

УДК 629.73.083:338.47-044.3(477)
JEL: M21
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-11-294-301>

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

©2021 КАЛИНОВСЬКИЙ А. О., КАЛИНОВСЬКА Н. Л., КАЛИНОВСЬКА О. Р., ЛУЧИТ Л. В.

УДК 629.73.083:338.47-044.3(477)
JEL: M21

Калиновський А. О., Калиновська Н. Л., Калиновська О. Р., Лучит Л. В. Проблеми та перспективи підвищення економічної ефективності технічного обслуговування авіаційної техніки

Метою статті є дослідження проблем і перспектив підвищення економічної ефективності технічного обслуговування авіаційної техніки. У статті встановлено, що всі задіяні сторони в процесі виготовлення й експлуатації авіаційної техніки мають як цілі, що збігаються, так і різнонаправлені цілі. Метою взаємодії всіх стейкхолдерів є створення оптимальної програми технічного обслуговування, ремонту та відновлення авіаційної техніки. Економічну ефективність діяльності авіакомпаній допомагає підвищити гнучкий підхід на основі логіки MSG-3. Таким чином авіаційна техніка менше часу простояє через технічне обслуговування, а також зменшуються витрати на проведення такого обслуговування. Збір та обробка інформації як про конкретний літак, так і про сімейство однакових моделей літаків у цілому, дозволяє визначити безпечні інтервали проведення технічного обслуговування, ремонту та відновлення без зниження показників безпеки. Перехід до програми технічного обслуговування, ремонту та відновлення авіаційної техніки, заснованої на логіці MSG-3, дозволяє зменшити кількість робіт із технічного обслуговування, ремонту та відновлення, відповідно, трудовитрати, а також розширити інтервали проведення технічного обслуговування, ремонту та відновлення, підвищити економічну ефективність ремонтних підприємств та авіакомпаній. Безпечна експлуатація авіаційної техніки можлива за умови збору й обробки величезного масиву інформації з усіх бортових систем повітряного судна. Такий інформаційний потік вимагає витрат на його збір та обробку. Проте економічний ефект від здійснення технічного обслуговування, ремонту та відновлення авіаційної техніки за гнучкою методологією принесе експлуатуючим організаціям додаткові переваги та можливості. Показники надійності та працездатності авіаційної техніки при цьому збережуться на належному рівні.

Ключові слова: авіація, авіаційна техніка, ремонт, авіакомпанія, економічна ефективність.

Рис.: 1. **Табл.:** 2. **Бібл.:** 19.

Калиновський Андрій Олегович – кандидат економічних наук, доцент кафедри зовнішньоекономічної та митної діяльності, Національний університет «Львівська політехніка» (вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна)

E-mail: andrii.o.kalynovskiy@lpnu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7927-3033>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/2031843/andriy-kalynovskyy/>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorid=57220803593>

Калиновська Наталія Леонідівна – старший викладач кафедри менеджменту і міжнародного підприємництва, Національний університет «Львівська політехніка» (вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна)

E-mail: natalia.l.kalynovska@lpnu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7125-8039>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/2030719/natalia-kalynovska/>

Калиновська Ольга Романівна – викладач кафедри іноземних мов, Національний університет «Львівська політехніка» (вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна)

E-mail: olha.r.kalynovska@lpnu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9290-3092>

Лучит Любов Володимирівна – старший викладач кафедри іноземних мов, Національний університет «Львівська політехніка» (вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна)

E-mail: liubov.v.luchyt@lpnu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3550-4500>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/1778403/liubov-luchyt/>

UDC 629.73.083:338.47-044.3(477)

JEL: M21

Kalynovskiy A. O., Kalynovska N. L., Kalynovska O. R., Luchyt L. V. The Problems and Prospects of Improving the Economic Efficiency of Aviation Equipment Maintenance

The article is aimed at studying the problems and prospects for increasing the economic efficiency of maintenance of aviation equipment. The article defines that all parties involved in the process of production and operation of aviation equipment have both the same goals and multidirectional goals. The purpose of interaction of all stakeholders is to create an optimal program of maintenance, repair and renewal of aviation equipment. The cost-effectiveness of activities of airlines can be additionally increased by means of a flexible approach based on MSG-3 logic. Thus, aviation equipment will be idle for less time due to maintenance, as well as the cost of such maintenance will be reduced. Collecting and processing information about both a particular aircraft and a family of the same aircraft models as a whole allows to determine safe intervals for maintenance, repair and renewal without reducing the security indicators. The transition to the MSG-3 logic-based maintenance, repair and renewal program reduces the number of maintenance, repair and renewal works and, accordingly, labor costs, as well as expands the intervals of maintenance, repair and renewal, and increase the economic efficiency of both repair enterprises and airlines. Safe operation of aviation equipment is possible subject to the collection and processing of a huge amount of information from all onboard systems of the aircraft. Such information flow requires the costs for its collection and processing. However, the economic effect of maintenance, repair and renewal of aviation equipment according

to the flexible methodology will bring additional advantages and opportunities to operating organizations. At this, the indicators of reliability and workableness of aviation equipment will remain at the proper level.

Keywords: aviation, aviation equipment, repair, airline, economic efficiency.

Fig.: 1. **Tabl.:** 2. **Bibl.:** 19.

Kalynovskyi Andrii O. – PhD (Economics), Associate Professor of the Department of Foreign Trade and Customs Operations, National University «Lviv Polytechnic» (12 Stepana Bandery Str., Lviv, 79013, Ukraine)

E-mail: andrii.o.kalynovskyi@lpnu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7927-3033>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/2031843/andriy-kalynovskyi/>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorid=57220803593>

Kalynovska Nataliya L. – Senior Lecturer of the Department of Management and International Business, National University «Lviv Polytechnic» (12 Stepana Bandery Str., Lviv, 79013, Ukraine)

E-mail: nataliia.l.kalynovska@lpnu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7125-8039>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/2030719/natalia-kalynovska/>

Kalynovska Olha R. – Lecturer of the Department of Foreign Languages, National University «Lviv Polytechnic» (12 Stepana Bandery Str., Lviv, 79013, Ukraine)

E-mail: olha.r.kalynovska@lpnu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9290-3092>

Luchyt Liubov V. – Senior Lecture of the Department of Foreign Languages, National University «Lviv Polytechnic» (12 Stepana Bandery Str., Lviv, 79013, Ukraine)

E-mail: liubov.v.luchyt@lpnu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3550-4500>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/1778403/liubov-luchyt/>

Пандемія COVID-19 вкрай негативно вплинула на розвиток світового авіаційного ринку. Авіакомпанії змушені скорочувати обсяги перевезень і думати про те, як досягнути позитивних фінансових показників. У таких умовах застосування ІТ-систем для оптимізації витрат на відновлення літаків є важливим напрямком роботи провідних авіакомпаній світу.

До кризи COVID-19, завдяки скороченню витрат, викликаному різким зниженням цін на паливо, консолідації авіагалузі в деяких регіонах багато авіаперевізників отримували вищі прибутки та нарощували інвестиції в літаки нового покоління та підтримку технологічної інфраструктури [1]. Новітні конструкції літаків оснащені технологіями, що забезпечують безпрецедентні збір і передавання даних на системному та підсистемному рівнях, які, з правильним програмним забезпеченням, можуть бути систематизовані, проаналізовані та використані, щоб визначити проблему, перш ніж вона призведе до збою. Так, A380 має 250 000 параметрів, A350 – більш ніж 400 000, що у 20 разів більше, ніж A320 епохи 1980-х рр. Airbus вже застосовує в режимі реального часу на A380 і A350 (і випробовує на A330) систему «моніторингу здоров'я літака» (*Airplane Health Monitoring – АНМ*). Це допомагає команді технічної підтримки виробника в глибинному розумінні проблем і визначенні разом із центром управління технічним обслуговуванням перевізника необхідних заходів. Таким чином, дослідження напрямків підвищення економічної ефективності технічного обслуговування авіаційної техніки є особливо актуальним в умовах кризи на ринку міжнародних авіаційних перевезень.

Дослідження останніх публікацій науковців показало різноспрямовані погляди наукової спільноти

на проблему підвищення економічної ефективності технічного обслуговування авіаційної техніки. Цілком справедливо міжнародна наукова спільнота обговорює ризики, пов'язані із забезпеченням достатнього рівня надійності авіаційної техніки при скороченні витрат на програми технічного обслуговування та відновлення [2; 3]. Також слід зазначити, що в англійських джерелах використовують об'єднувальне поняття MRO (*Maintenance, Repair, and Overhaul* – обслуговування, ремонт і відновлення), що визначають «як усі дії, які мають на меті збереження або відновлення об'єкта до стану, в якому він може виконувати необхідні функції, та включають в себе поєднання технічних, адміністративних та управлінських заходів» [4]. Щодо авіагалузі MRO визначають як «роботи з інспектування, обслуговування, ремонту та превентивного обслуговування, що виконуються на регулярній основі для підтримання льотної придатності літака» [5].

Розширене та чітке трактування поняття технічного обслуговування наведено В. Герасимчуком та А. Розенплентером [6]. Згідно з підходом авторів, технічне обслуговування техніки – це комплекс операцій, спрямованих на підтримання в робочому стані та забезпечення її технічних параметрів у процесі експлуатації.

Автори D. N. P. Murthy, A. Atrens, J. A. Eccleston [7] під технічним обслуговуванням (maintenance) розуміють вид мультидисциплінарної діяльності, яка включає: розуміння механізму деградації та його прив'язку до збору й аналізу даних; формування кількісних моделей для прогнозування результатів різних заходів із технічного обслуговування; стратегічне управління технічним обслуговуванням. Вони також визначили три основні етапи управління технічним

обслуговуванням: аналізуванні системи, що потребує обслуговування; планування дій із оптимального обслуговування; та здійснення цих дій.

Таким чином, аналізуванні наукових джерел показало, що, незважаючи на існуючі публікації щодо підвищення економічної ефективності технічного обслуговування авіаційної техніки, питання висвітлено не повною мірою та потребує додаткових досліджень.

Метою даної статті є дослідження проблем і перспектив підвищення економічної ефективності технічного обслуговування авіаційної техніки з урахуванням міжнародного досвіду та зміни кон'юнктури ринку авіаційних перевезень.

Необхідність збереження належного рівня рентабельності змушує авіакомпанії шукати шляхи оптимізації витрат. Одним із таких шляхів є оптимізація витрат на технічне обслуговування, ремонт і відновлення. Для забезпечення необхідного рівня працездатності та безвідмовності авіаційної техніки авіакомпанії змушені збирати й обробляти величезні масиви інформації про стан авіаційної техніки.

За прогнозами [1], світовий флот у 2026 р. зможе генерувати понад 98 млн терабайт даних. Цей вибух даних у руках нового покоління науковців та інноваційних управлінських команд може призвести до критичних змін у продуктивності й обслуговуванні літаків. «Керований даними бізнес» уможливає прогностичне технічне обслуговування для мінімізування незапланованих робіт на літаках нового покоління.

І чим більше літаків наступного покоління поповнюють флот і витісняють старі моделі з меншою кількістю цифрових функціональних можливостей, тим більші можливості матимуть авіакомпанії та виробники у використанні даних як ключового чинника програм технічного обслуговування. MRO-провайдери при цьому теж отримують нові можливості [8]. Опитані керівники з MRO [8] вважають найбільш перспективними новими технологіями в цій сфері до 2022 р. системи «Моніторингу Здоров'я Літака» (*Airplane Health Monitoring – AHM*) і Прогностичного Технічного Обслуговування (*Predictive Maintenance – PM*). На їх думку, вони суттєво випередять адитивне виробництво (*additive manufacturing*) і композитні ремонтні розробки (*composite repair developments*). (Аддитивне виробництво (AM) – одна із форм промислового 3D-друку, де компоненти конструюються шар за шаром під управлінням комп'ютера, а не за допомогою традиційної механічної обробки металевих блоків. Композитний ремонт – для об'єктів із зовнішньою корозією, вм'ятинами, дефектами зварювання та механічними ушкодженнями, зменшує тиск у пошкодженій області та стримує від розширення). AHM і PM є потужними діагностичними інструментами в авіації.

За даними опитування [1], big data («великі дані») в комерційній авіації вже пройшли стадію раннього

адаптування для більшості аплікацій, і більшість респондентів стверджують, що впровадили AHM і PM, хоча б у скромних масштабах. 56% респондентів використовують AHM для деяких або всіх своїх літаків. Найбільш поширене його застосування – моніторинг і обслуговування стану двигунів (ECM) (89%), де активно діють OEM-виробники; менш поширене – для корпусу (55%) і компонентів (43%), де найчастіше обслуговування здійснюється спеціалізованими обслуговуючими підприємствами (MROs). Упровадження PM відстає від AHM – 44 відсотки респондентів використовують його на всіх чи деяких літаках. Як і з AHM, найбільш поширене його застосування – моніторинг і обслуговування стану двигуна (42%), менш поширене – для корпусу (29%) і компонентів (33%).

Багато авіакомпаній виділяють ресурси на великомасштабні MRO та інфраструктурні IT-проекти підприємств, які раніше стримувалися нерентабельністю. Майже половина респондентів (53%) мають намір продовжувати інвестувати в AHM протягом наступних трьох років. OEM-виробники найагресивніше інвестують саме в ці рішення. Для MROs ж зростання глобального потенціалу перельотів забезпечує відтермінування прогнозованого спаду в MRO. Це може надати їм певні можливості інвестування в розвиток додаткових необхідних послуг, оскільки поширення даних дозволяє поступовий перехід від діагностики до прогностичного технічного обслуговування.

Конкурувати з цими новими технологіями за інвестиції продовжують традиційні корпоративні та MRO IT-системи. Більше половини опитаних авіакомпаній декларують плани щодо збільшення витрат у цій сфері, тож інвестиції в передові технології значно менші вкладень у стабілізацію та покращення існуючих систем [1].

Авіакомпанії й авіаремонтні підприємства (MROs) отримують перші відчутні наслідки впровадження AHM і PM: конкретні вигоди в надійності (63% користувачів AHM і 30% PM відзначили її підвищення) та зниження витрат на обслуговування, особливо щодо двигунів, де OEM-виробники лідирують у впровадженні цих новітніх технологій. 59% респондентів вважають, що AHM перетворюється в ключовий інструмент підтримки прийняття рішень [1].

Прогнозують, що в майбутньому більша частина вигод від AHM і PM буде отримана авіакомпаніями. AHM і PM можуть скоротити або перерозподілити 15–20% від загальних витрат на MRO. Виробники, що пропонують AHM і аналогічні послуги, безумовно, виграють, а оператори зменшують витрати на ТО. Авіаремонтні підприємства (MROs) теж зможуть отримати прибутки від використання даних, які вони збирають [1]. Виробники двигунів, які є піонерами у використанні AHM, уже зараз точно визначають, коли двигуни потребують ТО, адже це в більшості випадків у їх інтересах, оскільки вони, а не покупці, несуть ризики.

У сфері обслуговування корпусу літака ситуація складніша [9]. І хоча Airbus і Boeing декларують збільшення післяпродажного обслуговування до рівня виробників двигунів, це не трапляється найближчим часом. Оператори звертаються до традиційних провайдерів ТОiP, постачальників із програмами підтримки, які часто є гнучкішими та швидшими, ніж авіавиробники, що зменшує витрати операторів [8].

Результати дослідження [1], проте, не підтримують припущення про неминучу революцію у використанні «великих даних» в авіаційному MRO. Певні перешкоди можуть уповільнити поширення технологій АНМ і РМ, зокрема поточні оновлення застарілих ІТ-систем, невирішені питання щодо галузевих стандартів, складність обробки великих масивів інформації тощо. Бортові системи даних новопроєктованих літаків охоплюють масиви даних, недоступні попередньому поколінню літаків, створюючи певні проблеми їх зберігання, організації та застосування. Багато операторів не зовсім готові до цих нових викликів і обережно ставляться до впровадження «великих даних». 59% опитаних авіакомпаній планують обмежити використання АНМ невеликими підмножинами даних прямо або через третю сторону, а не здійснювати широкий чи комплексний підхід. З тих, хто використовує РМ, 83% зосереджуються на вузьких підмножинах, у той час як тільки один із п'яти планує застосування методів прогнозування до всіх наявних даних. Це наводить на думку, що більшість операторів або обирають найважливіші та найкерованіші масиви даних, або не виділяють ресурсів, достатніх для управління повним обсягом наявних даних. Дійсно, без чіткого плану збору й ефективного застосування інформації «великі дані» можуть відволікати обмежені ресурси операторів і демотивувати їх інтегрувати передову аналітику в довгострокову стратегію технічного обслуговування.

Витрати на технічне обслуговування, ремонт і відновлення є значною часткою вартості володіння повітряним судном [10]. До прикладу, комерційний літак коштує 200 млн дол., а для експлуатації, технічного обслуговування та підтримки протягом його життєвого циклу, що становить 20–25 років, потрібні додаткові 2 млрд дол. Для більшості видів обладнання від 80 до 85% витрат протягом ЖЦТ витрачається в процесі його експлуатації та технічного обслуговування [11]. А у висококонкурентній авіагалузі прямі операційні витрати є підґрунтям прибутковості. За оцінками авіакомпаній, вони складають від 10% до 20% прямих операційних витрат, залежно від розміру, віку та використання літака [12]. При цьому частка витрат на технічне обслуговування та ремонт у середніх прямих операційних витратах не зменшилася за останні два десятиліття, натомість примусила багато авіакомпаній жорстко контролювати витрати на обслуговування та персонал [13].

Відповідно, багато виробників і авіаперевізників відчувають гостру необхідність в ефективній і дієвій програмі/системі технічного обслуговування, ремонту та відновлення (MRO) повітряного судна.

Для оптимізації системи MRO-послуг необхідний комплексний підхід, в якому процеси, люди (у тому числі OEM-виробники, постачальники), а також технології пов'язані, та кожен компонент усього процесу точно налаштований на досягнення оптимальної надійності при мінімально можливій вартості. Інтеграція надзвичайно важлива, оскільки MRO (*Maintenance, Repair, and Overhaul*) – такий складний процес, що невелика помилка в одному процесі може вплинути на всі наступні процеси та спричинити витратні затримки [14].

Постачальникам MRO-послуг стає дедалі складніше ефективно здійснювати діяльність. Причинами є поетапне зростання необхідної кількості матеріальних і людських ресурсів, поява нових підходів і технологій та зміна кількості оброблюваної інформації. Ті компанії, що змогли забезпечити стандартизацію, пришвидшити час виконання ремонту АТ, стабілізувати високу якість послуг, можуть отримати економію 7–16% і, таким чином, підвищити економічну ефективність своєї роботи [15].

Урозвинутих країнах при створенні нових типів літаків система MRO розробляється відразу на етапі проектування, і конструкція літака формується таким чином, щоб оптимізувати майбутню програму ТОiP (технічне обслуговування, ремонт і відновлення). Кожна авіакомпанія формує програму технічного обслуговування, ремонту та відновлення в індивідуальному порядку виходячи з положень діючого законодавства, вимог виробника АТ і залежно від умов експлуатації АТ. В Україні система MRO чітко регламентується державними стандартами та нормативними актами.

У початкову програму планового ТОiP включаються дії щодо АТ, продиктовані як факторами безпеки, так і економічними факторами. Особливості роботи з постачальниками ТОiP послуг слід дослідити та зробити їх пріоритизацію, обговорити з технічними фахівцями авіакомпанії та перевірити сумісність запланованих заходів з MSG-3 (методика керівної групи з техобслуговування, що базується на аналізованні наслідків відмови вузлів, агрегатів і систем літака).

На початку існування авіації першочерговим завданням було запобігання авіакатастрофам у зв'язку з неякісним і несвоечасним технічним обслуговуванням авіаційної техніки (далі – АТ). Поступово комерціалізація польотів привела до необхідності оптимізації витрат на технічне обслуговування АТ. Разом із тим авіакомпанії прагнули зберегти належний рівень безпеки експлуатації АТ для збереження людських життів та авіаційної техніки.

Першочерговим завданням стало створення програм ТОіР, які зможуть створити збалансований підхід до безпекових вимог регуляторів, економічних вимог експлуатантів та інтересів пасажирів. З таким завданням намагається впоратись логіка підходу MSG. Таким чином, ресурс окремих деталей і систем авіаційної техніки визначається за допомогою гнучкого підходу з урахуванням інтересів усіх зацікавлених сторін. Порівняно з жорсткими рамками від виробників авіаційної техніки, що використовувалися раніше, нова логіка формування ТОіР дає ряд економічних переваг.

На даний момент діє третя редакція – MSG-3. Це стандарт для розробки планових завдань техобслуговування і проміжків між обслуговуваннями, який застосовується регулюючими органами, операторами, виробниками й авіаремонтними підприємствами. Стандарт MSG-3 виділяє загальні процеси організації та рішень для ефективного планування техобслуговування для повітряних суден. Заплановане техобслуговування включає в себе інспекції, розроблені для виявлення пошкоджень або потенційних точок поломок повітряного судна. Ключовою є ідентифікація складових, які особливо важливі для техобслуговування або структурної цілісності повітряного судна [16].

Алгоритм MSG-3 аналізу категорій об'єктів для ТОіР наведено на рис. 1.

Застосування MSG-3 дозволяє провести дослідження причинно-наслідкових зв'язків між відмовою різних систем і механізмів АТ і рівнем безпеки експлуатації АТ. На основі таких досліджень визначається оптимальний метод ТОіР. Особлива увага

приділяється важливим об'єктам – MSI (Maintenance Significant Item) [17]. Важливі складові АТ розглядаються на рівні комплексних систем АТ. Нижчий рівень використовується тільки в окремих випадках.

Алгоритм MSG-3 передбачає на другому етапі обрання методів ТОіР, найбільш прийнятних для конкретного літака. При цьому враховують безпекові, експлуатаційні, а також економічні фактори. Для забезпечення оптимального ТОіР можуть здійснювати такі операції:

1. Змашування / Обслуговування (LU/SV) – для підтримання властивостей, притаманних певному дизайну літака.
2. Операційна / Візуальна перевірка (OP/VC) – для визначення поломок і виконання об'єктом встановлених цілей.
3. Функціональна перевірка / Інспектування (FC/IN) – кількісна перевірка виконання одної чи кількох функцій об'єктом в певних межах. Існують три рівні перевірки для визначення виконання об'єктом встановлених цілей:
 - ✦ загальна візуальна (GV);
 - ✦ детальна (DI);
 - ✦ спеціальна детальна (SI).
4. Відновлення (RS) – реконструкція, заміна частин чи чистка, необхідні для повернення об'єкта до визначеного стандарту.
5. Утилізація (DS) – усунення об'єкта від виконання функцій за визначеної межі служби (табл. 1).

Негативна відповідь на кожне запитання з табл. 1 свідчить про недосконалу конструкцію літака або про низький рівень підготовки персоналу, що здійснює ТОіР.

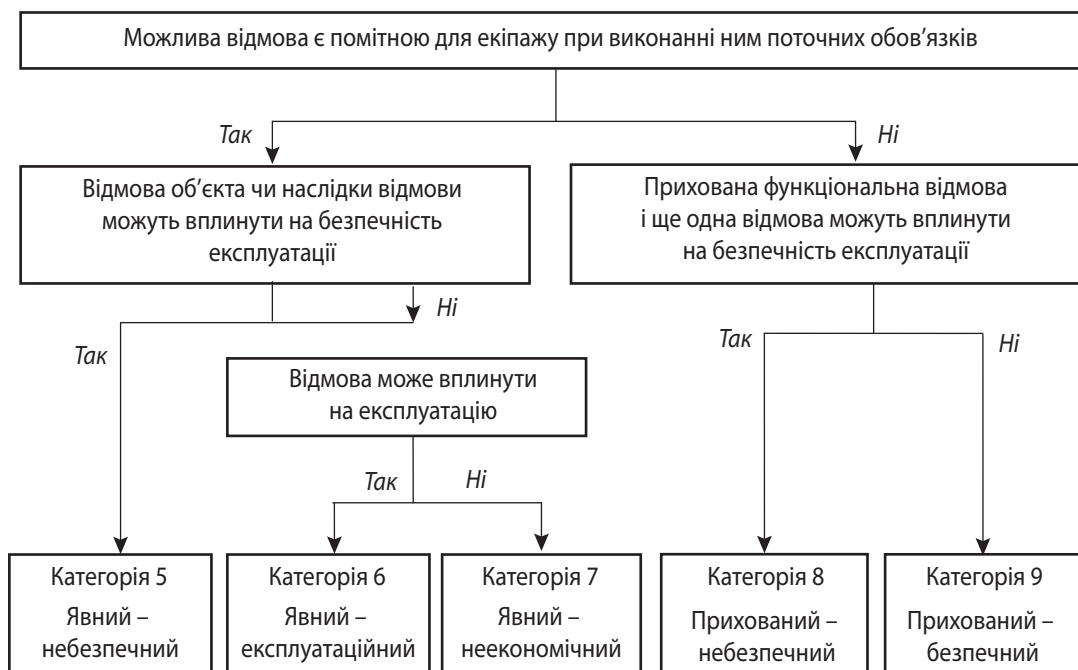


Рис. 1. Алгоритм MSG-3 аналізу категорій об'єктів для ТОіР

Джерело: складено за [16].

Визначення методів ТОiP при MSG-3 аналізі

Категорія об'єктів					Запитання для аналізу		Метод ТОiP
5. Явний – небезпечний	6. Явний – експлуатаційний	7. Явний – неекономічний	8. Прихований – небезпечний	9. Прихований – безпечний			
X	X	X	X	X	A	Чи є змащування або обслуговування ефективними?	LU / SV
			X	X	B	Чи є перевірка працездатності ефективною?	OP
	X	X	X	X	C	Чи є перевірка функціональності ефективною?	IN / FC
X	X	X	X	X	D	Чи є відновлення ефективним і доступним?	RS
X	X	X	X	X	E	Чи є утилізація ефективною та доступною?	DS
X			X		F	Чи є комбінація робіт із ТО доступною й ефективною?	

Системне аналізування дозволяє сформувати початкову програму ТОiP для конкретного авіаційного транспорту конкретної авіакомпанії. Визначені важливі об'єкти для ремонту та відновлення АТ публікуються в документах наглядових органів та являють собою основу для створення та затвердження програми ТОiP для конкретної АТ. Авіакомпанії зобов'язані забезпечити виконання мінімально допустимої програми ТОiP. Недостатній рівень обслуговування літака може призвести до катастрофи та втрати людських життів. Таким чином, постраждає репутація авіакомпанії та зменшаться активи. Також негативним явищем можуть стати затримки або відміни рейсів через технічний стан АТ. Такі інциденти, звісно, несуть менші втрати, ніж катастрофа, але теж можуть негативно вплинути на економічну ефективність експлуатації АТ авіакомпанією [18].

Кожна авіакомпанія також може визначати додаткові роботи з ТОiP для забезпечення оптимального технічного стану АТ, що відповідає бізнес-моделі авіакомпанії. На ринку є оператори, які намагаються надавати послуги з авіаційного перевезення високого

рівня. Відповідно, такі авіакомпанії не стануть економити на ТОiP. Але водночас є й бюджетні перевізники, що експлуатують АТ з поважним віком. Відповідно, такі перевізники намагаються мінімізувати витрати на ТОiP. Такий підхід негативно впливає на безпеку авіаперевезень. Також слід згадати про пандемію COVID-19, що продовжує завдавати збитки багатьом авіакомпаніям і збільшує бажання авіакомпаній зекономити на ремонті.

Пропоновані згідно з MSG-методами технічного обслуговування, ремонту та відновлення літаків наведено у сформованій нами класифікації (використано також світовий стандарт ІЕС 60300-3-14) (табл. 2).

Адаптація програм ТОiP проходить з урахуванням вимог безпеки та стандарту MSG-3. Але на формування програми ТОiP можуть впливати також інші фактори. Основними з них є такі:

- ✦ паливна ефективність АТ;
- ✦ ситуація на ринку нової та старої АТ;
- ✦ потенційні прибутки від утилізації АТ;
- ✦ сезонність попиту на послуги авіакомпанії;
- ✦ сегмент ринку, на якому працює авіакомпанія;

Таблиця 2

Класифікація основних видів технічного обслуговування, ремонту та відновлення літаків за сучасними світовими стандартами

Ознака класифікації	Види технічного обслуговування, ремонту та відновлення	
За причинами (згідно зі стандартом ІЕС 60300-3-14)	Превентивне (до виявлення несправності)	Планове; за технічним станом
	Коригуюче (після виявлення несправності)	Негайне
		Відстрочене
За методами (згідно зі стандартом MSG-3)	1. Змащування / Обслуговування (LU/SV). 2. Операційна / Візуальна перевірка (OP/VC). 3. Функціональна перевірка / Інспектування (FC/IN). 4. Відновлення (RS). 5. Утилізація (DS)	
За місцем проведення	У стаціонарних умовах; у польових умовах	

- ✦ необхідність залучення сторонніх організацій для проведення ТОiP.

ВИСНОВКИ

Перехід до програми ТОiP, заснованої на логіці MSG-3, дозволяє зменшити кількість робіт із ТОiP і, відповідно, трудовитрати. Крім зменшення трудомісткості форм обслуговування, з'являється можливість розширювати інтервали їх проведення. Таким чином, авіакомпанії можуть підвищити економічну ефективність своєї діяльності.

Наголошено, що ключовим елементом наведеної класифікації є відновлення (RS), оскільки саме воно є найбільш затратним і важливим елементом підтримання АТ у працездатному стані. Інші складові, крім утилізації, необхідні для виявлення необхідності проведення відновлення або відтермінування такої необхідності [19].

Внаслідок використання MSG-3 та широкого впровадження засобів автоматизації планування ТОiP авіакомпанії в розвинутих країнах виконують більшість робіт із ТОiP не під час певних форм ТОiP, а протягом всього життєвого циклу літака. Такий підхід вимагає значних додаткових трудовитрат на планування ТОiP, висококваліфікованих плановиків, але водночас дозволяє значно знизити економічні витрати та збільшити ефективність планування.

Перспективи подальших досліджень полягають у виявленні економічного ефекту для авіаремонтних підприємств при застосуванні логіки MSG-3. Також необхідно провести оцінювання факторів впливу при такому підході. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Hoyland T., Spafford Ch., Medland A. MRO big data – a lion or a lamb? Innovation and adoption in aviation MRO / MRO survey 2016. URL: https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/global/en/2016/apr/NYC-MKT9202-001MRO-Survey-2016_web.pdf
2. Dzulkafii J., Shahbani Abu B., Mohd K., Mokhzani F. Integrated Facility Platform for Next-Gen Aircraft Maintenance, Repair and Overhaul (MRO). *International Journal of Computer Science and Information Security*. 2017. Vol. 15. No. 5. URL: https://www.researchgate.net/publication/317344365_Integrated_Facility_Platform_for_Next-Gen_Aircraft_Maintenance_Repair_and_Overhaul_MRO
3. De Oliveira L. F. 2021. Confronting the risk of an uneven global recovery // *International Airport Review*. 12.06.2021. URL: <https://www.internationalairportreview.com/article/161535/confronting-risk-uneven-global-recovery/>
4. European Federation of National Maintenance Societies, 2018. URL: <http://www.efnms.org/>
5. Materna R., Mansfield R. E., Walton R. O. Aerospace Industry Report (AIR). 4th Edition. Embry-Riddle Aeronautical University, 2015. 338 p.

6. Економіка та організація виробництва : підручник / за ред. В. Г. Герасимчука, А. Е. Розенплентера. Київ : Знання, 2007. 678 с.
7. Murthy D. N. P., Atrons A., Eccleston J. A. Strategic maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 2002. Vol. 8. Iss. 4. P. 287–305. DOI: <https://doi.org/10.1108/13552510210448504>
8. MRO Bracing For A New, Data-Driven Future // *Aviation Week & Space Technology*. Apr 23, 2015. URL: <http://aviationweek.com/commercial-aviation/mro-bracing-new-data-driven-future>
9. Охріменко І. В., Зінченко В. П. Аналіз ефективності адитивного виробництва в авіабудуванні // *Протехнології та конструювання літальних апаратів : тези доп. XVIII наук.-техн. конф. студ. та молодих учених*. Київ : ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2015. С. 35–36.
10. Wu H. Q., Liu Y., Ding Y. L., Liu J. Methods to reduce direct maintenance costs for commercial aircraft. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*. 2004. Vol. 76. No. 1. P. 15–18. DOI: <https://doi.org/10.1108/00022660410514964>
11. Saranga H., Kumar U. D. Optimization of aircraft maintenance/support infrastructure using genetic algorithms: level of repair analysis. *Annals of Operations Research*. 2006. Vol. 143. Iss. 1. P. 91–106. DOI: [10.1007/s10479-006-7374-1](https://doi.org/10.1007/s10479-006-7374-1).
12. Papakostas N. et al. An Approach to Operational Aircraft Maintenance Planning / Papakostas N., Papachatzakis P., Xanthakis V., Mourtzis D., Chryssolouris G. *Decision Support Systems*. 2010. Vol. 48. Iss. 4. P. 604–612. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2009.11.010>
13. Sriram C., Haghani A. An optimization model for aircraft maintenance scheduling and re-assignment. *Transportation Research. Part A: Policy and Practice*. 2003. Vol. 37. Iss. 1. P. 29–48. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(02\)00004-6](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(02)00004-6)
14. Candell O. Development of Information Support Solutions for Complex Technical Systems using eMaintenance : Doctoral thesis. Lulea: Lulea University of Technology, Department of Civil, Mining and Environmental Engineering, Division of Operation and Maintenance Engineering, 2009.
15. Reopel M. Smarter MRO. 5 strategies for increasing speed, improving reliability, and reducing costs – all at the same time. 2012. 20 p. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/consumer-business/us-avitrans-thl-smartermro-072612.pdf>
16. Gdalevitch M. MSG-3, The Intelligent Maintenance. 2020. URL: <http://www.aviationpros.com/article/10388498/msg-3-the-intelligent-maintenance>
17. Калита Т. В. Економічний механізм оцінки якості управління авіапідприємствами : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04. Київ, 2015. 20 с.
18. Замогильний П. В. Роль і значення бюджетування при прийнятті управлінських рішень на авіаремонтному підприємстві. *Сталий розвиток економіки*. 2015. № 1. С. 193–200.
19. Калиновський А. О. Економічне оцінювання відновлення авіаційної техніки авіаремонтними підприємствами : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04. Львів, 2018. 26 с.

REFERENCES

- Candell, O. *Development of Information Support Solutions for Complex Technical Systems using eMaintenance* : Doctoral thesis. Lulea: Lulea University of Technology, Department of Civil, Mining and Environmental Engineering, Division of Operation and Maintenance Engineering, 2009.
- De Oliveira, L. F. "Confronting the risk of an uneven global recovery". *International Airport Review*. June 12, 2021. <https://www.internationalairportreview.com/article/161535/confronting-risk-uneven-global-recovery/>
- Dzulkafli, J. et al. "Integrated Facility Platform for Next-Gen Aircraft Maintenance, Repair and Overhaul (MRO)". *International Journal of Computer Science and Information Security*, vol. 15, no. 5 (2017). https://www.researchgate.net/publication/317344365_Integrated_Facility_Platform_for_Next-Gen_Aircraft_Maintenance_Repair_and_Overhaul_MRO
- Ekonomika ta orhanizatsiia vyrobnytstva* [Economics and Organization of Production]. Kyiv: Znannia, 2007.
- European Federation of National Maintenance Societies*, 2018. <http://www.efnms.org/>
- Gdalevitch, M. "MSG-3, The Intelligent Maintenance". <http://www.aviationpros.com/article/10388498/msg-3-the-intelligent-maintenance>
- Hoyland, T., Spafford, Ch., and Medland, A. "MRO big data – a lion or a lamb? Innovation and adoption in aviation MRO". *MRO survey 2016*. https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/global/en/2016/apr/NYC-MKT9202-001MRO-Survey-2016_web.pdf
- Kalynovskyi, A. O. "Ekonomichne otsiniuvannya vidnovlennia aviatsiinoi tekhniki aviaremontnykh pidpriemstvamy" [Economic Evaluation of the Restoration of Aircraft by Aircraft Repair Companies]: *avto ref. dys. ... kand. ekon. nauk : 08.00.04*, 2018.
- Kalyta, T. V. "Ekonomichnyi mekhanizm otsinky yakosti upravlinnia aviapidpriemstvamy" [Economic Mechanism for Assessing the Quality of Airline Management]: *avto ref. dys. ... kand. ekon. nauk : 08.00.04*, 2015.
- "MRO Bracing For A New, Data-Driven Future". *Aviation Week & Space Technology*. April 23, 2015. <http://aviationweek.com/commercial-aviation/mro-bracing-new-data-driven-future>
- Materna, R., Mansfield, R. E., and Walton, R. O. *Aerospace Industry Report (AIR)*. Embry-Riddle Aeronautical University, 2015.
- Murthy, D. N. P. et al. "Strategic maintenance management". *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 8, no. 4 (2002): 287-305.
DOI: <https://doi.org/10.1108/13552510210448504>
- Okhrimenko, I. V., and Zinchenko, V. P. "Analiz efektyvnosti adytyvnoho vyrobnytstva v aviabuduvanni" [Analysis of the Efficiency of Additive Production in Aircraft Construction]. *Hirotekhnohii ta konstruiuvannya litalnykh aparativ*. Kyiv: IVTs «Vydavnytstvo «Politekhnika», 2015. 35-36.
- Papakostas, N. "An Approach to Operational Aircraft Maintenance Planning". *Decision Support Systems*, vol. 48, no. 4 (2010): 604-612.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2009.11.010>
- Reopel, M. "Smarter MRO. 5 strategies for increasing speed, improving reliability, and reducing costs – all at the same time". 2012. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/consumer-business/us-avitrans-thl-smartermro-072612.pdf>
- Saranga, H., and Kumar, U. D. "Optimization of aircraft maintenance/support infrastructure using genetic algorithms: level of repair analysis". *Annals of Operations Research*, vol. 143, no. 1 (2006): 91-106.
DOI: 10.1007/s10479-006-7374-1
- Sriram, C., and Haghani, A. "An optimization model for aircraft maintenance scheduling and re-assignment". *Transportation Research. Part A: Policy and Practice*, vol. 37, no. 1 (2003): 29-48.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(02\)00004-6](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(02)00004-6)
- Wu, H. Q. et al. "Methods to reduce direct maintenance costs for commercial aircraft". *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, vol. 76, no. 1 (2004): 15-18.
DOI: <https://doi.org/10.1108/00022660410514964>
- Zamohlynyi, P. V. "Rol i znachennia biudzhetuвання pry pryiniatti upravlinskykh rishen na aviaremontnomu pidpriemstvi" [Role and Importance of Budgeting in Decision-Making at the Repair Enterprises]. *Stalyi rozvytok ekonomiky*, no. 1 (2015): 193-200.