

## BEZOGONOWY SZYBOWIEC SZD-6X NIETOPERZ

16 czerwca 2012 r. w warszawskim Muzeum Techniki odbyło się spotkanie poświęcone problemom rozwoju bezogonowego szybowca IS-6 Nietoperz. Spotkanie poprowadził inż. Jerzy Śmielkiewicz

### OKOLICZNOŚCI POWSTANIA NIETOPERZA

Jerzy Śmielkiewicz

Tuż po wojnie, w 1946 r., w Bielsku-Białej został powołany Instytut Szybownictwa. Był to efekt pracy wielu ludzi, którzy uszli cało z wojennej pożogi, a w dużej mierze mieli coś wspólnego z szybownictwem – byli pracownikami lub działaczami ITSiM we Lwowie. Początkowo warunki pracy były spartańskie. Były problemy z pomieszczeniami, np. biuro konstrukcyjne było oddalone o kilkanaście kilometrów od warsztatów, nie było żadnych niwelatorów itd. Mimo tego pracownicy mieli ambicje, by szybko nadrobić stracony czas i zacząć tworzenie szybowców. Pojawiły się rekonstrukcje Komara, Salamandry i niemieckiego Kranicha oraz nowe szybowce: wyczynowe Sępy i Muchy, szkolny ABC i akrobacyjny Jastrząb. Te typy, wraz z szybowcami poniemieckimi, zaspokoiły pierwsze potrzeby polskiego szybownictwa, można więc było poświęcić się rozwojowi. Panował wówczas pogląd, że szybowce osiągnęły pewną granicę osiągnięć, którą można przekroczyć albo stosując skrzydła o znacznie większym wydłużeniu, albo „przechodząc na inną ścieżkę”, czyli wprowadzić pewną rewolucyjną zmianę. Później tą zmianą okazało się wprowadzenie profili laminarnych, ale w latach 50. uważano, że będą to układy niekonwencjonalne – kaczk i bezogonowce, które cechują się mniejszym oporem szkodliwym.

Nazywanie bezogonowców i kaczek układami niekonwencjonalnymi, czy też nieortodoksyjnymi, może być dyskusyjne. Przecież bracia Wright wykonali pierwszy lot silnikowy na samolocie w układzie kaczki, a wcześniej Lilienthal szybował na czymś w rodzaju bezogonowca. Dopiero dalszy rozwój lotnictwa sprawił, że samoloty (i szybowce) z usterzeniem z tyłu zdobyły miążdzącą przewagę. Nie znaczy to jednak, że bezogonowców nie budowano. W 1932 r. Jarosław Naleszkiewicz skonstruował latające skrzydło JN-1 Żabuś-II – pierwszy bezogonowiec w Polsce. Szybowiec miał proste skrzydła zakończone statecznikami pionowymi; dziś wiemy, że nie jest to najszcześniejsze rozwiązanie. Loty pokazały, że szybowiec jest zbyt wrażliwy na ster wysokości i położenie środka ciężkości; prawdopodobnie to doprowadziło do jego uszkodzenia i zaniechania prac. Bardziej udane okazały się latające skrzydła braci Waltera i Reimara Hortenów z Getyngi. Pierwsza z ich konstrukcji, szybowiec Horten-I, powstał na początku lat 30., rozpoczynając całą serię bezogonowych szybowców i samolotów, łącznie z odrzutowym bombowcem Ho-229 o obniżonej wykrywalności radarowej. Ten samolot nie był ich ostatnim projektem – Reimar Horten po wojnie działał w Argentynie.

Szybowce braci Horten miały wyśrubowane, jak na owe czasy, parametry i bardzo dobre osiągi. Doskonałość Hortena-IV wynosiła aż 32. To wynik godny podziwu nawet dziś, bo wiemy więcej o problemach, jakie musieli pokonać konstruktorzy.

Można zastanawiać się, czy szybowce Horten były bezpieczne – tym bardziej, że obydwa Horteny-III startujące na zawodach w Rhön w 1938 r. uległy rozbiciu. Nie było to jednak winą konstrukcji – piloci obu szybowców weszli w chmurę burzową. Pilot jednego z nich, Heinz Scheidhauer, wyskoczył na spadochronie po uszkodzeniu jego szybowca przez grad; przyplącił to odmrożeniami i utratą kilku palców. Mniej szczęścia miał pilot drugiego szybowca, Werner Blech, który również wyskoczył na spadochronie, lecąc powyżej 8000 m. Tu trzeba dodać, że niemieckie szybowce miały spadochrony samoczynnie otwierające się – czasza była połączona linką ze strukturą szybowca. Miało to umożliwić uratowanie nawet nieprzytomnych pilotów, wyrzuconych z kabiny, ale w tym przypadku miało

katastrofalne następstwa. Wiadomo, że otwieranie spadochronu w chmurze jest śmiertelnie niebezpieczne – skoczek może zostać wyniesiony na wysokość zagrażającą życiu albo zamarznąć. Tak też się stało z Blechem – jego zamrożone ciało zostało znalezione w sporej odległości od szczątków szybowca.

## JAK LATA BEZOGONOWIEC

*Jerzy Śmielkiewicz*

Wszystkie bezogonowce braci Horten charakteryzowały się silnym skosem skrzydeł. Jest to jeden ze sposobów na zapewnienie stateczności podłużnej – drugim jest użycie profili samostatecznych, które po wytrąceniu z równowagi same wracały do położenia równowagi. Takie profile istniały, szybowce z nimi latały, ale miały jedną wadę. Zapewnienie samostateczności kosztowało dość dużo w kontekście osiągow. Stąd większą popularność zyskały konstrukcje ze skośnymi skrzydłami. W tym przypadku stateczność wynikała ze zmiany rozkładu siły nośnej wzdłuż rozpiętości. Dla skrzydła trapezowego bez skosu współczynnik siły nośnej na końcówce jest wyższy, niż u nasady; to jest, nawiasem mówiąc, przyczyną wprowadzenia zwichrzenia geometrycznego czy aerodynamicznego, które tę różnicę niwelują. Jak można się domyślić, wprowadzenie skosu (do tyłu czy do przodu) zmienia ten rozkład. Cz na końcówce jest większy dla skrzydeł skośnych do tyłu, a mniejszy w przypadku skosu do przodu. A więc wypadkowa siła nośna jest położona bliżej kadłuba, jeśli skrzydła są skośne do przodu, a bliżej końcówki, jeśli są skośne do tyłu. Wyjaśnia to załączony rysunek.

Oczywiście, opisana wędrówka wypadkowej siły nośnej odbywa się wzdłuż skrzydła, a nie prostopadle do płaszczyzny symetrii szybowca. Z tego wynika zasadniczy wniosek: skos skrzydeł do tyłu przesuwają wypadkową siłę nośną do tyłu szybowca, a skos do przodu przesuwają ją w przód. Położenie siły nośnej z kolei determinuje stateczność podłużną, o którą w całej tej zabawie chodzi. Podsumowując cały wywód: szybowiec z płatem skośnym do tyłu będzie stateczny podłużnie – nawet, jeśli użyjemy zwykłych (nie samostatecznych) profili. To potwierdzały bezogonowce Horten, a także bohater dzisiejszego spotkania, Nietoperz, oznaczony początkowo IS-6X, a po zmianie nazwy zakładu – SZD-6X.

## KONSTRUKCJA NIETOPERZA

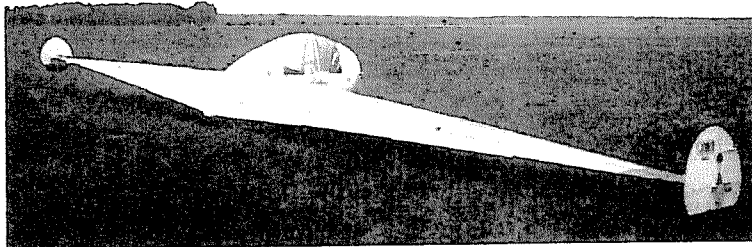
*Jerzy Śmielkiewicz*

W teorii wszystko wyglądało pięknie, istniały inne bezogonowce, ale trzeba było ich własności sprawdzić w praktyce. To było jednym z celów budowy Nietoperza. Drugim było sprawdzenie pewnych metod obliczeniowych dynamiki lotu – konkretnie stateczności bocznej. Uprzedzając fakty, otrzymano dobrą lub bardzo dobrą zgodność między wynikami obliczeń a faktycznym zachowaniem szybowca, nawet mimo znacznej różnicy momentów bezwładności względem wszystkich trzech osi; ona nie powinna sprawiać problemów, ale jednak sprawiała.

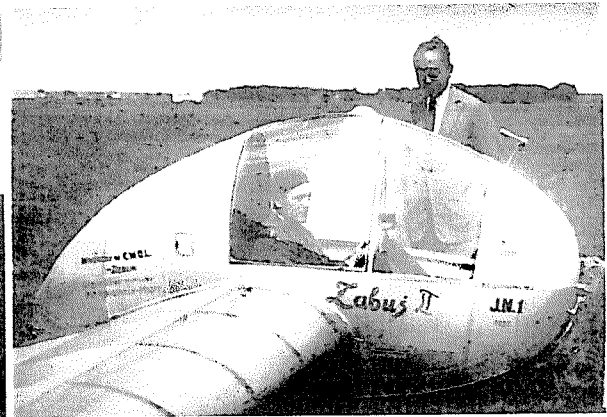
Patrząc na rysunek Nietoperza, szczególnie na rzut z góry, nie można nie zauważyć załamania skrzydeł. One były skośne do tyłu, ale nie od samej nasady: centropląt miał wręcz skos do przodu. To wynikało ze względów praktycznych – chodziło o zapewnienie właściwego położenia pilota, który jest w pewnym sensie ciężarkiem. Jeśli umieścimy go, zgodnie z logiką, w „czubku” szybowca, znajdzie się on znacznie przed średnią cięciwą aerodynamiczną, będziemy więc musieli jego ciężar jakoś zrównoważyć. Z kolei jeśli umieścimy go za skrzydłem, co byłoby korzystne ze względu na wyważenie, nie będzie nic widział. Pozycja pilota była jedną z różnic między Nietoperzem a bezogonowcami Horten (w których pilot leżał na skrzydle, głową w przód, lub siedział w pobliżu czubka szybowca), ale nie jedyną. Drugą, nawet ważniejszą, różnicą była obecność steru kierunku, który przed wojną był rzadkością w bezogonowcach. Także szybowce braci Horten nie posiadały steru kierunku – były sterowane oporowo, natomiast w Nietoperzu ster kierunku występował. A ściślej – mógł występować, ponieważ planowano trzy warianty sterowania:

- Wariant 1: z ruchomym sterem kierunku
- Wariant 2: z zablokowanym sterem kierunku i sterowaniem oporowym
- Wariant 3: ze zdemontowanym sterem kierunku i sterowaniem oporowym (latające skrzydło)

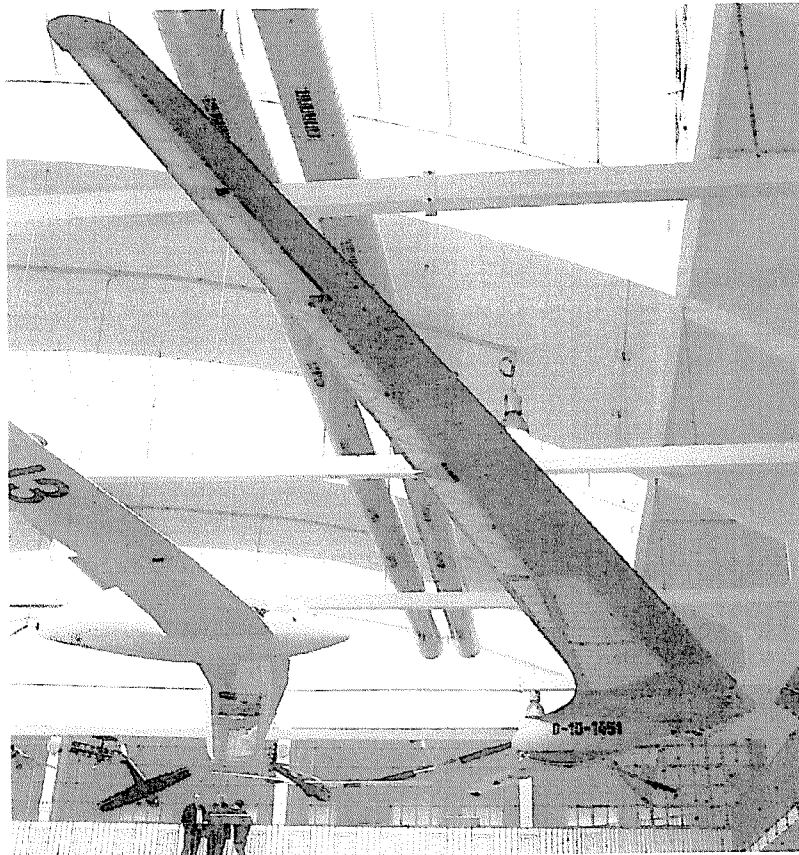
Jak widać, konstruktorzy Nietoperza – Władysław Nowakowski i Justyn Sandauerr – mieli zamiar wypróbować dwie koncepcje sterowania kierunkowego: klasyczny ster kierunku i sterowanie oporowe. W związku z tym spływ każdego ze skrzydeł był podzielony na trzy części. Część przykadłubowa



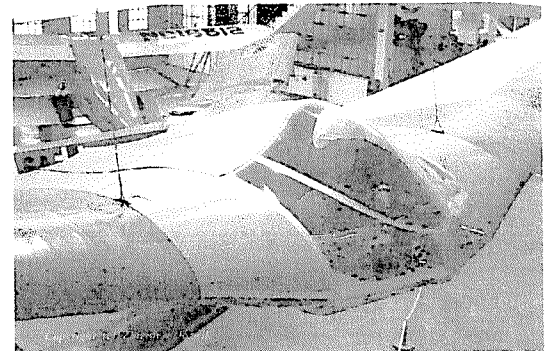
JN-1 Żabuś-II Jarosława Naleszkiewicza



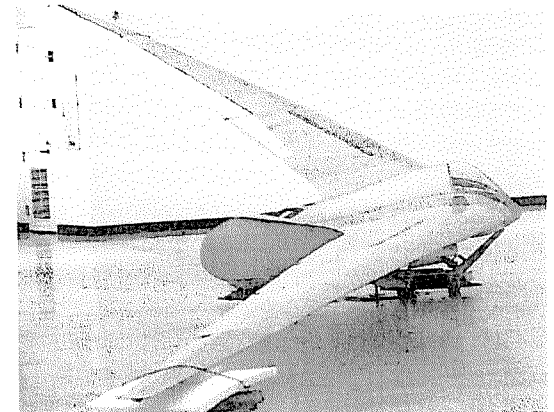
Szczątkowy kadłub Żabusia-II



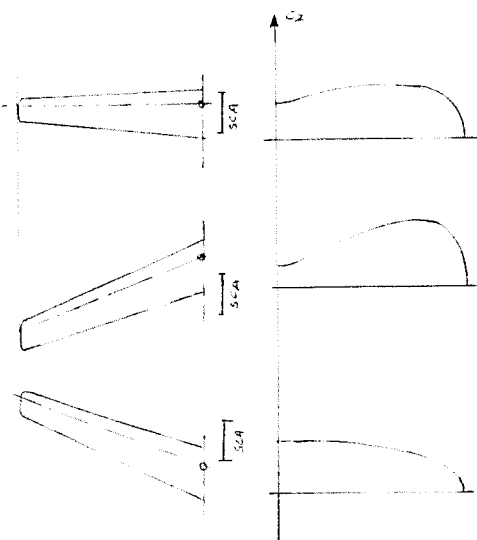
Bezogonowiec Horten-III w muzeum



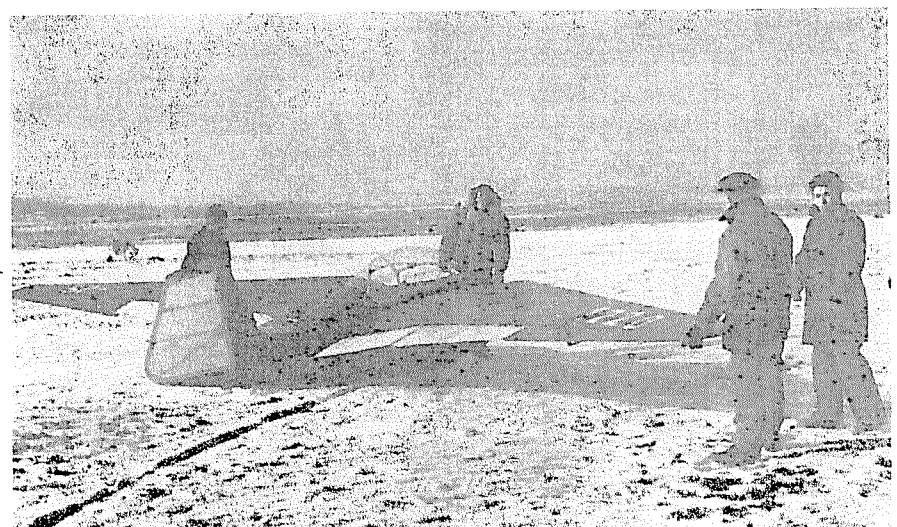
Manekin w kabynie Hortena-III ukazuje nietypową pozycję pilota



Horten-III



Rozkład  $C_z$  wzdłuż rozpiętości dla skrzydeł skośnych



SZD-6X Nietoperz

to kłapa, sterowana kołem sterowym na burcie kabiny; pilot mógł ją wychylić maksymalnie o 10 stopni w dół i w górę. Dwie pozostałe to sterolotki, przy czym wewnętrzna sterolotka miała mniejszy zakres wychyleń, niż zewnętrzna. Na dodatek zewnętrzna sterolotka pełniła rolę hamulców aerodynamicznych. Była ona bowiem złożona z dwóch blaszanych „wanienek”, które tworzyły zakończenie profilu, ale mogły rozchyłać się jak paszcza krokodyla – przy czym rozchyłać mogła się jedna z nich lub obie. Oczywiście, rozchylone sterolotki mogły się wychylać, zapewniając sterowanie podłużne i poprzeczne. Ich rozchylaniem sterowało się pedałami. Naciskając lewy pedał powodowało się rozchylenie lewej sterolotki, a przez to zakręt w lewo; zakręt w prawo wywoływało się oczywiście naciskając prawy pedał. Jeśli pilot nacisnął obydwa pedały jednocześnie, rozchylone sterolotki działały jako hamulce aerodynamiczne. Oczywiście, różnicowe wychylanie sterolotek było możliwe w drugim i trzecim wariantach sterowania, kiedy ster kierunku nie funkcjonował.

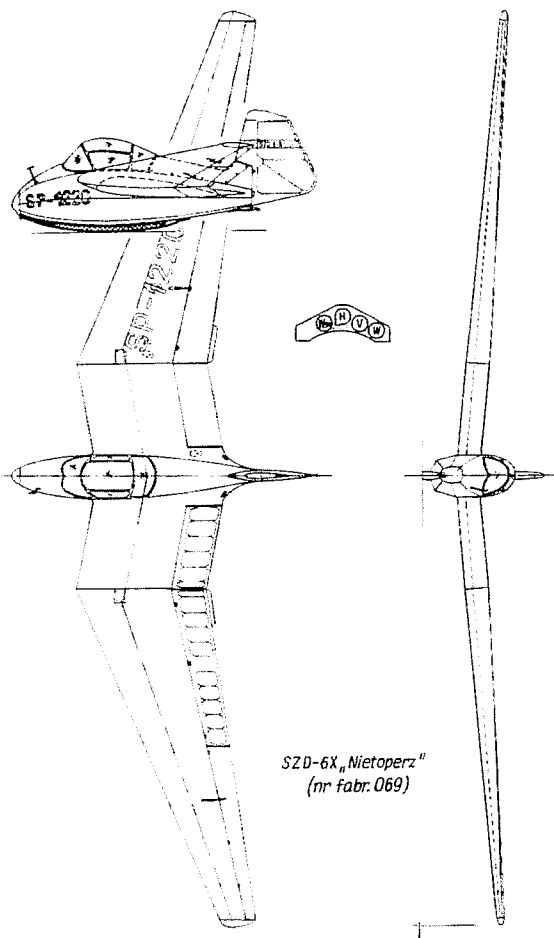
Zaprojektowanie napędów łączących tak mocno sprzężone powierzchnie sterowe z drążkiem i pedałami oczywiście było wyzwaniem – na szczęście jedynym z konstrukcyjnego punktu widzenia. Szybowiec cechował się bowiem dużą prostotą, jak przystało na szybowiec doświadczalny. Również z tego powodu osiągi szybowca były skromne: doskonałość 17,5 i opadanie minimalne 1,35 m/s. To jednak nie powinno dziwić, skoro wydłużenie płata wynosiło zaledwie 10 (rozpiętość 12 m a powierzchnia 14,4 m<sup>2</sup>), a kadłub, choć krótki, nie był zbyt opływowy. To wynikało z technologii: zastosowano kadłub podłużnicowy o przekroju sześciokątnym. Skrzydło o klasycznym profilu NACA-23012 było dwudźwigarowe, z mocnym dwuobwodowym kesonem. Keson musiał być solidny, aby spore obciążenia skręcające nie powodowały dużych odkształceń wywołujących zmianę własności lotnych.

## PRÓBY W LOCIE

*Jerzy Śmielkiewicz*

Nietoperz po raz pierwszy oderwał się od ziemi 5 stycznia 1951 r. w Bielsku. Loty nie trwały jednak długo – były to bowiem szury i skoki (na wysokość 5 m), niemal jak na szkoleniu podstawowym. Chodziło o sprawdzenie, czy Nietoperz prawidłowo reaguje na stery. Sam obserwowałem te próby, choć jeszcze nie pracowałem w SZD. Byłem bowiem wówczas uczniem technikum, w którym zajęcia prowadzili m.in. konstruktorzy zakładów. Kiedy nie przychodzili na zajęcia, był to dla nas jasny sygnał: na lotnisku dzieje się coś ciekawego, trzeba się urwać na wagary. Właśnie na takich wagarach, siedząc w krzakach, widziałem loty Nietoperza.

Ponieważ 8 skoków potwierdziło właściwą reakcję sterów, przystąpiono do właściwego oblotu. Miał on miejsce dokładnie tydzień później, 12 stycznia 1951 r. w Katowicach. Tamtejsze lotnisko posiadało dłuższy pas startowy i było bardziej oddalone od gór powodujących zawirowania. Szczególnie ważna była długość pasa, ponieważ szybowiec miał przelecieć kilkaset metrów (lejąc na hoku za samolotem), a następnie wyczepić się i lądować z prostej. Holówką był PWS-26 pilotowany przez Tadeusza Górę, a za sterami Nietoperza zasiadł Adam Zientek. Początkowo lot odbywał się zgodnie z założeniami, ale w pewnym momencie lecący ok. pół metra nad ziemią szybowiec przyrznął w ziemię, aż drzazgi poleciały. Jak się okazało, przyczyną było wejście w dość mocny strumień zaśmigłowy samolotu i utrata sterowności. Po naprawie, 2 lutego 1951 r., Nietoperz został wyholowany na 2000 m – opinia pilota była pozytywna i sprowadzała się do stwierdzenia, że naszym bezogonowcem da się względnie bezpiecznie latać. Późniejsze loty pokazały, że stateczność dynamiczna podłużna jest bardzo dobra. Lecący w spokojnym powietrzu Nietoperz sam tłumił niewielkie wahania, zarówno z drążkiem trzymany, jak i puszczone. Można go było nawet pilotować... głową – pochylenie się pilota w przód lub w tył dawało efekt w postaci zmiany pochylenia szybowca. Nietoperz kręcił nawet akrobację podstawową, bez większych problemów. Za mała była za to stateczność poprzeczna. Oczywiście, te wnioski dotyczą wariantu pierwszego, z klasycznym sterem kierunku. W kolejnych wariantach już nie było tak dobrze. Sterowanie oporowe w wariantach drugim okazało się mało skuteczne na małych kątach natarcia, choć na dużych kątach skuteczność była już odpowiednia. Natomiast dużo gorzej zachowywał się Nietoperz w wariantach trzecim, jako latające skrzydło. Tu muszę uzupełnić, że wprawdzie usterzenie pionowe formalnie składało się ze statecznika i steru, jednak statecznik był szczątkowy; po demontażu steru jego obecność była pomijalna. W tej postaci Nietoperz latał fatalnie. Niewielkie wychylenie lotek podczas lotu po prostej powodowało przechylenie i odchylenie w stronę przeciwną do zamierzonego. Co gorsza, przechylenie pogłębiało się i szybowiec przechodził w stromą spiralę. Wyprowadzenie trwało długo i wiązało się ze sporą stratą wysokości. Wzrost prędkości lotu przyspieszał to zachowanie. Oczywiście, z prób w tej konfiguracji szybko zrezygnowano, a w 1959 r. Nietoperz trafił do Instytutu Lotnictwa na próby państwowe, które prowadził Sławomir Makaruk. Niestety, ani Makaruk, ani Zientek już nie żyją, nie mogą więc opowiedzieć do-

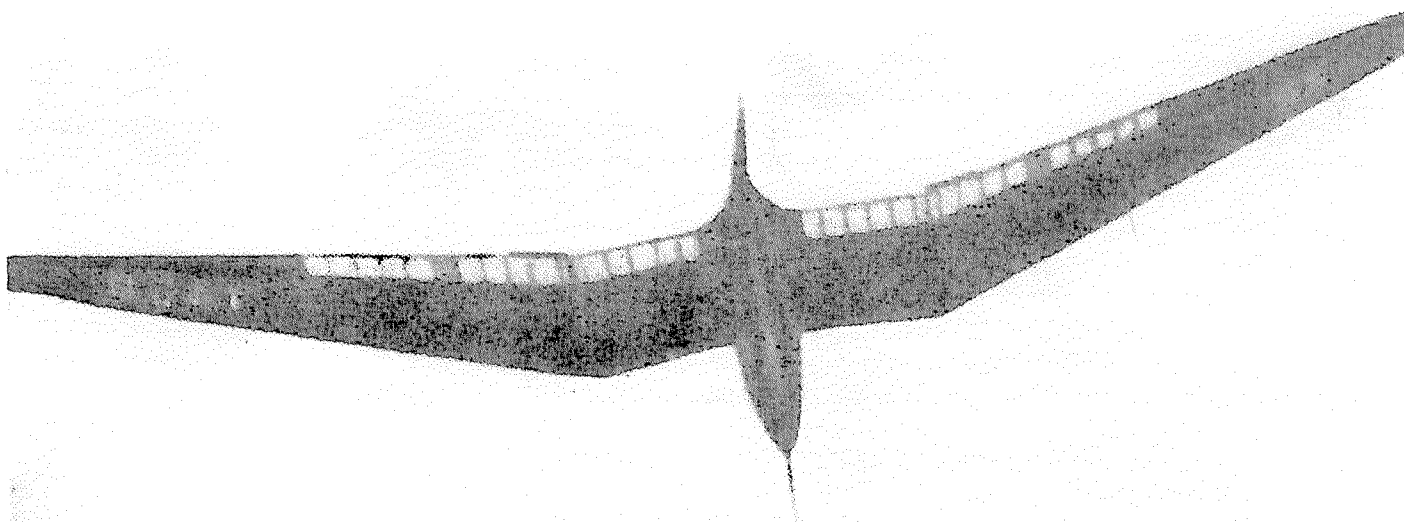


SZD-6X „Nietoperz”  
(nr fabr. 069)

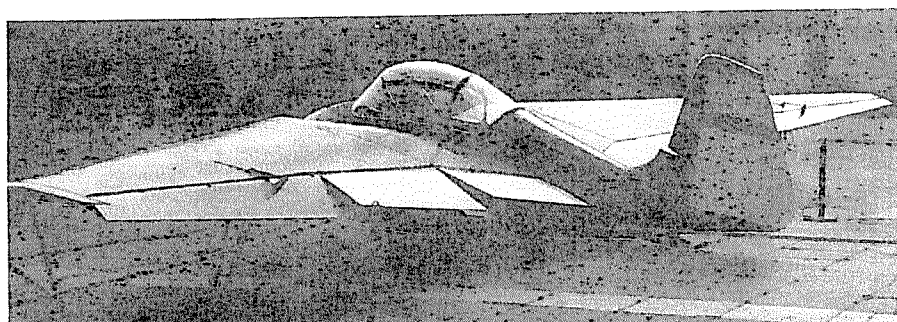


Nietoperz w krakowskim muzeum. Widoczne pomalowane na czerwono blaszane sterolotki - hamulce

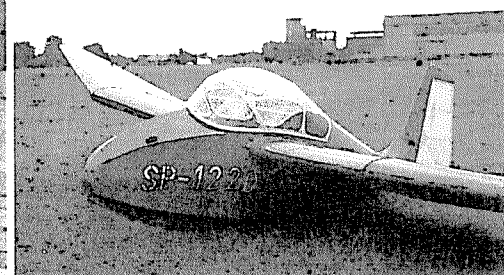
Nietoperz w trzech rzutach. Zwraca uwagę centro-  
płat ze skosem do przodu



Nietoperz w locie na holu. Wychylony ster kierunku świadczy, że testowano I wariant sterowania.



Bezogonowiec na wystawie. Widać różny zakres wychyleń sterolotek i żółty pasek na sterze kierunku dodawany podczas prób



Krótki kadłub o sześciokątnym przekroju

kładniej o własnościach lotnych szybowca. Żyje natomiast Stanisław Wielgus, który na Nietoperzu wykonał jeden, nieformalny, lot. W tym jednak przypadku daje znać o sobie czas, który od tego lotu upłynął – najbardziej w pamięć pilota zapadły emocje przed z lotem, wzmocnione ostrzeżeniami Markaruka, że Nietoperz nie jest łatwy w pilotażu. Jednak obeszło się bez uszkodzeń, których tak obawiał się Wielgus. A sam lot okazał się na tyle bezproblemowy, że pilot po prostu nic z niego nie pamięta. Trudno się dziwić, minęło ponad pół wieku...

Po próbach w IL Nietoperz trafił do muzeum. Nie uruchomiono produkcji seryjnej, bo nie był do niej przeznaczony – chodziło tylko o sprawdzenie własności bezogonowców i metod obliczeniowych. Więcej spodziewano się po Wampirze, o którym chcę opowiedzieć przy innej okazji.

Nietoperz udowodnił, że można zrobić szybowiec bezogonowy o niezłych własnościach lotnych, ale wyśrubowanych osiągow nie miał. Częściowo wynikało to z założeń – można było w wielu miejscach powalczyć o więcej. Warto jednak zacytować opinię Bronisława Żurakowskiego, który uważał, że bezogonowce byłyby świetne, gdyby chodziło tylko o osiągi. Jeżeli zaczniemy dbać o własności lotne, zaczynamy psuć osiągi niszcząc przewagę wynikającą z mniejszego oporu szkodliwego. Dziś można sobie z niestatecznością poradzić stosując system *fly by wire*, gdzie samolotem steruje system komputerowy – tak zrobili konstruktorzy „niewidzialnego” bombowca B-2. Jednak użycie tego w szybowcu byłoby chyba przesadą.

## LATANIE BEZ OGONA

Jan Gawęcki

Opis własności lotnych Nietoperza, z konieczności skąpy, można uzupełnić korzystając z innego bezogonowca – francuskiego Fauvela AV-36. Ten szybowiec trafił do SZD, gdzie również służył do określenia własności bezogonowców, a następnie przekazano go na Politechnikę Warszawską jako „latającą pomoc naukową”. Ten szybowiec był przykładem innego podejścia – miał proste skrzydła z profilem samostatecznym.

Opinie o Fauvelu są różne. Jerzy Śmielkiewicz latał na nim w Bielsku i nie miał większych problemów, natomiast ja latałem w Warszawie, jako student. Szczególnie zapamiętałem transport szybowca po remoncie, z Krosna do Warszawy. Na szczęście mieliśmy międzylądowanie w Radomiu, gdzie można było odpocząć, bo lot był bardzo wyczerpujący. Można bowiem założyć, przy pewnych uproszczeniach, że lot szybowca składa się z dwóch fugoid: długookresowych zmian prędkości lotu przy stałym kącie natarcia oraz z krótkookresowych ruchów o częstotliwości kilku herców. W Fauvelu, jak to w bezogonowcu, druga z fugoid nie była tłumiona; w konstrukcjach konwencjonalnych pilot nawet ich nie dostrzega, tak szybko wygasają.

To nie był koniec emocji tego dnia. Kiedy wylądowałem, zaczepił mnie Witold Błażewicz chcący przelecieć się na Fauvelu. Pozwoliłem mu, ale ostrzegłem o jeszcze jednym mankamencie bezogonowca: otwarcie hamulców aerodynamicznych wywoływało szybko narastający moment pochylający szybowiec na dziób. Ten moment był dość trudny do opanowania, więc nie wolno było otwierać hamulców na małej wysokości. Błażewicz nie posłuchał i niewiele brakowało, a Fauvel wykonałby koziółka w przód.

Obecnie Fauvel wisi na ścianie hangaru na Bemowie, niezdolny do lotu. Były wprawdzie plany przywrócenia go do stanu lotnego, ale problemem okazały się pieniądze. Na remont należałoby bowiem wydać kwotę, za którą można kupić niezły nowy szybowiec, np. Junióra.

Opracowanie tekstu: Paweł Ruchała – SMIL

Opracowanie graficzne: Paweł Ruchała – SMIL

Fotografie: ze zbiorów J. Śmielkiewicza i A. Glassa, Z. Jóźwik, P. Piechowski

### Dane techniczne

Rozpiętość	12 m	Doskonałość	17,5
Długość	4 m	przy prędkości	90 km/h
Powierzchnia nośna	14,40 m <sup>2</sup>	Opadanie min.	1,35 m/s
Masa własna	150 kg	przy prędkości	80 km/h
Masa całkowita	235 kg	Prędkość minimalna	54 km/h
Obciążenie powierzchni	16,3 kg/m <sup>2</sup>	Prędkość dopuszczalna	300 km/h