

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Жирякова Дмитра Юрійовича

на тему «Метод інтегрованого проєктування та конструювання з'єднань силових нервюр з монолітними панелями крила літака транспортної категорії»

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 Жирякова Дмитра Юрійовича «Метод інтегрованого проєктування 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 проєктування, конструювання, виробництва та випробування.

Методи інтегрованого проєктування якраз дають змогу удосконалити методики створення складної техніки із застосуванням комплексних систем CAD/CAM/CAE. Сукупність знань методів конструювання літаків та застосування проєктування за допомогою сучасних інтегрованих комп'ютерних систем (які широко застосовуються як вітчизняними, так і зарубіжними літакобудівними компаніями) дає змогу забезпечити підвищену якість тривимірного параметричного моделювання та їх інженерний аналіз.

Застосування CAD/CAM/CAE систем на всіх етапах життєвого циклу авіаційної техніки, включаючи етапи конструювання та виробництва, дозволяють суттєво підвищити якість створюваних об'єктів та знизити витрати на виконання робіт, пов'язаних із проєктуванням 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). Проєктування нерегулярних зон крила досі залишається актуальною темою. Одне з найбільш 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. В 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.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі та їх достовірність.

Вивчення змісту дисертації Жирякова Дмитра Юрійовича свідчить про обґрунтованість та достовірність наукових положень, та висновків:

- наукові положення, що виносяться на захист, висновки та рекомендації достатньою мірою обґрунтовані та апробовані;
- методи розрахунку конструкції крила базуються на класичних положеннях опору матеріалів, теорії пружності, теоретичної та експериментальної аеродинаміки;
- в роботі широко застосовуються численні методи розрахунку як конструкції крила літака так і аеродинамічних характеристик;

Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується:

- результатами відповідних експериментальних досліджень;
- порівнянням розрахункових моделей з провіреними відкритими джерелами;
- значним масивом інформації поданої у математичних виразах, на рисунках та в таблицях, які ілюструють та доповнюють положення дисертації;
- впровадженням результатів роботи в компанії ТОВ «Прогрестех-Україна», та у навчальному процесі Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

- вперше розроблено метод інтегрованого проектування з'єднання монолітної панелі з силовою нервюрою за допомогою параметричної моделі відсіку консолі крила з використанням сучасних комп'ютерних систем CAD/CAM/CAE Siemens NX.
- метод прототипування з використанням 3D принтера і технології FDM отримав подальший розвиток при проектуванні конструкцій літака.
- 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 напруг методом скінчених елементів.

– вперше представлено метод аналізу оптимального радіуса заокруглення в зоні потовщення монолітної панелі з урахуванням мінімальної маси і мінімального коефіцієнта концентрації напруження.

– 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 поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Значимість отриманих результатів для науки полягає в розробці нового метод інтегрованого проєктування з'єднання силової нервюри та монолітної панелі крила за допомогою параметричної моделі відсіку консолі крила з використанням сучасних комп'ютерних систем CAD/CAM/CAE, що є вкладом у розвиток авіаційної та ракетно-космічної техніки завдяки розширенню методологічного апарата створення складових частин літаків.

Практична цінність роботи полягає у тому, що розроблені науково-обґрунтовані методи комп'ютерного проєктування дозволяють підвищити ефективність та конкурентоспроможність виробництва літаків.

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 співпадіння, 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, 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 достатньо обґрунтовані.

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 проєктування крила літака транспортної категорії. Дисертантом розглянуто спосіб проєктування 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 проєктування 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 проєктування 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 НДС 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 НДС 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 НДС 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 проведенням 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».

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

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 періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus яка віднесена до четвертого квартилю (Q4) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank що рекомендовані до друку Вченою радою Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» та пройшли рецензування.

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.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. У дисертації зазначено (с. 139), що для реалізації запропонованого методу прототипування конструкції крила розроблено 3D-принтер, проте не наведено його відмінності від існуючих серійних 3D-принтерів для друку на основі FDM-технології

2. Недостатньо обґрунтовано пропозицію щодо створення спеціальної фрези з подвійною кривизною (с. 118 та с. 136). Зокрема, не зрозуміло, чому зону радіусного переходу монолітної панелі крила не можна обробити, наприклад, стандартною дисковою фрезою з ріжучою кромкою у вигляді тора, або стандартною кінцевою фрезою зі сферичною ріжучою кромкою.

3. При викладі методу інтегрованого проектування відсіку крила слід було б пояснити, чим відрізняються при електронному визначенні виробу «аналітичні стандарти» (с. 68), «аналітичні еталони» (с. 75 і с. 76) та «тривимірні параметричні моделі» (с. 76).

4. У дисертації при моделюванні аеродинамічних характеристик механізованого профілю крила (с. 97-100) розглянуто вплив закрилків та передкрилків, але не враховано вплив інтерцепторів.

5. У роботі досить докладно описано методику інтегрованого проектування суцільнофрезерованої силової нервюри (с. 79-82), але мало уваги приділено моделюванню збірних нервюр.

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 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 галузі 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 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:

Доктор технічних наук,
професор кафедри автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій
Харківського національного
університету міського
господарства ім. О. М. Бекетова

В. Сорокін

Володимир СОРОКІН



«___» _____ 20__ року

Володимира Сорокіна
Відд. кадрів

Оксана Романенко