

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Гевка Богдана Андрійовича

на тему «Модель зовнішніх навантажень на пружне крило літака транспортної

категорії при польоті в неспокійному повітрі»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 13 – Механічна інженерія

за спеціальністю 134 – Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Актуальність теми дисертації

Тема дисертаційної роботи Гевка Богдана Андрійовича «Модель зовнішніх навантажень на пружне крило літака транспортної категорії при польоті в неспокійному повітрі» є актуальною, оскільки світовий ринок авіаційних перевезень зростає, що вимагає підвищення ресурсної та вагової ефективності літаків за рахунок підвищення точності визначення навантажень авіаційних конструкцій.

Україна – одна з небагатьох світових держав, що мають промисловий і науково-технічний потенціал та повний виробничий цикл для створення та виготовлення сучасної авіаційної техніки, що спонукає до розроблення нових методів проектування, виробництва та випробування нових зразків авіаційної техніки, кращої за наявні аналоги.

Одним з важливих напрямків вирішення проблеми забезпечення ресурсних характеристик повітряних суден є визначення динамічних навантажень на конструкцію літака при польоті в турбулентній атмосфері, прольоті через супутній вихровий слід іншого літака і т.д. Дослідження польоту пружної конструкції літака в неспокійному повітрі потребує розв'язання певних задач аеропружності для забезпечення необхідної міцності конструкції. Крім того, точність розрахунку навантажень визначає технічний рівень літака, можливість створення високоефективної і оптимальної з точки зору ваги та ресурсу конструкції.

Відповідно, отримання розрахункової моделі зовнішніх навантажень на крило літака, яка з високою точністю співпадає з даними експериментальних досліджень та дозволяє провести необхідні розрахунки на ранніх етапах проектування літака, є актуальною науковою задачею, а впровадження більш точних методів комп'ютерного моделювання та проектування на всіх етапах

життєвого циклу літака має велике практичне значення у вирішенні проблеми забезпечення безпеки польотів і конкурентоспроможності вітчизняної авіаційної промисловості.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Вивчення змісту дисертації Гевка Богдана Андрійовича свідчить про обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій:

а) наукові положення, що виносяться на захист, висновки і рекомендації достатньою мірою обґрунтовані і доведені експериментально-аналітичними дослідженнями;

б) порівняння результатів натурних та модельних експериментів з теоретичними розрахунками свідчить про те, що запропоновані автором дисертації алгоритми і процедури забезпечують прийнятну точність;

в) побудова та апробація математичних моделей базується на класичних положеннях теорії пружності стосовно розрахунків конструкцій літаків на міцність, теоретичної та експериментальної аеродинаміки.

г) теоретичні результати, отримані дисертантом, зіставленні у критичному аналізі з результатами експериментальних досліджень. Значний масив цієї інформації поданий у математичних викладах, на малюнках, в таблицях, які ілюструють та доповнюють наукові положення дисертації.

д) запропонована модель зовнішніх навантажень при польоті в неспокійному повітрі впроваджена у практику розробок ДП «Антонов» при проектуванні крил декількох літаків.

Новизна наукових результатів

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. На прикладі реальної конструкції отримано результати порівняльного аналізу обчислювальних методів ДНВ та IMAD, і панельних аеродинамічних методів, що використовуються для визначення навантажень на крило літака при польоті в неспокійному повітрі.

2. Розроблено комп'ютерно-інтегровану технологію розрахунку динамічних навантажень на крило літака транспортної категорії, що використовує комплексну математичну модель пружної конструкції літака з крилом великого подовження на базі балкових масово-інерційних моделей конструкції та панельних аеродинамічних методів.

3. Отримано комплексну математичну модель зовнішніх навантажень на крило літака при польоті в умовах атмосферної турбулентності, що враховує масові, пружні та аеродинамічні характеристики конструкції літака і параметри поривів повітря, та забезпечує точність розрахунків навантажень в межах 2-4%, що відповідно підвищує точність прогнозування ресурсу конструкції.

4. Шляхом використання запропонованої моделі навантажень у відповідності до пружної моделі літака та параметрів зовнішніх факторів визначено вплив параметрів польоту на навантаження крила літака транспортної категорії.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи

Практичне значення полягає в розробці методики визначення навантажень на крило літака, яка дозволяє швидко і ефективно формувати сімейство розрахункових моделей на базі спільних масових, пружних, аеродинамічних характеристик літака або їх комбінацій; розробці комп'ютерно-інтегрованої технології, яка дозволяє збільшити кількість розрахункових випадків навантаження, а також визначити найбільш несприятливі умови польоту; розробці програмного забезпечення, яке дозволяє вирішувати цільові задачі дослідження міцності, враховувати різні варіанти динамічного впливу на конструкцію літака.

Результати дисертаційної роботи впроваджені на ДП «Антонов», що підтверджено відповідним Актом.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Гевка Б.А. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 134 – Авіаційна та ракетно-космічна техніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у методологію інтегрованого проектування авіаційних конструкцій, зокрема у методи розрахунку динамічного навантаження літака.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Гевка Богдана Андрійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату

та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою, яка відповідає особливостям стилю наукових досліджень, визначається адекватним застосуванням термінів і понять, що характерні для нормативно-технічної авіаційної лексики. Дослідження є цілісною роботою, в якій досягнуті тематична повнота та розкриття головної наукової ідеї автора. Подані в роботі наукові та практичні положення логічно викладені та загалом достатньо обґрунтовані.

Структура та обсяг роботи

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 180 сторінок.

У **вступі** автор обґрунтував актуальність обраної теми дослідження, сформулював мету і завдання дослідження, а також наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Зазначено зв'язок з науково-дослідними програмами та роботами, наведено відомості про апробацію результатів дисертаційної роботи та особистий внесок автора.

У **першому розділі** наведено огляд літератури за темою дисертаційної роботи. Дисертантом розглянуто вимоги норм льотної придатності до визначення навантажень, що діють на літак при польоті в умовах атмосферної турбулентності. Проаналізовано і визначено послідовність, перелік та шляхи вирішення задач, що потрібно розв'язати для визначення навантажень від поривів повітря. Описано експериментальні методи дослідження пружних та аеропружних характеристик конструкції, а саме: випробування динамічно подібних моделей в аеродинамічних трубах і наземні частотні випробування. Сформульовано методику обробки результатів вимірювання навантажень, які були отримані під час льотних випробувань.

В **другому розділі** описана модель зовнішніх навантажень на пружне крило літака транспортної категорії при польоті в неспокійному повітрі та представлено математичні алгоритми їхньої роботи. Конструкція літака описана за допомогою балкової пружно-масової моделі, що дозволило визначати навантаження й деформований стан конструкції з застосуванням лінійної інженерної теорії вигину й кручення балок змінної жорсткості, що використовує гіпотезу плоских перетинів. Описано математичні алгоритми побудови й визначення форм та частот власних коливань літака та методи

визначення аеродинамічних коефіцієнтів, сил та моментів, що діють на конструкцію літака.

В **третьому розділі** описано структуру та принцип роботи інтегрованої моделі розрахунку навантажень на літак при польоті в неспокійному повітрі.

Четвертий розділ містить аналіз порівняльного розрахунку навантажень від безперервної турбулентності на пружне крило літака транспортної категорії методами ДНВ та IMAD, де визначено, що основні відмінності в результатах зумовлені використанням різних методів опису аеродинамічних поверхонь літака та методів визначення аеродинамічних навантажень. Далі наведено порівняння чотирьох панельних методів аеродинаміки: дипольної решітки (DLM), панельний (Panel), дипольної решітки та постійних тисків (DLM/CPM), вихрових рамок (VFM), на прикладі двох транспортних літаків. Додатково визначено вплив врахування ефектів нестационарної аеродинаміки на навантаження.

Завершується дисертація **висновками**, в яких узагальнено матеріали, отримані автором згідно з проведеним дисертаційним дослідженням. Обґрунтованими також є і короткі висновки в кінці кожного розділу.

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 3 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 2 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, Також результати дисертації були апробовані на 6 наукових фахових конференціях.

Наукові публікації здобувача містять опис наукових досліджень, проведених в рамках дисертаційного пошуку, аналіз сутності проблеми, методи і результати проведених досліджень, а також обґрунтовані висновки. В наукових публікаціях здобувача не виявлено порушень принципів академічної доброчесності, висновки є оригінальними, на запозичені тези надані відповідні посилання.

Таким чином, наукові результати, представлені в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

Незважаючи на загалом позитивне враження від дисертаційної роботи,

слід відзначити низку дискусійних положень та деякі недоліки та зауваження до змісту дисертації та стилю викладення:

1. В першому розділі описано методику випробовування динамічно подібних моделей в аеродинамічних трубах з решіткою профілів, однак далі в роботі відсутня інформація про проведення автором чи використання результатів відповідного експерименту.
2. Надмірна деталізація існуючих методів і методик призводить до надлишкового об'єму першого розділу.
3. На рис.2.1 наведена СЕМ планеру літака Ан-132, однак не наведено результати розрахунків для цієї моделі. Також, було б доречно провести порівняння з запропонованою автором моделлю навантажень крила літака.
4. В розділі 2 наведено значний математичний апарат, для якого автором не наведено підтвердження достовірності та працездатності моделей на проміжних етапах. Наприклад, лінійні переміщення та кути повороту перетинів конструкції (системи балок) від прикладання одиничної сили.
5. В розділі 3 є зайвим розміщення переліку вхідних та вихідних даних розрахунку навантажень. Цей перелік доцільно було б помістити у додатку.
6. В розділі 4 надано значну кількість одноманітних графіків з результатами обчислень внутрішніх силових факторів.
7. В таблиці 4.2 максимальні розрахункові вертикальні перевантаження n_y розглядаються як силовий фактор, в той час як цей параметр є безрозмірною величиною – показником прискорень і відповідних сил інерції.
8. Проведено порівняння навантажень виміряних у горизонтальному усталеному польоті з обчисленими для умов цього ж польоту, хоча більш доречним є відповідні порівняння для польоту в турбулентній атмосфері.

Втім, 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 Гевка Богдана Андрійовича на тему «Модель зовнішніх навантажень на пружне крило літака транспортної категорії при польоті в неспокійному повітрі» 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 13 – Механічна інженерія. Дисертаційна робота за

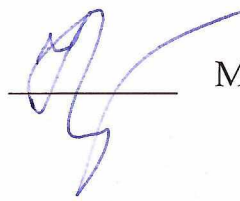
актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Гевко Богдан Андрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 – Механічна інженерія» за спеціальністю 134 – Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Офіційний опонент:

Професор кафедри конструкції літальних апаратів

Національного авіаційного університету
доктор технічних наук, професор



Михайло КАРУСКЕВИЧ



«13» 2/4/23 2023 року

Підпис гр. Карускевича М.
з а с в і д ч у ю

Вчений секретар
Національного авіаційного університету

