

Голові спеціалізованої вченої ради  
Д 26.062.05                      Національного  
авіаційного університету  
03058, м. Київ, пр. Любомира  
Гузара, 1

### **ВІДГУК**

офіційного опонента головного наукового співробітника Державного науково-дослідного інституту авіації доктора технічних наук професора Артюшина Леоніда Михайловича на дисертацію Єнчева Сергія Васильовича “Синтез інтелектуальних систем керування авіаційними газотурбінними двигунами”, подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки.

**Актуальність теми.** У галузі синтезу систем автоматичного керування (САК) авіаційними газотурбінними двигунами (ГТД) відбувається перехід від концепції адаптивного керування до концепції інтелектуального керування. Це пов’язано як з подальшим конструктивним ускладненням об’єктів керування – авіаційних ГТД, які є складними динамічними об’єктами та характеризуються різноманітністю фізичних процесів, багатовимірністю, нелінійністю, нестационарністю робочих процесів, суттєвим впливом режимів роботи і зовнішніх умов на характеристики їх функціонування. З іншого боку, зазначений перехід пов’язаний з появою нових класів обчислювальних засобів на борту літака (насамперед розподілених обчислювальних мереж), а також з підвищенням вимог до надійності та ефективності процесів керування в умовах невизначеності.

Під час створення САК авіаційними ГТД, розробники повинні враховувати чинники невизначеності, такі як неповнота інформації,

неточність математичних моделей авіаційних ГТД, похибки датчиків і виконавчих механізмів, зміна характеристик двигуна в процесі експлуатації, виникнення можливих відмов функціональних вузлів САК.

Врахування вищеназваних факторів є можливим лише на основі переходу від «жорстких» алгоритмів параметричної та структурної адаптації до інтелектуального (антропоморфного) принципу формування керування.

При цьому питання побудови нейромережових моделей ГТД, нейромережових і нечітких адаптивних алгоритмів керування, інтелектуальних методів обробки інформації в САК, питання оптимізації інтелектуальних систем керування (ІСК) ГТД, застосування інтелектуальних методів забезпечення відмовостійкості САК ГТД не отримали достатнього узагальнення та формалізації. Доречі, теоретично не розробленими є питання синтезу інтелектуальних систем керування авіаційними ГТД.

Тому, тема дисертаційної роботи Єнчева Сергія Васильовича, яка безпосередньо стосується розробки побудови нейромережових моделей ГТД, нейромережових і нечітких адаптивних алгоритмів керування, інтелектуальних методів обробки інформації в САК, оптимізації законів керування ІСК ГТД, застосування інтелектуальних методів забезпечення відмовостійкості САК ГТД, є актуальною для України у науковому та практичному сенсі.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Наведені в дисертації наукові положення, висновки та рекомендації є достатньо обґрунтованими і не суперечать відомим положенням у галузі проведених досліджень, що підтверджується коректним використанням апробованого в науковій практиці математичного апарату та сучасних комп'ютерних програм, а також збіжністю теоретичних результатів з результатами імітаційного комп'ютерного моделювання; зіставленням результатів дослідження з даними вітчизняних та іноземних публікацій; досвідом практичної реалізації положень і результатів дослідження.

**Достовірність одержаних наукових результатів** забезпечено використанням достовірних вихідних даних, обґрунтованим вибором

основних припущень і обмежень при постановці наукового завдання, збігом висновків і результатів роботи з фундаментальними положеннями теорії авіаційних двигунів, теорії автоматичного керування, методів нейронних мереж, нечіткої логіки та вейвлет-аналізу, а також із відомими в літературі теоретичними даними інших дослідників та експериментальними даними, що отримані автором при дослідженні.

Головним науковим результатом дисертаційного дослідження Єнчева Сергія Васильовича, на мій погляд, є сукупність теоретичних положень методологічного рівня і науково-методичного апарату (методик, методів, моделей) синтезу інтелектуальних систем керування авіаційними ГТД, де ознаки **наукової новизни** мають:

принципово-концептуальний базис реалізації інтелектуального керування авіаційними ГТД;

науково-методичний апарат реалізації інтелектуального керування авіаційними ГТД як комплекс методик, методів, моделей обробки інформації в електронних системах керування авіаційними ГТД;

Підставою для одержання нових наукових результатів Єнчева С.В. є використання для рішення поставленої проблеми базових інформаційно-енергетичних закономірностей функціонування систем керування авіаційними ГТД та нових інформаційних технологій.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що застосування в практиці створення САК ГТД запропонованого науково-методичного апарату щодо синтезу інтелектуальних систем керування авіаційними ГТД дозволяє з нових позицій забезпечувати ефективність вирішення задач керування, оптимізації, діагностування та відмовостійкості авіаційних ГТД.

Практичне значення роботи підтверджується актами реалізації результатів, одержаних у дисертаційному дослідженні, у практиці підприємств ПАТ “НВО “Київський завод автоматики” від 03.09.2020 і ДП “Завод 410 ЦА” від 15.09.2020, а також актом про впровадження результатів дисертаційної роботи в навчально-виховний процес Національного авіаційного університету.

**Повнота викладу наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях** відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України. Наукові результати, які отримано в дисертаційній роботі, у повному обсязі відображено у 76 наукових працях, зокрема у 2 колективних монографіях, 38 статтях у фахових журналах та збірниках наукових праць (з них 7 одноосібно), 36 тезах доповідей на конференціях. З опублікованих робіт 1 надрукована в закордонному журналі, 28 індексовані в міжнародних наукометричних базах Index Copernicus, Cite Factor, AcademicKeys, Infobase Index, WordCat, Google Scholar.

Що стосується критичних зауважень та недоліків викладення дисертації і автореферату необхідно відзначити таке:

1. В дисертації і авторефераті дисертації автором, на мій погляд, приведено недостатньо відомостей щодо принципово-концептуальних основ розв'язання наукової проблеми синтезу інтелектуальних систем керування авіаційними ГТД – необхідної складової кваліфікаційних наукових робіт докторського рівня.

2. Слабо аргументованим та ризикованим виглядає використання в дослідженні системи комп'ютерної математики MathCAD, оскільки її сфера призначення не поширюється на моделювання процесів інтелектуального керування ГТД.

3. Автором недостатньо обґрунтовано та без належної суворості (обмежень) здійснено вибір структури нейронної мережі (насамперед, кількість прихованих шарів та кількість нейронів в цих шарах) для побудови системи інтелектуального керування ГТД.

4. В роботі чітко не прописана організація процедури навчання запропонованої нейронної мережі. Разом з цим не звернено увагу щодо запобігання ефекту її “перенавчання”.

5. Робота отримала б більшу теоретичну та практичну значимість, якщо б автор конкретно визначив, яким саме чином введення нечіткості вплинуло на формування структури нейронної мережі.

6. Невдалим та таким, що не повністю відповідає одержаному науковому результату є, на мій погляд, формулювання 2 пункту наукової

новизни (“Розвинено науково-прикладне застосування теорії нейромережових регуляторів у структурах ІСК авіаційними ГТД та одержано чисельні дані щодо ефективності їх роботи”).

7. Формулювання 5 пункту наукової новизни одержаних результатів (“Розроблено алгоритми забезпечення відмовостійкості інтелектуальних систем керування авіаційними ГТД з використанням нечітких та нейромережових моделей їх елементів ....”), на мою думку, значно звужує значення одержаного результату. В даному випадку доцільно казати про розроблення нового методу забезпечення відмовостійкості інтелектуальних систем керування авіаційними ГТД на базі використання нечітких та нейромережових моделей їх елементів.

8. Відповідно до змісту роботи слід констатувати, що в дисертації автором приведено недостатньо відомостей щодо кількісного підвищення ефективності функціонування систем автоматичного керування авіаційними ГТД, яке становить сутність задекларованої мети дослідження.

9. Великий обсяг теоретичних та практичних доробок автора не отримав бажаного глибокого осмислення здобувачем перспектив розвитку даного наукового напрямку, першочергових задач подальших досліджень щодо синтезу інтелектуальних систем керування авіаційними ГТД. Це ускладнює оцінку рівня одержаних результатів та ступеня їх значущості.

Вважаю, що викладені зауваження та недоліки щодо змісту дисертаційної роботи Єнчева С.В. не впливають на актуальність тематики дослідження, наукову та практичну значимість отриманих результатів, рівень їх новизни і у більшості стосуються форми та специфіки подання матеріалу проведеної роботи.

Дисертація являє собою одноосібно написану кваліфікаційну наукову працю, яка містить сукупність наукових положень та результатів, що подаються автором для публічного захисту, має внутрішню єдність і свідчить про особистий внесок автора в науку.

Викладення матеріалу дисертації та автореферату здійснено, в основному, послідовно, логічно і грамотно. Автореферат за змістом



відповідає дисертації і достатньо повно відображає одержані наукові положення та результати.

## ВИСНОВОК

1. Представлена на відгук дисертація є цілісним та ґрунтовним науковим дослідженням, що свідчить про вирішення актуальної наукової проблеми синтезу інтелектуальних систем керування авіаційними ГТД.

2. Дисертація здобувача наукового ступеня доктора технічних наук Єнчева Сергія Васильовича “Синтез інтелектуальних систем керування авіаційними газотурбінними двигунами” відповідає спеціальності 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки. У публікаціях здобувача та авторефераті відображено основні наукові положення дисертації.


3. За актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною значимістю одержаних результатів дисертаційна робота Єнчева Сергія Васильовича відповідає вимогам “Порядку присудження наукових ступенів” щодо докторських дисертацій, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки.

Офіційний опонент: головний науковий співробітник  
Державного науково-дослідного інституту авіації  
лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки  
Заслужений працівник народної освіти України  
доктор технічних наук професор

“08” грудня 2020 р.

 Леонід АРТЮШИН

ПІДПИС АРТЮШИНА Л.М. ЗАСВІДЧУЮ.

 Заступник начальника Державного науково-дослідного інституту авіації

 Олександр НЕДАШКІВСКИЙ

“08” грудня 2020 р.