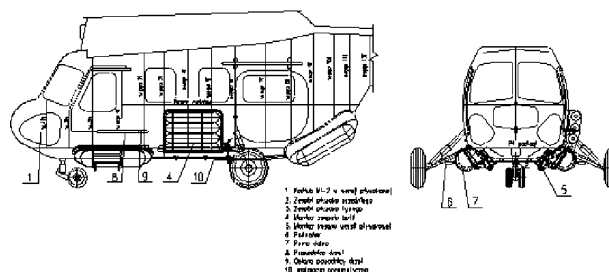


ŚMIGŁOWIEC Mi-2 Z ZABUDOWANYM WYPOSAŻENIEM PŁYWAKOWYM DO LOTÓW NAD AKWENAMI

mgr inż. **Wanda SAWCZUK**
PZL Świdnik S.A.

W artykule omówiono wyposażenie pływakowe do śmigłowca Mi-2. Pływaki zastosowane na śmigłowcu mają na celu zwiększenie bezpieczeństwa lotów nad wodą poprzez możliwość wodowania podczas awarii silników. Cztery pływaki otwierają się jednocześnie po zetknięciu kadłuba z wodą. Zadaniem pływaków jest utrzymanie śmigłowca na wodzie na czas umożliwiający bezpieczne opuszczenie śmigłowca przez załogę i pasażerów. Pływaki w czasie lotu i postoju śmigłowca są zwinięte i osłonięte elastycznymi pokrowcami. W artykule opisano proces konstruowania i dowodzenia spełnienia przepisów zgodności do lotu śmigłowca Mi-2 z zabudowanym wyposażeniem i dopuszczeniu do realizacji procedury awaryjnego wodowania. W skład wyposażenia pływakowego wchodzi cztery pływaki napelniane gazem, zespół butli i tratwa ratunkowa. Ocena zgodności do lotu w przypadku wyposażenia pływakowego obejmowała ocenę wytrzymałości statycznej, ocenę stateczności statycznej i dynamicznej, ocenę poziomu drgań, możliwości ewakuacyjnych załogi i pasażerów oraz ogólną ocenę funkcjonalności zastosowanych rozwiązań. Proces dowodzenia objął takie działania jak: analizy obliczeniowe, próby modelowe, próby statyczne i funkcjonalne oraz próby w locie.

Wyposażenie śmigłowca Mi-2 w pływaki ma na celu zapewnienie bezpieczeństwa lotów nad wodą w sytuacji awaryjnego wodowania. W skład wyposażenia pływakowego wchodzi cztery trzykomorowe pływaki PG-1300 B, zespół butli i tratwa ratunkowa. Zadaniem pływaków jest utrzymanie śmigłowca na wodzie na czas umożliwiający bezpieczne opuszczenie śmigłowca przez załogę i pasażerów. W czasie lotu i postoju śmigłowca pływaki są zwinięte i osłonięte elastycznymi pokrowcami.



Rys. 1. Rozmieszczenie pływaków i zespołu butli na prawej burcie śmigłowca

Tab. 1. Parametry i ograniczenia

Lp.	Nazwa parametru	Parametr	Wartość
1.	Ciężar maksymalny śmigłowca Mi-2	Q [kG]	3550
3.	Prędkość pozioma wg JAR 29.563(a) i wykresu H-V w IUL	V_H [m/s]	0÷11.1
4.	Prędkość pionowa wg JAR 29.563(a)	V_P [m/s]	1.52
5.	Ciąg wirnika wg JAR 29.563(a)	–	2/3 Q
6.	Objętość pływaka	V_{pl} [m ³]	1.33
7.	Siła wyporu pływaka	P [kG]	1330
8.	Maksymalne zanurzenie śmigłowca na podstawie prób modelowych	h_{max} [m]	0.85
9.	Statyczne zanurzenie śmigłowca na podstawie prób modelowych	h_{stat} [m]	0.6
10.	Objętość statycznie zanurzonej bryły kadłuba	V_{stat} [m ³]	3.46
12.	Pole ograniczone chwilową linią wodną przy pływaniu statycznym	S_{stat} [m ²]	7.08
12.	Prędkość wiatru dla stanu morza „4”	V_W [m/s]	8.7÷10.8
13.	Wysokość fali dla stanu morza „4”	H [m]	1.25÷2.5
14.	Kąt pochylenia śmigłowca	θ [deg]	0÷10
15.	Kąt przechylenia śmigłowca	β [deg]	±15



Fot. 1. Zespół pływaka

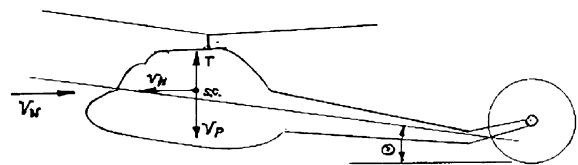
W skład konstrukcji pływaka wchodzi:

- gumowy kołnierz,
- laminatowa gondola,
- stalowe szpilki,

- duralowy keson,
- trzykomorowy pływak,
- zawory nadmiarowe wyregulowane fabrycznie na ciśnienie 0,150,01[at].

Po odpaleniu przez pilota pironaboi pływaki PG-1300 B napełniane są gazem z butli. Odpalenie pironaboi wykonuje się po zetknięciu kadłuba z wodą.

Ocena zdolności do lotu śmigłowca Mi-2 z wyposażeniem pływakowym obejmowała zagadnienia: wytrzymałości statycznej, stateczności statycznej i dynamicznej, możliwości ewakuacyjnych załogi i pasażerów oraz funkcjonalności zastosowanych rozwiązań. Dla wykazania spełnienia przepisów lotniczych wykonano analizy obliczeniowe, próby modelowe, próby statyczne, próby funkcjonalne oraz próby w locie.



Zgodnie z wymaganiami przepisów FAR-29 29.801(e) z poprawką 26 włącznie wyznaczono obciążenia działające na kadłub i pływaki podczas awaryjnego wodowania.

Po zetknięciu śmigłowca z wodą na śmigłowiec działają siły:

- ciężar śmigłowca Q
- ciąg wirnika nośnego $T = 2/3 Q$
- reakcja wody od:
 - wyporu hydrostatycznego
 - $P_{w_{stat}} = V \cdot r$
 - wyporu hydrodynamicznego
 - $P_{w_{dyn}} = 0.5 \cdot V_p^2 \cdot S \cdot c_w$
 - oporu hydrodynamicznego
 - $P_{o_{dyn}} = 0.5 r \cdot (V_H - V_W)^2 \cdot S \cdot c_o$

gdzie:

c_w, c_o współczynniki siły wyporu i oporu

Obciążenia wyznaczono dla dwóch faz wodowania awaryjnego:

- Uderzenie kadłuba śmigłowca o wodę przy zwiniętych pływakach
 - lądowanie pionowe, głębokość zanurzenia $h = 0.2$ [m],
 - lądowanie z prędkością poziomą, głębokość zanurzenia $h = 0.2$ [m],
 - maksymalne zanurzenie $h = 0.6$ [m], V.
- Napełnienie pływaków pod wodą i pływanie śmigłowca na wodzie
 - pionowe całkowite zanurzenie pływaka,
 - pływanie z przechyłami bocznymi,
 - pływanie z pochyłem wzdłużnym, pochylenie śmigłowca do przodu lub do tyłu.

Dodatkowo rozważone zostały sytuacje:

- Ewakuacji załogi i pasażerów.
- Przypadkowego napełnienia pływaków w czasie lotu.
- Lądowania w terenie śmigłowca z napełnionymi pływakami.

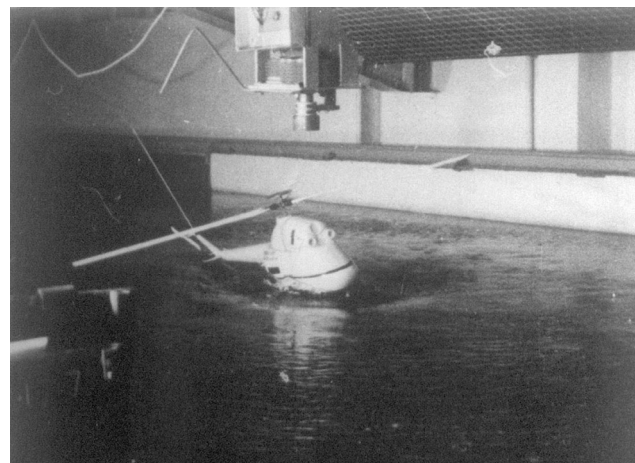
- Stateczności na wodzie śmigłowca z jedną uszkodzoną komorą pływaka.

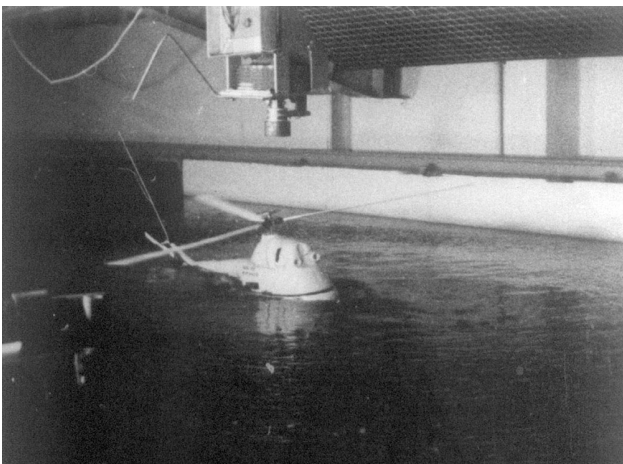
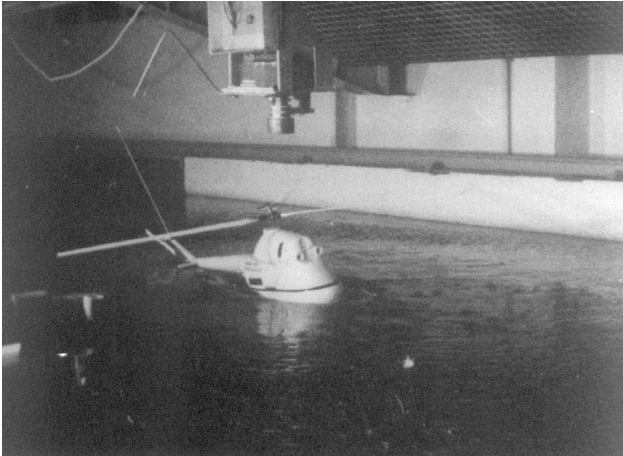
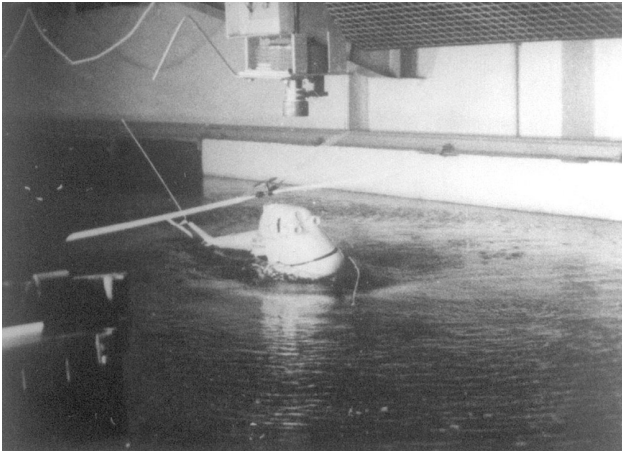
PRÓBY MODELOWE I OBCIĄŻENIA

Próby modelowe wykonano dla ustalenia parametrów awaryjnego wodowania i stateczności śmigłowca na fali z napełnionymi pływakami.



Fot. 2-3. Stateczność śmigłowca z napełnionymi pływakami na fali, stateczność śmigłowca z uszkodzoną jedną komorą pływaka (pływaki dwukomorowe)



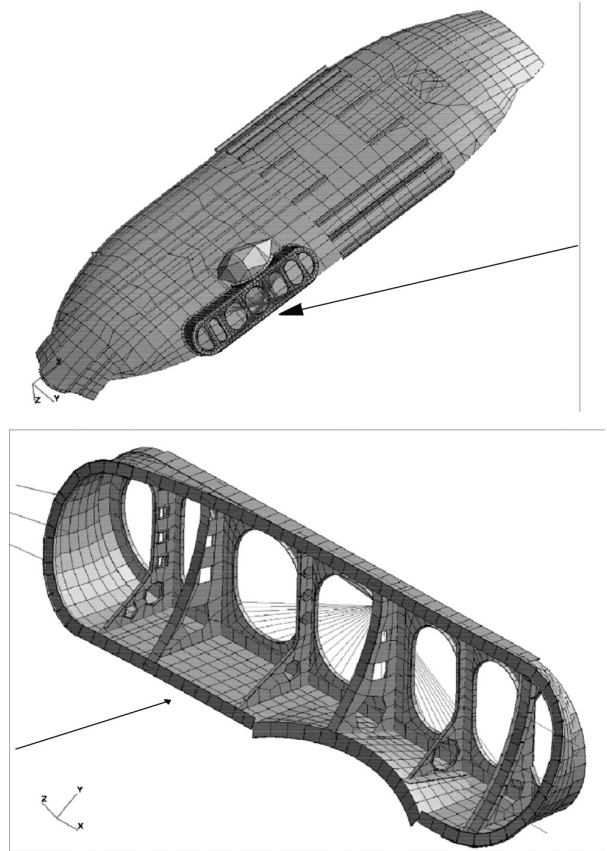


Fot. 4-7. Ocena parametrów wodowania śmigłowca

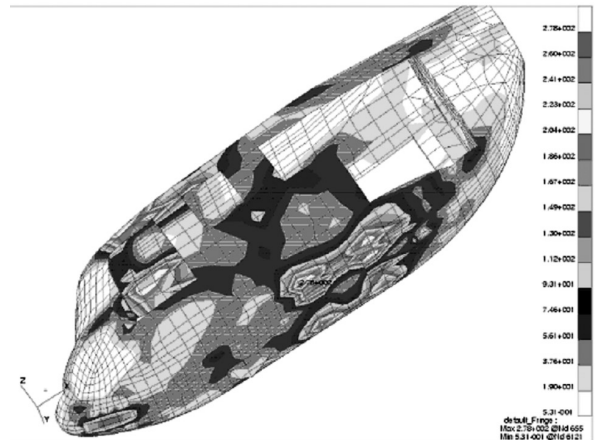
OBLICZENIA

Dla wyznaczonych obciążeń wykonano analizy wytrzymałości statycznej struktury kadłuba, kołnierza pływaka, węzłów mocowania pływaka do kadłuba oraz stopnia pilotów pracującego jako opora dla napełnionego pływaka.

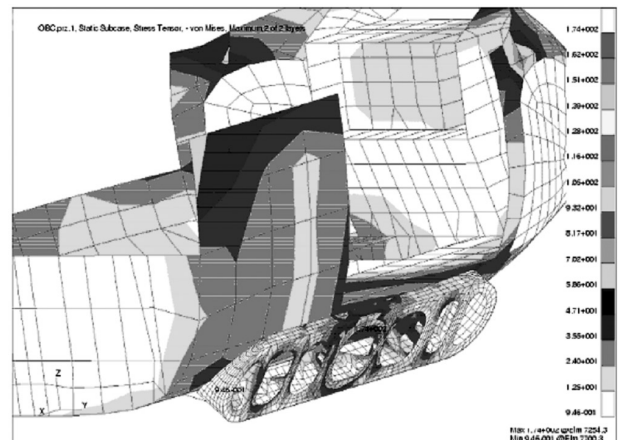
Analizy wytrzymałościowe wykonano metodą elementów skończonych w systemie Ansys i MSC/Nastran. Weryfikacją obliczeń były próby statyczne kadłuba i próby statyczne węzłów mocowania pływaków na śmigłowcu Kania. Struktura kadłuba oraz węzły mocowania pływaków śmigłowców Kania i Mi-2 są identyczne prawie w 100%.



Rys. 2. Widok modelu kesonu przedniego prawego i jego mocowania na kadłubie Mi-2



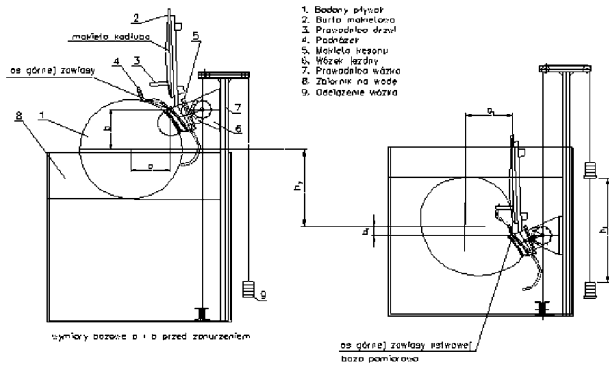
Przypadek nr 2 „Wodowanie z prędkością poziomą”



Przypadek nr 1 „Obciążenie pływaka”
Rys. 3. Rozkład naprężeń w strukturze kadłuba Mi-2

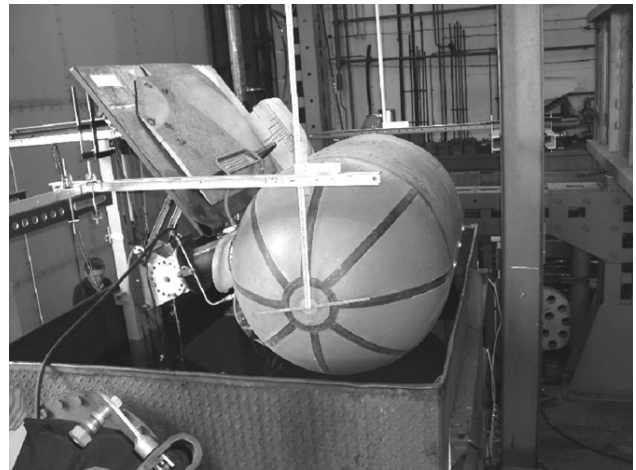
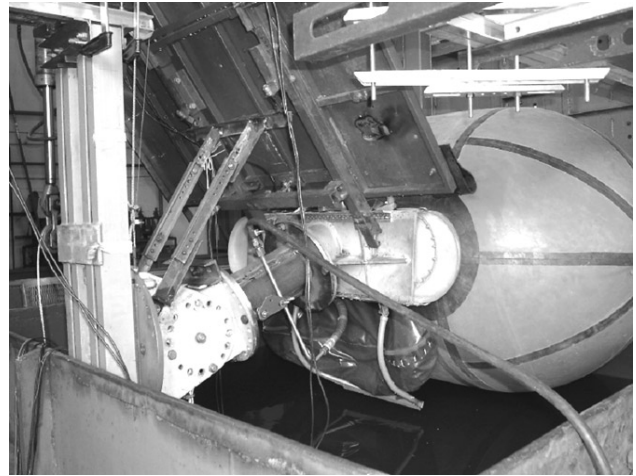
PRÓBY STATYCZNE

Próby zanurzenia pływaka PG-1300B



Rys. 4. Schemat stoiska do próby pływaka PG-1300B

Badano wytrzymałość pływaka i jego mocowania dla poniższych przypadków obciążenia wynikających z geometrii mocowania pływaków na kadłubie śmigłowca Mi-2 oraz położenia kadłuba na fali dla stanów morza „4”:



Fot. 8+11. Próby węzłów kadłubowych mocowania pływaka PG-1300B



PRÓBY FUNKCJONALNE I W LOCIE

1. Na śmigłowcu stojącym na podwoziu z zabudowanym wyposażeniem pływakowym oceniono pozytywnie:
 - możliwość i dogodność wykonywania prac obsługowych wyposażenia pływakowego oraz innych wykonywanych prac obsługowych śmigłowca ze względu na zamontowane wyposażenie pływakowe,
 - wygodę wchodzenia i wychodzenia ze śmigłowca,
 - możliwość kontroli ciśnienia w zespole butli i zabezpieczeń pirogłowicy przed lotem,
 - poprawność zabezpieczenia pływaków pokrowcami,
 - poprawność umiejscowienia, oznakowania i zabezpieczenia przed przypadkowym użyciem przycisków zabudowanych na sterownicy skok-moc służących do odpalenia pironabojów.
2. Potwierdzono w próbie napełniania pływaków podczas lotu poziomego na wysokości $H_{STD} = 500$ m z prędkością V_H , że pływaki napełniają się równomiernie i jednocześnie w czasie 7 s.



Fot. 12. Widok śmigłowca w locie z napelnionymi pływakami

3. Oceniono położenia pływaków względem kadłuba śmigłowca

- Brak możliwości otwarcia prawych przednich drzwi, ponieważ stopień dociskany pływakiem blokuje je. Istnieje możliwość zrzutu awaryjnego.
- Lewych przednich drzwi nie można przesunąć całkowicie w pozycję otwartą ze względu na docisk stopnia do ich płaszczyzny przez napelniony pływak. Drzwi można zrzucić awaryjnie.
- Drzwi tylne kabiny pasażerów są blokowane przez napelniony pływak. Nie mają zrzutu awaryjnego.
- Napelnione pływaki nie wchodzą w kontakt z ostrymi elementami płatowca oraz nie utrudniają ewakuacji pasażerów i załogi przez przednie drzwi po ich zrzuceniu awaryjnym oraz przez zdejmowalną szybę na prawej burcie śmigłowca.
- Lądowanie śmigłowcem na lądzie z napelnionymi pływakami w wyniku przypadkowego napelnienia w locie wymagać będzie ich opróżnienia w zawisie z pomocą personelu naziemnego.



Fot. 13, 14. Śmigłowiec z napelnionymi pływakami, widok z przodu i z tyłu

4. Oceniono możliwości ewakuacyjne. Ewakuację realizowano dla dwóch wariantów wyposażenia kabiny śmigłowca tj. z wyposażeniem sanitarnym oraz z wyposażeniem pasażerskim.

A/ Wersja pasażerska: 9 osób w kamizelkach ratunkowych, które opuszczają śmigłowiec przez lewe przednie drzwi oraz przez zdejmowalną szybę na prawej burcie śmigłowca. Łączny czas ewakuacji wyniósł 45 s.

B/ Wersja sanitarna: 7 osób w tym 2 osoby na noszach. Ewakuację realizowano przez prawe przednie drzwi oraz przez zdejmowalną szybę na prawej burcie śmigłowca. Łączny czas ewakuacji wyniósł 90s.

5. Oceniono następujące parametry śmigłowca w próbach w locie

- biegunową prędkość w locie jednosilnikowym,
- stateczność statyczną podłużną z pływakami zwiniętymi,
- stateczność statyczną kierunkową z pływakami zwiniętymi,
- sterowność i manewrowość oraz zapasy sterowania śmigłowca,
- stateczność dynamiczną ze sterownicami trzymanymi,

oraz wykonano:

- określenie krzywej mocy niezbędnej do lotu poziomego oraz kilometrowego i godzinowego zużycia paliwa,
- pomiary drgań dla lotów z zwiniętymi i napelnionymi pływakami.

Nie stwierdzono powiększania się objętości pływaków pod wpływem zmniejszenia się ciśnienia atmosferycznego w locie na pułap.

Poziomy drgań (III-cia harmoniczna WN) pod fotelem lewego pilota w locie śmigłowca z pływakami nie napelnionymi jak i w locie z pływakami napelnionymi w zakresie przebadanej prędkości są zbliżone i nie odbiegają od poziomu drgań podłogi na śmigłowcu Mi-2 nie wyposażonego w pływaki.

Śmigłowiec z napelnionymi pływakami nie odbiega w zachowaniu się od śmigłowca bez pływaków w zakresie sterowności.

Podczas niezamierzonego napelnienia pływaków w locie z $V_H = 160$ km/h (czas napelniania wynosi 7 s) zauważalne jest pochylenie śmigłowca do dołu. W locie z prędkością powyżej 160 km/h wyczuwalne jest „trzepotanie” tylnych pływaków.

PODSUMOWANIE

Mocowanie pływaków i pokrowców nie budzi zastrzeżeń. Pilotażowo śmigłowiec z zabudowanymi pływakami zachowuje się poprawnie w całym zakresie prędkości i wysokości dopuszczalnych w IUL.

THE MI-2 HELICOPTER WITH BUILT-IN FLOATING EQUIPMENT FOR FLIGHTS OVER WATER

Summary

In the article, the floating equipment for the Mi-2 helicopter is discussed. The floats applied on the helicopter have as their aim the increase in safety of flights over water through the possibility of landing on water during an engine failure. Four floats are opened at the same time after contact of the fuselage with water. The purpose of the floats is to keep the helicopter floating for a time sufficient to enable the crew and passengers to evacuate the helicopter. The floats are folded and covered by elastic protective covers during flight and while on ground. The process of construction and confirmation of fulfillment of the airworthiness regulations for the Mi-2 helicopter with fitted equipment, as well as the realization of the procedure of emergency landing on water, is described in the article. The float equipment is made up of four floats filled with gas, a set of bottles and life rafts. The assessment of suitability to flight in the case of float equipment included evaluations of static strength, static and dynamic stability, the levels of vibration, the ability to evacuate the passengers and flight crew, as well as a general assessment of the functionality of the applied solutions. The process of confirmation also included processes such as numerical calculations, tests on models, static and functionality tests as well as in-flight tests.

ВЕРТОЛЁТ МИ-2 С ВСТРОЕННЫМ ПОПЛАВКОВЫМ СНАРЯЖЕНИЕМ ДЛЯ ПОЛЁТОВ НАД ВОДОЙ

Резюме

В статье показано поплавковое снаряжение для вертолётa Ми-2. Поплавки применены на вертолётe с целью повышения безопасности полётов над водой – они дают возможность сесть на воде в случае аварии двигателей. Четыре поплавка открываются одновременно после того как фюзеляж вертолётa коснётся воды. Задача поплавков – удержать вертолёт на плаву на время которое позволит экипажу и пассажирам безопасно покинуть вертолёт. Во время полётa и на стоянке поплавки свёрнуты и прикрыты эластичными чехлами. В статье описывается процесс конструирования и подтверждения лётной годности вертолётa Ми-2 с встроенным поплавковым снаряжением и допущения до реализации процедуры аварийной посадки на воде. В состав поплавкового снаряжения входят четыре поплавка наполняемые газом, комплект газовых баллонов и спасательные плоты. Оценка лётной годности в случае поплавкового снаряжения включала оценку статической и динамической прочности, оценку уровня вибраций, оценку возможности эвакуации для экипажа и пассажиров и общую оценку функциональности применённых решений. Процесс подтверждения включал такие действия как: расчётные анализы, тесты на модели, статические и функциональные тесты и испытания в полётe.