

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Жирякова Дмитра Юрійовича на тему «Метод інтегрованого проектування та конструювання з'єднань силових нервюр з монолітними панелями крила літака транспортної категорії», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

На засіданні кафедри проектування літаків та вертольотів за участі: голови засідання – зав. каф. 103, к.т.н., доцент Трубаєва С. В.; д.т.н., професор Гребенікова О. Г., доцент, к.т.н. Гуменного А. М., д.т.н., професор Філіпковський С. В., к.т.н., с.н.с. Андрющенко В. М.; к.т.н., доцент Бабушкін О. А.; к.т.н., доцент Буйвал Л. Ю.; д.т.н., професор Малков І. В., к.т.н., доцент Орловський М. М.; провідний інженер Маміна О.В.; асистент Жиряков Д. Ю. відбулася публічна презентація дисертаційної роботи Жирякова Дмитра Юрійовича на тему «Метод інтегрованого проектування та конструювання з'єднань силових нервюр з монолітними панелями крила літака транспортної категорії».

На підставі обговорення змісту презентації дисертаційної роботи ухвалено висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації (результати голосування – одноголосно).

1. Актуальність теми дослідження. 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. Силові 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.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Отримані автором результати дисертації виконано на кафедрі проектування літаків та вертольотів Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ».

3. Наукова новизна отриманих результатів.

- 1) Вперше розроблено метод інтегрованого проектування з'єднання монолітної панелі з кницями силової нервюри 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 напруг методом скінчених елементів.
- 4) Вперше представлено метод аналізу оптимального радіуса заокруглення в зоні потовщення монолітної панелі з урахуванням мінімальної маси і мінімального коефіцієнта концентрації напруги. 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.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи.

Розроблено метод інтегрованого проектування з'єднання силової нервюри та монолітної панелі крила за допомогою параметричної моделі відсіку консолі крила з використанням сучасних систем комп'ютерного проектування CAD/CAM/CAE.

Практичне значення отриманих результатів:

1. Проведено аналіз методів проектування крила літака транспортної категорії з урахуванням допустимого руйнування. Проаналізовано методи проектування силової нервюри крила та розглянуто особливості проектування з'єднань силових елементів нервюри та монолітної панелі. Проаналізовано вплив механізації крила на його аеродинамічні характеристики та навантаження.

2. Наведено метод проектування з'єднання силової нервюри та монолітної панелі крила з використанням сучасних систем комп'ютерного проектування CAD/CAM/CAE. Створено майстер-геометрію і модель розподілу простору консолі крила літака транспортної категорії. Розроблено параметричну модель відсіку консолі крила літака транспортної категорії в зоні з'єднання силової нервюри та монолітної панелі.

3. Для реалізації запропонованого методу прототипування конструкції крила, розроблено 3D принтер та надруковано моделі прототипу аеродинамічної компоновки консолі крила та силового з'єднання нервюри з панеллю крила.

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

5. Для апробації метода, отримано загальний НДС відсіку крила в зоні силової нервюри (до якої кріпляться вузли навішування закрилків та передкрилків) для крейсерського, злітного та посадкового розрахункових випадків, з використанням аеродинамічних характеристик отриманих чисельним методом. За допомогою чисельних методів отримано аеродинамічні коефіцієнти, положення центру тиску для крейсерського, злітного та посадкового розрахункових випадків, що використовувались для знаходження навантаження на консоль крила.

6. За результатами аналізу, отримано оптимальний радіус заокруглення в зоні потовщення монолітної панелі з урахуванням мінімальної маси і мінімального коефіцієнта концентрації напруги. При аналізі встановлено, що застосування радіуса заокруглення 80 мм знижує коефіцієнт концентрації напруження майже в 1,5 рази в порівнянні з радіусом заокруглення, рівним 5 мм. Встановлено оптимальний радіус заокруглення з точки зору мінімальної маси і мінімального коефіцієнта концентрації напруги який дорівнює 80 мм. Отримані результати запропоновано використовувати для розробки спеціального фрези для механічної обробки радіусного переходу.

7. Вперше запропоновано метод визначення локального напружено-деформованого стану полоси двовісно навантаженої з одночасною дією сили, що імітує зсувне навантаження в болтовому з'єднанні. При апробації методу встановлено, що постановка кріплення з радіальним натягом $1.2\% d_{\text{кріпл}}$ приводить до зниження коефіцієнта концентрації головних напружень в 1,56 – 2,9 рази в полосі двовісно навантаженої з одночасною дією сили, що імітує зсувне навантаження в болтовому з'єднанні в порівнянні встановленням кріплення без натягу. Для досягнення мінімального коефіцієнта концентрації напруги в безпосередній близькості від отвору, полоси двовісно навантаженої при одночасній дії сили, що імітує зсувне навантаження в болтовому з'єднанні, слід підбирати таку кількість кріплень в з'єднанні, щоб рівень навантаження на критичному кріпленні, при дії експлуатаційних навантаженнях, не перевищував 8 кН (що еквівалентно $\sigma_{\text{зм}} = 140$ МПа) для кріплення без натягу та 4 кН (що еквівалентно $\sigma_{\text{зм}} = 70$ МПа)

з радіальним натягом $1.2\% d_{\text{кріпл}}$. Встановлено, що коефіцієнт концентрації напруги полоси з радіальним натягом $1.2\% d_{\text{кріпл}}$ не перевищує теоретичного значення коефіцієнта концентрації для полоси скінченої ширини з отвором, одночасно навантаженої і розрахованої за формулою Хейвуда.

5. Апробація/використання результатів дисертації.

Результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися 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. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

Результати роботи впроваджені в компанії ТОВ «Прогрестех-Україна», та у навчальний процес Національного аерокосмічного університету ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Жирякова Дмитра Юрійовича визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Текст рукопису дисертаційної роботи не містить ознак академічного шахрайства.

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

Основні результати дисертації опубліковано 8 наукових публікацій, у тому числі:

- 7 статті у наукових фахових виданнях України за спеціальністю;
- одна доповідь на науковій конференції віднесеному до четвертого квартилю (Q4) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank (зі співавторами).

Статті у наукових фахових виданнях, затверджених МОН України:

Жиряков Д.Ю. Аналіз конструктивних особливостей з'єднань силових елементів крила літаків транспортної категорії // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології : зб. наук. пр. / М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. С. Жуковського "Харків. авіац. ін-т" . - Харків, 2019 - Вип. 86. - С. 139-151 doi: 10.32620/oikit.2019.86.10.

Особистий внесок здобувача: проаналізовано конструктивно-силові схеми крил, розташування та виконання з'єднань силової частини крила із засобами, що покращують злітно-посадкових характеристик (таких як елерони, закриття, передкрилки та інтерцептори).

Гребеніков О. Г., Жиряков Д.Ю. Аналіз сил функціонування від'ємної частини крила літака транспортної категорії// Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології : зб. наук. пр. / М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т" . - Харків,2020 - Вип. 89. - С. 4-20. doi: 10.32620/oikit.2020.89.01.

Особистий внесок здобувача: проаналізовано навантаження функціонування з'ємної частини крила літака транспортної категорії.

Крашаница Ю.О., Жиряков Д.Ю. Аеродинамічний профіль у білязвуковому потоці газу // Авіаційно-космічна техніка і технологія. - 2021. - № 2. - С. 20-27 doi: 10.32620/aktt.2021.2.03.

Особистий внесок здобувача: проаналізовано та порівняно аеродинамічні характеристики звичайного та надкритичного профілів у білязвуковому потоці газу за допомогою чисельних методів.

Гребеніков О. Г., Жиряков Д.Ю. Метод визначення характеристик загального напружено-деформованого стану в силових елементах консолі крила під навантаження функціонування // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології : зб. наук. пр. / М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т" . - Харків,2021 - Вип. 92. - С. 26-40. doi: 10.32620/oikit.2021.92.03.

Особистий внесок здобувача: розробив наукові основи методу визначення характеристик загального напружено-деформованого стану в силових елементах консолі крила в залежності від навантажень функціонування.

Гребеніков О. Г., Жиряков Д.Ю. Аналіз загального напружено-деформованого стану у зоні з'єднання силової нервюри і обшивки крила // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології : зб. наук. пр. / М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т" . - Харків,2022 - Вип. 95. - С. 56-70. doi: 10.32620/oikit.2022.95.05.

Особистий внесок здобувача: проведено аналіз загального напружено-деформованого стану в зоні з'єднання силової нервюри та панелі крила за допомогою системи ANSYS.

Krashanitsa Y., Zhyriakov D. Numerical study of the aerodynamic characteristics of airfoil with high-lift devices// Авіаційно-космічна техніка і технологія. - 2023. - № 1. - С. 55-66 . doi: 10.32620/aktt.2023.1.06.

Особистий внесок здобувача: проведено аналіз аеродинамічних характеристик механізованого профіля за допомогою системи ANSYS.

Жиряков Д.Ю. Метод проектування та параметричного моделювання силової нервюри крила літака транспортної категорії // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології : зб. наук. пр. / М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т" . - Харків,2023 - Вип. 97. - С. 5-30.

Особистий внесок здобувача: проведено аналіз конструкцій нервюр. Розроблено метод проєктування та параметричного моделювання силової нервюри літака транспортної категорії.

Статті у журналах Scopus:

Design of High Fatigue Life Joints of Fuselage Structures Considering Fracture Mechanics / D. Zhyriakov, O. Grebenikov, A. Humennyi, D. Konyshev// Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering – Synergetic Engineering (ICTM'2022) : Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering; 159-173 Nov. 2022. DOI: 10.1007/978-3-031-36201-9_14.

Особистий внесок здобувача: виконано аналіз методів проєктування авіаційних конструкцій по принципу допустимих пошкоджень. Розглянуто принципи проєктування силових з'єднань конструкції фюзеляжу. Виконано порівняльний аналіз поліпшення конструкції повздовжнього з'єднання фюзеляжу за допомогою чисельних методів.

8. Висновок наукового керівника

Отже, вважаємо що дисертаційна робота Жирякова Дмитра Юрійовича «Метод інтегрованого проєктування та конструювання з'єднань силових нервюр з монолітними панелями крила літака транспортної категорії», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44), Стратегії розвитку вітчизняної авіаційної промисловості на період до 2020 року, що схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України N 1656-р від 27 грудня 2008 р., а також Державної цільової науково-технічної програми розвитку авіаційної промисловості на 2021–2030 роки згідно з постановою Кабінету Міністрів України № 951 від 1 вересня 2021 р. Відтак, може бути представлена до захисту в разовій спеціалізованій вченій раді для присудження ступеня доктора філософії в галузі знань в галузі знань 13 Механічна інженерія, за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Головуючий на засіданні кафедри проєктування літаків та вертольотів
Національного аерокосмічного університету
ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»,
к.т.н., доцент



Сергій ТРУБАЄВ