

## **Rozkładalna, modułowa, ciągnowo-prętowa konstrukcja wsporcza aerostatu z elastyczną powłoką o zmiennym kształcie i objętości**

Przedmiotem wynalazku jest rozkładalna, modułowa, ciągnowo-prętowa konstrukcja wsporcza aerostatu z elastyczną powłoką o zmiennym kształcie i objętości.

Obecny system wznoszenia aerostatów bazuje na konstrukcjach, które napełniane są gazem lżejszym od powietrza na poziomie ziemi i wnoszą się po uzyskaniu dodatkowej siły wznoszenia wynikającej z oddziaływania siły wyporu oraz ciężaru aerostatu. Wraz ze zmianą wysokości zmienia się ciśnienie atmosferyczne oraz gęstość powietrza, co w przypadku standardowych aerostatów wymaga zbiorników balastowych umożliwiających zmianę objętości aerostatu lub elastycznego balonu, który na poziomie ziemi jest napełniany gazem nośnym do ciśnienia powodującego unoszenie aerostatu. Gaz nośny wraz ze zwiększaniem wysokości rozpręża się na skutek obniżania się ciśnienia atmosferycznego, co powoduje wzrost objętości balonu aerostatu. W trakcie wznoszenia aerostatu działają na niego wiatry o zmiennym kierunku i prędkości, które powodują, że statek powietrzny znoszony jest w kierunku poziomym względem zaplanowanej pionowej ścieżki wznoszenia. Utrudnia to umiejscowienie aerostatu w wybranym punkcie przestrzeni. Dodatkowo proces taki trwa zwykle kilka godzin.

Z patentu US6793180B2 znane jest rozwiązanie sterowca, którego powłoka wyposażona jest w sprężyste listwy, które po naprężeniu i odkształceniu oraz nałożeniu odpowiednich więzów nadają powłoce jej eliptyczny kształt. Rozwiązanie to umożliwia uzyskanie półsztywnej powłoki, która może być złożona po usunięciu z jej wnętrza gazu. Urządzenie ujawnione w tym opisie patentowym - jest przewidziane do szybkiego wynoszenia za pomocą samolotu lub rakiety w formie złożonej (np. umieszczonej w pojemniku transportowym).

W publikacji WO2014/096559 A1 przedstawiono rozwiązanie sterowca o zmiennej objętości, który przeznaczony jest do lotów z dużymi prędkościami poziomymi. Kadłub sterowca wykonany jest ze sztywnych, nachodzących na siebie powłok metalicznych połączonych przy pomocy deformowalnych kołnierzy w kształcie litery S. Zmiana objętości sterowca w celu osiągnięcia zadanej wysokości lotu następuje poprzez wzajemne rozsuniecie sztywnych segmentów kadłuba w kierunku poziomym, które kompensowane jest poprzez deformację kołnierzy.

Z publikacji WO 2007/062440 A1 znany jest sterowiec o zmiennej objętości składający się ze sztywnej gondoli oraz elastycznej powłoki o zmiennej objętości, która w stanie nienapełnionym umieszczona jest całkowicie w gondoli. Zmiana objętości części nośnej sterowca następuje poprzez napełnianie powłoki gazem lżejszym od powietrza oraz kontrolę jej kształtu poprzez układ ortogonalnych lin mocowanych do sztywnej gondoli.

W zgłoszeniu FR2856654 A1 przedstawiono koncepcję sterowca o powłoce z elastycznego materiału, który podzielony jest na część przednią, część tylną oraz określoną liczbę sekcji pośrednich, które mogą być składane lub rozkładane w celu zapewnienia zmian objętości użytkowej sterowca.

W dokumencie GB2264092A ujawniono sposób podziału sterowca na wiele połączonych ze sobą elastycznie zamkniętych sekcji. Rozwiązanie to ma na celu umożliwienie wydzielenia pojedynczej sekcji sterowca w celu dokonania jej naprawy na ziemi i nie przewiduje wynoszenia aerostatu w kompaktowej formie.

W patencie US 7261255 B2 przedstawiono sterowiec przeznaczony do lotów na dużych wysokościach, który ma możliwość zmiany objętości poprzez radialną transformację geometrii jego przekroju. Transformacja elastycznych powłok przy użyciu wewnętrznego szkieletu prowadzona jest od początkowego kształtu poprzecznego przekroju zbliżonego do formy krzyża do kształtu końcowego, który jest pełnym kołem. Przy zmianie geometrii sterowca wykorzystywany jest system sterowania ciśnieniem wewnątrz powłoki. Opis przedstawiony w patencie nie przewiduje wynoszenia aerostatu w formie złożonej w pojemniku transportowym za pomocą samolotu lub rakiety.

W patencie US 9108712 B2 przedstawiono rozwiązanie sterowca wypełnianego gazem lżejszym od powietrza z elastyczną powłoką zewnętrzną, której kształt i objętość może być zmieniana poprzez układ wewnętrznych cięgien. Zmiana objętości sterowca ma na celu optymalizację profilu aerodynamicznego jednostki, kontrolę wznoszenia i opadania oraz umożliwia przechowywanie jednostki na ziemi w hangarach o ograniczonym rozmiarze, jednak nie zakłada możliwości wynoszenia aerostatu w formie złożonej.

Patent US5005783 przedstawia statek powietrzny o zmiennej geometrii i objętości, który może być transformowany z układu aerostatu (sterowca) do układu aerodynamy (samolotu) poprzez rozkładanie powłoki o dużej objętości przy kontroli ciśnienia gazu lżejszego od powietrza oraz układu cięgien.

Z dokumentu WO2019170158 A1 znana jest transformowalny sterowiec stratosferyczny, składający się z: górnego i dolnego kadłuba, złożonego balonu i mechanizmów układania przewodu umieszczonych na górnym kadłubie i dolnym kadłubie. Przy czym złożony balon zawiera zamknięty balon, otwory prowadzące umieszczone w zewnętrznej części zamkniętego balonu i kable z drutu usztywniającego przechodzące przez otwory prowadzące w ustalonej kolejności. Wspomniane kable z drutu usztywniającego służą do utrzymania kształtu zamkniętego balonu. Przy czym kable z drutu usztywniającego są połączone z mechanizmami ustawiania drutu w celu przymocowania zamkniętego balonu do górnego i dolnego kadłuba, a mechanizmy rozmieszczania drutu sterują długością kabli z drutu usztywniającego. Dzięki temu złożony balon można złożyć i rozłożyć w kierunku pionowym sterowca.

Rozwiązanie przedstawione w zgłoszeniu wynalazku numer PL419786 przedstawia aerostat, który może zwiększać swoją objętość poprzez wysuwanie części bocznych (co najmniej dwóch) ze sztywnej części cylindrycznej. Sekcje boczne składają się z poszycia, wręg, elementów łączących o zmiennej długości oraz adaptacyjnych węzłów. Kontrola objętości odbywa się za pomocą zewnętrznych węzłów adaptacyjnych umieszczonych na wręgach, które zapewniają blokowanie i aktywowanie elementów łączących, co skutkuje zmianą objętości zbiornika sterowca poprzez rozłożenie lub złożenie wybranych sekcji bocznych pod działaniem różnicy ciśnień pomiędzy wnętrzem sterowca i otoczeniem.

Z patentu PL213262 B1 znany jest statek powietrzny posiadający kadłub, znamieny tym, że jego kadłub składa się z dolnej sztywnej części z przymocowanymi do niej elementami wyposażenia, zawierającej zbiornik na gaz wyposażony w zespół sterujący przepływem gazu oraz przymocowanej do niej części górnej o zmiennej objętości zbudowanej ze szczelnej powłoki mocowanej za pomocą elastycznych cięgien lub punktowo do sprężystych żeber, których końce zaczepione są w elementach prowadzących wsporników, umieszczonych na przedniej i tylnej dolnej sztywnej części kadłuba, przy czym co najmniej jeden mocowany jest poprzez rozsuwany wysięgnik umożliwiający zmianę krzywizny żeber, a ponadto zespół sterujący przepływem gazu połączony jest przewodem ze szczelną powłoką. Korzystnie sprężyste żebra mają zmienny przekrój wzdłuż swojej długości.

Z dokumentu US5110070 A znany jest sztywny sterowiec zawierający ramę nośną zawierającą wzdłużne belki i wiele trójkątnych żeber poprzecznych, z których każde ma podstawę ułożoną poziomo w dolnej części wspomnianej ramy nośnej. Pozwala to na tworzenie połączeń między wspomnianymi trójkątnymi żebrami poprzecznymi a wspomnianymi wzdłużnymi belkami w

narożach wspomnianych żeber krzyżowych w celu utworzenia czworokątnych elementów ramy, z których każdy łączy dwa żebra poprzeczne i dwie podłużne belki łączące wspomniane dwa żebra poprzeczne, otaczając w ten sposób czworokątne powierzchnie, rozciągające się po przekątnej elementy rozciągające we wspomnianych czworokątnych elementach ramy. Przy czym trzy z tych czworokątnych elementów ramy tworzą podłużny przekrój ramy ogniów gazowych umieszczonych we wspomnianych wzdłużnych przekrojach ramy między trójkątnymi żebrami poprzecznymi.

Zgłoszenie WO2013113866 A1 dotyczy trójwymiarowej ramy strukturalnej zawierającej wiele zestawów strukturalnych zawierających: zamknięty łańcuch określający zamknięty kontur peryferyjny leżący w płaszczyźnie, zawierający wiele kolejnych połączeń strukturalnych, z których każde połączenie strukturalne zawiera dwie wypukłe gałęzie strukturalne zorientowane w zasadniczo przeciwnych kierunkach i połączone ze sobą na każdym z ich przeciwnych końców za pomocą tak zwanego węzła końcowego; środki do geometrycznej stabilizacji konturu peryferyjnego, które są ustawione tak, aby zapobiegać deformacji geometrycznej konturu peryferyjnego w płaszczyźnie pod wpływem wywieranych sił zewnętrznego nacisku obejmujące dla każdego ogniwa strukturalnego pierwszy element nierozciągliwej stabilizacji łączący dwie gałęzie strukturalne tego samego ogniwa strukturalnego, z wyłączeniem węzłów końcowych, oraz drugi nierozciągliwy element stabilizacyjny łączący dwa odrębne węzły końcowe nie sąsiadujące z dwoma łącznikami strukturalnymi; oraz wiele środków do geometrycznej stabilizacji ramy konstrukcyjnej w przestrzeni. Przy czym wspomniane dwa zespoły konstrukcyjne są połączone co najmniej jednym środkiem stabilizacji geometrycznej. Przy czym każdy środek stabilizacji geometrycznej ramy konstrukcyjnej jest połączony, na dwóch przeciwległych końcach, z węzłami końcowymi każdego zespołu konstrukcyjnego. Korzystnie każda gałąź strukturalna łączy zawiera dwa kolejne segmenty połączone ze sobą za pomocą tak zwanego węzła pośredniego, przy czym pierwszy element stabilizujący rozciąga się między dwoma pośrednimi węzłami dwóch strukturalnych odgałęzień.

Celem wynalazku jest zapewnienie nowej konstrukcji wsporczej aerostatu zapewniające jego szybkie wynoszenie w formie złożonej.

Istotą wynalazku jest rozkładalna, modułowa, ciągnowo-prętowa konstrukcja wsporcza aerostatu z elastyczną powłoką o zmiennym kształcie i objętości, charakteryzująca się tym, że jest podzielona na co najmniej dwie centralne podsekcje oraz dwie boczne podsekcje, których struktury przestrzenne są utworzone przez pręty teleskopowe, nierozciągliwe linki oraz

elastyczne cięgna, które połączone wzajemnie za pomocą węzłów wybranych z grupy obejmującej węzły przesuwne, węzły składane oraz węzły obrotowe, a w podstawach podsekcji centralnych oraz bocznych umiejscowione są silniki elektryczne, które są połączone poprzez nierozciągliwe linki z końcówkami prętów teleskopowych; przy czym węzły przesuwne łączą ze sobą dwie podsekcje jednego typu, węzły składane łączą dwie podsekcje różnego typu, natomiast węzły obrotowe stanowią końcowe łączenia prętów teleskopowych i nierozciągliwych linek zlokalizowanych w bocznych podsekcjach.

Korzystnie podstawy centralnych podsekcji i bocznych podsekcji mają kształt wielokątów foremnych.

Korzystnie węzły przesuwne składają się z podstawek, pręta ślizgowego, tulei ślizgowej z kulką oporową oraz gniazda kulistego wyposażonego w mocowanie do mocowania pręta teleskopowego oraz punkty mocowania do mocowania nierozciągliwej linki oraz elastycznego cięgna.

Korzystnie pręt teleskopowy jest połączony z mocowaniem poprzez połączenie klejowe lub połączenie gwintowe.

Korzystnie węzły składane zawierają podstawki, końcówki kuliste, ramiona węzła kulistego oraz co najmniej jedną końcówkę z gniazdem kulistym.

Korzystnie węzły składane są dwuczęściowe, a obie ich części łączy połączenie gwintowe.

Korzystnie węzeł obrotowy składa się z podstawki oraz gniazda kulistego wyposażonego w mocowanie do mocowania pręta teleskopowego oraz punkty mocowania do mocowania nierozciągliwej linki oraz elastycznego cięgna.

Korzystnie pręty teleskopowe składają się z co najmniej dwóch rur o różnej średnicy połączonych zapadkowo.

Korzystnie pręty teleskopowe składają się z dwóch rur o różnej średnicy połączonych zapadkowo, gdzie pierwsza rura o mniejszej średnicy jest zaopatrzona we wkładkę składającą się z dwóch zatrzasków, sworznia oraz elementu sprężystego, natomiast druga rura o większej średnicy jest zaopatrzona w otwory do wpasowywania zatrzasków pierwszej rury, przy czym wspomniane zatrzaski umieszczone są przesuwnie na sworzniu i oddzielone od siebie elementem sprężystym.

Korzystnie pręty teleskopowe składają się z trzech rur o różnej średnicy połączonych zapadkowo, gdzie pierwsza rura o najmniejszej średnicy jest zaopatrzona we wkładkę składającą się z dwóch zatrzasków, sworznia oraz elementu sprężystego, które to zatrzaski pierwszej rury wpasowują się w otwory drugiej rury o średnicy większej niż średnica pierwszej rury oraz mniejszej niż średnica trzeciej rury, która jest zaopatrzona we wkładkę składającą się z, które to zatrzaski drugiej rury wpasowują się w otwory trzeciej rury o największej średnicy.

Wynalazek dostarcza następujących korzyści:

- konstrukcja prętowo-ciężnowa aerostatu zapewnia możliwość złożenia aerostatu po opróżnieniu powłoki balonu do rozmiarów umożliwiających umieszczenie całej konstrukcji w pojemniku, który może być wyniesiony przez raketę, samolot lub inny pojazd powietrzny;
- zastosowanie węzłów obrotowych oraz przesuwnych zapewnia możliwość złożenia konstrukcji bez wprowadzania nadmiernych naprężeń do powłoki balonu aerostatu;
- aerostat w formie złożonej w pojemniku może być wyniesiony przez raketę, samolot lub inny pojazd powietrzny do pożądanego punktu atmosfery i tam rozłożony po wyrzuceniu z pojemnika;
- elastyczne ciężna, wstępnie napięte w konstrukcji prętowo-szkieletowej w formie złożonej, umożliwiają samoczynne rozłożenie się konstrukcji aerostatu po wyrzuceniu go z pojemnika;
- konstrukcja prętowo-ciężnowa wyposażona w silniki elektryczne, które sterują długością nierozciągliwych linek w poszczególnych przekrojach aerostatu zapewnia możliwość zmiany geometrii powłoki aerostatu (tzw. morphing) i zmianę oporów aerodynamicznych aerostatu;
- konstrukcja prętowo-ciężnowa wyposażona w silniki elektryczne w poszczególnych przekrojach aerostatu zapewnia możliwość zmiany objętości aerostatu w zależności od potrzeb uzyskania odpowiedniej wysokości;
- modułowość konstrukcji prętowo-ciężnowej zapewnia możliwość jej rozbudowy poprzez dołączanie kolejnych składanych podsekcji centralnych, co umożliwia łatwe skalowanie aerostatu do pożądanej ładowności;

Wynalazek przedstawiono w przykładach wykonania i na rysunku, gdzie fig. 1 schematycznie przedstawia widok aerostatu w poszczególnych fazach rozłożenia, gdzie A) w formie rozłożonej, B) w formie częściowo rozłożonej, C) w formie złożonej i przygotowanej do

umieszczenia w pojemniku transportowym; fig. 2 przedstawia widok poszczególnych podsekcji konstrukcji wsporczej według wynalazku, gdzie A) to podsekcja typu A, B) to podsekcja typu B; fig. 3 przedstawia schematyczny widok konstrukcji według wynalazku z węzłami konstrukcyjnymi; fig. 4 przedstawia budowę węzła przesuwnej struktury według wynalazku, gdzie A) przedstawia widok na cały węzeł w pierwszym położeniu skrajnym, B) przedstawia szczegółową budowę szczegółu B, C) przedstawia widok na cały węzeł w drugim położeniu skrajnym; fig. 5 przedstawia budowę węzła składanego, gdzie A) przedstawia węzeł z uwidocznieniem jednego gniazda kulistego, B) przedstawia węzeł z uwidocznieniem dwóch gniazd kulistych, C) przedstawia węzeł z uwidocznieniem połączenia śrubowego; fig. 6 przedstawia widok zabezpieczenia zapadkowego w prętach teleskopowych konstrukcji według wynalazku, gdzie A) przedstawia wariant dwururowy, B) przedstawia wariant trój-rurowy; fig. 7 przedstawia węzeł obrotowy.

### **Przykład 1.**

Rozkładalna, modułowa, ciągnowo-prętowa konstrukcja wsporcza aerostatu z elastyczną powłoką **6** o zmiennym kształcie i objętości według wynalazku charakteryzuje się tym, że jest podzielona na podsekcje centralne oznaczone jako **16a** oraz podsekcje boczne oznaczone jako **16b**.

W tym nieograniczającym przykładzie wykonania konstrukcja posiada dwie podsekcje centralne **16a** oraz dwie podsekcje boczne **16b** (fig. 1). Natomiast modułowość konstrukcji prętowo-ciężnowej według wynalazku zapewnia możliwość jej rozbudowy poprzez dołączanie kolejnych składanych podsekcji centralnych **16a**, co umożliwia łatwe skalowanie aerostatu do pożądanej ładowności. Przy czym ilość podsekcji **16a** oraz **16b** w konstrukcji według wynalazku można w sposób ogólny wyrazić jako  $N \times 2 \times \text{podsekcja } 16a + (2 \times \text{podsekcja } 16b)$ . Czyli w tym przykładzie wykonania  $N = 1$ .

Poszczególne fazy rozkładania aerostatu na zakładanej wysokości i danym punkcie atmosfery przedstawiono na fig. 1. Na fig. 1A pokazano schematycznie konstrukcję aerostatu rozkładanego w formie rozłożonej.

Konstrukcja wsporcza poszczególnych podsekcji centralnych **16a** oraz bocznych **16b** aerostatu jest konstrukcją prętowo-ciężnową, a struktury przestrzenne podsekcji centralnych **16a** i bocznych **16b** są utworzone przez pręty teleskopowe **3**, nierozciągliwe linki **4** oraz elastyczne

ciągna **5**, które (w zależności od umiejscowienia w konstrukcji) są połączone wzajemnie za pomocą węzłów przesuwnych **1**, węzłów składanych **2** i/lub węzłów obrotowych **22**.

Konstrukcje wsporcze w podsekcjach **16a** i **16b** zilustrowano odpowiednio na fig. 2A oraz fig. 2B. W tym nieograniczającym przykładzie wykonania podstawy konstrukcji tych podsekcji mają kształt kwadratu, ale jako bazę można zastosować także inne figury (np. wielokąt foremny takie jak pięciokąt, sześciokąt foremny). Na fig. 2 linią przerywaną zaznaczono czworokąt (np. kwadrat) stanowiący przykładową bazę do zbudowania konstrukcji podsekcji centralnych **16a** (fig. 2a) oraz sekcji bocznych **16b** (fig. 2b). Ponadto, jak to przedstawiono na fig. 2, w środku wspomnianej podstawy znajdują się silniki elektryczne **7**, które są połączone poprzez nierozciągliwe linki **4** z końcówkami prętów teleskopowych **3** łączących poszczególne węzły konstrukcji szkieletu aerostatu. Silniki elektryczne **7** na wał silnika mogą nawijać nierozciągliwe linki **4** znajdujące się w poszczególnych przekrojach sekcji typu **16a** lub typu **16b**. Powoduje to ich skrócenie, co wymusza lokalną zmianę przekrojów poprzecznych aerostatu i globalną zmianę objętości elastycznej powłoki **6** (tj. balonu). Maksymalne skrócenie długości nierozciągliwych linek **4** spowoduje maksymalne zbliżenie się końcówek prętów teleskopowych **3** do siebie i prawie równoległy przebieg ich osi.

Kluczową rolę w złożeniu i rozkładaniu konstrukcji aerostatu pełnią elastyczne ciągnia **5** łączące końcówki poszczególnych prętów teleskopowych **3** pomiędzy poszczególnymi przekrojami w ramach sekcji typu **16a** lub w ramach sekcji typu **16b**. W przypadku konstrukcji aerostatu złożonej, pokazanej na fig. 1B i na fig. 1C, długość elastycznych cięgien **5** jest największa i energia sprężysta w nich zgromadzona jest największa. Energia ta umożliwia samoczynne rozkładanie się aerostatu po wyrzuceniu złożonej konstrukcji aerostatu z dowolnego pojemnika transportowego. Prowadzi to do zmiany długości elastycznych cięgien **5**. Ciągna **5** oraz nierozciągliwe linki **4** są wykorzystywane do formowania – w przypadku konstrukcji rozłożonej – stabilnej topologii prętów teleskopowych **3** znajdujących się wewnątrz każdej sekcji typu **16a** i **16b**.

Zwiększenie długości nierozciągliwych linek **4** w poszczególnych przekrojach poprzecznych przez silniki **7** powoduje zwiększenie poszczególnych przekrojów poprzecznych oraz skrócenie długości wstępnie rozciągniętych elastycznych cięgien **5**.

Równowaga sił występujących w prętach teleskopowych **3**, nierozciągliwych linkach **4** i elastycznych cięgnach **5** zapewnia stabilne położenie równowagi konstrukcji sekcji typu **16a** lub sekcji typu **16b** po ich rozłożeniu.

Przy czym, w tym nieograniczającym przykładzie wykonania struktury wsporcza aerostatu o podstawach kwadratowych według wynalazku pręty teleskopowe **3** wykonane są z włókna węglowego o module Younga  $E=60$  GPa, ze stalowymi nierozciągliwymi linkami **4** o module Younga 205 GPa oraz z gumopodobnymi elastycznymi cięgnami **5** o module Younga  $E=0.05$  GPa.

Natomiast węzły przesuwne **1**, węzły obrotowe **22** oraz węzły składane **2** zapewniają konstrukcji według wynalazku możliwość znacznego zmniejszenia wymiarów poprzecznych szkieletu aerostatu po jego złożeniu. Przykładową lokalizację tych węzłów w szkielecie konstrukcji aerostatu, opartej na kwadracie, pokazano na fig. 3, gdzie węzły przesuwne **1** łączą ze sobą dwie podsekcje jednego typu (tj. dwie centralne podsekcje **16a**), węzły składane **2** łączą dwie podsekcje różnego typu (np. centralną podsekcję **16a** z boczną podsekcją **16b**), natomiast węzły obrotowe **22** stanowią końcowe łączenia prętów teleskopowych **3** i nierozciągliwych linek **4** zlokalizowanych w bocznych podsekcjach **16b**.

Jak wskazano na fig. 4A-C, węzeł przesuwny **1** składa się z podstawek **13**, pręta ślizgowego **8a**, tulei ślizgowej z kulką oporową **8b** oraz gniazda kulistego **9**, wyposażonego w mocowanie **10** do mocowania pręta teleskopowego **3** oraz dwa punkty mocowania **11** do mocowania nierozciągliwej linki **4** oraz elastycznego cięgna **5**. Przy czym, końce pręta ślizgowego **8a** przyłączone są do podstawek **13**, które są z kolei klejone do elastycznej powłoki **6** aerostatu, co pokazano na fig. 3. Ponadto, w tym przykładzie wykonania pręt teleskopowy **3** jest przytwierdzony do mocowania **10** za pomocą połączenia gwintowego.

W konstrukcji w pozycji rozłożonej nierozciągliwe linki **4** są rozwinięte, a tuleja ślizgowa z kulką oporową **8b** przyjmuje na pręcie ślizgowym **8a** skrajne położenie (jak wskazano na fig. 4A). Natomiast w pozycji złożonej, tuleja ślizgowa z kulką oporową **8b** zajmuje drugie skrajne położenie, fig 4C, na pręcie ślizgowym **8a** na skutek skrócenia długości nierozciągliwych linek **4** za pomocą silnika elektrycznego **7**. Przy czym, wspomniane drugie położenie skrajne (fig. 4C) odpowiada konstrukcji w formie złożonej lub występuje w trakcie rozkładania konstrukcji w momencie, gdy konstrukcja nie jest w pełni rozłożona.

W przypadku wykorzystania dwóch sekcji **16a** w konstrukcji według wynalazku, jak pokazano na Fig. 3, po ich złożeniu z wykorzystaniem węzłów przesuwnych **1** nastąpi częściowe wsunięcie się jednej sekcji **16a** w sąsiednią sekcję **16a**, co zilustrowano na fig. 1b. Dzięki temu długość złożonych dwóch sekcji typu **16a** będzie krótsza niż tylko przy wykorzystaniu złożenia prętów teleskopowych **3** obu tych sekcji.

Jak wskazano powyżej, węzły składane **2** (fig. 5) wykorzystywane są do połączenia skrajnej sekcji typu **16a** z inną sekcją skrajną np. drugiego kompletu dwóch sekcji **16a** lub pojedynczej sekcji typu **16b**. W tym przykładzie wykonania węzły składane **2** łączą sekcję skrajną **16a** z sekcją **16b** (fig. 3).

Na fig. 5A pokazano węzeł składany **2** w konstrukcji według wynalazku w formie rozłożonej na fig. 5B w formie złożonej. Węzeł składany **2** składa się z podstawki **13**, dwóch końcówek kulistych **14a**, ramion węzłów kulistych **14b** oraz dwóch końcówek z gniazdami kulistymi **15**.

Przy czym, do końcówki z gniazdem kulistym **15** mocowane są pręty teleskopowe **3** poszczególnych sekcji. Ponadto podstawa **13** węzła składanego **2**, do której mocowana jest poprzez złącze klejone powłoka elastyczna **6**, stanowi także mocowanie obrotowe dla ramion **14b** węzłów obrotowych **22**. Dzięki mocowaniu obrotowemu możliwe jest w pozycji rozłożonej konstrukcji szkieletu aerostatu (fig. 5B) wzajemne rozsuniecie prętów z końcówkami z gniazdami kulistymi **15** co umożliwia równoległe ułożenie prętów teleskopowych **3** oraz kompaktowe złożenie konstrukcji aerostatu jak pokazano na fig. 5C i fig. 1C.

Jak wskazano na fig. 7, węzeł obrotowy **22** składa się z podstawki **12** oraz gniazda kulistego **9** wyposażonego w mocowanie **10** do mocowania pręta teleskopowego **3** oraz punkty mocowania **11** do mocowania nierozciągliwej linki **4** oraz elastycznego cięgna **5**. Przy czym, węzły obrotowe **22** są zlokalizowane peryferyjnie w bocznych podsekcjach **16b** i stanowią końcowe łączenia prętów teleskopowych **3** i nierozciągliwych linek **4** oraz elastycznych cięgien **5**, co przedstawiono na fig. 3.

Powłoki elastyczne podsekcji **16a** i **16b** połączone są połączeniem klejonym z podstawami **13** obu części węzła składanego **2**. Obie części węzła składanego **2** połączone są poprzez połączenie gwintowe pomiędzy śrubami **17** i nakrętką dwustronną z gwintem dwustronnym o przeciwnym kierunku zwojów gwintu, tj. tzw. śrubą rzymską **18**. Takie połączenie umożliwia różną kompilację sekcji aerostatu tj. połączenie większej ilości sekcji centralnych **16a** pomiędzy sekcjami bocznymi **16b**.

W tym przykładzie wykonania pręty teleskopowe są wykonane z rur **19a** oraz **19b** o różnej średnicy, gdzie pierwsza rura **19a** o mniejszej średnicy znajduje się wewnątrz drugiej rury **19b** o większej średnicy (fig. 6). Przy czym, w pierwszej rurze **19a** o mniejszej średnicy znajduje się wkładka składająca się z dwóch zatrzasków **20a** (stanowiących element

blokujący/centrujący) umieszczonych przesuwnie na sworzniu **20c** umieszczonym w wewnętrznej rurze (np. poprzez jego wklejenie czy wciśnięcie) oraz oddzielonych sprężystym elementem **20b** (którym może być np. sprężyna). Natomiast w drugiej rurze **19b** o większej średnicy (rurze zewnętrznej) w odpowiednim miejscu wykonane są otwory **21** o szerokości większej niż szerokość zatrzasków **20a**. W przypadku uzyskania docelowego wysunięcia rur pręta teleskopowego **3**, uzyskanego na skutek napełniania gazem elastycznej powłoki **6** aerostatu, element zatrzaskowy **20a** na skutek działania elementu sprężystego **20b** zajmie pozycję w otworze **21** (konstrukcja zapadkowa) uniemożliwiając ponowne złożenie się pręta teleskopowego **3**.

#### **Przykład 2.**

Konstrukcja jak w przykładzie pierwszym, z tym że podstawy konstrukcji podsekcji centralnych **16a** oraz podsekcji bocznych **16b** stanowią sześciokąty foremne.

#### **Przykład 3.**

Konstrukcja jak w przykładzie 1, z tym, że pręt teleskopowy **3** jest przytwierdzony do mocowania **10** za pomocą połączenia klejowego.

#### **Przykład 4.**

Konstrukcja jak w przykładzie 1, z tym, że pręty teleskopowe są wykonane z rur **19a**, **19b** oraz **19c** o różnej średnicy, gdzie pierwsza rura **19a** o najmniejszej średnicy znajduje się wewnątrz drugiej rury **19b** o większej średnicy (tj. średnicy większej niż średnica pierwszej rury **19a**, ale mniejszej niż średnica trzeciej rury **19c**), która z kolei znajduje się wewnątrz trzeciej rury **19c** o największej średnicy (fig. 6B). Przy czym, w pierwszej rurze **19a** o mniejszej średnicy znajduje się wkładka składająca się z dwóch zatrzasków **20a** osadzonych na sworzniu **20c** zamocowanym w rurze o mniejszej średnicy (np. poprzez jego wklejenie) – oraz sprężystych elementów **20b**. Natomiast w drugiej rurze **19b** o większej średnicy niż pierwsza rura **19a** i mniejszej niż trzecia rura **19c** w odpowiednim miejscu wykonane są otwory **21** o szerokości większej niż szerokość elementów zatrzaskowych **20a** wkładki pierwszej rury **19a**. Ponadto druga rura **19b** jest zaopatrzona we wkładkę składającą się z części zatrzaskowej **20a**, sworznia **20c** oraz sprężystego elementu **20b**, które wpasowują się w otwory **21** zlokalizowane w trzeciej rurze zewnętrznej **19c** o największej średnicy.

#### **Przykład 5.**

Konstrukcja jak w przykładzie 1, z tym że zawiera cztery podsekcje centralne **16a** (dwie pary) i dwie podsekcje boczne **16b**, czyli:  $N \times 2 \times$  podsekcja **16a** +  $(2 \times$  podsekcja **16b**), gdzie  $N = 2$ . Przy czym, podstawy konstrukcji podsekcji centralnych **16a** oraz podsekcji bocznych **16b** stanowią pięciokąty foremne.

Ponadto zastosowano następujące połączenia pomiędzy poszczególnymi podsekcjami, poczynając od lewej sekcji bocznej **16b**, która łączy się węzłem składanym **2** (fig. 5) z pierwszą podsekcją środkową **16a** pierwszej pary podsekcji środkowych, która łączy się węzłem przesuwным **1** z drugą podsekcją środkową **16a** z tej pary, a ta z kolei łączy się węzłem składanym **2** z pierwszą podsekcją środkową **16a** drugiej pary, która łączy się węzłem przesuwным **1** z drugą podsekcją środkową **16a** z tej pary. Ta z kolei węzłem składanym **2** łączy się z prawą podsekcją boczną **16b**.

Z powyższego wynika, że otrzymujemy następujący schemat konstrukcyjny:

Sekcja boczna **16b** – węzeł składany **2** – sekcja środkowa **16a** – węzeł przesuwny **1** – sekcja środkowa **16a** – węzeł składany **2** – sekcja środkowa **16a** – węzeł przesuwny **1** – sekcja środkowa **16a** – węzeł składany **2** – sekcja boczna **16b**.

**Wykaz oznaczeń:**

- 1 – węzły przesuwne
- 2 – węzły składane
- 3 – pręty teleskopowe
- 4 – nierozciągliwe linki
- 5 – elastyczne ciągną
- 6 – powłoka
- 7 – silniki elektryczne
- 8a – pręt ślizgowy
- 8b – tuleja ślizgowa z kulką oporową
- 9 – gniazdo kuliste
- 10 – złącze do mocowania pręta teleskopowego
- 11 – dwa punkty mocowania
- 12 – podstawka węzła obrotowego
- 13 – podstawka
- 14a – końcówka kulista
- 14b – ramiona węzłów kulistych
- 15 – gniazdo kuliste
- 16 – linie podziału między podsekcjami
- 16a – podsekcja A
- 16b – podsekcja B
- 17 – śruby
- 18 – śruba rzymska
- 19a – pierwsza rura
- 19b – druga rura
- 19c – trzecia rura
- 20a – część centralna wkładki zatraskowej
- 20b – sprężyste elementy wkładki zatraskowej
- 20c – sworzeń wkładki zatraskowej
- 21 – otwory
- 22 – węzeł obrotowy

