

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного авіаційного університету
доктору технічних наук, професору
Авер'яновій Юлії Анатоліївні

РЕЦЕНЗІЯ

доцента кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем Національного авіаційного університету, кандидата технічних наук, доцента Петрової Юлії Валеріївні на дисертацію Окоро Онїєдікачі Чіома «Оптимізація процесів технічного обслуговування для підтримання льотної придатності повітряних суден в Нігерії», що подається для здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 272 «Авіаційний транспорт» галузі знань 27 «Транспорт»

Актуальність теми дисертації. Сьогодні спостерігається тенденція вдосконалення традиційних коригуючих чи превентивних дій у процесі технічного обслуговування літаків. На жаль, сучасним стратегіям технічного обслуговування літаків не вистачає прогнозуючої здатності, і через це технічне обслуговування може виконуватися не своєчасно (або занадто рано, або занадто пізно). Саме тому авіаційна промисловість потребує розробки нових реалістичних математичних моделей та формулювання завдань оптимізації.

Питання надійності систем повітряних суден, обґрунтування процесів технічного обслуговування та розроблення дій з мінімізації вартості процесів експлуатації необхідно враховувати на етапі проектування життєвого циклу повітряних суден. Одним із шляхів вирішення цієї задачі є застосування алгоритмів статистичної обробки даних, що може призвести для підвищення ефективності польотів повітряних суден з урахуванням реальних трендів змін визначальних параметрів та показників надійності у якості первинних даних. Такі алгоритми бажано розробляти з використанням статистичних даних, отриманих на етапі експлуатації життєвого циклу повітряних суден, які генерують безліч даних у реальному часі, що збираються, передаються та обробляються. Отримані алгоритми можуть бути використані для оцінювання моменту можливої відмови для прогнозування майбутніх корегувальних та запобіжних дій. До того ж, підхід прогностичного технічного обслуговування на основі даних може сприяти суттєвому зниженню витрат на технічне

обслуговування. Це, в свою чергу, дозволить уникнути непотрібних дій з управління проектами та зменшить кількість непередбачених збоїв.

Отже, тема дисертації Окоро Онїєдікачі Чіома, виконання якої направлене на оптимізацію процесів технічного обслуговування повітряних суден завдяки застосуванню підходу прогностичного технічного обслуговування на основі експлуатаційних даних, є актуальною та має науково-практичне значення.

Загальна характеристика дисертації. Дисертація складається з анотації, переліку умовних скорочень, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота містить 191 сторінку, з них 51 рисунки, 18 таблиць, 2 додатки, список літературних джерел налічує 174 найменувань. Основний текст дисертації викладено на 167 сторінках.

Оцінка змісту рукопису дисертації. У вступі обґрунтовується актуальність дисертації, формулюються мета та основні завдання дослідження, дається інформація про зв'язок дослідження з науковими програмами та темами. Крім того, виділено наукову новизну та практичну значущість дослідження, відзначено внесок претендента у спільних публікаціях, викладено апробацію результатів дисертаційної роботи, наведено структуру та обсяг дисертації.

У *першому розділі* дається огляд існуючих стратегій технічного обслуговування (ТО) повітряних суден (ПС) в Нігерії та виконується аналіз існуючих моделей оптимізації ТО ПС з попереднім числовим розрахунком надійності ПС, що експлуатуються в Нігерії.

При цьому автор роботи проводить аналіз ряду методів оптимізації ТО ПС, заснованих на аспектах процесів ТО ПС. Показано, що в цих методах недостатньо уваги було приділено розробці моделей, що поєднують використання моделей теорії надійності, машинного навчання, прогнозу аналітики, регресійних моделей, теорій імовірнісних та статистичних для оптимізації ПС.

Також автор наводить прості числові розрахунки надійності з використанням даних про експлуатацію ПС у Нігерії. Проведений розрахунок дозволив констатувати про найменш надійні системи або конструкції ПС для кожного проаналізованого парку ПС.

Другий розділ присвячений розробці моделей та алгоритмів оптимізації ТО ПС з використанням принципів теорії надійності, прогнозу аналітики, регресії, машинного навчання, теорії ймовірностей та статистики.

Зазначено, що моделі, розроблені для аналізу надійності компонентів та конструкцій ПС можна застосовувати для поліпшення існуючих систем ТО, орієнтованих на надійність, незалежно від обсягу набору даних. До того ж,

були розроблені моделі сегментованої регресії для прогнозування виникнення несправностей та відмов. Обґрунтовано, що необхідно визначити оптимальний інтервал, що врівноважує частоту виконання завдань ТО ПС та інтенсивність відмов. У цьому розділі були розроблені моделі для визначення оптимального інтервалу завдань з ТО ПС. До того ж, ця модель дає кількісну оцінку витрат та економії на ТО для отримання оптимального балансу між обома параметрами.

У цьому розділі також розроблено моделі, які можуть сприяти ефективному управлінню обсягом запасних частин для надання ефективних послуг з ТО. Пропоновані моделі фокусуються на взаємодії між інтенсивністю відмов та наявністю запасних частин.

У *третьому розділі* перевірено моделі, які було розроблено у другому розділі, з використанням даних щоденної експлуатації ПС у Нігерії. Критерій згоди Пірсона було застосовано до математичних моделей для перевірки узгодженості даних експоненційному розподілу. Обчислене значення критерію згоди Пірсона менше порогового значення, на базі чого приймається гіпотеза про експоненційний закон розподілу напрацювання на відмову систем та конструкцій літака з прийнятим рівнем значущості. Для запропонованої моделі аналізу надійності з урахуванням невеликого набору даних проведено візуальний тест на відповідність, що підтверджує її достовірність.

Всі зазначені моделі були протестовані з використанням реальних експлуатаційних даних ПС. Модель з найменшим значенням стандартного відхилення вважається найбільш точною для прогнозування відмови компонента, підсистеми, системи або конструкції ПС. Також, для порівняння всіх отриманих графіків запропонованих регресійних моделей було наведено графічне пояснення достатньої, надмірної та недостатньої відповідності в регресії. Всі моделі було розглянуто щодо достатньої відповідності.

Крім того, було проведено імітаційне моделювання з використанням методу Монте-Карло для доведення, що моделі, розроблені для визначення оптимального інтервалу завдань технічного обслуговування з використанням середніх експлуатаційних витрат, є ефективними. Отримані результати доводять, що для експоненційної моделі напрацювання на відмову немає оптимального інтервалу завдань ТО, який відповідає точці локального мінімуму на графіку середніх експлуатаційних витрат за одиницю часу в залежності від інтервалу виконання завдань обслуговування. Для моделі Ерланга результати моделювання доводять існування «мінімуму», що відповідає оптимальному інтервалу ТО. Ці результати збігаються з аналітичними результатами у другого розділу та ще раз доводять, що оптимізація інтервалу завдань ТО авіаційних систем з використанням моделі Ерланга можлива.

У четвертому розділі представлена чотириетапна методика, що поєднує підходи до аналізу надійності систем і конструкцій ПС, прогнозування несправностей/відмов систем ПС, оптимізації інтервалу завдань ТО ПС з використанням середньої експлуатаційної вартості, як міри ефективності та прогнозу обсягів запасних частин з метою оптимізації процесів ТО ПС. Цю методику розроблено, оскільки розрізнені автономні втручання можуть збільшити загальний час простою. Запропонована методика закладає основу подальших розробок з погляду її майбутнього розширення, перевірки та впровадження. Її унікальність полягає в тому, що хоча більшість досліджень зосереджена на окремих компонентах або системах, запропонована методика розглядає всі компоненти і системи ПС в єдиній структурі. Цей підхід, засновано на даних, що є більш економічною альтернативою моделюванню на основі фізичних процесів і може використовуватися для розробки системи прогнозування ПС. Крім того, цей підхід може бути корисним під час вирішення проблеми оптимізації ТО на етапі проєктування ПС.

У висновках представлено основні результати дисертаційного дослідження, що відображають методологічні засади моделей та алгоритмів оптимізації процесів ТО ПС.

У додатках викладено список публікацій і апробацій результатів дисертації, алгоритм програмної реалізації для розробки математичних моделей оптимізації процесів технічного обслуговування для підтримання льотної придатності повітряних суден в Нігерії.

Отже, зміст дисертації відповідає її назві. Робота написана науковою та оформлена відповідно до існуючих нормативних документів.

Структура дисертації відповідає встановленим для наукового дослідження вимогам. Усі положення, які винесені на захист, висвітлені в тексті дисертації та відповідають спеціальності 272 «Авіаційний транспорт» галузі знань 27 «Транспорт».

Наукова новизна одержаних результатів. Розв'язані у дисертації науково-практичні завдання у комплексі сприяють подальшому розвитку напряму оптимізації процесів технічного обслуговування для підтримання льотної придатності повітряних суден в Нігерії. Найбільш суттєвими науковими результатами дисертаційних досліджень Огоро Онієдікачі Чіома є:

1. *Вперше* розроблено моделі статистичного моделювання для аналізу надійності, які можна застосовувати як для великих, так для малих наборів даних про надійність та процеси експлуатації ПС.

2. *Вперше* розроблено сегментовані регресійні моделі для прогнозування льотної години, коли компонент, підсистема або система ПС відмовить.

3. *Вперше* визначено оптимальний інтервал виконання завдань по ТО ПС з використанням середніх експлуатаційних витрат як міри ефективності.

Практично вагомими можна вважати такі результати роботи:

- отримала подальший розвиток розроблена модель, яка враховує спостережену тенденцію відмов компонентів та параметри надійності для прогнозування запасів запасних частин;

- отримала подальший розвиток розроблена методологія, яка поєднує параметри надійності, прогнозування відмов, вартість і прогноз запасів запасних частин, щоб оптимізувати процеси ТО ПС для підтримки льотної придатності

Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів дослідження підтверджені достатнім та належним застосуванням математичного апарату теорії надійності, теорії ймовірностей та статистики, машинного навчання тощо. Окрім того, отримано узгодженість теоретичних результатів із даними експлуатації ПС у Нігерії, а також результатами статистичного імітаційного моделювання.

Повнота викладення наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації і опублікованих у працях. Отримані результати за темою дисертації викладено автором в опублікованих 17 наукових працях, які представлені у списку використаних джерел дисертаційної роботи. Зокрема, 3 – у наукових фахових виданнях України, 6 – у наукових виданнях, які проіндексовано базою даних Scopus. Основні положення дисертації з достатньою повнотою апробовано на міжнародних науково-практичних конференціях з опублікуванням 8 тез доповідей.

Отже, кількість опублікованих результатів дисертації і їхня якість відповідає вимогам п. 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії», затверджену постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44.

Зауваження і недоліки до дисертації.

1. Під час обґрунтування показника ефективності автор у недостатньому ступені проаналізувала перелік існуючих у літературі та дослідженнях відповідних показників із зазначенням як саме для них вирішуються оптимізаційні задачі.

2. У другому розділі автор розглядає приклад вирішення задачі оптимізації інтервалу проведення технічного обслуговування для випадку експоненційних напрацювань на відмову. Автор отримує результат щодо неможливості оптимізації в цьому випадку, хоча цей результат є загальновідомим.

3. Четвертий розділ називається «Методологія оптимізації процесів ТО приписного парку ПС Нігерії для підтримання їх льотної придатності», однак автор наводить лише методики, а інші елементи методології (теореми, аксіоми, методи, принципи) відсутні.

Висновки. Зазначені у відгуку зауваження і недоліки не зменшують теоретичної та практичної значущості дисертації Огоро Онієдікачі Чіома. Загалом, вона характеризується внутрішньою єдністю, виконана на достатньо високому науковому рівні та є завершеною працею. У ній отримано нові обґрунтовані результати, що в комплексі вирішують наукове завдання з розроблення методів і засобів підвищення ефективності експлуатації ПС з точки зору ТО з використанням досвіду у Нігерії.

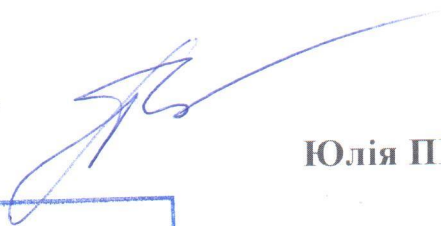
Тема дисертації та її зміст відповідають спеціальності 272 «Авіаційний транспорт» галузі знань 27 «Транспорт». Усі результати, що виносяться на захист є достовірними та отриманими автором особисто. Дисертація відповідає принципам академічної доброчесності. Академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації у дисертації і наукових публікаціях не виявлено.

Отже, вважаю, що за актуальністю обраної теми, рівнем виконання поставленого наукового завдання, новизною і науковою обґрунтованістю отриманих результатів дисертація відповідає освітнім компонентам освітньо-наукової програми за спеціальністю 272 «Авіаційний транспорт» та вимогам «Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах)», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року № 261 (зі змінами і доповненнями від 3 квітня 2019 року № 283), вимогам пп. 6, 7, 8 та 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44. Тому її автор, **Огоро Онієдікачі Чіома**, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 272 «Авіаційний транспорт» галузі знань 27 «Транспорт».

Рецензент

доцент кафедри телекомунікаційних
та радіоелектронних систем

Національного авіаційного університету
кандидат технічних наук, доцент



Юлія ПЕТРОВА

