

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з науково-педагогічної
роботи

Національного аерокосмічного
університету «Харківський
авіаційний інститут»
канд. техн. наук, доцент



Андрій ГУМЕННИЙ
6 липня 2026 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 14 від 16 червня 2026 р. розширеного засідання кафедри конструкції авіаційних двигунів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут»

ГОЛОВУЮЧИЙ НА ЗАСІДАННІ: д.т.н., професор, професор кафедри конструкції авіаційних двигунів Білогуб О. В.

ПРИСУТНІ:

- з кафедри конструкції авіаційних двигунів:
завідувач кафедри, д.т.н., професор Єпіфанов С. В.;
професор кафедри, к.т.н., доцент Гусєв Ю. О.;
доцент кафедри, к.т.н., доцент Гаркуша О. І.;
доцент кафедри, к.т.н., доцент Безуглий С. В.;
доцент кафедри, к.т.н., доцент Суховій С. І.;
доцент кафедри, к.т.н., доцент Зеленський Р. Л.;
ст. викладач кафедри, PhD, Бондаренко О. В.;
аспірант кафедри, Векліч Я. С.
- з кафедри теорії авіаційних двигунів:
завідувач кафедри, к.т.н., доцент Кіслов О. В.;
- з кафедри теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем:
професор кафедри, к.т.н., доцент Широкий Ю. В.;
- запрошені з інших організацій:
з Інституту енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного НАН України,
д.т.н., професорка, завідувачка відділом вібраційних і термоміцнісних досліджень Сметанкіна Н. В.;
- з Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», к.т.н., доцент, докторант Пильов В. В.;
- з АТ «ФЕД», д.т.н., професор, начальник управління програм і проєктів Логінов В. В.;
- д.т.н., професор, пенсіонер Гольцов А. С.

ПОРЯДОК ДЕННИЙ:

Попередня експертиза дисертації старшого викладача кафедри конструкції авіаційних двигунів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» МАРЦЕНЮКА Євгена Вікторовича за темою: «Формування складу вимірюваних параметрів газотурбінних двигунів для забезпечення моніторингу виробітку ресурсу дисків», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки, для надання висновку про її наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

СЛУХАЛИ:

1. Доповідь ст. викладача кафедри конструкції авіаційних двигунів Марценюка Євгена Вікторовича за матеріалами дисертаційної роботи «Формування складу вимірюваних параметрів газотурбінних двигунів для забезпечення моніторингу виробітку ресурсу дисків», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.03 - двигуни та енергоустановки.

Тему дисертаційної роботи затверджено на засіданні Вченої ради Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» 21 вересня 2011 року.

Тема перезатверджена за новою редакцією «Формування складу вимірюваних параметрів газотурбінних двигунів для забезпечення моніторингу виробітку ресурсу дисків» на засіданні Вченої ради Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» від 22 жовтня 2025 року, протокол № 3.

Науковим керівником затверджений д.т.н., професор Симбірський Д.Ф.

2. Запитання до здобувача.

Запитання до доповідача ставили: д.т.н., професор Сметанкіна Н. В.; к.т.н., доцент Пильов В. В.; д.т.н., професор Єпіфанов С. В.; д.т.н., професор Білогуб О. В.; к.т.н., доцент Кіслов О. В.; к.т.н., доцент Широкий Ю. В.; к.т.н., доцент Гаркуша О. В.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь: д.т.н., професорка Сметанкіна Н. В.; к.т.н., доцент Пильов В. В.; д.т.н., професор Єпіфанов С. В.; д.т.н., професор Білогуб О. В.; к.т.н., доцент Гусєв Ю. О.; к.т.н., доцент Кіслов О. В.

УХВАЛИЛИ: Висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення дисертації

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення дисертації

МАРЦЕНЮКА Євгена Вікторовича за темою: «Формування складу вимірюваних параметрів газотурбінних двигунів для забезпечення моніторингу виробітку ресурсу дисків», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки

1. Актуальність теми дослідження

Впровадження стратегій експлуатації авіаційних газотурбінних двигунів (ГТД) за технічним станом пов'язане з розвитком експлуатаційного, в тому числі бортового моніторингу виробітку ресурсу (МВР). Це дозволяє максимально реалізувати потенціал конструктивних елементів, що особливо критично для

дисків турбін, які працюють в умовах інтенсивного циклічного навантаження при підвищених температурах.

Ефективність моделей МВР обмежена внаслідок вкрай обмеженого складу вимірюваних параметрів у гарячій частині ГТД, а також відхилень параметрів робочого процесу, спричинених похибками вимірювань, індивідуальними особливостями двигунів і експлуатаційною деградацією вузлів двигуна. Проте комплексний аналіз сумарного внеску цих факторів у кінцеву похибку визначення ресурсу дисків донині не виконано.

Існуючі методики оптимізації складу вимірюваних параметрів двигунів орієнтовані на розв'язання задач аналізу ресурсу лопаток в умовах тривалого статичного навантаження або діагностування проточної частини й не враховують специфіку дисків турбін, для яких головним пошкоджуючим фактором є малоциклова втома. Тому **розроблення методу обґрунтованого вибору складу вимірюваних параметрів і формування робастних моделей для моніторингу ресурсу дисків є актуальною науково-прикладною задачею.**

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

Дисертаційна робота виконана 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 господарчих договорів: №203-8/2023(УГК) «Алгоритмічна і програмна реалізація методики розрахунку відпрацювання циклічного ресурсу критичних деталей для електронної системи автоматичного управління двигуна ТВ3-117ВМА-СБМ1В-01Т 1 серії» (замовник АТ «МОТОР СІЧ»), №05-НТ/2012(УГК) «Розробка методики й програмного комплексу моніторингу виробітку ресурсів деталей двигуна ТВ3-117ВМА-СБМ1В» (замовник АТ «МОТОР СІЧ»), №203-38/2008 «Розробка методичного й програмного забезпечення моніторингу виробітку ресурсів основних деталей двигунів Д-436-148 і АІ-450-МС на літаках Ан-148» (замовник АТ «МОТОР СІЧ»), а також за міжнародним контрактом № ІНУ20/1718UA-203-5/2021 «Development of the method of the aircraft engine life-time monitoring» (замовник Shanghai HYUAN Machinery Technology Co., LTD).

3. Наукова новизна отриманих результатів.

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1) **розроблено** новий метод формування складу вимірюваних параметрів газотурбінних двигунів для забезпечення моніторингу виробітку ресурсу дисків, який відрізняється врахуванням циклічного характеру навантажень і дозволяє визначати найкращий склад вимірюваних параметрів для заданого узагальненого польотного циклу;

2) **сформовано** новий критерій ефективності складу вимірюваних параметрів, який урахує інструментальні та методичні похибки оцінювання ресурсу, робастність використовуваних моделей температурного й напруженого станів дисків до зміни технічного стану двигуна, а також профіль узагальненого польотного циклу;

3) **удосконалено** методичне забезпечення моніторингу ресурсу дисків авіаційних газотурбінних двигунів шляхом використання запропонованого методу формування складу вимірюваних параметрів на основі зазначеного критерію ефективності.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень та висновків, сформульованих у дисертаційній роботі

Наведені в дисертації висновки обґрунтовані та базуються на одержаних і наведених результатах. Основними з них експерти вважають:

- виконано аналіз проблеми моніторингу виробітку ресурсу основних деталей авіаційних газотурбінних двигунів (ГТД). Доведено, що існуючі методи обґрунтування складу вимірюваних параметрів орієнтовані переважно на задачі діагностування проточної частини або оцінювання ресурсу робочих лопаток (в умовах тривалого статичного навантаження) і не можуть бути безпосередньо застосовані для дисків турбіни, де визначальним фактором є малоциклова втома. Обґрунтовано необхідність розроблення нових критеріїв, які б комплексно враховували вплив похибок вимірювання, робастність моніторингових моделей та специфіку перетворення інформації під час розрахунку накопичених пошкоджень;

- запропоновано новий метод формування складу вимірюваних параметрів ГТД для забезпечення моніторингу виробітку ресурсу дисків. На відміну від існуючих підходів, розроблений метод безпосередньо враховує циклічний характер термонапруженого стану дисків і дозволяє синтезувати найкращий склад вимірювань для будь-якого заданого узагальненого польотного циклу;

- виконано комплексний аналіз чинників похибок моніторингу циклічного ресурсу дисків авіаційних ГТД. За допомогою аналізу чутливостей отримано універсальні залежності, що визначають залежності окремих складових зазначених похибок від властивостей матеріалів і умов теплового й силового навантаження;

- сформульовано новий інтегральний критерій ефективності складу вимірюваних параметрів. Доведено, що комплексне врахування в ньому інструментальних і методичних похибок, профілю польотного циклу, а також показника робастності дозволяє гарантувати задану точність оцінювання малоциклової втоми в найбільш критичних зонах експлуатації;

- кількісно оцінено вплив складу вимірюваних параметрів на ефективність моніторингу. Доведено, що порівняно зі штатним складом вимірювань двигуна ТВ3-117, введення додаткового контролю температури за компресором покращує показник робастності на 37 %, а спільне додавання вимірювань температур за компресором та за турбіною компресора – на 64 %;

- здійснено наскрізну перевірку та практичну апробацію алгоритмів моніторингу шляхом порівняння отримуваних результатів з результатами, отриманими з використанням еталонних скінченно-елементних моделей двигуна ТВ3-117. Установлено, що на усталених режимах максимальна похибка визначення температур дисків не перевищує $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, а напружень – $0,5\%$. Локальний максимум похибки (до $\pm 1,5\%$) на перехідних режимах фіксується винятково на етапі запуску двигуна (за низьких рівнів напружень), а під час досягнення пікових навантажень у критичних точках – зменшується майже до нуля. Оцінено підсумкову похибку

визначення ресурсу за механізмом малоциклової втоми. Розрахунок показав, що розбіжність між швидкоррахунковим алгоритмом і еталонною моделлю для диска 1го ступеня становить 0,47 %, а для диска 2го ступеня – 4,67 %. Доведено, що ці розбіжності спричинені винятково фазовим зсувом моментів настання максимальних напружень.

5. Практична цінність результатів роботи:

1) розроблено математичний інструментарій – метод і критерій якості, які дозволяють ще на стадії проектування систем автоматичного керування обґрунтовано формувати раціональний склад засобів вимірювання, обумовлений потребами моніторингу ресурсу дисків, а також адаптувати моніторингові моделі невимірюваних параметрів до наявної бортової апаратури для ГТД, що вже перебуває в експлуатації;

2) створено високоефективне алгоритмічне та програмне забезпечення для системи експлуатаційної оцінки ресурсного стану основних деталей авіаційного ГТД. Висока обчислювальна точність запропонованих швидкодіючих алгоритмів підтверджена чисельними дослідженнями: при визначенні накопиченого пошкодження найбільш навантаженого диска першого ступеня турбіни розбіжність із еталонною моделлю не перевищує 0,47 %. Результати дисертаційної роботи впроваджено в реальну практику провідних підприємств авіадвигунобудівної галузі; зокрема, розроблені алгоритми та програмні модулі використано в АТ «МОТОР СІЧ» для двигунів моделей ТВ3-117ВМА-СБМ1В-01Т (1 серії) та АІ-450-МС.

6. Впровадження та пропозиції з використання отриманих результатів.

Розроблені автором наукові положення впроваджено:

– у АТ «МОТОР СІЧ» при алгоритмічній і програмній реалізації методики розрахунку відпрацювання циклічного ресурсу критичних деталей для електронної системи автоматичного керування двигуна ТВ3-117ВМА-СБМ1В-01Т 1 серії;

– у навчальному процесі кафедри конструкції авіаційних двигунів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (лекціях і практичних заняттях з навчальних дисциплін «Сучасний стан і тенденції розвитку енергетичного машинобудування та матеріалознавства» та «Проектування інженерного експерименту») для магістрів і аспірантів, що навчаються за спеціальностями 134 - Авіаційна та ракетно-космічна техніка та 142 – Енергетичне машинобудування.

7. Особиста участь автора в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі

У дисертації особисто дисертантом розв'язано науково-практичну проблему вдосконалення методичного забезпечення моніторингу ресурсу дисків авіаційних газотурбінних двигунів шляхом створення методу обґрунтованого вибору складу вимірюваних параметрів.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі конструкції авіаційних двигунів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», науковий керівник д.т.н., професор Симбірський Д.Ф.

Робота є результатом самостійних досліджень Марценюка Є. В.

8. Апробація результатів дисертації

Основні наукові та практичні результати дисертації викладено, обговорено та отримали схвальну оцінку на: XVIII, XXVI, XXVIII, XXX Міжнародних конгресах двигунобудівників (2013, 2021, 2023, 2025 рр., Харків), V Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми динаміки та міцності в турбомашинобудуванні. ТУРБО'2014» (2014 р., Київ), «Polish-Ukrainian scientific seminar – New trends in the construction and operation of modern means of air transport» (2020 р., Warsaw, Instytut Lotnictwa), VI Всеукраїнській відкритій науково-практичній конференції «Сучасні проблеми двигунобудування, енергетики та інтелектуальної механіки» (2026 р., Харків).

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

За результатами досліджень опубліковано 13 наукових праць, у тому числі 8 статей у наукових фахових виданнях (з них 2 статті у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до ОЕСР та/або Європейського Союзу, фахових виданнях України категорії «А», або закордонних виданнях, що входять до WoS або Scopus), 5 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій.

Статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України (фахові видання категорії Б):

1. Марценюк, Е. В. Оценка влияния непропорциональности температурного нагружения на ресурс диска турбины авиационного ГТД / Е. В. Марценюк, А. В. Олейник, Н. А. Шимановская // *Вісник двигунобудування*. – 2008. № 3. – С. 158-162.

Здобувачем досліджено, як нерівномірність температурних полів у диску турбіни впливає на оцінку його ресурсу

2. Зеленский Р. Л. Моделирование динамики радиального размера диска турбины, обусловленной действием механических факторов / Р. Л. Зеленский, С. В. Елифанов, Е. В. Марценюк, В. В. Бойко // *Вісник двигунобудування*. – 2015. № 2. – С. 80-91.

Здобувачем розроблено та описано скінченно-елементні моделі термодеформованого стану диска турбіни

3. Марценюк, Е. В. Идентификация граничных условий теплообмена турбины по результатам испытаний / Е. В. Марценюк, Ю. А. Зеленый, С. Б. Резник, Р. Р. Климик, Т. В. Кулик // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. – 2015. – № 41 (1150). – С. 72-76.

Здобувачем запропоновано метод ідентифікації граничних умов теплообміну для деталей турбіни

4. Марценюк, Е. В. Идентификация теплового состояния корпуса турбины авиационного двигателя по экспериментальным данным / Е. В. Марценюк, Ю. А. Зеленый, Р. Р. Климик // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2016. – № 7 (134). – С. 54-61.

Здобувачем верифіковано метод ідентифікації граничних умов теплообміну для деталей турбіни за даними стаціонарних та перехідних режимів стендових випробувань

5. Марценюк, Е. В. Выбор модели для определения температуры за компрессором при мониторинге выработки ресурса основных деталей трехвального ТРДД / Е. В. Марценюк, С. В. Епифанов, Т. В. Кулик // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2013. – № 10 (107). – С. 154–160.

Здобувачем запропоновано і проаналізовано альтернативні моделі температури повітря за компресором, оснований на використанні термодинамічних співвідношень між шуканим і вимірюваними параметрами проточної частини

6. Марценюк, Є. В. Формування критерію ефективності для вибору складу вимірюваних параметрів системи моніторингу виробітку циклічного ресурсу дисків авіаційних двигунів / Є. В. Марценюк, С. В. Єпифанов // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2026. – № 1 (209). – С. 71-83. doi: 10.32620/aktt.2026.1.07.

Здобувачем розроблено інтегральний критерій ефективності та метод формування складу вимірюваних параметрів.

Статті у періодичних наукових виданнях проіндексованих у базах WoS та/або Scopus (фахові видання категорії А)

7. Dynamic turbine clearance simulation considering the influence of temperature on mechanical load-induced displacements / R. Zelenskyi, S. Yepifanov, Ye. Martseniuk [et al.] // *Journal of Aerospace Engineering*. – 2017. – Vol. 30, Iss. 5. – P. 04017042-1–04017042-11. – doi: 10.1061/(ASCE)AS.1943-5525.0000751. (Scopus, Q2).

Здобувачем описано підхід до створення швидкодіючих динамічних моделей термонапруженого стану деталі

8. Martseniuk, Ye. Steady and transient thermal state of turbine disk estimation for life-time monitoring / Ye. Martseniuk // *Transactions on Aerospace Research*. – 2020. – Vol. 3(260). – P. 21-29. doi: 10.2478/tar-2020-0014. (Scopus, Q4).

Тези виступів на наукових конференціях

9. Епифанов, С. В. Влияние моделей неизмеряемых параметров на эффективность эксплуатационного мониторинга термонапряженного состояния деталей ГТД / С. В. Епифанов, Е. В. Марценюк, К. Маравилла Эррера // *Проблеми динаміки і міцності в турбомашинобудуванні. ТУРБО'2014 : V Міжнар. наук.-техн. конф. : тези доп., 27–30 трав. 2014 р., Київ, Україна / НАН України, Ін-т проблем міцності ім. Г. С. Писаренка, Наук. рада з проблеми «Механіка деформованого твердого тіла»*. – Київ, 2014. – С. 95–96.

10. Марценюк, Є. В. Формування моделей невимірюваних параметрів в алгоритмах моніторингу ресурсу диска ТВТ турбовального двигуна / Є. В. Марценюк, С. В. Єпифанов. // XXVI - міжнародний конгрес двигунобудівників: тези доповідей. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2021 – С. 65-66.

11. Єпифанов, С. В. Обґрунтування складу вимірювальної системи авіаційного двигуна для моніторингу ресурсу / С. В. Єпифанов, Є. В. Марценюк // XXX Міжнародний конгрес двигунобудівників: тези доповідей. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2025 – С. 50-51.

12. Є. В. Марценюк. Інтегральний критерій синтезу оптимального набору вимірюваних параметрів для задач моніторингу ресурсу ГТД. VI Всеукраїнська відкрита науково-практична студентська конференція факультету авіаційних двигунів «Сучасні проблеми двигунобудування, енергетики та інтелектуальної механіки»: Тези доповідей. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2026 – 125 с., 50-51.

13. Є. В. Марценюк. Аналіз ефективності моніторингових моделей невимірюваних параметрів ГТД за інтегральним критерієм якості. VI Всеукраїнська відкрита науково-практична студентська конференція факультету авіаційних двигунів «Сучасні проблеми двигунобудування, енергетики та інтелектуальної механіки»: Тези доповідей. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2026 – 125 с., 50-51.

Якість та кількість публікацій відповідають “Порядку присудження наукових ступенів”.

ВИРІШИЛИ:

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Марценюка Є. В. “Формування складу вимірюваних параметрів газотурбінних двигунів для забезпечення моніторингу виробітку ресурсу дисків”, що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, які пред’являють до кандидатських дисертацій та паспорту спеціальності 05.05.03 Двигуни та енергетичні установки.

РЕКОМЕНДУВАТИ дисертаційну роботу “Формування складу вимірюваних параметрів газотурбінних двигунів для забезпечення моніторингу виробітку ресурсу дисків”, подану Марценюком Є. В. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, до захисту у спеціалізованій раді Д 64.062.02 за спеціальністю 05.05.03 Двигуни та енергетичні установки.

Завідувач кафедри
Конструкції авіаційних двигунів
д.т.н., професор



Сергій ЄПФАНОВ

Головуючий на засіданні
д.т.н., професор



Олександр БІЛОГУБ

Вчений секретар кафедри
к.т.н., доцент

Конструкції авіаційних двигунів



Сергій СУХОВІЙ