

Рішення
разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії **Бондаренко Олексій Васильович**, 1997 року народження, громадянин України, освіта вища: у 2019 році закінчив Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» і отримав ступінь магістра за спеціальністю «Авіаційна та ракетно-космічна техніка». Виконав акредитовану освітньо-наукову програму «Енергетичне машинобудування».

Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», Міністерство освіти і науки України, м. Харків, від 19 червня 2025 року № 268, у складі (без змін)

голови разової

спеціалізованої вченої ради – Білогуба Олександра Віталійовича, доктора технічних наук, професора, професора кафедри конструкції авіаційних двигунів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут»;

рецензентів –

Кіслова Олега Володимировича, кандидата технічних наук, доцента, завідувача кафедри теорії авіаційних двигунів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут»;

Куліка Анатолія Степановича, доктора технічних наук, професора, професора кафедри систем управління літальних апаратів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут»;

офіційних опонентів –

Варбанця Романа Анатолійовича, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри суднових енергетичних установок і технічної експлуатації Одеського національного морського університету;

Дмитрієва Сергія Олексійовича, доктора технічних наук, професора, професора кафедри збереження льотної придатності повітряних суден Державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут».

на засіданні 15 серпня 2025 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 14 Електрична інженерія Бондаренку Олексію Васильовичу на підставі публічного захисту дисертації «Формування бортових самоналаштовувальних динамічних моделей газотурбінних двигунів для визначення невимірюваних параметрів робочого процесу» за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування.

Дисертацію виконано в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут», Міністерство освіти і науки України, м. Харків.

Науковий керівник: Єпіфанов Сергій Валерійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри конструкції авіаційних двигунів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», Заслужений діяч науки та техніки України.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису, в якому відображено нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, що виконують конкретне наукове завдання й мають вагоме значення для галузі знань 14 Електрична інженерія. Дисертація виконана державною мовою й відповідає встановленим МОН вимогам щодо оформлення дисертації. Обсяг основного тексту є достатнім для розкриття теми в межах галузі 14 Електрична інженерія за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування. Таким чином, у дисертації дотримано вимоги п. 6 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 (зі змінами).

Основний зміст дисертації відображено у 8 статтях, з яких 7 статей у виданнях, які входять до переліку наукових фахових видань України, та 1 стаття в закордонному виданні, що реферується в базі даних Sciendo. Окрім цього, основні результати роботи опубліковано в 6 тезах науково-технічних конференцій.

Наукові праці, в яких висвітлено основні наукові результати дисертації:

1. Єпіфанов, С. В. Дослідження проблеми формування залежності параметрів динамічної моделі двовального ТРДД від режиму роботи / С. В. Єпіфанов, Р. Л. Зеленський, О. В. Бондаренко // *Авіаційно-космічна техніка та технологія*. – 2020. – № 7(167). – С. 89–97. doi: 10.32620/aktt.2020.7.13.

2. Єпіфанов, С. В. Формування динамічних моделей газотурбінних двигунів для використання в системах автоматичного керування та контролю [Текст] / С. В. Єпіфанов, О. В. Бондаренко // *Авіаційно-космічна техніка та технологія*. – 2023. – № 4 (188). – С. 44–55. doi: 10.32620/aktt.2023.4.05.

3. Єпіфанов, С. В. Формування математичної моделі турбовального двигуна / С. В. Єпіфанов, О. В. Бондаренко // *Авіаційно-космічна техніка та технологія*. – 2023. – № 4 sup1 (189). – С. 85–94. doi: 10.32620/aktt.2023.4sup1.12.

4. Єпіфанов, С. В. Аналіз точності самоналаштування динамічної моделі газотурбінного двигуна / С. В. Єпіфанов, О. В. Бондаренко // *Авіаційно-космічна техніка та технологія*. – 2024. – № 2 (194). – С. 38–48. doi: 10.32620/aktt.2024.2.04.

5. Бондаренко, О. В. Ідентифікація динамічних характеристик двовального турбореактивного двигуна / О. В. Бондаренко // *Авіаційно-космічна техніка та технологія*. – 2024. – № 4 sup1 (197). – С. 125–136. doi: 10.32620/aktt.2024.4sup1.17.

6. Єпіфанов, С. В. Аналіз точності оцінювання сталої часу одновального газотурбінного двигуна в реальних умовах / С. В. Єпіфанов, О. В. Бондаренко // *Авіаційно-космічна техніка та технологія*. – 2024. – № 4 sup2 (198). – С. 69–79. doi: 10.32620/aktt.2024.sup2.09.

7. Єпіфанов, С. В. Метод визначення невимірюваних параметрів газотурбінних двигунів з урахуванням технічного стану / С. В. Єпіфанов, О. В. Бондаренко // *Авіаційно-космічна техніка та технологія*. – 2025. – № 2 (202). – С. 25–37. doi: 10.32620/aktt.2025.2.03.

У дискусії взяли участь голова та члени разової спеціалізованої вченої ради та висловили зауваження:

Рецензент Кіслов Олег Володимирович:

1. У роботі використовується припущення, що всіма видами інерційності, окрім інерційності маси, що обертається, можна знехтувати. Але в ряді робіт враховується і газодинамічна інерційність.

2. У роботі використовується припущення, що на дозвукових швидкостях польоту змінення числа M польоту не впливає на зведені параметри силової установки. В дійсності, при заданих повних параметрах потоку p^*_n , T^*_n число M польоту не впливає на зведені параметри турбокомпресору, але впливає на параметри подібності тяги, питомої тяги та питомих витрат палива.

3. На сторінці 28 при описі структури та обсягу дисертації вказана кількість сторінок є помилковою (197 замість 194 фактично).

Рецензент Кулік Анатолій Степанович:

1. Відсутність оцінок потенційної точності параметричної ідентифікації параметрів робочого процесу ГТД недоступних виміру ускладнює розуміння доцільності використання лінеаризованих математичних моделей.

2. Незрозуміло, навіщо в диференціальних рівняннях 1.3, 1.4, 2.21, 2.23, 2.9 та інших використовуються разом змінна та її відхилення від робочої точки.

3. На рис. 2.5 наведена структурна схема програмного комплексу, опис якого відсутній, і далі він не згадується. Це розробка здобувача чи кафедри? Яку роль цей програмний комплекс відіграв у дисертаційному дослідженні?

4. При верифікації математичних моделей, які використовує здобувач у своєму дослідженні, немає аргументації щодо використання результатів стендових натурних експериментів, а не польотних.

5. Результати верифікації представлені тільки в якісному графічному вигляді, а не в кількісному для всього інтервалу експерименту.

6. Для характеристики різноманітних графічних схем, які приведені в дисертації, використовується в дуже широкому розумінні прикметник *структурна*.

7. При вирішенні задач параметричної ідентифікації ГТД використовується складна процедура, яка потребує значної пам'яті та часу бортового обчислювача.

Офіційний опонент Варбанець Роман Анатолійович:

1. Потребує пояснення, як враховується зміна технічного стану двигуна у процесі налаштування моделі, якщо структурні параметри системи (наприклад, витрата повітря, ККД компресора та інші) будуть змінюватись поступово і непомітно для вимірювальних каналів?

2. У роботі активно використовується метод найменших квадратів і припущення про нормальний розподіл похибок. Як зміниться ефективність оцінювання, якщо розподіл похибок має інший характер (наприклад, має бути зсув), або похибки корелюють між собою?

3. Потребує пояснення, які є ризики практичної реалізації запропонованих моделей у реальній бортовій системі керування, враховуючи можливу обмежену обчислювальну потужність системи та необхідність сертифікації?

4. У розділах 3, 4 як основні джерела невизначеності розглядаються шуми вимірювання частоти обертання та параметричні похибки моделі. У роботі вважається, що похибки формування сигналу керування відсутні. Проте відомо, що шум витрати палива присутній і пов'язаний з особливостями роботи виконавчих пристроїв (насосів, дозаторів), а також похибками формування сигналу. Варто було б дослідити, як саме впливає цей шум на дисперсії оцінок похибок динамічних параметрів.

5. У дисертації зазначено, що запропонований метод оцінювання невимірюваних параметрів є «обчислювально стійкішим» та «обчислювально ефективнішим», але не надано детального порівняння точності, швидкості та ресурсоемності запропонованого методу з оглянутими (підрозділ 5.2.2) та іншими сучасними підходами (наприклад, нейромережевими або AI-методами), що зменшує повноту оцінки ефективності запропонованих рішень.

Офіційний опонент Дмитрієв Сергій Олексійович:

1. У роботі зазначено (с. 58, п. 8), що динамічна модель двигуна є суттєво нелінійною, і ця нелінійність враховується змінними коефіцієнтами лінійної динамічної моделі, які є функціями частоти обертання ротора високого тиску. Достатнього обґрунтування того, що коефіцієнти лінійної динамічної моделі (ЛДМ) є функціями лише одного аргументу, а саме частоти обертання ротора високого тиску (ВТ), не наведено. Також, не представлено способів отримання чи методик розрахунку коефіцієнтів ЛДМ.

2. Запропонований метод оцінювання динамічних параметрів двигунів передбачає використання вимірювань. У роботі наведені типові значення періоду реєстрації частот обертання ротору та сталих часу. З огляду на те, що тривалість перехідного процесу складає приблизно 3–5 сталих часу, з наведених даних випливає, що на режимі малого газу кількість вимірювань складатиме 30–50, а на максимальному режимі – 3–5. Такої кількості вимірювань явно недостатньо для того, щоб вважати вибірку репрезентативною, а, відповідно, вибіркове середнє та вибіркова дисперсія будуть зміщені й не підкорюватимуться нормальному закону розподілу. У той же час, використаний у роботі підхід до аналізу похибок передбачає, що випадкові величини розподілені за нормальним законом із нульовим математичним очікуванням. Вплив цих обставин у роботі не розглянуто.

3. У роботі відсутня чисельна валідація методики розрахунку дисперсій похибок оцінок динамічних параметрів (розділ 3). Доцільно навести розрахунки, які підтверджують чисельно отримані результати, наприклад, методом Монте-Карло або імітацією багатьох експериментів.

4. У розділі 2 зазначено, що двигун є суттєво нелінійним об'єктом, але в розділах 3 і 4 отримані результати для лінеаризованої моделі в околі точки. Доцільно було проаналізувати діапазон, у якому модель можна вважати лінійною і з якою похибкою.

5. У розділах 3, 4 припускається, що шум вимірювань є гаусівським білим шумом і з постійною дисперсією. Це припущення не підкріплено посиланнями на літературні джерела чи експериментальні результати. У реальних системах шум часто має спектральну структуру, може бути автокорельованим та гетероскедастичним. Ігнорування цих особливостей може призводити до викривлення значень дисперсій оцінок параметрів, тому доцільно проаналізувати вплив реальної структури шуму на дисперсії оцінок динамічних параметрів.

6. У підрозділі 5.2.3 отриманий розв'язок відповідає частковому випадку, коли усі діагональні елементи коваріаційної матриці (формула 5.6, с. 168) параметрів технічного стану рівні. Це означає, що дисперсії усіх розглянутих параметрів технічного стану рівні, однак таке припущення нічим не аргументоване.

Результати відкритого голосування:

«За» 5 членів ради,

«Проти» - членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує Бондаренку Олексію Васильовичу ступінь доктора філософії з галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Окрема думка члена разової ради не надходила.

Голова разової спеціалізованої вченої ради  Олександр БІЛОГУБ

Підпис голови разової спеціалізованої
вченої ради Олександра БІЛОГУБА
засвідчую

Учений секретар Національного
аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»



 Тетяна БОНДАРЄВА