

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Жирякова Дмитра Юрійовича

на тему «Метод інтегрованого проектування та конструювання з'єднань силових нервюр з монолітними панелями крила літака транспортної категорії»,
яка представлена 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 Жирякова Дмитра Юрійовича «Метод інтегрованого проектування та конструювання з'єднань силових нервюр з монолітними панелями крила літака транспортної категорії» є актуальною, оскільки для підвищення конкурентоспроможності вітчизняного авіабудування на світовому ринку авіаційних послуг необхідно проведення нових наукових розробок та розроблення нових методів проектування, конструювання, виробництва та випробування.

Методи інтегрованого проектування якраз дають змогу удосконалити методи проектування із застосуванням інтегрованих систем CAD/CAM/CAE. Сукупність знань методів проектування конструкції та застосування проектування за допомогою сучасних комп'ютерних інтегрованих систем, які широко застосовуються як вітчизняними, так і зарубіжними літакобудівними компаніями, дає можливість забезпечити підвищену якість проектування, тривимірного параметричного моделювання та їх інженерний аналіз.

Застосування CAD/CAM/CAE систем на всіх етапах життєвого циклу авіаційної техніки, включаючи етапи проектування та виробництва, дозволяють суттєво підвищити якість створюваних об'єктів та знизити витрати на виконання робіт, пов'язаних із проектуванням та виробництвом, при цьому зберегти високі темпи роботи.

Крило є одним з найбільш навантажених елементів літака, схильних до численних навантажень в польоті, таких як: аеродинамічні, інерційні, зосереджені сили (тяга двигуна, кріплення шасі, місця кріплення механізації). Проектування нерегулярних зон крила досі залишається актуальною темою. Одне з інтенсивно навантажених місць на крилі - місце з'єднання силової нервюри з монолітною панеллю. Силкові нервюри поряд з виконанням типових функцій є елементами місцевого посилення конструкції, що сприймають зосереджені навантаження від шасі, силових установок, навішування закрилків, передкрилків, елеронів та ін. У польоті навантаження від механізації змінюються з часом, що в свою чергу впливає на напружено-деформований стан даного з'єднання.

Із застосуванням інтегрованих систем можна отримати більш оптимізоване з'єднання, що забезпечить безпеку польотів, масову ефективність планера і конкурентоспроможність вітчизняної авіаційної промисловості.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Представлені в роботі результати досліджень є інформаційною базою, якою оперує дисертант та достовірно обґрунтовує наукові положення, висновки і рекомендації. Достовірність і обґрунтованість наукових результатів забезпечується використанням в якості вхідних та вихідних даних: даних про реальну конструкцію зразків авіаційної техніки; використанням перевірних методів теоретичних досліджень, інтегрованого моделювання, численних методів; порівняння результатів з перевірними відкритими джерелами.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1) Вперше розроблено метод інтегрованого проектування з'єднання монолітної панелі з силовою нервюрою за допомогою параметричної моделі відсіку консолі крила з використанням сучасних систем комп'ютерного проектування CAD/CAM/CAE Siemens NX.

2) Вперше запропоновано метод прототипування при проектуванні конструкцій літака з використанням 3D принтера і технології FDM.

3) Удосконалено метод проектування з'єднання силових нервюр з монолітною панеллю крила з урахуванням зазначеної довговічності. У методиці запропоновано використовувати чисельні методи для визначення аеродинамічних характеристик при різних режимах польоту, які в подальшому будуть використовуватися для визначення спектру втомних напружень методом скінчених елементів.

4) Вперше представлено метод аналізу оптимального радіуса заокруглення в зоні потовщення монолітної панелі з урахуванням мінімальної маси і мінімального коефіцієнта концентрації напруження. Отримані результати запропоновано використовувати для розробки спеціальної фрези для механічної обробки радіусного переходу.

5) Вперше запропоновано метод визначення локального напружено-деформованого стану полоси двовісно навантаженої з одночасною дією сили, що імітує зсувне навантаження в з'єднанні.

Отже, в дисертаційній роботі наукове завдання, яке було поставлено, виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Жирякова Д.Ю. 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 науковий напрям авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Жирякова Дмитра Юрійовича 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. Викладення матеріалу можна охарактеризувати логічністю подавання на фактологічному і змістовному рівнях. Доступність викладення забезпечується застосуванням пояснень у фрагментах роботи, які стосуються математичних, чисельних методів дослідження. Дисертація написана науковим стилем мовлення, в тексті застосовуються загальноприйняті терміни і скорочення, усі специфічні скорочення мають пояснення.

Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації становить 153 сторінок, у тому числі основний текст на 125 сторінках, 2 таблиці, 97 рисунків, 88 найменувань літературних джерел та 2 додатки.

У **вступі** автор обґрунтував актуальність обраної теми дослідження, сформував мету і завдання дослідження, а також наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено відомості про апробацію результатів дисертаційної роботи та особистий внесок автора.

У **першому розділі** проведено аналіз методів проектування крила літака транспортної категорії. Дисертантом розглянуто спосіб проектування конструкції крила з урахуванням безпечного руйнування. Розглянуто види і спосіб розрахунку навантажень на консоль крила. Проведено огляд вимог до механізації крила літака транспортної категорії. Проведено аналіз впливу механізації крила на його аеродинамічні характеристики. Проведено аналіз методів проектування силових нервюр крила літака транспортної категорії та з'єднань силових нервюр з монолітними панелями. В ході аналізу здобувач встановив, що на параметри з'єднань силових нервюр з монолітними панелями значно впливає як геометрія крила та геометрія силової нервюри а також навантаження на крило. Значною мірою на навантаження впливає використання механізації крила.

У **другому розділі** автором було запропоновано метод створення тривимірної параметричної моделі відсіку крила в зоні силової нервюри літака

транспортної категорії за допомогою комп'ютерної інтегрованої системи SIEMENS NX. Дисертант розробив метод для створення тривимірної параметричної моделі з'єднання силової нервюри з монолітною панеллю крила за допомогою модуля WAVE для реалізації параметричних зв'язків між деталями конструкції. Було наведено метод прототипування конструкції крила за допомогою технології FDM та 3D принтера.

У **третьому розділі** автором було запропоновано метод проектування з'єднання силової нервюри з монолітною панеллю крила з урахуванням заданої регламентної довговічності. Автор запропонував метод визначення аеродинамічних характеристик механізованого профілю з використанням розрахункової системи Fluent Fluid Flow в ANSYS Workbench. Наглядно показана залежність зміни положення відносного центру тиску при режимах польоту: крейсерського, злітного і посадкового. Наглядно показано зміну характеру розподілу тиску і швидкості потоку навколо профілю при крейсерському, злітному і посадковому режимах. Удосконалив метод визначення загального напружено-деформованого стану в зоні силової нервюри з урахуванням дії зусиль від засобів механізації, що дозволяє при різних режимах польоту отримувати більш точні результати напружень, і тим самим сформувати спектри втомного навантаження для зони з'єднання силової нервюри з монолітною панеллю крила.

У **четвертому розділі** дисертант провів аналіз локального напружено-деформованого стану полоси з заокругленням в зоні місцевого одностороннього потовщення. За допомогою чисельних методів показав характер розподілу нормальних напружень розтягування в полосі з заокругленням в зоні локального одностороннього потовщення. Була показана залежність коефіцієнта концентрації максимальних нормальних напружень від значення радіуса заокруглення. Визначив оптимальний радіус заокруглення з точки зору мінімальної маси і мінімальних напружень. Автором було запропоновано метод визначення локального напружено-деформованого стану двовісно навантаженої полоси з одночасною дією сили, що імітує зсувне навантаження в з'єднанні для досягнення високого рівня втомної довговічності що доцільно використовувати при проектуванні з'єднання силової нервюри з монолітною панеллю з метою отримання оптимального з'єднання з точки зору вагової ефективності і втомної довговічності.

Завершується дисертація **висновками**, і яких узагальнено матеріали, отримані автором згідно проведеним дисертаційним дослідженням. Короткі висновки також мають після 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 8 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 7 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у періодичному науковому виданні, що проіндексовано у наукометричній базі даних Scopus та рекомендовано до друку Вченою радою Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ».

Також результати дисертації були апробовані на міжнародній науково-практичній конференції «Specialized And Multidisciplinary Scientific Researches» (Амстердам, 2020), міжнародній науково-технічній конференції «Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering» (Харків, 2022), семінарах кафедри проектування літаків і вертольотів Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

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

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. У дисертації виконано низку розрахунків параметрів напружено-деформованого стану елементів конструкції крила літака. Але не зазначено яким чином перевірялася збіжність розв'язання цих задач.

2. Оптимальний радіус заокруглення в зоні потовщення монолітної панелі визначався шляхом підбору, а задача оптимізації не розв'язувалася. Доцільно визначати шуканий радіус в результаті розв'язання задачі оптимізації. Застосування апарату оптимального проектування конструкцій надало б подальшого розвитку методам, які запропоновані у роботі.

3. На сторінці 17 виявлено друкарську помилку: вперше представлено метод аналізу оптимального радіусу (не оптимальний радіус) заокруглення в зоні потовщення монолітної панелі.

4. В пункті «Публікації» доречно додати уточнення, що робота індексується у науково-метричній базі SCOPUS (сторінка 17).

5. У тексті помилково використано термін «напруги», правильно використовувати термін «напруження».

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

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Жирякова Дмитра Юрійовича на тему «Метод інтегрованого проектування та конструювання з'єднань силових нервюр з монолітними панелями крила літака транспортної категорії» 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 13 Механічна інженерія. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в пунктах 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.

Таким чином, здобувач Жиряков Дмитро Юрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Офіційний опонент:

Завідувач відділу вібраційних і
термоміцнісних досліджень
Інституту проблем машинобудування
ім. А. М. Підгорного
Національної академії наук України,
доктор технічних наук, професор



Наталя СМЕТАНКІНА

Підпис д-ра техн. наук, проф.
Наталі Сметанкіної засвідчую

Учений секретар
Інституту проблем машинобудування
ім. А.М. Підгорного НАН України,
доктор технічних наук



Сергій УГРІМОВ

