



УДК 656.714

**THE CONCEPT OF AN UNMANNED AIRPORT TUG AS
AN ALTERNATIVE TO TRADITIONAL AIRCRAFT TUGS**
**КОНЦЕПЦІЯ БЕЗПЛОТНОГО АЕРОДРОМНОГО ТЯГАЧА ЯК АЛЬТЕРНАТИВА
ТРАДИЦІЙНИМ БУКСИРУВАЛЬНИКАМ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН**

Biliakovych O.M. / Білякович О.М.*c.t.s., doc. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-3887-3715

Kharchenko O.V. / Харченко О.В.*c.t.s., doc. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-1311-8548

*National Aviation University, Kiev, Liubomyra Huzara, 1, 03058**Національний авіаційний університет, Київ, Любомира Гузара, 1, 03058*

Анотація. Стаття присвячена аналізу концептуальної системи буксирування повітряних суден шляхом можливого впровадження безпілотних аеродромних тягачів для масового використання у завантажених аеропортах світу. Показано, що надійні автоматизовані системи буксирування повітряних суден сприятимуть суттєвому зменшенню емоційно-фізичного навантаження на авіаційний персонал, вирішенню економічних та екологічних викликів сучасного аеропорту.

Ключові слова: повітряне судно, безпілотний аеродромний тягач, буксирування, людино-машинний інтерфейс, аеродром, аеропорт, авіаційний персонал, автоматизована система руління, автономна навігація, модифікований безводильний тягач.

Вступ. Як відомо, процес буксирування повітряного судна (ПС) в аеропортах – це його переміщення по поверхні аеродрому під дією зусилля зовнішнього джерела, у якості якого використовуються спеціальні транспортні засоби – аеродромні тягачі (АТ).

Якщо говорити про доцільність такого процесу, вона є цілком очевидною – це забезпечення безпеки пересування персоналу аеропорту по перону, економія моторесурсу та пального авіадвигунів, захист навколишнього середовища від шуму та забруднень.

Варто зазначити, що буксирування має суттєвий недолік – збільшується час перебування ПС на пероні, що негативно впливає на величину комерційної швидкості авіаційних перевезень, яка є основним показником ефективності використання авіаційної техніки.

Отже, процес буксирування ПС на аеродромах повинен бути короткочасним з мінімальним впливом на основні параметри ефективності комерційних авіаційних перевезень [1].

На сьогоднішній день в аеропортах реалізується декілька принципово відмінних один від одного способів буксирування ПС, короткий критичний аналіз яких спробуємо провести на початку статті, тим самим надаючи підґрунтя для оцінки доцільності впровадження безпілотних аеродромних тягачів (БАТ).

Основний текст. Основний, традиційний спосіб буксирування ПС пов'язаний з використанням АТ різноманітної конструкції. Це можуть бути тягачі з буксирувальним обладнанням (так звані, водильні), з можливістю



підіймати ПС за передню (основну) стійку шасі та фіксувати її на платформі (безводильні, з використанням маси літака) або з можливістю передавати крутний момент від привідних роликів на самому тягачі до пневматиків шасі ПС (з фрикційною передачею).

Звичайно, всі перераховані варіанти реалізації вищезазначеного способу буксирування ПС передбачають залучення до даного технологічного процесу цілої групи персоналу аеропорту або хендлінгових компаній.

Такий процес має ряд вагомих переваг: він вимагає невеликих логістичних чи операційних змін у поточних операціях аеропорту; водії-оператори, авіатехніки, супервайзери пройшли відповідне навчання, стажування тощо, і їх можна достатньо швидко вводити у процес виконання повноцінних технологічних операцій з буксирування ПС [2].

Наявність такої буксиральної бригади призводить до зменшення робочого навантаження на льотний екіпаж, який може з більшою ефективністю зосередитись на інших передполітних діях, таких як прогрівання двигуна, перевірка безпеки тощо. Крім того, суттєво зростає вірогідність більш безпечного проходження процесу буксирування з позицій кращої його візуалізації як з борту ПС, так і з перону. Недоліком такого способу є певна складність операцій у вигляді необхідності додаткової координації між персоналом, задіяним у даній технології. Зокрема, для координації потрібна постійна голосова комунікація. Як зазначено в ряді досліджень [3], голосове спілкування неефективне як засіб координації через здатність доставляти лише одну інформаційну одиницю в певний момент, можливість неправильного розуміння вимовленого слова та перевантаження частоти.

Наступним способом, незважаючи на велику кількість спільних рис з попереднім, є використання напівавтоматичного тягача TaxiBot виробництва ізраїльської компанії Israel Aerospace Industries. Перед початком процесу буксирування переднє шасі літака входить у поворотну турель тягача та надійно фіксується. Сама турель може вільно обертатися і без затримки передавати команди про гальмування та поворот, що подаються пілотом, на переднє колесо авіалайнера, на органи керування тягачем [4, 5].

Отже, пілот літака дистанційно керує рухами буксира для руління до злітно-посадкової смуги. Це усуває, хоча б частково, потребу в додатковій людській координації процесу буксирування, але вводить зайве робоче навантаження на пілота, можуть виникнути нові ризики щодо здатності пілота ефективно керувати АТ. Виникає ще одна проблема, пов'язана з наявністю певних накладних витрат, які обумовлені необхідністю впровадження додаткових елементів керування на дисплеї в кабіні пілотів для управління тягачем. Крім того, використання TaxiBot для ПС, що прибувають, ймовірно, потребуватиме водіїв-операторів для зустрічі літаків на злітно-посадковій смузі, і складно оцінити переваги передачі управління від водія АТ до пілота у випадку прибуття. TaxiBot – це, фактично, гібридний варіант операції буксирування водієм-оператором та пілотом, що знову таки ускладнює технологію [6].

В основі третього способу буксирування лежить абсолютно інше



технологічне рішення, яке у свій час запропонувала американська компанія WheelTug: використовувати спеціальне моторизоване колесо, встановлене замість стандартного колеса передньої стійки шасі літака. Згідно із задумом розробників, це дозволить пасажирським літакам повністю самостійно переміщуватись по території аеродрому. Для руху пілоту необхідно лише запустити допоміжну силову установку і ввімкнути мотор-колесо. Управління рухом здійснюється з кабіни екіпажу за допомогою стандартних органів керування [7]. Такий підхід усуває потенційні проблеми з контролем процесу і складністю технологічних операцій, що мають місце при використанні TaxiBot, оскільки в цьому випадку пілот керує не окремим транспортним засобом, а лише додатковим електродвигуном літака [8].

Але і в цьому випадку не все так безпроблемно. З одного боку дане рішення суттєво скоротить кількість типів авіаційної наземної техніки, що, безумовно, є позитивним моментом з позицій безпеки наземного руху на аеродромі. Проте даний спосіб транспортування ПС має певні обмеження, пов'язані з можливістю використання такої технології виключно для літаків з невеликою злітною вагою (наприклад, бізнес-джетів). Це пояснюється відсутністю на сьогоднішній день потужних електродвигунів для приводу коліс передньої стійки шасі ПС. Крім того, таке рішення вимагає від авіакомпаній тотальної модернізації свого флоту, що призведе до значних інвестицій.

Альтернативним рішенням традиційним способам буксирування ПС в аеропортах може бути впровадження так званих безпілотних аеродромних тягачів, аналіз концепції яких буде проведено у даній статті. Останні досягнення щодо впровадження в експлуатацію безпілотних автомобілів роблять технічно можливим застосування такої технології для буксирування ПС.

Для можливості ефективного буксирування літаків за допомогою БАТ, необхідно враховувати виконання наступних вимог:

- тягачі повинні бути безпечними при транспортуванні ПС та маневруванні по аеродрому, уникаючи зіткнення з персоналом та наземними перешкодами;
- вплив на виконання інших технологічних операцій з наземного обслуговування ПС на пероні, на дії персоналу з реалізації вищезазначених технологій повинен бути відсутнім або мінімізованим;
- зміни в інфраструктурі аеродрому повинні бути відсутніми або мінімізованими;
- експлуатація БАТ повинна сприяти покращенню наземної логістики на пероні та спростувати виконання персоналом своїх обов'язків, що, власне, і є метою представлення даної концепції.

Перспектива щодо впровадження в експлуатацію аеропортів БАТ є очевидною за умови подолання певних проблем, що пов'язані з інтеграцією такої системи в загальну технологію оперативного обслуговування ПС на пероні.

Перш за все варто наголосити на подоланні технічних проблем, зокрема, процес безпілотного буксирування повинен враховувати непередбачувані



коливання стану навколишнього середовища в реальному часі; досягти прийняттого для споживача рівня надійності та убезпечувати виконання самого процесу; забезпечувати оперативність підготовчих/кінцевих операцій та безпосередньо транспортування ПС.

З економічної точки зору необхідно брати до уваги прогнозований строк окупності подібних інноваційних рішень (оптимальний термін окупності – близько 12 місяців), отже, забезпечувати надійну бізнес-модель проекту.

Не слід оминати наявність можливих соціальних проблем, які пов'язані з перенавчанням або скороченням авіаційного персоналу, що був задіяний у технології буксирування ПС.

Безпілотна система буксирування ПС вимагатиме технологічних інновацій у логістиці, зокрема в наступних трьох сферах: 1) автоматизоване стратегічне та тактичне планування наземного руху; 2) людино-машинний інтерфейс, призначений для контролю функціонування БАТ; 3) набір технічних та цифрових можливостей для забезпечення автономної навігації буксира [9].

Отже, наведення переконливих аргументів на користь безпілотного буксирування ПС вимагає вирішення проблем взаємодії людини і машини, гібридного управління людиною і машиною, стратегій поступового розгортання та мінімізації змін існуючої інфраструктури аеродрому [10].

Автори роботи [9] пропонують трикомпонентну архітектуру, результатом впровадження якої є вдосконалення автоматизованих інструментів планування, людино-машинних інтерфейсів, що підтримують усвідомлення відповідальності та контроль автономності людини, а також роботизовані технології для автономного зондування, навігації та зв'язку. Людино-машинний інтерфейс для наземних операцій дозволить диспетчерам контролювати практично всі БАТ у процесі проведення підготовчих/кінцевих операцій та самого буксирування.

Стратегія конструкції буксира побудована навколо модифікованого безводильного тягача, який оснащений відповідним набором датчиків: LIDAR, що забезпечує поле зору на 360 градусів, дві електрооптичні/інфрачервоні камери, одна спрямована вперед, інша – назад. LIDAR забезпечує уникнення перешкод і розпізнавання орієнтирів. Передня камера підтримує розпізнавання злітно-посадкової смуги аеропорту, руліжної доріжки та маркування воріт під час навігації, задня – підтримує операції стикування/розстикування, а також моніторинг стану літака під час буксирування [9].

Висновок. Отже, ідея безпілотного буксирування ПС з вимкненими двигунами припускає створення повністю автоматизованої системи руління в завантажених аеропортах. Можна констатувати наявність на сьогоднішній день проблем різного рівня складності та ступеня вирішення – від суто технічних до проблем автономної навігації, зондування та зв'язку, логістичних проблем, збільшення щільності руху наземного транспорту на аеродромі тощо.

Незважаючи на ці виклики, подолання яких вимагає відповідних інноваційних рішень, концепція безпілотного аеродромного тягача заслуговує на увагу та має перспективу щодо масового впровадження у потужних міжнародних аеропортах. Надійні автоматизовані системи буксирування



повітряних суден сприятимуть суттєвому зменшенню емоційно-фізичного навантаження на пілотів, авіатехніків, агентів з наземного обслуговування ПС та диспетчерів, крім того, цілком очевидними є економічні та екологічні переваги, які виникають внаслідок буксирування літаків з вимкненими двигунами.

Література:

1. Biliakovych O.N. Modern and prospective towing methods aircraft / O.N. Biliakovych // Modern engineering and innovative technologies. – 2022. – V. 22. – Part 1. – S. 122-126. – DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-001. – Режим доступу: <http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-001>
2. Wollenheit, R. and Mühlhausen. Operational and Environmental Assessment of the Electric Taxi based on Fast-time Simulation. TRB 92nd Annual Meeting, Washington, DC, 2013.
3. Brinton, C.; Krozel, J.; Capozzi, B.; and Atkins, S. Improved Taxi Prediction Algorithms for Surface Management Systems. In Proceedings of AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit. Monterey, California, 2002.
4. TaxiBot [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.airport-suppliers.com/product/taxibot/>
5. TaxiBot Semi-Robotic Aircraft Tractor [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.iai.co.il/p/taxibot>
6. TaxiBot robotic tug reduces airplane emissions and noise pollution [електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.treehugger.com/aviation/taxibotreduces-airplane-emissions-and-noise-pollution.html>
7. WHAT IS WHEELTUG TAXIING SYSTEM? [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://techsinghurs.wixsite.com/mysite/post/what-is-wheeltug-taxiing-system>
8. Tarantola A. These little electric wheels will save the airlines big bucks, 2013.
9. Self-Driving Aircraft Towing Vehicles: A Preliminary Report [електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/287812966_Self-Driving_Aircraft_Towing_Vehicles_A_Preliminary_Report
10. Bayouth, M.; Nourbakhsh, I.; and Thorpe C. A Hybrid Human-Computer Autonomous Vehicle Architecture. In Proceedings of the Third ECPD International Conference on Advanced Robotics, Intelligent Automation and Control, 1997.

Abstract. *The article is devoted to the analysis of a conceptual aircraft towing system through the possible implementation of unmanned airport tugs for mass use in busy airports around the world. It is shown that reliable automated aircraft towing systems will contribute to a significant reduction of the emotional and physical burden on aviation personnel, and to solving the economic and environmental challenges of the modern airport.*

Key words: *aircraft, unmanned airfield tractor, towing, human machine interface, airfield, airport, aviation personnel, automated taxiing system, autonomous navigation, modified driverless tractor.*

Стаття відправлена: 23.08.2023 р.

© Білякович О.М.