УДК 629.7.05:681.3.

Є. Р. Бердніков

ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗАСОБІВ ВІДОБРАЖЕННЯ ПОЛЬОТНОЇ ІНФОРМАЦІЇЇ БАГАТОЦІЛЬОВИХ ЛІТАКІВ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ З УРАХУВАННЯМ СУЧАСНИХ ВИМОГ ДО БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ

Анотація. *Розглянуто проблему забезпечення безпеки польотів та бойової ефективності багатоцільових літаків Повітряних Сил Збройних Сил України в умовах сучасних бойових дій, що характеризуються інтенсивною радіоелектронною протидією, активним застосуванням засобів протиповітряної оборони (ППО) та польотами на гранично малих висотах. Показано, що вирішальним фактором успішного виконання бойового завдання є високий рівень ситуаційної обізнаності льотчика, який формується засобами відображення польотної інформації (ЗВПІ). Проаналізовано класичне компонування кабін вітчизняних літаків типу МиГ-29 та Су-27 на основі стрілочно-вказівних приладів і встановлено, що розрізненість індикаторів, пряме відображення виміряних параметрів та відсутність єдиного інтегрованого поля зумовлюють надмірне когнітивне навантаження пілота, особливо в умовах інтенсивного маневрування з великими кутовими швидкостями та перевантаженнями. Додатково виявлено обмежену сумісність стрілочних приладів із окулярами нічного бачення (NVG) та неможливість наочного відображення тактичної карти місцевості з накладенням зон ураження ППО. Обґрунтовано напрями модернізації кабінного обладнання відповідно до сучасних міжнародних стандартів безпеки польотів, зокрема MIL-STD-1472H. Запропоновано перехід до концепції «скляної кабіни» (Glass Cockpit) шляхом заміни аналогових приладів на багатофункціональні кольорові дисплеї (MFD) з активними матрицями на рідких кристалах (AMLCD) або органічних світлодіодах (OLED), удосконалення індикаторів на лобовому склі (HUD) та застосування нашоломних систем індикації (HMD) з адаптивними алгоритмами фільтрації пріоритетних даних. Показано, що реалізація запропонованого комплексу заходів забезпечує мінімізацію впливу людського фактора, зменшення ризику втрати просторового орієнтування та підвищення загальної безпеки польотів і бойової ефективності багатоцільових літаків.*

Ключові слова: *безпека польотів, засоби відображення польотної інформації, багатоцільовий літак, ситуаційна обізнаність, «скляна кабіна», багатофункціональний дисплей, індикатор на лобовому склі, нашоломна система індикації, когнітивне навантаження, MIL-STD-1472H.*

Abstract. *This paper examines the issue of ensuring flight safety and combat effectiveness of the Ukrainian Air Force's multi-role aircraft in modern combat conditions, which are characterized by intense electronic warfare, active use of air defense systems, and flights at extremely low altitudes. It is shown that a decisive factor in the successful execution of a combat mission is the pilot's high level of situational awareness, which is formed by flight information display systems (FIDS). The classic cockpit layouts of domestic aircraft such as the MiG-29 and Su-27, based on pointer-type instruments, are analyzed, and it is established that the fragmentation of indicators, the direct display of measured parameters, and the lack of a single integrated display field result in an excessive cognitive load on the pilot, especially during intense maneuvering involving high angular velocities and g-forces. Additionally, limited compatibility of pointer-based instruments with night vision goggles (NVG) was identified, as well as the inability to visually display a tactical map of the terrain with overlaid air defense strike zones.*

The paper justifies the directions for modernizing cockpit equipment in accordance with current international flight safety standards, in particular MIL-STD-1472H. A transition to the "glass cockpit" concept is proposed by replacing analog instruments with multifunction color displays (MFDs) featuring active-matrix liquid crystal displays (AMLCDs) or organic light-emitting diodes (OLEDs), improving head-up displays (HUD) and implementing head-mounted display (HMD) systems with adaptive algorithms for filtering priority data. It is shown that the implementation of the proposed set of measures minimizes the human factor, reduces the risk of loss of spatial orientation, and improves the overall flight safety and combat effectiveness of multi-role aircraft.

Keywords: *flight safety, flight information display systems, multi-role aircraft, situational awareness, "glass cockpit," multifunction display, head-up display, head-mounted display, cognitive load, MIL-STD-1472H.*

У сучасних бойових діях авіація виконує завдання у складних умовах радіоелектронної протидії, активного застосування засобів протиповітряної оборони (ППО) противника та виконання польотів на гранично малих висотах. За таких умов вирішальним фактором забезпечення безпеки польотів та успішного виконання бойового завдання є високий рівень ситуаційної обізнаності

льотчика. Засоби відображення польотної інформації (ЗВПІ) є основним інструментом формування цієї обізнаності, забезпечуючи пілота даними про просторове положення, параметри руху, стан силової установки та тактичну обстановку [1].

На вітчизняних багатоцільових літаках типу МиГ-29 та Су-27 інформаційне поле кабіни побудоване за класичною схемою із застосуванням великої кількості окремих стрілочно-вказівних приладів. Первинна інформація від прицільно-навігаційних комплексів, інерціальних та барометричних систем надходить на розрізнені індикатори, що вимагає від пілота постійного перерозподілу та переключення уваги. Традиційна система індикації формує інформаційний простір за принципом прямого відображення виміряних параметрів, що змушує льотчика виконувати в умі інтеграцію даних для оцінки реальної польотної ситуації [2].

В умовах інтенсивного маневрування до авіаційного обладнання висуваються надзвичайно жорсткі вимоги щодо точності, ергономічності та швидкості зчитування інформації, які регламентуються, зокрема, стандартом MIL-STD-1472H [3]. Бойові режими, такі як ухилення від атак засобів ППО, виконуються з великими кутовими швидкостями та супроводжуються значними перевантаженнями, що суттєво ускладнює сприйняття аналогових приладів. Під час виконання бойового розвороту або пікірування пілот змушений одночасно контролювати граничні параметри кута тангажу, крену, швидкості та висоти. Дослідження свідчать, що в таких режимах спостерігається найвищий рівень психофізіологічного навантаження, а час на прийняття рішення скорочується до часток секунди, що збільшує ризик виникнення особливих ситуацій та авіаційних подій.

Основним недоліком існуючих ЗВПІ є високе когнітивне навантаження та відсутність єдиного інтегрованого поля відображення. Крім того, стрілочні прилади мають обмежену сумісність із сучасними окулярами нічного бачення (NVG) – через низьку контрастність підсвічування та відсутність регулювання яскравості в інфрачервоному діапазоні – і не дозволяють наочно відображати тактичну карту місцевості з накладенням зон ураження ППО. Це зумовлює необхідність обґрунтування напрямів модернізації кабінного обладнання відповідно до сучасних міжнародних стандартів безпеки польотів.

Перспективним напрямом удосконалення є перехід до концепції «скляної кабіни» (Glass Cockpit) шляхом заміни частини аналогових приладів на багатофункціональні кольорові дисплеї (MFD) з активними матрицями на рідких кристалах (AMLCD) або органічних світлодіодах (OLED), удосконалення індикаторів на лобовому склі (HUD) та застосування нашоломних систем індикації (HMD). Інтеграція пілотажної та тактичної інформації на єдиному дисплеї дозволяє реалізувати адаптивні алгоритми фільтрації, які в критичних режимах польоту виводять лише пріоритетні дані та попередження про вихід за граничні режими. Зазначені рішення відповідають вимогам MIL-STD-1472H до ергономіки військових систем, зокрема щодо розбірливості символів, контрастності, часу реакції оператора та сумісності з приладами нічного бачення [3].

Запропонований комплекс заходів з модернізації засобів відображення польотної інформації забезпечує мінімізацію впливу людського фактора, суттєво зменшує ризик втрати просторового орієнтування та підвищує загальну безпеку польотів і бойову ефективність багатоцільових літаків.

Список використаних джерел:

1. Ергономіка авіаційних комплексів : навч. посіб. / О. В. Ільїн, С. Г. Кузнєцов. Харків : ХНУПС, 2018. 164 с.

2. Інформаційний комплекс вертикалі і курсу ИК-ВК-80-4 : навч. посіб. / А. М. Зарубін, Р. В. Василенко, Лі Фей. Харків : ХНУПС, 2020. 48 с.

3. MIL-STD-1472H. Department of Defense Design Criteria Standard: Human Engineering. Department of Defense, USA, 2020. 456 p.

Бердніков Євгеній Русланович – слухач 252 інженерно-авіаційного факультету, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Україна, Харків. berdnikovzena065@gmail.com

Yevheniy Ruslanovych Berdnikov – listener of the 252nd Faculty of Aviation Engineering, Ivan Kozhedub Kharkiv National University of the Air Force, Ukraine, Kharkiv. berdnikovzena065@gmail.com