

CHAPTER «DEVELOPMENT OF THE NATIONAL ECONOMY, FINANCE AND MANAGEMENT IN MODERN CONDITION»

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-407-8-1>

Oleksandr Bykonja

*PhD in Economics,
Senior Researcher, Department of Economic Growth
and Structural Change in the Economy,
State Organization “Institute for Economics and Forecasting,
National Academy of Sciences of Ukraine”*

Nataliia Romanovska

*PhD in Economics, Associate Professor,
Researcher, Department of Economic Growth
and Structural Change in the Economy,
State Organization “Institute for Economics and Forecasting,
National Academy of Sciences of Ukraine”*

Liliia Venger

*PhD in Economics, Researcher,
Department of Industrial Policy,
State Organization “Institute for Economics and Forecasting,
National Academy of Sciences of Ukraine”*

DIGITALIZATION OF THE AVIATION SECTOR

Summary

In the face of modern global challenges, the further development of many economic sectors depends on the implementation of innovative technologies. A promising direction for the development of the aviation industry is the introduction of digital technologies. The impact of digitalization on the development of the aviation goods market in Ukraine and the world is examined. The global experience of digitalization in aviation goods markets is analyzed. Technological digitalization trends in Ukraine’s aviation industry are evaluated. The possibilities of applying blockchain technology to various economic sectors are considered. The prospects for digitalization of Ukraine’s aviation industry are identified, taking into account the possibilities of implementing various information technologies.

Вступ

В останнє десятиліття у світі відбувається широке впровадження цифрових технологій в різні галузі економіки. У розвинутих країнах промисловість поступово переходить на новий рівень функціонування та використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), що створює передумови для переходу до Індустрії 4.0. Це надає можливості пришвидшити як процес розробки, так і виробництва та подальшого сервісного обслуговування. Також досить швидко відбувається процес впровадження цифрових технологій у сфері транспорту. Організація пасажиропотоку та обслуговування клієнтів авіакомпаній виходить на новий рівень.

У провідних країнах світу розвиваються адитивні технології виробництва деталей для літальних апаратів, широко використовуються цифрові технології в процесі розробки нової продукції авіабудування. Також в аеропортах активно впроваджуються цифрові технології для обслуговування пасажирів та здійснення польотів. Це призводить до поступової цифрової трансформації як окремих компаній, так і світового ринку товарів авіаційної галузі загалом.

Важливим напрямом подальшої цифровізації авіаційної галузі є впровадження технологій блокчейн. Передбачається, що використання такої технології дасть можливості підвищити рівень кіберзахисту як окремих компаній, так і сприяти подальшому розвитку аеропортів та удосконаленню безпеки пасажирських перевезень. Авіаційна галузь потребує підвищення рівня конкурентоспроможності на світовому ринку, тому необхідним є розгляд та вирішення питань цифрової трансформації як національного ринку авіаційних перевезень, так і галузі загалом з урахуванням можливостей міжнародного співробітництва.

Розділ 1. Вплив цифровізації на розвиток авіаційної галузі

Зростаюча глобалізація та поширення технологій аналізу даних докорінно змінюють організацію управління повітряним простором та ринок авіаперевезень. Якщо дивитися на проблему в цілому, то за останнє десятиліття високотехнологічні рішення в цивільній авіації дозволили запропонувати споживачам нові стандарти безпеки польотів, якості обслуговування та комфорту. Впровадження цифрових технологій також підвищило ефективність роботи авіакомпаній. Ці технології дозволяють пришвидшити обслуговування пасажирів, знизити витрати та підвищити безпеку в авіації. Тому тема діджиталізації як в авіаційній галузі, так і в бізнес-процесах цивільної авіації набуває все більшої актуальності [1, с. 44].

Вплив цифровізації наразі має значний вплив на розвиток усіх високотехнологічних галузей, у тому числі й авіаційної. Багато

підприємств почали реалізовувати проекти з впровадження передових цифрових рішень у проєктуванні, виробництві та післяпродажному обслуговуванні авіаційної продукції [2, с. 213].

Слід зазначити, що найбільші вигоди від цифровізації в авіаційній галузі отримують на *стадії розробки проєктних зразків*, на так званій стадії життєвого циклу товару «development». Концептуальні ескізи літаків і гелікоптерів нового покоління розробляються в 3D і передаються в електронному вигляді між розробниками, експериментальним і серійним виробництвом, складальними, випробувальними та сертифікаційними центрами.

Сьогодні використання 3D-програмного забезпечення дозволяє скоротити час проєктування вдвічі, а «безпаперові» креслення швидко адаптуються і переносяться на сучасні 5-координатні верстати. Раніше креслення потрібно було фізично доставляти, відтворювати і лише потім на основі цих креслень налагоджувати технологію виробництва кожного майбутнього компонента або вузла літака. Цифрові технології дозволяють виробляти сучасні винищувачі п'ятого покоління і пасажирські літаки для цивільного ринку, що включають в себе всі сучасні досягнення високих технологій. Крім того, на сучасному світовому рівні технологічного розвитку неможливо виробляти продукцію, що користується попитом, без масштабної конструкторсько-виробничої кооперації з інтегрованими ІТ-системами. Перехід на використання цифрових технологій у літакобудуванні значно полегшив підготовку виробництва, оскільки деякі креслення були замінені на 3D-моделі, що дозволило ефективніше відстежувати кожен етап і позбавило від необхідності передавати паперову документацію [3]. Зокрема, оцифрування скорочує час складання та підвищує точність вузлів і готових літаків. Наприклад, при встановленні систем трубопроводів у фюзеляжі (кількість яких на великих літаках вимірюється кілометрами) завдання, яке раніше займало кілька годин, скоротилося до 20–30 хвилин завдяки впровадженню системи «технічного зору».

На *стадії серійного виробництва* процеси цифровізації мають критичне значення для успіху нових авіаційних проєктів, адже без впровадження новітніх технологій неможливо виробляти високо-технологічну продукцію, конкурентоспроможну на світовому ринку. Це стосується таких додаткових технологій, як виробництво керамічних та полімерних матеріалів, роботизоване лазерне зварювання, нанесення термобар'єрних покриттів тощо.

Прикладом розвитку цифрових технологій є впровадження та розвиток наскрізного 3D-проєктування та виробництва авіаційних двигунів. Це дозволяє підприємствам скоротити загальний інноваційний процес за

рахунок зменшення витрат на виробництво високотехнологічної продукції, підвищити якість та надійність, зменшити кількість циклів випробувань та час виведення на ринок [4; 5].

Не менш важливим етапом цифровізації авіаційного ринку є створення сучасних систем *сервісного обслуговування авіатехніки*. Термін служби сучасного літака становить 30–50 років, при цьому вартість придбання повітряного судна становить лише 40%, решта – витрати на його обслуговування протягом усього життєвого циклу.

Загалом, сучасна світова концепція продажу повітряного судна означає, що разом з літаком клієнт отримує «не просто послугу, а цілу цифрову екосистему» послуг з обслуговування продукту [2]. Такий підхід дає можливість усім сторонам, що співпрацюють, від виробників літаків та їхніх постачальників до авіакомпаній та організацій з технічного обслуговування літаків, підвищити ефективність використання повітряних суден на основі даних, отриманих під час експлуатації та автоматизованої операційної взаємодії. Такий масштабний виклик вимагає не лише трансформації окремої корпорації, а й створення безперервного цифрового потоку даних в галузі, тобто всього ланцюжка учасників, задіяних у виробництві, експлуатації та обслуговуванні повітряних суден. За таких умов значно зростає важливість інноваційного оновлення матеріально-технічної бази світової авіаційної промисловості.

Сьогодні також важливим є обмін інформацією між компаніями на етапі досліджень і розробок для гнучкого та швидкого реагування на запити ринку. Подальша цифровізація та активне використання інформаційних технологій впливають на ефективність операцій, якість управління життєвим циклом продукції та оптимізацію витрат. Яскравим прикладом спільної науково-дослідницької діяльності, спрямованої на розробку і впровадження екологічно чистих інновацій та зменшення впливу авіації на навколишнє середовище, є розробка нового авіаційного біопалива, яка об'єднує зусилля Європейського аерокосмічного оборонного та космічного концерну (EADS), компаній Boeing та Embraer. У цьому випадку міжнародні науково-технічні зв'язки були спрямовані на досягнення спільної мети – 7% використання біопалива на повітряному транспорті до кінця 2023 року [6]. Іншим прикладом є співпраця між Aegion, лідером авіаційного ринку в галузі аеродинамічного дизайну корпусів літаків, та американською військово-промисловою компанією Lockheed Martin з метою проектування та будівництва нової моделі надзвукового літака AS2. Очікується, що ця тримоторна конструкція збільшить швидкість польоту та покращить аеродинаміку майбутніх пасажирських літаків.

Авіатранспортні компанії зазвичай тісно співпрацюють з державними установами, вищими навчальними закладами та науково-дослідними

інститутами. Як результат, інноваційні інститути в рамках міжнародного авіаційного бізнесу беруть активну участь у розвитку світового ринку авіаційних технологій. Наприклад, Deutsche Lufthansa AG створила Lufthansa Innovation Hub як окрему дочірню компанію. Міжнародний авіаційний холдинг International Airlines Group у партнерстві з провідним світовим фахівцем з корпоративних інноваційних рішень L Marks також запустив програму Hangar 51, щоб допомогти удосконалити процеси в аеропорту, оцифрувати бізнес-процеси, покращити прийняття рішень на основі даних з метою підвищення рівня задоволеності клієнтів і розробки абсолютно нових інноваційних ідей, які можуть змінити потреби споживачів авіаційних послуг. З цією ж метою бюджетна авіакомпанія Jet Blue створила Jet Blue Technology Venture, незалежний венчурний підрозділ для просування інновацій [7]. Національний перевізник Малайзії також запустив свою першу власну інноваційну лабораторію iSpace. Партнерами «Малайзійських авіаліній» у цій ініціативній групі є IBM, Amadeus, Telekom Malaysia та Universiti Sains Malaysia [8]. Прискоренню процесу передачі нового досвіду на світовому ринку авіаційних технологій також сприяють міжнародні аеропорти, які прагнуть підтримувати інновації та цифрову трансформацію. Наприклад, французька група Aéroport de Paris, яка управляє всесвітньою мережею аеропортів, запустила ініціативу Smart Airport Innovation Centre для проектування аеропортів завтрашнього дня. Інноваційна лабораторія в міжнародному аеропорту Сан-Дієго – це середовище співпраці, де компанії, інноватори та керівники аеропортів працюють разом, щоб генерувати та тестувати нові ідеї.

Загалом, рушійні сили цифрової трансформації в аеропортах прагнуть перетворити термінал з логістичного та торгового на масштабний економічний центр з усією необхідною інфраструктурою. Іншими словами, бізнес-моделі багатьох міжнародних аеропортів, а також авіавиробників сьогодні змінюються, успішно переходячи від надання мінімального набору послуг, включаючи безпечне перевезення пасажирів і вантажів, до надання комплексних, клієнтоорієнтованих послуг. Тому ще однією важливою сферою діяльності, яку не оминула цифровізація, є пасажирські перевезення. Цифровізація в секторі обслуговування пасажирів авіакомпаній є одним з головних пріоритетів з метою модернізації управління та створення зручної і практичної системи обслуговування для клієнтів. Технології, засновані на аналізі великих даних та моделях машинного навчання, дозволяють авіакомпаніям вивчати вподобання пасажирів, сегментувати клієнтів за різними параметрами та пропонувати їм найкращі рейси, бортове харчування та супутні послуги [1].

Сьогодні оператори аеропортів все більше інвестують у розробку та впровадження біометричних технологій, блокчейн-рішень, хмарних сервісів, технологій обробки та аналізу «великих даних», систем автоматизації та операційних центрів. У найближчі роки особливо розвиватимуться рішення, спрямовані на підвищення швидкості та якості обслуговування пасажирів. Наразі обслуговування пасажирів в основному здійснюється на стійках і займає в середньому 1–1,5 хвилини на одного пасажера, але до 2030 року, завдяки відповідним сервісам і мобільним застосункам, більшість пасажирів зможуть реєструватися на рейс онлайн з дому або з інших місць, де є доступ до Інтернету.

Спеціальні RFID-мітки і датчики дозволять пасажерам відстежувати переміщення свого багажу в режимі реального часу. При цьому, на його реєстрацію і здачу буде потрібно в межах 15–20 секунд. Подальший розвиток Інтернету речей призведе до більш комфортного перебування пасажирів в аеропортах, кращої якості наземного обслуговування та покращення розкладу польотів.

Використання біометричних паспортів та посадкових талонів з інтегрованими мікроелектронними елементами спростить процеси контролю на виході на посадку та паспортного контролю. Ще одним перспективним напрямком оцифрування є впровадження технології блокчейн. Сьогодні його використовують для зберігання даних пасажирів, інформації про рейси та фінансові транзакції. Рішення на основі блокчейну можуть бути інтегровані в біометричні та мобільні пристрої для забезпечення безпеки та швидкості ідентифікації пасажирів. Таким чином, спеціалізовані технологічні рішення та розробки можуть значно полегшити процес планування польотів для авіакомпаній та оптимізувати витрати.

Основними тенденціями цифровізації в авіаційній галузі є безпека, персоналізований підхід до пасажирів та оптимізація роботи персоналу. Безпека була і залишатиметься ключовим пріоритетом розвитку авіаційної галузі. Високі технології вивели безпеку польотів на новий рівень. Для забезпечення безпеки не тільки на борту літаків, але й в аеропортах постійно впроваджуються передові рішення, які не заважають комфорту пасажирів. Цифрові технології управління та телекомунікації скорочують час перебування пасажирів в аеропорту та час очікування літаків, а також покращують координацію роботи технічних служб. Багато традиційних радіолокаційних систем і систем управління вже не забезпечують належної безпеки польотів і не є економічно ефективними. Однією з найсучасніших і найефективніших технологій управління повітряним простором є автоматичне спостереження-трансляція (ADS-B), в якій літаки використовують супутникову навігацію для визначення свого місцезнаходження і періодично транслюють і

передають польотні дані до наземних диспетчерських центрів. Ця технологія спостереження дозволяє авіадиспетчерам відстежувати літаки. Технологія працює як на малих висотах, так і на землі, а тому також використовується для моніторингу руху на злітно-посадкових смугах і маршрутах аеропортів. Крім того, ADS-B працює в районах, де радары неефективні (віддалені та гірські райони); широке використання ADS-B підвищить безпеку, гнучкість та ефективність управління повітряним рухом, а також зменшить поздовжні інтервали між літаками, рівень шуму, радіації та споживання палива.

Загалом, великі авіакомпанії та найбільші аеропорти активно впроваджують технології Інтернету речей, підключаючи все більше елементів фізичної інфраструктури та розробляючи спеціальні навігаційні застосунки, які аналізують інформацію з датчиків про місцезнаходження об'єктів. Ця технологія допомагає управляти зростаючим пасажиропотоком, покращити якість обслуговування, знизити витрати та оптимізувати роботу галузі. Інтернет речей – це сукупність фізичних об'єктів, підключених до інтернету і оснащених датчиками, які збирають і обмінюються даними за допомогою мережі, включаючи локальні і бездротові, починаючи від смартфонів і планшетів і закінчуючи автомобілями і реактивними двигунами. В аеропортах технології допомагають передавати дані на портативні електронні пристрої, важливі для навігації, а також об'єднують системи оповіщення та моніторингу руху на всіх об'єктах, щоб зробити перебування пасажирів комфортнішим і безпечнішим.

Таким чином, вищезазначене свідчить про те, що впровадження сучасних цифрових технологій у діяльність авіакомпаній може значно підвищити їхню ефективність і водночас зменшити витрати. Це дозволить їм адекватно задовольняти зростаючі потреби пасажирів і таким чином підтримувати конкурентоспроможність та імідж компанії.

У зв'язку з цим необхідно виділити основні напрямки, які полегшують процес адаптації до нових інноваційних умов для виробників. До них можна віднести [2]:

- удосконалення процедур правовідносин стосовно інтелектуальної власності;
- забезпечення координації та постійного обміну між фундаментальною наукою, прикладними науково-дослідними інститутами та дослідницькими центрами;
- підтримка відновлення інтелектуального потенціалу науково-дослідних інститутів, конструкторських бюро та підприємств, що випускають серійну продукцію, що полягає у підготовці вчених, інженерів, техніків та висококваліфікованих робітників для авіаційної сфери.

Таким чином, цифрові галузі відносяться до динамічного сектору не лише завдяки швидкому зростанню, а й активній трансформації способів виробництва в більшості галузей, особливо в аерокосмічній та авіаційній.

Розділ 2. Світовий досвід стимулювання цифрових трансформацій в авіаційній галузі

Прискорення цифровізації у світі вимагає формування інституційної бази. Зокрема, в ЄС у 2010 році було прийнято Європейський цифровий порядок денний (Digital Agenda for Europe) для досягнення повної цифровізації економіки, який встановив цілі та завдання до 2020 року:

- створення єдиного цифрового ринку – усунення бар'єрів і встановлення загальних правил для вільного поширення онлайн-послуг і розваг через кордони; створення єдиного платіжного простору в Інтернеті; розвиток бізнесу із завантаження музики; захист споживачів ЄС у кіберпросторі;

- розвиток інтероперабельності (сумісності) та стандартів – вдосконалення регуляторних процедур, підвищення сумісності та забезпечення безперешкодної взаємодії між численними ІТ-пристроями, застосунками, сховищами даних та послугами;

- зменшення загрози від шкідливого програмного забезпечення, скоординована європейська відповідь на кібератаки та посилення правил захисту персональних даних;

- розвиток високошвидкісного інтернету – досягнення швидкості 30 Мбіт/с для користувачів та 100 Мбіт/с для щонайменше 50% користувачів інтернету для телебачення високої роздільної здатності та відеоконференцій, стимулювання інвестицій та прийняття комплексного плану використання радіочастотного ресурсу;

- розвиток досліджень та інновацій – залучення найкращих дослідників, розвиток інфраструктури світового рівня, забезпечення належного фінансування, перетворення найкращих ідей на продукти та послуги, посилення співпраці та усунення фрагментарності європейських ініціатив;

- вдосконалення електронних навичок – понад 50% європейців зараз користуються інтернетом щодня, але 30% ніколи не користувалися ним;

- використання ІКТ для вирішення соціальних проблем – скорочення споживання енергії, підтримка життя громадян похилого віку, трансформація системи охорони здоров'я, підвищення якості державних послуг, оцифрування культурної європейської спадщини та забезпечення доступу до Інтернету для різних верств населення [9].

Іншими словами, цей документ був однією з флагманських ініціатив Європейської стратегії зростання та зайнятості до 2020 року, яка була спрямована на ефективніше використання ІКТ. Метою Цифрового

порядку денного було створення єдиного європейського цифрового ринку з сучасними високошвидкісними мережами та спільними застосунками для сприяння сталому економічному та соціальному зростанню [10, с. 44]. Більшість країн ЄС розглядали Цифровий порядок денний як рамковий документ і прийняли відповідні національні програми цифрового розвитку своїх суспільств.

Гармонізація цифрового ринку є однією з ключових цілей політики країн Європейського Союзу для досягнення конкретних результатів для громадян країн Східного партнерства. Підтримка ЄС у цій сфері надається через ініціативу EU4Digital, яка поєднує пріоритетні заходи та місцеві програми. Ядром ініціативи EU4Digital була профінансована ЄС трирічна програма «EU4Digital: цифрові технології в країнах Східного партнерства. Підтримка економіки та суспільства» (2019-2022). EU4Digital спрямована на розширення Єдиного цифрового ринку (ЄЦР) на східні країни-партнери й розвиток потенціалу цифрової економіки та суспільства для забезпечення економічного зростання, створення більшої кількості робочих місць, покращення життя людей і підтримки бізнесу. Метою проєкту є гармонізація цифрового ринку за допомогою EU4Digital, яка також спрямована на усунення бар'єрів на шляху до загальноєвропейських онлайн-сервісів для громадян, державних адміністрацій та бізнесу, підвищення якості таких сервісів та пропонування їх за кращими цінами та з більшим вибором.

Вищезазначене свідчить про те, що ЄС оцифровує свою економіку, передбачаючи зростаючий глобальний вплив нових технологій та зростання доходів від електронної комерції, обміну даними та послуг. Реалії глобального світу диктують такі умови для модернізації економіки та створення чітких правил для нової інноваційної ери.

Заслуговує на увагу співпраця ЄС у сфері цифрових технологій: Європейська Комісія готує угоди з ключовими азійськими партнерами, зокрема з Японією та Південною Кореєю. Питання цифрових технологій також включені в торговельні переговори з латиноамериканськими країнами, такими як Мексика та країн, що входять до економічного союзу держав у Південній Америці (Mercosur). Наприклад, ЄС профінансував будівництво підводного кабелю, що з'єднав Європу і Латинську Америку, поліпшивши якість телекомунікаційних послуг, знизивши витрати на підключення.

Але цифрова співпраця – це не лише розвиток інфраструктури. Країни Європейського Союзу налагодили дослідницьку співпрацю і залучають інші країни до вирішення питань у даній сфері, як безпосередньо, так і через низку міжнародних організацій. До основних напрямів відносяться наступні: управління Інтернетом, інтероперабельність, 5G, Інтернет

речей (IoT), а також впровадження загальних технічних стандартів, необхідних для поширення хмарних технологій.

Про важливість цього свідчить той факт, що стратегія Єдиного цифрового ринку увійшла в десятку політичних пріоритетів Європейської Комісії.

Оскільки авіаційна галузь є частиною економіки будь-якої країни, процес цифрової трансформації в авіації є частиною процесу цифровізації економіки країни в цілому. Це пов'язано з тим, що повітряний транспорт займає центральне місце у світовому туризмі та торгівлі. За даними Міжнародної асоціації повітряного транспорту (IATA), до 2036 року кількість пасажирів подвоїться до 7,8 мільярда, що стимулюватиме попит на продукцію авіаційної галузі. Корпорація «Airbus», один з найбільших виробників літаків прогнозує, що світовий парк літаків подвоїться протягом наступних 20 років. Ці тенденції сприятимуть посиленню міжнародної конкуренції в галузі та її послідовній цифровій трансформації.

Технологічні тенденції цифрової трансформації світової та вітчизняної авіаційної галузі

Після повного призупинення авіаперевезень у 2020 році глобальні авіаперевезення поступово відновлюються і стають все більш доступними та бажаними, а також взаємопов'язаними з міжнародним співтовариством і туристичним сектором та високими показниками безпеки польотів. За оцінками, у світовій авіаційній галузі працює 65,5 мільйона осіб, з яких 10,8 мільйона є непрямыми постачальниками авіаційної галузі, наприклад, виробниками деталей і компонентів.

У 2019 році світові авіакомпанії перевезли понад 4,5 мільярда пасажирів і згенерували загальний дохід у розмірі 550 мільярдів доларів США.

До COVID-19 Міжнародна асоціація повітряного транспорту (IATA) прогнозувала, що пасажиропотік подвоїться до 2037 року, але після пандемії нові прогнози скоригували цю дату до 2040 року.

За даними української профспілки «Укрпрофавіа», Україна має велику авіаційну галузь, в якій лише у виробничому секторі та секторі послуг зайнято близько 50 000 працівників. Незважаючи на те, що авіаперевезення скоротилися після початку пандемії, авіаційна галузь має значний вплив на ВВП країни. Більше того, Україна, як і інші регіони світу, була готова до подолання ключових викликів найближчих років, пов'язаних з діджиталізацією галузі [11, с. 213]:

1. Впровадження біометрії. Жоден аспект авіаційної галузі, що є важливою складовою авіаперевезень, не потребує нових технологій більше, ніж безпека аеропортів та пасажирів. Однак, завжди існує проблема, як аеропорти можуть ефективно обробляти дані пасажирів,

дотримуючись стандартів безпеки. У цьому контексті біометрія може допомогти авіаційній галузі досягти обох цілей.

Біометрія – це технологія, що використовується для нагляду та ідентифікації, яка передбачає обчислення та вимірювання людського тіла [12]. За допомогою цієї технології служба безпеки аеропорту може виявляти та ідентифікувати пасажирів швидше і точніше, допомагаючи скоротити час очікування і черги. Параметри та вимірювання, які враховує біометрія, включають співставлення відбитків пальців, сканування сітківки ока та розпізнавання обличчя.

2. *Інтелектуальні кабіни пілотів.* Підключені кабіни дозволяють наземним операторам знати стан здоров'я екіпажу шляхом моніторингу різних життєво важливих показників, що дозволяє їм приймати рішення в режимі реального часу і підвищувати ефективність польотів. Загалом, є дві основні причини, чому зв'язок із кабіни з наземним екіпажем є важливим:

– *уникнення зривів плану польоту.* Рішення про затримку або скасування рейсу повністю залежить від низки факторів, наприклад, від того, яке технічне обслуговування знадобиться літаку після посадки і скільки пального йому знадобиться. Якщо наземні оператори мають доступ до даних з кабіни та інших показників, вся команда може вчасно відреагувати та мінімізувати вплив затримок і скасувань рейсів;

– *пом'якшення наслідків скасування рейсів.* Коли один рейс затримується, скасовується або змінюється маршрут, що в подальшому має вплив на наступні рейси. Зв'язок в кабіні пілотів пом'якшує цю ланцюгову реакцію і дозволяє екіпажу скоригувати свої плани.

Створення інфраструктури, необхідної для успішної роботи системи зв'язку в кабіні пілотів, вимагає значних інвестицій, але великі авіакомпанії впроваджують цю технологію через очікувану економічну окупність з точки зору задоволеності клієнтів і управління ресурсами. Рішення, прийняті за допомогою підключення до кабіни пілота, можуть в кінцевому підсумку заощадити авіаційній галузі приблизно 15 млрд доларів США на рік, а також скоротити викиди CO₂ на 21,3 млн тонн на рік до 2035 року [11, с. 213].

3. *Авіаційна безпека та розумне обслуговування.* Технічне обслуговування є важливою статтею накладних витрат на повітряному транспорті. За даними корпорації Boeing, авіакомпанії щорічно витрачають на обслуговування літаків 40 млрд дол. США. Технічне обслуговування літаків включає в себе комплексний і систематичний огляд, обслуговування, ремонт, заміну, встановлення запчастин і модернізацію. Технічне обслуговування повітряних суден включає прямі витрати, такі як вартість робочої сили та матеріалів, необхідних для ремонту та обслуговування повітряних суден, а також непрямі витрати,

спричинені затримкою чи скасуванням рейсів, незапланованим технічним обслуговуванням. Все це впливає на задоволеність клієнтів і коштує для підприємств авіаційної галузі мільярди доларів щороку.

Щоб скоротити всі види витрат, авіаційна галузь практикує «розумне» технічне обслуговування, яке допомагає оптимізувати робоче місце авіаційних інженерів і техніків з технічного обслуговування, які здатні швидше діагностувати проблеми і визначити відповідний шлях технічного обслуговування, одночасно покращуючи загальний час виконання робіт і ефективність.

Ключові тенденції в обслуговуванні літаків включають використання квадрокоптерів для огляду зовнішнього вигляду літаків, відстеження зовнішнього вигляду літаків в режимі онлайн (за допомогою технологій доповненої реальності), а також предикативне технічне обслуговування з технологією «Цифрові близнюки», яка дає можливість бачити інженерам в реальному часі стан агрегатів на борту літака в повітрі та дозволяє авіакомпаніям передбачити проблеми, що необхідно вирішити на землі.

Розділ 3. Технологія блокчейн та її місце в цифровізації авіаційної галузі

Блокчейн – це сучасна технологія, яка обробляє і зберігає інформацію (цифрові дані) та ідентифікує контрагентів на основі прозорості, стабільності та незалежності. Це інструмент з високим потенціалом для підтримки довіри між сторонами, а також усунення корупції та людського фактору. Завдяки своїй децентралізованій природі блокчейн відкриває нові можливості для ринку. Технологія блокчейн зберігає інформацію про транзакції у вигляді блоків у розподіленій базі даних, де кожен блок нерозривно пов'язаний криптографічним алгоритмом. Кожен блок містить позначку часу і посилання на попередню транзакцію. Такі операції відкидаються системою і не можуть бути змінені.

Суть базової технології, з якої виник блокчейн, описана Стюартом Харбором, В. Скоттом Сторнетом та Дейвом Байером [13; 14]. Практичний потенціал технології блокчейн описаний в роботі Сатоші Накамото (Концепція децентралізованої електронної платіжної системи Bitcoin) [15]. Значний внесок у дослідження блокчейну зробили аналітичні та дослідницькі компанії, серед яких виділяються Gartner та IDC. Вітчизняні дослідження блокчейну та його практичного застосування, особливо в промисловості, на сьогодні дещо обмежені, але варто відзначити роботи Липницького Д.В. та Ющенко Н.Л. [16; 17] та огляд Української блокчейн асоціації [18]. Питання можливості та доцільності використання технології блокчейн у промисловості для мінімізації цифрових ризиків залишається актуальним і сьогодні.

Згідно зі щорічним аналізом Gartner, однієї з провідних світових дослідницьких та консалтингових компаній, блокчейн входив до топ-10 найбільш перспективних технологічних трендів протягом чотирьох років (період з 2017 по 2020 рр.). Це свідчить про очікування, що блокчейн відіграватиме все більшу роль і у майбутніх технологічних розробках.

Дослідження вказують, що використання технології блокчейн відкриває широкий спектр можливостей і може в майбутньому мінімізувати цифрові ризики, які виникають у процесі бізнес-діяльності компаній. Зокрема, до основних перспективних сфер використання блокчейну відносяться:

- відстеження фізичних активів у ланцюгу поставок для визначення їхнього точного місцезнаходження та права власності (наприклад, відстеження транспортних засобів у процесі кредитування, відстеження запасних частин, відстеження творів мистецтва після продажу, відстеження їхнього місцезнаходження під час транспортування);

- автоматизована обробка претензій та відкликання продукції у сфері торгівлі та послуг;

- ідентифікація осіб – завдяки блокчейну записи можуть бути надійно пов'язані з конкретною особою без будь-яких змін;

- організація внутрішнього обліку – дані, що потребують захисту, залишаються в межах окремої організації за допомогою приватного блокчейну (основні дані, внутрішні документи, записи замовлень, рахунки-фактури, управління фінансовими операціями);

- використовується для платежів і розрахунків між сторонами при здійсненні транзакцій, таких як виплати роялті, біржові розрахунки, міжбанківські платежі, комерційні кредити, обробка закупівель до оплати та обробка грошових переказів;

- відстеження активів – облік руху активів без відстеження їхнього місцезнаходження та відтворення повної історії володіння активами;

- спільне зберігання записів певної кількості учасників і надійний розподіл між ними (корпоративні оголошення, управління бронюванням, записи польотів, регуляторна звітність);

- відстеження даних і управління функціями інтелектуальних просторів або ж рішень IoT;

- оптимізація процесу фінансування торгових операцій (управління акредитивами, спрощення торгового фінансування, сприяння транскордонній торгівлі).

З огляду на потенціал цієї технології та широкий інтерес бізнесу до можливостей, які вона може запропонувати, витрати на технологію блокчейн з 2017 року стрімко зростали і до 2020 року досягли 4,5 млрд. доларів США. Очікується, що до кінця 2024 року світові витрати на блокчейн-рішення досягнуть 19 млрд дол. США [19].

Проблеми та перспективи застосування і розвитку технології блокчейн

Незважаючи на те, що блокчейн вважається однією з найбільш проривних технологій цифрової економіки, існують певні застереження щодо її використання. Зокрема, виникає питання, чи варто вирішувати за допомогою технології блокчейн завдання, з якими можуть впоратися традиційні бази даних. Також не слід сприймати технологію як достатньо зрілу для повномасштабного впровадження та використання. Помилковою є думка, що блокчейн – це «бізнес-рішення», тоді як насправді це технологія базового рівня, яка вимагає створення додаткових застосунків для вирішення конкретних бізнес-потреб. Масштаб використання також необхідно враховувати, оскільки технологія ще не є масштабованою і не підходить для використання в якості бази даних або системи зберігання. Очікування щодо інтероперабельності не виправдалися, оскільки більшість платформ і базових протоколів все ще перебувають на стадії розробки, і повна сумісність технологій не гарантується.

Наразі виявлено різні проблеми і вузькі місця, які в даний час перешкоджають широкому використанню технології блокчейн, включаючи репутаційні, технічні, організаційні, енергетичні та екологічні питання [20].

Репутаційні проблеми: іміджеві (блокчейн асоціюється з криптовалютами і дії шахраїв та хакерів негативно впливають на його імідж); руйнівний характер процесу впровадження технології блокчейн негативно впливає загалом на систему блокчейн-технологій; протидія державного регулювання (жорсткість регуляторних спроб влади контролювати технологію блокчейн перешкоджає інноваціям та зростанню).

Технічні проблеми: недостатня масштабованість і незрілість технології; відсутність стандартизації (сфера блокчейну не має універсальних стандартів); брак експертів з блокчейну, що спричиняє проблеми з інтеграцією зі старими системами; брак розробників блокчейну; громіздкість і повільність блокчейну зі збільшенням кількості користувачів відповідно збільшується час, необхідний для обробки транзакцій, а транзакційні витрати є вищими порівняно з «традиційними» платіжними системами.

Організаційні проблеми: нерозуміння технології; парадокс продуктивності (швидкість і ефективність пов'язані з високими загальними витратами); відсутність співпраці; проблемні питання безпеки та конфіденційності; відсутність чіткого регулювання та належного управління.

Енергетичні та екологічні проблеми. Технологія блокчейн використовує протоколи підтвердження роботи (PoW) як механізм консенсусу для підтвердження транзакцій. Ці протоколи вимагають великих обчислювальних потужностей для перевірки транзакцій і захисту мережі. Кількість енергії, яку споживають комп'ютери, знаходиться на рекордно високому рівні: згідно з Кембриджським індексом споживання електроенергії, виробництво комп'ютерів вимагає майже стільки ж енергії, скільки споживає Україна [21].

Приватні або корпоративні блокчейни означають, що процесом керує один «головний» користувач. Це можуть бути компанії, що надають платформу для роботи. Прогнозується, що система буде використовуватися в охороні здоров'я, сфері послуг, обороні та промисловості.

Впровадження невзаємозамінних токенів (NFT) в системах цифрового архівування. Активи, що є цінними через свою унікальність, такі як музика, різноманітні файли, зображення та коди, є цифровими файлами, копіювання або відтворення яких є неконтрольованим. Технології можуть забезпечити захист творчої спадщини та збереження даних про право власності на землю, майно та транспортні засоби. Це може допомогти відстежувати інформацію про попередніх власників та дані, які безпосередньо впливають на ціноутворення. Технологія є своєчасною та актуальною, так як стандартні методи отримання інформації можуть забирати багато часу, оскільки вимагають надсилання запиту до реєстраційної служби, очікування відповіді або проведення пошуку самотійно.

Послуги (сервіс). Великі компанії, такі як Amazon та Microsoft, створили та розвивають спеціальні платформи. Ці платформи призначені для підприємців, які хочуть навчитися керувати технологією блокчейн і використовувати її як сервіс. Вони допомагають створювати повністю незалежні та децентралізовані об'єкти та архітектури.

Військове використання блокчейну. Технологія має низку переваг для оборонної промисловості завдяки своїй децентралізованій природі. По-перше, децентралізована структура блокчейну забезпечує його доступність. Це також знижує вартість емуляції цієї технології. По-друге, його стійкість до відмов, безпека і незмінність особливо корисні для зберігання даних, що є великою перевагою для багатьох військових застосувань. Представники аерокосмічної та оборонної промисловості визначили блокчейн як провідну нову технологію, яку вони хочуть просувати для збільшення зростання та ефективності галузі. Оборонні організації по всьому світу все частіше використовують можливості блокчейну. Очікується, що в найближчі роки оборонна дослідницька спільнота шукатиме нові додатки на основі блокчейну для збройних

сил, серед яких кіберзахист, безпечний обмін повідомленнями, відмовостійкий зв'язок, логістика та оборонні мережі Інтернету речей.

Технологія блокчейн для кібербезпеки і розвитку авіаційної промисловості

Технологія блокчейн має багато застосувань у сфері кіберзахисту, оскільки її можна використовувати як для критично важливих систем, так і для допоміжних цілей. У цьому контексті існує три типи застосування блокчейну: кіберзахист і цілісність даних, управління ланцюгами поставок і стійкий зв'язок [22].

З технічної точки зору, найбільш корисними у сфері кіберзахисту вважаються приватні блокчейни. Оскільки відкриті блокчейни можуть становити небезпеку для захисту конфіденційної інформації, так як доступ до ланцюжка не контролюється. Закриті ж блокчейни (приватні блокчейни) характеризуються бар'єрами для входу і тому найбільш придатні для оборонного використання, де адміністратор відповідає за прийом учасників і визначення правил ланцюжка (дозволів на читання і запис). Доступ і правила системи може контролювати одна людина – військовий командир. В контексті міжвидового управління можливі також гібридні блокчейни.

Кібербезпека і цілісність даних. Численні переваги блокчейну роблять його потужним інструментом для запобігання кібератакам і пояснюють, чому ця технологія корисна в деяких сферах, пов'язаних з кіберзахистом. Так, у 2017 році КНДР викрала 235 Гб конфіденційної інформації, що належала розвідувальним службам Південної Кореї та США. В цей же час Європейська комісія заявила, що «було понад 4000 атак програм-вимагачів на день, і 80% європейських компаній зіткнулися щонайменше з одним інцидентом кібербезпеки. Економічні наслідки кіберзлочинності лише за останні чотири роки зросли вп'ятеро, та їх частка продовжує збільшуватися» [23]. Федеральний уряд США став об'єктом понад 60 000 кібератак, причому енергетичний сектор є особливо вразливим через свою залежність від зв'язку та комп'ютерних технологій [24]. Зберігання великих обсягів конфіденційної інформації в одному місці, безумовно, є небезпечним. Це може призвести до крадіжки великих обсягів конфіденційної інформації іноземцями, що отримало назву «терабайти смерті». З огляду на це, децентралізованість, яку пропонують блокчейни, і стійкість, що забезпечується їхньою здатністю виявляти і блокувати спроби вторгнення, є надзвичайно корисними. У той час як централізовані організації, що відповідають за цифрові комунікації, є більш вразливими до атак, що призводять до перехоплення або втручання в комунікації, блокчейн створює безпечне середовище, де вихід з ладу одного вузла не призводить до виходу з ладу інших завдяки горизонтальному обміну даними. У процесі модернізації застарілого

озброєння блокчейн використовується для кращого захисту централізованих систем командування і управління, які пов'язують зброю з датчиками в системі, що дозволяє зброї швидше виявляти цілі і наносити удари [25].

Децентралізований підхід до прийняття рішень захищає процес транзакцій від кібератак. Блокчейн є незмінним завдяки передовим криптографічним методам, а отже, справді безпечним. Оскільки блоки не можуть бути змінені без згоди всіх учасників або адміністратора ланцюжка, передача даних повинна відбуватися від законного суб'єкта. Крім того, безпека, яку гарантує блокчейн, не ґрунтується на секретності або довірі, і немає необхідності захищати паролі або ключі шифрування. Зрештою, блокчейн – це колективні зусилля всієї мережі, спрямовані на активну протидію спробам зловмисників.

Управління ланцюгами постачання. У військовій логістиці та ланцюгах постачання наразі задіяні сотні різних зацікавлених сторін з військового та приватного секторів. Це середовище дедалі більше ускладнюється партнерськими відносинами з розробниками, стартапами та галузевими гравцями, що призводить до непотрібних витрат, неточностей та невиконання завдань. Тим не менш, блокчейн може вирішити ці проблеми і надати ряд переваг, включаючи збільшення швидкості доставки, відстеження, безпеку і економію коштів. Одне з найважливіших застосувань блокчейну в ланцюгу поставок – це підвищення прозорості, безпеки та ефективності ланцюга поставок.

Висновки

Впровадження цифрових технологій створює можливості для переходу на новий рівень як для виробничої сфери, так і для сфери надання послуг. Це є основою для подальшого розвитку ринків товарів та послуг, скорочення часу на розробку та виробництво нових товарів різних галузей промисловості, в тому числі і під час виробництва нових літальних апаратів. Це створює нові можливості для авіабудівних підприємств стосовно виготовлення складних деталей літаків. Відповідно постає питання про застосування даних технологій на вітчизняних підприємствах для підвищення рівня конкурентоспроможності на світовому ринку літальних апаратів та зменшення технологічної залежності.

У сфері авіаперевезень досить швидкими темпами відбувається процес цифрової трансформації ринку, тому доцільним є подальший розгляд світового досвіду, оцінка технологічних трендів і тенденцій стосовно цифровізації даної сфери. В контексті набуття Україною статусу кандидата на вступ до ЄС постає питання щодо підвищення рівня функціонування українських підприємств та удосконалення відповідної

інфраструктури авіаційної галузі. В сучасних умовах розвитку інформаційно-комунікаційних технологій актуальним є питання кібербезпеки як окремих підприємств, так і галузі в цілому. Передбачається, що перспективним напрямом при вирішенні вищезазначених питань буде впровадження блокчейн-технології в авіаційному секторі. Використання даних технологій створить умови для подальшого розвитку авіаційної галузі за рахунок розширення сервісів та підвищення рівня кібербезпеки, що є важливим при здійсненні пасажирських авіап перевезень.

Враховуючи вищезазначене, слід звернути увагу на те, що цифровізація та подальший розвиток авіаційного сектору економіки України потребує підвищення рівня міжнародного науково-технічного співробітництва, розвитку та впровадження нових інструментів стимулювання галузі на основі взаємодії держави, науки та бізнесу, що дасть змогу відновити та розвивати виробництво літальних апаратів, а також підвищити рівень авіаційних пасажирських перевезень в Україні.

Список використаних джерел:

1. Олешко Т.І., Попик Н.В., Бабич М.О. Цифровізація бізнес-процесів в цивільній авіації. *Економіка та держава*. 2021. № 4. С. 43–46. С. 44. URL: http://www.economy.in.ua/pdf/4_2021/9.pdf (дата звернення: 10.03.2024).
2. Трубай Ю., Ханнуф К. Цифровізація як сучасна концепція розвитку і автоматизації авіаційної галузі. *Review of transport economics and management*. 2020. № 4. С. 212–218. С. 213. URL: <https://crust.ust.edu.ua/server/api/core/bitstreams/6d90140c-6001-4cdc-b0cb-acbac7eacdae/content> (дата звернення: 10.03.2024).
3. Kushnirenko O., Zarudnaya O. Development of the Ukrainian aerospace and aviation industry in the conditions of strengthening of influence of digital calls. 2019. *Scientific journal "Development Strategy of Ukraine"*. Vol. 1. P. 35–40. URL: <https://conference.nau.edu.ua/index.php/AVIA/AVIA2019/paper/viewFile/6186/4862> (дата звернення: 10.03.2024).
4. Друк деталей на 3D-принтері дозволить Boeing заощадити до 3 млн дол. США на кожному літаку. Укрінформ. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/2210055-3ddruk-dozvolit-boeing-zaosaditi-do-3-miljoni-na-koznomu-lajneri.html> (дата звернення: 10.03.2024).
5. Турецька аерокосмічна промисловість отримає найбільший у світі електронно-промисловий 3D-принтер / Mono Filament. URL: <https://monofilament.com.ua/blog-novini-3d-druku-ta-additivnih-tehnologij-turetska-aerokosmichna-promislovi-otrimaje-najbilshij-u-sviti-elektronno-promislovi-3d-printer> (дата звернення: 10.03.2024).
6. Бугайко Д.О., Гуріна Г.С., Заблоцька Р.О., Корж М.В., Сидоренко К.В. Світовий ринок технологій у сфері авіації як форма реалізації міжнародних науково-технологічних відносин. *International Scientific Journal "Internauka". Series: "Economic Sciences"*. № 12. URL: <https://www.inter-nauka.com/issues/economic2022/12/8491> (дата звернення: 10.03.2024).
7. Pereira B., Lohmann G., Houghton L. The Role of Collaboration in Innovation and Value Creation in the Aviation Industry. *Journal of Creating Value*. 2021. № 7(1).

P. 44–59. URL: <https://doi.org/10.1177/23949643211010588> (дата звернення: 10.03.2024).

8. Molchanova K. Organization of Aviation Enterprises' Interaction Based on the Digital Platform. *Virtual Economics*. 2021. № 4(1). P. 77–97. URL: [https://doi.org/10.34021/ve.2021.04.01\(4\)](https://doi.org/10.34021/ve.2021.04.01(4)) (дата звернення: 10.03.2024).

9. Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions. Digital agenda for Europe. European Commission. 2010. URL: <https://eufordigital.eu/wp-content/uploads/2019/10/COMMUNICATION-FROM-THE-COMMISSION-TO-THE-EUROPEAN-PARLIAMENT.pdf> (дата звернення: 10.03.2024).

10. Our chance for the best future ever. Today. Morning. Day after tomorrow. Austrian Research Promotion Agency FFG “Digital Austria”. URL: <https://www.digital.austria.gv.at/digital-agenda-for-europa> (дата звернення: 10.03.2024).

11. Новіков К. 7 ключових трендів світової авіації. Центр транспортних стратегій. URL: https://cfts.org.ua/blogs/7_klyuchovikh_trendiv_svitovo_aviatsi_593 (дата звернення: 10.03.2024)

12. Chyzhevska M., Romanovska N., Ramskyi A., Venger V., Obushnyy M. Behavioral Biometry as a Cyber Security Tool. *CPITS-II-2021: Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems*, October 26, 2021, Kyiv, Ukraine. P. 88–97. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3188/paper9.pdf> (дата звернення: 10.03.2024).

13. Haber S., Stornetta W. S. How to time-stamp a digital document. *Journal of Cryptology*. 1991. V. 3. P. 99–111. URL: <https://doi.org/10.1007/BF00196791> (дата звернення: 10.03.2024).

14. Bayer D., Haber S., Stornetta W.S. Improving the Efficiency and Reliability of Digital Time-Stamping. In: Capocelli R., De Santis A., Vaccaro U. (eds) *Sequences II. Methods in Communication, Security, and Computer Science*. Springer, New York, NY. 1993. P. 329–334. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4613-9323-8_24 (дата звернення: 10.03.2024).

15. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (дата звернення: 10.03.2024).

16. Липницький Д.В. Можливості та виклики для блокчейн у новій індустріалізації. *Економіка промисловості*. 2019. № 1 (85). С. 82–100. (дата звернення: 10.03.2024).

17. Ющенко Н.І. Розвиток Блокчейн-технологій в Україні та світі. *Економіка і суспільство*. 2018. № 19. С. 269–275.

18. Огляд блокчейн індустрії в Україні. Травень 2019, Київ. Асоціація Блокчейн України. URL: <https://bau.ai/wp-content/uploads/2019/05/Overview-of-the-blockchain-industry-in-Ukraine.pdf> (дата звернення: 10.03.2024).

19. Statista Inc. Global blockchain solutions spending 2017–2024. URL: <https://www.statista.com/statistics/800426/worldwide-blockchain-solutions-spending> (дата звернення: 10.03.2024).

20. Finextra Research. Remaining challenges of blockchain adoption and possible solutions. 2020. URL: <https://www.finextra.com/blogposting/18496/remaining-challenges-of-blockchain-adoption-and-possible-solutions> (дата звернення: 10.03.2024).

21. Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index. Cambridge Centre for Alternative Finance. 2021. URL: <https://cbeci.org/cbeci/comparisons> (дата звернення: 10.03.2024).

22. Blockchain in defence: a breakthrough? URL: <https://finabel.org/wp-content/uploads/2020/09/FFT-Blockchain.pdf> (дата звернення: 10.03.2024).

23. State of the Union 2017- Cybersecurity: Commission scales up EU's response to cyber-attacks. European Commission. 2017. published on 19 September 2017. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_17_3193 (дата звернення: 10.03.2024).

24. Mire S. Blockchain for Military Defense: 7 Possible Use Cases, Disruptor Daily, published on November 9, 2018. URL: <https://www.disruptordaily.com/blockchain-use-cases-military-defense/> (дата звернення: 10.03.2024).

25. Babones S. Smart Blockchain Battleships Are Right Around the Corner. *The National Interest*, May 17, 2018. URL: <https://nationalinterest.org/feature/smart-battleships-are-right-around-the-corner-25872> (дата звернення: 10.03.2024).

References:

1. Oleshko T., Popyk N., Babych M. (2021) Tsyfrovizatsiia biznes-protseviv v tsyvilnii aviatsii [Digitalization of business processes in civil aviation]. *Ekonomika ta derzhava*, vol. 4, pp. 4–46. P. 44. Available at: http://www.economy.in.ua/pdf/4_2021/9.pdf (accessed March 10, 2024).

2. Trubai Y., Hannouf K. (2020) Tsyfrovizatsiia yak suchasna kontseptsiiia rozvytku i avtomatyzatsii aviatsiinoi haluzi [Digitalization as a modern concept of aviation development and automation]. *Review of transport economics and management*, vol. 4, pp. 212–218. P. 213. Available at: <https://crust.ust.edu.ua/server/api/core/bitstreams/6d90140c-6001-4cdc-b0cb-acbac7eacdae/content> (accessed March 10, 2024).

3. Kushnirenko O., Zarudnaya O. (2019) Development of the Ukrainian aerospace and aviation industry in the conditions of strengthening of influence of digital calls. *Scientific journal "Development Strategy of Ukraine"*, vol. 1, pp. 35–40. Available at: <https://conference.nau.edu.ua/index.php/AVIA/AVIA2019/paper/viewFile/6186/4862> (accessed March 10, 2024).

4. Druk detalei na 3D-prynteri dozvolyt Boeing zaoshchadyty do 3 mln dol. SSHa na kozhnomu litaku. Ukrinform [Printing parts on a 3D printer will allow Boeing to save up to \$3 million per aircraft. Ukrinform]. Available at: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/2210055-3ddruk-dozvolit-boeing-zaosaditi-do-3-miljoni-na-koznomu-lajneri.html> (accessed March 10, 2024).

5. The Turkish aerospace industry will receive the world's largest electron beam 3D printer [Turetska aerokosmichna promyslovisht otrymaie naibilshyi u sviti elektronno-promenevyi 3D-prynter]. Mono Filament. Available at: <https://monofilament.com.ua/ua/blog-novini-3d-druku-ta-additivnih-tehnologij/turetska-aerokosmichna-promislovisht-otrimaje-najbilshij-u-sviti-elektronno-promenevij-3d-printer> (accessed March 10, 2024).

6. Bugayko D., Gurina G., Zablotska R., Korzh M., Sydorenko K. (2022) Svitovy rynok tekhnolohii u sferi aviatsii yak forma realizatsii mizhnarodnykh naukovo-tekhnolohichnykh vidnosyn [The global technology market in the field of aviation as a form of implementation of international scientific and technological relations]. *International Scientific Journal "Internauka". Series: "Economic Sciences"*, vol. 12. Available at: <https://www.inter-nauka.com/issues/economic2022/12/8491> (accessed March 10, 2024).

7. Pereira B., Lohmann G., Houghton L. (2021) The Role of Collaboration in Innovation and Value Creation in the Aviation Industry. *Journal of Creating Value*, vol. 7(1), pp. 44–59. DOI: <https://doi.org/10.1177/23949643211010588> (accessed March 10, 2024).

8. Molchanova K. (2021) Organization of Aviation Enterprises' Interaction Based on the Digital Platform. *Virtual Economics*, vol. 4(1), pp. 77–97. Available at: [https://doi.org/10.34021/ve.2021.04.01\(4\)](https://doi.org/10.34021/ve.2021.04.01(4)) (accessed March 10, 2024).
9. Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions (2010). Digital agenda for Europe. European Commission. Available at: <https://eufordigital.eu/wp-content/uploads/2019/10/COMMUNICATION-FROM-THE-COMMISSION-TO-THE-EUROPEAN-PARLIAMENT.pdf> (accessed March 10, 2024).
10. Our chance for the best future ever (2024) Today. Morning. Day after tomorrow. Austrian Research Promotion Agency FFG “Digital Austria”. Available at: <https://www.digital.austria.gv.at/digital-agenda-for-europa> (accessed March 10, 2024)
11. Novikov K. 7 klyuchovykh trendiv svitovoi aviatsii. [7 key trends in world aviation. Center for Transportation Strategies]. Available at: https://cfts.org.ua/blogs/7_klyuchovykh_trendiv_svitovo_aviatsi_593 (accessed March 10, 2024).
12. Chyzhevska M., Romanovska N., Ramskyi A., Venger V., Obushnyy M. (2021) Behavioral Biometry as a Cyber Security Tool. *CPITS-II-2021: Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems*. October 26. Kyiv, Ukraine. P. 88–97. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-3188/paper9.pdf> (accessed March 10, 2024).
13. Haber S., Stornetta W. (1991) How to time-stamp a digital document. *Journal of Cryptology*, no. 3(2), pp. 99–111. Available at: <https://doi.org/10.1007/BF00196791> (accessed March 10, 2024).
14. Bayer D., Haber S., Stornetta W. (1993) Improving the Efficiency and Reliability of Digital Time-Stamping. Sequences II. Methods in Communication, Security, and Computer Science. (eds Capocelli R., De Santis A., Vaccaro U.). NY.: Springer, New York. P. 329–334 (accessed March 10, 2024).
15. Nakamoto S. (2008) Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Available at: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (accessed March 10, 2024).
16. Lipnitskiy D.V. (2019) Mozhlyvosti ta vyklyky dlia blokchein u novii industrializatsii [Opportunities and challenges of blockchain Industry 4.0]. *Ekonomika promyslovosti*, vol. 1, no. 85, pp. 82–100.
17. Yushhenko N.L. (2018) Rozvy`tok Blokchejn-texnologij v Ukraini ta sviti [Development of Blockchain technologies in Ukraine and the world]. *Ekonomika i suspil`stvo*, no. 19, pp. 269–275.
18. Ohliad blokchein industrii v Ukraini [Overview of the blockchain industry in Ukraine]. Traven 2019, Kyiv. Asotsiatsiia Blokchein Ukrainy. Available at: <https://bau.ai/wp-content/uploads/2019/05/Overview-of-the-blockchain-industry-in-Ukraine.pdf> (accessed March 10, 2024).
19. Statista Inc. Global blockchain solutions spending 2017–2024. Available at: <https://www.statista.com/statistics/800426/worldwide-blockchain-solutions-spending/> (accessed March 10, 2024).
20. Finextra Research. Remaining challenges of blockchain adoption and possible solutions. Available at: <https://www.finextra.com/blogposting/18496/remaining-challenges-of-blockchain-adoption-and-possible-solutions> (accessed March 10, 2024).
21. Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index. Cambridge Centre for Alternative Finance. 2021. Available at: <https://cbeci.org/cbeci/comparisons> (accessed March 10, 2024).
22. Blockchain in defence: a breakthrough? Available at: <https://finabel.org/wp-content/uploads/2020/09/FFT-Blockchain.pdf> (accessed March 10, 2024).

23. State of the Union 2017- Cybersecurity: Commission scales up EU's response to cyber-attacks. European Commission. 2017. published on 19 September 2017. Available at: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_17_3193

24. Mire S. (2018) Blockchain For Military Defense: 7 Possible Use Cases. Disruptor Daily, published on November 9. Available at: <https://www.disruptordaily.com/blockchain-use-cases-military-defense/> (accessed March 10, 2024).

25. Babones, S. (2018) Smart Blockchain Battleships Are Right Around the Corner. *The National Interest*, May 17. Available at: <https://nationalinterest.org/feature/smart-battleships-are-right-around-the-corner-25872> (accessed March 10, 2024).