

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 246717 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **432723**

(22) Data zgłoszenia: **2020.01.30**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.08.02 BUP 18/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.03.03 WUP 09/2025**

(51) MKP:

B64C 29/00 (2006.01)

B64D 35/04 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA ŁÓDZKA, Łódź, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

LESZEK PODSEDKOWSKI, Łódź, PL

MACIEJ PODSEDKOWSKI, Łódź, PL

RAFAŁ KONOPÍŃSKI, Łódź, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Ewa Kaczur-Kaczyńska, Łódź, PL

(54) Tytuł:

Zautomatyzowany pojazd latający pionowego startu i lądowania

PL 246717 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest zautomatyzowany pojazd latający pionowego startu i lądowania, zwłaszcza zautomatyzowany pojazd latający mogący poruszać się z dużą prędkością.

Szybko rozwijająca się dziedzina dronów oferuje możliwość pionowego startu zautomatyzowanych urządzeń latających. Wykorzystuje się w nich głównie silniki elektryczne o osi pionowej i regulowanej prędkości obrotowej połączone ze śmigłem o stałym skoku. Klasyczne rozwiązania, np. quadcopter, nie dają jednak możliwości ekonomicznego lotu poziomego. Powstały w związku z tym konstrukcje hybrydowe, zwane dalej VTOL (Vertical Take Off and Landing), mające postać płatowca (samolotu) z czterema skierowanymi do góry silnikami ze śmigłami wykorzystywanymi do startu i lądowania oraz jednym silnikiem ustawionym poziomo do lotu poziomego.

Kolejną modyfikacją jest wykorzystywanie jedynie czterech silników ze śmigłami stałymi umieszczonymi na obracanych gondolach, które to silniki przy starcie są ustawiane pionowo, a następnie dwa z nich są stopniowo przechylane, tak, by napędzać ruch poziomy. Wadą tego rozwiązania jest stosowanie w dalszym ciągu śmigieł o stałym, niewielkim skoku, dopasowanym do tego, by osiągnąć jak najwyższą nośność przy starcie pionowym. Powoduje to, że po przejściu do lotu poziomego VTOL ma ograniczoną prędkość maksymalną do wartości równej iloczynowi prędkości maksymalnej silnika oraz skoku śmigła, przy której to śmigła przestają dawać jakikolwiek ciąg.

Znane jest także rozwiązanie polegające na stosowaniu układu z dwoma silnikami ze śmigłami typu helikopterowego umieszczonymi na obracanych gondolach (system Osprey). Takie śmigła mają zmienny skok, przy czym kąt zaklinowania (pitch angle) łopat śmigła musi się zmieniać w trakcie obrotu śmigła wokół jego osi. Wadą tego rozwiązania jest konieczność stosowania stosunkowo dużych śmigieł oraz skomplikowany układ sterowania zmiennym skokiem śmigła, wymagający trzech napędów regulacji na każde śmigło.

Istotą rozwiązania według wynalazku jest zautomatyzowany pojazd latający pionowego startu i lądowania wyposażony w co najmniej jeden płat nośny, usterzenie ogonowe, co najmniej dwa wsporniki do mocowania gondol zamocowane do płata nośnego, na końcach wsporników do mocowania gondol znajdują się obracane gondole z zamontowanymi na nich silnikami ze śmigłami. Ponadto, co najmniej dwa, a korzystnie każde śmigło wyposażone jest w układ regulacji kąta obrotu łopat śmigła względem osi wirnika silnika zmieniający jednakowo kąt obrotu wszystkich łopat śmigła.

Układ regulacji kąta obrotu łopat śmigła według wynalazku zawiera elektryczny serwonapęd połączony ze śrubą, służącą do zamiany ruchu obrotowego na posuwisty, ułożyskowaną w korpusie gondoli. Śruba jest współosiowa z silnikiem napędzającym śmigło i przechodzi przez drążony wzdłużnie zespół wirnika tego silnika. Na śrubie znajduje się nakrętka zabezpieczona przed obrotem w stosunku do korpusu gondoli. Nakrętka połączona jest poprzez łożysko lub zespół łożysk z popychaczem połączonym za pomocą dźwigni przenoszącej napęd regulacji z elementem mocującym łopatę śmigła, przy czym element mocujący jest osadzony obrotowo w zespole wirnika silnika napędzającego śmigło, z kolei dźwignia osadzona jest na ośkach równoległych względem osi obrotu łopat, przy czym jedna z osiek umieszczona jest w elemencie mocującym, a druga na popychaczu.

Popychacz obraca się wraz z zespołem wirnika silnika napędzającego śmigło i ma w stosunku do tego zespołu możliwość realizacji ruchu wzdłużnego.

Korzystnie elektryczny serwonapęd połączony jest ze śrubą za pośrednictwem sprzęgła i/albo przekładni, przy czym korzystnym jest by przekładnia stanowiła integralną część elektrycznego serwonapędu.

Dodatkowo korzystnym jest osadzenie łopat śmigła w elemencie mocującym za pomocą połączenia obrotowego o osi obrotu prostopadłej do osi obrotu układu łożyskowego elementu mocującego, przy czym zaleca się, by dla małych kątów natarcia łopat śmigła oś ta była zasadniczo równoległa do osi silnika, a dla przeciwnego krańca zakresu regulacji zasadniczo prostopadła do osi silnika.

Wynalazek rozwiązuje problem uzyskiwania dużych prędkości przez drony klasy tilt-rotor – o pionowym starcie przechodzące do lotu poziomego przez obrót gondol silników. Dzięki zmianie kąta obrotu łopat względem osi wirnika silnika można uzyskać w przybliżeniu stały kąt natarcia powietrza na łopatę śmigła i zachować zdolność do uzyskiwania ciągu nawet przy dużych prędkościach.

Zastosowanie elektrycznego serwonapędu z układem zamiany ruchu obrotowego na posuwisty za pomocą układu śruba – nakrętka pozwala na zmniejszenie gabarytów układu regulacji kąta obrotu łopat śmigła, a zwłaszcza średnicy układu przeniesienia napędu, dzięki czemu może on się zmieścić wewnątrz drążonego wzdłużnie wirnika silnika elektrycznego.

Dzięki zastosowaniu połączenia obrotowego (przegubu) pomiędzy elementem mocującym, a łopata śmigła oraz przy zakresie obrotu łopaty około 90 stopni możliwe jest uzyskanie składania się łopat przy niewykorzystywanym silniku i zmniejszenie oporów aerodynamicznych śmigła.

Dodatkowo układ regulacji dopasowuje kąt obrotu łopaty do aktualnej prędkości w taki sposób, by zawsze pracować w zakresie maksymalnych sprawności śmigła.

Przedmiot wynalazku przedstawiono w przykładzie wykonania na rysunku, na którym:

- Fig. 1 przedstawia zautomatyzowany pojazd latający pionowego startu i lądowania w widoku perspektywicznym,
- Fig. 2 przedstawia widok mechanizmu zmiany kąta ustawienia gondol z przekrojami częściowymi niektórych fragmentów układu,
- Fig. 3 przedstawia przekrój wzdłużny przez mechanizm zmiany skoku,
- Fig. 4 przedstawia przekrój wzdłużny przez mechanizm elementu mocującego łopatę śmigła.

Zautomatyzowany pojazd latający pionowego startu i lądowania wyposażony jest w jeden płat nośny 1 składający się z dwóch skrzydeł, na których są osadzone wsporniki 2 do mocowania gondol silników 3. Na końcach wsporników 2 umieszczone są gondole silników 3. Gondole silników 3 są obracane za pomocą serwonapędu 4 i dźwigni 5. Do każdej gondoli 3 zamocowany jest silnik 6 napędzający śmigło 7 wyposażony w zespół wirnika silnika napędzającego śmigło 7. W zespole wirnika silnika napędzającego śmigło 7 osadzone są za pomocą układu łożyskowego 8, w postaci łożysk wzdłużnych wałeczkowych, elementy mocujące 9, w których na przegubach 10 zamontowane są łopaty śmigła 11.

Każde śmigło 7 wyposażone jest w układ regulacji kąta obrotu łopat 11 śmigła zmieniający tak samo kąt obrotu wszystkich łopat 11 śmigła 7.

Układ regulacji kąta obrotu łopat 11 zawiera elektryczny serwonapęd 13 połączony ze śrubą 14, ułożyskowaną w korpusie gondoli silnika 3 za pomocą łożyska 15, służącą do zamiany ruchu obrotowego na posuwisty, ułożyskowaną. Serwonapęd 13 połączony jest ze śrubą 14 za pomocą przekładni wielostopniowej, w którą wyposażony jest serwonapęd 13 oraz sprzęgła. Alternatywnie można zastosować połączenie za pośrednictwem samego sprzęgła lub samej przekładni. W innych przykładach wykonania połączenie to może być zrealizowane jako bezpośrednie przeniesienie napędu przez sprzęgło albo wykorzystując dowolną przekładnię. Śruba 14 jest współosiowa z silnikiem 6 napędzającym śmigło i przechodzi przez drażony wzdłużnie zespół wirnika śmigła 7 silnika 6. Na śrubie 14 znajduje się nakrętka 16 zabezpieczona przed obrotem w stosunku do korpusu gondoli silnika 3 za pomocą kołka 17. Nakrętka 16 połączona jest poprzez łożysko 18 z popychaczem 19. Z kolei popychacz 19 połączony jest za pomocą dźwigni 21 z elementem mocującym 9 łopaty śmigła 11 osadzonym obrotowo w zespole wirnika silnika 6 napędzającego śmigło 7. Łopaty 11 śmigła 7 są osadzone w elemencie mocującym 9 za pomocą połączeń obrotowych 10 w postaci przegubów. Połączenie obrotowe 10 ma oś obrotu prostopadłą do osi obrotu układu łożyskowego 8 elementu mocującego 9, przy czym, dla małych kątów natarcia łopaty śmigła oś ta jest zasadniczo równoległa do osi silnika 6, a przeciwnego krańca zakresu regulacji zasadniczo prostopadła do osi silnika 6.

Na elemencie mocującym 9 znajduje się ośka 12 o osi równoległej do osi obrotu łopaty. Na popychaczu 19 znajduje się ośka 20 równoległa do osi 12 umieszczonej w elemencie mocującym 9 łopatę 11. Na ośkach 12, 20 osadzona jest dźwignia 21 przenosząca napęd regulacji kąta obrotu łopaty 11 śmigła 7.

Sposób działania rozwiązania według wynalazku polega na tym, że dla startu i lądowania oraz przy locie niewielkimi prędkościami układ regulacji kąta obrotu łopat 11 śmigła 7 ustawia kąt obrotu łopat 11 na wartość zgodną z niską wartością kąta natarcia śmigła. Za ustawianie kąta obrotu łopat 11 odpowiedzialny jest serwonapęd 13, który obraca śrubą 14, co wywołuje przesuw nakrętki 16. Z kolei nakrętka 16 poprzez układ dźwigniowy, obejmujący łożysko 18, popychacz 19 oraz dźwignię 21, obraca element mocujący 9, w którym jest zamontowana łopata 11 śmigła 7. W trakcie lotu poziomego po przekroczeniu prędkości granicznej układ zwiększa kąt obrotu łopat 11 śmigła 7 względem osi silnika 6 liniowo wraz z prędkością. W niniejszym przypadku, prędkość graniczna rozumiana jest jako wartość prędkości powietrza, przy której dla danej prędkości obrotowej silnika i dla danej łopaty przy zwiększaniu prędkości powietrza malałaby sprawność śmigła.

W przypadku, gdy w locie poziomym zapotrzebowanie na moc może zostać pokryte jedynie z dwóch silników 6, układ regulacji kąta obrotu łopat 11 śmigła 7 niepracujących silników 6 zmienia ustawienie łopat 11 na w przybliżeniu równoległe do osi silnika 6, co umożliwi samoczynne pod wpływem prędkości powietrza lub pod wpływem dodatkowego elementu sprzężystego obrócenie się łopat 11 do pozycji do tyłu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Zautomatyzowany pojazd latający pionowego startu i lądowania wyposażony w co najmniej jeden płat nośny, usterzenie ogonowe, co najmniej dwa wsporniki gondol mocowane do płata nośnego, na końcach wsporników gondol znajdują się obracane gondole z zamontowanymi na nich silnikami ze śmigłami, **znamienny tym**, że co najmniej dwa, a korzystnie wszystkie śmigła (7) są wyposażone w układ regulacji kąta obrotu łopat (11) śmigła (7) względem osi wirnika silnika (6) zmieniający jednakowo kąt obrotu wszystkich łopat (11) śmigła (7).
2. Zautomatyzowany pojazd latający wg zastrz. 1 **znamienny tym**, że układ regulacji kąta obrotu łopat (11) zawiera elektryczny serwonapęd (13) połączony ze śrubą (14) ułożyskowaną w korpusie gondoli (3), śruba (14) jest współosiowa z silnikiem (6) napędzającym śmigło (7) i przechodzi przez drążony wzdłużnie zespół wirnika silnika (6), na śrubie (14) znajduje się nakrętka (16) zabezpieczona przed obrotem w stosunku do korpusu gondoli (3), przy czym nakrętka (16) jest połączona jest poprzez łożysko (18) lub zespół łożysk z popychaczem (19), połączonym za pomocą dźwigni (21) z elementem mocującym (9) łopaty śmigła (11) osadzonym obrotowo w zespole wirnika silnika (6) napędzającego śmigło (7), za pośrednictwem układu łożyskowego (8), z kolei dźwignia (21) osadzona jest na ośkach (12, 20) równoległych względem osi obrotu łopaty (11), przy czym ośka (12) umieszczona jest w elemencie mocującym (9), a ośka (20) na popychaczu (19).
3. Zautomatyzowany pojazd latający według zastrz. 1 albo 2 **znamienny tym**, że elektryczny serwonapęd (13) połączony ze śrubą (14) jest za pośrednictwem sprzęgła i/albo przekładni.
4. Zautomatyzowany pojazd latający według zastrz. 3 **znamienny tym**, że przekładnia stanowi integralną część elektrycznego serwonapędu (13).
5. Zautomatyzowany pojazd latający według dowolnego z zastrz. od 1 do 4 **znamienny tym**, że łopaty śmigła (11) są osadzone w elemencie mocującym (9) za pomocą połączeń obrotowych (10) o osi obrotu prostopadłej do osi obrotu układu łożyskowego (8) elementu mocującego (9).
6. Zautomatyzowany pojazd latający według zastrz. 4 **znamienny tym**, że dla małych kątów natarcia łopaty śmigła (11) oś ta jest zasadniczo równoległa do osi silnika (6), a dla przeciwnego krańca zakresu regulacji zasadniczo prostopadła do osi silnika (6).

Rysunki

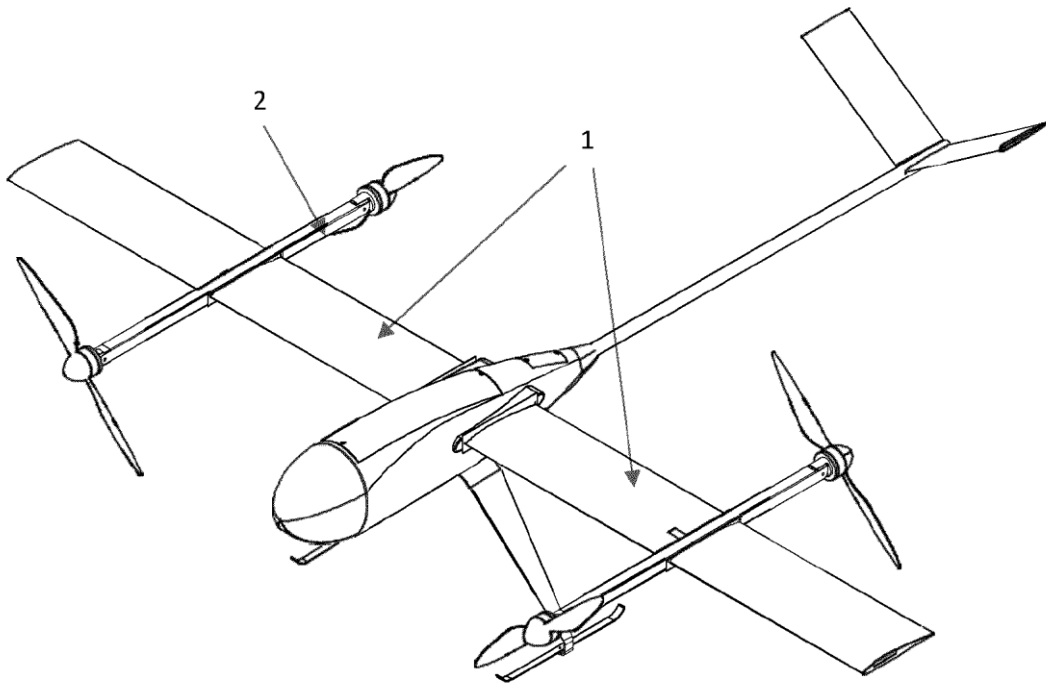


Fig. 1

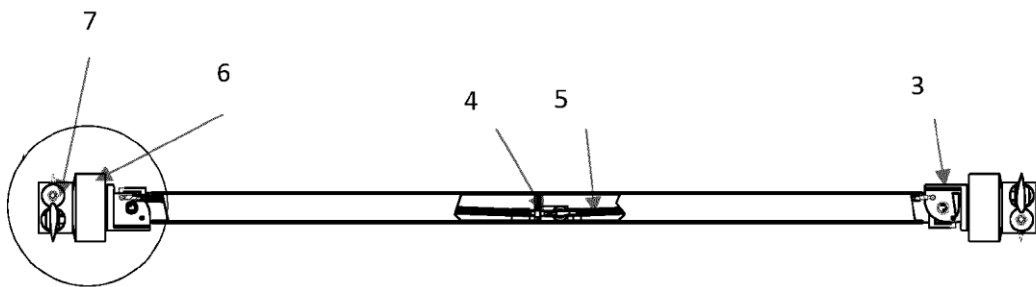


Fig. 2

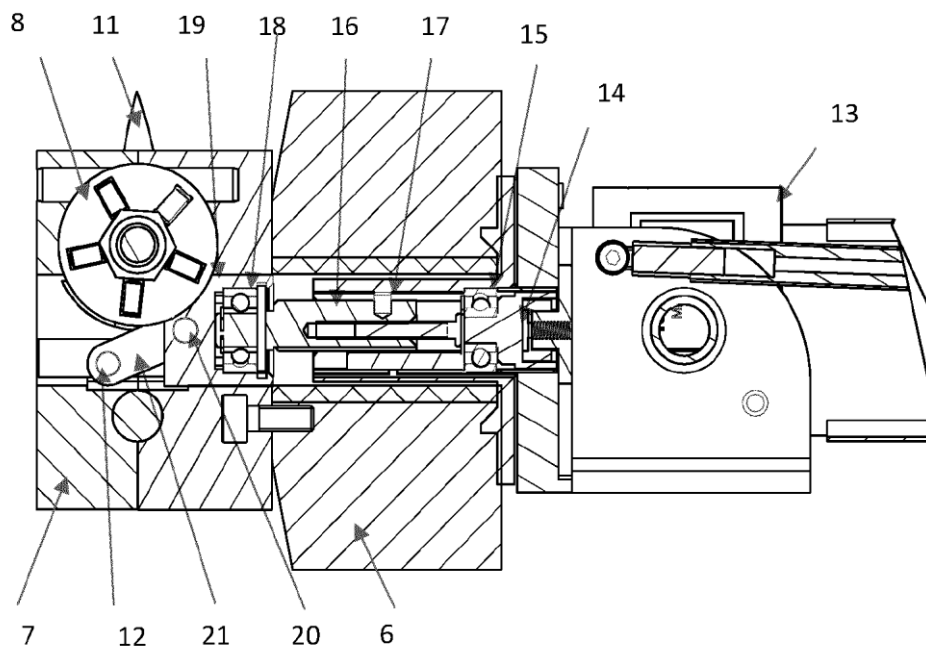


Fig. 3

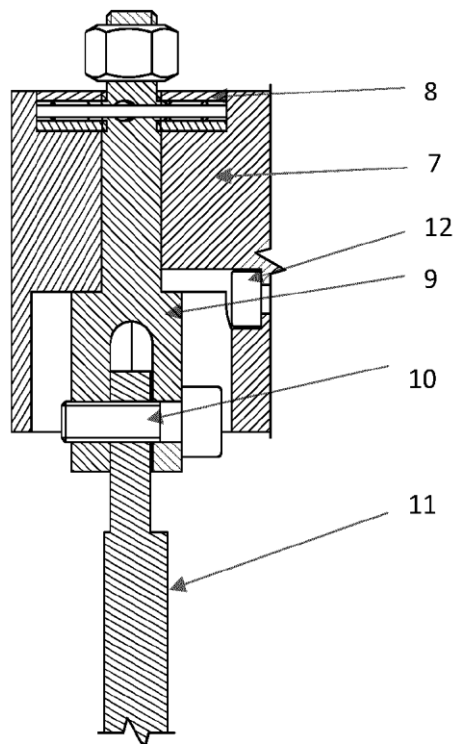


Fig. 4