

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 244057 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **429902**

(22) Data zgłoszenia: **2019.05.10**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2020.11.16 BUP 24/2020**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.11.27 WUP 48/2023**

(51) MKP:

**B64G 1/22 (2006.01)**

- 
- (73) Uprawniony z patentu:  
**ADAPTRONICA SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ  
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Łomianki, PL  
INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW  
TECHNIKI POLSKIEJ AKADEMII NAUK,  
Warszawa, PL**
- (72) Twórca(-y) wynalazku:  
**JAN HOLNICKI-SZULC, Warszawa, PL  
ANDRZEJ ŚWIERCZ, Warszawa, PL  
LECH KNAP, Warszawa, PL**
- (74) Pełnomocnik:  
**rzecz. pat. Anna Grzelak, Warszawa, PL**
- 

(54) Tytuł:

**Samo-rozkładalna, ciągnowo-prętowa struktura wsporcza**

**PL 244057 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest samo-rozkładalna, ciągnowo-prętowa struktura wsporcza, do ewentualnego zastosowania w inżynierii kosmicznej, pozwalająca na jej wyniesienie przez raketę na orbitę okołoziemską (przy dużych przeciążeniach).

Z dokumentu **WO2013140201 A1** znane jest rozwiązanie rozkładalnej pierścieniowej konstrukcji ciągnowo-prętowej z wykorzystaniem rozłącznie ciągów do przenoszenia sił osiowych rozciągających oraz prętów do przenoszenia sił osiowych ściskających. Ustrój ma zastosowanie jako konstrukcja wsporcza do anten telekomunikacyjnych umieszczanych na orbicie okołoziemskiej.

Podobnie, dokument **CN105071013 A** dotyczy rozstawialnej pierścieniowej struktury do rozmieszczania anteny satelitarnej. Ujawniony element rozstawialny pierścienia składa się z wielu takich samych jednostek, z których każda składa się z dwóch zespołów pręta horyzontalnego, dwóch zespołów pręta środkowego i dwóch ukośnych zespołów prętów, które mają taką samą strukturę. Przy czym, zespoły pręta horyzontalnego ukośne zespoły prętów są umocowane zawiasowo do zespołów pręta środkowego, tworząc teleskopową strukturę czworoboczną. Natomiast dwie sąsiednie jednostki są połączone przez wspólny środkowy pręt pomiędzy nimi.

Z kolei firma AEC-Able Engineering Company opracowała dwa systemy rozkładalnych masztów: FAST i ADAM. Pierwszy z nich do rozłożenia konstrukcji wykorzystuje obrotowe węzły oraz energię sprężystości części prętów wstępnie uformowanych łukowo. Po ich uwolnieniu pręty prostują się i tworzą kwadratowy przekrój poprzeczny masztu. Sekcje są połączone między sobą prętami (słupki) ciągami (krzyżulce). Za pomocą drugiego systemu możliwe jest tworzenie konstrukcji o znacznych rozpiętościach (ok. 60 m), lecz nie jest strukturą samo-rozkładalną.

Natomiast dokument **WO2014127813 A1** dotyczy nadających się do rozmieszczenia struktur wsporczych do zastosowań kosmicznych, takich jak rozkładane anteny reflektorowe, reflektory słoneczne lub koncentratory. Dokument ujawnia rozkładalną konstrukcję nośną zawierającą kratownicę wielościanu. Kratownica wielościanowa zawiera połączenia wielopasmowe i jest przekształcalna ze stanu rozłożonego w pierwszy stan złożony i odwrotnie.

W stanie rozłożonym kratownica wielościanowa ma górną podstawę wielokątną prętów przegubowych i dolną podstawę wielokątną prętów przegubowych. Przy czym górna i dolna podstawa wielokątna są prostopadłe do wzdłużnej osi środkowej i połączone ze sobą poprzecznymi prętami, które są obrotowo połączone z przegubowymi prętami górnej i dolnej wielobocznej podstawy. Kratownica wielościanowa jest przystosowana do przekształcania ze stanu rozłożonego w pierwszy stan złożony tak, że w pierwszym stanie złożonym pręty górnej i dolnej podstawy wielokątnej są obracane wokół poprzecznego pręta, do którego są obrotowo sprzężone, aż znajdą się w lekko nachylony lub równoległy do osi wzdłużnej poprzecznego pręta, a poprzeczne pręty są zbieżne w kierunku osi środkowej górnej i dolnej podstawy wielokątnej. Kratownica wielościanowa jest ponadto przystosowana do przekształcania z pierwszego stanu złożonego w drugi stan złożony i odwrotnie tak, że w drugim stanie złożonym dolna część kratownicy wielościanu jest zagięta do górnej części, w którym grupa prętów zawierająca jeden z poprzecznych prętów i prętów dolnej podstawy wielokątnej, które są obrotowo połączone z jednym z poprzecznych prętów, obraca się wokół wspólnej drugorzędnej osi zawiasu.

Celem wynalazku jest ulepszenie dotychczasowych rozkładalnych konstrukcji wsporczych do zastosowania w szczególności w inżynierii kosmicznej, poprzez zapewnienie lekkiej oraz stabilnej samo-rozkładalnej konstrukcji wspornikowej o nowej strukturze, z możliwością redukcji drgań.

Istotą wynalazku jest samo-rozkładalna ciągnowo-prętowa struktura wsporcza do zastosowania w szczególności w inżynierii kosmicznej, wzajemnie przekształcalna z konfiguracji transportowej do konfiguracji funkcjonalnej i odwrotnie, która w konfiguracji funkcjonalnej występuje w postaci kratownicy posiadającej górną podstawę na bazie wielościanu oraz dolną podstawę na bazie wielościanu, charakteryzująca się tym, że jest wielosekcyjna, a w każdej sekcji zawiera parę dwuczłonowych prętów o zamkniętym przekroju poprzecznym z przewleczonymi wewnątrz nich ciągami głównymi. Przy czym dwuczłonowe pręty są połączone ze sobą zakładkowo za pomocą dwuczłonowego sworznia z wykorzystaniem mechanizmu przegubowego blokowanego po osiągnięciu konfiguracji funkcjonalnej i kontrolowanego za pomocą umieszczonego na jednym z członów pręta cięgna blokady mechanizmu przegubowego połączonego z zapadką umieszczoną w otworze przelotowym tego członu oraz dociskanej za pomocą sprężyny do drugiego z członów pręta. Korzystnie, wielościanem służącym za podstawy struktury jest trójkąt.

Korzystnie cięgna główne stanowią cięgna o regulowanym stopniu napięcia.

Korzystnie struktura jest trójsekcyjna.

Korzystnie trójsekcyjna struktura w postaci funkcjonalnej posiada zablokowany mechanizm przegubowy ze współliniowymi osiami członów pręta.

Korzystnie trójsekcyjna struktura w konfiguracji transportowej (złożonej) utrzymywana jest przez zespół wstępnie napiętych aktywatorów sprężynowych oraz blokad sprężyn usytuowanych odpowiednio w dolnej, środkowej i górnej sekcji struktury.

Struktura wsporcza według wynalazku zapewnia następujące korzyści:

- Topologia struktury pozwala na wzajemną przekształcalność dwóch konfiguracji, z których konfiguracja transportowa ma kompaktową formę ułatwiającą transport;
- Konstrukcja typu kratownicowego zapewnia lekkość struktury wspornikowej;
- Struktura wspornikowa jest samo-rozkładalna – konfiguracja transportowa jest utrzymywana w swojej kompaktowej formie za pomocą układu aktywatorów sprężynowych i blokad, których usunięcie powoduje automatycznie rozłożenie i przekształcenie w konstrukcję kratownicową;
- Stabilna forma funkcjonalna – stabilizacja dzięki wykorzystaniu cięgien głównych umieszczonych wewnątrz wybranych elementów prętowych oraz zablokowaniu mechanizmów przegubowych;
- Przy użyciu cięgien głównych struktura może być sprężona w różnym stopniu, co może być wykorzystane do redukcji drgań wywołanych podczas przekształcania struktury do formy funkcjonalnej lub drgań powstałych w wyniku normalnej pracy tej konstrukcji w postaci funkcjonalnej.

Wynalazek szczegółowo przedstawiono na rysunku, gdzie Fig. 1 przedstawia wariant trójsekcyjnego wspornika; Fig. 2 przedstawia topologię struktury po złożeniu dolnej sekcji; Fig. 3 przedstawia topologię struktury po złożeniu dolnej i środkowej sekcji; Fig. 4 przedstawia topologię struktury po złożeniu wszystkich trzech sekcji; Fig. 5 przedstawia mechanizm przegubowy; Fig. 6 przedstawia fragment struktury przedstawionej na Fig. 4 w postaci złożonej, tj. trójkątną sekcję dolną i trójkątną sekcję górną; Fig. 7 przedstawia fragment złożonej środkowej sekcji struktury.

Wynalazek przedstawiono w poniższych przykładach wykonania:

Przykład 1

W tym przykładzie wykonania topologia struktury ma postać trójsegmentowego wspornika (Fig. 1), co pozwala, przy zastosowaniu trzech par elementów prętowo-cięgnowych:  $A_3B_4—B_3C_4$ ,  $B_2A_3—C_2B_3$  oraz  $A_1B_2—B_1C_2$  (jedna para w każdym segmencie) na realizację zaplanowanych modyfikacji konfiguracji struktury. Dwuczłonowe pręty **1** o zamkniętym przekroju poprzecznym mają wewnątrz przewleczone cięgno główne **2** i mechanizm przegubowy **3**, który może być w stanie aktywnym lub nieaktywnym. Przy cięgnach głównych **2** swobodnie uwolnionych, jednocześnie aktywowana para mechanizmów przegubowych **3** w jednej sekcji umożliwia jej złożenie. Po złożeniu sekcji mechanizm przegubowy **3** (przedstawiony na Fig. 5) przechodzi w stan nieaktywny. Przy czym, dwuczłonowy pręt **1** tworzą dwa człony **P1** i **P2** połączone zakładkowo za pomocą dwuczęściowego sworznia **P3**. Na elemencie **P1** w pobliżu osi sworznia **P3** instaluje się układ sprężynowy **P4** złożony ze sprężyny **P5**, zapadki **P6**, cięgna blokady mechanizmu przegubowego **P7** i prowadnic cięgna **P8**. Cięgno **P7** jest połączone trwale z wykorzystaniem prowadnic cięgna **P8** z zapadką **P6** dociskaną przez sprężynę **P5** do członu **P2**. Zapadka **P6** umieszczona jest w otworze przelotowym **P9** w członie **P1**. Przeskok zapadki **P6** powoduje aktywację blokady mechanizmu przegubowego **3** (przedstawionego na Fig. 5), co następuje w osiowym ustawieniu otworu przelotowego **P9** i jednego z dwóch otworów nieprzelotowych **P10** umieszczonych w członie **P2**. Położenia otworów nieprzelotowych są tak dobrane, aby blokada mechanizmu przegubowego występowała w postaci funkcjonalnej (rozłożonej) i transportowej (złożonej).

Przy czym, złożenie dolnej sekcji wymaga aktywowania mechanizmów przegubowych **Q1** i **P1**, jak przedstawiono na Fig. 2, a złożenie dolnej i środkowej sekcji wymaga aktywacji dwóch par mechanizmów przegubowych **Q1—P1** oraz **Q2—P2**, jak przedstawiono na Fig. 3. W tym przykładzie wykonania kolejność składania sekcji do postaci zredukowanej 2D (transportowej) (przedstawionej na Fig. 4) jest sekwencyjna.

Korzystnie konfiguracja transportowa (złożona) utrzymywana jest przez zespół wstępnie napiętych aktywatorów sprężynowych (**K2**), (**K3**) lub (**K4**) oraz blokad sprężyn (**L2**), (**L3**) lub (**L4**) usytuowanych odpowiednio w dolnej, środkowej i górnej sekcji struktury.

Na Fig. 6 przedstawiono fragment struktury z Fig. 4 w postaci złożonej: trójkątną sekcję dolną (elementy i łączące je węzły  $A_2B_2C_2$ ) i trójkątną sekcję górną (elementy i łączące je węzły  $A_4B_4C_4$ ). Przy

czym, węzły sekcji dolnej instaluje się do podłoża **BZ** za pomocą zestawu sprężyn **K2** i zestawu blokad **L2**, a węzły sekcji górnej za przy użyciu zestawu sprężyn **K4** i zestawu blokad **L4**. Analogicznie dla złożonej środkowej sekcji struktury wykorzystuje się zestaw sprężyn **K3** i zestaw blokad **L3**, jak przedstawiono na Fig. 7.

W tym przykładzie wykonania jednoczesny wyrzut trzech sekcji uzyskuje się poprzez równoczesne zwolnienie blokad **L2**, **L3** i **L4** oraz aktywowanie par mechanizmów przegubowych **Q1–P1**, **Q2–P2**, i **Q3–P3** przy wykorzystaniu wstępnie napiętych sprężyn **K2**, **K3** i **K4**. Następnie, dezaktywuje się mechanizmy przegubowe poprzez zwolnienie cięgien blokady mechanizmu przegubowego **P7**, po czym, w postaci funkcjonalnej struktury, przy współosiowej konfiguracji członów **P1** i **P2** pręta **1**, następuje blokada mechanizmów przegubowych **3** poprzez przeskok zapadek **P6** do jednego z otworów nieprzelotowych **P10**.

W postaci funkcjonalnej redukuje się drgania struktury za pomocą zmiany napięć w cięgnach głównych **2**. Natomiast uwolnienie cięgien głównych **2** oraz aktywowanie mechanizmów przegubowych **3** umożliwi ponowne złożenie struktury do postaci transportowej.

Przykład 2

Struktura wspornikowa według Przykładu 1, z tym że podczas składania struktury do postaci zredukowanej 2D (transportowej) sekcje są składane jednocześnie.

Przykład 3

Struktura wspornikowa według Przykładu 1 lub 2, z tym że wyrzut sekcji następuje sekwencyjnie.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Samo-rozkładalna cięgnowo-prętowa struktura wspornikowa do zastosowania w szczególności w inżynierii kosmicznej, wzajemnie przekształcalna z konfiguracji transportowej do konfiguracji funkcjonalnej i odwrotnie, która w konfiguracji funkcjonalnej występuje w postaci kratownicy posiadającej górną podstawę na bazie wielościanu oraz dolną podstawę na bazie wielościanu, **znamienna tym**, że jest wielosekcyjna, a w każdej sekcji zawiera parę dwuczłonowych elementów prętowo-cięgowych zawierających pręty (1) o zamkniętym przekroju z przewleczonymi wewnątrz nich cięgnami głównymi (2); przy czym pręty (1) tworzą, połączone zakładkowo za pomocą dwuczęściowego sworznia (P3), człony (P1) i (P2), które wyposażone są w mechanizmy przegubowe (3) blokowane po osiągnięciu konfiguracji funkcjonalnej i kontrolowane za pomocą umieszczonego na członie (P1) cięgna blokady mechanizmu przegubowego (P7) połączonego z zapadką (P6) umieszczoną w otworze przelotowym (P9) w członie (P1) oraz dociśniętej za pomocą sprężyny (P5) do członu (P2);
2. Struktura według zastrz. 1, **znamienna tym**, że wielościanem służącym za podstawy struktury jest trójkąt.
3. Struktura według zastrz. 1, **znamienna tym**, że cięgna główne (2) stanowią cięgna o regulowanym stopniu napięcia.
4. Struktura według zastrz. 1 albo 2, **znamienna tym**, że jest trójsekcyjna.
5. Struktura według zastrz. 3, **znamienna tym**, że w postaci funkcjonalnej posiada zablokowany mechanizm przegubowy (3) ze współliniowymi osiami członów (P1) i (P2).
6. Struktura według zastrz. 3, **znamienna tym**, że konfiguracja złożona utrzymywana jest przez zespół wstępnie napiętych aktywatorów sprężynowych (K2), (K3) lub (K4) oraz blokad sprężyn (L2), (L3) lub (L4) usytuowanych odpowiednio w dolnej, środkowej i górnej sekcji struktury.

Rysunki

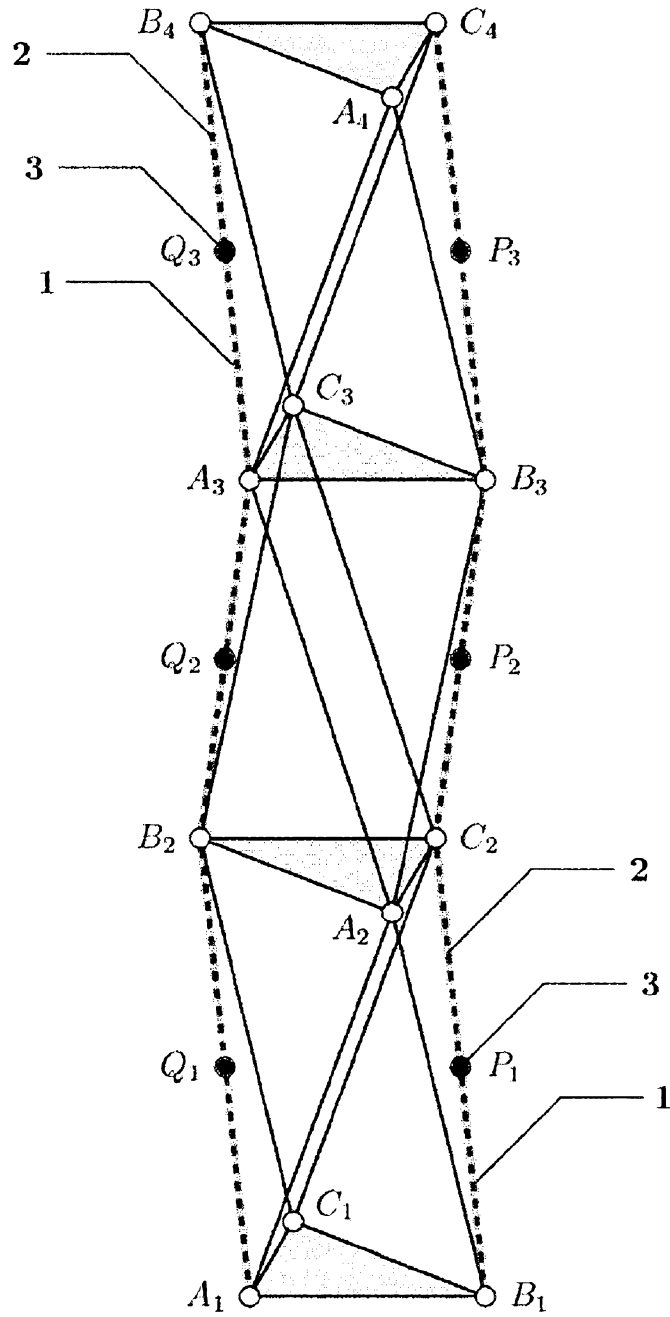


Fig. 1

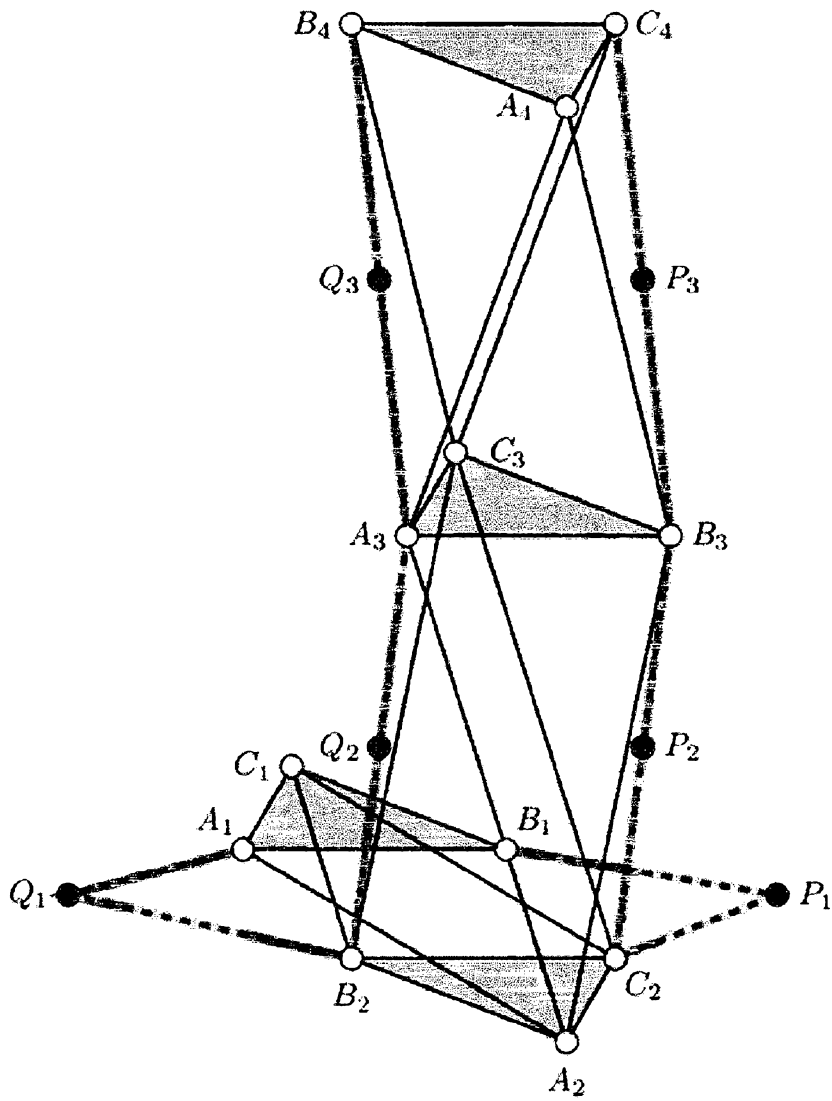


Fig. 2

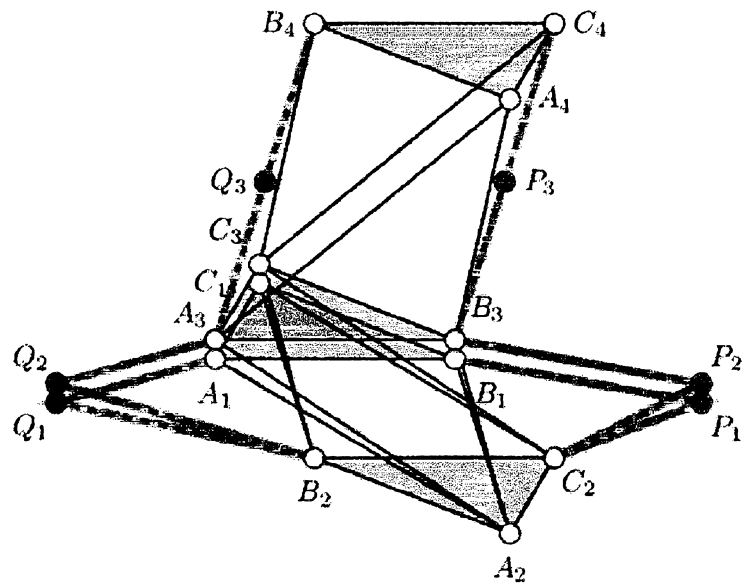


Fig. 3

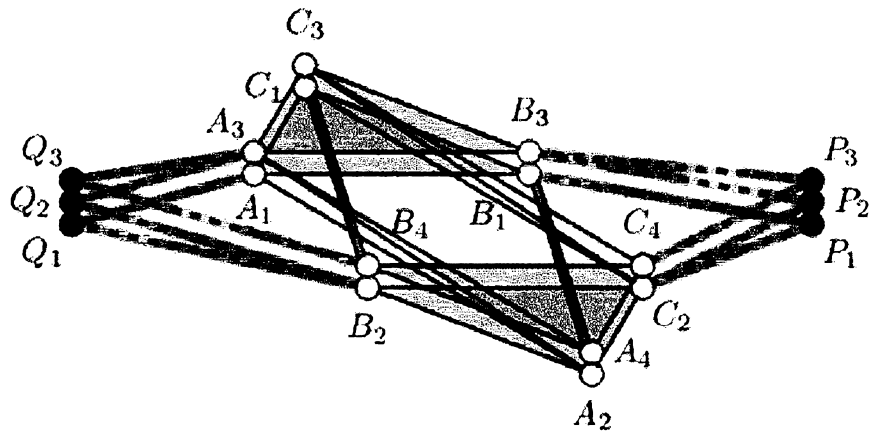


Fig. 4

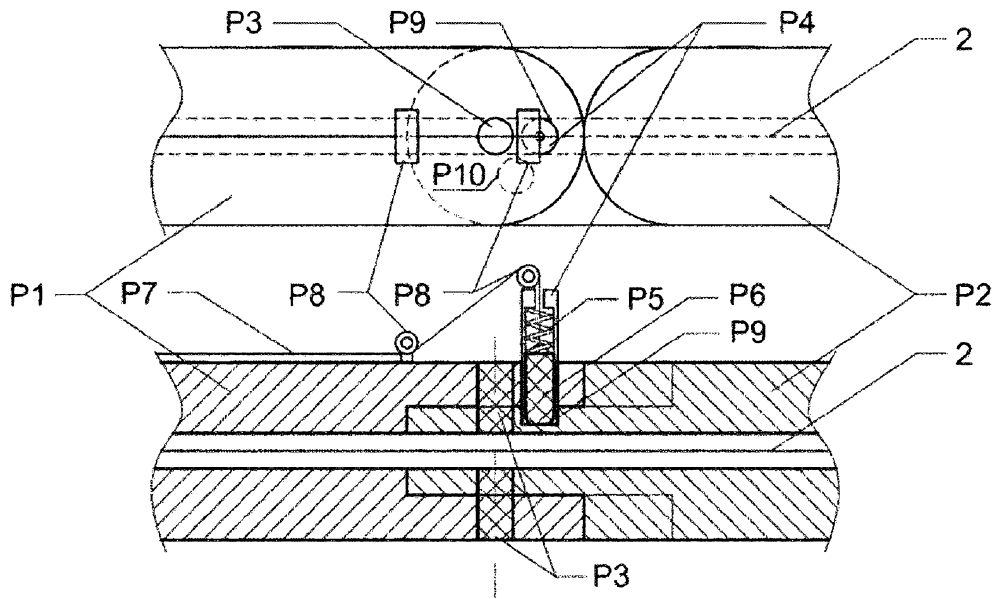


Fig. 5

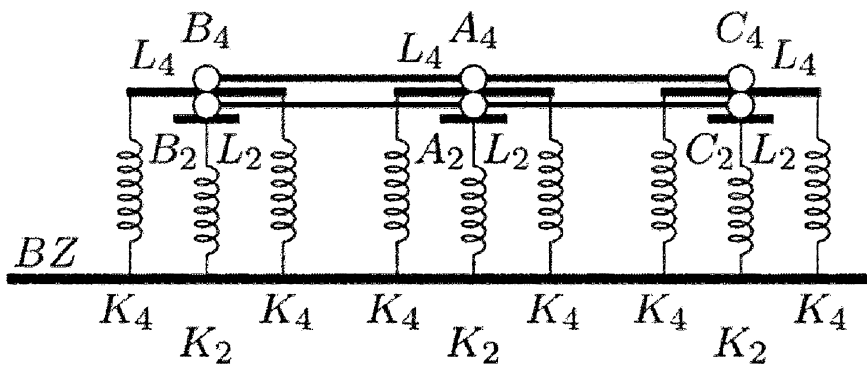


Fig. 6

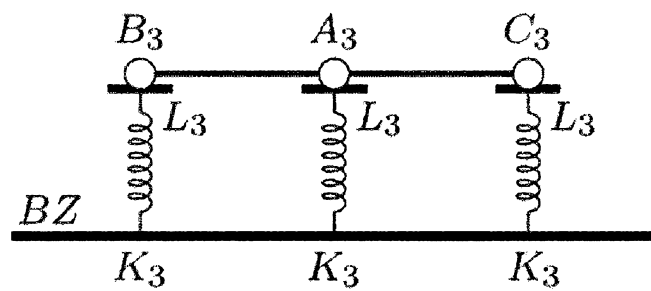


Fig. 7