

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу
Сокола Дмитра Вадимовича
на тему «Моделі та методи раціонального управління працездатністю
вихрового енергороздільника»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
за спеціальністю 173 Авіоніка

Актуальність теми дослідження.

Робота присвячена розробці раціональної системи управління в умовах невизначеності дестабілізуючих впливів на вихровий енергороздільник. Основною метою є дослідження процесів діагностування та відновлення працездатності цього об'єкта, схильного до дій дестабілізуючих впливів.

В дисертаційній роботі виділяється актуальність, обумовлена використанням нетрадиційних технологій, що ґрунтуються на вихровому ефекті. Особливий інтерес є поділ стиснутого газу на холодний і гарячий повітряні потоки. Зокрема, привертається увага до актуальності підтримки працездатності систем автоматичного управління вихровим енергороздільником в умовах обмежених можливостей та ресурсів на прикладі його застосування в авіаційних технологіях, таких як системи охолодження, вимірювачі статичної температури, системи протизледеніння тощо. Робота наголошує на проблемі невизначеності, викликаній дестабілізуючими впливами. Це важливий аспект з огляду на мінливість умов експлуатації та можливі несправності.

Отримані результати включають розроблення лінійних діагностичних моделей для вихрового енергороздільника, поліпшений метод ідентифікації параметрів та нові алгоритми діагностування та відновлення працездатності. Також представлено програмний модуль діагностики та управління, який включає в себе математичні моделі та алгоритми для раціонального управління вихровим енергороздільником.

Крім цього, в роботі наведено аналіз концепції раціонального управління. За наявними посиланнями на відповідні наукові статті можна зробити висновок про принципову можливість застосування цього принципу управління до різноманітних авіаційних об'єктів управління. Тож спроба застосування нових методів і підходів до управління вихровим енергороздільником вважається

новаторською, в той час як результати обчислювальних експериментів свідчать про ефективність розроблених моделей та алгоритмів.

Дисертаційна робота вносить суттєвий внесок у розвиток систем автоматичного управління та раціонального управління в авіоніці.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукову новизну одержаних результатів дисертаційної роботи складають наступне:

1. Вперше розроблені лінійні діагностичні моделі вихрового енергороздільника як об'єкта раціонального управління, що відрізняються від відомих використанням структурних і параметричних особливостей нештатного функціонування вихрового енергороздільника, що дають можливість аналітично формувати алгоритми раціонального управління.

2. Вдосконалено метод структурно-параметричної ідентифікації за експериментальними частотними характеристиками керованих об'єктів, що відрізняється від відомих використанням похідних полінома, що дозволяє підвищити адекватність лінійного математичного опису.

3. Отримав подальший розвиток метод формування алгоритмів діагностування вихрового енергороздільника як об'єкта раціонального управління, що відрізняється від відомих використанням фрагментарних лінійних діагностичних моделей, що дозволяє спростити структуру алгоритмічного забезпечення процесу раціонального управління.

4. Отримав подальший розвиток метод формування алгоритмів відновлення працездатності функціональних елементів об'єкта раціонального управління, що відрізняються від відомих конкретизацією використання функціональних діагностичних моделей і засобів парирування дестабілізуючих впливів, що дозволяє розробляти ефективні алгоритми відновлення працездатності.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі систем управління літальних апаратів Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» та використані у рамках науково-дослідної роботи на тему «Раціональне управління функціонуванням технічних систем з невизначеною динамікою» (ДР №0121U108867, 01.01.2021 – 31.12.2023 рр.) за науковим напрямком «Дослідження можливостей методів інтелектуального

управління на прикладі різних технічних систем» під керівництвом д-р. техн. наук, професора А.С. Куліка та канд. техн. наук К.Ю. Дергачова.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання розробити раціональну систему управління вихровим енергороздільником шляхом формування лінійних діагностичних моделей та алгоритмів діагностування і відновлення його працездатності виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Практична цінність отриманих результатів.

Практичне значення цієї дисертаційної роботи проявляється у можливості застосування раціонального управління до системи автоматичного управління вихровим енергороздільником. Цей принцип враховує невизначеність параметрів, пов'язаних з обмеженим розумінням природи вихрового ефекту та необхідністю зміни потоку газу в різних умовах експлуатації. Розроблені моделі та методи є науково-методичною основою для ефективного відновлення працездатності вихрового енергороздільника. Використання цих моделей та методів забезпечує технічну обґрунтованість для безперервного функціонування системи автоматичного управління вихровим енергороздільником. Це досягається шляхом інтеграції відповідних алгоритмів та резервних ресурсів у структуру системи.

Практична значимість результатів дисертації підтверджується їх впровадженням у науково-дослідну діяльність кафедри систем управління літальних апаратів Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», а також у виробничій діяльності ДНВП «Об'єднання Комунар» та ТОВ «ЄС Інжиніринг»

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Сокола Д. В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 173 Авіоніка.

Дисертаційна робота являє собою одноособово написану кваліфікаційну наукову працю, яка містить сукупність результатів та наукових положень, має внутрішню єдність і свідчить про особистий внесок автора у науку.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Необхідно відзначити логічну цілісність, послідовність і взаємозв'язаність розділів. Автор використовує наукові терміни в їх точному значенні, вміло і доречно. У тексті є посилання на використані джерела.

Структура роботи.

Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації 210 сторінок.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, визначено об'єкт і предмет дослідження, перелічено застосовані методи, представлено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено дані про публікації, апробацію та особистий внесок автора.

У *першому* розділі проведено аналіз застосування вихрових енергороздільників в авіації, аналіз напрямів розробки систем управління вихровими енергороздільниками та особливостей їх математичного опису. Проаналізовано можливості застосування класичних принципів управління та особливості принципу управління за діагнозом.

У *другому* розділі розроблена CFD модель вихрового енергороздільника, отримані експериментальні статичні характеристики і проведена їх інтервальна лінеаризація, а також за допомогою вдосконаленого методу структурно-параметричної ідентифікації сформовані математичні моделі системи автоматичного управління.

У *третьому* розділі сформовано структуру раціональної систем управління вихровим енергороздільником, розроблені відповідні лінійні діагностичні моделі, сформовані алгоритми діагностування працездатності об'єкта раціонального управління.

У *четвертому* розділі проаналізовані способи відновлення працездатності функціональних елементів об'єкта раціонального управління в залежності від діагностованого дестабілізуючого впливу та сформовані відповідні алгоритми відновлення.

У *п'ятому* розділі розроблено комп'ютерну модель раціональної системи управління і наведено графіки експериментів з діагностування та відновлення працездатності об'єкта раціонального управління для певних видів дестабілізуючих впливів.

У **висновках** стисло описані основні результати дисертаційного дослідження та сформульовані перспективні задачі можливого подальшого дослідження.

У **додатках** наведено результати моделювання роботи моделі раціональної системи управління при дії різних видів дестабілізуючих впливів на працездатність вихрового енергороздільника (на додаток до тих результатів, що висвітлені у п'ятому розділі), і представлені 4 акти впровадження.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 11 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports. Також результати дисертації були апробовані на 6 наукових фахових конференціях, 1 з яких є міжнародною, матеріали якої включено до наукометричної бази Scopus (Q4).

В тексті дисертаційної роботи та публікаціях здобувача відсутні порушення академічної доброчесності. Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Є незначні неточності у формулах.
2. Із роботи не зрозуміло, які саме дестабілізуючі впливи викликають зміну того чи іншого параметра, що розглядається у роботі.
3. В роботі розглядаються випадки позаштатних ситуацій у вигляді змін параметрів математичної моделі вихрового енергороздільника за каналом холодного потоку повітря, але не проаналізовані зміни параметрів за каналом гарячого потоку повітря. У роботі це рішення пояснюється безпосереднім взаємозв'язком каналів, проте така реалізація ніяк не описується у розділі 5.
4. У роботі раціональне управління представлено як вид адаптивного управління, проте не проаналізовані інші його види.

5. Не зрозуміла аргументація вибору значення кроку дискретизації у 100 мс у розділі 5.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Сокола Дмитра Вадимовича на тему «Моделі та методи раціонального управління працездатністю вихрового енергороздільника» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «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 р. № 44.

Здобувач Сокол Дмитро Вадимович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» за спеціальністю 173 Авіоніка.

Рецензент: доцент кафедри
конструкції авіаційних двигунів,
канд. техн. наук, доцент

Роман ЗЕЛЕНСЬКИЙ

Підпис Зеленського Романа
Леонідовича **засвідчую:**
учений секретар Національного
аерокосмічного університету
ім. М.Є. Жуковського



Тетяна БОНДАРЄВА