

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут аерокосмічних технологій

Кафедра авіа- та ракетобудування

«На правах рукопису»
УДК 629.735.33

До захисту допущено:

В. о. завідувача кафедри

_____ Володимир КАБАНЯЧИЙ

«__» _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Літаки і вертольоти»

зі спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

на тему: «Фюзеляж пасажирського літака»

Виконав:

студент VI курсу, групи АЛ-з91мп
Вихор Артем Сергійович

Керівник:

Професор, д.т.н., професор кафедри
Сухов Віталій Вікторович

Консультант :

Рецензент:

Доцент, к.т.н., доцент кафедри
Сердюк Анатолій Анатолійович

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут аерокосмічних технологій
Кафедра авіа- та ракетобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – **134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»**

Освітньо-професійна програма «Літаки і вертольоти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

_____ Володимир КАБАНЯЧИЙ

«__» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Вихору Артему Сергійовичу

1. Тема дисертації «Фюзеляж пасажирського літака», науковий керівник дисертації Сухов Віталій Вікторович, д.т.н., професор, затверджені наказом по університету від « 02 » грудня 2020 р. № 3436-с
2. Термін подання студентом дисертації 10 грудня 2020 р.
3. Об'єкт дослідження Фюзеляж літака
4. Вихідні дані
 - 4.1. Відхилення відсіків по контуру – 0,1 мм.
 - 4.2. Відхилення фактичної будівельної вісі від теоретичної – 0,05 мм.
 - 4.3. Зміщення контурів відсіків по стику – до 0,5 мм.
 - 4.4. Очікуване зменшення трудомісткості стикувальних робіт – 30%.
 - 4.5 Очікуване зменшення циклу виробництва – 30-40 %.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити
 - 5.1. Огляд існуючих технологій складання агрегатів літаків (фюзеляжів), та їх порівняльний аналіз.
 - 5.2. Пошук і аналіз технологій «безстапельного» складання сучасних авіаційних конструкцій.
 - 5.3. Обґрунтування вибору методу складання.
 - 5.4. Розробка схеми складання і ув'язки.
 - 5.5. Підбір засобів технологічного оснащення для впровадження нової технології складання фюзеляжу з використанням цифрових моделей деталей.
 - 5.6. Вибір і обґрунтування концепції стикувального оснащення для складання фюзеляжу.
 - 5.7. Розробка нової технології складання фюзеляжу.
 - 5.8. Оформлення технологічного процесу.
 - 5.9. Розробка стартап-проекту.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

6.1. Огляд існуючих технологій складання агрегатів літаків.

6.2. Концепція «безстапельного» складання агрегатів.

6.3. Схема складання і ув'язки.

6.4. Перехід на «безстапельне» складання в умовах вітчизняного виробництва.

6.5. Стикувальне оснащення для складання фюзеляжу.

6.6. «Безстапельна» технологія складання фюзеляжу на прикладі літака Ан-148.

7. Орієнтовний перелік публікацій

7.1. Стаття у фаховому виданні.

7.2. Доповідь на науково-технічній конференції з публікацією тез.

8. Дата видачі завдання 01.10. 2019

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Огляд існуючих технологій складання агрегатів літаків (фюзеляжів), та їх порівняльний аналіз.	до 29.11.2019 р.	
2.	Пошук і аналіз технологій «безстапельного» складання сучасних авіаційних конструкцій.	до 01.02.2020 р.	
3.	Обґрунтування вибору методу складання.	до 20.03.2020 р.	
4.	Розробка схеми складання і ув'язки.	до 01.07.2020 р.	
5.	Підбір засобів технологічного оснащення для впровадження нової технології складання фюзеляжу з використанням цифрових моделей деталей.	до 30.09.2020 р.	
6.	Вибір і обґрунтування концепції стикувального оснащення для складання фюзеляжу.	до 31.10.2020 р.	
7.	Розробка нової технології складання фюзеляжу.	до 20.11.2020 р.	
8.	Оформлення технологічного процесу.	до 30.11.2020 р.	
9.	Розробка стартап-проекту.	до 07.12.2020 р.	
10.	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу.	до 10.12.2020 р.	
11.	Перевірка на плагіат.	до 10.12.2020 р.	

Студент

Артем Вихор

Науковий керівник

Віталій Сухов

Реферат

Магістерська дисертація: "Фюзеляж пасажирського літака", 99 сторінок, 62 рисунка, 14 таблиць, 18 посилань.

Актуальність: впровадження прогресивних технологічних процесів змінило методологію технологічної підготовки виробництва і призвело до необхідності технічного переозброєння виробництва. На жаль, на вітчизняних підприємствах досі використовуються застарілі технології, тому, виходячи з цього фактору, було прийнято рішення запровадити технологію безстапельного складання.

Мета роботи: розробка та впровадження сучасної технології безстапельного складання фюзеляжів пасажирських літаків.

Об'єкт дослідження: Фюзеляж пасажирського літака.

Вихідні дані: Відхилення відсіків по контуру – 0,1 мм, відхилення фактичної будівельної вісі від теоретичної – 0,05 мм, зміщення контурів відсіків по стику – до 0,5 мм, очікуване зменшення трудомісткості стикувальних робіт – 30%, очікуване зменшення циклу виробництва – 30-40 %.

Методи дослідження: Огляд існуючих технологій складання агрегатів літаків (фюзеляжів) та їх порівняльний аналіз, пошук і аналіз технологій «безстапельного складання» сучасних авіаційних конструкцій, розробка схеми складання і ув'язки, підбір засобів технологічного оснащення для впровадження нової технології складання фюзеляжу з використанням цифрових моделей деталей, вибір і обґрунтування концепції стикувального оснащення для складання фюзеляжу, розробка нової технології складання фюзеляжу.

Практичне значення одержаних результатів: використання розробленої технології з застосуванням автоматизованого обладнання для складання фюзеляжу вітчизняного літака Ан-148 на потужностях державних авіаційних виробничих підприємств.

Апробація результатів дисертації: науково-практична конференція студентів та молодих вчених "Авіа-ракетобудування: Перспективи та напрямки розвитку".

Ключові слова: фюзеляж, відсіки, агрегат, автоматизація, технологія, технологічність, складання, стикування, стенд, клепальний автомат, базування, лазерно-вимірювальні системи, робот-маніпулятор.

Abstract

Master's thesis: "Passenger aircraft fuselage", 99 pages, 62 figures, 14 tables, 18 references.

Topicality: the introduction of advanced technological processes changed the methodology of technological preparation of production and led to the need for technical re-equipment of production. Unfortunately, outdated technologies are still used in domestic enterprises, so based on this factor, it was decided to introduce the technology of stapleless assembly.

The purpose of the work: development and implementation of modern technology of stapleless assembly of fuselages of passenger aircraft.

Object of study: Passenger aircraft fuselage.

Output data: Deviation of compartments on a contour - 0,1 mm, deviation of an actual building axis from theoretical - 0,05 mm, shift of contours of compartments on a joint - to 0,5 mm, expected reduction of complexity of joining works - 30%, expected reduction of a production cycle - 30- 40%.

Research methods: Review of existing technologies of assembly of aircraft units (fuselages) and their comparative analysis, search and analysis of technologies of "stapleless assembly" of modern aircraft structures, development of assembly and connection scheme, selection of technological equipment for introduction of new fuselage assembly technology using digital models of parts, selection and substantiation of the concept of docking equipment for fuselage assembly, development of a new fuselage assembly technology.

Practical significance of the obtained results: use of the developed technology with the use of automated equipment for assembling the fuselage of the domestic An-148 aircraft at the facilities of state aviation production enterprises.

Approbation of dissertation results: scientific-practical conference of students and young scientists "Air-rocket building: Prospects and directions of development".

Keywords: fuselage, compartments, unit, automation, technology, manufacturability, assembly, docking, stand, riveting machine, base, laser measuring systems, robot manipulator.

Зміст

Перелік умовних позначень, скорочень і термінів.....	10
Вступ.....	13
1. Аналітичні дослідження.....	16
1.1. Огляд існуючих технологій складання агрегатів літаків (фюзеляжів) та їх порівняльний аналіз.....	16
1.2. Пошук і аналіз технологій «безстапельного складання» сучасних авіаційних конструкцій.....	24
1.3. Формування мети та основних задач дисертації.....	30
Висновки до розділу.....	31
2. Технологічна підготовка.....	32
2.1. Обґрунтування вибору методу складання.....	32
2.2. Розробка схеми складання і ув'язки.....	41
2.3. Підбір засобів технологічного оснащення для впровадження нової технології складання фюзеляжу з використанням цифрових моделей деталей.....	53
2.4. Вибір і обґрунтування концепції стикувального оснащення для складання фюзеляжу.....	60
Висновки до розділу.....	70
3. Технологічна частина.....	71
3.1. Розробка нової технології складання фюзеляжу.....	71
3.2. Оформлення технологічного процесу.....	78
Висновки до розділу.....	81

					АЛзмп9101.10.01.00.00 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Фюзеляж пасажирського літака			Літ.	Аркуш	Аркуші
Розроб.	Вихор А.С.								8	99
Перевір.	Сухов В.В.									
Т. контр.										
Н. контр.	Поваров С.А.							КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АРБ гр. АЛ-391мп		
Затв.	Кабанячий В.В.									

4. Розробка стартап-проекту	82
4.1. Опис ідеї проекту.....	82
4.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	84
4.3. Очікувана ефективність стартап-проекту.....	92
Висновки до розділу.....	93
ВИСНОВКИ.....	94
Список використаних джерел.....	98

ВИСНОВКИ

Розглянуто питання, пов'язані з впровадженням нової сучасної технології безстапельного складання агрегатів літаків, а саме фюзеляжів, на вітчизняних авіабудівних підприємствах.

Впровадження прогресивних технологічних процесів змінило методологію технологічної підготовки виробництва і призвело до необхідності технічного переозброєння виробництва. На жаль, на вітчизняних підприємствах досі використовуються застарілі технології, тому, з урахуванням цього фактору, було прийнято рішення проаналізувати можливість впровадження технології безстапельного складання. Проект покликаний показати рівень даних рішень по перспективних літаках для їх можливого впровадження і використання на українських авіаційних підприємствах. При цьому фінансування програми з боку держави прискорить цей процес.

Сучасний період розвитку авіаційної техніки характерний значним прискоренням темпів принципів змін і удосконалень конструкцій літальних апаратів, використанням високоефективних двигунів, різноманітних композиційних матеріалів та нового електронного бортового обладнання, тому створення літаків нового покоління (як військових, так і цивільних) ведеться із застосуванням сучасних методів автоматизованого тривимірного комп'ютерного проектування, прогресивних технологічних процесів, які передбачають наявність високотехнологічного обладнання.

Електронні моделі компонентів ЛА, технологічної оснастки для їх виготовлення, а також технологічних процесів дають можливість реалізувати програмне забезпечення на всіх етапах виробництва, включаючи складання та контроль геометричних параметрів. Такий підхід дає можливість виконання більш точної і якісної ув'язки конструкції (точність до 0,003 мм) і

дозволяє вносити конструктивні зміни не на реальній конструкції (вже під час її виготовлення), а на «віртуальній».

При складанні та стикуванні агрегатів, таких як фюзеляж, у вітчизняній практиці застосовується складальне пристосування – стапель, або візок з ложементами. Складальною базою при цьому способі базування є робочі поверхні обводоутворюючих елементів стапеля (візка), які еквідистантні теоретичному контуру обшивки агрегату (відсіку, панелі, секції). При такому базуванні, точність виконання зовнішнього контуру агрегату складає 0,4...0,5 мм; сама ж похибка складання визначається точністю виготовлення рубильника (ложемента) і точністю установки його в стапелі (на візку). Ніякі інші похибки (похибки обшивки, деформування елементів, температурні похибки) не впливатимуть на точність складання зовнішнього контуру. При складанні фюзеляжу іншим розповсюдженим способом, а саме по поверхні каркасу, точність обмежується вже 2,0...2,5 мм.

При використанні таких стапельів та (або) візків, цикл виробництва літака сягає 6...12 місяців, а окремі операції можуть займати до 20 робочих змін, що пояснюється використанням переважно ручної праці, застарілого механізованого інструменту, архаїчних метрологічних засобів контролю геометричних параметрів і точності, необхідності несистемного періодичного доопрацювання по місцю і т.д.

На передових сучасних підприємствах операції, які на вітчизняному виробництві тривають 20 робочих змін, займають всього 8 годин, за рахунок автоматизації та використання високоточних засобів технологічного оснащення. Прикладами можуть слугувати складання каркасу підлоги пасажирського літака, кесону крила та ін..

На арені сучасного ринку авіаційної техніки, літак, виготовлений з застосуванням застарілого обладнання, не витримує ніякої конкуренції і свідомо приречений на провал. Необхідність технічного переоснащення підприємства є запорукою відповідності вітчизняних авіабудівних підприємств світовим стандартам. Щодо фюзеляжу літака, то розглядається

впровадження технології безстапельного складання та стикування його відсіків із застосуванням сучасного автоматизованого обладнання.

При такому способі використовується автоматизоване обладнання, відмінне від стапеля. Базування відбувається по поверхні каркасу: спочатку встановлюються шпангоути та стрингери, а потім до них кріпиться обшивка, при цьому фактично не контролюється отримуваний зовнішній контур. Такий метод дає достатню точність та значно скорочує цикл виробництва. Трудомісткість складання, у порівнянні зі стапельним методом, на 40% менша.

Дана технологія базується на використанні CAD/CAM/CAE-систем, з яких, в якості бази для визначення положення агрегату в просторі цеху, використовуються 3D-моделі деталей, вузлів, інших складових частин апарату. Для контролю геометричних параметрів, точності позиціонування та базування застосовуються лазерні трекери, які виконують сканування складального оснащення та поверхні об'єкту, порівнюючи отримані дані з відповідною CAD-моделлю.

Застосування сучасних засобів технологічного оснащення дозволяє забезпечити необхідний рівень якості, а також полегшити виконання складальних операцій для робітників.

Прогнозуючи результат застосування описаних змін, цикл виробництва з таким обладнанням можна зменшити в 5 разів, у порівнянні з вітчизняним, за рахунок впровадженої автоматизації складальних та стикувальних процесів.

Собівартість сучасного ЛА напряму залежить від рівня технології, за якою він створюється. Сама авіаційна конструкція, будучи, за замовчуванням, конкурентоздатною, передбачає відповідність вимогам технологічності, яка у сукупності із застосовуваними засобами технологічного оснащення і формує технологічний облік виробу. І якщо потужний і талановитий кадровий потенціал авіаційного підприємства існує

(створений або збережений), то необхідною умовою його плідної роботи є відповідний техніко-технологічний потенціал.

Результати дисертації:

Апробовані на науково-практичній конференції студентів та молодих вчених "Авіа-ракетобудування: Перспективи та напрямки розвитку" з публікацією тез.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. **Абибов, Б. А.** Технология самолётостроения : учеб. пособие / Б. А. Абибов. – М. : Машиностроение, 1982. – 551 с.
2. **Братухин, А. Г.** Приоритеты авиационных технологий : в 2 т. / А. Г. Братухин. – М. : Изд-во МАИ, 2004. – Т. 1 – 2.
3. **Гусева, Р. И.** Технологические процессы сборки планера самолёта : учеб. пособие / Р. И. Гусева. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КНАГТУ», 2010. – 149 с.
4. **Гусева, Р. И.** Теоретические основы сборки самолета : учеб. пособие / Р. И. Гусева, А. В. Вялов. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КНАГТУ», 2005. – 96 с.
5. **Пекарш, А. И.** Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / А. И. Пекарш, Ю. М. Тарасов, Г. А. Кривов. – М. : Аграф-пресс, 2006. – 304 с.
6. **Иванов, Ю. Л.** Современные технологические процессы сборки планера самолета / Ю. Л. Иванов. – М. : Машиностроение, 1999. – 304 с.
7. **Бабушкин, А. И.** Методы сборки самолетных конструкций / А. И. Бабушкин. – М. : Машиностроение, 1985. – 278 с.
8. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / Б. Н. Марьин, В. Ф. Кузьмин, А. И. Пекарш [и др.]. – М. : Аграф-пресс, 2006. – 304 с.
9. **Бабушкин, А. И.** Моделирование и оптимизация сборки летательных аппаратов / А. И. Бабушкин. – М. : Машиностроение, 1990. – 248 с.
10. Технология сборки самолетов : учеб. для студентов авиационных специальностей вузов / В. И. Ершов, В. В. Павлов, М. Ф. Каширин [и др.]. – М. : Машиностроение, 1986. – 456 с.
11. Современные технологии авиастроения : производственное изд. / А. Г. Братухин, Ю. Л. Иванов, Б. Н. Марьин [и др.]. – М. : Машинострое-

ние, 1999. – 832 с.

12. Технологическое обеспечение аэродинамических обводов современного самолета / Б. Н. Марьин, В. И. Меркулов, В. Ф. Кузьмин [и др.]. – М. : Машиностроение-1, 2001. – 432 с.

13. Основы авиа- и ракетостроения : учеб. пособие для вузов / А. С. Чумадин, В. И. Ершов, К. А. Марков [и др.]. – М. : Инфра-М, 2008. – 992 с.

14. Современные технологии авиастроения / коллектив авторов ; под ред. А. Г. Братухина, Ю. Л. Иванова. – М. : Машиностроение, 1999. – 532 с.

15. <http://www.boeing.com/>

16. <https://antonov.com/en>

17. <https://www.broetje-automation.de/>

18. <https://www.kuka.com/>