

УДК 629.735.017.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.6.1/51>**Царенко А.О.**

Кременчуцький льотний коледж
Харківського національного університету внутрішніх справ

Тягній В.Г.

Кременчуцький льотний коледж
Харківського національного університету внутрішніх справ

Яніцький А.А.

Кременчуцький льотний коледж
Харківського національного університету внутрішніх справ

Козловська Т.Ф.

Кременчуцький льотний коледж
Харківського національного університету внутрішніх справ

Олійник Л.Л.

Кременчуцький льотний коледж
Харківського національного університету внутрішніх справ

РОЛЬ АВІАЦІЙНОЇ НАЗЕМНОЇ ТЕХНІКИ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ: РИЗИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Стаття присвячена аналізу ролі авіаційної наземної техніки у забезпеченні безпеки польотів, дослідженню основних ризиків, що супроводжують її експлуатацію, та визначенню перспектив модернізації у контексті підвищення ефективності та надійності авіаційних операцій.

У статті обґрунтовано, що обладнання наземної підтримки (Ground Support Equipment, GSE) є критично важливим елементом функціонування сучасної авіаційної інфраструктури, оскільки забезпечує життєвий цикл технічного обслуговування повітряних суден, включаючи енергопостачання, буксирування, навантажувально-розвантажувальні процеси, технічний огляд та підготовку до польоту. Підкреслено, що ефективність роботи GSE безпосередньо впливає на рівень безпеки польотів, оскільки більшість інцидентів, пов'язаних із пошкодженням літаків на землі, відбуваються саме внаслідок порушень у функціонуванні наземного обладнання або помилок персоналу.

Також, у даному дослідженні систематизовано основні групи ризиків експлуатації GSE, серед яких виокремлено технічні (зношення, старіння обладнання), організаційні (недотримання процедур, низький рівень підготовки персоналу), операційні (затримки рейсів, неузгодженість дій різних служб), екологічні (високі викиди та шум), а також технологічні ризики, що виникають при цифровізації та автоматизації процесів. Зазначено, що впровадження автономних систем управління, електрифікації та інтелектуального моніторингу відкриває значні можливості для мінімізації людського фактора, підвищення енергоефективності та покращення загальної операційної стабільності.

Показано, що перспективи модернізації GSE полягають у комплексній трансформації технічних, організаційних і культурних компонентів системи безпеки. Важливим чинником підвищення рівня безпеки є створення інтегрованої системи управління ризиками, що поєднує технічне оновлення обладнання, цифрові платформи моніторингу, аналітику в реальному часі та підвищення кваліфікації персоналу.

Наголошується, що ефективне впровадження автоматизованих і електричних засобів обслуговування має супроводжуватися належними заходами з кібербезпеки та навчанням персоналу. Визначено, що системний підхід до модернізації GSE є ключем до сталого розвитку авіаційної інфраструктури та запорукою підвищення безпеки польотів у глобальному масштабі.

Ключові слова: авіаційна наземна техніка, безпека польотів, модернізація, автоматизація, цифровізація, управління ризиками, електрифікація, авіаційна інфраструктура.

© Царенко А.О., Тягній В.Г., Яніцький А.А., Козловська Т.Ф., Олійник Л.Л., 2025

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Постановка проблеми. Сучасна авіаційна галузь характеризується постійним зростанням кількості рейсів, зростанням вимог до оперативної ефективності та безпеки, а також загостренням конкуренції та економічного тиску на авіаперевізників і наземні служби. У цьому контексті ефективна організація наземного обслуговування літаків стає критичною складовою забезпечення безпеки польотів. Особливу увагу заслуговує обладнання наземної підтримки – ground support equipment (GSE), – яке забезпечує всі види наземних операцій з літаком: підведення живлення, запуск двигунів, буксирування, навантаження або розвантаження багажу і вантажу, обслуговування пасажирів, технічне обслуговування тощо. Без належної організації та контролю роботи такого обладнання можуть виникати затримки, аварії або пошкодження літаків, ризики травмування персоналу чи пасажирів, а також негативні фінансові наслідки для операторів.

Виходячи з цього, дослідження ролі наземної техніки в забезпеченні безпеки польотів, виявлення ризиків, які супроводжують її експлуатацію, та оцінка перспектив модернізації є актуальною науковою задачею сьогодення. Оскільки, в цілому обладнання наземної підтримки підвищує експлуатаційну ефективність та безпеку, полегшуючи процеси обробки літаків, моніторинг рухів та зменшує присутність людської помилки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На основі проведеного огляду наукових праць по тематиці статті, виокремимо кілька ключових напрямів досліджень та розглянемо їх детальніше. Перш за все дослідники показали, що стан і використання наземного обладнання безпосередньо корелюють із ризиками виникнення пошкоджень літаків або наземних інцидентів: за даними Міжнародної асоціації повітряного транспорту (IATA) у базі IDX за останні роки зафіксовано понад 5800 випадків пошкоджень літаків саме унаслідок роботи GSE.

Окрім цього, виконане емпіричне дослідження на кількох аеропортах вказує, що GSE-обладнання може бути значним чинником затримок рейсів, що опосередковано впливає і на безпеку: в дослідженні Н. Tucci та F. Facchini («*Ground support equipment and flight delays: a multivariate analysis in different locations*», 2025) встановлено, що обладнання GSE може істотно збільшувати затримки рейсів і кожен аеропорт має свої характерні особливості у цьому сенсі. Також, публікації останніх років звертають увагу на відповідність процедурам персоналу, що

обслуговує GSE. Наприклад, дослідження з Індонезії показало, що рівень дотримання працівниками GSE стандартних процедур (SOP) ще нижчий, ніж очікується, і корелює з рівнем безпеки польотів (коефіцієнт кореляції 0,9) [1].

Якщо розглядати галузеві звіти, то вони містять аналіз ризиків, пов'язаних із старінням обладнання, відсутністю регулярного техобслуговування, недостатньою цифровізацією та автоматизацією – наприклад, у звіті Civil Aviation Safety Authority (CASA, Австралія) зазначається, що GSE, які використовуються довгий час і не проходять адекватного технічного контролю, можуть призвести до травм персоналу або пошкоджень літаків.

Тенденції модернізації останніх років, включно із впровадженням електричного GSE (eGSE), автономних транспортних засобів, систем підключення і моніторингу в реальному часі – наведені у галузевих статтях та аналітиці («*Recent Innovations in Ground Support Equipment*», «*Green Solutions for Ground Support Equipment at Airports*»). Зокрема, електрифікація GSE розглядається як один із ключових напрямів модернізації [2, 3].

При цьому, можна констатувати недостатню системну інтеграцію цифрових технологій у GSE з точки зору безпеки польотів, недостатнього аналізу людського фактора у наземних операціях, а також відсутність узагальнених моделей ризиків, пов'язаних із наземною підтримкою.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження авіаційної наземної техніки у контексті забезпечення безпеки польотів, виявлення основних ризиків, пов'язаних з її експлуатацією, та оцінка перспектив її модернізації.

Виклад основного матеріалу. Наземне обслуговування літаків перед вильотом, після приземлення або під час технічного простою передбачає комплекс операцій, що виконуються за допомогою обладнання наземної підтримки [4]. До цього обладнання належать наземні енергоблоки живлення (Ground Power Units, GPU), буксирні трактори, вантажні підйомники та конвеєри, пасажирські сходи, системи кондиціонування або обігріву повітря, технічні установки, а також пристрої для обслуговування багажу та вантажу. Обладнання наземної підтримки є невід'ємним елементом авіаційної інфраструктури, оскільки забезпечує ефективність експлуатаційних процесів, підвищує безпеку та мінімізує ймовірність людських помилок під час підготовки повітряного судна до польоту.

У контексті безпеки польотів функції GSE мають ключове значення. У зв'язку з тим що, системи електроживлення, кондиціонування та запуску двигунів дозволяють виконувати технічні операції без використання бортових джерел енергії, що зменшує ризик збоїв у роботі обладнання та продовжує термін його служби [5]. Буксирування та відчеплення літаків із позицій стоянки або ангара вимагає високої точності, оскільки будь-яке відхилення може призвести до пошкодження літака чи травмування персоналу. Операції з обслуговування багажу, вантажу та пасажирів також потребують бездоганної координації між технічними засобами та персоналом. Надійність підйомників, конвеєрів і пасажирських сходів безпосередньо впливає на дотримання часових та безпекових стандартів, загальну якість наземного обслуговування.

Окрім того, ефективна система моніторингу руху наземного обладнання, чітке управління потоками транспорту і взаємодія між екіпажами, диспетчерами та технічною службою є запорукою уникнення зіткнень, інцидентів і порушень у структурі авіаційних операцій. Отже, GSE є критично важливою ланкою у забезпеченні безпеки польотів, адже навіть найсучасніше повітряне судно може бути піддане ризику через неналежне наземне обслуговування.

Разом із тим експлуатація наземного обладнання супроводжується низкою ризиків, які прямо або опосередковано впливають на безпеку авіаційних операцій. Одним із основних ризиків є фізичне зношення, старіння техніки та відсутність належного технічного обслуговування. Застаріле обладнання, яке використовується понад встановлені терміни, може стати джерелом аварійних ситуацій або пошкодити літак. Не менш значущим чинником є людський фактор – порушення процедур, недостатня підготовка персоналу та нехтування стандартами експлуатації. Типовими проблемами залишаються неправильне розташування обладнання біля літака, відсутність сигнальних маячків тощо. Такі порушення істотно підвищують ймовірність інцидентів і збільшують ризик людської помилки [6].

Окрім того, небезпеку становить недостатня координація руху наземного транспорту, затори на території аеродрому, низька видимість та несприятливі погодні умови. Такі фактори можуть призвести до зіткнень між обладнанням і літаками, затримок або пошкоджень. Операційні затримки, спричинені неефективною роботою GSE, негативно впливають на ритм польотів і створюють

стресові ситуації серед персоналу, що опосередковано знижує рівень безпеки. Екологічні та енергетичні ризики також залишаються актуальними: значна частина наземної техніки досі працює на двигунах внутрішнього згоряння, що підвищує рівень шуму, викидів і погіршує умови праці. Це, своєю чергою, негативно позначається на здоров'ї працівників і створює додаткові бар'єри для інвестицій у модернізацію.

З появою цифрових і автоматизованих систем обслуговування виникають нові ризики, пов'язані з кібербезпекою, помилками в програмному забезпеченні, несправністю сенсорів або несумісністю обладнання. При переході до «розумних» систем управління важливо враховувати рівень підготовки персоналу, адже недостатня компетентність у роботі з цифровими системами може звести нанівець потенційні переваги автоматизації.

Інтеграційні ризики між обладнаннями різних виробників і службами також залишаються проблемою, особливо коли операції здійснюються кількома підрядниками. Некоректна взаємодія людей, процесів і технічних засобів часто стає причиною пошкоджень літаків і затримок рейсів. Систематизуємо та узагальнимо основні ризики і їх характеристики у вигляді табл. 1.

Перспективи модернізації наземного обладнання визначаються потребою підвищення безпеки, ефективності та екологічності авіаційних процесів. Одним із провідних напрямів є автоматизація – впровадження автономних або напів-автономних транспортних засобів, підйомників і роботизованих систем, що знижують залежність від людського фактора. Цифровізація та впровадження систем моніторингу в реальному часі дають змогу відстежувати технічний стан, розташування і рівень завантаження GSE, своєчасно виявляти несправності та прогнозувати технічне обслуговування. Аналіз даних у поєднанні з інтелектуальними системами управління сприяє прийняттю рішень на основі доказової інформації, що зменшує ризики збоїв і підвищує ефективність операцій.

Важливим напрямом є електрифікація обладнання, що дозволяє скоротити експлуатаційні витрати, зменшити рівень шуму та викидів, а також підвищити надійність техніки. Використання електричних або гібридних систем сприяє сталому розвитку авіаційної галузі, однак потребує оновлення інфраструктури – створення станцій зарядки, модернізації електромереж і підготовки технічного персоналу. Паралельно актуальним залишається управління життєвим

Основні ризики експлуатації наземної техніки (GSE) та їхні характеристики

№	Тип ризику	Коротка характеристика	Потенційний вплив на безпеку польотів
1	Зношення/старіння обладнання	Технічне обладнання використовують тривалий час без оновлення або заміни.	Підвищення ймовірності несправностей, травм, пошкодження літака.
2	Недотримання процедур/ людський фактор	Персонал не виконує SOP, недостатня підготовка.	Помилки в наземному обслуговуванні, затримки, інциденти.
3	Некоординована наземна діяльність	Конфлікти руху GSE, низька видимість.	Зіткнення, пошкодження літака, затримки.
4	Операційні затримки	GSE не готове або неефективне в обслуговуванні.	Стрес для персоналу, накопичення ризиків, зниження якості.
5	Екологічні/енергетичні фактори	Використання застарілих двигунів, шум, викиди.	Низька економічна ефективність, зниження уваги до безпеки.
6	Цифрові/технологічні ризики	Автоматизація, підключені системи з кіберризиками.	Збої, неправильної роботи обладнання, порушення безпеки.
7	Інтеграційні ризики процесів	Багато субпідрядників, слабка взаємодія.	Погана координація, помилки, інциденти.

циклом обладнання: заміна старих агрегатів, утилізація відпрацьованих компонентів і дотримання регламентів обслуговування.

Не менш важливим аспектом модернізації є підвищення кваліфікації персоналу та формування культури безпеки. Впровадження міжнародних стандартів і сертифікаційних програм сприяє підвищенню професійного рівня працівників, зміцненню дисципліни та зниженню ймовірності помилок. Таким чином, модернізація наземного обладнання – це не лише технічне оновлення, а комплексна трансформація управлінських, організаційних і культурних процесів.

Водночас модернізація супроводжується власними ризиками, зокрема під час інтеграції нових систем у вже існуючі інфраструктури. Упровадження автономних або електричних GSE потребує комплексного підходу до кіберзахисту, безпеки даних, сумісності з наявним обладнанням і адаптації процедур технічного обслуговування. Неналежне врахування цих аспектів може створити нові вразливості, що негативно позначатимуться на загальній безпеці польотів.

Отже, ефективна система управління наземним обладнанням в авіації повинна поєднувати технічну модернізацію, цифровізацію процесів, підвищення кваліфікації персоналу та впровадження культури безпеки. Лише системний підхід, який охоплює всі рівні – від технологічного до організаційного, – може забезпечити стале підвищення рівня безпеки польотів і знизити ризики, пов'язані з експлуатацією наземної техніки.

Висновки. У статті показано, що обладнання наземної підтримки відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки польотів. Воно виступає ключовим зв'язком між технічним обслуговуванням літака, підготовкою до польоту та операційною ефективністю. У той же час робота з наземною технікою супроводжується низкою значних ризиків: зношення обладнання, недотримання процедур, недостатня підготовка персоналу, екологічні фактори та технологічні виклики. Аналіз останніх досліджень показав, що саме ці аспекти активно досліджуються, але залишаються прогалини, особливо в інтеграції цифрових технологій у наземне обслуговування та усеохопній моделі ризиків.

Перспективи модернізації GSE – автоматизація, цифровізація, електрифікація, управління життєвим циклом – відкривають значні можливості підвищення рівня безпеки, зниження людських помилок, підвищення оперативності та ефективності наземних операцій. Однак вони потребують комплексного підходу: модернізація обладнання має супроводжуватись переглядом процесів, підготовкою персоналу, стандартами кібербезпеки, та чітким управлінням ризиками. З огляду на це, для авіаційних операторів та служб наземного обслуговування є важливим планування інвестицій у GSE з орієнтацією на безпеку, ефективність і стійкість.

Для розвитку української авіації і наземної служби, зокрема, актуальним є врахування цих тенденцій: адаптація до міжнародних стандартів (наприклад, участь у програмах, подібних до IATA Enhanced GSE Recognition Program), модернізація обладнання, покращення підготовки персоналу, впровадження систем цифрового моніторингу. У цілому, ефективна модернізація наземної техніки може стати значущим важелем підвищення безпеки польотів та конкурентоспроможності операторів.

Список літератури:

1. Dena Piscarini A., Suryono W., Iswahyudi P. The analysis of compliance of ground support equipment (GSE) personnel to flight safety. *Proceeding of International Conference of Advanced Transportation, Engineering, and Applied Social Science*. 2023. Vol. 2(1). Pp. 161–167. <https://doi.org/10.46491/icateas.v2i1.1643>
2. Tabares D. A., Mora-Camino F. Aircraft ground operations: steps towards automation. *CEAS Aeronautical Journal*. 2019. Vol. 10(3). Pp. 965–974. <https://doi.org/10.1007/S13272-019-00390-5>
3. Subandi S., Wahyuningsih S. *Kinerja Operator Ground Support Equipment (GSE) Dalam Menjaga Keamanan Dan Keselamatan Penerbangan Di Bandar Udara Sultan Muhammad Salahuddin Bima*. 2025. Vol. 1(2). Pp. 20–26. <https://doi.org/10.56606/jmmu.v1i2.248>
4. Utama Z. I., Kalbuana N., Faizal I. Kajian digitalisasi pendataan ground support equipment (gse) guna mempermudah pengawasan unit amc di bandar udara internasional juanda surabaya. *Journal Of Social And Economics Research*. 2025. Vol. 7(1). Pp. 1337–1346. <https://doi.org/10.54783/jsr.v7i1.963>
5. Wang S., Che Y., Zhao H., Lim A. Accurate Tracking, Collision Detection, and Optimal Scheduling of Airport Ground Support Equipment. *IEEE Internet of Things Journal*. 2021. Vol. 8(1). Pp. 572–584. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3004874>
6. Linka A., Wróblewska A. Increasing safety level of airport ground operations by implementing an autonomous system of supervision and security. *Transportation Overview – Przegląd Komunikacyjny*. 2018. 9. Pp. 8–14. https://doi.org/10.35117/A_ENG_18_09_02

Tsarenko A.O., Tiahnii V.G., Yanitskyi A.A., Kozlovska T.F., Oliinyk L.L. THE ROLE OF AVIATION GROUND EQUIPMENT IN ENSURING FLIGHT SAFETY: RISKS AND PROSPECTS OF MODERNIZATION

The article is devoted to the analysis of the role of aviation ground equipment in ensuring flight safety, the study of the main risks accompanying its operation, and the identification of modernization prospects in the context of increasing the efficiency and reliability of aviation operations.

The article substantiates that ground support equipment (GSE) is a critically important element of the functioning of modern aviation infrastructure, as it ensures the life cycle of aircraft maintenance, including power supply, towing, loading and unloading processes, technical inspection and preparation for flight. It is emphasized that the efficiency of GSE operation directly affects the level of flight safety, since most incidents associated with damage to aircraft on the ground occur precisely as a result of malfunctions in the functioning of ground equipment or personnel errors.

Also, this study systematizes the main groups of risks of GSE operation, including technical (wear and tear, equipment aging), organizational (non-compliance with procedures, low level of personnel training), operational (flight delays, incoordination of actions of various services), environmental (high emissions and noise), as well as technological risks arising from digitalization and automation of processes. It is noted that the implementation of autonomous control systems, electrification and intelligent monitoring opens up significant opportunities for minimizing the human factor, increasing energy efficiency and improving overall operational stability.

It is shown that the prospects for GSE modernization lie in the comprehensive transformation of technical, organizational and cultural components of the security system. An important factor in increasing the level of security is the creation of an integrated risk management system that combines technical equipment upgrades, digital monitoring platforms, real-time analytics and staff training.

It is emphasized that the effective implementation of automated and electric maintenance tools must be accompanied by appropriate cybersecurity measures and personnel training. It is determined that a systematic approach to GSE modernization is the key to the sustainable development of aviation infrastructure and the key to improving flight safety on a global scale.

Key words: aviation ground equipment, flight safety, modernization, automation, digitalization, risk management, electrification, aviation infrastructure.

Дата надходження статті: 14.11.2025

Дата прийняття статті: 03.12.2025

Опубліковано: 30.12.2025