

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Сунь Іфан на тему «Scientific grounds to provide lifetime of regional passenger airplane wing structural members», 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., доцента Трубаєва С. В.; д.т.н., професора Гребенікова О. Г.; д.т.н., професора Філіпковського С. В.; д.т.н., професора Рябкова В. І.; к.т.н., с.н.с. Андрющенко В. М.; д.т.н., професор Капітанової Л. М.; д.т.н., професора Малкова І. В.; к.т.н., доцента Орловського М. М.; ст. викладач Кириленко М. В.; к.т.н., доцента Сердюкова О.А.; к.т.н., доцент Овчаренко С.І., к.т.н. доцента Чумака А.С.; асистента Столярчук О.М.; ст. викладач Третьяков Є.В.; ; к.т.н, ст. викладача Жирякова Д. Ю., секретаря Маміної О.В.; аспіранта Sun Yifang, відбулася публічна презентація дисертаційної роботи Sun Yifang на тему «Scientific grounds to provide lifetime of regional passenger airplane wing structural members».

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. Світовий ринок авіаперевезень демонструє стійку тенденцію до зростання, що призводить до зростання попиту на регіональні літаки. Україна – одна з небагатьох країн світу, яка має промисловий і науково-технічний потенціал і повний виробничий цикл для створення та виробництва сучасної авіаційної техніки. В авіаційній промисловості дуже інтенсивно відбувається впровадження передових технологій. Вимоги до авіаційної та екологічної безпеки, ефективності та надійності постійно зростають. Це потребує розробки нових методів проектування, виробництва та випробувань для створення нових зразків авіаційної техніки, які є кращими за існуючу аналогічну техніку.

Конструкція підгонки центральної секції крила та від'ємної секції крила є однією з важливих ланок у конструкції літака. Різні методи стикування мають різні методи передачі зусилля, що матиме значний вплив на термін служби та процес складання літака. У зарубіжних країнах накопичено великий досвід проектування літаків. Аналізуючи форми стикування та структурні характеристики між центральною секцією крила та від'ємною секцією крила іноземних літаків, це має важливе довідкове значення для досліджень дизайну літаків у світі. Крім того, зона з'єднання корінної частини крила регіональних літаків є ключовою частиною балансу обміну навантаженням між крилом і фюзеляжем. Конструкційна міцність і довговічність, ефективність передачі структурного навантаження, вимоги до

координації складання та обробки деталей дуже високі. Таким чином, необхідно терміново розробити метод розрахунку та аналізу для з'єднання центральної частини крила та від'ємної частини крила регіонального літака. На ранній стадії проектування регіональних літаків важливе практичне значення має детальне проектування міцності на втому та певне проектування продовження терміну служби кріпильного з'єднання між центральною секцією крила та від'ємною секцією крила для забезпечення безпеки польотів та конкурентоспроможності 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 «ХАІ».

3. Наукова новизна отриманих результатів.

- 1) Вперше запропоновано ефективне рішення для розрахунку та розрахунку на статичну міцність фасонного з'єднання на етапі моделювання. Метод та його застосування представлено на прикладі попереднього аналізу та розрахунку конструкції фланцевого з'єднання центральної секції крила регіонального літака.
- 2) Вперше запропоновано непрямий метод розрахунку напружено-деформованого стану фасонного з'єднання центроплана та від'ємної секції крила регіонального літака. Непрямий метод отримує напружено-деформований стан фітінгового з'єднання за допомогою двох кінцевих розрахунків. Результати узгоджуються з розрахованими прямим методом.
- 3) Вплив глибини та кута екструдованої дугової канавки на втомну довговічність панелі крила детально досліджено експериментальними методами та новими методами кінцевого моделювання. Результати показують, що екструдована дугоподібна канавка може збільшити довговічність панелі крила, і отримано оптимальну глибину та кут екструдованої дугової канавки.
- 4) Вперше екструдована кільцева канавка запропонована для продовження втомного терміну служби панелі крила з функціональними отворами, і це перевірено експериментами.
- 5) Вперше запропоновано метод екструдованих кільцевих канавок у поєднанні з антифреттинговою пастою для збільшення довговічності подвійного зрізного з'єднання панелі крила. Дослідження показує, що поєднання екструдованих кільцевих канавок і пасти проти фреттингу може збільшити довговічність подвійного зрізного з'єднання панелі крила.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи.

Метою даного дослідження є розробка методу розрахунку міцності та подовження терміну служби на втому кріпильного з'єднання між центральною частиною крила та від'ємною частиною крила регіонального літака для збільшення терміну служби нових вітчизняних регіональних літаків.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає в основному в наступному:

- 1) Досліджено тип конструкції, метод і принцип монтажного з'єднання між центральною секцією крила та від'ємною секцією крила міжнародних регіональних

літаків, аналіз складності конструкції кореневого з'єднання крила регіонального літака, аналіз характеристик передачі навантаження, метод розташування корневих ребер та аналіз його характеристик, а також наведено порівняльний аналіз різних конструктивних схем корневих фітингових з'єднань, а також запропоновано гнучкий метод проектування компенсації для пом'якшення структурної напруги збірки, і здійсненість відповідного методу проектування гнучкої компенсації підтверджується експериментальними результатами.

2) Вперше запропоновано ефективне рішення для проектування з'єднань, метод розрахунку якості та статичної міцності на етапі моделювання. Метод та його застосування представлено на прикладі попереднього аналізу та розрахунку конструкції фланцевого з'єднання центральної секції крила регіонального літака. Метод заснований на розрахунку напружень, викликаних дискретністю передачі зусиль між вузлами. Розрахунковий метод отримує спрощену гіперстатичну модель з'єднання на основі геометричних характеристик і характеристик передачі зусиль поперечного перерізу в кожному вузлі конструкції фланцевого з'єднання. У процесі розрахунку визначаються: отримані силовим методом криві згинального моменту та осьової сили та розподіл силового навантаження кожної частини моделі з метою подальшого аналізу запасу статичної міцності. Отримані результати розрахунків порівнюють з вимогами стандартів льотної придатності, щоб визначити, чи відповідають вони вимогам конструкції. Для компонентів з великою статичною міцністю або таких, що не відповідають вимогам, рекомендується додатково змінити параметри конструкції для забезпечення ефективного проектування сполучення між центропланом і крилом літака та подальшим перерахунком. Розрахункова методика має практичне значення як попередній інженерний аналіз.

3) Вперше запропоновано непрямий метод розрахунку напружено-деформованого стану фасонного з'єднання центральної частини крила з від'ємною частиною крила. Цей непрямий метод отримує напружено-деформований стан фітингового з'єднання за допомогою двох розрахунків методом кінцевих елементів. Для підтвердження достовірності результатів розрахунку результати напружено-деформованого стану, розраховані непрямим методом, порівнюються з розрахованими прямим методом. Результати показують, що результати розрахунків непрямого методу узгоджуються з результатами прямого методу. Тому непрямий метод є дуже доцільним методом отримання напружено-деформованого стану фасонного з'єднання. Порівняно з прямим методом, непрямий метод має переваги невеликої суми обчислення та високої швидкості обчислення.

4) Експериментальними методами та методами кінцевого моделювання досліджено вплив глибини та кута видавленої дугової канавки на втомну довговічність панелі крила з функціональними отворами. Дослідження показує, що для панелей крила з функціональними отворами екструдована дугова канавка може подовжити термін їх служби втоми. Це пояснюється тим, що залишкова напруга, що утворюється після процесу екструзії, компенсує дію частини навантаження для зменшення характеристичного напруження. На довговічність панелі крила з функціональними отворами впливає глибина видавленої дугової канавки. Коли глибина становить $0 \sim 0,15$ мм, термін служби втоми не збільшується; коли глибина

становить 0,15 ~ 0,3 мм, термін служби втомі значно подовжується; коли глибина перевищує 0,3 мм, термін служби втомі продовжується повільно. На довговічність панелі крила з функціональними отворами також впливає кут екструдованої дугової канавки. Зі збільшенням кута витривалість зростає до оптимального кута 120°. Застосування оптимальної подовженої дугової канавки може подовжити втомний ресурс досліджуваної панелі крила більш ніж у 2,34 рази.

5) Експериментальними методами досліджено вплив екструдованої кільцевої канавки на втомну довговічність панелі крила з функціональними отворами. Дослідження показує, що для панелей крила літака з функціональними отворами екструдовані кільцеві канавки навколо функціональних отворів можуть подовжити термін служби панелей крила з функціональними отворами. Глибина екструдованої кільцевої канавки впливає на довговічність панелі крила літака з функціональними отворами. Зі збільшенням глибини видавленої кільцевої канавки довговічність панелі крила змінюється у вигляді перевернутої букви «V». Коли глибина канавки становить 0,26 мм, довговічність панелі крила літака з функціональними отворами є найдовшою, яку можна збільшити в 2,35–32,9 рази.

6) Експериментальними методами досліджено вплив екструдованої кільцевої канавки та антифретингової пасти на втомну довговічність подвійного зсувного з'єднання панелі крила. Дослідження показує, що екструдована кільцева канавка може збільшити довговічність подвійного зрізного з'єднання. Довговічність подвійного зрізного з'єднання з екструдованою кільцевою канавкою приблизно в 2,28 рази перевищує довговічність подвійного зрізного з'єднання без екструдованої кільцевої канавки. Паста проти фретингу може збільшити довговічність подвійного зрізного з'єднання. Довговічність подвійного зрізного з'єднання, покритого пастою проти фретингу, приблизно в 1,28 рази перевищує довговічність подвійного з'єднання на зсув без пасти проти фретингу.

Екструдовані дугові канавки, екструдовані кільцеві канавки, застосування пасти проти фретингу, ці методи продовження втомного ресурсу крила були застосовані в реальній техніці з хорошими результатами. Отримані в дипломній роботі результати застосовані в навчальному процесі Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» та в процесі проектування та виробництва китайських літальних апаратів.

5. Апробація/використання результатів дисертації.

Результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки» (Харків, 2020), семінарах кафедри проектування літаків і вертольотів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

Результати роботи впроваджені у навчальний процес Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Сунь Іфана визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, копіювання,

становить 0,15 ~ 0,3 мм, термін служби втомі значно подовжується; коли глибина перевищує 0,3 мм, термін служби втомі продовжується повільно. На довговічність панелі крила з функціональними отворами також впливає кут екструдованої дугової канавки. Зі збільшенням кута витривалість зростає до оптимального кута 120°. Застосування оптимальної подовженої дугової канавки може подовжити втомний ресурс досліджуваної панелі крила більш ніж у 2,34 рази.

5) Експериментальними методами досліджено вплив екструдованої кільцевої канавки на втомну довговічність панелі крила з функціональними отворами. Дослідження показує, що для панелей крила літака з функціональними отворами екструдовані кільцеві канавки навколо функціональних отворів можуть подовжити термін служби панелей крила з функціональними отворами. Глибина екструдованої кільцевої канавки впливає на довговічність панелі крила літака з функціональними отворами. Зі збільшенням глибини видавленої кільцевої канавки довговічність панелі крила змінюється у вигляді перевернутої букви «V». Коли глибина канавки становить 0,26 мм, довговічність панелі крила літака з функціональними отворами є найдовшою, яку можна збільшити в 2,35–32,9 рази.

6) Експериментальними методами досліджено вплив екструдованої кільцевої канавки та антифретингової пасти на втомну довговічність подвійного зсувного з'єднання панелі крила. Дослідження показує, що екструдована кільцева канавка може збільшити довговічність подвійного зрізного з'єднання. Довговічність подвійного зрізного з'єднання з екструдованою кільцевою канавкою приблизно в 2,28 рази перевищує довговічність подвійного зрізного з'єднання без екструдованої кільцевої канавки. Паста проти фретингу може збільшити довговічність подвійного зрізного з'єднання. Довговічність подвійного зрізного з'єднання, покритого пастою проти фретингу, приблизно в 1,28 рази перевищує довговічність подвійного з'єднання на зсув без пасти проти фретингу.

Екструдовані дугові канавки, екструдовані кільцеві канавки, застосування пасти проти фретингу, ці методи продовження втомного ресурсу крила були застосовані в реальній техніці з хорошими результатами. Отримані в дипломній роботі результати застосовані в навчальному процесі Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» та в процесі проектування та виробництва китайських літальних апаратів.

5. Апробація/використання результатів дисертації.

Результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки» (Харків, 2020), семінарах кафедри проектування літаків і вертольотів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

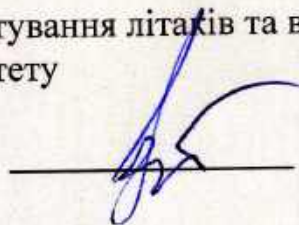
Результати роботи впроваджені у навчальний процес Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Сунь Іфана визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, копіювання,

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 13 Механічна інженерія, за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Головуючий на засіданні кафедри проектування літаків та вертольотів
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»,
к.т.н., доцент



Сергій ТРУБАЄВ