

**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: «Забезпечення виробничої технологічності стиків агрегатів
літаків»**

Виконав:

студент VI курсу, групи АЛ-з91мп
Ломанов Олександр Костянтинович _____

Керівник:

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

Консультант: _____

Рецензент:

Асистент
Трунов Віктор Юрійович _____

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

Студент

Київ – 2020 року

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

Ломанову Олександрю Костянтиновичу

1. Тема дисертації «Забезпечення виробничої технологічності стиків агрегатів літаків», 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 Стики агрегатів літака
4. Вихідні дані
 - 4.1. Відхилення контуру агрегату від теоретичного – 0,5...0,8 мм.
 - 4.2. Рівень взаємозамінності стику – неповний.
 - 4.3. Можливість автоматизації стикувальних робіт – передбачити.
 - 4.4. Літак-аналог – Ан-148-100.
 - 4.5. Рівень виробничої технологічності – не менше 85%.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити
 - 5.1. Збір даних та аналітичний огляд можливих технологій стикування відсіків і агрегатів.
 - 5.2. Пошук і формування комплексу критеріїв оцінювання виробничої технологічності конструкцій стиків.
 - 5.3. Аналіз сучасних стикувальних стендів для складання літаків.
 - 5.4. Оцінювання виробничої технологічності стиків відсіків фюзеляжу та крила за якісними і кількісними критеріями.
 - 5.5. Розробка директивної технології на прикладі стикування відсіків фюзеляжу.
 - 5.6. Оформлення технічних пропозицій щодо впровадження CAD/CAM/CAE-систем для контролю точності стиків.

5.7. Розробка нового технологічного процесу на прикладі стикування відсіків фюзеляжу.

5.8. Розробка стартап-проекту.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

6.1. Аналітичний огляд технологій стикування відсіків і агрегатів літака.

6.2. Систематизація вихідних даних.

6.3. Методологія вибору критеріїв оцінювання технологічності.

6.4. Результати оцінювання виробничої технологічності стиків відсіків фюзеляжу.

6.5. Директивна технологія стикування відсіків фюзеляжу

6.6. Пропозиції щодо впровадження CAD/CAM/CAE-систем для контролю точності складання стиків.

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.	Збір даних та аналітичний огляд можливих технологій стикування відсіків і агрегатів.	до 29.11.2019 р.	
2.	Пошук і формування комплексу критеріїв оцінювання виробничої технологічності конструкцій стиків.	до 01.02.2020 р.	
3.	Аналіз сучасних стикувальних стендів для складання літаків.	до 20.03.2020 р.	
4.	Оцінювання виробничої технологічності стиків відсіків фюзеляжу за якісними і кількісними критеріями.	до 01.07.2020 р.	
5.	Розробка директивної технології стикування відсіків фюзеляжу.	до 30.09.2020 р.	
6.	Оформлення технічних пропозицій щодо впровадження CAD/CAM/CAE-систем для контролю точності стиків.	до 31.10.2020 р.	
7.	Розробка нового технологічного процесу стикування відсіків фюзеляжу	до 20.11.2020 р.	
8.	Розробка стартап-проекту.	до 07.12.2020 р.	
9.	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу.	до 10.12.2020 р.	
10.	Перевірка на плагіат	до 10.12.2020 р.	

Студент

Олександр Ломанов

Науковий керівник

Віталій Сухов

Реферат

Магістерська дисертація: "Забезпечення виробничої технологічності стиків агрегатів літаків", 79 сторінок, 25 рисунків, 19 таблиць, 17 посилань.

Актуальність: з'являється можливість значного підвищення технологічності стикувальних робіт під час кінцевого складання планера літака, зменшення ручної праці за рахунок автоматизації процесів та збільшення програми випуску літаків.

Мета роботи: удосконалення технології складання та стикування агрегатів літака.

Об'єкт дослідження: Стики відсіків агрегатів.

Вихідні дані:

1. Відхилення контуру агрегату від теоретичного – 0,5...0,8 мм. Рівень взаємозамінності стику – неповний.
2. Можливість автоматизації стикувальних робіт – передбачити.
3. Літак-аналог – Ан-148-100.
4. Рівень виробничої технологічності – не менше 85%.

Методи дослідження: порівняльний аналіз технології стикування вітчизняного авіабудування та сучасного; впровадження технології «безстапельного стикування» на підприємство вітчизняного авіабудування; розробка оновленої методології оцінювання технологічності авіаційних конструкцій, зокрема зон стиків агрегатів з урахуванням ряду нормативних документів; пропозиції щодо впровадження CAD/CAM/CAE-систем, як контролю точності; заміна вітчизняних засобів технологічного оснащення на сучасні.

Наукова новизна одержаних результатів: підвищення рівня технологічності агрегатів планеру літака за рахунок розробки сучасної методології розрахунку кількісних та якісних критеріїв технологічності авіаційних конструкцій.

Практичне значення одержаних результатів: підвищення технологічності стиків агрегатів літака; здешевлення технології складання за рахунок автоматизації; значне зменшення часу складання одиниці продукції; зниження ваги та підвищення технологічності з'єднань за рахунок новітніх кріпильних елементів.

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

Ключові слова: технологічність, технологічний процес, фюзеляж, стики, стенд, безстапельне стикування, оцінка технологічності, фотограметрія.

Abstract

Master's dissertation: "Ensuring production manufacturability of joints of aircraft units", 79 pages, 25 figures, 19 tables, 17 references.

Relevance: there is an opportunity to significantly increase the manufacturability of docking work during the final assembly of the aircraft glider, reduce manual labor by automating processes and increase the program of production of aircraft.

Purpose: to improve the technology of assembly and docking of aircraft units.

Object of research: Joints of compartments of units.

Output data:

1. Deviation of the contour of the unit from the theoretical - 0.5... 0.8 mm.
The level of interchangeability of the joint is incomplete.
2. Ability to automate docking - to provide.
3. Analog aircraft - An-148-100.
4. The level of production manufacturability - not less than 85%.

Research methods: comparative analysis of docking technology of domestic aircraft construction and modern; introduction of the technology of "stapleless docking" at the enterprise of domestic aircraft construction; development of an updated methodology for assessing the manufacturability of aircraft structures, in particular the zones of joints of units, taking into account a number of regulations; proposals for the implementation of CAD / CAM / CAE-systems as an accuracy control; replacement of domestic means of technological equipment with modern ones.

Scientific novelty of the obtained results: increasing the level of manufacturability of aircraft glider units due to the development of a modern methodology for calculating quantitative and qualitative criteria of manufacturability of aircraft structures.

The practical significance of the obtained results: increasing the manufacturability of the joints of aircraft units; cheaper assembly technology due to automation; significant reduction of unit assembly time; weight reduction and increased manufacturability of joints due to the latest fasteners.

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

Key words: manufacturability, technological process, fuselage, joints, stand, stapleless docking, assessment of manufacturability, photogrammetry.

Зміст

	Перелік умовних позначень.....	10
	Вступ.....	11
1.	Підбір та систематизація вихідних даних.....	13
	1.1. Аналіз технічної літератури для виконання дисертації	13
	1.2. Розробка структурно-логічної схеми дисертації.....	17
	1.3. Формування мети та основних задач проекту.....	17
	Висновки по розділу.....	19
2.	Аналітична частина.....	20
	2.1. Формування переліку та укрупнений аналіз основних конструкторсько-технологічних параметрів об'єкта.....	20
	2.2. Аналіз сучасних стикувальних стендів для складання літаків....	20
	2.3. Вибір адаптивної методики досліджень основних конструкторсько-технологічних параметрів об'єкта.....	24
	2.4. Обґрунтування та розробка пропозицій щодо вдосконалення основних конструкторсько-технологічних параметрів об'єкта.....	25
	Висновки по розділу.....	26
3.	Конструкторсько-технологічна частина.....	27
	3.1. Класифікація та типізація основних конструкторських елементів, видів з'єднань об'єкта.....	27
	3.2. Оцінювання виробничої технологічності конструкції за якісними критеріями.....	31
	3.3. Аналіз робочої технології складання об'єкта, що діє на реальних підприємствах.....	43

					АЛЗмп9104 10.01.00.00 ПЗ						
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Забезпечення виробничої технологічності стиків агрегатів літаків						
<i>Розроб.</i>		<i>Ломанов О.К.</i>							<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Сухов В.В.</i>							8	79	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Поваров С.А.</i>							<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, Каф. АРБ гр. АЛ-391мп</i>		
<i>Затв.</i>		<i>Кабанячий В.В.</i>									

3.4. Розробка директивного технологічного процесу складання об'єкта в маршрутному описі.....	44
3.5. Оформлення технічних пропозицій щодо впровадження CAD/CAM/CAE-систем для контролю точності стиків.....	45
3.6. Вибір, технічний опис та обґрунтування засобів технологічного оснащення для складання об'єкта.....	51
3.7. Розробка нового технологічного процесу складання об'єкта.....	55
Висновки по розділу.....	60
4. Стартуп-проект.....	62
4.1 Опис ідеї проекту.....	62
4.2 Технологічний аудит проекту.....	64
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	65
4.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту.....	72
Висновки по розділу.....	74
ВИСНОВКИ.....	76
Список використаних джерел.....	78

ВИСНОВКИ

Фінальна стадія створення літального апарата (далі – ЛА), а саме остаточне складання, передбачає фактично передостанню (перед першим випробувальним польотом) перевірку правильності всіх закладених у конструкцію інженерних ідей. Саме тут, в агрегатно-складальних цехах та цехах остаточного складання основного виробництва авіабудівного підприємства об'єднуються між собою компоненти, які надійшли на склади цих виробничих площ від суміжників, розташованих як на одній території з заводом, так і в інших містах та країнах світу. І роль технології при виконанні таких робіт грає неабияку роль.

Враховуючи, що поняття «складання агрегату» передбачає комплекс робіт з базування, закріплення і виконання з'єднань між собою відсіків, секцій, панелей, вузлів і деталей, які надходять на складання цього агрегату, можна говорити про стапель як оснащення, конструкція якого передбачає виконання перших двох із означених операцій, а саме базування і закріплення (далі разом – установка). Цей підхід є досить розповсюдженим на закордонних авіабудівних підприємствах, але на вітчизняних, як правило, у стапелі виконуються і переважна більшість з'єднань.

Операція стикування відсіків (агрегатів) ЛА на вітчизняних підприємствах передбачає аналогічні складання операції, але виключно в зоні стику; замість стапеля використовується інше технологічне оснащення, яке фактично представляє собою візки з ложементами та іншими базовими і закріплюючими елементами. Базування відсіків (агрегатів) при стикуванні відбувається, як правило, по базовим поверхням ложементів візків, з подальшою взаємною орієнтацією вже на місці. Як і при складанні, такий підхід передбачає великий обсяг ручної праці, а необхідність доведення стиків відсіків і агрегатів «на місці» також унеможлиблює забезпечення високих точностних параметрів зони стику.

Проведені аналітичні дослідження дозволяють стверджувати, що забезпечення технологічності зони стику, як і агрегатів (відсіків), які з'єднуються між собою, є актуальною технологічною проблемою і зараз.

Методи оцінювання рівня виробничої технологічності – а саме за якісними і кількісними критеріями – залишаються актуальними дотепер, але самий склад критеріїв потребує перегляду: не тільки для відповідних класифікаційних груп авіаційних конструкцій, а і для галузі в цілому, з урахуванням динаміки змін вимог до ЛА і його компонентів. І процес цей повинен бути законодавчо прописаний у корпоративній нормативно-технічній документації підприємства. А відтоді з'явиться і новітня система оцінювання, яка ще ефективніше дозволить функціонувати системі «конструктор-технолог-робочий».

Перелік якісних критеріїв технологічності для зони стику є досить обмеженим за кількістю, адже стосується фактично вимог відповідності реальному виробництву виконуваних з'єднань і досить обмежених за габаритами зон конструкції елементів, які входять до конструкції стику. Так, формування оновленого переліку якісних критеріїв для зони стику повинно відбуватися з урахування вже потенційної заміни кріпильних елементів, які є загальноновживаними при стикувальних роботах, на більш сучасні. Відомо, що стикування відсіків і агрегатів вітчизняних ЛА відбувається в основному з використання болтів, заклепок і болт-заклепок, причому останні використовуються досить обмежено, хоч і є досить розповсюдженими, а їх технологічна і експлуатаційна привабливість доведена давно.

Щодо кількісних критеріїв як найбільш досконалих і компетентних, з точки зору впливу на остаточний технологічний облік виробу, то їх перелік повинен формуватися виключно підприємствами-розробниками, а не по галузі в цілому у якості директив. Такий підхід дозволить максимально орієнтувати конструкцію стику конкретного ЛА на можливості відповідного виробництва, а також враховувати певні виробничі традиції самого підприємства. Виконано аналіз існуючих у відкритому доступі кількісних

критеріїв технологічності та, з урахуванням вище наведених міркувань, запропоновано власний підхід до формування такого переліку, а також безпосередньо авторські критерії.

В якості конструкції стику літака, обрано і виконано огляд аналогу, який є досить типовим для вузькофюзеляжних літаків: як турбогвинтових, так і турбореактивних. Врахована пропозиція комплексної автоматизації та механізації робіт стикуванню відсіків та самому складанню розглядуваного фюзеляжу. Розроблено адаптивну технологію стикування, з урахуванням пропозицій щодо технічного переозброєння базового підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абибов А.Л. Технология самолетостроения. - М: Машиностроение, 1982.
2. Бабушкин А. И. Метод сборки самолетных конструкций. – М.: Машиностроение, 1975.
3. Бойцов В. В. и др. Сборка агрегатов самолета. – М.: Машиностроение, 1983.
4. Нормативно-технические документы, действующие в авиационной отрасли Украины.
5. Шульженко М.Н. Конструкция самолетов. – М.: Машиностроение, 1971.
6. Ярковец А. И. Основы механизации и автоматизации технологических процессов в самолетостроении. – М.: Машиностроение, 1991.
7. Гусева Р. И. Особенности технологии сборки планера самолета – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2013.
8. <https://www.broetje-automation.de/ru/>
9. <http://www.take-off.ru/item/2181-kak-stroitsya-ms-21>
10. <http://www.ato.ru/content/sobran-pervyy-fyuzelyazh-samoleta-il-76md-90a-po-besstapelnoy-tehnologii>
11. <https://ria.ru/20190826/1557908015.html>
12. <https://www.boeing.com/>
13. <https://www.atlascopco.com/de-de>
14. <https://www.sandvik.coromant.com/de-de/pages/default.aspx>
15. <https://www.kuka.com/>
16. <https://ritm-magazine.ru/ru/public/sborka-i-kontrol-izdeliy-aerokosmicheskoy-promyshlennosti>
17. <https://ru.wikipedia.org/>