

WSPÓŁCZESNE TENDENCJE W BUDOWIE ŚMIGŁOWCÓW O PODWYŻSZONYM STANDARDZIE UŻYTKOWANIA

TOMASZ GORECKI

Instytut Lotnictwa

Streszczenie

W referacie przedstawiono tendencję w budowie śmigłowców o podwyższonym standardzie użytkowania. Jako śmigłowce o podwyższonym standardzie użytkowym autor miał na myśli śmigłowce I klasy osiągowej przystosowane do lotów w różnych warunkach oraz pilotowane przez osoby nie posiadające dużego doświadczenia w tym zakresie.

1. WSTĘP

Projektując obecnie śmigłowce lekkie i ultralekkie należy przewidzieć zaostrzone kryteria użytkowania nawet w dalszej perspektywie (udane śmigłowce bywają długowieczne), a także możliwości rozwoju technologii śmigłowniczej umożliwiającej rozwiązania konstrukcyjne będące przedmiotem obecnie prowadzonych prac rozwojowych. W ten sposób śmigłowiec powstający współcześnie będzie konkurencyjnym wyrobem z chwilą jego wytworzenia. Wiele pomysłów już obecnie rozwiązanych nie zostaje wprowadzonych ze względu na inercję myślenia zespołów konstrukcyjnych. Nadal pokutuje sposób myślenia, że śmigłowce lekkie i ultralekkie mogą być projektowane jako tanie a poprzez to często niebezpieczne w użytkowaniu. Przemysł samochodowy powinien być wzorcem godnym do naśladowania, z tego względu, że nawet małe popularne samochody projektowane są z wykorzystaniem najnowszych pomysłów w obszarze bezpieczeństwa, ekologii i niezawodności.

2. WYMAGANIA STAWIENE NOWOCZESNYM KONSTRUKCJOM ŚMIGŁOWCÓW

Śmigłowce współcześnie projektowane muszą spełniać podwyższone wymagania, stawiane przez nowelizowane przepisy i formułowane przez użytkowników oraz konstruktorów. Głównym wymogiem jest poszerzenie obszaru użytkowania z uwzględnieniem lotu w trudnych warunkach (również w nocy), a także spełniających wymagania ekologii i kryteria bezpieczeństwa na wypadek uderzeń.

Śmigłowce tego typu powinny charakteryzować się między innymi:

- napędem wielosilnikowym umożliwiającym kontynuację lotu w wypadku awarii silnika głównego (OEI) a najlepiej spełniające warunek I klasy osiągowej,
- konstrukcją śmigła ogonowego zapewniającą bezpieczeństwo śmigłowca i osób postronnych (otunelowanym śmigłem ogonowym lub umieszczonym na wysokości uniemożliwiającej kolizję z osobami znajdującymi się w bliskim otoczeniu śmigłowca),

- niskim poziomem hałasu wewnątrz kabiny jak i na zewnątrz śmigłowca, spełniając współczesne, zastrzone normy, odnośnie hałasu emitowanego przez śmigłowca,
- konstrukcja śmigłowca spełniająca wymagania zwiększające odporność na twarde lądowania i udary,
- własności osiągowo – pilotażowe takie jak prędkość, zasięg, sterowność zwiększające sprawność wykonywania zadań i zmniejszające pracochłonność pilotażu,
- wyposażenie awioniczne ułatwiające nawigację i wspomagające wykonywanie zadań.

3. SFORMUŁOWANIE PODSTAWOWYCH WYMAGAŃ DLA NOWOCZESNEJ KONSTRUKCJI ŚMIGŁOWCA

Niestety nawet w najnowszych rozwiązaniach konstrukcyjnych wymienionych w rozdziale 2 nie wykorzystuje się wielu dostępnych już rozwiązań istotnie mogących poprawić standardy użytkowania śmigłowców. Normy hałasowe wkrótce będą drastycznie zastrzone zwłaszcza dla śmigłowców użytkowanych w aglomeracjach miejskich. Klienci i użytkownicy lekkich i ultralekkich śmigłowców, w tym biznesmeni traktujący śmigłowce jako dyspozycyjne środki transportu, nie zawsze o najwyższych kwalifikacjach pilotażowych, również potrzebują bezpiecznych, komfortowych maszyn wspomagających ich pilotowanie w trudniejszych warunkach lotu.

Przy obecnym stanie technologii śmigłowcowej, koncepcje „crashowe” mogą być przeniesione z techniki wojskowej i nie koniecznie może się to wiązać ze wzrostem kosztów i masy śmigłowca. Układy zarządzające lotem i wspomagające pilotaż również w skrajnie trudnych warunkach lotu mogą być przetransponowane z technologii projektowania śmigłowców bezzałogowych UAV włącznie z realizacją lotu autonomicznego i układami antykolizyjnymi przy minimalnym wzroście masy. Układy tam stosowane ze względu na miniaturyzację (MEMS) i ciągłe ich doskonalenie są już powszechnie dostępne i niezawodne.

Ważne jest również dla tych odbiorców wyposażenie śmigłowców w komputerowe układy monitorujące i diagnozujące, zważywszy specyficzny sposób eksploatacji niejednokrotnie bez ciągłego nadzoru zespołów techników obsługi śmigłowca.

Wymagania instalacji przeciwooblodzeniowej ważne dla naszej szerokości geograficznej coraz częściej mogą być spełnione przy zastosowaniu hydrofobowych (uniemożliwiających zwilżanie) powierzchni narażonych na oblodzenie. Zastosowanie takiego rozwiązania wiąże się z praktycznie pomijalnym wzrostem masy i wystarczającym zabezpieczeniem przed oblodzeniem.

I wreszcie wprowadzenie koncepcji znacznej regulacji nominalnych prędkości obrotowych wirnika. Nawet do $\pm 20\%$. Pozwoli w razie potrzeby na akumulację energii inercyjnego układu wirnika lub spełnienie najostrzejszych wymagań odnośnie poziomu emisji hałasu przez śmigłowca. Takie rozwiązanie pozwoli w razie potrzeby, na chwilowe zwiększanie nadmiaru ciągu i zakresu sterowania wirnika i śmigła ogonowego. Postęp w technologii wytwarzania łopat, głowic i przekładni sprawi, że to rozwiązanie nie powinno odbywać się kosztem zwiększonej masy śmigłowca. Na koniec wprowadzenie rozwiązań „bezobsługowych” powinno być regułą projektowania śmigłowców przyszłej generacji realnie wprowadzanych już obecnie.

Aby zapobiec emisji generowania dużego poziomu hałasu przez wirnik nośny korzystnym rozwiązaniem jest zaprojektowanie wirnika o większej liczbie łopat w celu zmniejszenia prędkości końca łopat. W wirniku śmigłowca może być zastosowana dowolna liczba łopat, począwszy od jednej a kończąc na kilku. Siła ciągu chwilowego łopaty jest proporcjonalna do C_{T1} , dlatego też zmienia się ona według reguły określonej równaniem (3.1). Ciąg w znacznym stopniu jest bowiem uzależniony od azymutu ψ [6], ponieważ:

$$C_T = A_0 - A_1 \cos \psi - B_1 \sin \psi \quad (3.1)$$

$$T = C_T(\psi) \cdot \rho \cdot A(\Omega \cdot R)^2 \quad (3.2)$$

W przypadku zastosowania dwóch łopat chwilowy ciąg sumaryczny będzie równy:

$$\begin{aligned} C_{T2} = A_0 - A_1 \cos \psi - B_1 \sin \psi + A_0 - A_1 \cos(\psi^\circ + 180^\circ) - B_1 \sin(\psi^\circ + 180^\circ) = \\ 2A_0 - A_1 \cos \psi - B_1 \sin \psi + A_1 \cos \psi + B_1 \sin \psi = 2A_0 \end{aligned} \quad (3.3)$$

Widać więc, że przy dwułopatowym wirniku nośnym, którego działanie opisane jest wzorem z dokładnością do harmonicznych podstawowych, ciąg staje się bardziej równomierny, gdyż w równaniu nie występują już składowe zawierające $\sin \psi$ i $\cos \psi$. Przy rosnącej liczbie łopat efekt jest progresywnie większy. W przypadku zastosowania większej liczby łopat ciąg będzie nieznacznie pulsujący, gdyż będą wówczas występowały harmoniczne wyższych rzędów. Gdy wahania pionowe rozpatrywane są przy założeniu harmonicznej podstawowej, do równania określającego iloczyn $\overline{W_x} \cdot \overline{W_y}$, wchodzą harmoniczne wyższych rzędów zatem względna stałość ciągu może być otrzymana dopiero przy zastosowaniu większej liczby łopat.

4. PRZYKŁADOWA REALIZACJA WYMIENIONYCH WYMAGAŃ KONCEPCYJNYCH.

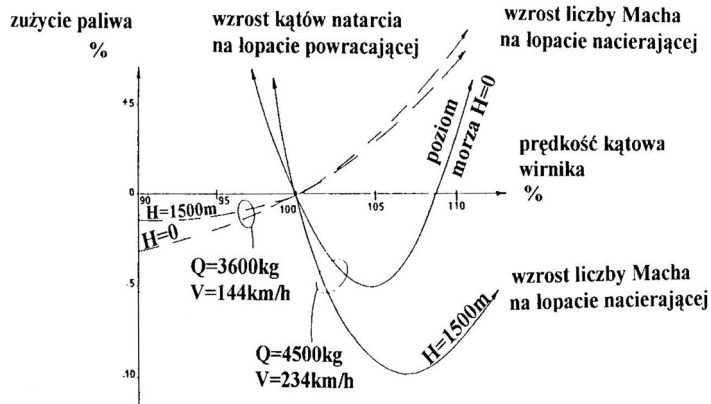
Jako przykładowy projekt, w którym spróbowano zastosować koncepcje zawarte w rozdziale 2 przytoczono projekt konstrukcyjny 4 osobowego śmigłowca dyspozycyjnego nowej generacji.

W wyniku prowadzonych badań wpływu zmian na osiągi śmigłowca, prowadzone w [5], stwierdzono ich istotny wpływ na takie parametry i zjawiska jak: moc niezbędną, akumulację energii kinetycznej wirujących elementów układu wirnika, zjawiska ściśliwości i oderwania czy flutter łopat wirnika. W efekcie tego wpływu istnieją możliwości oceny użytkowych parametrów śmigłowca jak wpływ prędkości obrotowych na zasięg, długotrwałość lotu, prędkość, hałas, bezpieczeństwo, poziom drgań czy nadmiary ciągu wirników. Rozważane są propozycje projektu wirników o regulowanych prędkościach obrotowych w granicach zmienności $\pm 20\%$. Jest to istotna zmiana koncepcji w porównaniu z dotychczasowymi wartościami zmienności prędkości obrotowych rzędu $\pm 5\%$ (np. w śmigłowcu Sokół). Zwiększony przedział zmienności prędkości obrotowej pozwala na oszczędne gospodarowanie energią wirnika, przeloty generujące mniejszy hałas oraz ekonomiczniejszym eksploataowaniem śmigłowca.

Analizy dotyczące przydatności zwiększenia zakresów regulacji prędkości obrotowej wirnika nośnego w zakresie $\pm 10\%$ przytoczono z [4], gdzie przez zastosowanie adaptacyjnego sterowania wtryskiem paliwa oceniono wpływ regulacji jego wydatku na własności osiągowie śmigłowca.

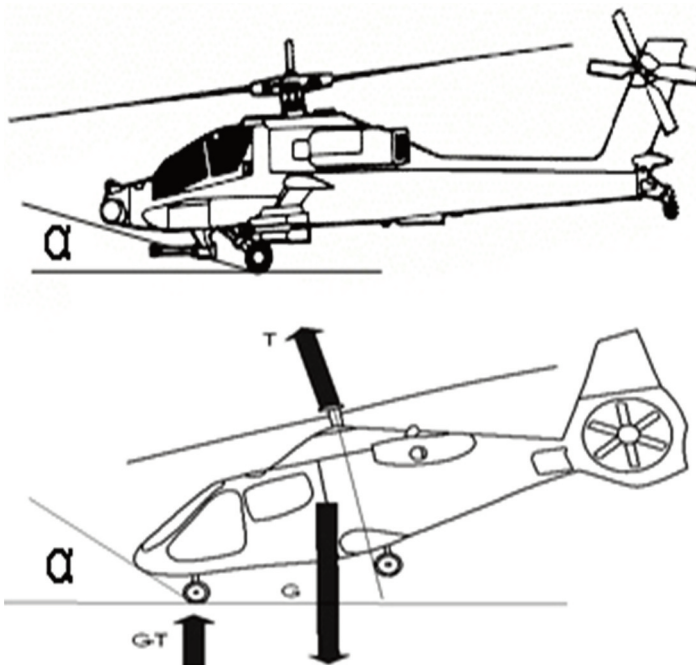
W projektowanej konstrukcji śmigłowca przewidziane jest podwozie kołowe z kółkiem przednim. Daje to duże możliwości szybkiego startu śmigłowca przeciążonego przy krótkiej długości rozbiegu. Układ wirnika nośnego oraz niewielka średnica wirnika nośnego pozwalają na bezpieczne pochylenie śmigłowca bez obaw o niebezpieczeństwo kolizji z ziemią. Daje to możliwość skrócenia czasu startowania proporcjonalnie do kąta pochylenia śmigłowca. Układ rozstawienia podwozia przedniego w projektowanym śmigłowcu jest dużo korzystniejszy niż układ ortodoksyjny. W układzie ortodoksyjnym start z oderwaniem kółka ogonowego zwiększa zakres pochylenia znacznie mniej niż w układzie trójkołowym z kółkiem przednim,

a ponadto zwiększa ryzyko pojawienia się rezonansu naziemnego przy rozpędzaniu na odciążonym podwoziu głównym.



Rys. 1. Wpływ regulacji prędkości obrotowej wirnika na zużycie paliwa [10]

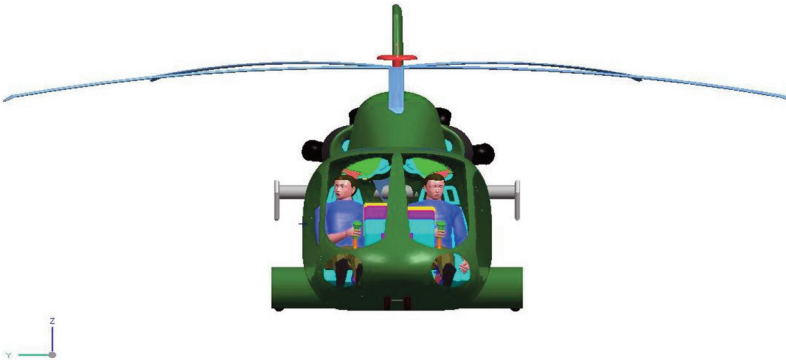
Podwozie zostało dobrane nie tylko ze względu na możliwość szybkiego startu śmigłowca co będzie wykorzystywane tylko w wyjątkowych sytuacjach. Rozstawienie kół tylnych zabezpiecza konstrukcję także przed lądowaniem w przypadku awarii mechanizmu wysuwającego koła. Mechanizm ten w pozycji schowanej zapewne także pewien poziom absorbowania energii uderzenia z ziemią. Podwozie kołowe zapewnia także na prawie dopuszczalny ruch na ziemi (kołowanie) śmigłowca na większości lotnisk komunikacyjnych.



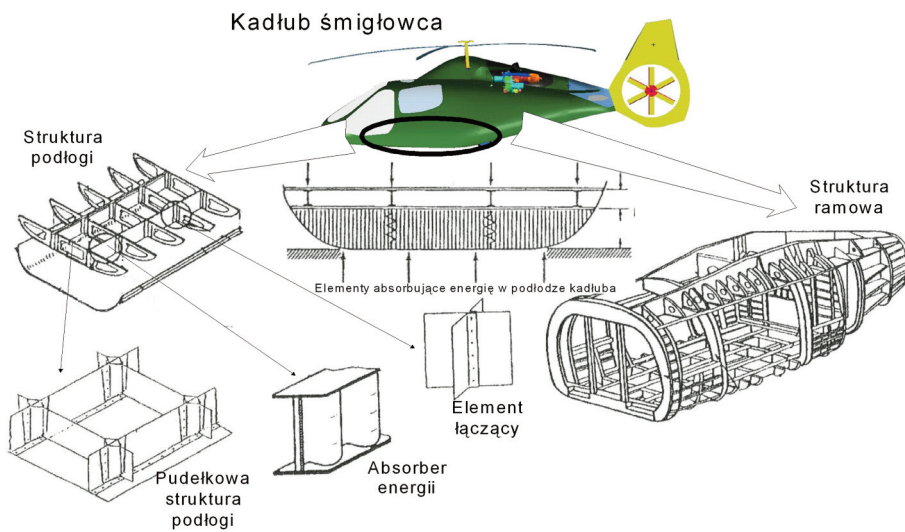
Rys. 2. Układ ortodoksyjny - przy rozpędzaniu śmigłowca przeciążonego oraz projektowany śmigłowiec posiadający podwozie kołowe w manewrze startu



Rys. 3. Widok izometryczny proponowanej konstrukcji śmigłowca



Rys. 4. Parametry geometryczne na kadłub śmigłowca z przodu ze schowanym podwoziem



Rys. 5. Elementy crashowe zabudowane w strukturze śmigłowca, opracowanie własne z uwzględnieniem [7]

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bogdanow J. S., Szabelski K.: *Wstęp do konstrukcji śmigłowców*, WKŁ, Warszawa, 1995.
- [2] Bratuchin J. P.: *Projektowanie i konstrukcje śmigłowców*, PWT, Warszawa, 1958.
- [3] *Przepisy dla wiroplątów małych (CS-27)*.
- [4] Dimitriev I. S., Esaułow S. J.: *Sistemy upravljenija odnowintowych wiertoletow*, Moskwa, 1969.
- [5] Howlett J. J., Morrison T., Zagranski R. D.: *Adaptive Fuel Control for Helicopter Applications*, J.A.H.Soc., October 1984.
- [6] Juriew B. N.: *Aerodynamika śmigieł i śmigłowców*, WMON, Moskwa, 1956.
- [7] *Aircraft Crash Survival Design Guide*, USAAVSCOM TR 89-D-22D 1989.
- [8] Mil M.: *Wiertolety*, Moskwa, 1966.
- [9] Stępniewski W. Z.: *Ciche wiropląty*, Biblioteka Naukowa Instytutu Lotnictwa, Warszawa, 1997.
- [10] Howlett J. J., Morrison T., Zagranski R. D.: *Adaptive Fuel Control for Helicopter Applications*, J.A.H.Soc., October 1984.

TOMASZ GORECKI

MODERN TRENDS IN DESIGN OF INCREASED OPERATION STANDARDS HELICOPTERS

Abstract

In the paper, trends in design of increased operation standards helicopters were presented. Helicopters with increased operation standards are understood as Performance Class I helicopters with all weather flight capability and adapted for pilots with little flight experience.