

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 247663 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **433858**

(22) Data zgłoszenia: **2020.05.11**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.11.15 BUP 33/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.08.18 WUP 33/2025**

(51) MKP:

B64C 25/62 (2006.01)

B63B 59/02 (2006.01)

E01F 9/565 (2016.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW
TECHNIKI POLSKIEJ AKADEMII NAUK,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**DOMINIK PISARSKI, Warszawa, PL
ROBERT KONOWROCKI, Otwock, PL
RAMI FARAJ, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Mariusz Kondrat, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Urządzenie o budowie modułowej do dokowania obiektów

PL 247663 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie o budowie modułowej do dokowania obiektów.

Ze stanu techniki znane są różnorodne konstrukcje, systemy i urządzenia służące do dokowania obiektów.

Przykładowo z literatury fachowej znany jest system PNDS (Nawigacyjny System Pilotowo-Dokujący), który składa się z części lądowej oraz części zamontowanej na obiekcie pływającym. System ten za pomocą dwóch skanerów laserowych określa prędkość promu oraz dokładnie jego położenie w stosunku do nabrzeża. Dane przesyłane są bezprzewodowo na manewrujący prom i wyświetlane na specjalnym tablecie. Otrzymane informacje w znaczący sposób ułatwiają proces cumowania, podnosząc jego bezpieczeństwo oraz oszczędzając czas niezbędny do realizacji manewrów. System ten dokonuje także zapisu danych z cumowania na serwerze. Charakteryzuje się on także cechą proekologiczną, ponieważ sprawniejsze (szybsze) cumowanie wiąże się z mniejszą emisją spalin i hałasu do środowiska. Dodatkowym efektem użytkowania tego systemu jest mniejsze zużycie odbojnic przy nabrzeżu (Zalewski P. *Dokładność wyznaczenia pozycji umownej wodnicy statku w Pilotowym Systemie Nawigacyjno-Dokującym. Pomiary Automatyka Kontrola* 2013, 59(6): 578–581).

Natomiast praca autorstwa Meng i współpracowników ujawnia podwodne urządzenie dokujące, które dzieli się na część przechwytną, która składa się tylko z jednej liny i stabilnego skrzydła. Część ta jest zwykle montowana z przodu łodzi podwodnej. W górnej części stabilnego skrzydła znajdują się różne punkty holownicze. Do skrzydła zamocowany jest pionowy wspornik zwiększający stabilność urządzenia. Po drugiej stronie stabilnego skrzydła znajdują się dwa stery do regulacji położenia. Drugą część urządzenia dokującego stanowi moduł prowadzący, który stanowi: główne skrzydło stabilizujące, osłona prowadnicy i zbiornik ciśnieniowy. Funkcją tej osłony jest prowadzenie pojazdu podwodnego do wejścia członu przechwytnego i zakończenie dokowania. Zadaniem zbiornika ciśnieniowego jest zapewnienie odizolowanej pracy dla kontrolera czujników naprowadzających pojazd podwodny (Meng L, Lin Y, Gu H, Bai G, Su TC. *Study on dynamic characteristics analysis of underwater dynamic docking device. Ocean Engineering* 2019, 180: 1–9).

Literatura fachowa wskazuje, że metoda tłumienia półaktywnego oparta jest o przełączające prawo sterowania, które w 1994 zaproponował w swojej publikacji G. Leitman (*Leitmann G. Semiactive Control for Vibration Attenuation, Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 5(6): 841–846, 1994). Prawo sterowania realizowane jest z udziałem pętli sprzężenia zwrotnego, w której korzysta się z pomiarów pozycji i prędkości modułów urządzenia. Ponadto piśmiennictwo wskazuje, że zastosowanie w urządzeniach takiego sterowania gwarantuje asymptotyczną stabilność układu oraz wyższą efektywność rozpraszania energii w porównaniu do przypadku optymalnego tłumienia pasywnego (Wasiłowski M, Pisarski D. *On suboptimal switched state-feedback control of semi-active vibrating structures, Proceedings of 2019 American Control Conference*, 3135–3141, 2019).

W patencie US9302793B2 opisano urządzenie do dokowania statku kosmicznego. Zastrzeżone w nim urządzenie składa się z podłużnych elementów, systemów ruchu i systemów zarządzania siłą. Wydłużone elementy są związane ze strukturą dokowania statku kosmicznego. Systemy ruchu układu dokującego są skonfigurowane tak, aby przesuwają podłużne elementy osiowe wraz z poruszającą się strukturą dokującą statku kosmicznego. Każdy z podłużnych elementów jest skonfigurowany do poruszania się niezależnie. Systemy zarządzania siłą łączą system ruchu z podłużnymi elementami oraz są skonfigurowane tak, aby ograniczać siłę przyłożoną przez każdy z podłużnych elementów do określonej krawędzi podczas ruchu podłużnych elementów układu dokującego.

W patencie US 8183825 przedstawiono platformę dokującą służącą do zamocowania na powierzchni mobilnego urządzenia elektronicznego. Taka platforma dokująca zawiera system połączeń akcesoriów dokujących o jednym lub większej liczbie łączników dokujących i opcjonalnie dwóch, lub więcej stykach elektrycznych, przy czym styki są elektrycznie połączone z zespołem elektroniki w platformie dokującej oraz rozmieszczone tak, aby umożliwić połączenie elektryczne z obiektem dokującym różnych akcesoriów. System połączeń akcesoriów dokujących umożliwia jednocześnie tworzenie odłączanych mocowań do wielu niezależnych akcesoriów dokujących. Platforma dokująca może pomóc w zapewnieniu interoperacyjności między podłączonymi/połączonymi akcesoriami dokującymi. Jeden typ akcesoriów tworzy zespół z rozszerzalnym łącznikiem przymocowanym do platformy dokowania.

Z opisu patentowego PL/EP 3248737 znane jest urządzenie przeznaczone do dokowania satelitów, które składa się z podstawy i co najmniej jednego ruchomego uchwytu zbudowanego z co najmniej

dwóch elementów mocujących. Elementy te są zamocowane zawiasowo do pierwszego segmentu, tworząc ruchomy równoległobok. Na drugim końcu bliższej falangi znajduje się obrotowo zamontowany pierwszy koniec pierwszego segmentu napędowego, a na środku bliższej falangi znajduje się obrotowo zamontowany pierwszy koniec drugiego segmentu napędu. Drugi koniec pierwszego segmentu napędowego jest połączony obrotowo ze środkową częścią drugiego segmentu napędowego przez pierwszy pręt, a drugi koniec drugiego segmentu napędowego jest połączony obrotowo z wolnym końcem dłuższego segmentu prowadzącego za pomocą drugiego pręta.

Znane jest z opisu patentu WO2002008059A1 urządzenie do chwytania i dokowania jednostki czynnej do jednostki pasywnej. Posiada on pierwszy zespół dokowania na jednostce aktywnej wyposażony w człon stykowy z ostrzem wystającym na zewnątrz, drugi zespół dokowania na jednostce pasywnej, który ma drugi element stykowy i elastyczną siatkę rozmieszczoną nad obszarem docelowym z otwartą siatką do przechwytywania końca kolca aktywnej jednostki oraz napęd sieci służącej do nawijania w siatkę jednostki czynnej, w celu połączenia z zespołem dokowania jednostki pasywnej. Kolec ma wysuwane wypustki, które pozwalają mu zaczepić się o siatkę. Środek siatki jest połączony ze szpulą siatki do zwijania. Lejek wyrównujący ma nachylone ściany, które prowadzą siatkę i chwytają kolec w kierunku szpuli siatki. Zespół dokowania jednostki pasywnej obejmuje rozmieszczone obwodowo kliny obciążenia wstępnego, które są napędzane w celu zablokowania klinów względem elementu kontaktowego aktywnej jednostki. Zespół dokujący jednostki czynnej zawiera stół obrotowy i napęd do obracania go do ustalonego położenia wyrównania kąтового, a następnie łączące się złącza są następnie sprzęgane ze sobą. System może być wykorzystywany do dokowania statków kosmicznych w środowiskach o zerowej lub niskiej grawitacji, a także do dokowania pojazdów podwodnych, dokowania jednostek pomocniczych do jednostki macierzystej w locie poddźwiękowym, systemów tankowania podczas lotu itp.

Z polskiego patentu PL197346 znane jest urządzenie i sposób dokowania dwukadłubowych obiektów pływających, zwłaszcza dwukadłubowych statków. System ten bazuje na tym, że doki pływające sytuuje się w przybliżeniu równolegle w odpowiedniej odległości od siebie, z których jeden z nich usadawia się na dalbach lub martwych kotwicach i wzajemnie sprzęga poprzecznie poprzez łączniki przegubowe rufowe i dziobowe. Łączniki te zamocowane są do baszt doków pływających oraz sprzęgów wzdłużnie przez springi. Po zanurzeniu na wymaganą głębokość obu sprzęgniętych wzajemnie doków pływających wprowadza do nich dokowany dwukadłubowy statek, w ten sposób, że jeden z kadłubów jest na kilbłokach i/lub podporach w jednym z doków pływających, drugi zaś kadłub w drugim doku pływającym, po czym równolegle wynurza się oba sprzęgnięte ze sobą doki pływające wraz z zadokowanym dwukadłubowym statkiem.

W opisie wynalazku PL226874 przedstawiono urządzenie do dokowania obiektu przemieszczającego się na uwięzi w środowisku płynnym, zwłaszcza sondy podwodnej, zawierające zamocowany do dolnej powierzchni obiektu zespół zaczepu holowniczego, który połączony jest przez elastyczne ciągnio holownicze z zespołem wciągarki, zamocowanym na platformie portu dokującego. Port ten ma zaczep ramki kierunkowej z zamocowanym w jej pionowej osi symetrii sworzniem centrującym, w którym zaciśnięte ciągnio holownicze wyprowadzone jest współosiowo przez czoło stożka dolnego, natomiast zespół wciągarki ma ruchomo zabudowane w ramie stożkowe gniazdo centrujące, przez którego oś przeciągnięte jest ciągnio holownicze zamocowane do bębna nawojowego wciągarki, a ponadto wciągarka zaopatrzona jest w mechanizm kierujący złożony z dwóch par ramion łożyskowanych w ramie po obu stronach gniazda centrującego w płaszczyźnie prostopadłej do jego osi, przy czym ich końce połączone są szczękami o długości większej od wymiaru długości ramki kierunkowej i ramiona te sprzężone są kinematycznie przez mechanizm symetrycznego wychylania względem gniazda centrującego.

Z opisu patentu PL/EP 2899128 znany jest mechanizm dokowania samolotu bezzałogowego na pojeździe oraz pojazd, w którym zastosowano taki mechanizm. Ten mechanizm dokowania składa się z elementu wsporczego podtrzymującego bezzałogowy statek powietrzny, mechanizmu podnoszącego elementu wsporczego służącego do przemieszczania elementu wsporczego pomiędzy położeniem dolnym w pobliżu podstawy mechanizmu podnoszącego a położeniem górnym. Mechanizm ten ma co najmniej jedną kolek magnetyczny zintegrowany z podstawą mechanizmu podnoszącego w taki sposób, że kolek magnetyczny współpracuje z magnetycznym elementem dokującym zintegrowanym z bezzałogowym statkiem powietrznym, umożliwiając w rezultacie jego dokowanie w położeniu dolnym.

Znany jest z opisu patentu PL/EP 2206664 bufor do dokowania pojazdu, takiego jak samochód ciężarowy, przy platformie ładunkowej i rozładunkowej. Bufor ten jest przymocowany do ściany na parkingu lub stacji parkowania pojazdów, w szczególności przeznaczony do przymocowania do ściany na platformie ładunkowej. Bufor ma system emitujący sygnał akustyczny w zależności od ruchu pojazdu

w pobliżu bufora. Bufor zawiera czujnik zbliżeniowy, osadzany w materiale bufora, do określania ruchu pojazdu i generator sygnału, którego sterowanie odbywa się za pomocą sygnału z tego czujnika.

Z dokumentu GB 1487139 A znany jest odbijacz dokujący zawierający zderzak do przyjmowania sił dynamicznych z kadłuba statku pływającego, środki podpierające, samoodnawiający amortyzator hydrauliczny zamocowany wahliwie na przeciwległych końcach odpowiednio do wspomnianych elementów zderzaka i wspomnianych środków podparcia tak, aby oddzielić od siebie wspomniane środki zderzakowe i wspomniane środki wsparcze. Przy czym wspomniany amortyzator rozciąga się prostopadłe do wspomnianych środków zderzakowych i wspomnianych środków wsparczych. Natomiast środki połączone między wspomnianymi środkami zderzakowymi i wspomnianymi środkami wsparczymi są ustawione w taki sposób, aby pozytywnie ograniczyć boczny ruch wspomnianych środków zderzakowych względem siebie do wspomnianych środków wspierających. Korzystnie środkami łączącymi środki zderżające ze środkami wsparczymi są łańcuchy. Korzystnie do ochrony nabrzeża można zastosować wiele ujawnionych odbijaczy, których zderzaki są połączone zawiasami.

Z dokumentu PL232697 B1 znane jest urządzenie do cumowania statków wodnych, stanowiące odbojnicę z panelem czołowym zawierającym co najmniej jeden moduł elektromagnetyczny dołączony do układu elektrycznego zasilania tego modułu, przy czym panel czołowy wyposażony jest w elementy mocowania tego panelu do nabrzeża, gdzie elementy mocowania zawierają środki amortyzujące, natomiast tym, że panel czołowy stanowi płytę w postaci rusztu stalowego stanowiącego płaski ażurowy element konstrukcyjny z kształtowników, gdzie pomiędzy tymi kształtownikami zamocowane są moduły elektromagnetyczne w postaci układu elektromagnesów współpracujących z burtą statku, przy czym panel czołowy od strony burty statku wyposażony jest w co najmniej jedną nakładkę ślizgową, środek zaś amortyzujący stanowi podpora wykonana z materiału sprężystego. Korzystnie panel czołowy zawiera wokół powierzchni styku z elastyczną podporą obrzeże wyposażone w uchwyty. Przy czym ściana nabrzeża wyposażona jest w uchwyty i pomiędzy uchwytami panelu i nabrzeża znajdują się podatne elementy łączące (korzystnie łańcuchy).

Z dokumentu PL401694 A1 znana jest odbojnica zawierająca układ do pochłaniania energii uderzeń zamocowany pomiędzy elementem odbierającym uderzenia a płytą montażową do mocowania odbojnicy do ściany nabrzeża portowego. Odbojnica charakteryzuje się tym, że układ do pochłaniania energii zawiera zestaw elementów o konfiguracji zmiennej przestrzennie pod wpływem ruchu elementu, odbierającego uderzenia, sprzężony z wirnikiem do pochłaniania w ruchu obrotowym co najmniej części energii kinetycznej ruchu zestawu elementów.

Z dokumentu WO2006125277 A1 znany jest system monitorowania odbojnic do monitorowania odbojnika chroniącego konstrukcję, zawierający: co najmniej jeden czujnik umieszczony po stronie struktury przedniej ramy odbojnicy odbojnika, przy czym każdy czujnik wytwarza sygnał wyjściowy związany z odległością między przednią ramą odbojnicy a czujnikiem; oraz procesor w komunikacji danych z każdym czujnikiem, procesor skonfigurowany do określania ugięcia odbojnika na podstawie sygnałów wyjściowych z każdego czujnika, gdy odbojnik jest przemieszczany z pozycji spoczynkowej przez naczynek. Korzystnie każdy czujnik jest oddalony od ramy przedniej i zawiera zespół lasera, przy czym każde światło kieruje na przednią ramę odbojnika i mierzy światło odbite, przy czym oś każdego zespołu lasera jest zasadniczo prostopadła do płaszczyzny przedniej ramy odbojnicy, gdy przednia rama odbojnicy znajduje się w pozycji spoczynkowej.

Z chińskiego opisu zgłoszeniowego CN110304241A znana jest struktura tłumiąca do lądowania drona wyścigowego, którego płyta nośna jest zainstalowana pod płytą instalacyjną, a mechanizmy tłumiące są zainstalowane między płytą instalacyjną a płytą nośną, przy czym każdy mechanizm tłumiący obejmuje górną płytę mocującą, dolną płytę mocującą, pierwszą sprężynę tłumiącą i filar podpory tłumiącej; płyty łączące są zainstalowane na czterech rogach płyty nośnej i obrotowo połączone z płytą nośną za pomocą wałów obrotowych, platforma mocująca jest umieszczona na dolnym końcu każdej płyty łączącej, pręt ślizgowy jest zainstalowany wewnątrz każdej platformy mocującej, gumowa noga podporowa jest umieszczona na dole każdego pręta ślizgowego, pręt mocujący jest umieszczony po wewnętrznej stronie każdej z czterech płyt łączących, a sprężyna resetująca jest zainstalowana między każdym prętem mocującym a odpowiednią płytą łączącą.

Celem wynalazku jest opracowanie nowej konstrukcji urządzenia łagodzącego skutki uderzenia występującego podczas procesu dokowania obiektu.

Istotą wynalazku jest urządzenie o budowie modułowej do dokowania obiektów zawierające co najmniej jedną nieruchomą podstawę oraz co najmniej dwa moduły połączone łącznikami sprężystymi,

z których każdy jest przymocowany do wspólnej lub osobnej podstawy, gdzie każdy moduł jest wyposażony w płytę kontaktową oraz sprężyste podparcia, charakteryzujące się tym, że każdy moduł zawiera płytę kontaktową wyposażoną w uchwyt dokujący połączoną sprężystymi podparciami z elementami prowadzącymi połączonymi z podstawą, elementy prowadzące i sprężyste podparcia stanowią sprężyste łączenie płyty kontaktowej z podstawą, a pomiędzy płytą kontaktową a podstawą, na podstawie umieszczone są czujniki, półaktywny tłumik przytwierdzony do podstawy i do płyty kontaktowej oraz jednostka sterująca, przy czym czujniki oraz półaktywny tłumik są podłączone do jednostki sterującej.

Korzystnie płyta kontaktowa jest zasadniczo prostokątna.

Korzystnie urządzenie zawiera jedną podstawę.

Korzystnie liczba podstaw jest równa liczbie modułów, a każdy moduł jest mocowany do osobnej podstawy.

Korzystnie co najmniej dwa moduły są ze sobą sztywno sprzęgane elementem sprzęgającym.

Korzystnie czujniki stanowią czujniki bezkontaktowe.

Korzystnie czujniki są wybrane z grupy obejmującej czujniki przemieszczenia, czujniki prędkości lub ich kombinację.

Korzystnie czujniki są przymocowane do płyty kontaktowej modułu.

Korzystnie czujniki są przymocowane do podstawy.

Wynalazek dostarcza następujących korzyści:

- uniwersalność – dokowanym obiektem może być zarówno samochód, jak i statek morski;
- łatwa skalowalność konstrukcji według wynalazku przy zachowaniu skuteczności jej działania – dzięki wykorzystaniu półaktywnej stabilizacji w połączeniu z modułowością urządzenia;
- efektywna stabilizacja położenia obiektu dokowanego;
- zastosowane sterowanie gwarantuje asymptotyczną stabilność układu oraz wyższą efektywność rozpraszania energii w porównaniu do przypadku optymalnego tłumienia pasywnego;
- w znacznym stopniu ograniczane jest obciążenie przenoszone na konstrukcję fundamentową/podstawy w miejscu dokowania w porównaniu do klasycznych rozwiązań;
- zapewnia ograniczenie czasu oscylacji obiektu dokującego podczas dokowania;
- zastosowanie półaktywnego sterownia elementami tłumiącymi pozwala na niskie zużycie energii podczas działania adaptacyjnego urządzenia modułowego do dokowania obiektów.

Wynalazek przedstawiono w przykładach wykonania i na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia widok pojedynczego modułu urządzenia według wynalazku ze szczególnym uwidocznieniem uchwyty dokującego; fig. 2 przedstawia widok pojedynczego modułu urządzenia według wynalazku ze szczególnym uwzględnieniem tłumika; fig. 3 przedstawia urządzenie według wynalazku w wariantcie dwumodułowym, gdzie A) stanowi widok uwydatniający uchwyty dokujące, B) stanowi widok uwydatniający umiejscowienie tłumików; fig. 4 schematycznie przedstawia urządzenie według wynalazku w wariantcie jednorządowym pięciomodułowym, gdzie A) stanowi widok z góry, B) w widoku poglądowym; fig. 5 przedstawia urządzenie według wynalazku w dwudziestopięciomodułowym wariantcie wielorządowym; fig. 6 schematycznie przedstawia ustawienie elementów prowadzących w wariantcie wielorządowym; fig. 7 przedstawia urządzenie według wynalazku w wariantcie jednorządowym dwunastomodułowym z przyłączonym do niego statkiem morskim, gdzie A) stanowi poglądowy obraz statku zadokowanego do urządzenia według wynalazku zamocowanego do nabrzeża, B) stanowi zbliżenie na fragment rufy statku stykającej się z modułami urządzenia według wynalazku, C) stanowi widok z boku na fragment rufy statku zadokowanego stykającej się z modułami urządzenia według wynalazku, D) stanowi widok z góry na dwa statki zadokowane do urządzenia według wynalazku; fig. 8 przedstawia urządzenie według wynalazku w wariantcie jednorządowym dwunastomodułowym z przyłączonym do niego samochodem, gdzie A) stanowi widok poglądowy samochodu przyłączonego do urządzenia według wynalazku, B) stanowi widok z boku samochodu przyłączonego do urządzenia według wynalazku; fig. 9 schematycznie przedstawia model urządzenia dokującego według wynalazku w wariantcie pięciomodułowym, gdzie krzyżem oznaczono moduł, do którego dokowany jest obiekt; fig. 10 przedstawia wyniki symulacji komputerowych dynamiki urządzenia dokującego wyszczególnionego krzyżem na fig. 9.

Przykład 1

Modułowe urządzenie do dokowania obiektów według wynalazku przedstawiono na rysunku, na którym **1** oznacza płytę kontaktową, **2** oznacza elementy prowadzące, **3** oznacza sprężyste podparcia, **4** oznacza czujniki, **5** oznacza podstawę, **6** oznacza łącznik sprężysty, **7** oznacza tłumik, **8** oznacza moduł, **9** oznacza jednostkę sterującą, **10** oznacza uchwyt dokujący, **11** oznacza element sprzęgający, natomiast **n** oznacza obiekt dokujący.

W tym przykładzie wykonania urządzenie składa się z dwóch modułów 8, które są ze sobą połączone łącznikami sprężystymi 6, a każdy z nich jest przymocowany do osobnej nieruchomej podstawy 5. Pojedynczy moduł 8 wraz z podstawą 5 przedstawiono na fig. 1 oraz fig. 2. Natomiast całe urządzenie w wariantcie dwumodułowym przedstawiono na fig. 3.

Każdy moduł 8 zawiera płytę kontaktową 1 zintegrowaną z uchwytem dokującym 10 i zamontowaną do podstawy 5 poprzez elementy prowadzące 2 wraz ze sprężystymi poparciami 3. Przy czym, rolą uchwyty dokującego 10 jest przytwierdzenie obiektu dokowanego *n* w taki sposób, aby pozostawał on w stałym kontakcie z płytą kontaktową 1 podczas całego procesu dokowania.

W tym nieograniczającym przykładzie wykonania płyta kontaktowa 1 jest zasadniczo prostokątna oraz jest wykonana ze stali, ale do jej wytworzenia można wykorzystać także inne materiały (np. tworzywa sztuczne). Natomiast w tym nieograniczającym przykładzie wykonania nieruchoma podstawa 5 jest wykonana z betonu, ale można ją wykonać z dowolnego materiału konstrukcyjnego (np. drewna, stali, tworzywa itp.).

Przy czym, w każdym module 8 pomiędzy płytą kontaktową 1 a podstawą 5 zlokalizowane są czujniki 4. Czujniki 4 są połączone do jednostki sterującej 9 również zlokalizowanej pomiędzy płytą kontaktową 1 a podstawą 5.

W tym nieograniczającym przykładzie wykonania czujniki 4 stanowią bezkontaktowe czujniki przemieszczenia i bezkontaktowe czujniki prędkości zamocowane do podstawy 5. Ponadto w każdym module 8 zamontowany jest tłumik 7 półaktywny zlokalizowany pomiędzy płytą kontaktową 1 a podstawą 5, który podobnie jak czujniki 4, jest połączony do jednostki sterującej 9. Przy czym, jednostka sterująca 9 danego modułu 8 jest zasilana z zewnętrznego źródła.

Jednostka sterująca 9 steruje półaktywnie tłumikami 7 na podstawie pomiarów z czujników 4. Tłumik 7 oraz jednostka sterująca 9 są przytwierdzone do podstawy 5.

W tym przykładzie wykonania moduły 8 są wyposażone w elementy sprzęgające 11, które sprzęgane ze sobą moduły 8 na sztywno w przypadku kontaktu obiektu *n* z więcej niż jednym modulem 8 podczas procesu dokowania. Dzięki elementom sprzęgającym 11 sprzężone ze sobą na sztywno moduły 8 pracują jak pojedynczy moduł.

Przykład 2

Urządzenie jak w przykładzie 1, z tym że czujniki 4 stanowią kontaktowe czujniki przemieszczenia i kontaktowe czujniki prędkości zamocowane do płyty kontaktowej 1.

Przykład 3

Urządzenie jak w przykładzie 1, z tym że składa się z sześciu modułów 8 ustawionych w jednym szeregu, które są ze sobą połączone łącznikami sprężystymi 6, jak przedstawiono na fig. 4.

Przykład 4

Urządzenie jak w przykładzie 1, z tym że składa się z dwudziestu pięciu modułów 8 ustawionych w pięciu szeregach po pięć modułów w każdym szeregu (fig. 5 oraz fig. 6). Przy czym, wszystkie moduły 8 są przymocowane do wspólnej podstawy 5.

Przykład 5

Urządzenie według wynalazku zapewnia łagodzenie skutków uderzenia, występującego podczas procesu dokowania obiektu *n*. W tym przykładzie wykonania urządzenie według wynalazku jest wyposażone w cztery moduły 8 ustawione jednorzędowo, natomiast obiekt dokujący *n* stanowi statek, który podczas dokowania styka się z pojedynczym modulem 8 urządzenia według wynalazku.

W niniejszym przypadku proces dokowania obejmuje następujące etapy:

- a) kontakt obiektu dokującego *n* z modulem 8 urządzenia dokującego;
- b) pomiar w czasie rzeczywistym przemieszczenia i prędkości każdego elementu urządzenia dokującego za pomocą czujników 4;
- c) półaktywne sterowanie za pomocą tłumikiem 7, znajdującym się między płytą kontaktową 1 modułu 8 a podstawą 5, za pomocą jednostki sterującej 9;
- d) przekazanie zaabsorbowanej energii poprzez łączniki sprężyste 6 przez moduł 8 urządzenia dokującego będący w kontakcie z obiektem dokującym *n* na moduły sąsiadujące;
- e) doprowadzenie w etapie finalnym modułu 8 pozostającego w kontakcie z obiektem dokującym *n* do pozycji równowagi;
- f) po wykonaniu całego procesu dokowania wg kroków a-e, łączniki sprężyste 6 modułu 8 urządzenia dokującego będącego w kontakcie z obiektem dokującym *n* rozłączane są od pozostałych modułów.

- g) przy czym od początku etapu a) do samego końca etapu e) kontakt obiektu dokującego z modulem urządzenia dokującego jest nieprzerwany, a więc współczynnik restytucji dla tego zderzenia wynosi zero.

Przykład 6

Dokowanie obiektu **n** z wykorzystaniem urządzenia według wynalazku rozpoczyna się w momencie kontaktu obiektu **n** z co najmniej jednym modulem **8**.

W tym przykładzie wykonania urządzenie według wynalazku składa się z dwunastu modułów **8** połączonych szeregowo, z których każdy posiada osobną podstawę **5**. W tym nieograniczającym przykładzie wykonania podstawa **5** jest betonowa, ale do jej wytworzenia można zastosować inne materiały (np. drewno lub stal). Postawa **5** jest trwale zamocowana do nabrzeża znanymi metodami, bez możliwości jakiegokolwiek przemieszczenia się.

Natomiast obiekt **n** stanowi statek (fig. 7), który dokując styka się z trzema modułami **8**, są sprzęgane ze sobą na sztywno przez element sprzęgający **11** i pracują jak pojedynczy moduł. Od momentu zetknięcia obiektu **n** z płytami kontaktowymi **1** modułów **8** następuje nieprzerwany kontakt obiektu **n** z płytami kontaktowymi **1** dzięki wykorzystaniu elementów sprzęgających **11**. Jednostka sterująca **9** każdego modułu dokonuje obliczeń półaktywnej strategii sterowania na podstawie pomiarów uzyskanych z czujników **4**, a następnie jednostka sterująca **9** każdego modułu steruje działaniem tłumików **7** półaktywnych w taki sposób, że energia uderzenia obiektu dokującego **n** w moduły **8** jest transferowana poprzez sprężyste łączniki **6** do kolejnych modułów **8** niebędących w kontakcie z obiektem dokującym **n** ani innym obiektem wcześniej zadokowanym. Zgodnie z wyznaczoną strategią sterowania moduły **8** mające kontakt z obiektem **n** doprowadzone są do stanu równowagi, po czym następuje rozłączenie łączników **6** od modułów **8** sąsiadujących. Po odłączeniu się obiektu **n** (np. odpłynięcie statku) moduły **8** są na nowo łączone z modułami **8** sąsiadującymi.

Przy czym, w niniejszym przykładzie zastosowano urządzenie według wynalazku w wariantcie jednorzędowym, w którym szeregowo połączone moduły **8** były zaopatrzone w osobne podstawy **5**. W przypadku urządzenia według wynalazku w takim wariantcie, po zadokowaniu obiektu **n** do urządzenia jego konstrukcja ulega podzieleniu na podkonstrukcje. Natomiast w przypadku, gdy urządzenie według wynalazku występuje w wariantcie wielorzędowym (np. jak przedstawiono na fig. 5), po zadokowaniu obiektu **n** możliwe jest transferowanie energii do pozostałych modułów **8** poprzez „omijanie” modułów pozostających w kontakcie z obiektami dokowanymi **n**. Przy czym, wspomniane „omijanie” modułu **8** z zadokowanym obiektem **n** realizowane jest poprzez odłączenie jego płyty kontaktowej **1** od sąsiednich płyt kontaktowych **1**.

Przykład 7

Dokowanie obiektu **n** z wykorzystaniem urządzenia według wynalazku jak w przykładzie 6, z tym że obiekt **n** stanowi samochód (fig. 8).

Przykład 8

Urządzenie według wynalazku zapewnia efektywną stabilizację obiektu dokującego **n**. Działanie urządzenia według wynalazku jest oparte na zamianie energii kinetycznej obiektu dokowanego **n** na energię kinetyczną związaną z ruchem modułów **8** urządzenia oraz energię potencjalną magazynowaną w łącznikach sprężystych **6**, oraz rozpraszanie tych energii z udziałem tłumienia półaktywnego realizowanego przez tłumiki **7** modułów **8** urządzenia. Dzięki zastosowaniu konstrukcji modułowej energia zostaje rozdystrybuowana w całym urządzeniu, co skutkuje znacznym podwyższeniem zdolności rozpraszania energii przez tłumiki **7**, a co za tym idzie, efektywniejszą stabilizacją położenia obiektu dokowanego **n**.

Metoda tłumienia półaktywnego oparta jest o przełączające prawo sterowania zaproponowane w pracy autorstwa G. Leitmann'a (*Leitmann G. Semiactive Control for Vibration Attenuation, Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 5(6):841–846, 1994). Prawo sterowania realizowane jest z udziałem pętli sprzężenia zwrotnego, w której korzysta się z pomiarów pozycji i prędkości modułów urządzenia. Ponadto wyniki uzyskane przez zespół Wasilewskiego i Pisarskiego wskazują, że zastosowanie w urządzeniach takiego sterowania gwarantuje asymptotyczną stabilność układu oraz wyższą efektywność rozpraszania energii w porównaniu do przypadku optymalnego tłumienia pasywnego (*Wasilewski M, Pisarski D. On suboptimal switched state-feedback control of semi-active vibrating structures, Proceedings of 2019 American Control Conference*, 3135–3141, 2019).

Niemniej jednak, działanie oraz efektywność urządzenia według wynalazku została przebadana numerycznie. Do symulacji komputerowych wykorzystano model matematyczny urządzenia dokującego złożonego z pięciu modułów **8**, jak przedstawiono na fig. 9, gdzie krzyżem oznaczono moduł **8**, do któ-

rego dokowany jest obiekt **n**. W celu przedstawienia efektywności zaproponowanego wynalazku, przeprowadzono symulacje dla czterech scenariuszy działania modułu **8**. Scenariusz 1 dotyczy urządzenia dokującego, gdzie moduły **8** są ze sobą sprzężone przez łączniki sprężyste **6**, a tłumiki **7** działają półaktywnie według założonej strategii sterowania; Scenariusz 2 dotyczy urządzenia dokującego, gdzie moduły **8** są ze sobą sprzężone przez łączniki sprężyste **6**, a tłumiki **7** działają pasywnie z maksymalną dopuszczalną wartością parametru tłumienia; Scenariusz 3 odnosi się do przypadku, gdzie moduł **8** urządzenia według wynalazku, w którym następuje zderzenie z obiektem dokującym **n**, jest wyizolowany przez odłączenie łączników sprężystych **6**, a tłumik **7** działa półaktywnie według założonej strategii sterowania; Scenariusz 4 dotyczy urządzenia według wynalazku z wyizolowanym modulem **8**, w którym następuje zderzenie z obiektem dokującym **n**, a tłumik **7** działa pasywnie z maksymalną dopuszczalną wartością parametru tłumienia.

Przy czym, działanie półaktywne tłumika **7** zapewnia sterowanie realizowane przez jednostkę sterującą **9**. Bez wspomnianego sterowania występuje tylko tłumienie wewnętrzne tłumika **7** (tj. działanie pasywne).

Wyniki symulacji przedstawiono na fig. 10, gdzie zestawione zostały przebiegi czasowe wychYLENIA obiektu **n** dokowanego do modułu **8** oznaczonego krzyżem na fig. 9. Analizując Scenariusz 1 oraz 2 obserwujemy podobieństwo odpowiadającym im krzywych do chwili osiągnięcia ekstremum wychYLENIA. Zjawisko to jest związane z jednoznacznym działaniem metody półaktywnej oraz pasywnej w początkowej fazie symulacji, gdzie w obydwu przypadkach tłumiki **7** działają z maksymalną dopuszczalną wartością parametru tłumienia. Po osiągnięciu ekstremum, układ sterowania (tj. jednostka sterująca **9**) przełącza wartości parametru tłumienia pomiędzy skrajnymi wartościami dopuszczalnymi, co skutkuje wyraźną poprawą stabilizacji położenia obiektu dokowanego **n** do punktu równowagi (Scenariusz 1). W przypadku Scenariuszy 3 oraz 4 obserwujemy wyraźne pogłębienie ekstremum wychYLENIA obiektu, oraz jego powolny powrót do punktu równowagi, co jest skutkiem wyizolowania modułu **8**, w którym następuje zderzenie z obiektem **n**, a tym samym wyodrębnienia tłumiki **7**, w której następuje dyssypacja energii zderzenia.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie o budowie modułowej do dokowania obiektów zawierające co najmniej jedną nieruchomą podstawę oraz co najmniej dwa moduły połączone łącznikami sprężystymi, z których każdy jest przymocowany do wspólnej lub osobnej podstawy, gdzie każdy moduł jest wyposażony w płytę kontaktową oraz sprężyste podparcia, **znamienne tym**, że każdy moduł (**8**) zawiera płytę kontaktową (**1**) wyposażoną w uchwyt dokujący (**10**) połączoną sprężystymi podparciami (**3**) z elementami prowadzącymi (**2**) połączonymi z podstawą (**5**), elementy prowadzące (**2**) i sprężyste podparcia (**3**) stanowią sprężyste łączenie płyty kontaktowej (**1**) z podstawą (**5**), a pomiędzy płytą kontaktową (**1**) a podstawą (**5**), na podstawie (**5**) umieszczone są czujniki (**4**), półaktywny tłumik (**7**) przytwierdzony do podstawy (**5**) i płyty kontaktowej (**1**) oraz jednostka sterująca (**9**), przy czym czujniki (**4**) oraz półaktywny tłumik (**7**) są podłączone do jednostki sterującej (**9**).
2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamienne tym**, że płyta kontaktowa (**1**) jest zasadniczo prostokątna.
3. Urządzenie według zastrz. 1 albo 2, **znamienne tym**, że zawiera jedną podstawę (**5**).
4. Urządzenie według zastrz. 1 albo 2, **znamienne tym**, że liczba podstaw (**5**) jest równa liczbie modułów (**8**), a każdy moduł (**8**) jest mocowany do osobnej podstawy (**5**).
5. Urządzenie według dowolnego z poprzednich zastrzeżeń od 1 do 4, **znamienne tym**, że co najmniej dwa moduły (**8**) są ze sobą sztywno sprzęgane elementem sprzęgającym (**11**).
6. Urządzenie według dowolnego z poprzednich zastrzeżeń od 1 do 5, **znamienne tym**, że czujniki (**4**) stanowią czujniki bezkontaktowe.
7. Urządzenie według dowolnego z poprzednich zastrzeżeń od 1 do 6, **znamienne tym**, że czujniki (**4**) są wybrane z grupy obejmującej czujniki przemieszczenia, czujniki prędkości lub ich kombinację.
8. Urządzenie według dowolnego z poprzednich zastrzeżeń od 1 do 7, **znamienne tym**, że czujniki (**4**) są przymocowane do płyty kontaktowej (**1**) modułu (**8**).
9. Urządzenie według dowolnego z poprzednich zastrzeżeń od 1 do 7, **znamienne tym**, że czujniki (**4**) są przymocowane do podstawy (**5**).

Rysunki

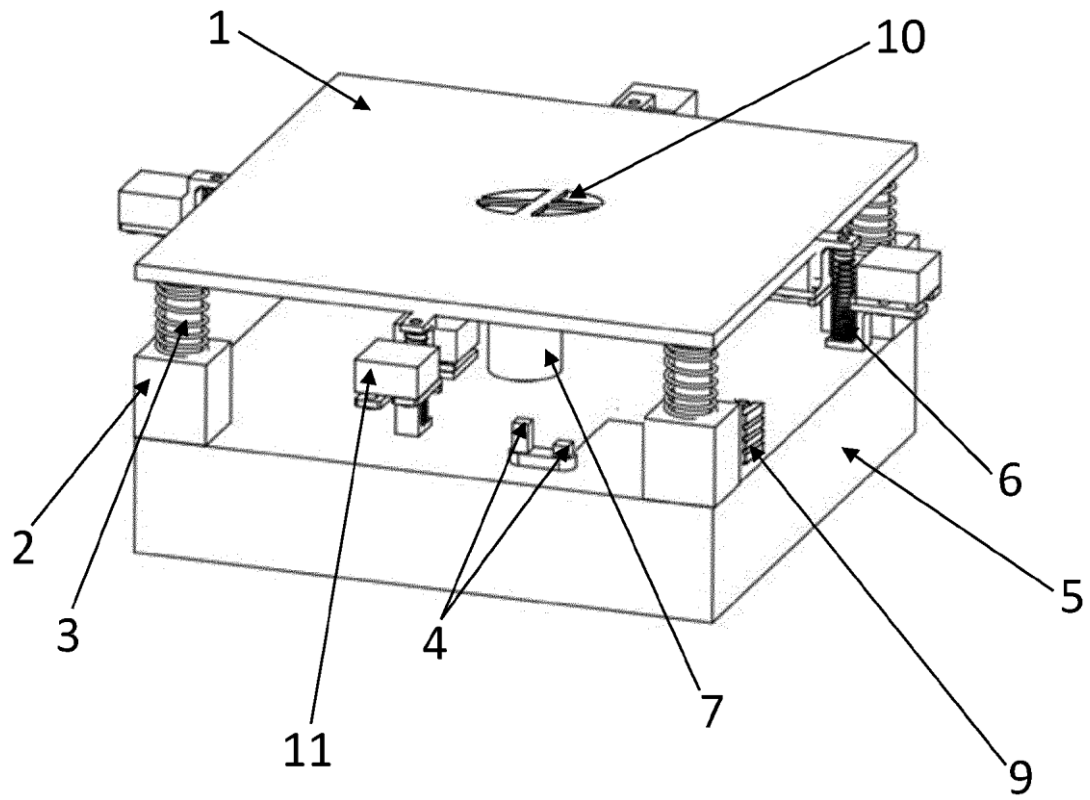


Fig. 1

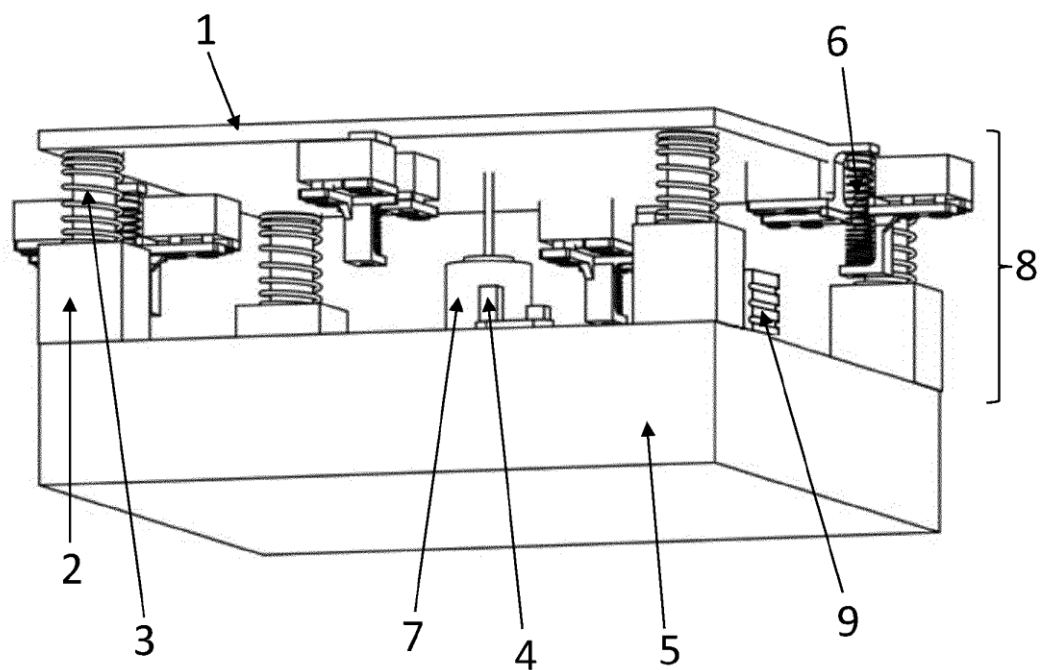


Fig. 2

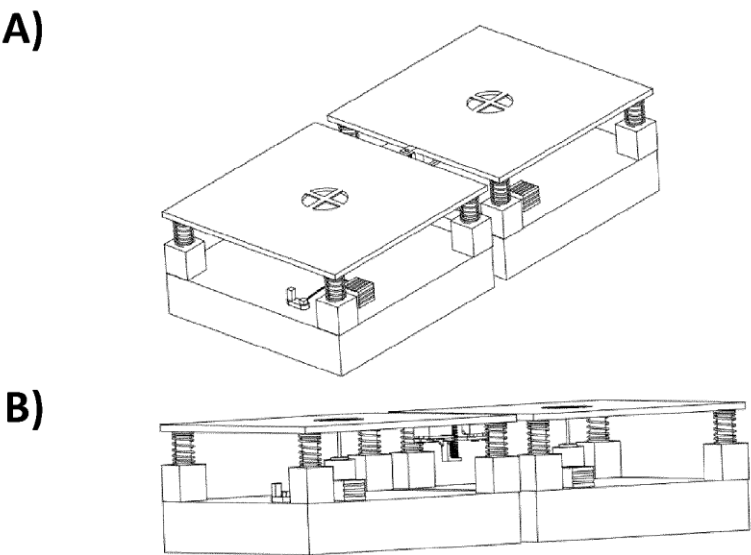


Fig. 3

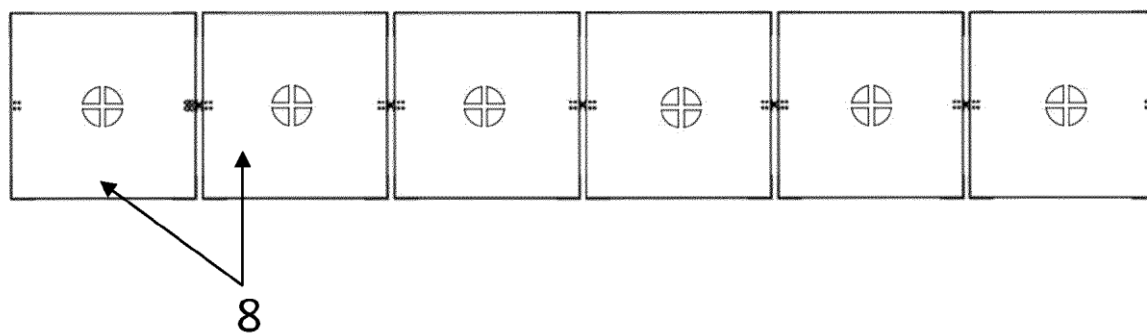
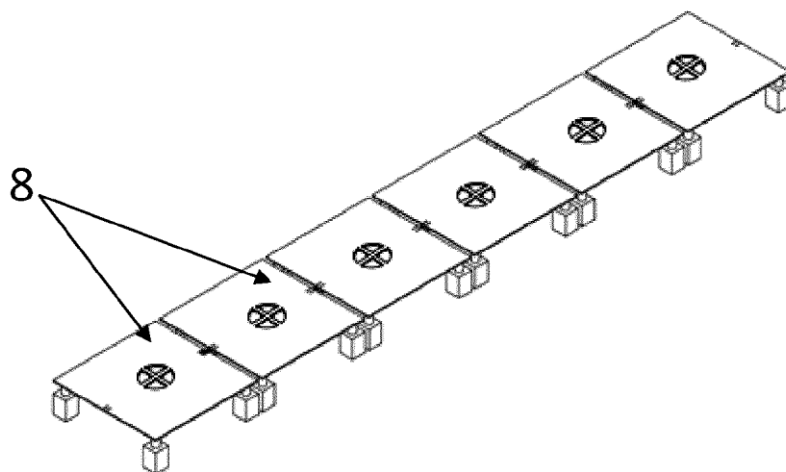
A)**B)**

Fig. 4

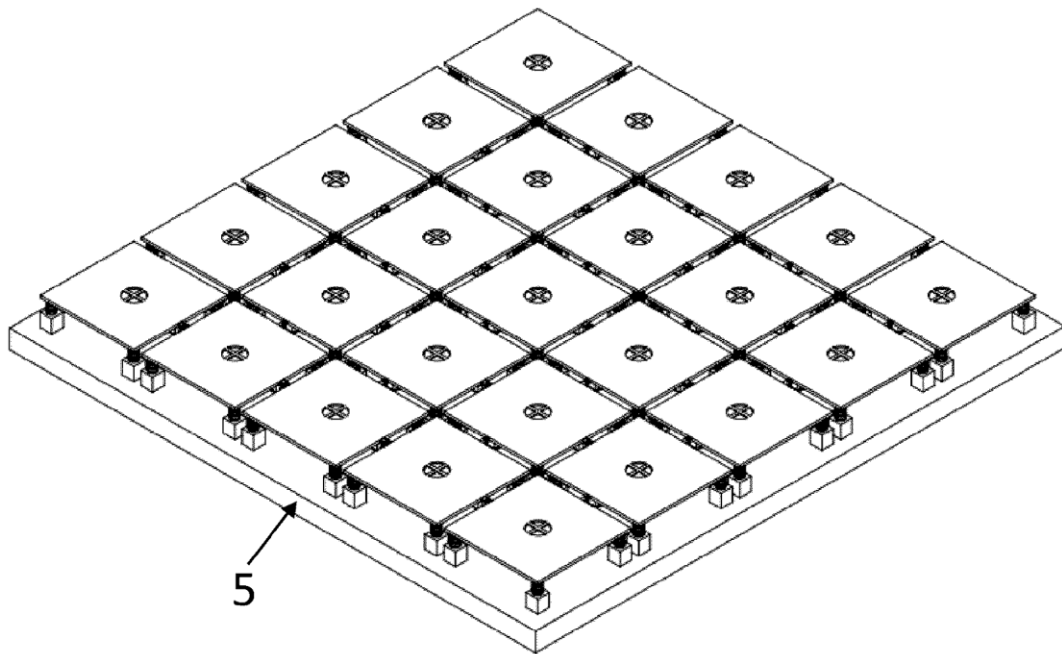


Fig. 5

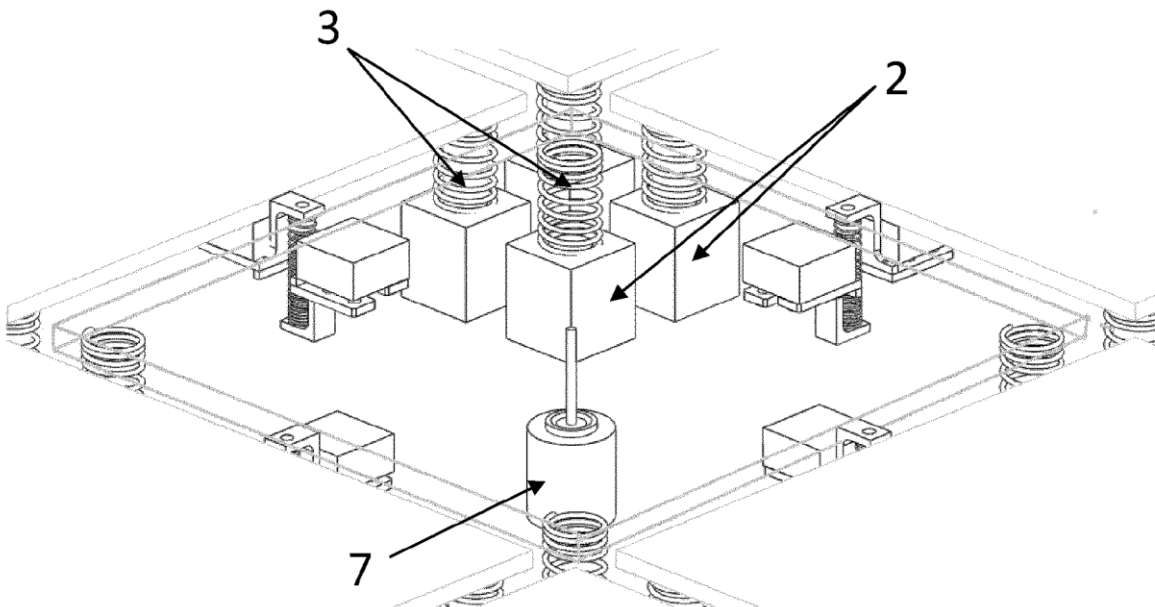


Fig. 6

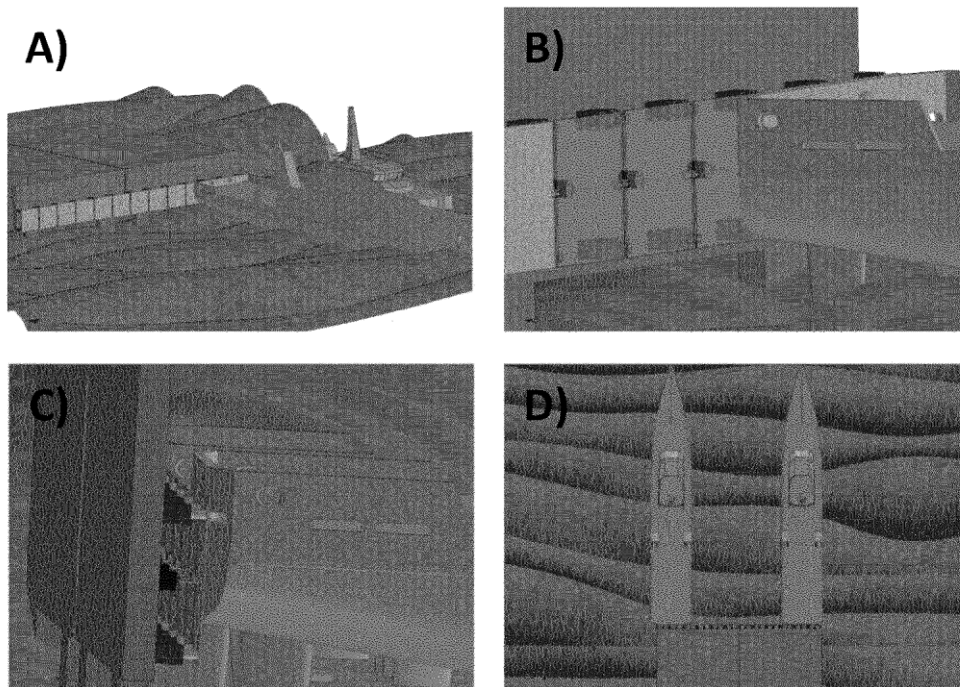


Fig. 7

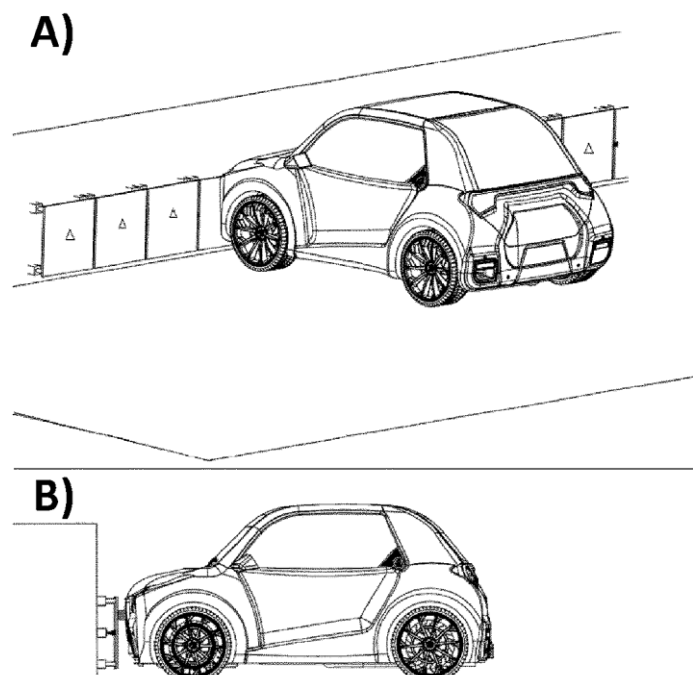


Fig. 8

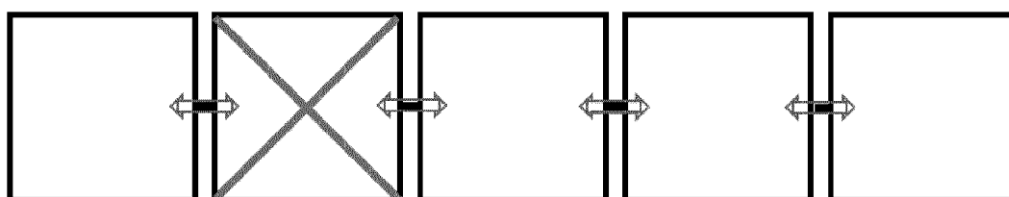


Fig. 9

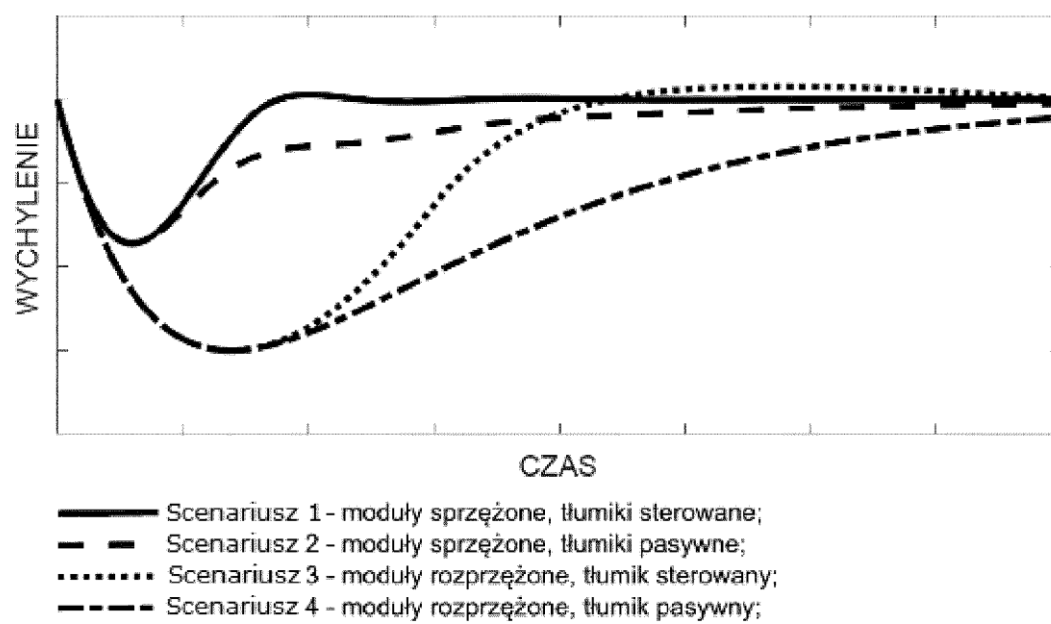


Fig. 10