УДК 629.735.05

О. С. Лиходєєв, В. А. Педченко, В. В. Козуляєва, А. І. Нікітіна

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛЬОТНОГО ЕКІПАЖУ СУЧАСНИХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

Анотація. *Доповідь присвячена дослідженню шляхів підвищення ефективності інформаційного забезпечення льотного екіпажу сучасних повітряних суден. Досліджено проблему зростання обсягу інформації, що надходить до екіпажу від різнорідних систем авіоніки, та її вплив на ефективність використання інформаційних систем. Проаналізовано явище інформаційного навантаження, зокрема дві протилежні ситуації – дефіцит даних для прийняття рішення та надмірне перевантаження, що знижує швидкість реакції й підвищує ймовірність помилок. Досліджено сучасні принципи вдосконалення систем відображення польотної інформації, серед яких інтегроване відображення, групування параметрів, виділення критично важливої інформації, ієрархічне представлення даних, кольорове та графічне кодування, адаптивне відображення залежно від етапу польоту. Проаналізовано роль світлотехнічного обладнання кабіни як чинника якості візуального сприйняття інформації. Обґрунтовано комплексний підхід, у межах якого системи відображення та світлотехнічне обладнання розглядаються як взаємопов'язані елементи єдиного інформаційно-візуального середовища кабіни.*

Ключові слова: *інформаційне навантаження, системи відображення польотної інформації, світлотехнічне обладнання, людино-машинна взаємодія, авіоніка кабіни.*

Abstract: *The report is devoted to the study of ways to improve the efficiency of information support for the flight crew of modern aircraft. The problem of the growing volume of information received by the crew from heterogeneous avionics systems and its impact on the effectiveness of the use of information systems has been studied. The phenomenon of information load has been analysed, in particular two opposite situations – a lack of data for decision-making and excessive overload, which reduces reaction speed and increases the probability of errors. Modern principles of improving flight information display systems have been studied, including integrated display, grouping of parameters, highlighting of critically important information, hierarchical representation of data, colour and graphic coding, and adaptive display depending on the flight phase. The role of cockpit lighting equipment as a factor in the quality of visual perception of information has been analysed. An integrated approach has been substantiated, within which display systems and lighting equipment are considered as interconnected elements of a single information-visual environment of the cockpit.*

Keywords: *information load, flight information display systems, lighting equipment, human-machine interaction, cockpit avionics.*

Стрімкий розвиток авіоніки протягом останніх десятиліть суттєво змінив характер діяльності льотного екіпажу. Сучасне повітряне судно одночасно оперує навігаційною, пілотажно-інформаційною, метеорологічною, діагностичною та службовою інформацією, обсяг якої постійно зростає. Водночас психофізіологічні можливості людини залишаються практично незмінними, що породжує фундаментальне протиріччя між зростанням інформаційного потоку та здатністю екіпажу його ефективно опрацьовувати. Додатковим чинником є те, що інформація надходить від різнорідних систем авіоніки, часто у різних форматах і з різним ступенем пріоритетності, що ускладнює її цілісне сприйняття [1, 2]. У цих умовах збільшення кількості інформації саме по собі не гарантує підвищення ефективності діяльності екіпажу, а подекуди навіть призводить до протилежного результату. Виникає потреба в переосмисленні підходів до формування, структурування та представлення інформації в кабіні. Метою дослідження є визначення шляхів підвищення ефективності інформаційного забезпечення льотного екіпажу сучасних повітряних суден на основі комплексного врахування можливостей систем відображення, інформаційного навантаження та умов візуального сприйняття. Досягнення мети передбачає аналіз проблеми інформаційного навантаження, обґрунтування принципів удосконалення систем відображення польотної інформації, визначення ролі світлотехнічного обладнання та формулювання комплексної моделі інформаційного забезпечення екіпажу.

Розвиток авіоніки призводить до постійного збільшення обсягу інформації, доступної льотному екіпажу. Сучасне повітряне судно одночасно використовує навігаційну, пілотажно-інформаційну, метеорологічну, діагностичну та іншу інформацію, яка надходить від численних датчиків і обчислювальних систем. Однак збільшення кількості інформації саме по собі не гарантує підвищення ефективності, оскільки вирішального значення набувають її структурування, пріоритизація та спосіб представлення. Саме тому проблема полягає не стільки в обсязі доступних даних, скільки в їхній відповідності завданням, які вирішує екіпаж на конкретному етапі польоту.

Проблема інформаційного навантаження льотного екіпажу. Кількість і складність інформації безпосередньо впливають на діяльність пілота. Можливі дві протилежні ситуації. За недостатньої інформації виникає дефіцит даних, необхідних для прийняття рішення, що підвищує ризик помилки. За надмірної інформації виникає перевантаження, ускладнюється пошук необхідних параметрів, знижується швидкість реакції та зростає ймовірність пропуску критично важливих сигналів. Таким чином, ефективність діяльності екіпажу визначається не максимізацією обсягу інформації, а досягненням її оптимального рівня, за якого екіпаж отримує достатньо даних для прийняття рішення, але не зазнає надмірного навантаження [1].

Удосконалення систем відображення польотної інформації. З огляду на зазначене, системи відображення набувають ключового значення. Сучасні принципи їх побудови включають інтегроване відображення інформації, групування параметрів, виділення критично важливої інформації, ієрархічне представлення даних, використання кольорового та графічного кодування, а також адаптивне відображення залежно від етапу польоту [3]. Головна думка полягає в тому, що система відображення повинна не просто відображати максимальну кількість інформації, а забезпечувати швидке виділення екіпажем саме тієї інформації, яка є необхідною в конкретний момент. Отже, критерієм досконалості системи відображення стає не повнота, а своєчасність і релевантність представлених даних.

Оптимізація інформаційного середовища з урахуванням можливостей екіпажу. Вдосконалення дисплеїв необхідно здійснювати з урахуванням психофізіологічних можливостей людини, часу сприйняття інформації, пріоритетності параметрів, кількості одночасно представлених показників, а також умов та етапу польоту [1-3]. Саме тут доцільно ввести поняття людино-машинної взаємодії, яке описує не окремо людину чи техніку, а їхню спільну діяльність. У межах цього підходу інформаційне середовище кабіни розглядається як таке, що адаптується до можливостей екіпажу, а не навпаки. Відповідно, оптимізація інформаційного середовища передбачає узгодження характеристик авіоніки з реальними можливостями людини щодо сприйняття та обробки інформації.

Роль світлотехнічного обладнання у формуванні інформаційного середовища кабіни. Світлотехнічне обладнання слід розглядати не як окрему тему, а як чинник якості сприйняття інформації. До нього належать загальне та місцеве освітлення кабіни, підсвічування панелей і органів керування, яскравість і контрастність, адаптація освітлення до умов польоту, а також забезпечення читабельності індикаторів [4]. Основна теза полягає в тому, що навіть оптимально сформована інформація може бути недостатньо ефективною, якщо умови її візуального сприйняття є несприятливими. Отже, світлотехнічне обладнання виступає необхідною ланкою між сформованим інформаційним потоком і його фактичним сприйняттям екіпажем.

Комплексний підхід до підвищення ефективності інформаційного забезпечення. Викладене дозволяє запропонувати таку модель. Інформаційні системи авіоніки формують інформаційний потік, який підлягає оцінюванню з точки зору інформаційного навантаження екіпажу, далі структурується та пріоритизується, після чого надходить до системи відображення, а світлотехнічне забезпечення створює умови для оптимального сприйняття, що в результаті підвищує ефективність діяльності екіпажу. Саме в межах цієї моделі формулюється комплекс напрямів удосконалення, який охоплює всі ланки інформаційного контуру кабіни.

До перспективних напрямів належать адаптивне відображення інформації, автоматична пріоритизація повідомлень, контекстно-залежне представлення даних, інтеграція інформації від різних систем авіоніки, адаптивне регулювання яскравості та освітлення, а також застосування інтелектуальних алгоритмів для зменшення інформаційного навантаження. Зазначені напрями доцільно розглядати як взаємопов'язані, оскільки їхня реалізація має сенс лише в комплексі.

За результатами дослідження можливо зробити наступні висновки:

1. Ефективність інформаційного забезпечення екіпажу визначається не тільки обсягом доступної інформації, а й способом її представлення.
2. Оптимізація систем відображення дозволяє зменшити час пошуку та інтерпретації необхідних даних.
3. Урахування інформаційного навантаження екіпажу є необхідною умовою проєктування сучасних інформаційних систем авіоніки.
4. Системи відображення та світлотехнічне обладнання доцільно розглядати як взаємопов'язані елементи єдиного інформаційно-візуального середовища кабіни.
5. Досягнення оптимального інформаційного навантаження потребує узгодження характеристик авіоніки з психофізіологічними можливостями екіпажу.
6. Комплексний підхід, що охоплює формування, пріоритизацію, відображення та візуальне забезпечення інформації, є найбільш перспективним шляхом підвищення ефективності діяльності екіпажу.
7.

Список використаних джерел:

1. ICAO. Assembly Resolution A42-WP/83: Cognitive Fatigue and Information Overload in the Digital Cockpit. Montreal: ICAO, 2025.
2. Biede-Straussberger S., Konrad G. Integration of Human Factors into Engineering Processes for Flight Deck Design and Certification. In: Human Factors in Aviation. – Taylor & Francis, 2026.
3. Zeng Z, Sun Y, Liu X, Jie Y, Zeng Y. Visual cognition-based optimised design of primary flight displays in cockpits. – The Aeronautical Journal. 2025. https://doi:10.1017/aer.2024.103.
4. Zhu J., Shi Z., Zhou P., Xu M. Visual ergonomics of cockpit lighting environment under extreme illuminance conditions. Optics Express, 2024.

Лиходєєв Олександр Сергійович *– кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інженерно-авіаційного забезпечення Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: lihas2201@gmail.com ORCID https://orcid.org/ 0009-0009-9509-2940.*

Педченко Владислав Андрійович *– здобувач освітнього рівня магістр кафедри інженерно-авіаційного забезпечення Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail:* pedchenkovlad.uk@gmail.com.

Козуляєва Вероніка Володимирівна *– здобувач освітнього рівня магістр кафедри інженерно-авіаційного забезпечення Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: Globlz.es@gmail.com.*

Нікітіна Анна Ігорівна *– здобувач освітнього рівня магістр кафедри інженерно-авіаційного забезпечення Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: nikitina.anna1902@gmail.com.*

Lykhodieiev Oleksandr Serhiiovych *– Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Engineering and Aviation Support, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St., building 77/79, ind. 61023, e-mail: lihas2201@gmail.com ORCID https://orcid.org/ 0009-0009-9509-2940.*

Pedchenko Vladyslav Andriiovych *– Master's Degree Student of the Department of Engineering and Aviation Support, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St., building 77/79, ind. 61023, e-mail: pedchenkovlad.uk@gmail.com.*

Kozuliaieva Veronika Volodymyrivna *– Master's Degree Student of the Department of Engineering and Aviation Support, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St., building 77/79, ind. 61023, e-mail: Globlz.es@gmail.com.*

Nikitina Anna Ihorivna *– Master's Degree Student of the Department of Engineering and Aviation Support, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St., building 77/79, ind. 61023, e-mail: nikitina.anna1902@gmail.com.*