ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації *Морозова Андрія Володимировича* на тему «Метод визначення характеристик динаміки та міцності елементів конструкцій авіаційних газотурбінних двигунів з композиційних матеріалів», представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 14 Електрична інженерія

за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування

На засіданні кафедри конструкції авіаційних двигунів за участі:

Єпіфанова Сергія Валерійовича, д.т.н., професора, завідувача кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»;

Білогуба Олександра Віталійовича, д.т.н., професора, професора кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»;

Гусєва Юрія Олексійовича, к.т.н., доцента, професора кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»;

Гаркуші Олександра Івановича, к.т.н., доцента, доцента кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»;

Безуглого Сергія Володимировича, к.т.н., доцента, доцента кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»;

Суховія Сергія Івановича, к.т.н., доцента, доцента кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»;

Марценюка Євгена Вікторовича, ст. викладача кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»;

Бондаренка Олексія Васильовича, аспіранта кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»;

Лі Цицзе, аспіранта кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»;

Третяка Олексія Володимировича, д.т.н., професора, завідувача кафедри аеродинаміки «ХАІ»;

Гагауза Федора Мироновича, к.т.н., доцента, завідувача кафедри композитних конструкцій та авіаційного матеріалознавства «ХАІ»;

Кривенди Сергія Петровича, к.т.н., доцента, доцента кафедри композитних конструкцій та авіаційного матеріалознавства «ХАІ»;

Сметанкіної Наталі Володимирівни, д.т.н., професорки, завідувачки відділом вібраційних і термоміцнісних досліджень Інституту енергетичних машин і систем ім. А.М. Підгорного НАН України;

Долгова Миколи Анатолійовича, д.т.н., професора, провідного наукового співробітника відділу механіки конструкційних матеріалів Інституту проблем міцності ім. Г. С. Писаренка НАН України;

Торби Юрія Івановича, к.т.н., начальника відділу АТ «Івченко-Прогрес»;

Пушиліна Олексія Євгеновича, начальника відділу АТ «Івченко-Прогрес», аспіранта кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»;

Кригіна Сергія Сергійовича, конструктора-дослідника АТ «Івченко-Прогрес», аспіранта кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»;

Карпенка Артема Михайловича, провідного конструктора АТ «Івченко-Прогрес», аспіранта кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»;

відбулася публічна презентація дисертаційної роботи *Морозова Андрія Володимировича* на тему «Метод визначення характеристик динаміки та міцності елементів конструкцій авіаційних газотурбінних двигунів з композиційних матеріалів».

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

1. Актуальність теми дослідження

Створення сучасних перспективних авіаційних двигунів для літаків цивільної авіації пов'язано зі збільшенням ступеня двоконтурності та, відповідно, габаритів, маси та навантажень, що діють на широкохордні робочі лопатки вентилятора. Виникає низка проблем, пов'язаних із забезпеченням міцності цих лопаток в нормальних і позаштатних умовах роботи двигуна. Ті ж проблеми мають і лопаті повітряних гвинтів. Вирішення цих проблем потребує використання нових конструкційних матеріалів, якими є композиційні матеріали. На сучасному етапі розвитку провідні двигунобудівні компанії в конструкціях робочих лопаток вентилятора та лопатей ПГ використовують полімерні КМ. Мала питома вага КМ, підвищена питома міцність і жорсткість призводять до низького рівня робочих напружень, що дозволяє розв'язати задачу створення високонапірних і високообертових лопаток вентиляторів перспективних авіаційних двигунів та лопатей ПГ.
Оскільки КМ є анізотропними, в рази збільшується кількість параметрів, що використовуються при проєктуванні деталей як незалежні розрахункові характеристики матеріалу. Отже, в рази збільшується обсяг обов'язкових теоретичних і експериментальних досліджень при формуванні характеристик матеріалу. Різними авторами запропоновано достатньо ефективні методи визначення потрібних характеристик, але для окремих структур КМ в заданих умовах роботи. Для складної структури КМ з можливістю оцінювання характеристик пружності та міцності робочої лопатки вентилятора та лопаті ПГ виникає необхідність модернізації діючих методів аналізу та розроблення нових, більш універсальних методів.

Таким чином, проблема забезпечення статичної та динамічної міцності конструкцій, виготовлених із полімерних композитів тривимірної структури армування, є актуальною для авіаційного двигунобудування, вирішення якої дозволить визначати фізико-механічні властивості КМ і використовувати їх у розрахункових дослідженнях напружено-деформованого стану (НДС) високонавантажених роторних деталей АГТД, що створить науково-технічну основу для розробки перспективних авіаційних двигунів.

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

Представлені в роботі дослідження виконано на кафедрі конструкції авіаційних двигунів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», а також на АТ «Івченко-Прогрес» у рамках державної цільової науково-технічної програми розвитку авіаційної промисловості на 2021-2030 роки та робіт зі створення двигунів із великим ступенем двоконтурності, а також перспективних турбогвинтових двигунів.

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1) Розроблено новий метод визначення ефективних пружних характеристик композиційних матеріалів за відомими пружними властивостями структурних компонентів, який базується на математичному моделюванні представницьких елементів об'ємів для композиційних матеріалів різних структур армування. Визначено ефективні пружні сталі тривимірно армованого композиційного матеріалу.

2) Створено новий метод визначення параметрів критерію міцності композиційних матеріалів, який враховує різницю меж міцності на розтяг та стиск і базується на чисельно-аналітичному аналізі локальних напружень окремо для волокон і матриці. Визначено розрахункові границі міцності та коефіцієнти критерію міцності тривимірно армованого композиційного матеріалу.

3) Набув подальшого розвитку метод аналізу характеристик динаміки та міцності роторних деталей авіаційних газотурбінних двигунів виготовлених із композиційних матеріалів. Особливістю методу є те, що ефективні пружні характеристики композиційних матеріалів визначаються чисельним методом та використовуються для роторних деталей в якості розрахункових характеристик еквівалентного гомогенного ортотропного матеріалу, властивості якого задаються в локальних системах координат скінчених елементів в напрямку просторової геометрії конструкції.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи

1) Запропонований метод чисельного визначення ефективних пружних характеристик композиційних матеріалів по відомим пружним властивостям структурних компонентів дозволив визначити розрахункові характеристики матеріалів лопатки вентилятора і лопаті повітряного гвинта.

2) Запропонований метод чисельного визначення параметрів критерію міцності композиційних матеріалів, на базі аналізу локальних напружень окремо для волокон і матриці дозволив визначити усі границі міцності та коефіцієнти критерію міцності тривимірно армованого композиційного матеріалу.

3) Чисельне визначення ефективних пружних характеристик та параметрів критерію міцності композиційних матеріалів дозволило скоротити обсяг експериментальних досліджень на установках АТ «Івченко-Прогрес», необхідних для отримання незалежних розрахункових характеристик матеріалу.

4) Розрахунок динамічних характеристик лопатки вентилятора та лопаті повітряного гвинта, дозволив на етапі проектування дослідити особливості напружено-деформованого стану деталей.

5. Апробація/використання результатів дисертації

Основні результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювались і отримали позитивну оцінку на XXV Міжнародному конгресі двигунобудівників (Україна, м. Харків, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2020 р.); Міжнародній науково-технічній конференції 2021 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (Україна, м. Харків, Національний технічний університет «ХПІ», 2021 р.).

Розробленні автором наукові положення впроваджено на АТ «Івченко-Прогрес» при проєктуванні лопаток вентилятора двигуна АІ-28, а також лопаті повітряного гвинта АІ-Р500V5.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертація А. В. Морозова є оригінальною роботою, виконана здобувачем самостійно й доброчесно, текст рукопису дисертаційної роботи на містить ознак академічного шахрайства. Роботу передано експерту для проведення науково-технічної експертизи щодо збігів з Internet-джерелами, про що буде надано відповідний звіт.

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

За результатами досліджень опубліковано п’ять наукових публікацій, у тому числі:

– чотири статті у наукових фахових виданнях України за спеціальністю, одне з яких реферується в науковометричній базі даних Scopus. З них три публікації – одноосібні;

– одна стаття в неперіодичному науковому виданні, проіндексованому в базі Scopus.

Фахові публікації:

Морозов А. В. Визначення ефективних пружних характеристик односпрямованого композиційного матеріалу. Вчені записки *Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. Серія: технічні науки. 2020. Т. 31. № 2. С. 44-51.

Публікація одноосібна.

Морозов А. В. Чисельне визначення ефективних пружних характеристик тривимірноармованого волокнистого композиційного

матеріалу. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2020. № 8 (168). С. 121-129.

Публікація одноосібна.

Морозов А. В. Метод чисельного визначення динамічних характеристик лопаті повітряного гвинта з композиційного матеріалу. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2024. № 2 (194). С. 57-64.

Публікація одноосібна.

Morozov A. V., Lvov G. I. A Procedure for the Numerical Determination of the Strength Criterion Parameters of a Three-Dimensionally Reinforced Composite Material. *Strength Mater*. 2024.Vol. 56. № 1.

Здобувач запропонував нову чисельну процедуру для визначення критеріїв міцності композиційних матеріалів на основі аналізу відмінності між межами міцності при розтягу та стиску, а також виконав чисельні розрахунки для побудови моделей міцності ортотропного матеріалу, еквівалентного до тривимірного зміцненого композиційного матеріалу.

8. Висновок наукового керівника

Виконання індивідуального навчального плану, індивідуального плану наукової роботи, досягнення результатів навчання за відповідною науково-освітньою програмою та написання дисертації Морозовим Андрієм Володимировичем вважаю успішним. Дисертаційна робота є результатом самостійного дослідження, завершеною науковою працею, яка містить наукову новизну. Вона виконана на належному науковому рівні та відповідає встановленим вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, і може бути рекомендована до захисту, а її автор Морозов Андрій Володимирович – до присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування.

Отже, вважаємо, що дисертаційна робота Морозова Андрія Володимировича на тему «Метод визначення характеристик динаміки та міцності елементів конструкцій авіаційних газотурбінних двигунів з композиційних матеріалів», представлена на здобуття ступеня доктора філософії, відповідає вимогам Порядку присудження наукового ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44). Відтак, вона може бути представлена до захисту в разовій спеціалізованій раді для присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування.

Головуючий на засіданні
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри
конструкції авіаційних двигунів
Національного аерокосмічного університету
ім. М. Є. Жуковського «Харківський
авіаційний інститут» Сергій ЄПІФАНОВ