



Maciej Kołakowski

Politechnika Śląska

ANALIZA RODZAJÓW NAPĘDÓW STOSOWANYCH W SZYBOWCACH

Streszczenie (abstrakt): Szybownictwo jest miejscem spotkania ludzkiej myśli technologicznej i sił natury. Wiedza o meteorologii połączona z niezwykle efektywnymi konstrukcjami szybowców pozwala na pokonywanie wielkich odległości bez użycia jakiegokolwiek paliwa. Niestety brak silnika wiąże się z ograniczeniami, dlatego współcześnie coraz więcej szybowców posiada składane zespoły napędowe umożliwiające bezpieczny powrót do domu w przypadku braku odpowiednich warunków do lotu, a w niektórych przypadkach nawet samodzielny start. To opracowanie ma na celu omówienie rodzajów i zastosowań napędów stosowanych w szybowcach, a także porównanie rozwiązań aktualnie obecnych na rynku komercyjnym.

Słowa kluczowe: transport, szybowiec, napędy

ANALYSIS OF THE PROPULSION SYSTEMS USED IN GLIDERS

Abstract: Gliding represents the intersection of human ingenuity and the forces of nature. A profound understanding of meteorology, combined with exceptionally efficient glider designs, enables the crossing of vast distances without the use of any fuel. However, the absence of an engine entails certain limitations; consequently, an increasing number of modern gliders are equipped with retractable propulsion systems. These systems facilitate a safe return home when soaring conditions deteriorate and, in some instances, even allow for self-launching capabilities. This paper aims to discuss the various types and applications of glider propulsion systems, while providing a comparison of the solutions currently available on the commercial market.

Keywords: transport, glider, propulsion

Wstęp

Historyk szybownictwa Andrzej Glass w jednej ze swoich książek napisał, że szybowiec to „załogowy statek powietrzny cięższy od powietrza, bez napędu, o stałych powierzchniach nośnych (stałopłat), którego siła nośna powstaje w wyniku jego ruchu względem powietrza”¹. Załącznik do Rozporządzenia Komisji Europejskiej określa szybowiec jako „statek powietrzny cięższy od powietrza utrzymujący się w locie w wyniku oddziaływania powietrza na stałe powierzchnie nośne, którego lot swobodny nie jest zależny od silnika”². Mimo

¹ A. Glass, *Szybowce historia rozwoju*, Wydawnictwo SCG, Bielsko-Biała – Warszawa 2016, s. 12.

² Załącznik I do Rozporządzenia Komisji (UE) NR 1178/2011 z dnia 3 listopada 2011, Podczęść A, FCL.010, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:02011R1178-20250804#anx_I [dostęp: 22.01.2026].

tych definicji, podkreślających brak silnika, to coraz więcej współczesnych szybowców wyczynowych wyposażana jest w dodatkowe zespoły napędowe, a ich implementacja jest kluczowa dla podniesienia wygody i bezpieczeństwa wykonywania lotów.

Historia rozwoju szybowców

Pierwsze zapisane rozważania nad lotem szybowców przypisuje się Leonardowi da Vinci, który zostawił po sobie wiele rysunków konstrukcji latających przypominających szybowce. Pierwszy szybowiec, który wykonał lot, został skonstruowany przez angielskiego inżyniera George'a Cayleya w 1849 roku. Pod koniec XIX wieku w wielu miejscach na świecie ludzie zaczęli eksperymentować i budować swoje własne konstrukcje latające. W Polsce w 1986 roku Czesław Tański wykonał szereg krótkich lotów na skonstruowanej przez siebie „lotni”³.

Za „ojca szybownictwa” na świecie uznaje się Niemca Otto Lilienthala. Na podstawie swoich doświadczeń napisał książkę „Lot ptaka jako podstawa sztuki latania”, zbudował własną lotnię, na której w latach 1891-1896 wykonał szereg lotów. Jego praca zainspirowała między innymi braci Orville'a i Wilburga Wright, których konstrukcje uważa się za pierwsze szybowce wyposażone we wszystkie elementy potrzebne do poprawnego lotu, takie jak układ sterowania czy podwozie.

Rozwój szybownictwa na większą skalę rozpoczął się około 1920 roku, kiedy po I wojnie światowej dostrzeżono w szybownictwie tanią i skuteczną metodę szkolenia pilotów, w tym przyszłych pilotów wojskowych. Dodatkowo zakaz budowy samolotów wydany dla Niemców skłonił konstruktorów lotniczych do rozpoczęcia prac na szybowcami. Lata 20. i 30. XX wieku były okresem szybkiego rozwoju konstrukcji, odkrywaniem nowych metod lotu szybowcowego oraz, co za tym idzie, ustanawiania nowych rekordów lotu.

Wybuch II wojny światowej spowodował militaryzację szybownictwa w wielu krajach. W tym okresie rozwinęły się konstrukcje szybowców transportowo-desantowych, rozpoczęły się masowe podstawowe szkolenia szybowcowe w Niemczech i Stanach Zjednoczonych, a działalność sportowa była niewielka. Szybowce niemieckie, pozostałe po 1945 roku, pozwoliły na szybkie wskrzeszenie szybownictwa w Europie, jednak zniszczenia powojenne nie pozwalały na rozwój techniki. Potrzebny był czas, aby wrócić do stanu sprzed II wojny światowej.

W latach 50. XX wieku popularność zyskały przeloty szybowcowe oraz zawody takie jak szybowcowe mistrzostwa świata organizowane regularnie od 1948 roku. Rozwój techniki lotniczej – na przykład zastosowanie profili laminarnych oraz materiałów kompozytowych – umożliwił znaczny wzrost osiągnięć szybowców. W Polsce w latach 1948-1999 w Bielsku-Białej działały Szybowcowe Zakłady Doświadczalne, jeden z największych

³ Od nazwy jego wynalazku wzięła się nazwa, określająca współcześnie urządzenia latające o konstrukcji skrzydła posiadającej wewnętrzne elementy usztywniające i rozpięte na nich powierzchnie nośne, umożliwiające start z nóg.

producentów szybowców na świecie, w czasach konstrukcji drewnianych produkujący najlepsze szybowce na świecie.

Obecnie prym w dziedzinie rozwoju konstrukcji szybowcowych wiodą przede wszystkim Niemcy oraz RPA. Polska również ma duży wkład w światowe szybownictwo współcześnie głównie przez szybowiec Diana 2, od 2006 roku będący najlepszym szybowcem w klasie 15 m. Współczesne konstrukcje szybowcowe oraz rozwój meteorologii lotniczej umożliwiają wykonywanie lotów na odległości przekraczające 3000 km i na wysokościach przekraczających 20 km.

Za pierwszy szybowiec, do którego zamontowano zespół napędowy, można uznać samolot braci Wright, których sławna konstrukcja była w zasadzie szybowcem z zamontowanym silnikiem. Koncepcja motoszybowca rozwijała się równolegle do szybowców, jednak przypominały one raczej małe samoloty z długimi skrzydłami i niekoniecznie sprawdzały się w lotach czysto szybowcowych. Już przed II wojną światową dostrzeżono potencjał motoszybowca w szkoleniu i innych aspektach sportu lotniczego. Między innymi w listopadzie 1945 roku Departament Lotnictwa Cywilnego Ministerstwa Komunikacji rozpiisał konkursu na projekt motoszybowca do szkolenia pilotów szybowcowych na samoloty, jak również do treningu i uprawiania sportu lotniczego na ekonomicznie tanim w eksploatacji sprzęcie. W latach 70., dzięki rozwojowi techniki i miniaturyzacji silników, pojawiły się pierwsze seryjnie produkowane szybowce wyczynowe wyposażone w składane zespoły napędowe takie jak PIK-20E⁴. Była to duża zmiana, umożliwiło to montaż wspomagającego silnika bez potrzeby poświęcania osiągnięć szybowcowych. Od tego momentu nastąpił gwałtowny rozwój i popularyzacja silników w zwykłych szybowcach. W dniu dzisiejszym w nowych szybowcach chowana jednostka napędowa jest w zasadzie standardem.

Po co silnik w szybowcu?

Napędy stosowane w szybowcach co do zastosowania dzielą się na 2 kategorie:

- silniki dolotowe (ang. *sustainer engine*),
- silniki startowe (ang. *self-launch engine*).

Szybowce podczas długotrwałego lotu polegają na pionowych ruchach powietrza występujących naturalnie w atmosferze, jednak pojawiają się one tylko w określonych okolicznościach, a ich wykorzystanie jest mocno zależne od umiejętności pilota. W związku z tym nie zawsze umożliwiają one powrót z przelotu szybowcowego, co wiąże się z procedurą lądowania w terenie przygodnym. Choć jest to standardowa procedura w lataniu szybowcowym, to niestety niesie ze sobą ryzyko uszkodzenia szybowca oraz urazu pilota w przypadku nieudanego lądowania lub wyboru nieodpowiedniego miejsca. Dodatkowo każde takie lądowanie poza lotniskiem wiąże ze sobą problem logistyczny w postaci zwiezienia szybowca z miejsca przygodnego lądowania. W takich przypadkach przydatne są silniki dolotowe, które zapewniają ciąg odpowiedni do pozostania w powietrzu oraz wzno-

⁴ A. Glass, *Szybowce historia...*, op.cit., s. 250.

szenia w niewielkim zakresie, co pozwala uniknąć lądowania w terenie przygodnym i związanych z tym problemów.

Ponadto szybowce, jako statki powietrzne nieposiadające silnika, potrzebują, żeby dostarczyć im początkową energię, dopiero wtedy mogą samodzielnie kontynuować lot. Do najczęściej stosowanych rodzajów startów zalicza się:

- Hol za samolotem – najczęściej stosowana metoda startu, polega na starcie szybowca, ciągniętego na linie za samolotem, a po nabraniu odpowiedniej wysokości pilot szybowca wyczepia linę i kontynuuje lot samodzielnie,
- Start za wyciągarką – polega na wyciągnięciu szybowca przez wyciągarkę, czyli naziemne urządzenie, zwijające linę ciągnącą szybowiec w taki sposób, by mógł wznieść się w tym czasie na jak największą wysokość.

Szybowce z silnikami startowymi mogą ominąć ten problem i są całkowicie niezależne od zewnętrznych urządzeń wynoszących.

Różnice między samolotem, szybowcem a motoszybowcem

Załącznik do Rozporządzenia Komisji (UE) NR 1178/2011 z dnia 3 listopada 2011 r. I, punkt FCL.010 określa następujące definicje:

- „ >Samolot< oznacza stałopłat o napędzie silnikowym, cięższy od powietrza, wytwarzający siłę nośną głównie w wyniku oddziaływania powietrza na skrzydła”⁵.
- „ >Szybowiec< oznacza statek powietrzny cięższy od powietrza utrzymujący się w locie w wyniku oddziaływania powietrza na stałe powierzchnie nośne, którego lot swobodny nie jest zależny od silnika”⁶.
- „ >Szybowiec z napędem< oznacza statek powietrzny wyposażony w jeden lub więcej silników, który po wyłączeniu silników posiada właściwości szybowca”⁷.
- „ >Motoszybowiec turystyczny (TMG – Touring Motor Glider)< oznacza określoną klasę szybowca z integralnie zabudowanym silnikiem niechowanym w locie oraz niechowanym w locie śmigłem. Musi być zdolny do wykonania startu i wznoszenia przy użyciu własnego napędu zgodnie z instrukcją użytkownika w locie”⁸.

Mimo że definicja szybowca określa go jako statek powietrzny bez napędu wykorzystujący lot ślizgowy oraz prądy wznoszące w celu kontynuowania lotu, to coraz więcej współczesnych szybowców wyczynowych wyposażana jest dodatkowo zespoły napędowe.

⁵ Załącznik I do Rozporządzenia Komisji (UE) NR 1178/2011 z dnia 3 listopada 2011, Podczęść A, FCL.010, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:02011R1178-20250804#anx_I [dostęp: 22.01.2026].

⁶ Ibidem.

⁷ Ibidem.

⁸ Ibidem.

Montowane są w nich chowane zespoły napędowe, umożliwiające podtrzymanie lotu w przypadku braku prądów wznoszących. Niektóre szybowce z napędem są zdolne do samodzielnego startu bez zewnętrznej pomocy.



Rys. 1. Szybowiec Ventus 2cxM z wysuniętym silnikiem startowym

Źródło: https://www.schempp-hirth.com/fileadmin/schempp-hirth/Resources/Images/content/Slider_1600x450/Ventus2/Ventus-2cxm-jetphotos.net-id-6631956.png
[dostęp: 20.12.2025]



Rys. 2. Polski szybowiec Diana 2 z silnikiem FES

Źródło: https://static.wixstatic.com/media/770847_8999c0817bcf474da28a6b6cf5aa08c1~mv2.jpg/v1/fill/w_1304,h_634,al_b,q_85,enc_avif,quality_auto/770847_8999c0817bcf474da28a6b6cf5aa08c1~mv2.jpg [dostęp: 26.12.2025]

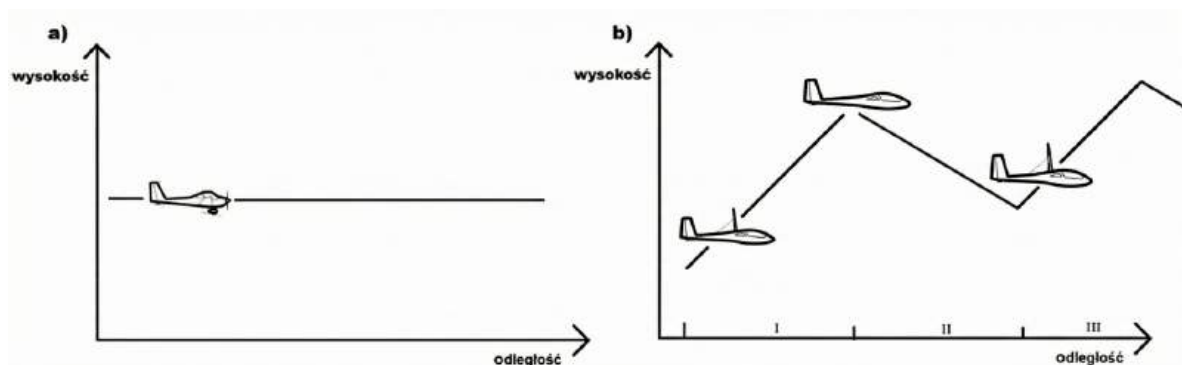
Motoszybowce to konstrukcje przypominające szybowce, jednak posiadające zabudowany na stałe silnik umożliwiający samodzielny lot na każdym etapie.



Rys. 3. Motoszybowiec H-36 Dimona

Źródło: <https://www.planespotters.net/photo/1820322/d-khir-private-hoffmann-h-36-dimona>
[dostęp: 20.12.2025]

Główną różnicą między szybowcami z napędem, a motoszybowcami jest specyfika lotu z użyciem silnika. Motoszybowce są konstruowane z myślą o jednostajnym locie z włączonym silnikiem, przy stałych parametrach lotu, przypominającym lot samolotem (rys. 4. a). Szybowce z napędem z kolei projektowane są z myślą o locie ślizgowym, a silnik pełni formę urządzenia dodatkowego, umożliwiającego powrót na lotnisko w przypadku, gdy standardowa metoda lotu zawiodła, dlatego silnik w takim statku powietrznym nie jest przystosowany ani nie posiada zapasu paliwa umożliwiającego długotrwały lot na stałej wysokości. Lot na silniku szybowcem z napędem polega na nabraniu wysokości z użyciem silnika, następnie schowanie go i kontynuowanie lotu ślizgowego (rys. 4. b). Skutkuje to lotem o profilu piłokształtnym.



Rys. 4. Charakterystyka lotu: a) motoszybowca, b) szybowca z napędem (I, III – faza wznoszenia, II – faza lotu ślizgowego)

Źródło: Opracowanie własne

W praktyce często te konstrukcje są do siebie bardzo zbliżone, a różnice w klasyfikacji wynikają z procesu certyfikacji statku powietrznego, a niekoniecznie znaczących różnic konstrukcyjnych.

Rodzaje napędów stosowanych w szybowcach

W szybowcach stosuje się współcześnie 3 rodzaje napędów chowanych:

- Silniki tłokowe – najczęściej dwusuwowe dwucylindrowe rzędowe lub w układzie Wankla, chłodzone powietrzem, współcześnie wyposażane w elektryczny rozrusznik, choć historycznie stosowane były silniki wymagające rozruchu poprzez wiatrakowanie śmigła.
- Silniki elektryczne trójfazowe, występują:
 - w układzie na chowanym ramieniu za kabiną pilota, jak silniki spalinowe,
 - FES (Front Electric Sustainer) – montowane w dziobie, ze śmigłem z łopatkami składanymi wzdłuż kadłuba.

- Silniki odrzutowe – najbardziej kompaktowe w porównaniu z pozostałymi, co umożliwia wstawianie ich *retrofitting*⁹ w szybowcach starszej konstrukcji, nieprojektowanych z myślą o napędzie.

Tab. 1. Ogólne cechy rodzajów silników szybowcowych

	Zalety	Wady
Spalinowe	Najdłuższy łączny czas pracy, Duża gęstość energii w paliwie,	Skomplikowane przeglądy, Wymaga zewnętrznego rozrusznika, Ryzyko nieuruchomienia, Potencjalne odczuwanie zapachu paliwa
Elektryczne	Niewielkie rozmiary i masa samego silnika, Silnik samowzbudny, Prawie pewne uruchomienie, Uruchomienie silnika szybkie lub prawie natychmiastowe (FES), Nie wymaga skomplikowanych przeglądów, Czystość pracy, Stosunkowo cicha praca	Mała gęstość energii w akumulatorach, Stosunkowo krótki czas pracy
Odrzutowe	Niewielkie rozmiary	Głośna praca, Długi czas uruchomienia, Gorące gazy wylotowe stwarzają zagrożenie dla usterzenia, Potencjalne odczuwanie zapachu paliwa

Źródło: Opracowanie własne na podstawie źródeł wymienionych w bibliografii

Porównanie różnych napędów na przykładzie szybowców AS 33, JS-3 i Ventus 3

Aby porównanie było jak najbardziej miarodajne, dotyczy ono trzech najpopularniejszych współcześnie szybowców klasy 18 m: Jonker JS-3, Alexander Schleicher AS 33 i Schempp-Hirth Ventus 3. Są to konkurencyjne względem siebie szybowce o bardzo zbliżonych osiągnięciach, co zostało wielokrotnie dowiedzione na zawodach szybowcowych najwyższych rang¹⁰. W związku z tym wynikające z tego różnice są w dużym stopniu zmini-

⁹ *Retrofitting* (pol. modernizacja) – polega na dodaniu nowych, nowoczesnych elementów do istniejącego już systemu.

¹⁰ Między innymi 38. Szybowcowe Mistrzostwa Świata FAI w klasie 18m, Uvalde, USA 2024, https://www.soaringspot.com/en_gb/38th-fai-world-gliding-championship-uvalde-garner-field-2024/results/18-meter/task-12-on-2024-08-30/total [dostęp: 24.01.2025]; 23. Szybowcowe Mistrzostwa Europy FAI,

malizowane, a różnice w osiągnięciach napędów będą wynikały faktycznie z różnic samych zespołów napędowych.

Tab. 2. Porównanie osiągnięć w locie szybowców AS 33, JS-3 i Ventus 3

Model	JS-3	AS 33	Ventus 3
Producent	Jonker Sailplanes GmbH	Alexander Schleicher FLugzeugbau GmbH	Schempp-Hirth Flugzeugbau GmbH
Rozpiętość skrzydeł	18 m	18 m	18m
Powierzchnia skrzydeł	9.95 m ²	10 m ²	10.84 m ²
Wydłużenie	32.8	32.4	29.9
MTOW	600 kg	600 kg	600 kg
Masa własna	350 kg	300 kg	310 kg
Maksymalna doskonałość	57:1	56:1	55:1
Opadanie minimalne	0.48 m/s	0.44 m/s	0.51 m/s
Maksymalne obciążenie powierzchni	60 kg/m ²	60 kg/m ²	56 kg/m ²
V_A	195 km/h	200 km/h	180 km/h
V_{NE}	270 km/h	270 km/h	285 km/h
V_S	88 km/h	79 km/h	77 km/h

Źródło: Opracowanie własne na podstawie źródeł wymienionych w bibliografii

Tab. 3. Porównanie osiągnięć systemów napędowych w wybranych szybowcach

Typ szybowca	JS-MD 3 RES	JS-MD 3	AS 33 Es	AS 33 Me	Ventus 3T	Ventus 3M	Ventus 3E
Rodzaj napędu	Elektryczny synchroniczny trójfazowy	Odrzutowy	Spalinowy dwucylindrowy dwusuwowy	Elektryczny synchroniczny trójfazowy	Spalinowy dwucylindrowy dwusuwowy	Spalinowy dwucylindrowy dwusuwowy	Elektryczny Axial Flux
Silnik	SOLO Electric Propulsion System 80400	MD-TJ42	SOLO Typ 2350e z rozrusznikiem elektrycznym	Alexander Schleicher EA911/1-35LK	SOLO Typ 2350 z rozruchem sprężyną gazową	SOLO Typ 2625-01 z rozruchem sprężyną gazową	SOLO 8000/401 System
Użycie	Startowy	Dolotowy	Dolotowy	Startowy	Dolotowy	Startowy	Startowy
Maks. moc	40 kW	Nie dotyczy	Nie dotyczy	35 kW	Nie dotyczy	39 kW	35 kW
Maks. moc ciągła	25 kW	17 kW	18 kW	28 kW	15.3 kW	39 kW	26 kW
Masa napędu razem z paliwem	75 kg	34.7 kg	25 kg	115 kg	29 kg	34 kg	67 kg
Pojemność magazynu energii	7.8 kWh Akumulator	22 l JET-A1	7 l AVGAS 100LL lub MOGAS 95 RON	8.6 kWh Akumulator	10,5 l AVGAS 100LL	13 l AVGAS 100LL	8.4 kWh Akumulator

C.D Tab. 3. Porównanie osiągnięć systemów napędowych w wybranych szybowcach

Typ szybowca	JS-MD 3 RES	JS-MD 3	AS 33 Es	AS 33 Me	Ventus 3T	Ventus 3M	Ventus 3E
Maks. prędkość wznoszenia	1.7 m/s	1.5 m/s	1.3 m/s	2.5 m/s	2.9 m/s	2.81 m/s	3.3 m/s
Maks. łączny nabór wysokości w locie na silniku	2100 m	2000 m	2500 m	2600 m	13500 m	5700 m	2500 m
Czas lotu na silniku	20 min	35 min	35 min	20 min	1 h 18 min	35 min	20 min
Maks. zasięg	150 km	160 km	180 km	170 km	360 km	440 km	140 km
Czas wysunięcia i włączenia	15 s	45 s	15 s	20 s	25 s	22 s	15 s
Zużycie paliwa w godzinę	25 kWh	65 l/h	10 l/h	28 kWh	9 l/h	22.5 l/h	26 kWh
Zużycie paliwa na wznoszenie 1 km	4 kWh	12 l JET-A1	3.2 l AVGAS 100LL	3.1 kWh	0.86 l AVGAS 100LL	2.3 l AVGAS 100LL	2.2 kWh
Cena za wznoszenie 1 km	2.48 zł	55.32 zł	30.40 zł	1.93 zł	8.17 zł	21.85 zł	1.36 zł

Źródło: Opracowanie własne na podstawie źródeł wymienionych w bibliografii

Założone ceny paliw:

- Cena prądu brutto: 0.62 zł/kWh,
- JET-A1: 4.61 zł/l,
- AVGAS 100LL: 9.50 zł/l.

Największy zasięg oraz czas lotu na silniku zapewniają silniki benzynowe, ze względu na największą gęstość paliwa.

Masę całego układu napędowego stanowi silnik, śmigło, cały układ paliwowy lub doprowadzenia energii oraz samo paliwo. Silniki elektryczne, chociaż same mają najmniejszą masę, to jako układ ustępują silnikom benzynowym ze względu na dużą masę akumulatorów. Należy jednak zaznaczyć, że wadą napędów elektrycznych nie jest sama duża masa, a stosunkowo mała pojemność akumulatorów. Masa szybowca w lataniu zawodniczym i przelotowym jest czynnikiem w pewnym zakresie pożądanym i zwiększającym osiągi.

W kwestii kosztów lotu widać z porównania, że silniki elektryczne zdecydowanie wyróżniają się kosztami, które są o wiele niższe w porównaniu do silników tłokowych, a zwłaszcza odrzutowych.

Również czas wysunięcia i uruchomienia jest niższy niż ich odpowiedników, co jest wielką zaletą, biorąc pod uwagę zastosowanie tych silników, czyli zapobieganie lądowaniu w terenie przygodnym. Często uruchamia się je na niewielkiej wysokości, co wymaga szybkiego uruchomienia i dużej niezawodności, co zapewniają silniki elektryczne.

Moc silników jest dość porównywalna między poszczególnymi napędami, jednak generalnie silniki elektryczne mają większą moc maksymalną, z wyjątkiem silnika SOLO Typ 2625-01 w szybowcu Ventus 3M¹¹. Powiązana z tym prędkość wznoszenia – jeden z najważniejszych czynników – również daje przewagę silnikom elektrycznym.

Podsumowanie

Szybownictwo od zawsze opiera się na lataniu bezsilnikowym i to pozostanie niezmiennie, jednak pomocnicze jednostki napędowe pozwalają zwiększyć możliwości i bezpieczeństwa wykonywania lotów. Współcześnie najczęściej występującym rodzajem silników są silniki benzynowe, głównie ze względu na fakt, że silniki elektryczne są stosowane w lotnictwie od stosunkowo niedawna. Dodatkowo to silniki spalinowe wciąż jeszcze zapewniają najdłuższy czas pracy, a co za tym idzie największy zasięg, który jest jednym z najważniejszych parametrów dla napędów, które mają umożliwić powrót na lotnisko z przelotu. Obecnie głównym ograniczeniem napędów elektrycznych jest gęstość energii akumulatorów, których maksymalna pojemność jest ograniczona przez masę startową szybowca. Badania nad nowymi typami akumulatorów, takich jak cynkowo-powietrzne albo litowo-powietrzne, będą prowadziły do zwiększenia pojemności magazynu energii. Dodatkowo rozwój instalacji elektrycznych dąży do zmniejszenia strat energii zamienianej na ciepło

¹¹ FLIGHT MANUAL for Powered Sailplane Ventus – 3M Performance, SCHEMPP-HIRTH FLUGZEUG-BAU GmbH, Kirchheim 2019, s. 2.4.1.

przez rezystancję wewnętrzną, co również zwiększyłyby czas pracy, a także zmniejszyły problem utrzymywania odpowiednich parametrów silnika, takich jak temperatura. W przyszłości prawdopodobnie napędy elektryczne będą stopniowo przejmowały coraz większą część rynku napędów szybowcowych. Ich główne cechy idealnie pasują do idei latania szybowcowego, a porównanie pokazuje, że bez problemu mogą konkurować, a nawet przewyższać silniki spalinowe, znane od dawna w lotnictwie. Największa moc, najmniejsze koszty, a do tego zdecydowanie największa pewność, że zadziałają, zdecydowanie przemawia na ich korzyść.

Bibliografia

1. Ceny paliw na polskich lotniskach, <https://dlapilota.pl/aktualizacja-ceny-paliw-lotniczych-na-polskich-lotniskach> [dostęp: 22.01.2026].
2. Demonstracja w locie Ventus 3M, <https://www.youtube.com/watch?v=17eeLoV8q9Q> [dostęp: 22.01.2026].
3. *FLIGHT MANUAL for Powered Sailplane Ventus – 3M Performance*, SCHEMPP-HIRTH FLUGZEUGBAU GmbH, Kirchheim 2019, https://rent.lxnav.com/wp-content/uploads/manuals/FM_V3M_preliminary_190925.pdf [dostęp: 22.01.2026].
4. *Flight Manual for the self-sustaining powered sailplane AS 33 Es*, Alexander Schleicher GmbH & Co. Segelflugzeugbau, Poppenhausen 2020, <https://www.a-glider-for-renting.com/Dedicated/pdf/AS-33%20D-KTJL%20Flight%20Manual.pdf> [dostęp: 22.01.2026].
5. *FLIGHT MANUAL for VENTUS – 3T SPORT*, Schempp-Hirth Flugzeugbau 2018, <https://www.manualslib.com/manual/2096346/Schempp-Hirth-Flugzeugbau-Ventus-3t-Sport.html#manual> [dostęp: 23.12.2025].
6. Glass A., *Szybowce historia rozwoju*, Wydawnictwo SCG, Bielsko-Biała – Warszawa 2016.
7. In Detail – The Performance of the Me System, <https://www.youtube.com/watch?v=c9hKyTthJOU> [dostęp: 22.01.2026].
8. *INSTRUKCJA UŻYTKOWANIA W LOCIE Szybowiec SZD-48-3 „JANTAR STANDARD 3”*, Przedsiębiorstwo Doświadczalno-Produkcyjne Szybownictwa, Bielsko-Biała 1983, https://aero.klub.rybnik.pl/pliki/Jantar_standard_3.pdf [dostęp: 16.11.2025].
9. Jonker Sailplanes *JS-MD 3 JET SUSTAINER FLIGHT MANUAL SUPPLEMENT*, M&D Flugzeugbau GmbH & Co.KG, Friedeburg 2023, https://jonker-sailplanes.com/wp-content/uploads/2025/10/MD10-AFM-00-002-I01_Rev.-02.11.2021_JS-MD-3-Jet-Sustainer-Flight-Manual-Supplement_signed.pdf [dostęp: 22.01.2025].
10. Jonker U., *JS-MD 3 RES Aircraft Flight Manual*, M&D Flugzeugbau GmbH & Co.KG, Friedeburg 2023, https://jonker-sailplanes.com/wp-content/uploads/2025/09/MD11-AFM-00-001-I01.30_JS-MD-3-RES-Powered-Aircraft-Flight-Manual_APPROVED_compressed.pdf [dostęp: 22.01.2026].
11. Jonker U., *JS-MD 3 RES Aircraft Flight Manual*, M&D Flugzeugbau GmbH & Co.KG, Friedeburg 2023, https://jonker-sailplanes.com/wp-content/uploads/2025/09/MD11-AFM-00-001-I01.30_JS-MD-3-RES-Powered-Aircraft-Flight-Manual_APPROVED_compressed.pdf [dostęp: 22.01.2026].
12. Kozuba J., Wojnar T., Mrozik M., Stołtny B. *USE OF ELECTRIC MOTORS IN THE CONTEXT OF GLIDER AVIATION*, Journal of KONBiN 2021, https://www.researchgate.net/publication/353327453_Use_of_Electric_Motors_in_the_Context_of_Glider_Aviation [dostęp: 16.12.2025].
13. *Manual for the electric propulsion system SOLO Type 80400*, SOLO KLEINMOTOREN GMBH, Sindelfingen 2023, https://www.solo-aircraft.com/img/cms/pdfs/Handbuch_800-400_englisch.pdf [dostęp: 20.12.2025].

14. Strona producenta Jonker Sailplanes, <https://jonker-sailplanes.com> [dostęp: 22.01.2026].
15. Strona producenta MD, <https://md-flugzeugbau.de> [dostęp: 22.01.2026].
16. Strona producenta Schempp-Hirth, <https://www.schempp-hirth.com/en/> [dostęp: 22.01.2026].
17. Strona producenta Alexander Schleicher, <https://www.alexander-schleicher.de> [dostęp: 22.01.2026].
18. *TYPE-CERTIFICATE DATA SHEET No. E.219 for Solo 2350 series engines*, European Union Aviation Safety Agency 2025, <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/type-certificates/engine-cs-e/easae219-solo-2350-series-engines> [dostęp: 22.12.2025].
19. *TYPE-CERTIFICATE DATA SHEET No. E.237 for SOLO 8000 series engines*, European Union Aviation Safety Agency 2025, <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/type-certificates/engine-cs-e/easae237-solo-8000> [dostęp: 21.12.2025].
20. *TYPE-CERTIFICATE DATA SHEET NO. EASA.A.627 for Ventus-3*, European Union Aviation Safety Agency 2025, <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/type-certificates/noise/easaa627-schempp-hirth-ventus-3> [dostęp: 20.12.2025].
21. *TYPE-CERTIFICATE DATA SHEET NO. EASA.A.656 for AS 33*, European Union Aviation Safety Agency 2025, <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/type-certificates/aircraft-cs-25-cs-22-cs-23-cs-vla-cs-lsa/easaa656-33> [dostęp: 12.12.2025].
22. *TYPE-CERTIFICATE DATA SHEET No. EASA.E.099 for MD-TJ series engines*, European Union Aviation Safety Agency 2025, <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/type-certificates/engine-cs-e/easae099-md-tj-series-engines> [dostęp: 20.12.2025].
23. Załącznik I do Rozporządzenia Komisji (UE) NR 1178/2011 z dnia 3 listopada 2011, Podczęść A, FCL.010 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:02011R1178-20250804#anx_I [dostęp: 22.01.2026].

Dane kontaktoweMaciej Kołakowski, mkolakowski@op.pl