

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації *Бондаренка Олексія Васильовича* на тему «Формування бортових самоналаштовувальних динамічних моделей газотурбінних двигунів для визначення невимірюваних параметрів робочого процесу», представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування

На засіданні кафедри конструкції авіаційних двигунів за участі: Спіфанова Сергія Валерійовича, д.т.н., професора, завідувача кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»; Білогуба Олександра Віталійовича, д.т.н., професора, професора кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»; Гусева Юрія Олексійовича, к.т.н., доцента, професора кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»; Гаркуші Олександра Івановича, к.т.н., доцента, доцента кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»; Безуглого Сергія Володимировича, к.т.н., доцента, доцента кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»; Суховія Сергія Івановича, к.т.н., доцента, доцента кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»; Зеленського Романа Леонідовича, к.т.н., доцента, доцента кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»; Марценюка Євгена Вікторовича, ст. викладача кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»; Свеженцева Сергія Юрійовича, аспіранта кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»; Бондаренка Олексія Васильовича, аспіранта кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»; Векліча Ярослава Сергійовича, аспіранта кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»; Куліка Анатолія Степановича, д.т.н., професора, професора кафедри систем управління літальних апаратів «ХАІ»; Кіслова Олега Володимировича, к.т.н., доцента, завідувача кафедри теорії авіаційних двигунів «ХАІ»; Широкого Юрія Володимировича, к.т.н., доцента, декана факультету авіаційних двигунів «ХАІ»; Дмитрієва Сергія Олексійовича, д.т.н., професора, професора кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден Державного

некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут»;

Логінова Василя Васильовича, д.т.н., професора, начальника управління програм і проєктів АТ «ФЕД»;

Торби Юрія Івановича, к.т.н., начальника відділу ДП «Івченко-Прогрес»;

Гольцова Анатолія Сергійовича, д.т.н., професора, пенсіонера

відбулася публічна презентація дисертаційної роботи *Бондаренка Олексія Васильовича* на тему «Формування бортових самоналаштовувальних динамічних моделей газотурбінних двигунів для визначення невимірюваних параметрів робочого процесу».

На підставі обговорення змісту презентації дисертаційної роботи ухвалено такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації (результати голосування – одноголосно).

1. Актуальність теми дослідження

Авіаційний газотурбінний двигун є складним технічним об'єктом, до якості характеристик та надійності якого висуваються високі вимоги. Для успішного вирішення завдань керування та контролю технічного стану двигуна він оснащений вимірювальною системою. Однак склад вимірюваних параметрів суттєво обмежений складністю організації вимірювання деяких найважливіших параметрів, малим ресурсом відповідних датчиків, високою вартістю відповідних компонентів вимірювальної системи, захаращенням проточної частини двигуна та відповідним негативним впливом на витрату робочого тіла, тягу та питому витрату палива. До складу параметрів, які є найважливішими для визначення робочого режиму та поточного технічного стану двигуна належать тяга, температура газу перед турбіною, запаси стійкості каскадів компресора, коефіцієнти надлишку повітря в основній та форсажній камерах згоряння, а також параметри граничних умов теплообміну деталей, ресурс яких необхідно контролювати, та параметри технічного стану вузлів.

Тому визначення невимірюваних параметрів двигунів на усталених та перехідних режимах роботи із використанням бортових самоналаштовувальних моделей і відповідним аналізом точності є актуальною задачею створення систем автоматичного керування та діагностування двигунів.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Представлені в роботі дослідження виконано на кафедрі конструкції авіаційних двигунів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» у рамках виконання держбюджетної теми «Формування технологій створення адаптивних систем керування ГТД пасажирських і транспортних літаків» (ДР № 0119U100942), а також у рамках

госпдоговірних робіт: №203-25/2021 «Розробка комплексу динамічних моделей двигуна ТВ3-117ВМА-СБМ1В 1 серії», замовник АТ «МОТОР СІЧ», а також №203-10/2020 «Розробка комплексу динамічних математичних моделей двигуна АІ-322» та №203-18/2020 «Модернізація та підтримка комплексу динамічних математичних моделей двигуна АІ-322», замовник АТ «ФЕД».

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1) На основі використання інтегральних характеристик чутливості суттєво вдосконалено метод визначення похибок оцінок параметрів лінійних динамічних моделей газотурбінних двигунів.

2) Із використанням зазначеного методу отримано нові співвідношення, що визначають залежність похибок оцінок параметрів лінійних динамічних моделей газотурбінних двигунів від точності вимірюваних параметрів, значень оцінюваних параметрів та характеру керуючих впливів.

3) Отримано нові співвідношення, що визначають залежність похибок визначення невимірюваних параметрів газотурбінних двигунів на усталених і перехідних режимах роботи від похибок вимірюваних параметрів, а також похибок налаштування використовуваних моделей із урахуванням режиму роботи та характеру зміни керуючих впливів.

4) Набула подальшого розвитку концепція бортової самоналаштовувальної математичної моделі авіаційного газотурбінного двигуна: до складу відомої структури моделі включено підсистему контролю якості та керування самоналаштуванням, в основі якої – перелічені вище методи, моделі та співвідношення.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи

1) отримані в роботі співвідношення, що визначають залежність похибок оцінок параметрів лінійних динамічних моделей газотурбінних двигунів від точності вимірюваних параметрів, значень оцінюваних параметрів та характеру керуючих впливів, можуть бути використані для планування експериментів з дослідження динамічних характеристик газотурбінних двигунів на стадії випробувань, а також для алгоритмічного визначення достатності зібраної інформації при автоматичній корекції динамічних моделей у складі систем автоматичного керування газотурбінних двигунів;

2) розроблений удосконалений метод визначення невимірюваних параметрів може бути використаний при обробці експериментальної інформації, а також у бортових алгоритмах для моніторингу тяги, питомої

витрати палива, потужності, температури газу перед турбіною, витрати повітря та інших параметрів, які характеризують робочий процес двигуна;

3) наявність методу визначення точності оцінювання параметрів математичних моделей, а також удосконалених алгоритмів визначення невимірюваних параметрів, уможливило створення електронних систем керування авіаційними газотурбінними двигунами на основі концепції самоналаштовувальних моделей.

5. Апробація/використання результатів дисертації

Основні наукові та практичні результати дисертації викладено, обговорено та отримали схвальну оцінку на XXV, XXVII, XXVIII і XXIX Міжнародних конгресах двигунобудівників (2020, 2022, 2023, 2024 рр., м. Харків), Seminarium IV. New Trends in the Construction, Research and Operation of Flying Objects (2022 р., Institut Lotniztwa, Warsaw), V міжнародній науково-практичній морської конференції кафедри CEY і TE Marine Power Plants & Operation MPP&O-2024 (2024 р., м. Одеса).

Розроблені автором наукові положення впроваджені:

- у АТ «МОТОР СІЧ» при проектуванні системи автоматичного керування вертольотного турбовального двигуна ТВ3-117ВМА-СБМ1В 1 серії;
- у АТ «ФЕД» проектуванні агрегатів і системи автоматичного керування двигуна AI-322;
- у навчальному процесі кафедри конструкції авіаційних двигунів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (лекціях і практичних заняттях з навчальних дисциплін «Системи автоматичного керування авіаційних двигунів і енергетичних установок», «Моделювання та розрахунок процесів в авіаційній і ракетно-космічній техніці» та «Методи аналізу та синтезу систем керування та діагностування об'єктів енергетичного машинобудування») для магістрів і аспірантів, що навчаються за спеціальностями 134 - Авіаційна та ракетно-космічна техніка та 142 – Енергетичне машинобудування..

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертація О В. Бондаренка є оригінальною роботою, виконана здобувачем самостійно й доброчесно, текст рукопису дисертаційної роботи не містить ознак академічного шахрайства. Роботу передано експерту для проведення науково-технічної експертизи щодо збігів з Internet-джерелами, про що буде надано відповідний звіт.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 14 наукових публікацій, у тому числі:

- сім статей у наукових фахових виданнях України за спеціальністю, одна з них одноосібна, в п'яти один співавтор – науковий керівник;
- одна стаття у закордонному періодичному науковому виданні;
- чотири тези доповідей на наукових конференціях.

Статті у наукових виданнях України, затверджених як фахові за спеціальністю 142:

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.

Здобувач проаналізовано залежність коефіцієнтів динамічної моделі ТРДД від режиму роботи.

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.

Здобувач опрацював загальний підхід до формування швидкорозрахункових математичних моделей ГТД та застосував цей підхід до ТРДД зі змішуванням потоків.

Єпіфанов, С. В. Формування математичної моделі турбовального двигуна / С. В. Єпіфанов, О. В. Бондаренко // *Авіаційно-космічна техніка та технологія*. – 2023. - №4sup1(189). – с. 85-94.

Здобувач розробив математичну модель турбовального двигуна, яка в дисертації використана як один з основних інструментів дослідження.

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.

Здобувач розробив загальний підхід до аналізу похибок оцінювання параметрів динамічної моделі та отримав відповідні співвідношення для одновального ТРД.

Бондаренко, О. В. Ідентифікація динамічних характеристик двовального турбореактивного двигуна / О. В. Бондаренко // *Авіаційно-космічна техніка та технологія*. – 2024. - №4sup1(197). – с. 125-136.

Здобувач розповсюдив аналіз точності оцінювання параметрів динамічних моделей на випадок моделі двовального ТРДД.

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. - №4sup2(198). – с. 69-79.

Здобувач розвинув аналіз точності оцінювання сталої часу ТРД на випадок зміни керуючого впливу, близький до реального – отримав загальні співвідношення, що характеризують точність оцінювання, для поступової лінійної зміни керуючого впливу.

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.

Здобувач розробив метод визначення невимірюваних параметрів та отримав співвідношення для аналізу відповідних похибок.

8. Висновок наукового керівника

Виконання індивідуального навчального плану, індивідуального плану наукової роботи, досягнення результатів навчання за відповідною науково-освітньою програмою та написання дисертації Бондаренком Олексієм Васильовичем вважаю успішним. Дисертаційна робота є результатом самостійного дослідження, завершеною науковою працею, яка містить наукову новизну. Вона виконана на належному науковому рівні та відповідає встановленим вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, і може бути рекомендована до захисту, а її автор Бондаренко Олексій Васильович – до присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування.

Отже, вважаємо, що дисертаційна робота Бондаренко Олексія Васильовича на тему «Формування бортових самоналаштувальних динамічних моделей газотурбінних двигунів для визначення невимірюваних параметрів робочого процесу», представлена на здобуття ступеня доктора філософії, відповідає вимогам Порядку присудження наукового ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44). Відтак, вона може бути представлена до захисту в разовій спеціалізованій раді для присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування.

Головуючий на засіданні
кандидат технічних наук, професор,
заступник завідувача кафедри
конструкції авіаційних двигунів
Національного аерокосмічного університету
ім. М. Є. Жуковського «Харківський
авіаційний інститут»



Юрій ГУСЄВ