

## WPŁYW ZASTOSOWANYCH MODERNIZACJI W KABINIE ZAŁOGI NA ERGONOMIĘ PRACY ZAŁOGI WYBRANYCH KONSTRUKCJI ŚMIGŁOWCÓW MIŁA

DAGMARA GAIK, ROBERT KONIECZKA

*Katedra Technologii Lotniczych, Wydział Transportu, Politechnika Śląska, ul. Krasińskiego 13,  
40-019 Katowice, Polska, [dag.gaik@gmail.com](mailto:dag.gaik@gmail.com), [robert.konieczka@polsl.pl](mailto:robert.konieczka@polsl.pl)*

### Streszczenie

Artykuł stanowi próbę analizy zmian rozwiązań wnętrza kabiny załogi wybranych śmigłowców Miła na przestrzeni lat. Przedmiotem pracy badawczej jest analiza zmian architektury kabin załogi przedmiotowych śmigłowców i ich wpływ na środowisko pracy operatora. W artykule zidentyfikowano wyposażenie wchodzące w skład popularnych konstrukcji rosyjskich, w tym budowa i rozmieszczenie tablic przyrządów i organów sterowania. Wybrane typy wiroplątów to konstrukcje opracowywane co dekadę. Poczynając analizę od pierwszej oblatywanej konstrukcji, kończąc na najnowszych rozwiązaniach ukazano jak rozwój współczesnych technologii wpłynął na możliwości operacyjne śmigłowców oraz zmianę wnętrza kabiny pilotów. Architektura zagospodarowania kabin została poddana ocenie pod względem kryteriów ergonomicznych i bezpieczeństwa. Na podstawie przedstawionych rozważań przedstawiono prognozę dalszych zmian tej linii śmigłowców, uwzględniając trendy ogólnościatowe w zakresie modernizacji konstrukcji śmigłowców.

Słowa kluczowe: śmigłowiec, ergonomia kabiny, organy sterowania, tablica wskaźników.

### 1. WSTĘP

Rozwój śmigłowców związany jest z ciągłym postępowaniem nauki i techniki, a więc można powiedzieć, że ostatnie 60 lat w lotnictwie cywilnym oraz wojskowym to cała epoka. Konieczność spełnienia coraz to nowszych zadań oraz wybicia się ponad konkurencję wymaga ciągłego doskonalenia konstrukcji śmigłowców, zapewniając ich bezpieczeństwo, niezawodność i sprawność funkcjonalną.

Aktualnie śmigłowce muszą spełniać szereg różnorodnych kryteriów. Coraz większy nacisk kładzie się nie tylko na ich osiągi, ale i na możliwości operacyjno-funkcjonalne. Ma to bezpośredni wpływ na bezpieczne wykonanie zadań, które umożliwia odpowiednie wyposażenie statku powietrznego. Wymogi stawiane są pod względem eksploatacji, czyli założeń wynikających z potrzeby użytkownika oraz ze strony producenta, z zakresu spełniania odpowiedniej normy, zgodnie z przepisami budowy śmigłowców w danym kraju oraz przepisami międzynarodowymi.

Dialog pomiędzy człowiekiem, a maszyną odbywa się w kabinie załogi. Dlatego kładzie się silny nacisk na ergonomiczne rozmieszczenie przyrządów kontroli lotu, sterowania oraz ich układu. Ma to istotny wpływ na efektywną pracę operatora, z uwzględnieniem zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania zadań. Z analizy wypadków lotniczych wynika, że człowiek jest najsłabszym ogniwem w systemie bezpieczeństwa lotniczego, inaczej określane jako szeroko rozumiany „czynniki ludzki”. Wraz z postępem technologii liczba wypadków na skutek awaryjności techniki znacznie spadła. Natomiast w zdarzeniach, których powodem był błąd człowieka zauważono ich istotny wzrost. Poważny problem stanowi również konstrukcja kabiny załogi pod względem zachowania ogólnych zasad ergonomii [1].

## 2. OGÓLNE WYMAGANIA ŚRODOWISKA PRACY OPERATORA ŚMIGŁOWCA

Zasada sterowania samolotem różni się zasadniczo od specyfiki sterowania śmigłowcem. Powołać się tu można na odpowiedź Franka Robinsona, założyciela Robinson Helicopter Company. Na pytanie „Jaka jest różnica między lataniem śmigłowcem i samolotem?” odpowiedział „Samolot leci sam, śmigłowcem musisz lecieć Ty”. Sterowanie śmigłowcem odbywa się przy użyciu obu rąk i nóg i wymaga to dużej pracy i uwagi. Pilot musi wykazać się dostatecznymi zdolnościami koordynacji ruchowej oraz podziału uwagi. Do jego czynności podczas lotu należy zapewnienie sterowania podłużnego, poprzecznego, kierunkowego, ustalenia skoku ogólnego łopat wirnika nośnego sprzężonego z mocą silników. Ponadto operator odpowiada za rozdzielanie mocy silników, zmianę obrotów, wyłączanie silników, ustawienie sprężynowych mechanizmów trymerów. Poza działaniami sterującymi, do czynności pilota należy odbieranie oraz przetwarzanie informacji związanych z wykonywanym zadaniem oraz kontrola lotu. Sterujący zmuszony jest do ciągłej obserwacji przyrządów, na podstawie których podejmuje decyzje o właściwej kolejności działania. W zależności od etapu lotu, pamięć pilota obciążona jest ilością przetwarzanych informacji. Dlatego podczas lotu sterujący musi na bieżąco selekcjonować informacje, równocześnie utrzymując odpowiednie parametry lotu, zgodnie z instrukcją i posiadaną wiedzą [7].

Doskonalenie techniki wymaga także adekwatnego doskonalenia umiejętności człowieka. Urządzenia pokładowe powinny zapewnić pilotowi dostarczanie informacji dotyczących podstawowych parametrów lotu takich jak: wysokości, miejsca (pozycji), prędkości i kierunku lotu oraz położenia statku powietrznego w przestrzeni (orientacji przestrzennej), co jest szczególnie istotne przy lotach bez widoczności. Do istotnych informacji można zaliczyć przyrządy z grupy: kontroli działania zespołu napędowego oraz pilotażowo-nawigacyjne. Pilot podczas wykonywania zadania pobiera informacje z podziałem na:

- Instrumentalne, które przekazywane są za pomocą wskaźników pokładowych; odczyt następuje przez narząd wzroku, słuchu;
- Nieinstrumentalne polegające na odczuwaniu przyspieszeń, sił itp.; odbiór operatora następuje m.in. przez receptory dotyku oraz zmysł równowagi [2].

Znaczenie wykorzystania informacji instrumentalnej, bądź nieinstrumentalnej zależy od parametrów wykonywanego w danym momencie zadania, np. od wysokości i prędkości lotu. Pilot podczas wykonywania zadania na małej wysokości, w zwykłych warunkach atmosferycznych, gdzie widzialność jest dobra, będzie w większości pobierał informacje nieinstrumentalne. Większość czasu poświęci więc obserwacji terenu. W odwrotnej sytuacji, kiedy lot odbędzie się w trudnych warunkach atmosferycznych, operator skorzysta głównie

z informacji instrumentalnych [2, 8]. Działanie takie wynika wprost z kryterium bezpiecznego wykonania lotu. Stąd na podstawie powyższych wymagań, systemy sterowania śmigłowcem powinny się charakteryzować następującymi cechami:

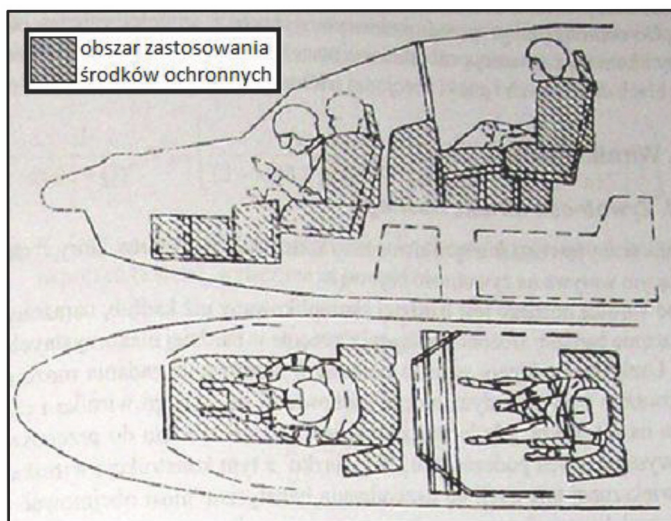
- niezawodnością i płynnością pracy – ze względu na możliwości fizyczne pilota, siły przyłożone do sterowników nie mogą przekraczać dopuszczalnych wartości oraz powinny narastać płynnie;
- niezależnością działania sterów;
- niemożliwością zablokowania sterów podczas odkształceń sprężystych kadłuba, ponieważ może to doprowadzić do awarii oraz uszkodzeń podzespołów śmigłowca;
- skutecznością sterowania gdzie system sterowania powinien zapewnić przybliżoną reakcję podczas wykonywania manewrów na śmigłowcu niezależnie od parametrów lotu [9, 18, 19].

Rozmieszczenie elementów sterowania w kabinie załogi powinno być uporządkowane, należy dobrać adekwatne odstępki, które umożliwią wygodne chwytanie i poruszanie sterami z eliminacją przypadkowego załączenia bądź wyłączenia innych elementów sterownia i urządzeń. W kabinie załogi elementy sterowania powinny zostać rozmieszczone w taki sposób, aby w czasie lotu ręce pilota nie krzyżowały się oraz w celu uniknięcia zbędnych ruchów zmiany rąk na drążku sterowym czy dźwigni skoku ogólnego.

Kształt rękojeści dźwigni powinien być dopasowany pod względem funkcjonalnego przeznaczenia, zgodnie z wymaganiami mnemotechniki. W tym celu stosuje się system kodowania elementów sterujących pod względem określonej barwy, rozmieszczenia, wymiaru, kształtu, napisu. Wygląd zewnętrzny lub profil dopasowany jest adekwatnie do przeznaczenia mechanizmu, za który odpowiada dana dźwignia, zapewniając jednocześnie możliwość pewnego uchwycenia i trzymania podczas pilotowania. Zapobiega to pomyleniu i nieumyślnemu uruchomieniu bądź wyłączeniu urządzeń [1].

Zastosowanie koncepcji HOCAC (ang. *Hands On Cyclic And Collective*, w tłumaczeniu na pol. *ręce na drążku sterowym i dźwigni skoku ogólnego*), oznacza wprost sposób rozmieszczenia przełączników sterowania, tak aby pilot mógł wykonać najczęściej powtarzane czynności bez odrywania rąk od głównych organów sterowania. Kluczowe czynności mogą być jednocześnie wykonane ruchem wybranego palca obu dłoni pilota. Koncepcja spełnia wymagania bezpieczeństwa, prostoty i niezawodności konstrukcji. Umożliwia to operatorowi wykonanie wielu czynności, bez oderwania uwagi, zapewniając przy tym utrzymanie w pełni lotu kontrolowanego [8].

Główny nacisk przy konstruowaniu foteli kładzie się na zwiększenie poziomu bezpieczeństwa, funkcjonalności oraz wygody operatora. Poważnym problemem w ergonomii siedzisk jest ewentualny brak dostępu do niektórych urządzeń przy zapiętych pasach bezpieczeństwa. Dynamiczny rozwój konstrukcji foteli można zauważyć głównie przy zastosowaniach w śmigłowcach bojowych. Zmniejszono tam siły oddziałujące na operatora podczas uderzenia o ziemię, przez zastosowanie warstw tłumiących w siedziskach, np. auksetycznych pianek poliuretanowych. Materiały auksetyczne przewyższają właściwościami konwencjonalne materiały piankowe. Posiadają lepsze zdolności absorpcji i dyssypacji energii, odporności na ścinanie i pękanie przy uderzeniu oraz zmniejszają ryzyko rozprzestrzenienia się uszkodzenia w materiale. W nowych konstrukcjach najczęściej spotykane jest wyposażenie statku powietrznego w fotele zbliżone swymi właściwościami do katapultowych [2].



Rys. 1. Schemat opancerzenia załogi śmigłowca bojowego Mi-17.  
Źródło: Opracowanie własne na podstawie

Kabina załogi jest jednym z najbardziej wrażliwych elementów kadłuba w trakcie walki. Zranienie lub śmierć pilota stanowi główny powód strat bojowych. W celu minimalizacji potencjalnych strat podjęto decyzję o zastosowaniu środków ochrony indywidualnej każdego członka załogi przed ogniem z przodu, dołu oraz z boku. Rysunek 1 ukazuje udoskonaloną konstrukcję śmigłowca Mi-17 pod względem ochrony kabiny załogi. Zakreślone pole na rysunku pokazuje miejsca gdzie zastosowano przegrody (panele) pancerne, a wykorzystany materiał to osnowy boru oraz plastikowe ekrany.

### 3. ANALIZA KONCEPCJI ARCHITEKTURY KABINY ZAŁOGI WYBRANYCH ŚMIGŁOWCÓW MILA

Kabina załogi śmigłowca SM-1 (Rys. 2) przeznaczona jest dla jednej osoby. W przypadku wersji szkoleniowych urządzenia sterownicze zostały zdublowane. Za plecami pilota mieści się przedział dla pasażerów w formie kanapy dla dwóch osób. Kabina została oszklona w sposób umożliwiający widoczność do przodu, w dół, na boki oraz częściowo do tyłu dzięki zastosowaniu wypukłych szyb w kolejnych modyfikacjach śmigłowca. Rozwiązanie zastosowania szyb wystających poza obrys pokrycia stosowane jest też w nowszych konstrukcjach śmigłowcowych. Miejsce pilota znajduje się w osi symetrii śmigłowca SM-1, przed którym mieści się tablica przyrządów oraz drążek sterowania skokiem okresowym. Na lewo od miejsca operatora umieszczona jest dźwignia sterowania skokiem ogólnym, a na prawo dźwignia sprzęgła transmisji oraz hamowania. W dolnej części kabiny załogi umieszczona jest sterownica nożna [3].

Kabina załogi śmigłowca Mi-2 (Rys. 3) została zaprojektowana również, jak w poprzednim typie, dla jednoosobowej załogi, z możliwością zmiany rodzaju sterowania na podwójne, w celu odbywania szkoleń pilotów. W kabinie załogi tablica przyrządów znajduje się przed pilotem. Pulpity elektryczne zlokalizowane są nad głową operatora i składają się z dwóch tabliczek oraz trzech tablic. Rozmieszczenie urządzeń sterowniczych odpowiednio: z lewej strony dźwignia skoku ogólnego, przed pilotem drążek skoku okresowego oraz w części dolnej znajduje się sterownica nożna. Należy zauważyć, że takie ustawienie elementów sterowniczych stosuje się we wszystkich śmigłowcach Mila [4].



Architektura wnętr śmigłowców SM-1 i Mi-2 niewiele się od siebie różni w zakresie samej koncepcji zagospodarowania. Różnice wynikają ze wzbogacenia śmigłowca Mi-2 w dodatkowe tablice i pulpity elektryczne, umożliwiające wykonywanie dodatkowych czynności w zależności od przeznaczenia operacyjnego śmigłowca.

Śmigłowiec Mi-17 stanowi rozwojową wersję śmigłowca Mi-8 ze zmienionym zespołem napędowym, systemem elektrycznym oraz zmienioną kabiną załogi. Podobnie jak Mi-8 w kabine załogi mieści się dwóch pilotów oraz technik pokładowy (Rys. 4). Wybrana przez konstruktora wersja jest po dodatkowej modyfikacji w odniesieniu do początkowej wersji Mi-17, z zastosowaniem wyświetlaczy ciekłokrystalicznych, tzw. glass cockpitów [10, 15].



Rys. 2. Kabina załogi śmigłowca SM-1. Źródło: [3]



Rys. 3. Kabina załogi śmigłowca Mi-2. Źródło: Internet



Rys. 4. Kabina załogi śmigłowca Mi-17. Źródło: Internet



Rys. 5. Kabina załogi śmigłowca Kazan Ansat. Źródło: Internet

W śmigłowcu Mi-17 wszystkie niezbędne panele położone są odpowiednio w zasięgu działania pilotów oraz ich pola widzenia, symetrycznie względem osi podłużnej śmigłowca. Pulpity elektryczne znajdują się nad głowami załogi i składają się z siedmiu tablic głównych i dwóch tabliczek. Wyposażenie kabiny zostało rozmieszczone na tablicy przyrządów, konsoli sufitowej i panelu centralnym.

Śmigłowiec Kazan Ansatz (Rys. 5) przeznaczony jest dla załogi dwuosobowej. Ze względu na większą automatyzację procesu sterowania śmigłowcem zrezygnowano z funkcji technika pokładowego likwidując przeznaczone dla niego miejsce pracy oraz odpowiednio przyrządy i wskaźniki z których korzystał. Konsola sufitowa umieszczona jest nad głowami pilotów w środkowej części kokpitu. Tablica przyrządów znajduje się przed pilotami, zamontowana jest wraz z pulpitem środkowym na wspólnej podstawie. W śmigłowcu zastosowano już ekrany wielofunkcyjne oraz rezerwowe przyrządy pilotażowo-nawigacyjne (analogowe). Wskaźniki pulpitów posiadają integralne białe oświetlenie. Pulpit środkowy wyposażony został w urządzenia radiowe oraz odpowiednie instalacje i przyłącza [12].

Zasadniczą różnicą między kabinami śmigłowców Mi-17 i Kazan Ansatz jest ilość tablic i tabliczek elektrycznych oraz przyrządów. W Kazan Ansatz napływ informacji został ograniczony do niezbędnego minimum. Dodatkowym atutem kabiny załogi Kazan Ansatz jest zastosowanie rezerwowych przyrządów analogowych. W przypadku awarii ekranów wielofunkcyjnych, przyrządy analogowe umożliwiają kontynuację lotu bez widzialności.

W kabinie załogi fotele muszą być wyposażone w pasy bezpieczeństwa, które składają się z pasów biodrowych oraz plecowych. Pozycję siedziska można regulować w poziomie i pionie oraz poprzez zmianę kąta ustawienia oparcia. W niektórych typach śmigłowców Mila można spotkać się z fotelami techników pokładowych. Umiejscowione są między siedzeniami pilotów, bądź w wejściu między kabiną załogi, a pasażerską (ładunkową), zwykle pod postacią składanych siedzisk z odejmowaną poduszką, gdzie pozostała wnęka służy do pomieszczenia spadochronu siedzeniowego. Podobne rozwiązanie na pomieszczenie spadochronu realizowane jest w fotelach pilotów [6].

Fotele pilota śmigłowców SM-1 i Mi-2 wyposażone są w podobny sposób. Pasy bezpieczeństwa przymocowane są do oparcia. Ponieważ są to statyczne pasy, przed wylotem pilot musi ustawić ich naciąg, aby utrzymały jego stabilną pozycję podczas wykonywania zadania. Takie rozwiązanie powoduje ograniczenia w operowaniu przez pilota niektórymi włącznikami takimi jak: wycieraczki, czy ustawienie reflektorów. Fotele pilotów Mi-17 i Kazan Ansatz wyposażone są w pasy lędźwiowe i piersiowe. Spinane są centralnym zamkiem i regulowane ręcznie z automatycznym naciągiem. Umożliwiają pilotom uruchamianie urządzeń nie znajdujących się w zasięgu ich rąk.

#### 4. ORGANY STEROWANIA ŚMIGŁOWCAMI MILA

Do głównych organów układu sterowania śmigłowcem należy zaliczyć:

- drążek sterowy;
- dźwignię skoku ogólnego;
- sterownicę nożną.

Drążek sterowy zabudowano w podłodze kabiny, przed siedzeniem pilota (pilotów). W celu ułatwienia wsiadania i wysiadania z kabiny pilota został specjalnie wygięty do przodu. Rękojeść drążka skoku okresowego jest specjalnie wyprofilowana do prawej dłoni. Poniżej rękojeści drążka została umieszczona dźwignia hamulców kół.

Dźwignia skoku ogólnego obsługiwana jest lewą ręką pilota. Dowolne położenie dźwigni utrzymywane jest za pomocą hamulca, a przycisk na rękojeści umożliwia jego zwolnienie. Korektę obrotów silnika umożliwia pokrętko na osi uchwytu dźwigni.

Ponadto rękojeść dźwigni zarówno skoku okresowego jak i ogólnego zawiera dodatkowe elementy, takie jak przyciski, przełączniki oraz joysticki. Umożliwiają one pilotowi wykonywanie

wielu czynności, między innymi: sterowanie reflektorem, uzbrojeniem, radiostacją, anteną radaru, itp. bez konieczności odrywania od danego uchwytu rąk. Ma to niebagatelne znaczenie dla bezpieczeństwa lotów, w szczególności podczas wykonywania manewrów takich jak: lądowanie, start oraz manewrowanie nad ziemią.

Sterownica nożna, inaczej zwana orczykiem jest dwuramienną dźwignią zaopatrzoną w pedały sterowania skokiem śmigła ogonowego.

Dźwignie sterowe śmigłowców Mi-2, Mi-17 oraz Kazan Ansat wzbogacono w dodatkowe przyciski różnego przeznaczenia m.in.: przyciski przełączania telefonu pokładowego oraz wyłączania autopilota. Dzięki takiemu rozwiązaniu podczas sterowania pilot nie musi odwracać uwagi w celu wyszukania danego przełącznika, realizacja czynności sterującej odbywa się bez odrywania rąk. Usprawnia to pracę operatorom i zwiększa bezpieczeństwo lotów [13, 14, 15].

Dźwignie „skoku – mocy” w śmigłowcach Mi-2, Mi-17, Kazan Ansat rozbudowano o dodatkowe przełączniki oraz przyciski. Wynika to z faktu, iż zdarzały się przypadki kiedy pilot musiał odwrócić uwagę, aby przełączyć bądź ustawić działanie urządzenia w najbardziej niebezpiecznych fazach lotu (lądowania, zawisu). W zależności od zadaniowości śmigłowca dźwignia wzbogacona jest w przyciski takie jak: sterowanie reflektorami, zrzutu ładunku, hamulca dźwigni, zmiany prędkości obrotowej, utrzymania pozycji dźwigni skoku okresowego. Zastosowanie to odciążało uwagę pilota, umożliwiło bezpieczne wykonanie wielu czynności bez odrywania rąk podczas lotu.

W śmigłowcu SM-1 zmiana mocy musiała być pod ciągłą kontrolą sterującego. Sprawiało to w szczególności kłopot dla pilotów z małą praktyką. Z drugiej strony, piloci biegle użytkujący ten śmigłowiec uzyskiwali znakomite osiągi, wygrywając wiele prestiżowych konkursów. W śmigłowcu Mi-2 sterowanie mocą silników w trybie awaryjnym może odbywać się za pomocą dźwigni rozdzielnego sterowania, które znajdują się z lewej strony pilota. W śmigłowcach Mi-17 (w wersji zmodyfikowanej) oraz Kazan Ansat dźwignie oddzielnego sterowania silnikami używane są tylko w trybie awaryjnym, ponieważ podawanie mocy sterowane jest za pomocą komputera.

Sterownica nożna znajduje się we wszystkich przedstawionych śmigłowcach standardowo pod nogami pilota. Różnice wyczuwalne są przy sterowaniu, a wynikają ze specyfiki działania. Zależy to od zastosowanego układu mechanicznego, hydraulicznego z ewentualnym wykorzystaniem booster'ów, czy elektronicznego przekazywania sygnałów sterowania.

## 5. TABLICE PRZYRZĄDÓW W ŚMIGŁOWCACH MILA

Znaczenie poszczególnych układów grup przyrządów pokładowych oraz ich elementów zależy od fazy lotu w danej chwili oraz wykonywanego zadania. Pod względem zastosowania przyrządy pokładowe można podzielić na:

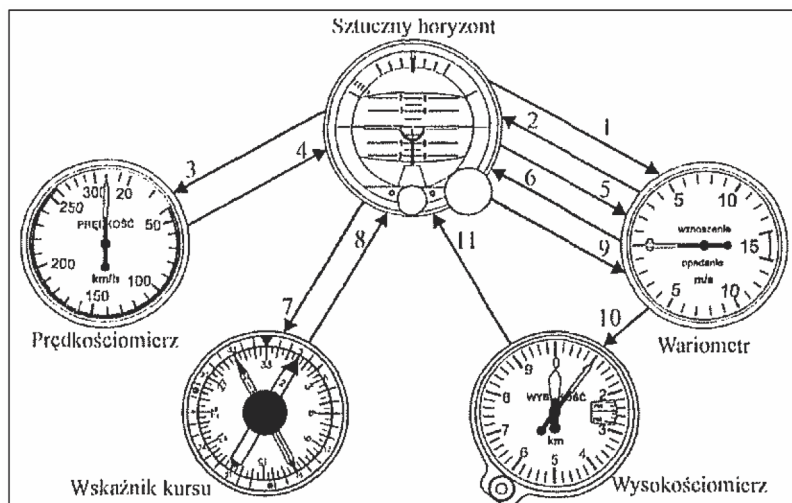
- pilotażowe – kontroli położenia oraz zmiany położenia statku powietrznego w przestrzeni;
- nawigacyjne – w celu określenia pozycji geograficznej statku powietrznego;
- kontroli zespołu napędowego – w celu utrzymania prawidłowej oraz ekonomicznej pracy zespołu napędowego;
- płatowcowe – kontroli stanu pracy poszczególnych urządzeń i instalacji [8].

Pilot podczas wykonywania zadania zwraca głównie uwagę na informacje mające bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo lotu oraz warunkujące realizację zamierzonego celu.



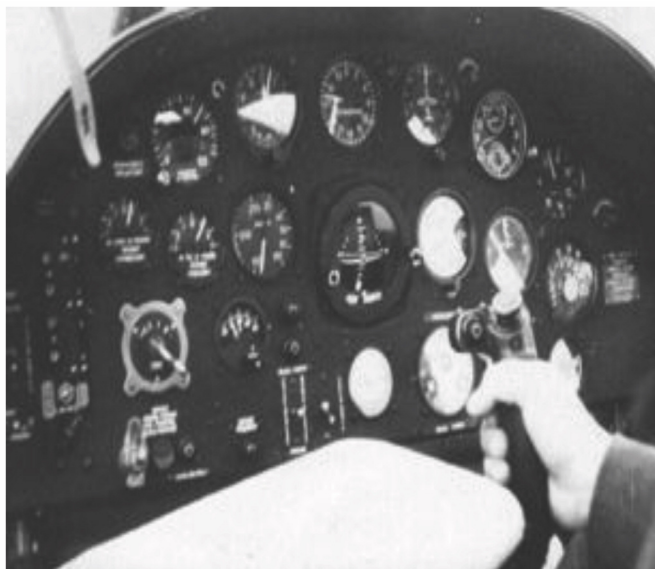
Dlatego przyrządy kontrolowane przez pilota najczęściej znajdują się w centralnej części tablicy [2].

Poniżej przedstawiono schemat (Rys. 6) obrazujący kolejność obserwacji danych wskaźników.



Rys. 6. Kolejność podziału uwagi głównych przyrządów pilotażowo-nawigacyjnych. Źródło: [8]

Przyrządy takie jak: sztuczny horyzont, wariometr, prędkościomierz, wskaźnik kursu oraz wysokościomierz, umożliwiają zobrazowanie stanu położenia przestrzennego statku powietrznego. Dzięki nim pilot wie, jakie powinien wykonać czynności w przypadku zachowania parametrów lotu oraz ich zmiany. Dlatego rozmieszczenie danych wskaźników jest ustalane pod operatora, aby mógł z nich korzystać z minimalnym wkładem wysiłku.



Rys. 7. Tablica przyrządów pokładowych śmigłowca SM-1. Źródło: [3]



Rys. 8. Tablica przyrządów pokładowych śmigłowca Mi-2. Źródło: Internet



Rys. 9. Tablica przyrządów pokładowych śmigłowca Mi-17. Źródło: Internet



Rys. 10. Tablica przyrządów pokładowych śmigłowca Kazan Ansat. Źródło: Internet

Tablica przyrządów śmigłowca SM-1 (Rys. 7), jak i Mi-2 (Rys. 8) była w pełni zagospodarowana tradycyjnymi wskaźnikami analogowymi. Wyposażenie śmigłowca Mi-2 wzbogacono dodatkowo w lampki sygnalizacyjne i przełączniki. Piloci podczas lotu bazowali na przyrządach pilotażowych, nawigacyjnych oraz kontroli zespołu napędowego. Zasadniczą zaletą wskaźników analogowych jest możliwość wnioskowania trendu zmian podczas kontroli wskazań przyrządu.

Przedstawiona wersja kabiny załogi śmigłowca Mi-17 (Rys. 9) została wybrana spośród wielu modyfikacji, w której przyrządy analogowe w pełni zastąpiono elektronicznymi wskaźnikami. Tablica pokładowa śmigłowca Mi-17 składa się z podwójnego elektronicznego systemu pilotażowego, nawigacyjnego oraz kontroli parametrów pracy zespołu napędowego FADEC (z ang. Full Authority Digital Engine Control) [14]. Zastosowanie układu nadzoru stanu płatowca i silników zastąpiło funkcję technika pokładowego, ograniczając skład załogi do dwóch pilotów. Wpłynęło to pozytywnie na niezakłóconą komunikację pomiędzy członkami załogi, klarowny podział czynności oraz zminimalizowało prawdopodobieństwo przypadkowego włączenia/wyłączenia losowego urządzenia, zagrażającymi bezpieczeństwu lotu.

Tablica przyrządów śmigłowca Kazan Ansat (Rys. 10) po modyfikacji posiada wskaźniki mieszane. Zastosowano połączenie przyrządów analogowych oraz elektronicznych. W modernizacji śmigłowca zachowano niezbędne analogowe przyrządy pilotażowo-nawigacyjne, minimalizując okres adaptacji operatora w nowym, usprawnionym śmigłowcu. Równolegle pilot został odciążony od przetwarzania i analizowania informacji związanych z pracą instalacji i układów zespołu napędowego dzięki zastosowaniu systemu FADEC. Kontroluje stany silników, gwarantując ich najefektywniejszą pracę, odpowiednio do warunków. Dane te zobrazowane są na ekranach wielofunkcyjnych. W przypadku wystąpienia awarii urządzeń elektronicznych pilot jest w stanie kontynuować lot wykorzystując przyrządy analogowe.

## 6. WNIOSKI KOŃCOWE

Pilot podczas szkolenia na śmigłowcu ma za zadanie nauczyć się, m.in. podstawowych reakcji na zmiany jakie zachodzą w czasie lotu. Obycie w odczycie danych z przyrządów wpływa korzystnie na jakość realizacji zadania i jego bezpieczeństwo. Operowanie statkiem powietrznym odbywa się w skrajnie różnych warunkach wynikających z treści realizowanego zadania oraz czynników zewnętrznych. Zasadnicze zagospodarowanie kabiny załogi w sposób ergonomiczny minimalizuje obciążenie pilota, podnosi komfort pracy oraz ogranicza prawdopodobieństwo błędnego odczytu wskazań przyrządów.

W pierwszych statkach powietrznych loty odbywały się jedynie z widzialnością ziemi, na podstawie odczuć własnych pilota, który przez obserwację przestrzeni analizował zachowania statku powietrznego i podejmował właściwe działania sterujące. Wraz z rozwojem techniki i wymagań systemów sterowania w kabinie załogi pojawiły się oddzielne przyrządy pomiarowe wskazujące odpowiednio: parametry lotu oraz stany zespołu napędowego (prędkość obrotową, temperatura i ciśnienie oleju). Następnie wzbogacono wyposażenie statku powietrznego w przyrządy żyroskopowe, takie jak: zakrętomierz, sztuczny horyzont, żyroskopowy wskaźnik kursu oraz busolę żyromagnetyczną.

Ulepszenie możliwości operacyjnych śmigłowców wymagało zróżnicowania wyposażenia pokładowego, które miało wspomóc pilota w szybkim i pewnym podejmowaniu czynności podczas wykonywania kolejnego zadania. W rezultacie, operator został obciążony odbiorem i analizą dużej ilości istotnych informacji, na podstawie których musiał wykonywać właściwe działania. Na skutek zbyt dużego przepływu informacji, zaszła potrzeba zautomatyzowania procesu sterowania. Kolejnym krokiem było wdrożenie do użytkowania w kabinie załogi autopilota, automatycznych lub półautomatycznych układów nawigacyjnych i kierowania ogniem.

Wnętrza kabin załogi śmigłowców konstrukcji biura Michaiła Mila zorganizowane są według podobnego schematu funkcjonalnego. Tablica przyrządów znajduje się przed pilotem/pilotami, a dodatkowe tablice, tabliczki, pulpity elektryczne znajdują się nad ich głowami. Ilość pulpity i paneli wynika z rozwoju technologii oraz przeznaczenia śmigłowca, a także konieczności kontroli jego instalacji i zespołów.

Organy sterowania śmigłowców tej rodziny są umiejscowione według jednego powszechnego standardu, podobnie jak w innych typach śmigłowców w tym układzie aerodynamicznym: drążek skoku okresowego znajduje się przed pilotem, dźwignia „skoku mocy” z lewej strony, sterownica nożna pod nogami operatora. Dźwignie śmigłowców Mi-2, Mi-17 oraz Kazan Ansat wyposażono w dodatkowe przyciski funkcjonalne. Zaczęto stosować koncepcję nie zdejmowania rąk z drążka sterowego i dźwigni skoku ogólnego, co zapewnia ciągłość w bezpiecznym sterowaniu.

Wyposażenie pierwszych tablic przyrządów pokładowych składało się głównie z prostych wskaźników analogowych (śmigłowce SM-1 i Mi-2). Wraz ze wzrostem możliwości technologicznych i potrzeb zadaniowych statku powietrznego zaczęto stosować coraz więcej przyrządów, a im większy statek powietrzny tym większa komplikacja działania systemów. Piloci byli obciążeni przetworzeniem dużej ilości danych. Możliwość analizy docierających informacji i konieczność wykonania czynności sterujących zniwelowano zwiększeniem liczności członków załogi na większych śmigłowcach. Drugą, skuteczniejszą metodą okazało się zastąpienie analogowych wskaźników elektronicznymi, co umożliwiło pilotom selekcję w wyborze otrzymywanych informacji. W zależności od realizowanego zadania w danym momencie operujący zarządza zobrażowaniem odpowiednich danych na wielofunkcyjnych monitorach. Do zalet wyświetlaczy ciekłokrystalicznych należy zaliczyć również możliwość



wyświetlenia wielu wskaźników na jednym monitorze oraz ustawienie automatycznego trybu zmiany wyświetlanych informacji w odniesieniu do fazy lotu.

Istotną zaletą wdrożonych w konstrukcjach Mila wyświetlaczy ciekłokrystalicznych jest relatywnie wysoki poziom niezawodności, dokładne wskazanie parametrów lotu oraz minimalizacja wpływu czynnika ludzkiego, które może mieć miejsce podczas niewłaściwej kalibracji klasycznych urządzeń, lub złego odczytu danych. Prawdopodobieństwo zawodności przyrządów analogowych w stosunku do elektronicznych jest większe, lecz w przypadku awarii glass cockpit'u pilot narażony będzie na całkowity brak informacji o locie. Dlatego jako racjonalne rozwiązanie należy uznać tu zastosowanie w śmigłowcu Kazan Ansat wskaźników mieszanych oraz rezerwowych. Nie bez wpływu jest również fakt, iż w przeciwieństwie do konstrukcji powstających na zachodzie Europy, technologia wykonania wskaźników ciekłokrystalicznych jest w Rosji o wiele młodsza, a tym samym mniej doskonała. Zostały zachowane przyrządy analogowe-zasadnicze przyrządy pilotażowo-nawigacyjne. Przyrządy kontroli pracy silnika wyświetlane są na monitorach wielofunkcyjnych odciążając pilota od przetwarzania nadmiaru otrzymywanych informacji.

## LITERATURA

- [1] Frątczak, D., 2004, „Wpływ budowy kabiny załogi śmigłowca na bezpieczeństwo lotów,” Praca doktorska, Promotor: Borgoń J., ITWL, Warszawa.
- [2] Gaik, D., 2014, „Tendencje zmian architektury kabiny załogi śmigłowców Mila,” Praca magisterska, Wydział Transportu Politechniki Śląskiej, Promotor: Konieczka R., Katowice.
- [3] Grzegorzewski, J., 1975, *Śmigłowiec Mi-1*, TBiU nr 38, WMON, Warszawa.
- [4] Grzegorzewski, J., 1979, *Śmigłowiec Mi-2*, TBiU nr 60, WMON, Warszawa.
- [5] Grzegorzewski, J., 1984, *Śmigłowiec Mi-8*, TBiU nr 94, WMON, Warszawa.
- [6] Heatley, M., 1990, *Helicopters*, Bison Books, London.
- [7] Morawski, J., 1994, *Gospodarka informacją w układzie pilot-samolot*, RWUPR, Rzeszów-Warszawa.
- [8] Padfield, G. T., 1998, *Dynamika lotu śmigłowców*, WKiŁ, Warszawa.
- [9] Polak, Z., Rypulak, A., 2002, *Awionika, przyrządy i systemy pokładowe*, ITEE, Dęblin.
- [10] Szablewski, K., Jancelewicz, B., Łucjanek, W., 1995, *Wstęp do konstrukcji śmigłowców*, WKiŁ, Warszawa.
- [11] Witkowski, R., 1986, *Budowa i pilotaż śmigłowców*, WKiŁ, Warszawa.
- [12] *Ansat Helicopter Type Specification*, 2005, Kazan Helicopters JSC, Kazan.
- [13] *Instrukcja użytkownika w locie śmigłowca Mi-2*, 2000, WSK „PZL-Świdnik”, Świdnik.
- [14] *Optional Equipment for Mi-17 Family Helicopters*, 2005, Kazan Helicopters JSC, Kazan.
- [15] *Śmigłowiec Mi-2. Opis techniczny. Osprzęt*, 1982, WSK-Świdnik.
- [16] *Śmigłowiec Mi-8. Eksploatacja i obsługa osprzęt*, 1970, MON DWL, Poznań.
- [17] *Śmigłowiec Mi-8. Technika pilotowania*, 1989, DWL, Poznań.
- [18] Polski Komitet Normalizacyjny, 1998, „Wojskowe statki powietrzne, Kabiny załogi lekkich samolotów transportowych szkolno-treningowych i lekkich śmigłowców, Ogólne wymagania ergonomiczne dotyczące układów elementów sterowania,” Polska Norma PN-V-82005.
- [19] Polski Komitet Normalizacyjny, 1998, „Wojskowe statki powietrzne, Kabiny załogi lekkich samolotów transportowych, Ogólne wymagania dotyczące foteli pilotów,” Polska Norma PN-V-82007.
- [20] Polski Komitet Normalizacyjny, 1998, „Wojskowe statki powietrzne, Kabiny załogi samolotów szkolno-treningowych, Geometria kabin, Pozycja pilota na stanowisku pracy i pole widzenia,” Polska Norma PN-V-82014.

## **IMPACT OF MODERNISED AND ERGONOMIC COCKPIT DESIGN ON CREW PERFORMANCE IN SELECTED MILA HELICOPTER STRUKTURES**

### *Abstract*

*The paper is an attempt to make an analysis of changes in helicopter interior solutions of selected Mil helicopters over the years. The object of the research is an analysis of changes in the architecture of utility helicopter cabin and their influence on the operator work environment. In the article equipment included in popular Russian designs among others, the structure and layout of instruments and control devices. The selected rotorcrafts differ respectively every decade in the years of production. Starting the analysis with the first tested design finishing with the latest solutions it was shown how the development of modern technologies has influenced operational possibilities of the helicopter and the change of the crew cabin. The architecture of arranging cabins underwent an evaluation in terms of ergonomic and safety criteria. On the basis of the presented analysis, a new forecast was made of further changes in this line of helicopters taking into account world-wide trends in the field of modernization of helicopters structures.*

*Keywords: helicopter, ergonomy of cabin crew, flight instruments, cockpit.*