ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ
ім. М.Е.Жуковського

УДК 629.7

На правах рукопису

НИРКОВСЬКИЙ ВЕНІАМІН ІВАНОВИЧ

ДОСЛІДЖЕННЯ, РОЗРОБКА ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПРОФІЛЬНОГО ЗАМКОВОГО З'ЄДНАННЯ ОБШИВКИ КОРПУСІВ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ІЗ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З МЕТАЛЕВИМ КІЛЬЦЕВИМ ШПАНГОУТОМ

Спеціальність 05.07.02 -
проектування і конструкція
літальних апаратів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків 1996

ЛННБ України ім.В.Стефаника
00740205 (I)
АВ 34.194

Дисертація являється рукописом.

Роботу виконано в Харківському авіаційному інституті ім. М.Е.Жуковського

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
В.Е.Гайдачук

Науковий консультант: кандидат техніних наук, доцент
В.О.Каледин

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Л.О.Малашенко
кандидат технічних наук, доцент
В.В.Буланов

Ведуче підприємство - Дубненський машинобудівний завод, м.Дубна

Захист відбудеться 23 лютого 1996 г. о 14 годині в ауд. 427 учбового корпусу на засіданні спеціалізованної ради Д.02.27.06 в Харківському авіаційному інституті ім.М.Е.Жуковського за адресою: 310070, м.Харків, вул.Чкалова, 17, ХАІ.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ХАІ.

Автореферат розіслано 22 січня 1996р.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Вчений секретар спеціалізованої ради
Професор Р.Л.Корнилов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ: Найважливішою проблемою проектування сучасних літальних апаратів (ЛА) є зниження маси конструкції при збереженні надійності та ресурсу. Один з ефективних напрямків вирішення цієї проблеми - це застосування полімерних композиційних матеріалів (КМ), які мають високі питомі характеристики міцності і жорсткості та ряд інших відомих переваг перед металами.

Вузьким місцем у конструкціях ЛА, тому числі з КМ, є зони стиків та з'єднань , маса яких складає 20...30% маси агрегату. Світова статистика свидчить про те, що 80...85% руйнувань в конструкціях ЛА відбуваэться в зонах стиків і з'єднань.

У зв'язку з цим дослідження несучої здатності метало-композитних стиків і з'єднань і розробка для них нових конструктивно-технологічних рішень (КТР) є однією з основних задач проектування ЛА з КМ.

Незважаючи на суттєвий прогрес, досягнутий в цій галузі за останні роки , в цей час відсутні ефективні КТР з'єднань высоконавантажених і композитних відсіків корпусів ЛА замкненої форми, які забезпечують зниження маси виробів і підвищення їх технологічності.

Тому дослідження, розробка та застосування з'єднань обшивки корпусів ЛА з КМ с металевими кільцевими шпангоутами являють актуальну задачу .

Дисертація з складовою частиною комплексних НДР та ОКР, виконаних у межах програми "Створення модульних багатоцільових систем середнього радіусу дії" в період з 1989 по 1995 роки.

МЕТА ДИСЕРТАЦІЇ - розробка ефективного профільного замкового з'єднань (ПЗЗ) высоконавантажених відсіків ЛА з КМ, яке забезпечує зниження маси і підвищення технологічності виробу та методики його

проектування , а також конструктивно-технологічне відпрацювання і впровадження у виробах галузі .

Для досягнення цієї мети було сформульовано та вирішено такі основні задачі:

1. Розробити конструктивно-силову схему (КСС), математичну модель і методику вибору раціональних конструктивних параметрів ПЗЗ.

2. Провести експериментальне дослідження міцності ПЗЗ і виявити адекватні експерименту моделі його руйнування (експериментальне доведення моделі).

3. Виявити, дослідити та рекомендувати межі раціонального застосування ПЗЗ для відповідних класів відсіків ЛА.

4. Впровадити ПЗЗ і методику їх проектування в конструкції ракети Д-5НМ та її модіфікаціях.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ. Теоретичні дослідження проводились на базі кінцево-елементних моделей, реалізованих на сучасних ЕОМ, а також на основі моделей механіки деформованого твердого тіла і фізичних уявлень процесу руйнування з'єднання, одержаних з аналізу експерименту.

Експериментальні дослідження виконано на сучасному випробному обладнанні з широким застосуванням тензометрії обробкою даних за допомогою системи СИИТ-2 та використанням стандартних методів статистичної обробки результатів.

НАУКОВА НОВИЗНА роботи полягає в слідуючому:

1. Запропоновано і розроблено нове ефективне профільне з'єднання для високонавантажених відсіків ЛА з КМ, забезпечує зниження маси та підвищення технологічності виробу, на яке отримано позитивне рішення державної науково-технічної експертизи винаходів .

2. Проведен параметричний аналіз напружено -деформованого стану ПЗЗ у залежности від його конструктивних параметрів на основі МКЕ, який дозволяє синтезувати спрощену математичну модель деформу-

вання з'єднань.

3. На основі запропонованої математичної моделі розроблено методику проектування ПЗЗ за критеріям статистичної міцності в системі відсіку.

4. На основі аналізу результатів експериментальних досліджень ПЗЗ виявлено моделі його руйнування при розтягуванні і стисненні, які адекватні запропонованій математичній моделі та підтверджують ефективність розробленої методики проектування ПЗЗ.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ РОБОТИ.

1. Запропоновано класифікацію відсіків ЛА за конструктивними, експлуатаційними та технологічними ознаками, що дозволило встановити типові КТР відсіків, для яких застосування ПЗЗ найбільш ефективне.

2. На основі результатів досліджень спроектовано реальний відсік ракети Д-5НМ і розроблено технологічний процес його виготовлення. В новому КТР відсіку досягнено зниження маси на 29% у порівнянні з титановим аналогом і підвищено корисне навантаження ракети на 10,75 кг при зниженні трудомісткості виготовлення в 1,7 рази.

3. Запропоновано нові КТР для ряду модифікацій ракети Д-5НМ, які захищені чотирма авторськими свідоцтвами.

4. Розроблено та впроваджено рекомендації щодо вибору матеріалів, межі ефективного застосування ПЗЗ у відсіках ЛА різних типів а також по технології виготовлення відсіків з ПЗЗ, які дозволяють підвищити його міцність і герметичність та знизити трудомісткость виготовлення.

На захист виносяться:

- нове високонавантажене профільне замкове з'єднання циліндричної оболонки ЛА із КМ с металевим кільцевим шпангоутом;
- математична модель і методика проектування ПЗЗ;
- результати і методики експериментальних досліджень ПЗЗ.

АПРОБАЦІЯ РОБОТИ. Основні роботи дисертації доповідались на щорічних конференціях професорсько-викладацького складу ХАІ (Харків,1989-1994р.) науково-технічних радах МКБ "Радуга"в 1990 - 1994р.р.

ПУБЛІКАЦІЇ. За матеріалами дисертації опубліковано 3 статті, 2 теаи доповідей, написано 2 науково-технічних звіти, одержано 4 авторських свидоцтва на винаходи та 1 позитивне рішення.

СТРУКТУРА І ОБСЯГ РОБОТИ. Дисертація складаєтьсся із вступу п'яти розділів, загальних висновків та 7 Додатків , містить 84 сторінки машинописного тексту, 6 таблиць, 77 илюстрацій і список використаної літератури , що включає 106 найменувань .

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ.

У ВСТУПІ обгрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і задачі дисертації, наукова новизна та практичне значення роботі.

У ПЕРШОМУ РОЗДІЛІ проведено стислий огляд і аналіз стану проблеми проектування конструкцій ЛА з КМ, виявлені тенденції проблеми,пов'язані зі створенням ефективних відсіків корпусів малорозмірних ЛА з КМ в аспекті забезпечення надійних стиків і з'єднань .

Показано, що проблему з'єднань деталей і вузлів з КМ та металокомпозитних з'єднань значного мірою досліджено і вирішено в роботах вітчизняних вчених Вороб'я В.В., Сироткіна О.С. та його школи, Карпова Я.С., Гайдачука В.Е. та його школи, Парцевського В.В., Шалигіна В.Н., Царакова Ю.С.і т.д., зарубіжних дослідників Греймса Г., Греймана Л. і т.ін , а також колективами вітчизняних і зарубіжних конструкторських бюро та фірм авіаційного і ракетно-космічного профілю.

Однак в усій різноманитности стиків і з'єднань елементів конструкцій ЛА з КМ найменьш досліджено клас з'єднань замкнених

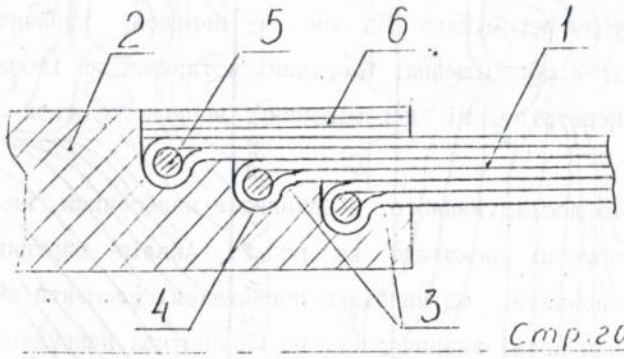
відсіків, композиційних оболонок з металевими шпангоутами. Задача створення ефективних високонавантажених з'єднань для цього класу виробів за виключенням деяких екстраполяцій раціональних для прямолінійних конструктивних елементів з'єднань з поперечними мікроелементними в'язями не знайшла повного вирішення.

Відсутні ефективні КСС з'єднання та їх КТР. У зв'язку з цим в роботі намічено ряд задач, що охоплюють розробку, аналіз та обгрунтування профільного замкового з'єднання , його математичної моделі і методики, що випливає з неї, проектування ПЗЗ, експериментального дослідження, а також конструктивно-технологічного забезпечення і впровадження в конкретних виробах .

Сформульовано мету і задачі дисертації.

У ДРУГОМУ РОЗДІЛІ описано КСС ПЗЗ обшивки з КМ с металевим

Типове ПЗЗ.



1 - препрег; 4 - канавки;

2 - металева рама; 5 - кільцеві стержні;

3 - ступінчаста поверхня; 6 - обойма

Рис.1.

шлангоутом, проведено параметричний аналіз напружено - деформованого стану (НДС) цього з'єднання методом кінцевого елемента (МКЕ) і розроблено методику його проектування.

Типове ПЗЗ (рис.1) КМ (препрегу) 1 з металевою рамою 2 має в місці сполучення ступічасту поверхню 3, на який виконано канавки 4, встановлені кільцеві стержні 5, охоплені волокнами КМ1. На КМ 1 розміщено обойму 6, розташовану навпроти ступінчатої поверхні 3.

У дисертації описано технологію збирання ПЗЗ і аналізуються його потенціальні переваги.

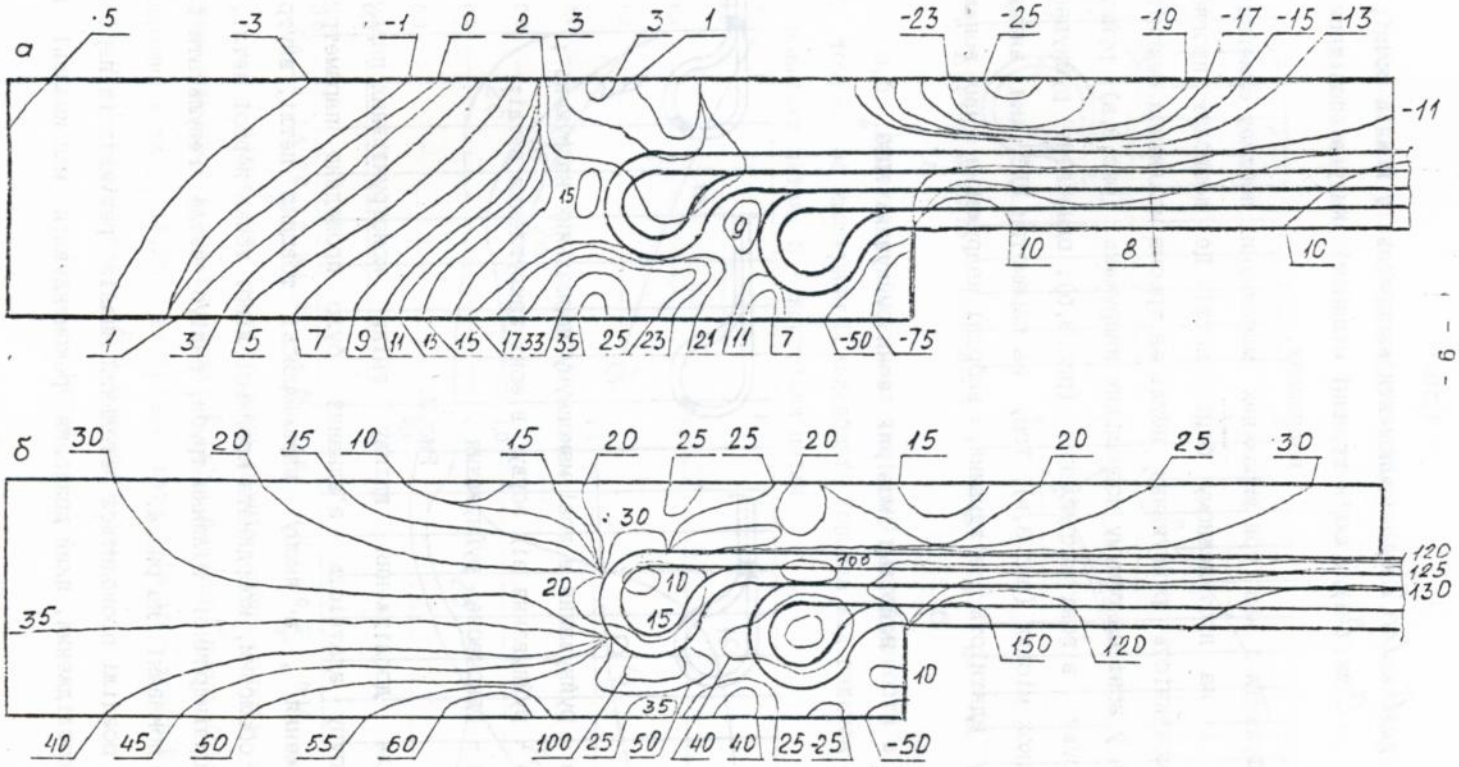
Показано, що для якісної і кількісної оцінки несучої здатності ПЗЗ та аналізу характеру її вичерпання з метою наступної розробки методики його проектування необхідно виконати параметричне дослідження НДС при розтягуванні і стисненні.

Параметричне дослідження НДС ПЗЗ проведено в межах осесиметричної задачі лінійної теорії пружности із застосуванням МКЕ в формі методу переміщень .За основні невідомі прийнято радіальні Ur и осьові Ux переміщення. Усередині чотирикутних ізопараметричних елементів перетрізу ці переміщення аппроксимуються білінійними сплайнами.

Переріз досліджуваного з'єднання з нанесеними на ньому ізолініями напружень показано на рис.2. Аналіз картини розподілу напружень показує, що найбільш навантажені елементи петлі. Небезпечні ділянки петлі визначались по максимумах напруженості К з використанням критерію Гольденблата-Копнова:

$$K=\left[\frac{\sigma_x^2}{\sigma_{\ell x}^2}+\frac{\sigma_\varphi^2}{\sigma_{\ell\varphi}^2}+\left(\frac{1}{\sigma_{\ell x}^2}+\frac{1}{\sigma_{\ell\varphi}^2}-\frac{1}{\tau_{\ell x\varphi}^2}\right)\sigma_x\sigma_\varphi+\frac{\tau_{x\varphi}^2}{\tau_{\ell x\varphi}^2}\right]^{\frac{1}{2}}\leq 1 \quad (1)$$

Перерія ПІЗ з ізолініями напружень



а - напруження σ_y; б - напруження σ_x.

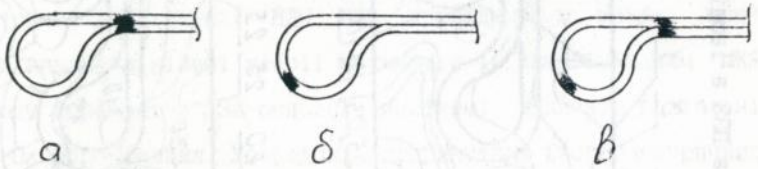
Рис.2.

де: $\sigma_x, \sigma_\varphi, \tau_{x\varphi}$ - компоненти напружень у кожній точці;

$\sigma_{вх}, \sigma_{в\varphi}, \tau_{вх\varphi}$ - границі міцності КМ у відповідних напрямках.

Функція 1 має три виражених максимуми: поблизу склейки шарів петлі і на протилежному боці петлі. Це дозволяє прогнозувати можливість руйнування петлі за трьома можливими механізмами: розрив у зоні максимуму нормальних напружень (рис.3,а); руйнування від зсуву в зоні закруглення (рис.3,б); одночасне руйнування в декількох місцях (рис.3,в). Тому за параметри НДС, які визначають несучу здатність з'єднання, вибрані напруження в цих зонах.

Найбільш імовірні зони руйнувань ПЗЗ.



а - руйнування в зоні максимуму нормальних напружень ;

б - руйнування від зсуву в зоні закруглення петлі;

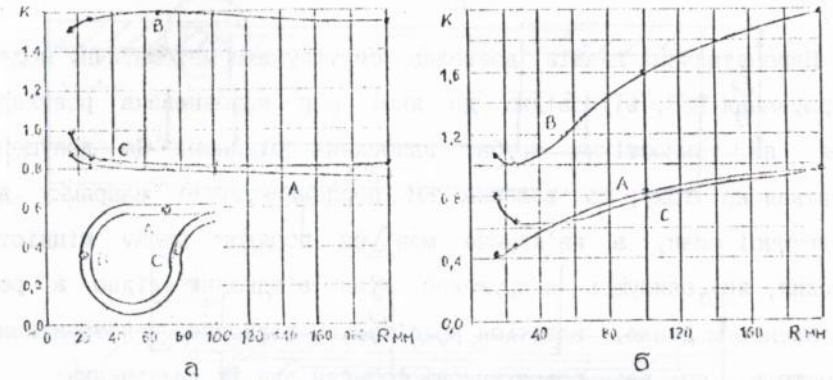
в - одночасне руйнування .

Рис.3.

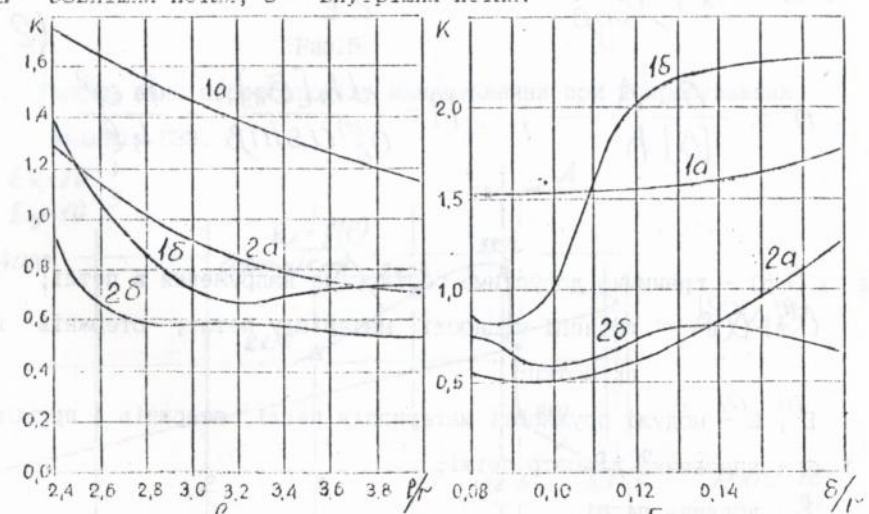
Для дослідження впливу зміни конструктивних параметрів на несучу здатність з'єднання було проведено параметричесне дослідження , в якому варьювались: товщина петлі, внутрішній радіус оболонки, координата крайньої лівої точки першої петлі, довжина циліндричної ділянки труби, радіус петлі. Результати розрахунків показані на рис.4.

В розділі проводиться ретельний аналіз результатів параметричного дослідження, який дозволив рекомендувати максимальні конс-

Залежність рівня напруженості від радіуса оболонки, відносної довжини петлі та відносного радіуса петлі.



а,б - залежність максимальних рівнів напруженості в характерних точках за критерієм Гольденблата-Копнова від радиуса оболочки: а - зовнішня петля; б - внутрішня петля.



в,г - залежність максимальних рівнів напруженості в характерних точках від довжини петлі ℓ (в) і радіуса r петлі (г): 1а,2а - зовнішня петля; 1б,2б - внутрішня петля; 1а,1б - точка В; 2а,2б - точка С. r -радіус петлі, δ - товщина петлі.

Рис.4.

труктивно можливі значення радіуса петлі r та і товщини , при цьому r/ >10, що гарантує перевагу в петлі розтягуючих напружень.

Параметричний аналіз дозволив синтезувати математичну модель деформування ПЗВ, відповідно до якої шар наповнювача розглядається як тонкостінна труба, заповнена рідиною. Це допущення базується на тому, що волокна КМ перпендикулярні напрямку дії розтягуючої сили, а зв'язуюче має на порядок меншу міцність. Рівняння, які описують напружений стан з'єднання згідно з розробленою моделлю, вдається розв'язати відносно конструктивних параметрів, що дає розрахункові формули для їх визначення:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_в^{(1)}}{1 + 1/\sin\beta}; \qquad a = \frac{\sigma_в^{(2)} d}{2E} \geq [a];$$

$$n = \frac{\sigma_л \Delta}{[\sigma] h}; \qquad H = \frac{dh[\sigma_p]}{\sigma_в^{(2)} a \sin\beta} - \frac{\tilde{n} a^2}{4\ell} \qquad (2)$$

де $[\sigma_p]$ - гранично допустиме розтягуюче напруження в петлі;

$\sigma_в^{(1)}$, $\sigma_в^{(2)}$ - границі міцності матеріалу петлі, стержнів і прямотки;

$E^{(1)}$, $E^{(2)}$ - модулі пружності матеріалів петлі, стержнів і прямотки;

a - вписаний діаметр петлі;

ℓ - довжина петлі.

β - кут апроксимації форми петлі;

h - товщина наповнювача петлі;

H - товщина прямотки;

n - кількість петель у з'єднанні.

На основі розрахункових формул (2) розроблено методику вибору

Схема зразків ПЗЗ для випробувань на розтягування і стиснення.

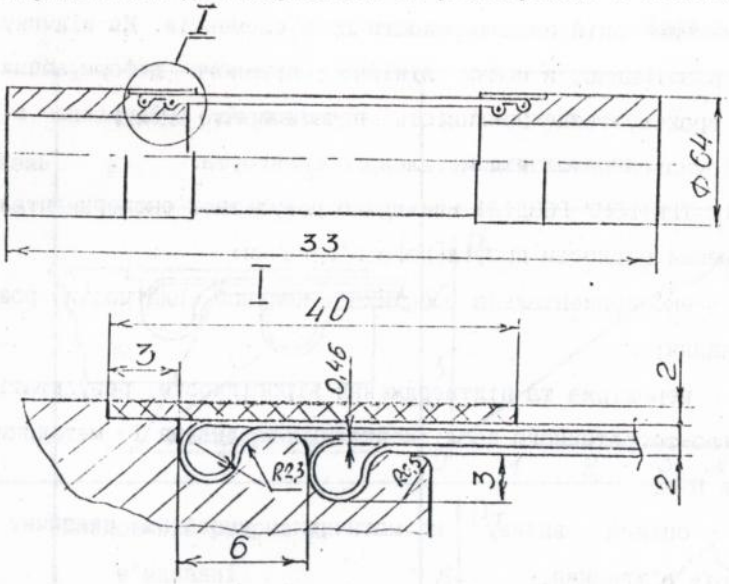


Рис.5.

Типова зона перерозподілу навантаження при випробуваннях зразків ПЗЗ.

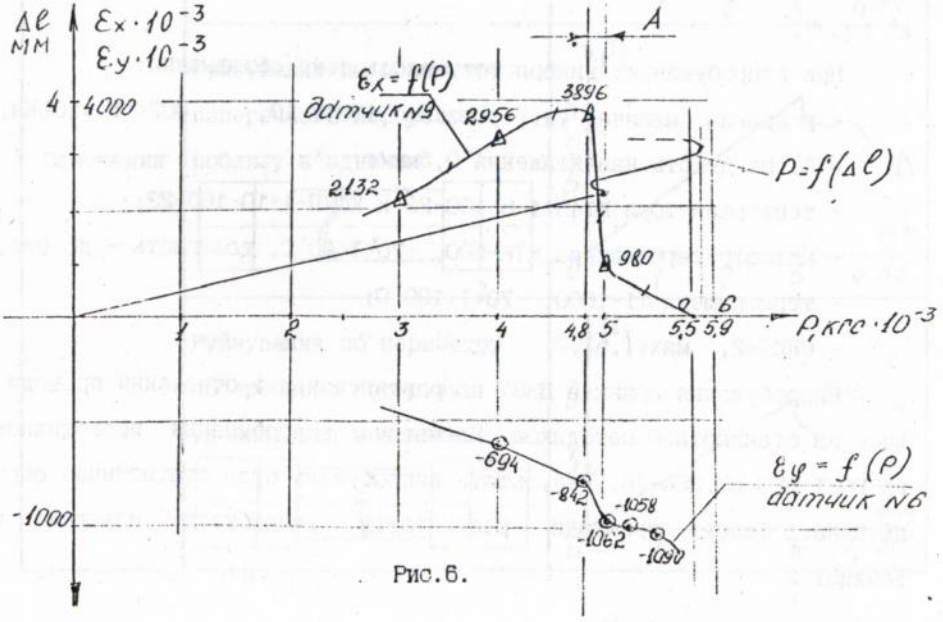


Рис.6.

конструктивних параметрів, які забезпечують достатню міцність ПЗЗ при максимальній завантаженості його елементів. На відміну від МКЕ, який реалізовано в межах лінійно - пружного деформування, у методиці враховується можливість початкового руйнування з'єднання - відшарування петлі від металевого шпангоута.

У ТРЕТЬОМУ РОЗДІЛІ викладено результати експериментального дослідження міцності профільного з'єднання:

- експериментальна оцінка несучої здатності розробленого з'єднання;

- перевірка та підтвердження вірогідності результатів розрахунково-теоретичного дослідження НДС з'єднання і методики проектування ПЗЗ;

- оцінка впливу кліматичних умов на статичну міцність зразків з'єднання;

- виявлення адекватних експерименту моделей і механізму руйнування ПЗЗ (експериментальне доопрацювання моделі).

Схеми зразків для випробувань на розтягування зображені на рис.5.

При випробуваннях використовувалось таке обладнання:

- розривна машина універсальна 1231У-10, 0,002< P <100Кн, Δ max=1%, швидкість навантаження 0,5мм/с;

- тензорезистори КФ4П-1-5-100-23 и КФ4П-1-10-100-23;

- кліматo-термокамера КТК-800, -70°С<Т<90°С, вологість - до 98%;

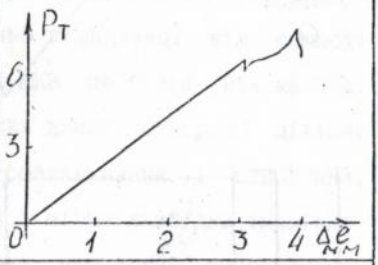
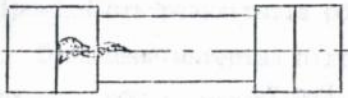
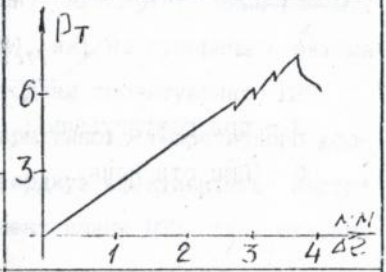
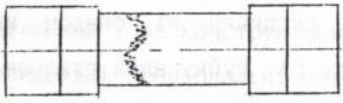
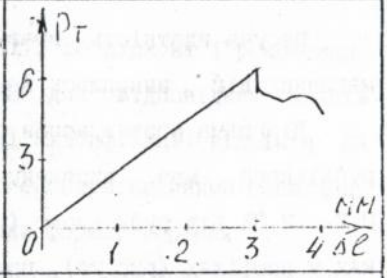
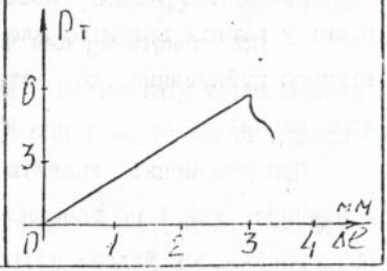
- термокамера Т1-1000, -70°С<Т<120°С;

- СИИТ-2, max<1,5%.

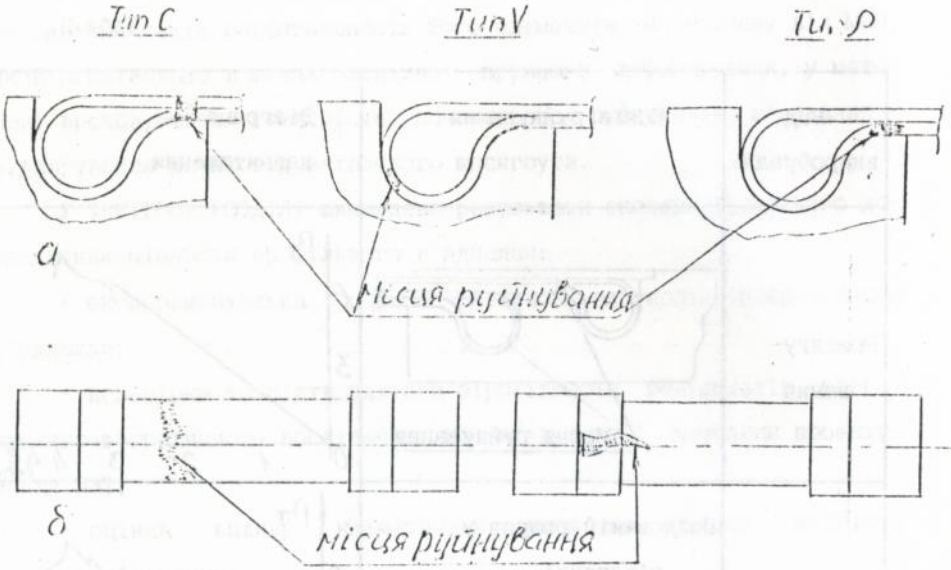
Випробування зразків ПЗЗ на розтягування і стиснення проводились за стандартною методикою. Кліматичні випробування проводились за ГОСТ 320.57.306-76. Результати випробувань були статистично опрацьовані. Типові приклади результатів випробувань наведені в таблиці 2.

Типові приклади результатів випробувань ПЗЗ.

Табл.2.

Вид випробувань	Ескіз руйнування	Діаграма навантаження
Розтягування		
Стиснення	Поздовжній розрив у з'єднанні 	
	Руйнування по периметру поперечного перерізу поблизу з'єднання 	
	Руйнування по периметру поперечного перерізу удалині від з'єднання	

Схеми типових руйнувань зразків ПЗВ.



а - при розтягуванні;

б - при стисненні.

Рис.7.

Несуча здатність зразків ПЗВ, які попередньо зазнавали кліматичних дій , знизилась на 5% при коефіцієнті варіації 12,3%.

Діаграма розтягування при рівні навантаження 0,7...0,9 від руйнівного має виражену сходинку зі спадом навантаження на 0,7...2,3% від руйнівного (рис.6). Руйнування сталося у усіх випадках у профілях (рис.7а), причому місця розриву волокон наповнювача різні у різних зразків, але якісно відповідають зонам найбільш імовірного руйнування, що встановлені при розрахунково-теоретичному дослідженні.

При стисненні зразків руйнування відбувалося як по місцю з'єднання, так і по основному матеріалу. В першому випадку зразки ПЗВ руйнувались вздовж твірної, у другому - в поперечному перерізі.

Руйнівне зусилля складало 6620кГс при коефіцієнті варіації 20% в обох випадках. У діапазоні 0,6Рр діаграма стиснення мала зубчату форму зі спадом навантаження на 0,7..2,3% від руйнівної Рр (рис.7б).

Зіставлення результатів тензометрирії з розрахунковими даними МКЕ показує, що повздовжні напруження при розтягуванні відрізняються від розрахункових на 19...25%, а при стисненні на 31...45%.

Колові деформації в зоні, достатньо віддаленої від області зміни знаку, відрізняються від одержаних МКЕ не більш ,ніж на 30%.

На основі отриманих експериментальних даних створено цілісну емпіричну картину роботи ПЗЗ на осьове розтягування і стиснення, виявлено основні концентратори напружень і місця найбільш імовірного руйнування, запропоновані та обґрунтовані адекватні експерименту моделі і механізми руйнування ПЗЗ (рис.8), які не суперечать математичній моделі, що покладена в основу методики проектування ПЗЗ. Встановлено вірогідність результатів розрахунково-теоретичного дослідження НДС. Отриманий матеріал підтверджує ефективність застосування розробленої КСС і методики проектування ПЗЗ для силових конструкцій відсіків малорозмірних ЛА.

У ЧЕТВЕРТОМУ РОЗДІЛІ роботи виявлені , досліджені і рекомендовані межі раціонального застосування ПЗЗ для відповідних класів відсіків ЛА. Запропоновані і обґрунтовані класифікації відсіків ЛА за типом навантаження і за конструктивно-експлуатаційними ознаками, для яких рекомендовані раціональні методи формоутворення .

Викладені рекомендації, які стосуються конструктивно-технологічної реалізації ПЗЗ у системі відсіку малорозмірного ЛА.

У П'ЯТОМУ РОЗДІЛІ дисертації наведені результати впровадження ПЗЗ у конструкції відсіку ракети-мішені Д-5НМ (рис.9) та її модифікаціях.

Підвищення ефективності ракети, передбачене новим технічним завданням, вимагало підвищення маси корисного навантаження при

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

збереженні принципу модульності відсіків. Вирішення цієї задачі стало можливим шляхом заміни конструкційного матеріалу відсіку корисного навантаження титанового сплава на полімерний КМ.

Аналіз зовнішніх дій, що відповідають розрахунковим випадкам навантаження при спільному польоті ракети с носієм і при її польоті в робочому режимі показав, що критичним є робочий режим, який відповідає температурі 350 С при дії інерційних и аеродинамічних поперечних навантажень.

Згідно з розробленими у розділі 4 класифікаціями для виготовлення відсіку, що проектується, вибрано технологічний процес поздовжньо-поперечної намотки склострічкою.

Відповажно до запропонованої методики проектування ПЗЗ отримані такі параметри з'єднання в системі відсіку :

- матеріал обичайки: склопластик СК-9хв на основі склострічки;

- матеріал стержнів: склопластик СК-9хв на основі жгута ВМ-1;

- діаметр стержнів 10мм;

- товщина прямотки Н=0.

Конструкцію відсіку в зоні з'єднання зі шпангоутом показано на рис.10.

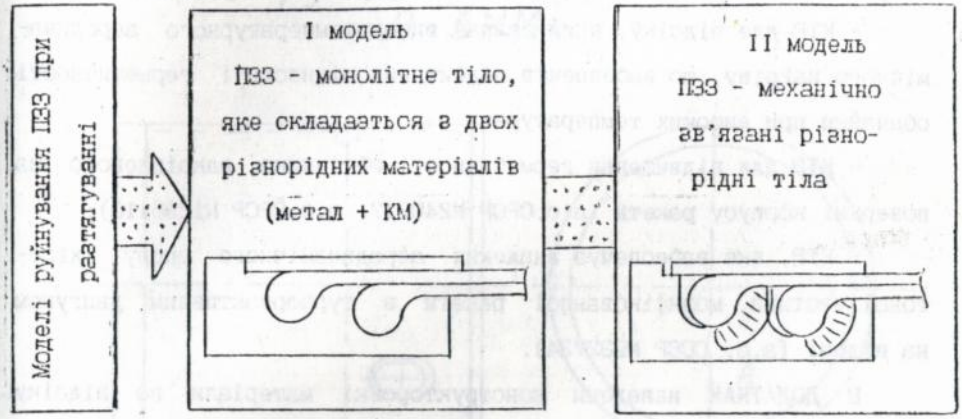
Спроектований відсік ракети Д-5НМ забезпечив зниження маси на 29% у порівнянні з аналогом з титанового сплаву і підвищення корисного навантаження на 10,75кг. При цьому трудомісткість виготовлення відсіку знизилась у 1,7 рази.

Для ряду модифікацій ракети Д-5НМ, які відповідають спеціальним технічним вимогам, з урахуванням зроблених вище висновків і рекомендацій запропоновані та розроблені нові КТР:

- з'єднання металевої окантовки знімного люка с обичайкою із КМ (а.с.СРСР N 1655063);

Це з'єднання дозволило виключити дискретні кріпильні елементи,

Типи руйнування ПЗЗ при розтягуванні.



Типи руйнування ПЗЗ при стисненні.

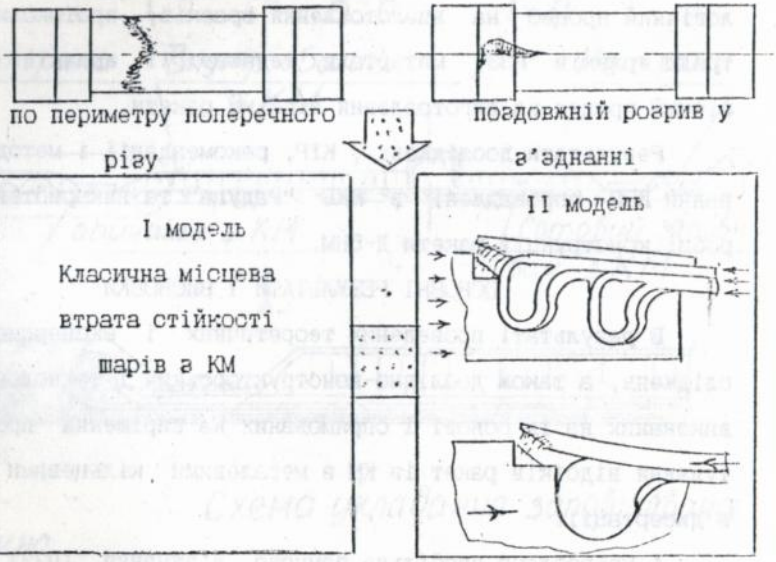


Рис.8.

Загальний вигляд ракети Д - 5НМ.

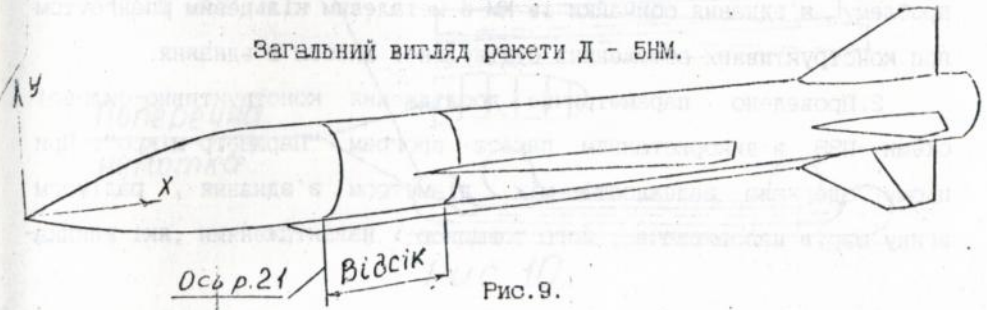


Рис.9.

зменшити будівельну висоту в районі люка і знизити масу відсіку.

- КТР для відсіку, який зазнає високотемпературного аеродинамічного нагріву, що забезпечує підвищення міцності і герметичності обичайки при високих температурах;

- КТР для підвищення герметичності обтічника, закріпленого на поверхні корпусу ракети (а.с.СРСР N240317, а.с.СРСР N1235110);

- КТР, яке забезпечує зниження аеродинамічного опору хвостової частини, модифікованної ракети з турбореактивним двигуном на пілоні (а.с. СССР N932734).

В ДОДАТКАХ наведени конструкторські матеріали по відсіку ракети Д-5НМ з ПЗЗ; протоколи випробувань зразків-свідків; технологічний процес на виготовлення зразків; протоколи рентгеноконтролю зразків ПЗЗ; матеріали тензометрії зразків ПЗЗ; технологічний процес на виготовлення відсіку ракети.

Результати досліджень , КТР, рекомендації і методика проектування ПЗЗ впроваджені в МКБ "Радуга" та використовуються в розробці конструкції ракети Д-5НМ.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ.

В результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень, а також дослідно-конструкторських і технологічних робіт, виконаних на їх основі і спрямованих на вирішення проблеми проектування відсіків ракет із КМ з металевими кільцевими шпангоутами, в дисертації:

1.Розроблено профільне замкове з'єднання (ПЗЗ), що вирішує проблему з'єднання обичайки із КМ з металевим кільцевим шпангоутом при конструктивних обмеженнях будівельної висоты з'єднання.

2.Проведено параметричне дослідження конструктивно-силової схеми ПЗЗ з використанням пакета програм "Параметр-мікро". При цьому одержано залежності між діаметром з'єднання , радіусом згину шарів наповнювача , його товщиною і навантаженями ,які виника-

Конструкція відсіку з ПЗЗ ракети Д-5НМ

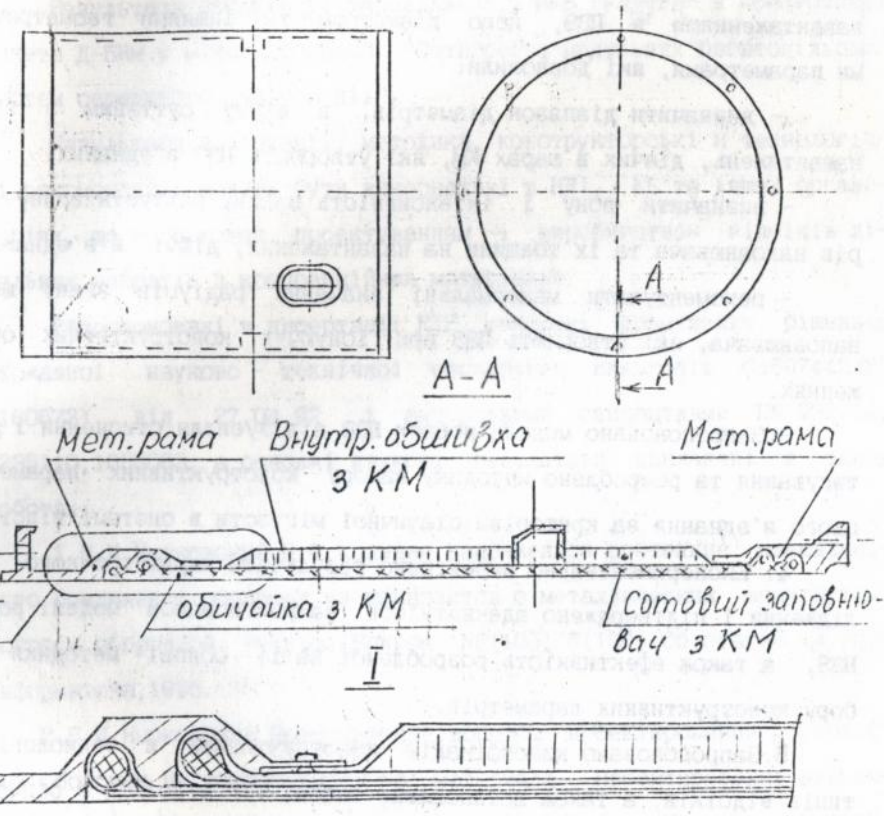


Схема укладання заповнювача

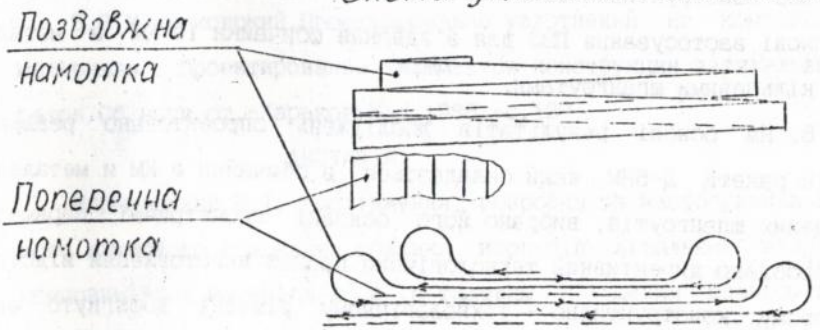


Рис. 10

ють у з'єднанні , а також визначено, що максимальні напруження в ПЗЗ виникають у шарах наповнювача в місцях його згинів та визначено зони виникнення максимальних напружень. Отримані залежності між навантаженнями в ПЗЗ, його діаметром та іншими геометричними параметрами, які дозволили:

- визначити діапазон діаметрів, в якому суттєвим є вплив навантажень, діючих в шарах КМ, які утворюють ПЗЗ з'єднання;

- визначити зону і інтенсивність впливу радіусів згину шарів наповнювача та їх товщини на навантаження, діючі в з'єднанні;

- рекомендувати максимальні значення радіусів згину шарів наповнювача, які утворюють ПЗЗ при існуючих конструктивних обмеженнях.

3.Запропоновано модель роботи ПЗЗ від зусилля стиснення і розтягування та розроблено методику вибору конструктивних параметрів цього з'єднання за критерієм статичної міцності в системі відсіку.

4. Експериментально перевірено результати параметричного дослідження і підтверджено адекватність запропонованої моделі роботи ПЗЗ, а також ефективність розробленої на її основі методики вибору конструктивних параметрів.

5.Запропоновано класифікацію конструктивних и технологічних типів відсіків, а також встановлено типові ХТР відсіків з обичайками із КМ, для яких застосування ПЗЗ дає максимальний ефект. Запропоновано конструктивно-технологічну реалізацію цих рішень у відсіці на основі застосування ПЗЗ для з'єднання обичайки із КМ з металевими кільцевими шпангоутами.

6. На основі результатів досліджень спроектовано реальний відсік ракети Д-5НМ, який складається з обичайки з КМ и металевих кільцевих шпангоутів, вибрано його основні геометричні параметри і розроблено директивний технологічний процес виготовлення відсіку. У новому конструктивно - технологічному рішенні досягнуто зни-

ження маси на 29% у порівнянні з титановим аналогом , а також збільшено корисне навантаження на 10,75кг.

Результати дисертації впроваджено в МКБ "Радуга" в конструкції ракети Д-5НМ у межах програми "Сотворення модульних багатоцільових систем середнього радіуса дії".

Результати дисертації, методика, конструкторські и технологічні рекомендації можуть бути використані в НДІ, КБ та інших організаціях, що займаються проектуванням і виробництвом відсіків літальних апаратів з композиційних матеріалів.

Запропоновані в дисертації КТР захищені позитивним рішенням державної науково - технічної експертизи винаходів N4607442/23 (160672) від 27.04.92 і авторськими свидоцтвами NN 932734, 1235110,1655063, а основні наукові результати викладені в таких роботах:

1.В.И.Нырковский,В.О.Каледин.Напряженное состояние клеезамкового соединения оболочек из композитов с металлическим шпангоутом. Вопросы оборонной техники.Выпуск N5(100)-6(100).Сб.статей.-М.:НТЦ Информатика,1995.-8с.

2.В.И.Нырковский.Практические вопросы проектирования двухслойных оболочек из композиционного материала . Проектирование элементов конструкции летательных аппаратов.Сб.науч.ст.-Харьков:ХАИ,1988. -с.115.

3.В.И.Нырковский.Проектирование уплотнений из композиционного материала . Проектирование элементов конструкции летательных аппаратов.Сб.науч.ст.-Харьков:ХАИ,1988.-с.120.

АНОТАЦІЯ.

Нирковський В.І. Дослідження, розробка та застосування профільного замкового з'єднання обшивки корпусів літальних апаратів із композиційних матеріалів з металевим кільцевим шпангоутом.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних

НН 901

Ав 34.194

наук зі спеціальності 05.07 літальних апаратів, Харківський авіаційний інститут, г.Харьків, 1996.

Розроблено методику проектування і запропоновані нові конструктивно-технологічні рішення ефективного профільного замкового з'єднання високонавантажених відсіків літальних апаратів з композиційних матеріалів, проведено експериментальні дослідження даного класу з'єднань та рекомендовані області його раціонального застосування.

ABSTRACT

Nyrkovsky V.I. The research, development and application profile lock joint of body skin flying vehicles of composites with a ring frame.

The dissertation for a candidate of technical sciences scientific degree on specialities 05.07.02 - design and development flying vehicles. Kharkov Aviation Institute, Kharkov, 1995.

The technique of designing is developed; the new disigne - technology of effective profilelock joints are oferred for intensive tensioned sectiones of flying vehicle bodes; the experimental researches of this joint classes are made and the areas of its rational application are recommended.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

З'єднання різнородних шаруватих матеріалів, відсіки літальних апаратів, проектування, міцність, технологія.

Заказ N Тираж 40 экз. Бесплатно

Типография МКБ "Радуга"

Дубна 8,Московской обл.,ул.Жуковского,2а.