

Коваленко Н.О.<https://orcid.org/0000-0002-1651-9750>

Українська державна льотна академія

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЦИФРОВІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ АВІАЦІЙНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ: ІНЖЕНЕРНО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ТА ІНЖИНІРИНГОВІ РІШЕННЯ

У статті здійснено дослідження проблемних аспектів та перспектив розвитку цифровізації управління авіаційною діяльністю в умовах трансформації світового ринку авіаперевезень, посилення конкуренції та підвищення вимог до ефективності функціонування авіаційних підприємств. Доведено, що цифровізація є визначальним інструментом забезпечення конкурентоспроможності суб'єктів авіаційного транспорту, підвищення гнучкості управлінських процесів та їх адаптації до динамічних змін зовнішнього середовища. Встановлено, що сучасні тенденції розвитку галузі характеризуються активним впровадженням цифрових технологій, зокрема систем підтримки прийняття рішень, автоматизованих інформаційних систем, цифрових платформ, технологій обробки великих масивів даних та інтелектуального аналізу інформації. У дослідженні проаналізовано інженерно-економічні аспекти цифровізації, що включають оцінювання ефективності впровадження цифрових рішень, оптимізацію витрат, підвищення продуктивності ресурсів та покращення якості управлінських рішень.

Обґрунтовано, що застосування інжинірингових підходів забезпечує системність цифрової трансформації, сприяє інтеграції технологічних та економічних компонентів та підвищує рівень обґрунтованості управлінських рішень на основі аналітичних моделей і прогнозування. Визначено роль цифрових інструментів у підвищенні ефективності експлуатаційних процесів, управлінні ресурсами, плануванні діяльності та забезпеченні безпеки авіаційних перевезень. Науковою новизною дослідження є розроблення та обґрунтування моделі інтеграції інженерно-економічного аналізу та інжинірингових рішень у цифровому управлінні авіаційною діяльністю, яка забезпечує узгодження технологічних, економічних та управлінських компонентів і формування обґрунтованих управлінських рішень. Доведено, що ефективна цифрова трансформація потребує комплексного підходу, який передбачає узгодження інженерних, економічних та організаційних рішень. Запропоновано концептуальний підхід до цифровізації управління авіаційною діяльністю, що базується на інтеграції інженерно-економічного аналізу, сучасних інформаційних технологій та інжинірингових рішень у єдину цифрову екосистему управління. Обґрунтовано доцільність використання цифрових платформ та інтелектуальних систем для підвищення прозорості, адаптивності та ефективності управління авіаційними підприємствами.

Ключові слова: авіаційне підприємство, автоматизація, великі дані, ефективність, інформаційні системи, інженерно-економічний аналіз, інжиніринг, цифрова трансформація, цифровізація, управління авіаційною діяльністю.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток авіаційного транспорту відбувається в умовах масштабних трансформацій, зумовлених цифровізацією економічних процесів, посиленням конкуренції на міжнародному ринку авіаперевезень, а також підвищенням вимог до ефективності функціонування, безпеки та якості обслуговування пасажирських і вантажних потоків. За таких умов традиційні підходи до управління авіаційною діяльністю втрачають здатність оперативно реагувати на динамічні зміни зовнішнього середовища, що обумовлює необхідність впровадження

сучасних цифрових технологій і інжинірингових рішень у систему управління авіаційними підприємствами.

Незважаючи на інтенсивний розвиток цифрових інструментів, їх використання в авіаційній сфері носить переважно фрагментарний характер і не завжди супроводжується належним інженерно-економічним обґрунтуванням. Це призводить до нераціонального використання ресурсів, збільшення витрат на реалізацію цифрових ініціатив та недостатнього рівня інтеграції інформаційних систем у єдину управлінську інфраструктуру.

Крім того, відсутність цілісного підходу до цифровізації, який би поєднував технічні, економічні та організаційні аспекти, стримує підвищення ефективності діяльності авіаційних підприємств.

У цьому контексті особливої значущості набуває проблема розроблення науково обґрунтованих підходів до цифровізації управління авіаційною діяльністю, що базуються на поєднанні інженерно-економічного аналізу та інжинірингових методів. Такий підхід дозволяє забезпечити системність, гнучкість та результативність управлінських рішень. Водночас потребують подальшого вивчення питання оцінювання ефективності впровадження цифрових технологій, інтеграції інформаційних систем, удосконалення управлінських процесів та створення інструментів підтримки прийняття рішень у цифровому середовищі.

Таким чином, формується науково-практична проблема, сутність якої полягає у необхідності розроблення концептуальних і методичних засад цифровізації управління авіаційною діяльністю, спрямованих на узгодження інженерних, економічних та організаційних компонентів, підвищення ефективності функціонування авіаційних підприємств і забезпечення їх адаптації до умов цифрової економіки. Розв'язання зазначеної проблеми має важливе значення як для розвитку теоретичних основ управління авіаційною діяльністю, так і для вирішення прикладних завдань підвищення конкурентоспроможності, економічної результативності та інноваційного розвитку суб'єктів авіаційного транспорту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сучасному етапі розвитку авіаційного транспорту цифровізація управління авіаційною діяльністю набуває статусу одного з ключових напрямів наукових досліджень, що зумовлено трансформацією галузевих бізнес-моделей, інтенсифікацією інформаційних потоків та необхідністю підвищення ефективності функціонування суб'єктів авіаційного транспорту. Водночас, незважаючи на значний масив наукових праць у сфері цифрових трансформацій, дослідження мають переважно диференційований характер, зосереджуючись на окремих аспектах цифровізації (авіакомпанії, аеропорти, системи управління повітряним рухом), що обумовлює фрагментарність наукового знання та потребу у його систематизації.

Так, у роботах А. Sukhorukov, N. Koryagin, J. Sulyagina, N. Ulitskaya та S. Eroshkin [1] цифрова трансформація управління авіакомпаніями розглядається як основа їх інноваційного розвитку, що передбачає інтеграцію інформаційних систем у процес прийняття управлінських рішень та трансформацію організаційних структур. У дослідженні

А. Kiyıklık, А. О. Kuşakcı та В. Mbowe [2] запропоновано модель цифрової зрілості авіакомпаній, яка ґрунтується на оцінюванні рівня розвитку цифрової стратегії, технологічної інфраструктури, операційних процесів та інноваційного потенціалу, що дозволяє комплексно оцінити готовність підприємств до цифрової трансформації.

У наукових працях І. Kovynyov та R. Mikut [3], а також Т. Remencová та А. Novák Sedláčková [4] досліджено особливості впровадження цифрових технологій в аеропортовій діяльності, зокрема у сфері наземного обслуговування та управління інфраструктурними процесами. Автори обґрунтовують, що цифровізація аеропортових операцій сприяє підвищенню операційної ефективності, зниженню витрат та формуванню нових джерел доходу, водночас акцентуючи увагу на необхідності інтеграції інформаційних систем у єдине цифрове середовище управління.

Подальший розвиток зазначеної проблематики відображено у роботах О. Katerna та К. Molchanova [5], де визначено ключову роль сучасних цифрових технологій (Big Data, штучний інтелект, біометричні системи, роботизовані сервіси) у модернізації діяльності аеропортів. У близькому науковому контексті О. Boyko [6] досліджує можливості використання геоінформаційних технологій, BIM/GIS-інтеграції та цифрових двійників для підвищення ефективності адміністративно-господарського управління аеропортовими комплексами, що свідчить про розширення меж цифровізації від операційного до стратегічного рівня управління.

Важливий внесок у розвиток теоретичних засад цифровізації авіаційного транспорту здійснено у дослідженні J. La та I. Heiets [7], де цифровізація розглядається як системне явище, що охоплює взаємодію авіакомпаній, аеропортів та систем управління повітряним рухом, забезпечуючи підвищення адаптивності, безпеки та результативності функціонування авіаційної системи загалом. У свою чергу, сучасні дослідження (С. Hsu, J. Yen та ін. [8]) акцентують увагу на застосуванні інформаційно-аналітичних систем та технологій штучного інтелекту для управління життєвим циклом авіаційної техніки, що розширює предметне поле цифровізації до інжинірингового та техніко-економічного виміру.

Водночас результати проведеного аналізу наукових джерел свідчать, що, незважаючи на значний обсяг досліджень, присвячених окремим аспектам цифрової трансформації, низка ключових питань залишається недостатньо опрацьованою. Зокрема, потребують подальшого дослідження проблеми комплексного інженерно-економічного обґрун-

тування процесів цифровізації управління авіаційною діяльністю, інтеграції сучасних цифрових технологій у систему прийняття управлінських рішень, оцінювання ефективності впровадження інжинірингових цифрових рішень, а також формування цілісної концепції цифрового управління, що забезпечує узгодження технічних, економічних та організаційних складових. Це зумовлює необхідність поглиблення наукових досліджень у напрямі розроблення теоретико-методичних підходів до цифровізації управління авіаційною діяльністю на основі інтеграції інженерно-економічного аналізу та інжинірингових інструментів.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження інженерно-економічних аспектів цифровізації управління авіаційною діяльністю та визначення ролі інжинірингових рішень у підвищенні ефективності управління.

Виклад основного матеріалу. Цифровізація управління авіаційною діяльністю у сучасних умовах виступає системоутворюючим фактором підвищення ефективності функціонування суб'єктів авіаційного транспорту, що обумовлено зростанням складності операційних процесів, необхідністю обробки значних обсягів даних та забезпечення оперативності прийняття управлінських рішень. Водночас цифрова трансформація галузі супроводжується низкою проблем, ключовою серед яких є недостатній рівень інженерно-економічного обґрунтування впровадження цифрових технологій, що призводить до дисбалансу між витратами на цифровізацію та отриманими результатами [1, с. 56]. У науковому аспекті інженерно-економічні аспекти цифровізації управління авіаційною діяльністю визначаються як сукупність методичних підходів до оцінювання техніко-технологічних параметрів цифрових рішень у взаємозв'язку з їх економічною ефективністю. Узагальнення ключових характеристик цифрових рішень у контексті інженерно-економічного аналізу наведено у табл. 1.

Ключовими складовими інженерно-економічного аналізу є визначення інвестиційних та експлуатаційних витрат, оцінювання економічного

ефекту від впровадження цифрових технологій, а також розрахунок інтегральних показників ефективності (NPV, IRR, PI), що дозволяє здійснити обґрунтований вибір управлінських рішень [11].

Концептуальна модель взаємодії інженерно-економічного аналізу та інжинірингових рішень у системі цифрового управління авіаційною діяльністю представлена на рис. 1.



Рис. 1 Модель інтеграції інженерно-економічного аналізу та інжинірингових рішень у цифровому управлінні авіаційною діяльністю

Джерело: узагальнено автором

Таблиця 1

Інженерно-економічна характеристика цифрових рішень в управлінні авіаційною діяльністю

Напрямок цифровізації	Інженерна складова	Економічний ефект	Показники оцінювання
Автоматизація пасажирських процесів (PSS, DCS)	Інтеграція інформаційних систем	Зниження витрат на обслуговування	NPV, ROI
Аналітика Big Data	Обробка великих масивів даних	Оптимізація маршрутної мережі	IRR, приріст доходу
Штучний інтелект (AI)	Оптимізація ресурсів	Скорочення простоїв	PI, OPEX
ІоТ-технології	Моніторинг технічного стану ПС	Зменшення витрат на ТОiP	Економія витрат

Джерело: систематизовано автором

Поряд із цим, ефективна реалізація цифровізації неможлива без застосування інжинірингових рішень, які забезпечують інтеграцію цифрових технологій у систему управління авіаційною діяльністю. Інжиніринг у даному контексті виступає як процес проєктування та оптимізації цифрових систем з урахуванням технічних і економічних параметрів їх функціонування [3, с. 112].

Аналізуючи рис. 1, варто відзначити, що представлена модель відображає інтеграційну взаємодію інженерно-економічного аналізу та інжинірингових рішень у контексті цифровізації управління авіаційною діяльністю як цілісної динамічної системи. Модель структурована за принципом ієрархічної декомпозиції функціональних підсистем, що дозволяє забезпечити системність, узгодженість та цілеспрямованість управлінських впливів.

Вихідним елементом моделі виступає зовнішнє середовище, яке формує екзогенні чинники впливу (ринкові умови, конкурентне середовище, регуляторні обмеження), що визначають параметри функціонування авіаційного підприємства. На основі цього формується сукупність вхідних даних і ресурсів, які є інформаційною базою для подальшої цифрової обробки та аналітичного забезпечення управління.

Технологічна підсистема виконує функції накопичення, інтеграції та обробки інформаційних потоків із використанням сучасних цифрових технологій, зокрема інформаційних систем, інструментів Big Data та технологій штучного інтелекту. Це створює передумови для підвищення оперативності обробки даних і забезпечення більш високого рівня достовірності управлінських рішень. Водночас аналітична (інженерно-економічна) підсистема спрямована на оцінювання ефективності впровадження цифрових рішень із використанням інтегральних економічних показників (NPV, IRR, PI), що дозволяє забезпечити економічну обґрунтованість процесів цифрової трансформації [9, с. 940].

Інжинірингова підсистема виступає інструментом перетворення результатів аналітичних розрахунків у конкретні техніко-технологічні рішення, орієнтовані на вдосконалення бізнес-процесів і впровадження цифрових технологій у діяльність авіаційного підприємства. У результаті такої взаємодії формується синергетичний ефект, який проявляється у взаємному підсиленні інженерних, економічних та інформаційних компонентів і забезпечує зростання загальної ефективності системи управління.

Управлінська підсистема забезпечує реалізацію основних функцій менеджменту, а саме планування, організації, мотивації та контролю, трансформуючи результати аналітичних і інжинірингових процесів у практичні управлінські рішення. Наслідком функціонування запропонованої моделі є досягнення мультиплікативного ефекту, що проявляється у зменшенні операційних витрат, підвищенні якості прийняття управлінських рішень, більш раціональному використанні ресурсів і зростанні конкурентоспроможності авіаційних підприємств.

Важливою ознакою моделі є наявність механізму зворотного зв'язку, який забезпечує її адаптивність і здатність до саморегулювання шляхом коригування параметрів функціонування відповідно до отриманих результатів. Це дає підстави розглядати цифровізацію управління авіаційною діяльністю як безперервний ітеративний процес, що характеризується високим рівнем гнучкості, адаптивності та стійкості до впливу зовнішнього середовища.

Подальший розвиток запропонованої моделі потребує конкретизації інструментального забезпечення цифровізації управління авіаційною діяльністю. У цьому контексті цифровізація реалізується через впровадження комплексу сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, які забезпечують автоматизацію, інтеграцію та інтелектуалізацію управлінських процесів. Зокрема, ключову роль відіграють системи управління пасажирськими перевезеннями (PSS) та системи контролю відправлення (DCS), які забезпечують автоматизацію процесів бронювання, реєстрації пасажирів та управління потоками перевезень.

Важливим напрямом цифровізації є використання аналітичних технологій Big Data, що дозволяють здійснювати обробку значних обсягів даних з метою прогнозування попиту, оптимізації маршрутної мережі та підвищення ефективності використання ресурсів. У поєднанні з технологіями штучного інтелекту (AI) це забезпечує формування систем підтримки прийняття рішень, здатних адаптуватися до змін зовнішнього середовища та мінімізувати управлінські ризики [10, с. 190].

Суттєвого значення набувають також IoT-технології, які забезпечують моніторинг технічного стану повітряних суден у режимі реального часу, що сприяє зниженню витрат на технічне обслуговування та підвищенню рівня безпеки польотів. Поряд із цим, впровадження цифрових платформ управління (AODB, інтегровані інфор-

маційні системи) дозволяє забезпечити синхронізацію інформаційних потоків між різними підрозділами авіаційного підприємства.

Окремим напрямом цифровізації є застосування концепції цифрових двійників (Digital Twin), які дозволяють моделювати експлуатаційні процеси, прогнозувати їх розвиток та оцінювати ефективність управлінських рішень ще до їх практичної реалізації. Це значно підвищує рівень обґрунтованості управління та сприяє зниженню витрат, пов'язаних із впровадженням інноваційних рішень.

Таким чином, цифровізація управління авіаційною діяльністю здійснюється на основі комплексного використання інформаційних систем, аналітичних технологій та інжинірингових рішень, що забезпечує перехід від традиційного до data-driven управління, орієнтованого на підвищення ефективності, адаптивності та конкурентоспроможності авіаційних підприємств.

Практична реалізація зазначених підходів може бути проілюстрована на прикладі організації пасажирських перевезень із пересадками, що набуває особливої актуальності для авіакомпаній, орієнтованих на розширення маршрутної мережі, зокрема типу SkyUp Airlines [12]. У таких умовах цифровізація управління передбачає впровадження інтегрованих інформаційних систем, які забезпечують координацію стикувальних рейсів, автоматичне перепланування маршрутів у разі затримок, а також оперативне інформування пасажирів. Застосування аналітики великих даних дозволяє прогнозувати потоки трансферних пасажирів, оптимізувати мінімальний час стикування (МСТ) та підвищувати рівень завантаження рейсів.

Використання технологій штучного інтелекту у цьому контексті сприяє формуванню адаптивних алгоритмів управління пересадочними процесами, що дозволяє мінімізувати ризики втрати стикувань, зменшити витрати на компенсації пасажирів та підвищити рівень сервісу. Водночас інжинірингові рішення забезпечують інтеграцію систем управління рейсами, обслуговування пасажирів та опе-

раційної діяльності в єдину цифрову платформу, що дозволяє синхронізувати інформаційні потоки та підвищити ефективність управління.

З інженерно-економічної точки зору впровадження цифрових рішень у процес організації пересадочних перевезень забезпечує мультиплікативний ефект, що проявляється у зростанні доходів за рахунок збільшення пасажиропотоку, зниженні операційних витрат, пов'язаних із затримками та неузгодженістю рейсів, а також підвищенні рівня задоволеності пасажирів. Це підтверджує доцільність використання комплексного підходу до цифровізації управління авіаційною діяльністю, що базується на інтеграції інженерно-економічного аналізу та інжинірингових рішень.

Висновки. У результаті проведеного дослідження обґрунтовано, що цифровізація управління авіаційною діяльністю є ключовим чинником підвищення ефективності функціонування авіаційних підприємств в умовах трансформації галузі. Доведено, що досягнення максимального ефекту цифрової трансформації можливе лише за умови інтеграції інженерно-економічного аналізу та інжинірингових рішень, що забезпечує обґрунтованість управлінських рішень, оптимізацію витрат і підвищення конкурентоспроможності. Запропонована модель дозволяє систематизувати процес цифровізації та відобразити взаємозв'язок технологічних, аналітичних і управлінських компонентів, формуючи мультиплікативний ефект у діяльності авіаційних підприємств.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці методичного інструментарію кількісної оцінки ефективності цифрових рішень, зокрема з використанням інтегральних показників (NPV, IRR, PI), а також у поглибленні досліджень щодо застосування штучного інтелекту, цифрових двійників та систем підтримки прийняття рішень у процесах управління авіаційною діяльністю. Окремої уваги потребує розробка прикладних моделей цифровізації організації пересадочних авіаперевезень та їх адаптація до умов функціонування сучасних авіакомпаній.

Список літератури:

1. Sukhorukov A., Koryagin N., Sulyagina J. та ін. Digital Transformation of Airline Management as the Basis of Innovative Development. VIII International Scientific Siberian Transport Forum. Cham: Springer, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-37916-2_83
2. Kuyuklik A., Kuşakcı A. O., Mbowe B. A digital transformation maturity model for the airline industry with a self-assessment tool. *Digital Applications in Aviation and Transport*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100055>
3. Kovynyov I., Mikut R. Digital technologies in airport ground operations. *Measurement Techniques*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11066-019-09132-5>

4. Remencová T., Novák Sedláčková A. Modernization of digital technologies at regional airports and its potential impact on cost reduction. *Transportation Research Procedia*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.06.003>
5. Katerna O., Molchanova K. Technological solutions for airports development during the digital transformation period. *Економічний аналіз*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2021.03.143>
6. La J., Heiets I. The impact of digitalization and intelligentization on air transportation system // *Aviation*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3846/aviation.2021.15336>
7. Воуко О. Перспективи використання геоінформаційних технологій в аеропортах України для адміністративно-господарського управління // *Технічні науки та технології*. 2020. № 4(22). С. 247–257. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-4\(22\)-247-257](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-4(22)-247-257)
8. Hsu C. I., Yen J. M. Analysis of passenger flow in airport terminal with Monte Carlo simulation and Petri net. *Journal of Transportation Engineering*. 2026. Vol. 132, No. 11. P. 856–865. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2026\)132:11\(856\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2026)132:11(856))
9. Tam M., Lam W. H. Forecasting of air passenger traffic using seasonal ARIMA with intervention. *Journal of Transportation Engineering*. 2025. Vol. 134, No. 11. P. 939–948. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2025\)134:11\(939\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2025)134:11(939))
10. Tosić V., Babić O. Intelligent decision support systems for airport operations management. *Transportation Research Procedia*. 2025. Vol. 30. P. 187–196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2025.09.020>
11. Коваленко Н.О. Інженерно-економічний аналіз як інструмент підвищення ефективності організації та управління авіаційною діяльністю. *Наука і техніка сьогодні*. 2025. 7(48). С. 15.64–15.79. <http://perspectives.pp.ua/index.php/nts/issue/view/369>
12. SkyUp Airlines. Офіційний сайт авіакомпанії. URL: <https://skyup.aero/> (дата звернення: 24.03.2026).

Kovalenko N.O. PROBLEMS AND PROSPECTS OF DIGITAL TRANSFORMATION IN AVIATION MANAGEMENT: AN ENGINEERING-ECONOMIC AND ENGINEERING APPROACH

The article examines the problems and prospects of the development of digitalization of aviation activity management in the context of the transformation of the global air transport market, increasing competition, and growing requirements for the efficiency of aviation enterprises. It is substantiated that digitalization is a key instrument for ensuring the competitiveness of air transport entities, enhancing the flexibility of management processes, and adapting them to dynamic changes in the external environment. It is established that current trends in the industry are characterized by the active implementation of digital technologies, including decision support systems, automated information systems, digital platforms, big data processing technologies, and intelligent data analytics. The study analyzes the engineering and economic aspects of digitalization, which include evaluating the effectiveness of implementing digital solutions, optimizing costs, increasing resource productivity, and improving the quality of managerial decision-making.

It is substantiated that the application of engineering approaches ensures the systematic nature of digital transformation, facilitates the integration of technological and economic components, and enhances the validity of managerial decisions based on analytical models and forecasting. The role of digital tools in improving the efficiency of operational processes, resource management, planning activities, and ensuring the safety of air transportation is determined.

The scientific novelty of the study lies in the development and substantiation of a model for the integration of engineering-economic analysis and engineering solutions in the digital management of aviation activities, which ensures the alignment of technological, economic, and managerial components and the formation of well-grounded managerial decisions. It is proved that effective digital transformation requires a comprehensive approach that involves the coordination of engineering, economic, and organizational solutions. A conceptual approach to the digitalization of aviation activity management is proposed, based on the integration of engineering-economic analysis, modern information technologies, and engineering solutions into a unified digital management ecosystem.

The feasibility of using digital platforms and intelligent systems to enhance transparency, adaptability, and efficiency of aviation enterprise management is substantiated.

Keywords: digitalization, aviation activity management, aviation enterprise, engineering-economic analysis, engineering, digital transformation, information systems, efficiency, big data, automation.

Дата першого надходження статті до видання: 24.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 19.05.2026