążeń, którym poddawana jest platforma, jest przenoszona w oryginalny sposób; krzywe reakcji proponowanego nowego projektu umożliwiają sprostanie tym wymaganiom i odpowiednim procesom konstrukcyjnym w celu umożliwienia masowej produkcji tych platform. Wiadomo, że w celu utrzymania równoważnych warunków stateczności morskiej, sposób, w jaki platformy półzanurzalne radzą sobie z większymi obciążeniami, polega na:

- ° zwiększeniu jej wymiarów, co pociąga za sobą zwiększenie odległości między jej pływakami, co powoduje wzrost złożoności strukturalnej i masy platformy
- ° zwiększenie naprężeń roboczych lin cumowniczych, co pociąga za sobą wzrost kosztów i większą złożoność montażu.

Dlatego sposób, w jaki platforma reaguje na te naprężenia i jej dynamiczne zachowanie są unikatowe.

Konstrukcja tej platformy umożliwia rozłożenie ciężarów w różnych częściach konstrukcji w taki sposób, że przy ruchu bardzo podobnym do innych platform i ogólnych wymiarach w układzie, warunki stabilności są polepszone w fazie eksploatacji i w fazie pośredniej produkcji fazy. Zmniejsza się również zanurzenie. I tak np. platforma ta w fazie eksploatacyjnej ma zanurzenie 19 m do obsługi turbiny o mocy 10 MW i wyporności około 14 000 ton, w porównaniu do 22 m dla turbiny o mocy 5 MW i parametrach, o których mowa powyżej dla półzanurzalnej platformy betonowej o wyporności około 13 000 ton.

Metalowa konstrukcja stanowi element przejściowy, który oprócz wzajemnego usztywnienia cylindrów służy do przenoszenia głównie obciążeń ściskających na cylindry oraz do drastycznego zmniejszenia zginania i skręcania.

Fakt ten umożliwia wyeliminowanie konieczności stosowania naprężenia wtórnego w cylindrach, co zapobiega wyżej wymienionym problemom.

Ta metalowa konstrukcja, gdy jest połączona z centralnym cylindrem za pomocą przekroju poprzecznego o znacznie mniejszej względnej sztywności, przenosi tylko siły ściskające na centralny cylinder, jako pseudooznaczoną podporę, co umożliwia zmniejszenie średnicy wspomnianego cylindra bez konieczności stosowania jakiegokolwiek rodzaju naprężenia końcowego. Z tego faktu wynikają dwa dodatkowe:

- ° Mniejsze obciążenie platformy falami.
- ° Niższa waga zespołu, co zmniejsza zanurzenie w fazie produkcji, holowania i serwisowania.
- Metalowa nadbudowa jest ograniczona do elementu nadbudowy, który znajduje się poza wodą i obszarem rozbryzgów, dlatego jego konserwacja jest znacznie łatwiejsza niż w przypadku, gdyby znajdował się na niższych wysokościach i był w stałej styczności z wodą morską.
- Wewnętrzna stalowa tuleja zamontowana wewnątrz cylindrów zapewnia stabilność platformy w sytuacjach przypadkowego uderzenia przez łódź. Rozwiązanie to jest równoważne rozwiązaniu z podwójnym kadłubem, z tą zaletą, że jest zintegrowane z samą strukturą cylindrów i oznacza wyraźną przewagę konkurencyjną w porównaniu z rozwiązaniami z pojedynczym kadłubem, niezależnie od tego, czy są one wykonane z betonu czy metalu.
- Konstrukcja zapobiega konieczności stosowania pośrednich poziomów usztywnienia betonowych cylindrów, co znacznie utrudniłoby proces budowy. Odejmuje także duże obciążenia z cylindra centralnego. W ten sposób cylindry boczne, oprócz funkcji pływaków, pełnią podstawową funkcję konstrukcyjną, wykorzystując wytrzymałość każdego elementu platformy w możliwie najbardziej efektywny sposób.
- Zastosowany beton jest konwencjonalny, co jest niezbędnym krokiem do zapewnienia techniczno-ekonomicznej wykonalności koncepcji.

- Konstrukcja umożliwia stałe zanurzenie wstępnie naprężonych elementów betonowych w obszarze konstrukcji oddalonym od obszarów narażonych na obciążenia falami. Ponadto są to poziome systemy napinania, które są wykonywane jako suche, dlatego można je uznać za powszechne. Wszystko to sprawia, że to rozwiązanie konstrukcyjne można uznać za całkowicie opłacalne i trwałe.
- Dzięki trzem osiom symetrii, złożoność aktywnego systemu balastowego niezbędnego podczas obsługi turbiny wiatrowej jest maksymalnie zredukowana, ponieważ w spoczynku platforma jest zrównowazona, a nie niewyważona.
- Utworzona w ten sposób platforma może być w całości zbudowana (łącznie z montażem wieży i turbiny wiatrowej) w pojedynczym doku produkcyjnym o długości 300 m, co zapobiega konieczności zajmowania dużych obszarów lądowych lub stoczni. Jeśli chodzi o niezbędne zanurzenie we wspomnianym doku, wynosi ono około 16 m, co można zmniejszyć w przypadku nieznacznego dostosowania geometrii różnych elementów lub zastosowania lżejszych betonów.
- Powstałą w ten sposób platformę można wyprodukować w sposób przemysłowy, optymalizując różne etapy budowy w kolejnych fazach w tym samym doku, który stanowi kompletną linię produkcyjną, umożliwiającą produkcję kompletnej platformy (w tym wieży i turbiny wiatrowej) co 35 dni.
- Projekt procesu budowy jest bezpośrednio skoncentrowany na osiągnięciu poprzednich celów dla platformy obsługującej turbinę wiatrową o dużej mocy: skoncentrowanie lokalizacji faz budowy, ograniczenie zanurzenia niezbędnego w doku produkcyjnym, uproszczenie niezbędnych manewrów i środków oraz osiągnięcie bardzo wysokiego tempa produkcji. Żadne z dostępnych w stanie techniki znanych rozwiązań nie spełnia jednocześnie wszystkich powyższych warunków.

Po opisaniu charakteru wynalazku, jak również preferowanego przykładowego wykonania, oczywiste jest, że wynalazek może być stosowany w przemyśle, we wskazanym sektorze.

Podobnie, dla odpowiednich celów stwierdza się, że materiały, kształt, rozmiar i rozmieszczenie opisanych elementów mogą być modyfikowane, pod warunkiem, że nie oznacza to zmiany zasadniczych cech wynalazku zastrzeżonego poniżej:

Zastrzeżenia

1. Pływająca platforma dla turbin wiatrowych o dużej mocy, typu zawierającego odporną podstawę (11), która ma linę cumowniczą na każdym rogu, przez którą jest zakotwiczona do dna morskiego, utrzymywana w pozycji półzanurzonej, na podstawie (11), z której zbudowany jest centralny cylinder (21) i co najmniej cztery zewnętrzne cylindry (2), wszystkie wykonane ze zbrojonego betonu, z których centralny cylinder (21) rozciąga się pionowo w wieży turbiny wiatrowej (15), **znamienna tym, że** zawiera:

- betonową konstrukcję wsporczą (1), tworzącą podstawę platformy i składającą się z elementów takich jak

- ° kwadratowa dolna płyta (11) tworząca podstawę platformy;

- ° szereg belek (3, 31) zapewniających sztywność konstrukcyjną płyty (11), przymocowanych do niej i nad nią, jednocześnie usztywniając cylindry (2, 21) od dołu, pozostając w nich osadzone;

- ° pięć wydrążonych cylindrów żelbetowych (2, 21) rozmieszczonych w rogach i środku dolnej płyty (1), wykonanych poprzez zsunięcie z płyty (11), po wykonaniu i sztywnym połączeniu tworzących jeden korpus ze wspomnianą płytą (11) i z belkami (3, 31), które je łączą; oraz

- metalową nadbudowę (4), która wspiera betonową konstrukcję nośną (1) i tworzy podstawę do połączenia z wieżą turbiny wiatrowej, sprzężoną w jej środku, składającą się z:

- ° metalowych pokryw (5, 51) zakrywających każdy z cylindrów obwodowych (21) i cylinder centralny (21);

- ° pionowych słupków (6, 61), które wychodzą z pokryw (5, 51), umieszczonych na cylindrach (2, 21), które pozostają połączone ze sobą za pomocą belek (7, 71); oraz

- ° odpowiednich układów belek (7, 71), które łączą, z jednej strony, pionowe słupy (6) czterech zewnętrznych cylindrów (2) ze sobą, a z drugiej strony, ukośnie łączą każdy słup (6) z centralnym słupem (61) i z centralnym metalowym elementem

(8), na którym zamocowana jest podstawa (9) wieży turbiny wiatrowej, przenosząc obciążenie z podstawy (9) na każdy z czterech słupów (6), w których te promieniowe belki (71) pozostają osadzone.

2. Platforma pływająca, zgodnie z zastrzeżeniem 1, **znamienna tym, że** zewnętrzne cylindry (2) mieszczą w sobie zmienne objętości płynnego balastu (wody) i/lub objętości balastu stałego, w celu zapewnienia platformie pływalności i stabilności morskiej, podczas gdy centralny cylinder (21) zawiera system pompowania wody balastowej do zewnętrznych cylindrów (2).

3. Platforma pływająca według któregośkolwiek z poprzednich zastrzeżeń, **znamienna tym, że** płyta dolna (11) posiada cztery eliptyczne otwory (16) w obszarze istniejącym pomiędzy dwoma kolejnymi cylindrami obwodowymi (2), obliczone tak, aby sam okres drgań w czasie podnoszenia platformy jako całości był większy niż 18 sekund, a zatem oddalając się od zwykłych okresów fal, aby zapobiec rezonansowi platformy z falami.

4. Platforma pływająca, według któregośkolwiek z poprzednich zastrzeżeń, **znamienna tym, że** belki zapewniające sztywność konstrukcyjną podstawy (1), które są rozmieszczone promieniowo (31) łącząc zewnętrzne cylindry (2) z cylindrem centralnym (21) i obwodowo (3) łącząc zewnętrzne cylindry (2) w środku ich podstaw ze sobą, są one puste i są wytwarzane jako monolityczne z płytą (11), wykonaną z betonu wstępnie naprężonego na sucho za pomocą elementów poziomych, o przekroju kwadratowym lub prostokątnym, i są osadzone w cylindrach (2, 21) podczas ich późniejszego wytwarzania.

5. Platforma pływająca, zgodnie z zastrzeżeniem 4, **znamienna tym, że** dolne puste belki (3, 31) zawierają zestaw rur, które biegną przez ich wnętrza, łącząc zewnętrzne cylindry (2) z centralnym cylindrem (21), który zawiera w sobie zespół do pompowania wody balastowej do zewnętrznych cylindrów (2).

6. Platforma pływająca, zgodnie z którymkolwiek z poprzednich zastrzeżeń, **znamienna tym, że** metalowe pokrywy (5) pokrywające każdy z cylindrów obwodowych (2) i centralny cylinder (21) mają okrągłe kołnierze (52) w ich dolnej części, które są zakotwiczone do cylindrów za pomocą śrub kotwiących, a wewnątrz ma promieniowy system usztywnień (53) przyspawanych do płyty

górnej metalowej pokrywy (54), na której zamocowany jest odpowiedni pionowy słupek (6, 61).

7. Platforma pływająca, zgodnie z zastrzeżeniem 6, **znamienna tym, że** metalowy słup (61), który znajduje się nad centralnym cylindrem (21), jest zwieńczony metalową blachą z promieniowymi usztywnieniami, która tworzy element (8) o tej samej średnicy co podstawa (9) wieży turbiny wiatrowej, który służy do połączenia górnego układu usztywniającego, który składa się z belek obwodowych (7), belek promieniowych (71) i centralnego pionowego słupa (61) poprzez osadzenie.

8. Platforma pływająca, zgodnie z którymkolwiek z poprzednich zastrzeżeń, **znamienna tym, że** metalowy słupek (61), który znajduje się nad centralnym cylindrem (21), ma mniejszą średnicę niż pozostałe słupki obwodowe (6), przenosząc obciążenia zginające bezpośrednio na cylindry boczne (2), tak że centralny cylinder (21) otrzymuje tylko obciążenia ściskające, przy czym zespół nadbudowy (4) zachowuje się w tym celu jak przegub obrotowy.

9. Platforma pływająca, zgodnie z którymkolwiek z poprzednich zastrzeżeń, **znamienna tym, że** cylindry boczne (2) mają cylindryczną metalową konstrukcję, która pozostaje przymocowana do ich wnętrza i która zapobiega, w razie przypadkowego zderzenia z łodzią, niekontrolowanemu wlotowi wody do odpowiedniego cylindra (2).

10. Metoda konstruowania pływającej platformy dla turbin wiatrowych o dużej mocy według poprzednich zastrzeżeń, **obejmująca** następujące etapy konstrukcyjne:

- a) wstępny montaż prętów zbrojeniowych płyty i umieszczenie ich w zatopialnym pontonie o wymiarach nieco większych niż wspomniana płyta oraz montaż szalunków płyty i jej betonowanie;
- b) wykonanie dolnych belek betonowych (3,31) za pomocą poziomego naprężenia wstępnego, które jest wykonywane na sucho;
- c) montaż szalunków ślizgowych w środku i na rogach, przy czym cylindry (2, 21) są zabetonowane do wysokości pośredniej, powyżej linii nośnej platformy;

- d) zatopienie zanurzalnego pontonu w celu wynurzenia konstrukcji nośnej (1) w tym częściowo wyprodukowanym stanie, poniżej zanurzenia pływającej platformy, w którym to czasie jest ona oddzielana od pontonu i usuwana z niego poprzez ciągnięcie za pomocą holownika, w celu przeniesienia do innego sąsiedniego obszaru produkcyjnego;
- e) kontynuowanie procesu betonowania aż do ukończenia całej wysokości cylindrów (2, 21) za pomocą tego samego systemu szalunków, który był używany wcześniej;
- f) umieszczenie metalowych elementów tworzących górne pokrywy (5, 51) cylindrów (2, 21) za pomocą dźwigu lądowego znajdującego się na doku i zabezpieczenie ich za pomocą śrub kotwiących, które sztywno łączą je ze ścianami cylindrów;
- g) przeniesienie platformy do innego obszaru produkcyjnego pływającego za pomocą holownika;
- h) balastowanie platformy poprzez wprowadzenie wody morskiej do czterech zewnętrznych cylindrów (2), aż częściowo zbudowana platforma zostanie oparta na dnie doku w tym obszarze;
- i) montaż pozostałej części metalowej nadbudowy (4) i wykonanie spawania niezbędnego do wykonania połączenia między dwiema już zamontowanymi częściami nadbudowy;
- j) montaż wieży, gondoli, wirnika i łopat turbiny wiatrowej za pomocą dźwigu lądowego znajdującego się w doku, podczas gdy usuwanie balastu z cylindrów odbywa się stopniowo, tak aby po zakończeniu procesu montażu platforma pozostała na powierzchni, całkowicie skonstruowana i gotowa do holowania do miejsca montażu na głębokiej wodzie.

11. Metoda zgodna z zastrzeżeniem 10, **znamienna tym, że** jest opracowywana w fabryce dokowej, która obejmuje cztery obszary tworzące przemysłową linię produkcyjną, z których każdy obejmuje:

- a) poprzedni obszar, w którym umieszczony jest pomocniczy ponton o

wymiarach nieco większych niż wymiary płyty (11) platformy, w którym wykonywany jest wstępny montaż prętów zbrojeniowych płyty;

b) pierwszy obszar, w którym znajduje się zanurzalny ponton o wymiarach nieco większych niż wymiary pontonu pomocniczego, który podtrzymuje pręty zbrojeniowe płyty, do którego przepuszcza się pręty zbrojeniowe płyty (11) jako całość, pozostawiając je wcześniej zawieszone i oddzielone od pontonu pomocniczego, aby następnie usunąć je i zastąpić głównym pontonem, na którym pręty zbrojeniowe są ostatecznie odkładane, gotowe do przystąpienia do montażu szalunków płyty i jej betonowania oraz cylindrów (2, 21) do wysokości pośredniej, a wszystko to podczas opadania pontonu podwodnego, utrzymując obszar betonowania powyżej poziomu wody przez cały czas;

c) drugi obszar, do którego platforma jest przenoszona po zatopieniu podwodnego pontonu, który w pełni ją podtrzymywał, aż do momentu, gdy platforma unosi się na wodzie, a następnie jest holowana do tego obszaru produkcyjnego, w którym budowana platforma pozostaje na wodzie i jest stopniowo zatapiana w miarę kontynuowania betonowania cylindrów i umieszczania metalowych elementów tworzących jej górne pokrywy (5, 51); oraz

d) trzeci obszar, do którego platforma jest przenoszona poprzez unoszenie na wodzie i ciągnięcie za pomocą holownika, przy czym dno morskie zostało wyrównane i ma takie zanurzenie, że podczas balastowania platforma pozostaje podparta na dnie morskim w pozycji półzanurzonej, w celu zamontowania pozostałej części metalowej nadbudowy (4), holownika, gondoli, wirnika i łopat turbiny wiatrowej za pomocą dźwigu lądowego znajdującego się w doku, podczas gdy usuwanie balastu z cylindrów jest stopniowo przeprowadzane, tak że po zakończeniu procesu montażu platforma pozostaje na powierzchni, całkowicie skonstruowana i gotowa do holowania do miejsca montażu na głębokiej wodzie.

12. Metoda, zgodnie z zastrzeżeniami 10 i 11, **znamienna tym, że** faza montażu pozostałej części metalowej nadbudowy (4) na pokrywach (5, 51) cylindrów (2, 21) jest wykonywana na pokładzie pontonu jako katamaranu, gdzie wspomniana nadbudowa jest montowana na samym doku produkcyjnym, po zmontowaniu na lądzie, pozostawiając ją podpartą za pomocą podnośników na katamaranie; w celu

umieszczenia katamaranu w obszarze, w którym znajduje się częściowo zmontowana platforma, przepuszczając ją częściowo przez przestrzeń istniejącą między cylindrami (2), a po umieszczeniu nad konstrukcją nośną (1) w miejscu jej ostatecznego zamocowania, przystępując do opuszczania podnośników, aż do jej pozostawienia na platformie.

Fig. 1

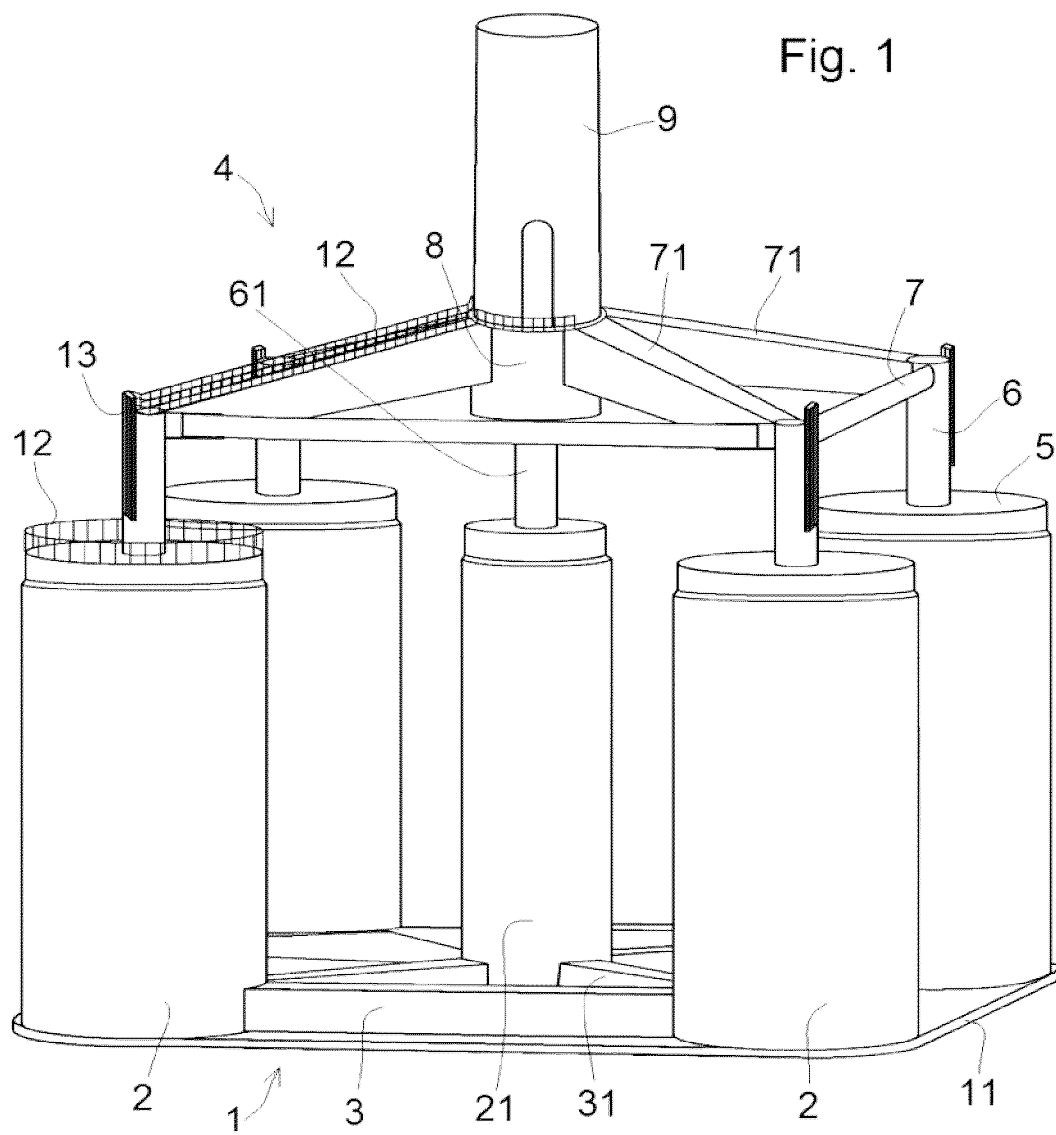


Fig. 2

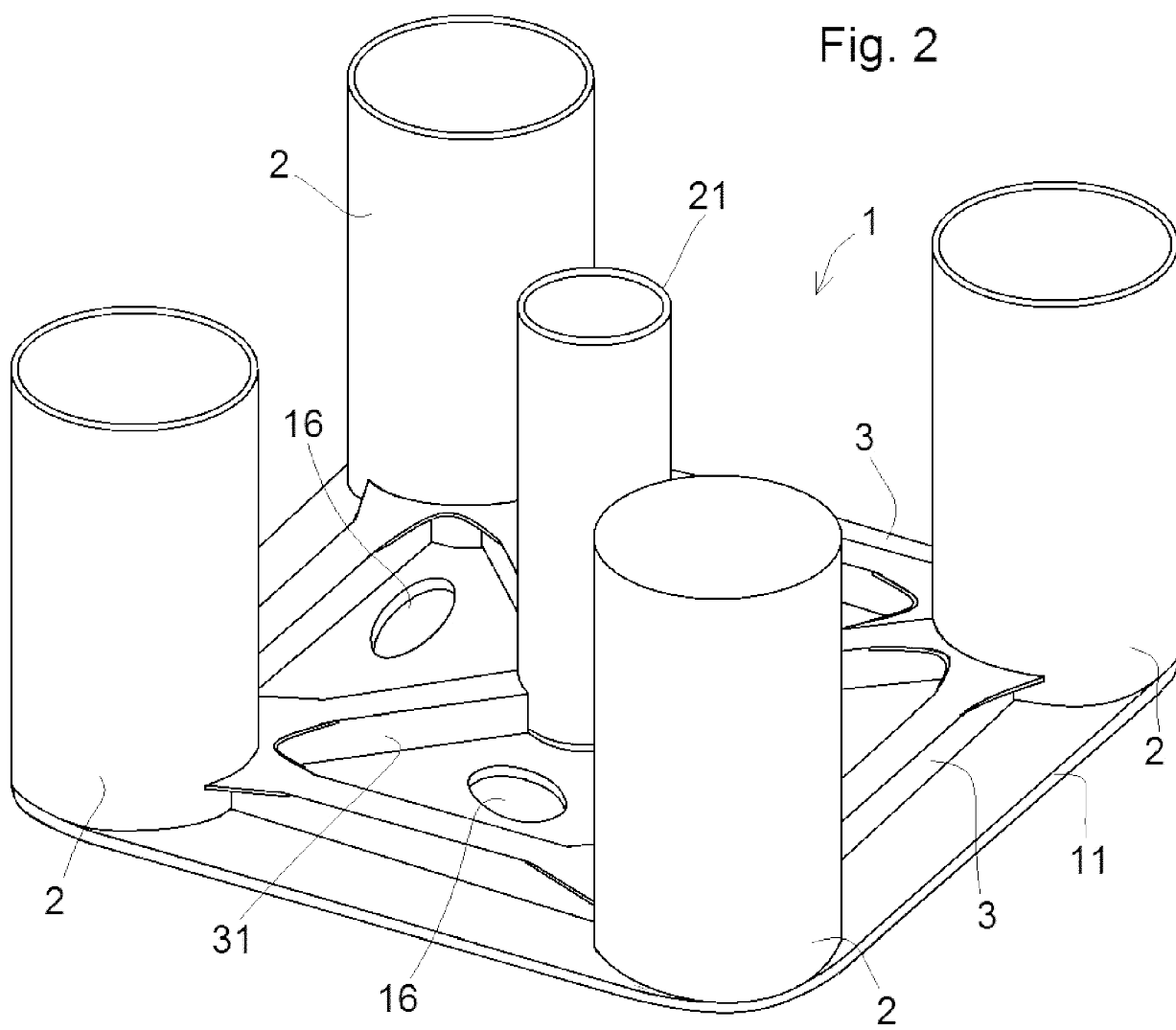


Fig. 3

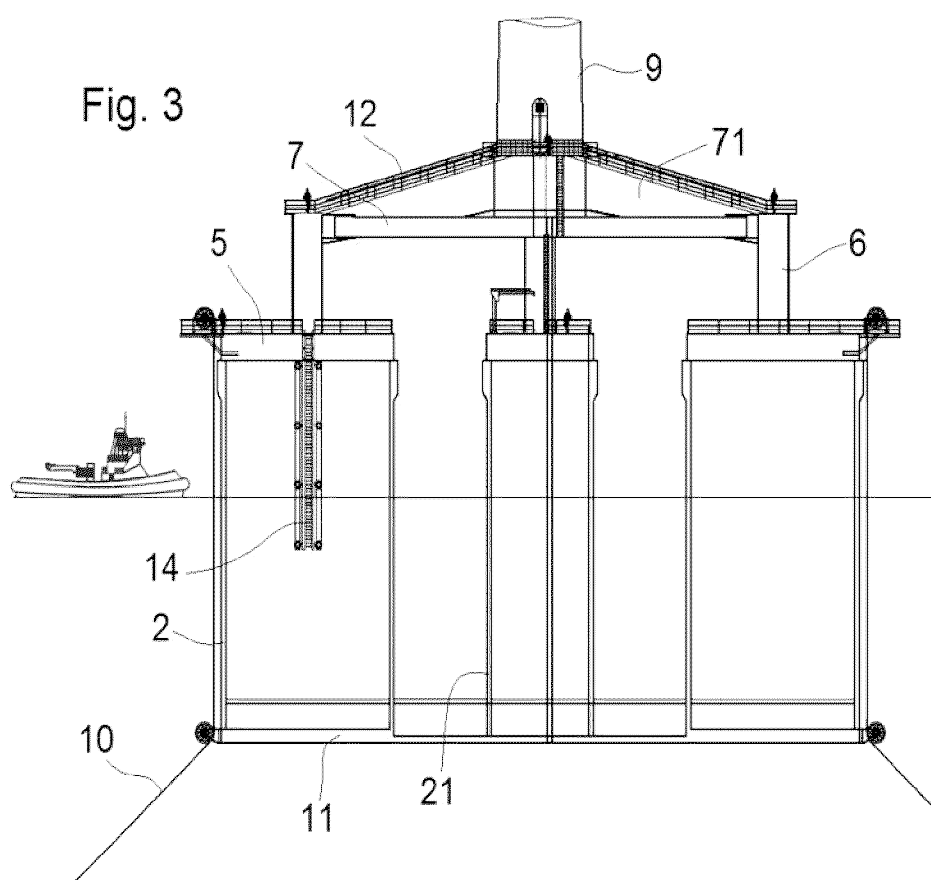


Fig. 4

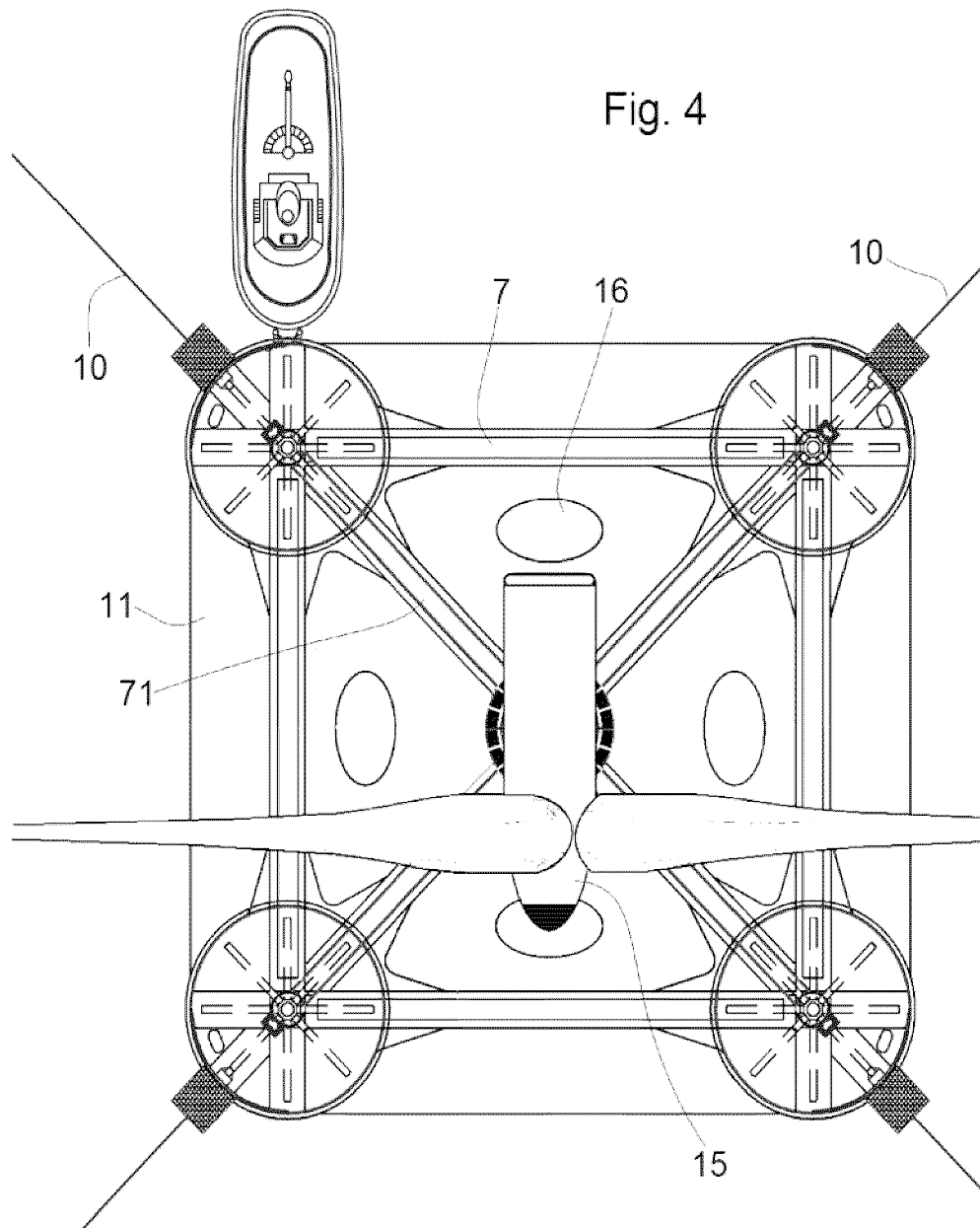
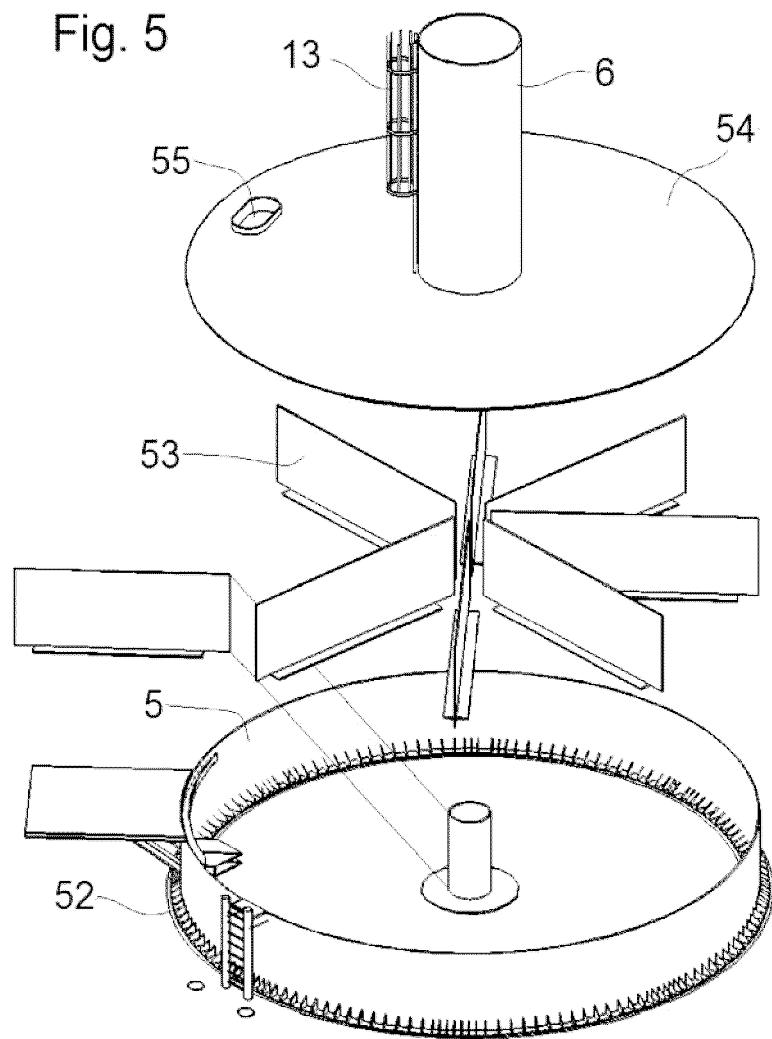


Fig. 5



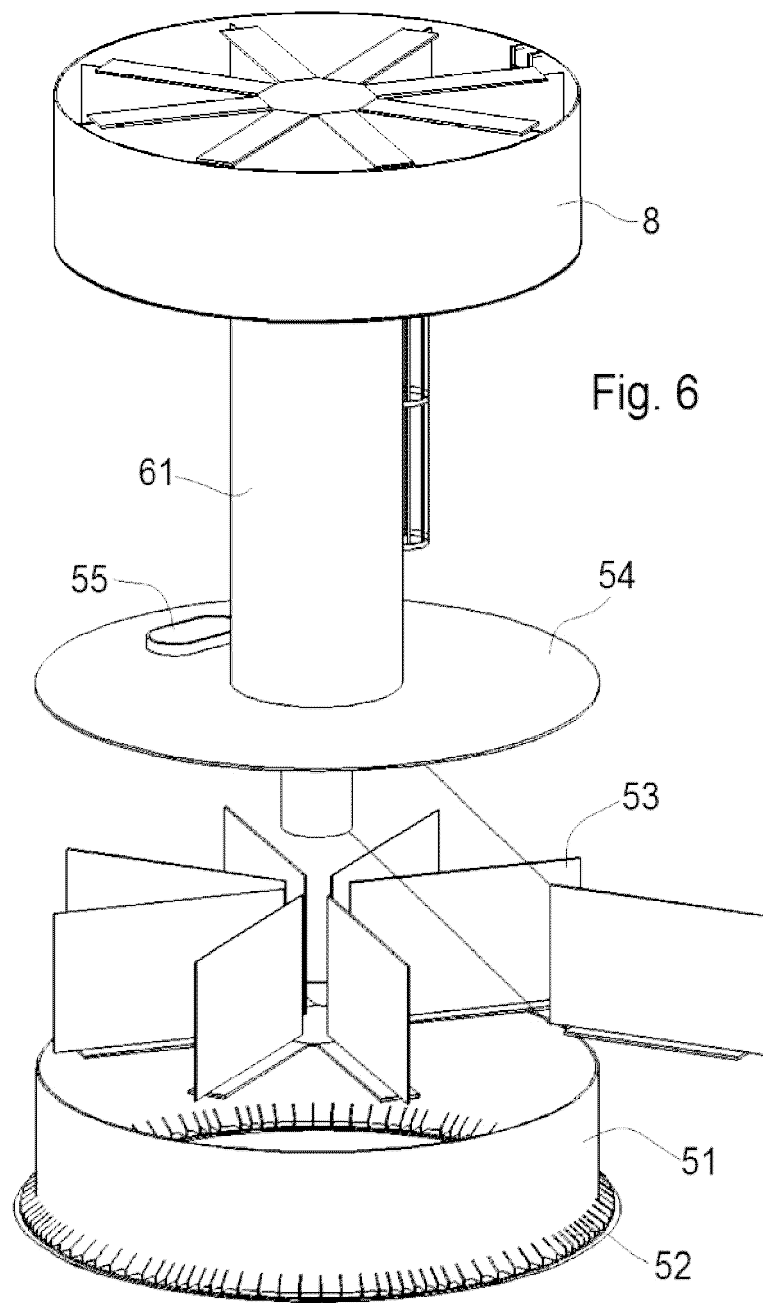


Fig. 6