

doi: 10.32620/oikit.2025.105.02

УДК 006.02:629.73(4/9)

О. М. Литвинов, О. В. Чуприна, В. О. Гребеніков

Використання штучного інтелекту у процесі сертифікації авіаційної техніки

Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут»

У статті досліджується роль і перспективи застосування штучного інтелекту (ШІ) у процесі сертифікації авіаційної техніки. Визначено, що традиційна система авіаційної сертифікації базується на детермінованих методах перевірки та вимагає повної передбачуваності систем, тоді як алгоритми машинного навчання функціонують за ймовірнісним принципом, створюючи виклики для їх верифікації.

Розглянуто ключові напрями впровадження штучного інтелекту: генеративне проектування, цифрові двійники, автоматизований контроль якості, прогностичне технічне обслуговування, використання автономних виробничих систем. Показано, що ці технології сприяють скороченню термінів розробки, зниженню витрат та підвищенню рівня безпеки, але водночас вимагають перегляду регуляторних підходів.

Зроблено аналіз міжнародного досвіду інтеграції ШІ у процесі сертифікації авіаційної техніки, зокрема ініціативи Європейського агентства з авіаційної безпеки (EASA), яке впроваджує концепцію “людино-ШІ командної роботи” та спеціальні умови SC-AI-01, і Федерального управління цивільної авіації США (FAA), що дотримується поступового підходу з акцентом на збереженні людської відповідальності. Висвітлено нові підходи до сертифікації, серед яких можна виокремити цифрове управління даними, створення єдиних платформ для оцінки відповідності та застосування гібридних методів верифікації, що поєднують симуляційне тестування і формальний аналіз.

Зроблено висновок, що інтеграція ШІ в авіаційну галузь є незворотною тенденцією, яка трансформує саму парадигму сертифікації: від оцінки статичного продукту до оцінки процесу, керованого алгоритмами. Це вимагає створення нових міжнародних стандартів, гармонізації регуляторних практик та розробки методологій, які забезпечать надійність і безпечність ШІ-систем протягом усього життєвого циклу авіаційної техніки.

Ключові слова: штучний інтелект, міжнародні стандарти безпеки, сертифікація авіаційної техніки, гібридна верифікація, контроль якості.

Штучний інтелект (далі - ШІ) став ключовою технологією XXI століття, що активно впроваджується в авіаційній галузі. Розроблення та сертифікація авіаційної техніки традиційно пов'язані з обробкою великих обсягів технічної документації, оцінкою ризиків та дотриманням жорстких міжнародних стандартів безпеки. Алгоритми ШІ пропонують нові можливості для автоматизації цих процесів, зменшення тривалості сертифікаційного циклу та підвищення ефективності систем управління літаками.

Відзначимо, що авіаційна галузь переживає значні технологічні зміни, багато в чому завдяки впровадженню штучного інтелекту. Він широко інтегрований у різні аспекти рішень для авіаційної галузі: від планування польотів, управління екіпажами та технічного обслуговування до обслуговування клієнтів [1]. За аналітичними даними, обсяг світового ринку штучного інтелекту в авіації, що оцінювався в 728,05 млн. доларів США в 2022 році, може досягнути 23 млрд. доларів США до 2031 року [2].

Впровадження штучного інтелекту в авіаційну галузь – це не просто крок до технологічного прогресу, а критична необхідність, продиктована вимогами часу, зумовлена підвищенням безпеки, зниженням витрат та прискоренням інновацій.

На сьогодні стан авіаційно-промислового комплексу характеризується змінами сфері розробки, виробництва літаків, безпілотних літальних апаратів, організації їх сертифікації та підтримки. Можна виокремити пріоритетні напрямки щодо скорочення термінів розробки зразків авіаційної техніки, використання міжнародної кооперації при розробці і виробництві, уніфікація систем і обладнання, єдині стандарти якості та інші параметри, що визначають конкурентоздатність сучасної авіаційної техніки.

Як приклад, корпорація Airbus ініціювала роботи зі створення єдиної комп'ютерної платформи для забезпечення розрахунку на міцність (на розробку була запрошена компанія SAMTECH, тепер LMS-Samtech) задля мінімізації ризиків появи помилок у сертифікаційних розрахунках міцності. На основі цієї платформи були створені програмні комплекси PRESTO та ISAMI, які забезпечили уніфікацію та раціоналізацію процесів, методів та інструментів аналізу та сертифікації всередині підрозділів Airbus. За 5 років система використана у програмах A350, A400M, A320NEO, головним чином на етапі сертифікації [3, С. 1363].

В останнє десятиліття Китай демонструє найактивніший підхід до сертифікації БПЛА та eVTOL, запровадивши підхід до їх сертифікації, заснований на аналізі операційного ризику. Зокрема, Головне управління цивільної авіації Китаю визнає результати цифрового моделювання та симуляцій за умов належної валідації моделей. Процес сертифікації включає визначення методів оцінки відповідності для кожної сертифікаційної вимоги. Ці засоби можуть бути традиційними (випробувальні польоти, наземні стенди) або альтернативними (цифрові розрахунки та моделювання) або їх комбінацією [4].

Сфера авіації, що історично базується на суворих протоколах і перевірених часом технологіях, вступає в епоху глибокої трансформації під впливом штучного інтелекту. Його інтеграція відбувається не лише з метою підвищення ефективності, але й для значного покращення безпеки та надійності [5].

Застосування ШІ поширюється на весь життєвий цикл авіаційної техніки. На етапі проектування ШІ-системи прискорюють аеродинамічне моделювання, дозволяючи інженерам створювати легші та паливно-ефективні конструкції [6]. Системи контролю якості на базі ШІ виявляють мікродофекти в режимі реального часу, які часто залишаються непоміченими для людського ока, що значно знижує кількість помилок та витрати на виробництво [7]. В управлінні повітряним рухом ШІ покращує прийняття рішень щодо маршрутизації в реальному часі, зменшуючи затримки та підвищуючи загальну ефективність роботи. Крім того постійний розвиток ШІ обіцяє подальшу революцію в технологіях наступного покоління, що призведе до створення розумніших, безпечніших та ефективніших авіаційних систем [6].

Незважаючи на очевидні переваги, повсюдне впровадження ШІ створює безпрецедентні виклики, особливо в контексті сертифікації. Традиційні стандарти сертифікації, що лежать в основі безпеки авіації протягом десятиліть, вимагають, щоб кожен аспект системи був заздалегідь визначений, і щоб інженер-проектувальник міг повністю пояснити та передбачити її поведінку в будь-яких умовах [8].

Проте, моделі машинного навчання функціонують за іншим принципом. Замість того, щоб бути запрограмованими для виконання кожного завдання, вони навчаються розпізнавати закономірності в даних, що дозволяє їм робити

висновки та приймати рішення без явних інструкцій [9]. Цей процес навчання часто призводить до створення так званих "чорних скриньок" — систем, внутрішня робота яких настільки складна та непрозора, що її важко або неможливо повністю зрозуміти людині.

Застосування ШІ в проектуванні та виробництві авіаційної техніки знаменує собою зміну парадигми, перетворюючи ці процеси з ітераційних та трудомістких на швидкі та оптимізовані. Одним з найважливіших досягнень є генеративне проектування, де алгоритми ШІ досліджують безліч можливих конструкцій, щоб знайти найбільш ефективні та паливно-економні рішення [6]. Цей підхід дозволяє інженерам створювати складні, але водночас легкі та економічні конструкції, дотримуючись суворих стандартів безпеки [10].

Процес сертифікації нового літака є надзвичайно тривалим. ШІ допомагає автоматизувати аналіз технічної документації та результатів випробувань, що значно скорочує термін, необхідний для отримання дозволу на польоти. Створення цифрових двійників дозволяє проводити тисячі віртуальних випробувань у різних умовах. Це знижує потребу в дорогих і тривалих фізичних тестах, дозволяючи швидше вносити зміни в конструкцію та виводити нові моделі на ринок. Паралельно, ШІ-системи на основі комп'ютерного зору революціонізують контроль якості. Вони здатні виявляти мікродофекти, невидимі для людського ока, порівнювати компоненти з цифровими CAD-моделями в реальному часі та зменшувати кількість хибних спрацювань, що вимагають дорогого ручного повторного перевіряння. Це не лише підвищує загальну якість виробництва, а й забезпечує повну простежуваність компонентів протягом усього їхнього життєвого циклу [7]. Використання автономних систем на базі ШІ для складання та виробництва літаків оптимізує повторювані завдання, підвищує ефективність і зменшує людські помилки.

Впровадження цифрової системи управління сертифікацією переводить процес з підходу, орієнтованого на документи, на підхід, орієнтований на дані, що дозволяє вносити детальні зміни до планів, визначення тестів, процедури та іншу документацію, одночасно підтримуючи перевірки та контроль конфігурації в режимі реального часу. Цифрове управління сертифікацією створює стандартизовану систему для груп розробників, виробників, OEM-виробників та ланцюжка постачання, забезпечуючи узгодженість наборів даних. Це дозволяє компаніям аерокосмічної та оборонної галузі створювати чіткі робочі процеси, що ґрунтуються на розподілі обов'язків по всьому підприємству, що дозволяє зробити сертифікацію загальною відповідальністю. Загальна платформа забезпечує прозорість даних про стан льотної придатності за допомогою звітності та аналітики у режимі реального часу, що дозволяє контролювати терміни реалізації програм та бюджет. Завдяки безпечним хмарним сервісам дані про сертифікацію можна створювати, змінювати, зв'язувати та відстежувати у будь-який час та з будь-якої точки світу [11].

Впровадження ШІ у проектування та виробництво змінює саму природу сертифікації. Традиційна сертифікація типу є затвердженням статичної конструкції літака [12]. Однак, коли ШІ використовується для генеративного проектування, він по суті створює нескінченну кількість потенційно оптимізованих конструкцій. Це перетворює фокус сертифікації зі статичного "продукту" на динамічний "процес". Регулятори повинні будуть оцінювати не лише кінцевий продукт, а й надійність та передбачуваність алгоритмів, які його створили.

Аналогічно, виробнича сертифікація, яка традиційно залежить від кваліфікації людського персоналу, стає залежною від надійності ШІ-системи, яка виконує автоматизований контроль якості. Це створює виклик: щоб сертифікувати літак, необхідно сертифікувати систему ШІ, яка сама є інструментом для підтвердження відповідності виробництва. Це вимагає розробки нових методологій для сертифікації самого процесу проектування та виробництва, керованого ШІ, а не тільки його кінцевих результатів.

На етапах експлуатації та обслуговування авіаційної техніки ШІ вносить інновації, які суттєво підвищують безпеку та знижують операційні витрати. Прогностичне обслуговування є одним з найбільш ефективних застосувань ШІ, що дозволяє передбачати потенційні відмови та несправності ще до їх виникнення. Використовуючи алгоритми машинного навчання для аналізу великих масивів даних, зібраних з датчиків літака, системи ШІ можуть прогнозувати ремонтні терміни, оптимізувати графіки обслуговування та вживати превентивних заходів. Це не лише знижує ризик непередбачених подій, що загрожують безпеці, але й зменшує витрати на технічне обслуговування та простої літака.

Провідні компанії, такі як Honeywell та Thales, вже активно інтегрують ці підходи. Thales використовує можливості ШІ та аналітику "великих даних" для переходу від реакційного, корекційного підходу до обслуговування до прогностичного [13]. Аналіз даних з вбудованих систем дозволяє прогнозувати знос механічних та електронних компонентів, відкриваючи нові перспективи для оптимізації витрат. Наприклад, консорціум, очолюваний Honeywell, отримав значне фінансування для дослідження того, як ШІ може прискорити цикли інновацій у виробництві критично важливих аерокосмічних компонентів. Їхній проект STRATA спрямований на використання ШІ-моделювання та симуляції для підвищення ефективності та стійкості [14]. Таким чином, ШІ не лише покращує існуючі процеси обслуговування, але й надає цінні відомості для майбутніх програм проектування.

Європейське агентство з авіаційної безпеки (EASA) прийняло проактивний підхід до інтеграції ШІ, зосередившись на "людино-орієнтованому" підході, який визнає взаємозалежність між людиною та технологією [15]. Агентство розробило та регулярно оновлює свій документ EASA AI Roadmap 2.0. Ключовим досягненням EASA є публікація Спеціальної Умови SC-AI-01: "Надійність систем на основі машинного навчання" [15]. Цей документ є першим практичним посібником для сертифікації ШІ-систем і визначає, що існуючі стандарти, зокрема CS-23, є недостатніми для вирішення таких аспектів, як пояснюваність та етичні міркування. SC-AI-01 вимагає від розробників продемонструвати відповідність систем на основі машинного навчання принципам, що містяться в "Концептуальному документі для додатків машинного навчання Рівня 1". Цей документ встановлює структуру для забезпечення надійності ШІ, що включає аналіз надійності, гарантії навчання, пояснюваність та пом'якшення ризиків.

Підхід EASA демонструє глибоке розуміння того, що ШІ в авіації — це не просто технічна система, а частина складної соціо-технічної екосистеми. Агентство вводить концепцію "людино-ШІ командної роботи" (Human-AI Teaming), надаючи настанови щодо проектування ефективної взаємодії. Цей підхід визнає, що ШІ не просто замінить, а змінить методи управління помилками та призведе до виникнення нової типології людських помилок [16]. Зосереджуючись на взаємному сприйнятті та двосторонній комунікації між людиною та ШІ, EASA

прагне гарантувати, що пілоти та інший персонал зможуть ефективно співпрацювати з новими системами, усвідомлюючи їхні можливості та обмеження.

Федеральне управління цивільної авіації США (FAA) також визнає необхідність адаптації своїх регуляторних підходів до ШІ, але демонструє більш обережний, поетапний підхід. Дорожня карта FAA для гарантій безпеки ШІ (Roadmap for AI Safety Assurance) визначає кілька ключових принципів: інкрементальне впровадження, використання існуючих стандартів та диференціація між "навченим" (learned) і "навчальним" (learning) ШІ [8]. FAA прагне, щоб ШІ розглядався як інструмент, а не як людина, щоб зберегти чітке розуміння його ролі та обмежень.

Розуміючи глобальну природу авіації та необхідність гармонізованих стандартів, EASA та FAA співпрацюють з Міжнародною організацією цивільної авіації (ICAO) та промисловими гравцями для обміну знаннями та просування спільних підходів. Ця співпраця є критично важливою, оскільки існуючі виклики не можуть бути вирішені однією країною чи регуляторним органом.

З огляду на обмеження традиційних методів, для верифікації ШІ-систем в авіації розробляються нові, гібридні підходи, які поєднують симуляційне тестування та формальну верифікацію. Симуляційне тестування є ефективним інструментом для оцінки поведінки моделі в реалістичних умовах. Воно може включати, наприклад, моделювання екстремальних погодних умов або складних сценаріїв повітряного руху за допомогою методу Монте-Карло, що допомагає оцінити ефективність моделі в умовах, які імітують реальний світ [17]. Проте, імітація, навіть з великою кількістю тестів, не може гарантувати повне покриття всіх можливих сценаріїв, що залишає простір для "кутових" помилок.

На противагу цьому, формальна верифікація надає суворий, математичний аналіз, що підтверджує відповідність системи її вимогам. Методи, такі як model-checking, систематично досліджують скінченний простір станів моделі, щоб довести, що вона задовольняє визначеним специфікаціям. Якщо виявлено порушення, інструмент може надати "контрприклад", який точно показує, як і чому стався збій. Застосування цих двох підходів разом дозволяє досягти "верифікаційного закриття" (verification closure). Симуляція знаходить найбільш імовірні помилки та допомагає налаштувати систему, тоді як формальна верифікація може довести, що певні стани є недостижними, або знайти важкодоступні помилки, які симуляція могла б не виявити [18].

Інтеграція штучного інтелекту в авіаційну техніку є незворотним процесом, який обіцяє значно підвищити безпеку, ефективність та надійність. Проте, ця трансформація породжує глибокі виклики, які вимагають переосмислення традиційних підходів до сертифікації. Найважливіший з них полягає у вирішенні фундаментальної невідповідності між детермінізмом, на якому базується існуюче регулювання, та ймовірнісним, непрозорим характером ШІ.

Прогрес досягається завдяки скоординованим зусиллям регуляторів (EASA, FAA), що розробляють нові дорожні карти та концептуальні документи, враховуючи унікальні аспекти ШІ, такі як пояснюваність та поведінка "чорного ящика". Їхні підходи є різними, але взаємодоповнюючими: EASA фокусується на людино-ШІ командній роботі та довірі, тоді як FAA наголошує на збереженні людської відповідальності та інкрементальному впровадженні; розробники стандартів (SAE, EUROCAE), створюючи нові галузеві стандарти, що заповнюють прогалини, залишені традиційними документами, як-от DO-178C; та інженерних

рішень, таких як гібридна верифікація (поєднання формального аналізу з симуляційним тестуванням), розділення функцій ШІ та використання зовнішніх систем контролю, дозволяють інженерам пом'якшувати ризики та створювати надійні системи.

Список літератури

1. The Rise of Artificial Intelligence in Aviation: Transforming the Skies. Symphony solutions. Available at: <https://symphony-solutions.com/insights/ai-in-aviation#:~:text=How%20is%20artificial%20intelligence%20used,safety%2C%20and%20decision%2Dmaking> .

2. Artificial Intelligence in Aviation Market Size, Share & Trends Analysis Report By Offering (Hardware, Software, Services), By Technology (Machine Learning, Natural Language, Processing, Context Awareness Computing, Computer Vision), By Applications (Virtual Assistants, Smart Maintenance, Manufacturing, Training) and By Region(North America, Europe, APAC, Middle East and Africa, LATAM) Forecasts, 2025-2033. Available at: <https://straitsresearch.com/report/artificial-intelligence-in-aviation-market>

3. Громов С. В. Управление разработкой авиационной техники с использованием имитационного моделирования производственных процессов. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, Том 16, № 1(5). 2014. С. 1359-1363.

4. Цифрові випробування: як Китай зміг організувати прискорену сертифікацію авіаційних безпілотників. Available at: <https://www.aviationunion.ru/media/news/30889/>

5. Твердохліб А., Катерна О. ШІ та його роль в авіаційній безпеці. Всесвітній конгрес "Авіація в XXI столітті" – "Безпека в авіації та космічні технології". Available at: <https://jrn1.nau.edu.ua/index.php/congress/article/view/19624>

6. ШІ в аерокосмічній галузі: переосмислення інженерії. Visure Solutions. Available at: <https://visuresolutions.com/uk/%D0%B0%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0-%D1%82%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0/%D1%88%D1%82%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D1%96%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82/>

7. How AI and automation are transforming the Aerospace industry. Dessia Technologies. Available at: <https://www.dessia.io/blog/how-ai-and-automation-are-transforming-the-aerospace-industry>

8. FAA Roadmap for Artificial Intelligence Safety Assurance, Version I. Available at: https://www.faa.gov/aircraft/air_cert/step/roadmap_for_AI_safety_assurance

9. McGivern R. Can Machine Learning Systems be Certified on Aircraft? Beca. Available at: <https://www.beca.com/ignite-your-thinking/ignite-your-thinking/march-2025/can-machine-learning-systems-be-certified-on-aircraft>

10. How AI (Artificial Intelligence) Is Transforming the Aerospace Industry. GeeksforGeeks. Available at: <https://www.geeksforgeeks.org/data-science/how-ai-artificial-intelligence-is-transforming-the-aerospace-industry/>

11. Five ways digitalization streamlines aircraft certification. Available at: <https://resources.sw.siemens.com/en-US/e-book-aerospace-defense-digitalization-disrupts-certification-process/>

12. Certification. Federal Aviation Administration. Available at: https://www.faa.gov/uas/advanced_operations/certification

13. AI & Big Data. Thales Group. Available at: <https://www.thalesgroup.com/en/markets/aerospace/ai-big-data>

14. Honeywell-led consortium awarded £14.1M for AI-driven Additive Manufacturing in aerospace. Metal AM. Available at: <https://www.metal-am.com/honeywell-led-consortium-awarded-14-1m-for-ai-driven-additive-manufacturing-in-aerospace/>

15. Artificial Intelligence Roadmap - A human-centric approach to AI. Available at: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/research-innovation/ai>

16. EASA AI trustworthiness framework Human – AI teaming. Eurocontrol. Available at: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2024-02/eurocontrol-2023-10-tim-meeting-15-easa-ai-framework.pdf>

17. Formal verification of a machine learning tool for runway. Frontiers. Available at: <https://www.frontiersin.org/journals/aerospace-engineering/articles/10.3389/fpace.2025.1463425/full>

18. How Formal Verification Tools Enhance SoC Simulation Coverage. Synopsys Blog. Available at: <https://www.synopsys.com/blogs/chip-design/speed-up-simulation-coverage-closure.html>

19. Науково-освітні школи Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут" : [монографія] / М. Ф. Бабаков, О. О. Баранов, І. В. Бичков, Н. Л. Більчук [та др.] ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т" ; за заг. ред. М. В. Нечипорука. - Харків. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2020. - 400 с.

20. Научные основы интегрированного проектирования самолетов транспортной категории : [монография] , Ч. 2 / Д. С. Кива, А. Г. Гребеников. - Харьков. - Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т", 2014, в 3х томах.

References

1. The Rise of Artificial Intelligence in Aviation: Transforming the Skies. Symphony solutions. Available at: <https://symphony-solutions.com/insights/ai-in-aviation#:~:text=How%20is%20artificial%20intelligence%20used,safety%2C%20and%20decision%2Dmaking> .

2. Artificial Intelligence in Aviation Market Size, Share & Trends Analysis Report By Offering (Hardware, Software, Services), By Technology (Machine Learning, Natural Language, Processing, Context Awareness Computing, Computer Vision), By Applications (Virtual Assistants, Smart Maintenance, Manufacturing, Training) and By Region(North America, Europe, APAC, Middle East and Africa, LATAM) Forecasts, 2025-2033. Available at: <https://stratisticsresearch.com/report/artificial-intelligence-in-aviation-market>

3. Gromov S. V. Upravlenie razrabotkoi aviatsionnoi tekhniki s ispolzovaniem imitatsionnogo modelirovaniya proizvodstvennikh protsessov. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk, Tom 16, № 1(5). 2014. С. 1359-1363.

4. Digital testing: how China was able to organize accelerated certification of aviation drones. Available at: <https://www.aviationunion.ru/media/news/30889/>

5. Tverdokhlib, A., Katerna, O. (2024) Artificial intelligence and its role in aviation security. World Congress "Aviation in the 21st Century" – "Aviation Safety and Space Technologies". Available at: <https://jrnل.nau.edu.ua/index.php/congress/article/view/19624>

6. AI in Aerospace: Redefining Engineering. Visure Solutions. Available at: <https://visuresolutions.com/uk/%D0%B0%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0-%D1%82%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0/%D1%88%D1%82%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D1%96%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82/>
7. How AI and automation are transforming the Aerospace industry. Dessia Technologies. Available at: <https://www.dessia.io/blog/how-ai-and-automation-are-transforming-the-aerospace-industry>
8. FAA Roadmap for Artificial Intelligence Safety Assurance, Version I. Available at: https://www.faa.gov/aircraft/air_cert/step/roadmap_for_AI_safety_assurance
9. McGivern, R. Can Machine Learning Systems be Certified on Aircraft? Beca. Available at: <https://www.beca.com/ignite-your-thinking/ignite-your-thinking/march-2025/can-machine-learning-systems-be-certified-on-aircraft>
10. How AI (Artificial Intelligence) Is Transforming the Aerospace Industry. GeeksforGeeks. Available at: <https://www.geeksforgeeks.org/data-science/how-ai-artificial-intelligence-is-transforming-the-aerospace-industry/>
11. Five ways digitalization streamlines aircraft certification. Available at: <https://resources.sw.siemens.com/en-US/e-book-aerospace-defense-digitalization-disrupts-certification-process/>
12. Certification. Federal Aviation Administration. Available at: https://www.faa.gov/uas/advanced_operations/certification
13. AI & Big Data. Thales Group. Available at: <https://www.thalesgroup.com/en/markets/aerospace/ai-big-data>
14. Honeywell-led consortium awarded £14.1M for AI-driven Additive Manufacturing in aerospace. Metal AM. Available at: <https://www.metal-am.com/honeywell-led-consortium-awarded-14-1m-for-ai-driven-additive-manufacturing-in-aerospace/>
15. Artificial Intelligence Roadmap - A human-centric approach to AI. Available at: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/research-innovation/ai>
16. EASA AI trustworthiness framework Human – AI teaming. Eurocontrol. Available at: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2024-02/eurocontrol-2023-10-tim-meeting-15-easa-ai-framework.pdf>
17. Formal verification of a machine learning tool for runway. Frontiers. Available at: <https://www.frontiersin.org/journals/aerospace-engineering/articles/10.3389/fpace.2025.1463425/full>
18. How Formal Verification Tools Enhance SoC Simulation Coverage. Synopsys Blog. Available at: <https://www.synopsys.com/blogs/chip-design/speed-up-simulation-coverage-closure.html>
19. Scientific and educational schools of the National Aerospace University named after M. E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute" : [monograph] / M. F. Babakov, O. O. Baranov, I. V. Bychkov, N. L. Bilchuk [et al.] ; Ministry of Education and Science of Ukraine, National Aerospace University named after M. E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute" ; ed. by M. V. Nechyporuk. - Kharkiv. - National Aerospace University named after M. E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute", 2020. - 400 p.
20. Scientific basis of integrated design of aircraft of the transport category : [monograph] , Ch. 2 / D. S. Kiva, A. G. Grebenikov. - Kharkov. - Nats. aerospace. unt them. N. E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute", 2014, in 3 volumes.

Надійшла до редакції 22.08.2025, розглянута на редколегії 24.08.2025

The use of artificial intelligence in the process of certification of aviation equipment

The article examines the role and prospects of applying artificial intelligence (AI) in the certification process of aviation technology. It is emphasized that traditional certification system rely on deterministic verification methods and require full predictability of system, whereas machine learning algorithms operate on a probabilistic basis, creating significant challenges for verification and validation.

The study highlights key areas of AI integration, including generative design, digital twins, automated quality control, predictive maintenance, and autonomous manufacturing systems. These technologies accelerate aircraft development cycles, reduce costs, and improve safety levels, yet simultaneously demand a rethinking of regulatory frameworks.

The paper analyzes international practices, particularly the initiatives of the European Union Aviation Safety Agency (EASA), which has introduced the concept of "Human-AI Teaming" and the special condition SC-AI-01, and the Federal Aviation Administration (FAA), which follows a cautious, step-by-step approach with an emphasis on preserving human accountability. New approaches to certification are outlined, such as data-driven digital management, unified platforms for compliance assessment, and hybrid verification methods that combine simulation testing with formal analysis.

The findings suggest that AI integration in aviation is an irreversible trend that transforms the certification paradigm itself: from evaluating a static product to assessing AI-driven processes. This requires the development of new international standards, harmonization of regulatory practices, and creation of methodologies ensuring the reliability and safety of AI systems throughout the entire life cycle of aviation technology.

Keywords: artificial intelligence, international safety standards, aircraft certification, hybrid verification, quality control.

Відомості про авторів:

Олексій Миколайович Литвинов – доктор юридичних наук, виконуючий обов'язки ректора Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна, ORCID: 0000-0003-2952-8258

Олексій В'ячеславович Чуприна – кандидат юридичних наук, провідний інженер навчально-науково-виробничого центру CAD/CAM/CAE Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна, e-mail: o.chupryna@khai.edu, ORCID: 0009-0009-4746-6004.

Вадим Олександрович Гребеніков – кандидат технічних наук, завідуючий лабораторією навчально-науково-виробничого центру CAD/CAM/CAE Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна, e-mail: v.hrebenykov@khai.edu, ORCID: 0009-0003-5004-5493.

About the authors:

Oleksii Lytvynov – Doctor of Law, appointed Acting Rector National Aerospace University “KhAI”, Ukraine, ORCID: 0000-0003-2952-8258.

Oleksii Chupryna – PhD, Leading Engineer of the Educational, Scientific and Production Center CAD/CAM/CAE, Dep. 103 “Aircraft and Helicopter Design” National Aerospace University “KhAI”, Ukraine, e-mail: o.chupryna@khai.edu, ORCID: 0009-0009-4746-6004.

Vadym Hrebenykov – PhD, Head of the laboratory of the Educational, Scientific and Production Center CAD/CAM/CAE, Dep. 103 “Aircraft and Helicopter Design” National Aerospace University “KhAI”, Ukraine, e-mail: v.hrebenykov@khai.edu, ORCID: 0009-0003-5004-5493.