

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

Пояснювальна записка

ДО дипломної роботи
(тип кваліфікаційної роботи)
магістра
(освітній ступінь)

на тему «Удосконалення технології та обладнання для складання
фюзеляжу надлегкого літака»

XAI.104.163.23O.134.8130123 ПЗ

Виконав: здобувач(ка) 2 курсу групи № 163
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
(код та найменування)

Спеціальність 134 «Авіаційна та ракетно-
космічна техніка»
(код та найменування)

Освітня програма «Технології виробництва та
ремонту літальних апаратів»
(найменування)

Чубукін Євген Володимирович

(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Юрій ВОРОБІЙОВ
(ім'я та прізвище)

Рецензент: Юрій ЧОРНИЙ
(ім'я та прізвище)

Харків – 2024

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет _____ літакобудування _____
Кафедра _____ технології виробництва літальних апаратів _____
Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
Галузь знань _____ 13 «Механічна інженерія» _____
(код та найменування)
Спеціальність _____ 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» _____
(код та найменування)
Освітня програма _____ «Технології виробництва та ремонту літальних апаратів» _____
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Катерина МАЙОРОВА _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«_____» _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

_____ Чубукін Євген Володимирович _____

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи _____ «Удосконалення технології та обладнання для складання фюзеляжу надлегкого літака» _____

керівник кваліфікаційної роботи _____ Воробйов Юрій Анатолійович, д.т.н., професор _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету № 2036-уч від «23» 11 2023 року

2. Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи _____ 15 січня 2024 р. _____

3. Вихідні дані до роботи

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати)

5. Перелік графічного матеріалу

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конструкторський розділ	Чумак А.С., доцент каф. 103	20.11.2023	16.01.2024
Технологічний розділ	Воробйов Ю.А., професор каф.104	20.11.2023	16.01.2024
Економічний розділ	Воробйов Ю.А., професор каф.104	20.11.2023	16.01.2024
Спеціальний розділ	Воробйов Ю.А., професор каф.104	20.11.2023	16.01.2024

Нормоконтроль _____ « ____ » _____ 20__ р.
(підпис) (ім'я та прізвище)

7. Дата видачі завдання « ____ » _____ 20__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Конструкторський розділ	16.01.2024	
2	Технологічний розділ	16.01.2024	
3	Економічний розділ	16.01.2024	
4	Спеціальний розділ	16.01.2024	

Здобувач

(підпис)

Чубукін Є.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Юрій ВОРОБІЙОВ
(ім'я та прізвище)

ЗМІСТ

Реферат	8
Вступ.....	9
1 Конструкторський розділ	10
1.1 Аналіз статистичних даних щодо літаків-аналогів, тактико-технічні вимоги до проектуємого літака	11
1.2 Конструктивно-технологічний аналіз фюзеляжу надлегкого літака та визначення шляхів його модернізації	19
Короткий технічний опис надлегкого літака МС.....	19
1.3 Технічні умови на виготовлення фюзеляжу	21
1.4 Оцінка технологічності конструкції фюзеляжу	22
1.5 Проробка варіантів підвищення рівня технологічності.....	23
Висновки по розділу 1	24
2 Технологічний розділ.....	25
2.1 Розроблення можливих варіантів методів складання, схем складання та схем ув'язування оснащення	26
2.2 Розрахунки допусків на фюзеляж для двох варіантів ув'язування	32
2.3 Розрахунки точності складання фюзеляжу по обводах, порівняння з допуском	32
2.4 Розрахунки затрат для двох варіантів складання	35
2.5 Розробка схеми базування складових частин	38
2.6 Проектування робочого технологічного процесу складання в маршрутному та операційному опису на стандартних бланках-картах з використанням типових технологічних процесів та операцій. Вибір обладнання, устаткування, інструменту	40
2.7 Нормування двох-трьох операцій технологічного процесу, укрупнене нормування решти операцій	41
2.7 Технічні умови на проектування стапелю складання фюзеляжу та технічні умови на постачання складових частин	42
2.8 Розробка циклового графіка складання. Розрахунки такту, циклу, потрібної кількості робітників, пристроїв	43

2.9 Заходи з безпеки праці та організації робочого місця	44
2.10 Проектування засобів технологічного оснащення складальних робіт	48
2.10.1 Вибір схеми та компоновки стапелю складання фюзеляжу	48
2.10.2 Проектувальні розрахунки на міцність, жорсткість елементів конструкції стапелю складання фюзеляжу	49
2.10.3 Конструювання стапелю складання фюзеляжу	50
2.10.4 ТУ на проектування та монтаж стапелю для складання фюзеляжу	51
2.10.5 Розробка укрупненого технологічного процесу монтажу стапелю складання фюзеляжу	52
2.11 Розробка конструкції представника оснастки другого порядку (монтажного еталона фюзеляжу)	53
2.12 Планування робочого місця.....	53
Висновки по розділу 2	54
3 Економічний розділ.....	56
3.1 Визначення основних техніко-економічних показників цеха.....	57
3.1.1 Визначення фонду оплати праці	57
Розрахунок заробітної плати виробничих робітників	57
3.1.2 Визначення первинної вартості виробничих фондів цеху	61
Визначення первинної вартості обладнання.....	61
Визначення ціни будівлі цеху	61
Початкова вартість вимірювальних та регулюючих приладів.....	62
Початкова вартість інструментів та пристроїв	62
Початкова вартість господарського інвентарю	62
3.1.3 Розрахунок річних амортизаційних відрахувань	62
3.1.4 Розрахунок нормативів непрямих витрат на утримання обладнання та управління цехом підприємства	63
Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію обладнання	63
Розрахунок витрат на управління цехом.....	65

3.1.5 Розрахунок кошторису витрат на виробництво та визначення повної собівартості одиниці виробу	67
3.1.6 Техніко-економічні показники цеху	70
3.1.7 Визначення точки беззбитковості	71
Висновки по розділу 3	72
4 Спеціальний розділ	74
Експериментальні дослідження адгезії шару ґрунтовки та лакофарбового покриття на зразках з алюмінієвих сплавів Д16АТ та 2024Т3	75
4.1 Матеріали, що використовувались для проведення експериментів	75
4.2 Підготовка зразків для перевірки адгезії	79
Схема I (анодування + ґрунтовка (компанії Flight Design) + фарба (компанії Flight Design)). Зразок № 1 – листовий матеріал Д16АТ; зразок № 5 – листовий матеріал 2024Т3	79
Схема II (хімічне оксидування + ґрунтовка (компанії Flight Design) + фарба (компанії Flight Design)). Зразок № 2 – листовий матеріал Д16АТ; зразок № 6 – листовий матеріал 2024Т3	79
Схема III (активація + ґрунтовка (компанії Flight Design) + фарба (компанії Flight Design)). Зразок № 3 – листовий матеріал Д16АТ; зразок № 7 – листовий матеріал 2024Т3	80
Схема IV (активація + ґрунтовка (ХДАВП) + фарба (ХДАВП)). Зразок № 4 – листовий матеріал Д16АТ; зразок № 8 – листовий матеріал 2024Т3	80
Схема V (базова технологія ХДАВП). Зразок №9 – листовий матеріал 2024Т3	81
Схема VI (активація + ґрунтовка (компанії Flight Design) + базова технологія ХДАВП). Зразок № 10 – листовий матеріал 2024Т3	81
Схема VII (хромування (компанії Flight Design) + ґрунтовка (компанії Flight Design) + фарба (компанії Flight Design)). Зразок № 11 – листовий матеріал Д16АТ; зразок № 12 – листовий матеріал 2024Т3	82
4.3 Визначення адгезії методом паралельних надрізів	82
Сутність методу	82
Апаратура та матеріали	83

Підготовка до випробування	83
Проведення випробування	83
3.5. Обробка результатів	84
Висновки по розділу 4	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	87
Додатки.....	89
Додаток А – Складальне креслення фюзеляжу	90
Додаток Б – Схема складання та ув’язування ЗТО та СЧ фюзеляжу..	92
Додаток В – Нормований маршрутно-операційний технологічний процес складання фюзеляжу.....	93
Додаток Г – Циклової графік складання фюзеляжу.....	101
Додаток Д – Креслення стапелю складання фюзеляжу.....	102
Додаток Е – Монтажний еталон для стапеля складання фюзеляжу....	104
Додаток Ж – Планування цеху складання фюзеляжу.....	105

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота (дипломний проект): 106 с., 16 табл., 27 рис., 7 додатків, 21 джерело.

НАДЛЕГКИЙ ЛІТАК, СХЕМА СКЛАДАННЯ ТА УВ'ЯЗУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ, ЦИКЛОВИЙ ГРАФІК, ОСНАЩЕННЯ ДРУГОГО ПОРЯДКУ, СОБІВАРТІСТЬ ВИРОБУ

Об'єкт дослідження – фюзеляж надлегкого літака, технологічний процес складання.

Мета роботи – розроблення конструктивних, технологічних і економічних рішень для виготовлення фюзеляжу надлегкого літака дешевого у виробництві з низькою ціною технічного обслуговування та льотної години.

Методи дослідження – формування тактико-технічних вимог до проєктуємого літака проводилися з використанням статистичного метода; проєктування фюзеляжу та його складових частин – з урахуванням результатів комп'ютерного моделювання в сучасних САД-системах методами оптимального проєктування; дослідження адгезії шару ґрунтовки та лакофарбового покриття – експериментальним методом паралельних надрізів.

Проведено аналіз зібраних статистичних даних щодо літаків-аналогів, обрано та обґрунтовано схеми літака і його фюзеляжу.

Визначено й оптимізовано проєктні параметри фюзеляжу літака.

Проведено аналіз можливих методів складання та методів ув'язування геометричних параметрів складових частин фюзеляжу і засобів технологічного оснащення.

Розроблено конструкція стапелю складання фюзеляжу і монтажного еталону.

Виконано основні техніко-економічні параметри цеха складання фюзеляжу.

Проведено експериментальні дослідження адгезії шару ґрунтовки та лакофарбового покриття фюзеляжу.

ВСТУП

Авіаційна техніка є однією з передової галузі промислового виробництва, що споживає і дає імпульс самим прогресивним методам отримання деталей і виробів.

На даний момент на ринку зростає попит на легкі літаки, які повинні відповідати наступним вимогам: надійності, технологічності, економічності, безпеки і т.д. Для забезпечення відповідності літака вище перерахованим вимогам необхідна розробка безлічі конструкторської, технологічної та дослідницької документації

Складальні роботи займають особливе місце в літакобудуванні. Підвищення якості складальних робіт істотно впливає на ефективність всього авіаційного виробництва, оскільки трудомісткість складання становить 45...50 % загальної трудомісткості виготовлення літака. Складання відрізняється від інших технологічних процесів тим, що її складовими частинами є різноманітні, фізично різноманітні процеси установки, клепа́ння, зварювання, склеювання і т.п.

Одним з основних планера літака планера є фюзеляж. Форма обводів фюзеляжу визначається аеродинамічними вимогами, тому вимагає достатньо високої точності виготовлення, високої чистоти поверхні, а сама конструкція фюзеляжу повинна бути технологічна, за рахунок чого скорочуються терміни та витрати на підготовку виробництва та складання.

Розробка технології виготовлення фюзеляжу дозволяє домогтися заданого об'єму виробництва і якості складання фюзеляжу. У той же час вона враховує і економічні аспекти – витрати на виготовлення фюзеляжу та підготовку виробництва. Завдяки технології можна домогтися оптимальної вартості виробу, що в свою чергу робить його конкурентоспроможним.

В даному проекті опрацьовано конструкція фюзеляжу надлегкого літака, технологія складання фюзеляжу, спроектовані засоби технологічного оснащення процесу складання, спланована організація процесу складання, спроектовано цех складання фюзеляжу і опрацьовані заходи з техніки безпеки в цеху, проведено економічний розрахунок собівартості фюзеляжу надлегкого літака.

1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз статистичних даних щодо літаків-аналогів, тактико-технічні вимоги до проектуємого літака

Для збору статистичних даних було використано дані літаків, аналогічних тому, фюзеляж якого проектується, і мають близькі льотно-технічні характеристики та умови експлуатації [5-10].

Літак Euro Star SL

Це сучасний надлегкий літак із дуже високими показниками якості, безпеки, надійності та комфорту. Euro Star SL (рисунок 1.1 1.) створений за високими технічними стандартами та стандартами якості, оскільки компанія Evекtor сертифікована Європейським авіаційним агентством безпеки (EASA), а також має сертифікат ISO 9001:2000 та майже 40-річний досвід створення різних літальних апаратів (далі – ЛА).

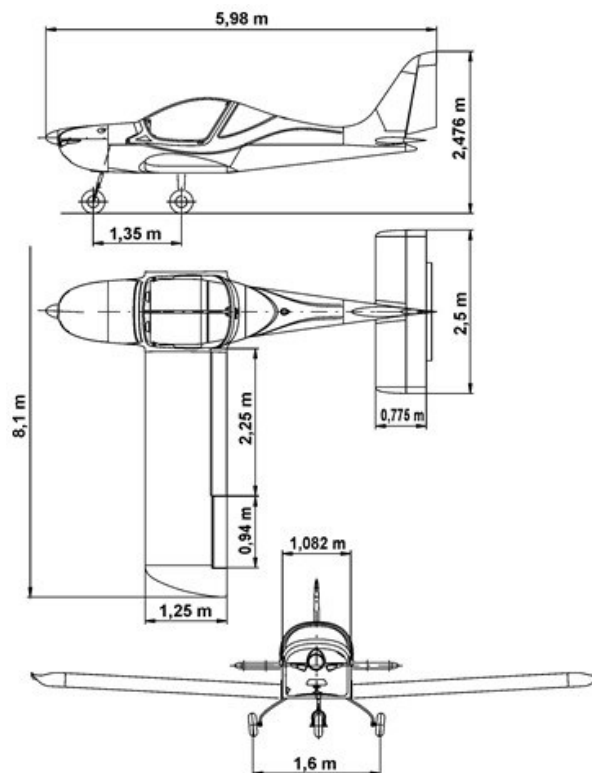


Рисунок 1.1 – Фрагмент креслення загального вигляду літака Euro Star SL. Далі аеродинамічне компонування і відмінні характеристики стійкості та керованості у поєднанні з перевагами суцільнометалевої конструкції та низькими експлуатаційними витратами відкривають літаку Euro Star SL перспективи для початкового навчання. Літак вже використовують за цим призначенням у центрі підготовки пілотів ВПС Міністерства Оборони Чехії та в аероклубах різних країн.

Елегантний ліхтар та кабіна шириною 1,18 м забезпечують гарний огляд та зручність розміщення двох пілотів. Euro Star SL може бути обладнаний електричною системою керування тримерами та закрилками.

Лімак СН-601 Zodiac

Zodiac – це сімейство канадських суцільнометалевих двомісних літаків із фіксованим шасі, які вперше здійснили політ у 1984 році. Літаки вироблялися як комплекти та комплектувалися компанією Zenair у Канаді та Zenith Aircraft Company у США. Конструкція має цільний баббл-навіс.

Оригінальна модель Zodiac була розроблена для коефіцієнта навантаження $\pm 6g$ при максимальній вазі брутто 1200 фунтів; $\pm 6,9g$ при 1050 фунтах і $\pm 8,3g$ при 875 фунтах. Маса порожнього прототипу становила 590 фунтів.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд легкого багатоцільового літака СН-601

ZodiacЛімак P-2002 Sierra

Літак P-2002 Sierra (рисунок 1.3) Tecnam P2002 Sierra – це двомісний легкий літак із низьким крилом, розроблений та виготовлений італійським виробником літаків Tecnam. Літак, представлений на початку 2000-х років, швидко став основним продуктом лінійки продукції компанії, за кілька років займаючи 70 % наявних виробничих потужностей.

Основним ринком для Sierra є сектор підготовки до польотів; відповідно, його конструкція та кілька його основних особливостей, таких як використання низько розташованого крила та куполу, роблять літак особливо придатним для використання як тренувальний. Його конструкція в основному складається зі звичайного алюмінію, що дозволяє літаку витримувати максимальні межі навантаження $+4/-2g$.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд літака P-2002 Sierra. Крило Sierra, що складається з відносно прямолінійної планової форми, хоча й із смугами для зриву на передніх краях і м'яко підігнутими обтічниками на кінцях, було розроблено компанією Теспат. Крило також вміщує пару вбудованих баків, які забезпечують максимальний об'єм палива 100 літрів. Крило також оснащено закрилками з електричним приводом, які повністю змінюються від 0° до 40° ; закрилками керують за допомогою важеля на основі лівої приладової консолі, а їхнє положення відображається на датчику, встановленому у верхній правій частині приладової панелі двигуна. Літак оснащений звичайними засобами керування польотом, які використовують штовхачі та троси, які з'єднуються з елеронами, рухомим горизонтальним стабілізатором та кермом напрямку. Ці елементи керування включають функцію регулювання кроку з електричним приводом, яка управляється за допомогою двох окремих кнопок у верхній частині кожної колонки керування для підйому та опускання. Кероване носове колесо забезпечує високий ступінь маневреності на землі, керуючись педалями керма. Дискові гальма з гідравлічним приводом присутні на головних колесах, керуються вертикальним важелем на підлозі кабіни, який також керує стоянковим гальмом, таким чином присутність перемикача блокування.

Генератор, що приводиться в дію двигуном, забезпечує електричним живленням прилади польоту та інше бортове обладнання, таке як навігаційна система GPS, УКХ-радіостанція, транспондер. У деяких приладах, наприклад для двигуна, використовуються аналогові прилади. У стандартній комплектації приладова консоль містить чотири пілотажні прилади.

Літак Sunward SA 60L Aurora

Sunward SA 60L Aurora – китайський легкий спортивний літак, розроблений і виготовлений компанією Sunward Aircraft, підрозділом Hunan Science and Technologies Co Ltd, виробника промислових машин, розташованого

в зоні розвитку високих технологій Лу Гу. Літак призначений для постачання як повністю готовий до польоту літак. Aurora була розроблена відповідно до правил США щодо легких спортивних літаків. Він оснащений консольним низьким розташуванням крила, двомісною конфігурацією пліч-о-пліч, закритою кабіною під куполом, фіксованим триколісним шасі та одним двигуном у конфігурації трактора. Крило літака з розмахом 8,6 м (28,2 футів) має прямокутну форму в плані та використовує закрилки. Стандартним доступним двигуном є чотиритактний двигун австрійського виробництва Rotax 912IS потужністю 100 к.с. (75 кВт).



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд літака Sunward SA 60L Aurora *Літак PIK-15 Hinu*

PIK-15 Hinu – легкий літак, розроблений у Фінляндії в 1960-х роках для використання як буксир-планер. Це був консольний моноплан з низьким крилом звичайної конструкції із закритою кабіною та нерухомою ходовою частиною з хвостовим колесом (рисунок 1.5). У кабіні було два місця, розташованих поруч, а PIK-15 був призначений для виконання другорядної ролі навчального. Конструкція всюди була дерев'яною. Проектування почалося в 1960 році, а перший прототип був побудований через два роки та здійснив політ 29 серпня 1964 року. У 2011 році шість екземплярів були внесені до реєстру Управління цивільної авіації Фінляндії.



Рисунок 1.5 – Схема літака PİK-15 HіnuЛімак *H.F DORNA Pica*

Він може літати зі швидкістю 240 км/год на висоті 14 000 футів і може використовуватися в центрах підготовки пілотів, прикордонному контролі, на пляжах і в управлінні дорожнім рухом. Його запас ходу досягає 1200 кілометрів і може працювати на автомобільному супербензині.

Завдяки сучасному дизайну, жорсткій повністю композитній конструкції, просторій кабіні та панелі, оснащеній передовою авіонікою та інструментами, одномоторний літак PICA 2 Ultralight/LSA з низьким крилом від H.F DORNA виділяється серед конкурентів. Однак те, що привертає увагу на землі, стає незабутнім досвідом польоту завдяки високій продуктивності PICA 2 в результаті конструкції літака, потужному двигуну BPR-ROTAX 912 UL S2 100 к.с. Розроблений і виготовлений у суворій відповідності до міжнародного стандарту ASTM, з MTOW 600 кг, літак PICA 2 відповідає вимогам для сертифікації Ultralight відповідно до чинних національних правил у країнах ЄС, де попереднє обмеження ваги 450 кг було замінено на 600 кг (1320 фунтів). MTOW також відповідає вимогам для експлуатації в США та інших країнах, які приймають правила сертифікації легких спортивних літаків (LSA) FAA. Надлегкий літак PICA 2, який працює на паливі MOGAS (95 октанових неетилованих бензинів) або AVGAS 100LL і демонструє низькі прямі експлуатаційні витрати, пропонується за програмами оренди або купівлі AVIATIONEU NEW ERA як багатоцільовий літак для розважальних і ділових польотів, навчання пілотів, аероклубу, операції, спостереження або інші місії.

Шасі невисувне, триопорне з некерованим носовим колесом та гальмівними колесами основних стійок (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Загальний вигляд літака H.F DORNA PICA *Літак Alpi Pioneer 300*

Надлегкий літак Alpi Pioneer 300ер (рисунок 1.7) був похідним від Asso V Champion і розроблений відповідно до правил Fédération Aéronautique Internationale для мікролегких літаків, а також правил США щодо легких спортивних літаків.



Рисунок 1.7 – Загальний вигляд літака Alpi Pioneer 300Він має консольне низько розташоване крило, закриту кабіну з двома сидіннями в конфігурації пліч-о-пліч під навісом-бульбашком, вибір фіксованого або висувного триколісного шасі та один двигун у конфігурації трактора. Версія зі стаціонарним шасі призначена для категорії легких спортивних літаків США, які не допускають висувного шасі на наземних літаках [1, 2] Літак виготовлений з дерев'яного каркасу, покритого композитними обшивками. Його крило з розмахом 8,10 м (26,6 футів) має конусоподібну форму. Доступні

стандартні двигуни: Rotax 912IS потужністю 100 к.с. (75 кВт), Jabiru 2200 потужністю 85 к.с. (63 кВт) і Jabiru 3300 потужністю 120 к.с. (89 кВт).

Літак MAI-223 «Кітьонок»

Літак MAI-223 (рисунок 1.8) є двомісним одномоторним підкісним монопланом-парасоллю, який має триопорне невисувне шасі, з хвостовим колесом. Розташування екіпажу в кабіні – «пліч-о-пліч», управління штурвальне, здвоєне. Таке компонування забезпечує оптимальне співвідношення вагових та аеродинамічних характеристик літака і відрізняється комфортом спілкування в кабіні під час навчання. Схема та параметри шасі у поєднанні з механізацією крила забезпечують літаку високі злітно-посадкові властивості, що допускають позааеродромну експлуатацію, у тому числі що дозволяють проводити посадку з підбором майданчика з повітря. Можливе встановлення поплавкового та лижного варіантів шасі. Крило літака має можливість складання для транспортування та зберігання в обсязі, не більшому, ніж стандартний автомобільний гараж.



Рисунок 1.8 – Загальний вигляд літака MAI-223 «Кітьонок» ***Літак Flight Design CTSW-2006***

Безумовний лідер у використанні сучасних технологій літакобудування, концептуального дизайну та безпеки польоту.

Для того, щоб бути першими, інженери постійно вдосконалюють CTSW 2006 (рисунок 1.9). Основними критеріями лідерства є безпека, комфорт та високі льотні показники. Завдяки досконалій аеродинаміці та швидкісним даним CTSW 2006 демонструє високі льотні показники навіть у найскладніших погодних умовах. При випробуванні та сертифікованій льотній вазі 600 кг, CTSW 2006 не втрачає швидкості та висоти польоту.



Рисунок 1.9 – Загальний вигляд літака Flight Design CTSW-2006У конструкції CTSW 2006 використовуються найбільш передові технології вакуумного формування тришарових обшивок з використанням арамідних вугільних тканин та спеціального легкого пінопластового наповнювача. Конструкційні поверхні після формування витримують при температурі 80°C для отримання необхідних характеристик міцності.

CTSW 2006 володіє високі показниками якості, безпеки, комфорту. Має вільнонесуче (без підкосів) крило, чудовий круговий огляд із кабіни.

Двигун ROTAX 912 IS потужністю 100 к.с., з фрикційною муфтою.

Літак Jabiru j170

Надлегкий високоплан класичної схеми з крилом підкісного типу (рисунок 1.10), призначений, як для освоєння основних навичок пілотування, так прогулянкових польотів. Літак на 90 % складається з композитних матеріалів (далі – КМ), що дозволило виконати літак із високою аеродинамічною якістю. На літаку встановлено двигун повітряного охолодження виробництва Jabiru потужністю 80 к.с.



Рисунок 1.10 – Загальний вигляд літака Jabiru j1701.2 **Конструктивно-технологічний аналіз фюзеляжу надлегкого літака та визначення шляхів його модернізації**

В якості літака-прототипу для подальшого розглядання беремо надлегкий літак Flight Design MC.

Короткий технічний опис надлегкого літака MC

Flight Design MC (Metal Concept) – це німецький легкий спортивний літак, розроблений і виготовлений компанією Flight Design, вперше представлений на AirVenture у 2008 році. Літак постачається повністю готовим до польоту [4, 5, 6]. Конструкція MC була заснована на загальній формі серії СТ, але виконана в металі та з крилом із опорними опорами замість композитної конструкції та консольного крила серії СТ. Мета дизайну полягала в тому, щоб забезпечити більш надійну конструкцію, насамперед для використання в льотних школах. Отриманий MC має нижчу крейсерську швидкість, а також менше корисного навантаження та радіусу дії, ніж аналогічний Flight Design CTLW [4, 5, 6]. MC був розроблений відповідно до правил США щодо легких спортивних літаків. Він має високорозташоване крило з розпірками, закриту кабіну з двома сидіннями, розташованими поруч, триколісне шасі та один двигун у конфігурації трактора (рисунок 1.11) [4, 5, 7]. Структура MC кардинально відрізняється від серії СТ. Фюзеляж літака виготовлений зі зварних сталевих труб, які утворюють каркас безпеки навколо кабіни з вбудованими зонами деформації. Крила та хвостове оперення переважно виготовлені з алюмінієвого листа. Його довжина 9,5 м (31,2 футів) має площу 11,3 м² (122 кв. футів) і закриті крила. Ноги шасі композитні і адаптовані з CTLS. Щоб спростити управління паливом, всі паливні баки крила подаються через єдину систему подачі палива. Балістичний парашут

є стандартним обладнанням. Доступними стандартними двигунами є чотиритактні двигуни Rotax 912UL потужністю 80 к.с. (60 кВт) і чотиритактні силові установки Rotax 912ULS і Rotax 912iS потужністю 100 к.с. (75 кВт) [4, 5].



Рисунок 1.11 – Загальний вигляд надлегкого літака MS

Фюзеляж літака є комбінованою конструкцією, що складається з зварного каркаса кабіної частини (рисунок 1.12) з обшивками з композитного матеріалу (рисунок 1.13) і хвостової балки (рисунок 1.14).

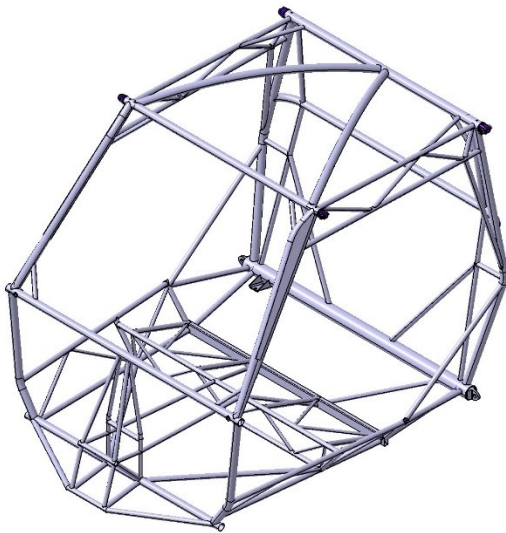


Рисунок 1.12 – Каркас кабіної частини

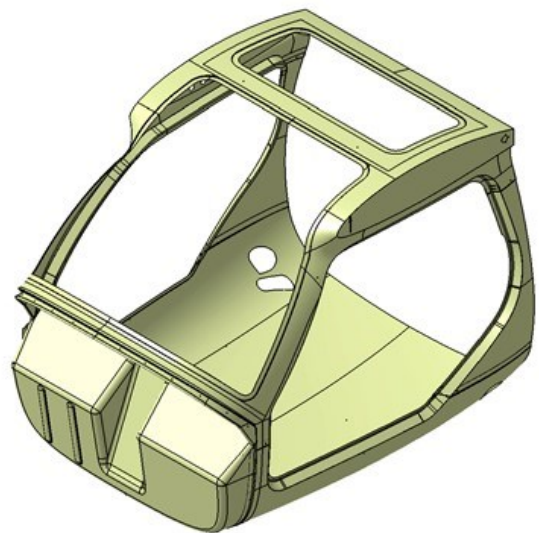


Рисунок 1.13 – Обшивка кабіної частини

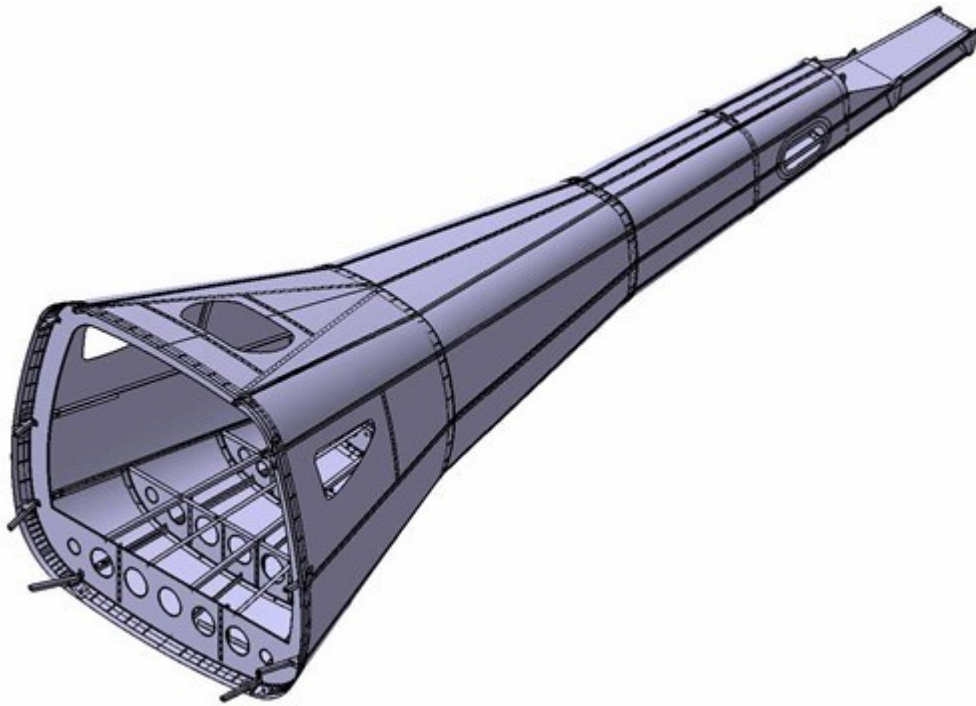


Рисунок 1.14 – Хвостова балка

Каркас кабіної частини є звареною ферменною конструкцією зі сталевих труб.

Пластикові обшивки виконані сендвічем: по два шару вуглетканини, між якими шар пінопласту.

Силовий набір хвостової балки: поперечний набір шпангоутів і поздовжній набір стрингерів, що підкріплюють обшивки.

Загалом у конструкції хвостової балки у всіх її елементах застосовано сплав Д16АТ, за винятком кронштейнів навішування, які виготовляються зі сталі 35.

Складальне креслення фюзеляжу надано в Додатку А.

1.3 Технічні умови на виготовлення фюзеляжу

Технічні умови (далі – ТУ) є переліком вимог, що стосуються точності ув'язування, ступеня закінченості елементів, що входять до складу складальних одиниць (далі – Скл.Од.), можливих відхилень форми і розмірів, вимог до виконання з'єднань, посадок, чистоти поверхні, термічної обробки, а також умов випробування та контролю Скл.Од.

На складальному кресленні наведені такі ТУ

1. Теоретичне креслення фюзеляжу 104.ДП.163.16.900.000 ТК.
2. * Розміри для довідок.
3. Покриття місць порушення покриттів усередині фюзеляжу: Ем.ЕП-140, темно-зелений, 509 ОСТ 1 90055-85.

4. Відхилення від теоретичних обводів фюзеляжу не повинні перевищувати ± 2 мм.

5. Обводи фюзеляжу та якість зовнішньої поверхні згідно з відповідним кресленням.

6. Розмітку осей шпангоутів та стрингерів виконувати відповідно до теоретичного креслення.

7. Граничні відхилення розмірів за ОСТ 1.00022-80.

8. Отвори під заклепки виконувати за ОСТ134055-92.

9. Шорсткість оброблених поверхонь деталей БК 6,3.

ТУ на складання містять інформацію, що має обов'язковий характер, а також номери необхідних нормативних документів, які слід виконувати при виконанні робіт. У ТУ міститься інформація про необхідні точності характеристики, що пред'являються до виробу.

1.4 Оцінка технологічності конструкції фюзеляжу

Технологічність – властивість конструкції, закладена в ній під час проектування, реалізована при виробництві та експлуатації, що дозволяє отримати виріб із заданим рівнем якісних характеристик та високими технологічними показниками у виробництві та експлуатації.

Технологічними називаються конструкції, які, забезпечуючи експлуатаційні якості виробу, в процесі виготовлення дозволяють досягти меншої трудомісткості, простоти обробки та складання, зниження собівартості продукції та ін. Технологічність конструкції фюзеляжу надлегкого літака визначається такими факторами: формою деталей та вузлів, панелюванням та точністю виготовлення вузлів, конструкцією стиків, способами з'єднання складових частин (далі – СЧ) між собою, матеріалом заготовок та точністю виготовлення деталей, застосуванням стандартизованих деталей та елементів.

При відпрацюванні технологічності необхідно враховувати тип виробництва та обсяг випуску, і навіть виробничі умови конкретного підприємства, у якому передбачається випуск виробу.

Розглядаючи якісні показники технологічності фюзеляжу, можна сказати, що:

- в конструкції широко використовуються алюмінієві сплави, найбільш вдалі з точки зору обробки;

- фюзеляж має прості геометричні форми;

- багато обшивок одинарної кривизни;

- раціональність членування визначає простоту конструкції підбірок (простота обводів та формотворчих);

- широко використовуються стандартизовані елементи, зокрема стандартні профілі;
- форма заготовок максимально наближена до форми конструктивно потрібних деталей;
- з'єднання технологічні (шви прямолінійні, крок заклепок однаковий);
- все кріплення стандартизовані;
- у конструкції немає важкодоступних місць для виконання з'єднань, відсутнє потайне клепаання, є високоресурсні з'єднання.

1.5 Проробка варіантів підвищення рівня технологічності

Підвищення технологічності конструкції фюзеляжу (насамперед експлуатаційної технологічності за рахунок зменшення маси конструкції, а також виробничої технологічності за рахунок хорошої зварюваності) досягнемо за рахунок модифікації конструкції, замінивши матеріал обшивок та шпангоутів на матеріал, який при заданих навантаженнях забезпечить міцність конструкції та зменшення її маси.

Вихідним матеріалом, з якого виготовлені основні силові елементи конструкції є алюмінієвий сплав Д16Т, основні характеристики якого наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Механічні характеристики матеріалу Д16Т

σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	γ , кг/м ³	δ , %
440	330	2780	17

Як новий матеріал виступає алюмінієво-літєвий сплав 1450, який має меншу щільність порівняно з Д16Т. Крім того, сплав має підвищену жорсткість і міцність, задовільну корозійну стійкість і хорошу зварюваність всіма видами зварювання. Проте слід зазначити їхню велику вартість.

Основні характеристики матеріалу 1450 наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Механічні характеристики матеріалу 1450

σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	γ , кг/м ³	δ , %
510	420	2610	6

Одним із найважливіших критеріїв при проектуванні вузлів, агрегатів авіаційної техніки загалом є критерій найменшої маси.

Підрахуємо економію маси.

Визначимо загальну масу обшивок та шпангоутів, обсяги візьмемо за 3D-моделлями із програми CATIA V5.

Для сплаву Д16АТ:

$$V_{\text{обш}} = (2,9 + 3,9 + 4,8 + 4,7 + 6,9 + 8 + 0,38 + 0,47 + 0,7 + 1,46 + 1,63 + 4,3 + 3,2 + 1,7 + 1,75) \times 10^{-4} =$$

$$= 4,68 \times 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Тоді $m_{\text{обш}} = V_{\text{обш}} \times \gamma = 0,00468 \times 2078 = 13,15$ кг – для сплаву Д16АТ і

$m_{\text{обш}} = V_{\text{обш}} \times \gamma = 0,00468 \times 2610 = 12,2$ кг – для сплаву 1450.

Підрахуємо економію маси:

$$\frac{13,15 - 12,2}{13,15} \times 100\% = 7,85 \ \%.$$

Проаналізувавши результати, можна дійти до висновку, що, змінивши вихідний матеріал Д16Т на матеріал 1450, маса фюзеляжу знизилася на 7,85 %, що сприяє зменшенню маси літака загалом. Однак його застосування має бути узгоджене з вимогами ресурсу, оскільки показники витривалості та характеристики живучості сплаву 1450 декілька нижчі, ніж у сплаву Д16Т. Застосування цього сплаву дає хороші результати в тих випадках, якщо конструкція, що виготовляється з нього, працює на стиск.

Висновки по розділу 1

В результаті виконання проекту на підставі матеріалів отримано наступні результати:

- виконано конструкторсько-технологічний аналіз об'єкту складання: фюзеляжу НЛА;
- проведено якісне та кількісне оцінювання виробничої технологічності конструкції фюзеляжу;
- надано рекомендації з підвищення рівня виробничої технологічності – заміна вихідного матеріалу Д16Т на матеріал 1450 дозволяє знизити масу фюзеляжу на 7,85 %, що сприяє в свою чергу зменшенню маси літака загалом.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розроблення можливих варіантів методів складання, схем складання та схем ув'язування оснащення

Метод складання характеризує, як базуються і за допомогою яких засобів встановлюються та закріплюються СЧ (деталі, підзбірки) один щодо одного з метою забезпечення їх правильного та точного взаєморозташування при складанні.

Методи складання поділяють за двома основними ознаками:

1. Спосіб базування СЧ при настановних операціях.
2. Ступінь взаємозамінності деталей, вузлів, панелей, відсіків, що з'єднуються.

Послідовність виконання складальних операцій багато в чому залежить від виду конструкції, її габаритів і жорсткості елементів, що збираються. Залежно від способу базування деталей у процесі складання можливі дві різні групи методів складання:

1. Деталі встановлюються за базами, розташованими на основній (базовій) деталі. До цієї групи належать такі методи складання:

- по складальним отворах (далі – СО);
- за базовими отворами (далі – БО);
- за розміткою на базовій деталі;
- по привалочним поверхням.

2. Деталі або вузли встановлюються за базами, розташованими на спеціальному носії розмірів – складальному пристрою (далі – СП) або стапелі. Сюди відноситься складання з компенсацією похибок вхідних СЧ, складання від обшивки, складання від каркасу без компенсації похибок, складання від каркаса з використанням систем фіксуючих отворів (КФО або БФО).

Найбільшого поширення в сучасному літакобудуванні набули такі методи складання:

- по складальним або базовим отворах (СО або БО);
- за розміткою на базовій деталі;
- по привалочним поверхням;
- у складальному пристрою з базуванням деталей та вузлів на контури;
- у складальному пристрою спрощеної конструкції з базуванням деталей та вузлів за спеціальними отворами (КФО, БФО).

Приймаємо метод складання із застосуванням СП.

За ступенем взаємозамінності виділяються такі методи складання:

- метод повної взаємозамінності;

- метод неповної або обмеженої взаємозамінності;
- метод групової взаємозамінності (селективне складання).

При складанні фюзеляжу використовується метод неповної або обмеженої взаємозамінності з компенсацією похибок, який дозволяє спростити технологію заготівельних та складальних робіт.

Схемою складання називається схема, що показує, як і в якій послідовності здійснюється складання, а також відображає стан поставки СЧ на складання. Оптимальною є схема складання, яка забезпечує найбільш ефективне виробництво. Основними критеріями оцінки є умова досягнення максимального економічного ефекту, мінімальна трудомісткість і цикл складання конструкції.

Існує кілька видів схем складання: послідовна, паралельна та послідовно-паралельна. Послідовне складання найменш вимоглива до кількості робочих рук, але вона найменш продуктивна. Паралельна в чистому вигляді практично не застосовується, а послідовно-паралельна має ряд переваг перед рештою: менший цикл складання агрегату, менша трудомісткість, менша собівартість.

Безпосередньо вид схеми складання визначається характером членування агрегату та видом його підбірок.

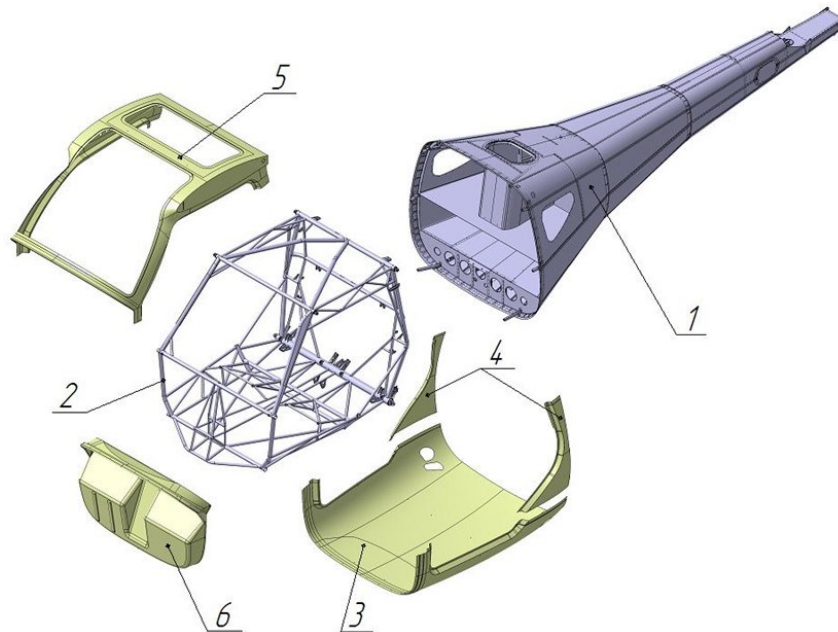
Схема конструктивно-технологічного членування фюзеляжу розробляється більш ефективного виробництва. Остаточну конструкцію ділять на секції, вузли та панелі, зручніші у виробництві за показниками технологічності. Це дозволяє організувати паралельно-послідовну схему збирання панелей і секцій, виділити в паралельне виробництво збирання однотипних панелей, що разом з використанням різних прогресивних методів виробництва помітно збільшує продуктивність праці та зменшує цикл збирання. При членуванні використовують конструктивні, технологічні та експлуатаційні роз'єми. Ступінь членування також залежить від економічних та виробничих умов.

Схема конструктивно-технологічного членування фюзеляжу НЛА надано на рисунку 2.1.

Для НЛА з об'ємом випуску 96 машин на рік найбільш прийнятною є послідовно-паралельна схема складання.

Технологічний процес складання (далі – ТПС) – це послідовність базування в складальному положенні деталей та підбірок, їх фіксації та з'єднання між собою способами, передбаченими кресленням; визначення спеціальності, розряду та кількості робочих, а також норм часу; вибір інструменту та обладнання. Розробку робочого ТПС для серійного виробництва

здійснюють відповідно до креслень або електронних моделей виробу (далі – ЕМВ) та схеми складання.



1 – хвостова балка; 2 – каркас кабіної частини; 3 – нижня обшивка із КМ;
4 – бічні обшивки з КМ; 5 – верхня обшивка із КМ; 6 – протипожежна
перегородка

Рисунок 2.1 – Схема конструктивно-технологічного членування фюзеляжу

ТПС розробляється поетапно. Першим етапом має бути директивний ТПС. Він розробляється у дослідно-конструкторському бюро (далі – ДКБ) паралельно із проектуванням виробу з початкових стадій.

Другий етап – це робоча технологія. До складу директивного ТПС (далі – ДТПС) входять директивні технологічні матеріали (далі – ДТМ). Для проектування ТПС необхідно розробити

- схему конструктивно-технологічного членування;
- схему забезпечення взаємозамінності та ув'язування;
- ескізи (електронні моделі) складального оснащення;
- ескізи (електронні моделі) засобів забезпечення ув'язування по стиках;
- технічний опис об'єктів складання та технічні умови на виробництво агрегату;
- технічні умови (далі – ТУ) на постачання СЧ.

ДТПС фюзеляжу НЛА наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – ДТПС фюзеляжу НЛА

№ п/п	Зміст технологічної операції	Устаткування, інструмент
1	Підготувати стапель для складання, встановити фіксатори у робоче положення. Відкрити рубильники стапелю	Стапель складання
2	Встановити хвостову балку в стапель складання	Стапель складання
3	Встановити каркас кабіни в стапель складання. Фіксувати за ОСБ	Стапель складання
4	Виконати зварювання другого шпангоуту каркасу кабіни зі стиковими кронштейнами хвостової балки	Зварювальний апарат
5	Встановити нижню обшивку в стапель складання	Стапель складання
6	Кріпити нижню обшивку гвинтами до анкерних гайок каркасу кабіни	Викрутка
7	Встановити верхню обшивку в стапель складання	Стапель складання
8	Кріпити верхню обшивку гвинтами до анкерних гайок каркасу кабіни	Викрутка
9	Встановити бічні обшивки у стапель складання	Стапель складання
10	Кріпити бічні обшивки гвинтами до гайок анкерних каркаса кабіни	Викрутка
11	Встановити протипожежну перегородку в стапель складання по напрямних отворах у обшивках	Стапель складання
12	Клепати протипожежну перегородку із пластиковими обшивками	Пневмо-молоток
13	Контролювати якість складання	Візуально

Для забезпечення стабільної якості літаків, що виготовляються в серійному виробництві, необхідно забезпечувати високий рівень взаємозамінності елементів конструкції, скорочуючи при цьому в основному виробництві обсяг підгоночних робіт.

Щоб досягти необхідної точності виготовлення та ув'язування виробів, що збираються, розробляють схеми ув'язування СЧ виробу, заготівельного та складального оснащення. Існують три види принципів ув'язування:

- ув'язування з незалежним переносом інформації про форми та розміри;
- залежне ув'язування, тобто із залежним перенесенням інформації (копіюванням);
- ув'язування з компенсацією неузгодженості форми та розмірів.

Методи ув'язування реалізують той чи інший принцип ув'язування.

Найбільшого поширення в літакобудуванні набули такі методи ув'язування:

- 1) плазово-шаблонний метод (ПШМ);
- 2) еталонно-шаблонний метод (ЕШМ);
- 3) плазово-інструментальний метод (ПІМ);
- 4) програмно-інструментальний метод (ПРІМ).

Розглянемо коротко кожен із методів.

Плазово-шаблонний метод (ПШМ).

Цей метод передбачає використання найпростіший у конструктивному відношенні контрольно-вимірювального оснащення: плазів, шаблонів та калібрів роз'єму. Першоджерелами ув'язування форм і розмірів є плази суміщених перерізів агрегатів та взаємно відстиковані калібри роз'ємів. При цьому ув'язані на плазі контури окремих плоских перерізів копіюють конструктивні плази (далі – КП), на які наноситься в графічному вигляді вся інформація про конструкцію агрегату в цих перерізах. Потім за отриманими робочими шаблонами виготовляють методом копіювання деталі, вузли або оснастку. Калібри вузлів використовують для виготовлення елементів конструкції роз'єму (стиків), а також для координації стиків при монтажі фіксаторів роз'єму в СП.

Еталонно-шаблонний метод (ЕШМ).

Першоджерелом ув'язування є еталон поверхні (ЕП), за допомогою якого отримують обводи робочої технологічної та контрольної оснастки для копіювання форм і розмірів на СП.

ЕШМ припускає застосування широкої номенклатури вимірювального оснащення: плазів, шаблонів, ЕП агрегатів, контр-еталонів, монтажних еталонів, калібрів стиків, майстер-плит. При використанні цього методу ЕП повністю відтворює натурну поверхню агрегату літака, його форму та розміри.

Плазово-інструментальний метод (ПІМ).

Першоджерелом ув'язування в цьому випадку є плаз. Засобами ув'язування – плаз-кондуктор (далі – ПК) і інструментальний стенд (далі – ІС) і конструкторське креслення оснащення (далі – ККО), що містять координати центрів монтажних, базових та отворів під стикові болти (далі – МО, БО, ОСБ відповідно) щодо конструкторських баз виробу.

Цей метод є більш простим у порівнянні з ЕШМ, він забезпечує більш короткі терміни підготовки виробництва та за точністю ув'язування близький до ЕШМ.

ПІМ має такі особливості:

- базово-інструментальна ув'язка плазів та шаблонів (досягається розміткою плазів, шаблонів та виконанням у них БО за допомогою ПК;
- перенесення контурів плазів на заготівлі шаблонів та дублювання плазів для провідних заводів;
- застосування ПК/ІС для побудови та вимірювань розмірів при виготовленні пристроїв.

Програмно-інструментальний метод ув'язування (ПРІМ).

ПРІМ реалізує незалежний спосіб забезпечення взаємозамінності. Задані геометричні форми обробляються як цифрові координати точок, що сприяє зручному використанню електронних обчислювальних машин (далі – ЕОМ). За допомогою цього методу формується програма для верстатів з числовим програмним керуванням (далі – ВЧПК), яка забезпечує виготовлення об'єктів виробництва та ЗТО. Незалежно виготовляються шаблони, еталони поверхні (далі – ЕП), робочі контури рубильників. Складальне оснащення виготовляється за конструкторськими кресленнями оснащення (далі – ККО) та таблицями технологічних отворів (що дає координати центрів КФО, МО, ОСБ та взаємне положення окремих плоских перерізів). Метод доповнюється застосуванням ПК/ІС з ЧПК, що дозволяє виготовити будь-яке складальне оснащення.

Кожен із розглянутих методів по-різному забезпечує точність виготовлення та ув'язування оснастки, терміни підготовки виробництва, собівартість виробів.

Використання ЕШМ дозволяє отримати найбільш високу точність ув'язування об'єктів оснащення та конструкції з обводів та стиків. Однак цикл підготовки виробництва виявляється найбільшим. Метод застосовується для невеликих за габаритами ЛА.

ПІМ забезпечує високу точність оснащення по контурах, але менш точний при ув'язуванні обводів та стиків об'єктів конструкції ЛА. Цикл підготовки виробництва та витрати при цьому скорочуються. ПІМ використовують при технологічній підготовці виробництва ЛА середніх та великих габаритів.

ПШМ простий і дорогий, проте найменш точний при виготовленні та ув'язуванні складального оснащення секцій, відсіків, агрегатів літака. Його застосовують для ув'язування плоских деталей та при монтажі СП плоских літакових вузлів типу шпангоут, лонжерон, нервюра.

ПРІМ найбільш перспективний з урахуванням розвитку методів математичного забезпечення програм та випуску (придбання) досконалого обладнання з ЧПК. Його використання гарантує високу точність виготовлення

та ув'язування ЗТО та об'єктів конструкції ЛА. Значно покращує мобільність виробництва при зміні виробів, скорочує номенклатуру заготівельного оснащення в цехах і може здешевлювати виробництво ЛА.

Остаточне рішення про прийнятність варіанта членування, схем складання та схем ув'язування приймають після економічного аналізу. З цією метою виконують порівняльний розрахунок наведених витрат за варіантами. Для спрощення розрахунки витрат на першій стадії вибору варіантів складання рекомендується вести за питомими витратами (витратами, віднесеними до одного кілограма ваги конструкції Скл.Од. У разі потреби величина витрат може бути уточнена за фактичними даними, отриманими після виробництва виробу та ЗТО.

2.2 Розрахунки допусків на фюзеляж для двох варіантів ув'язування

Згідно до [8] відхилення від теоретичних обводів (допуск) фюзеляжу літака не повинні перевищувати $\pm 2,0$ мм.

2.3 Розрахунки точності складання фюзеляжу по обводах, порівняння з допуском

Похибка складання фюзеляжу у стапелі визначається такими складовими:

1. похибкою $\Delta_{\text{ст}}$ носія розмірів, тобто стапелю;
2. похибкою $\Delta_{\text{баз}}$ базування СЧ фюзеляжу у стапелі. Величина похибки базування характеризується зазором між рубильником стапелю та поверхнею деталі (нервюри, стрингера, обшивки тощо). Цей зазор можна зменшити, притиснувши деталь до рубильника. При цьому деталь пружно деформується, а надалі фіксується технологічним кріпленням, заклепками або болтами.

3. іншими похибками $\Delta_{\text{інш}}$ від повідець і зсувів, викликаних утворенням з'єднань, прогинами елементів стапелю в процесі складання та іншими похибками, які не залежать від методу складання.

Отже, похибка складання

$$\Delta_{\text{скл}} = \Delta_{\text{ст}} + \Delta_{\text{баз}} + \Delta_{\text{інш}}. \quad (2.1)$$

При складанні агрегату $\Delta_{\text{інш}}$ становить близько 40 % від загальної похибки, тобто $\Delta_{\text{інш}} = 0,4\Delta_{\text{скл}}$ [10].

Оскільки зазор між рубильником і деталлю дорівнює похибки ув'язування стапелю та деталі, то без притиску

$$\Delta_{\text{баз } 1} = C_{\text{конт. (ст.-дет.)}}. \quad (2.2)$$

Фактичний же зазор (за наявності притиску) буде меншим:

$$\Delta_{\text{баз } 1} = k_{\text{прит}} \times C_{\text{конт. (ст.-дет.)}}. \quad (2.3)$$

Величину $k_{\text{прит}}$ приймають залежно від кроку притискачів.

Отже, допуск на складання у стапелі з компенсацією похибок визначається за формулою

$$\Delta_{\text{скл}} = \Delta_{\text{ст}} + k_{\text{прит}} \times C_{\text{конт. (ст.-дет.)}} + 0,4 \Delta_{\text{скл}}. \quad (2.4)$$

Визначимо допуск на панель для ПРИМ та ПШМ ув'язування, враховуючи, що на фюзеляж за ТУ допуск становить $[\delta_{\text{ф}}] = \pm 2,0$ мм (рисунок 2.2).

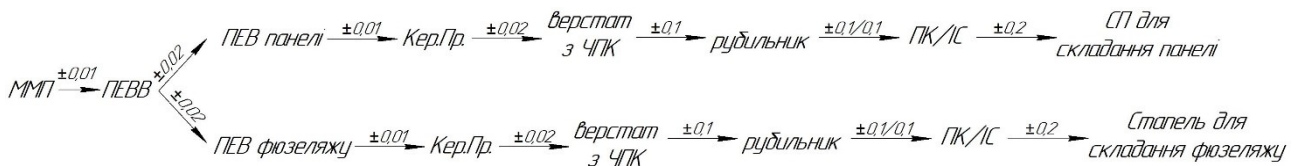


Рисунок 2.2 – Структурна схема ув'язування СП для складання панелі та стапелю складання фюзеляжу при ПРИМ

$$C_{\text{конт. (СП-стапель)}} = \pm \sqrt{\sum \left(\frac{\delta_{\text{незв'язні етапи}}}{2} \right)^2} =$$

$$= \pm \sqrt{0,01^2 \times 2 + 0,02^2 \times 4 + 0,1^2 \times 6 + 0,2^2 \times 2} = \pm 0,376 \text{ мм.}$$

Тоді допуск на складання панелі дорівнює $[\delta_{\text{пан}}] = 1,624$ мм.

Розрахунок похибок складання фюзеляжу при ПРИМ

Структурна схема ув'язування СП для складання панелі та обводу шпангоута при ПРИМ показано на рисунку 2.3.

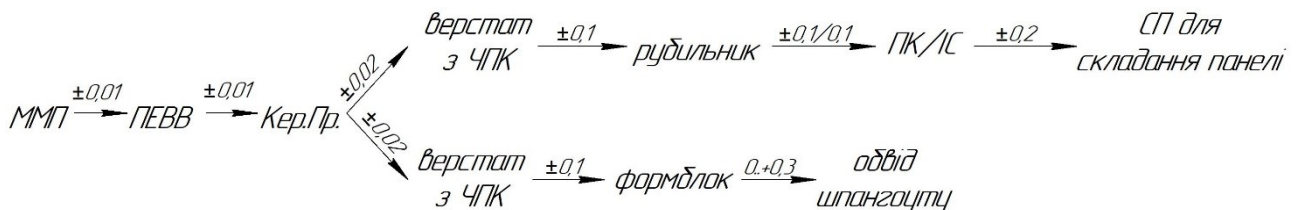


Рисунок 2.3 – Структурна схема ув'язування СП для складання панелі та обводу шпангоуту при ПРИМ

$$\frac{\delta_{\text{СП}}}{2} = \pm \sqrt{\sum \left(\frac{\delta_{\text{ММП-СП}}}{2} \right)^2} = \pm \sqrt{0,01^2 \times 2 + 0,02^2 + 0,1^2 \times 3} = \pm 0,175 \text{ мм;}$$

$$C_{\text{конт. (СП-дет.)}} = \pm \sqrt{\sum \left(\frac{\delta_{\text{незв'язні етапи}}}{2} \right)^2} = \pm \sqrt{0,02^2 \times 2 + 0,1^2 \times 5 + 0,15^2} =$$

$$= \pm 0,271 \text{ мм.}$$

Враховуючи, що $\delta_{\text{інш}} = 0,4 \frac{\delta_{\text{скл}}}{2}$, отримаємо

$$\frac{\delta_{\text{скл}}}{2} = 0,175 + 0,271k_{\text{прит}} + 0,4 \frac{\delta_{\text{скл}}}{2}.$$

Т. к. компенсація відсутня, то $k_{\text{прит}}=1$, отже

$$\frac{\delta_{\text{скл}}}{2} = 0,446 + 0,4 \frac{\delta_{\text{скл}}}{2}, \text{ з чого впливає } \delta_{\text{скл}} = \pm 1,487 \text{ мм.}$$

Порівняємо цей допуск із допуском на вузол. Повинна виконуватись умова $\delta_{\text{скл}} \leq [\delta_{\text{пан}}]$, тобто ($1,487 < 1,624$). Похибка складання не перевищує допуск на панель, отже, складання у пристрої без компенсації похибок допустима.

Розрахунок похибок складання панелі фюзеляжу при ПШМ

Прийнята схема ув'язування показано на рисунку 2.4.

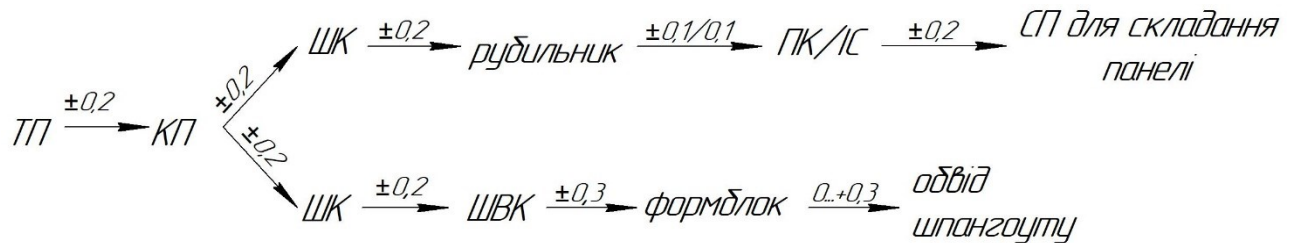


Рисунок 2.4 – Структурна схема ув'язування СП для складання панелі та обіду шпангоуту при ПШМ

$$\frac{\delta_{\text{СП}}}{2} = \pm \sqrt{\sum \left(\frac{\delta_{\text{ТП-СП}}}{2} \right)^2} = \pm \sqrt{0,1^2 \times 3 + 0,2^2 \times 3} = \pm 0,387 \text{ мм.}$$

$$C_{\text{конт. (СП-дет.)}} = \pm \sqrt{\sum \left(\frac{\delta_{\text{незв'язні етапи}}}{2} \right)^2} = \pm \sqrt{0,2^2 \cdot 4 + 0,1^2 \cdot 3 + 0,3^2 + 0,15^2} =$$

$$= \pm 0,55 \text{ мм.}$$

$$\text{Тоді } \frac{\delta_{\text{скл}}}{2} = 0,387 + 0,55k_{\text{прит}} + 0,4 \frac{\delta_{\text{скл}}}{2},$$

Т. к. компенсація відсутня, то $k_{\text{прит}}=1$, отже

$$\frac{\delta_{\text{скл}}}{2} = 0,937 + 0,4 \frac{\delta_{\text{скл}}}{2}, \text{ з чого впливає } \delta_{\text{скл}} = \pm 3,123 \text{ мм.}$$

Порівняємо цей допуск з допуском на вузол, має виконуватися умова $\delta_{\text{скл}} \leq [\delta_{\text{пан}}]$, ($3,123 > 1,624$). Похибка складання перевищує допуск на вузол, отже, складання в СП без компенсації не допустиме.

Враховуючи що $\delta_{\text{інш}} = 0,4 \frac{\delta_{\text{скл}}}{2}$, отримаємо

$$\frac{\delta_{\text{скл}}}{2} = 0,387 + 0,55k_{\text{прит}} + 0,4 \frac{\delta_{\text{скл}}}{2}, \text{ або } \delta_{\text{скл}} = \pm (1,29 + 1,83k_{\text{прит}}).$$

$k_{\text{прит}}$ визначаємо з умови виконання заданого допуску на панель:

$$\delta_{\text{скл}} \leq [\delta_{\text{пан}}],$$

$$\text{тоді } \pm(1,26 + 1,83k_{\text{прит}}) \leq \pm 1,624, k_{\text{прит}} \leq \frac{1,624-1,26}{1,83} = 0,2.$$

За [8, 11] знаходимо кількість притискних точок та крок фіксаторів:

$$n = 2 \times l_{\text{фікс}} = l_{\text{дет}}.$$

Отже, приймаємо складання у пристрої з кількістю притискачів 2.

Враховуючи перелічені вище факти, вибираємо схему складання та ув'язування заготівельної та складальної оснастки на основі ПРИМ (Додаток Б).

2.4 Розрахунки затрат для двох варіантів складання

Проведемо порівняння затрат для двох методів складання: по СО та в пристрою на основі економічного розрахунку собівартості за укрупненими показниками.

Собівартість C і капітальні витрати K , необхідні для економічної оцінки, визначаються у гривнях за питомими показниками на 1 кг ваги G конструкції, що збирається: за питомою трудомісткістю $K_{\text{пит}}$, (люд.×год.)/кг, та питомої вартості оснащення $C_{\text{осн}}$, грн/кг.

Собівартість складання розраховується за виразом

$$C = Z + O + E + A, \quad (2.10)$$

де Z – зарплата виробничим робітникам, грн/шт.;

O – витрати на оснащення, грн/шт.;

E – експлуатаційні витрати, грн/шт.;

A – амортизаційні відрахування, якщо використовується обладнання, що вводиться спеціально для даного об'єкту, грн/шт., приймаємо у розрахунках $A=0$.

Визначаємо зарплатню:

$$Z = K_{\text{пит}} \times G \times Z_c, \quad (2.11)$$

де G – вага об'єкту, що збирається; $G=135$ кг;

Z_c – тарифна ставка робітників за 1 годину ($Z_{c, \text{СО}}=72$ грн/год. при складанні за СО; $Z_{c, \text{СП}}=92$ грн/год. – при складанні у СП [14].

Величини $K_{\text{пит. СО}}$ та $K_{\text{пит. СП}}$ визначаються з графіка залежності питомої трудомісткості складання від їх ваги при складанні за СО та у СП відповідно:

$$K_{\text{пит. СО}}=2,6 \text{ (люд.×год.)}/\text{кг} \text{ і } K_{\text{пит. СП}}=2,0 \text{ (люд.×год.)}/\text{кг} [12].$$

Виходячи з цього, зарплата дорівнює:

$$З_{CO} = 2,6 \times 135 \times 72 = 25\,272 \text{ грн},$$

$$З_{СП} = 2,0 \times 135 \times 92 = 24\,840 \text{ грн}.$$

Величина витрат на оснащення при складанні залежить від об'єму випуску, методу складання і може бути визначена за формулою

$$O = \frac{G \times C_{осн}}{2 N} m_{пр}, \quad (2.12)$$

де $C_{осн}$ – питома вартість оснащення в гривнях на кілограм ваги об'єкту, що збирається ($C_{осн}=190$ грн/кг – при складанні за СО і $C_{осн}=965$ грн/кг – при складанні у СП [12]).

2 – кількість років списання витрат на оснащення;

N – річний об'єм випуску ($N=92$ літака/рік).

$m_{пр}$ – прийнята кількість однакових пристроїв для виконання заданої річної програми.

Величина $m_{пр}$ визначається за розрахунковим значенням $m_{розр}$, округленим до найближчого цілого числа. Розрахункову величину $m_{розр}$ знаходять за такою формулою:

$$m_{розр} = \frac{T \times N}{\Phi_{д. осн} \times P}, \quad (2.13)$$

де T – трудомісткість виготовлення об'єкту в стапелі (згідно до ТП складання $T=22$ люд.×год. – див. Додаток Б):

$\Phi_{д.}$ – дійсний річний фонд робочого часу ($\Phi_{д.}=1987$ год. у 2023 році [14]);

P – середня кількість одночасно працюючих на СП, прийняте з урахуванням наявного обсягу робіт:

$$P_{розр} = \frac{T \times N}{\Phi_{д.} \times k}, \quad (2.15)$$

де $k=1,1$ – коефіцієнт перевиконання норм ($k=1,1$ [12]),

тобто $P_{розр} = \frac{22 \times 92}{1987 \times 1,1} = 0,9$ люд.

Приймаємо $P_{пр}=2$, так як 2 – це мінімальна кількість працюючих при клепанні ручним пневмомолотком.

Тоді $m_{розр} = \frac{22 \times 92}{1987 \times 2} = 0,5$.

Приймаємо $m_{пр}=1$.

Значить $O = \frac{G \times C_{осн}}{2 N} m_{пр}$

$$O_{CO} = \frac{135 \times 190}{2 \times 92} \times 1 = 139,40 \text{ грн}; O_{СП} = \frac{135 \times 965}{2 \times 92} \times 1 = 708,02 \text{ грн}.$$

Визначимо коефіцієнт завантаження пристрою за рівнянням

$$\eta = \frac{m_{розр}}{m_{пр}} = 0,75 \dots 1,15, \quad (2.16)$$

тобто $\eta = \frac{0,9}{1} = 0,9$.

Отже, коефіцієнт перебуває у допустимих межах.

Маючи в своєму розпорядженні величину $m_{пр}$, можна розрахувати капітальні вкладення:

$$K = C_{осн} \times G \times m_{пр}. \quad (2.17)$$

тобто $K_{CO} = 190 \times 135 \times 1 = 25\,650 \text{ грн}$, $K_{СП} = 965 \times 135 \times 1 = 130\,275 \text{ грн}$.

Експлуатаційні витрати включають витрати на амортизацію виробничих будівель та визначаються за виразом

$$E = 0,625 \frac{V}{N}, \quad (2.18)$$

де V – кубатура виробничого цеху, м^3 :

$$V = h \sum \omega_i m_i, \quad (2.19)$$

де ω_i – площа одного робочого місця, що визначається габаритом пристрою та необхідними проходами, м^2 ;

h – середня висота складального цеху (зазвичай $h=10 \dots 14 \text{ м}$). Приймаємо $h=12 \text{ м}$.

Тобто $E_{CO} = 0,625 \frac{10 \times 12}{92} = 0,82 \text{ грн}$ і $E_{СП} = 0,625 \frac{12 \times 12}{92} = 0,98 \text{ грн}$.

Виходячи з отриманих значень визначимо собівартість:

$$C_{CO} = 25\,272 + 139,40 + 0,82 + 0 = 25\,412,22 \text{ грн},$$

$$C_{СП} = 24\,840 + 708,02 + 0,98 + 0 = 28\,549,00 \text{ грн}.$$

Аналіз економічних розрахунків показує, що більш економічний метод складання – складання за СО. Однак, для літакобудування першорядним завданням є забезпечення заданого рівня точності виробу. Тому складання за СО в цій роботі використано не буде. У нашому випадку, враховуючи габарити фюзеляжу та досить високі вимоги до точності, найбільш раціонально застосуватиме складання в стапелі.

2.5 Розробка схеми базування складових частин

Проектуючи операції встановлення СЧ у складальне положення, потрібно вибрати на СЧ базисні поверхні, за якими буде вестись установка та фіксація деталей та вузлів, а також встановити послідовність подачі СЧ на складання.

Базисні поверхні використовуються як складальні та/або настановні бази. Складальні бази (далі – СБ) визначають взаємне положення СЧ, що збираються, а настановні (далі – НБ) – положення СЧ щодо СП.

Вибираючи бази, потрібно прагнути дотримання принципів єдності, сталості та збігу баз.

Схема базування – сукупність НБ, необхідних та достатніх для однозначного базування СЧ у просторі з позбавленням їх необхідної кількості ступенів свободи.

Для хвостової балки як НБ прийняті отвори в кронштейнах навішування оперення та зовнішня поверхня хвостової балки (рисунок 2.5).

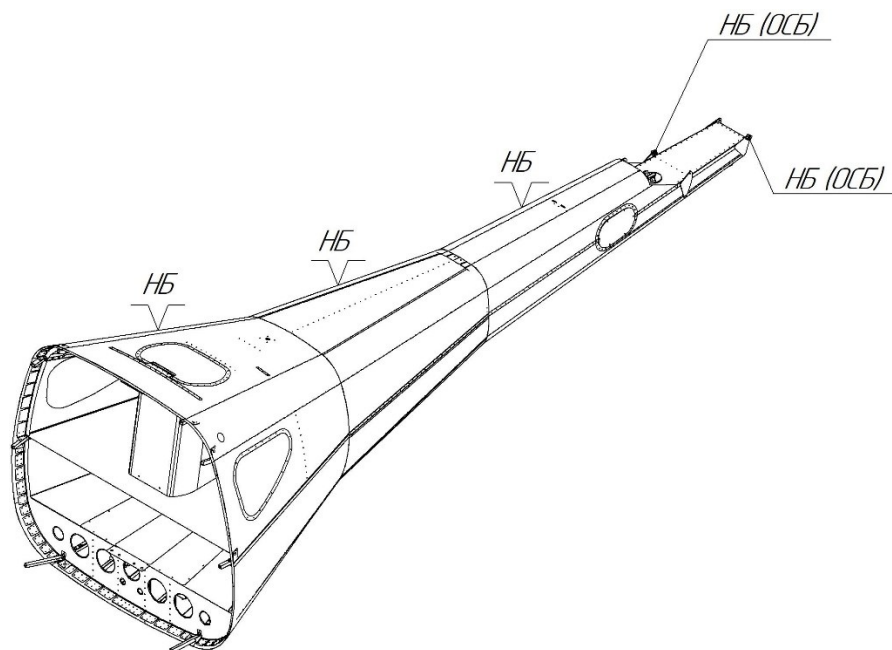


Рисунок 2.5 – Схема базування хвостової балки

Для каркасу кабіни як НБ прийняті отвори в кронштейнах навішування консолей крила і підкосів, як СБ прийняті СО (рисунок 2.6).

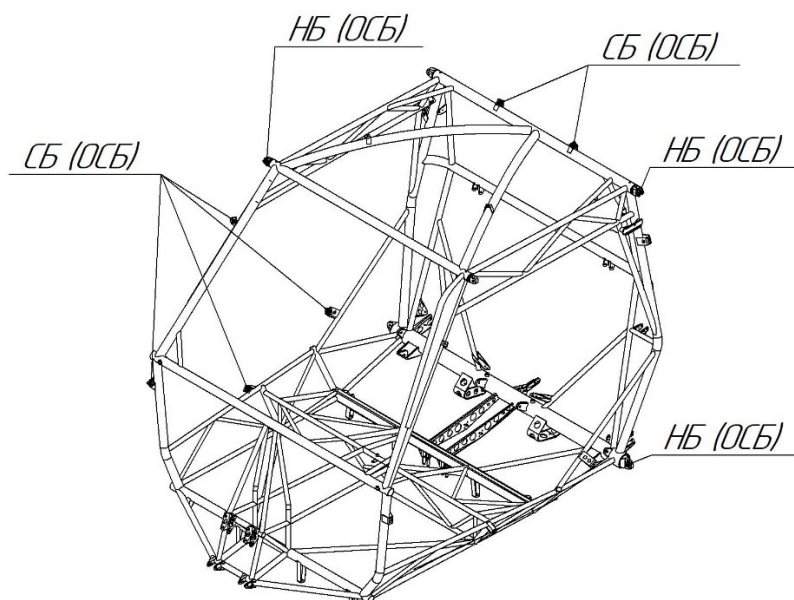


Рисунок 2.6 – Схема базування каркасу кабіни

Для композитних обшивок як НБ і СБ прийняті СО в обшивках (рисунок 2.7).

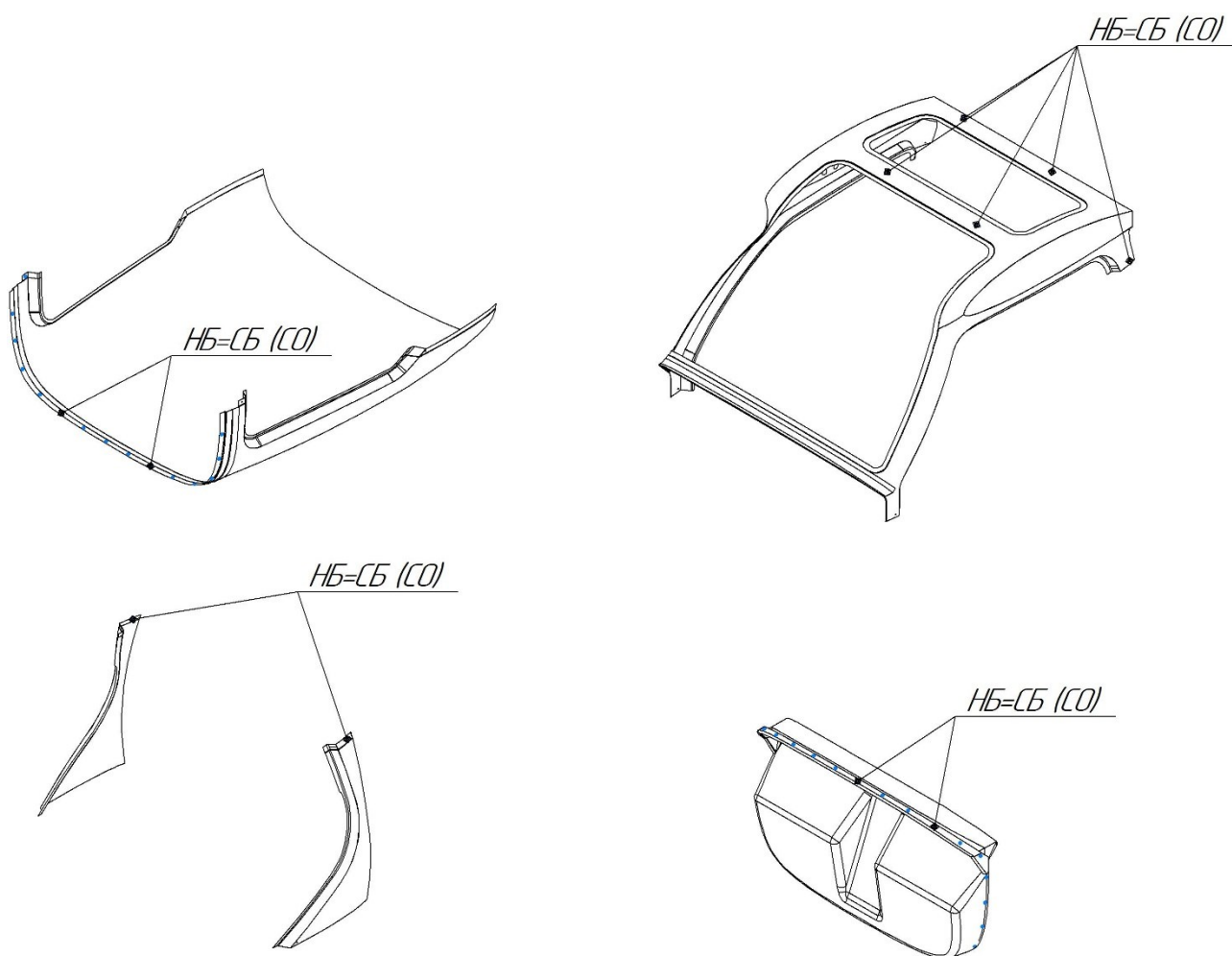


Рисунок 2.7 – Схема базування композитних обшивок

2.6 Проектування робочого технологічного процесу складання в маршрутному та операційному опису на стандартних бланках-картах з використанням типових технологічних процесів та операцій. Вибір обладнання, устаткування, інструменту

При проектуванні ТПС хвостової балки визначаються вид та кількість необхідного технологічного обладнання та оснащення для забезпечення заданого об'єму випуску, планується розміщення технологічного обладнання та потреба у виробничих площах, встановлюється кількість та кваліфікація робочої сили, потреба в енергоресурсах, заготовках та матеріалах.

Вихідними даними для проектування ТПС є робочі креслення (електронні моделі, повне електронне визначення) підбірок і деталей; ДТМ; річний об'єм випуску; дані про виробничі умови, в яких виготовлятиметься виріб.

Робочі креслення (електронні моделі, повне електронне визначення) підбірок і деталей; ДТМ дозволяють визначити основні напрями проектування ТПС і процесів виготовлення деталей, визначити послідовність їх виконання, виявити виробничо-технічні умови для їх здійснення.

Застосовувані матеріали та способи з'єднання деталей при складанні з них вузлів та відсіків, визначають характер і склад технологічного обладнання, оснащення та кваліфікацію робітників.

Річний об'єм випуску даного типу літака дуже впливає на ступінь використання найбільш виробничих методів виготовлення деталей і складання підбірок. При невеликих обсягах економічно не виправдовується широке застосування дорогого, високопродуктивного обладнання, спеціальних пристроїв та інструменту.

Складання ведеться в стапелі складання фюзеляжу.

Внаслідок того, що фюзеляж погано піддається автоматизації складальних робіт через свою форму та геометрію, то використовуються ручні засоби ведення технологічного процесу:

- 1) при встановленні та фіксації використовуються пружинні притискачі, струбцини, викрутки, торцеві ключі;
- 2) при клепанні застосовується багатоударний пневмомолоток КМП-16;
- 3) при нанесенні захисного покриття на замикаючі головки заклепок використовується ґрунт ВЛ-02;
- 4) в якості технологічного кріплення використовуються технологічні болти.

2.7 Нормування двох-трьох операцій технологічного процесу, укрупнене нормування решти операцій

При розробці ТПС фюзеляжу було враховано робочі креслення даного виробу, схема членування, послідовно-паралельна схема складання. У ТПС фюзеляжу відображена послідовність ходу складального процесу, а також вид обладнання, включені: контроль та виїмка даного виробу. Нормування операцій процесу складено з урахуванням довідкових таблиць та матеріалів заводу-виробника.

Норма часу – це час, необхідний для виконання операції мінімальною кількістю працівників.

Для нормування виберемо операцію свердління по напрямних отворах (НО) та клепання багатоударним пневмомолотком.

Норми часу візьмемо із довідника НДІАТ.

Свердління по НО отвору Ø3 мм під заклепки.

Зміст роботи:

1. взяти пневмодрель і перемістити;
2. встановити свердло в отвір;
3. свердлити;
4. вивести свердло з отвору;
5. перемістити пневмодрель і покласти на верстак.

Для свердління кількох отворів повторюватимуть пункти 2-4.

Рівняння для нормування операцій свердління:

$$T_1 = 0,015 \times D^{0,68} \times t^{0,66} + 0,04 \text{ – перший отвір,}$$

де D – діаметр отвору, t – глибина свердління;

$$T_2 = 0,015 \times D^{0,68} \times t^{0,66} \text{ – кожне наступне свердління.}$$

$$\text{Тобто } T_1 = 0,015 \times 3^{0,68} \times 2^{0,66} + 0,04 = 0,09 \text{ хв. і } T_2 = 0,015 \times 3^{0,68} \times 2^{0,66} = 0,05 \text{ хв.}$$

Клепання багатоударним пневмомолотком.

Зміст роботи:

1. взяти заклепку з жмені;
2. вставити заклепку в отвір;
3. встановити на заклепку підтримку;
4. взяти пневмомолоток та перемістити на заклепку;
5. розклепати заклепку;
6. перемістити молоток та покласти на верстак.

Норма часу на клепання визначається за такою формулою:

$$T_1 = 0,122 \times D^{0,58},$$

де D – діаметр заклепки.

Тобто $T_1 = 0,122 \times 3^{0,58} = 0,24$ хв.

Складено та нормовано ТПС хвостової балки фюзеляжу, який представлено у Додатку В.

Типові операції складання фюзеляжу:

1. Базування СЧ.
2. Фіксація СЧ.
3. Свердління.
4. Кліпання.
5. Контроль.

2.7 Технічні умови на проектування стапелю складання фюзеляжу та технічні умови на постачання складових частин

ТУ на проектування стапелю складання фюзеляжу розробляються виходячи з креслень (електронних моделей, повного електронного визначення) і ТПС агрегату.

Стапель складання є оснащенням першого порядку, куди на остаточне складання надходять окремі деталі та підзбірки, які зібрані в окремих СП.

Стапель стаціонарний, положення агрегату в стапелі – горизонтальне, донною частиною донизу. Стапель призначений для базування, фіксації деталей і підбірок та їх з'єднання.

До стапеля складання фюзеляжу надходять:

- хвостова балка;
- каркас кабіної частини;
- композитні обшивки.

Роботи у стапелі ведуться ручним механізованим інструментом. Виймання фюзеляжу проводиться вгору і вбік.

Основними технологічними базами є поверхні ложементів та рубильників, фіксатори ОСБ, а також поверхні контакту СЧ між собою.

Взаємозамінними елементами є контури, обводи, довжини, СО та ОСБ. При виготовленні та монтажі стапеля необхідні креслення (електронні моделі, повне електронне визначення) оснастки, ПК, ІС.

Технічні умови на монтаж стапеля складання фюзеляжу:

1. Заливання вилок при монтажі ложементів проводити в ІС цементом НІАТ-МЦ.
2. Монтаж фіксаторів навішування кронштейнів проводити за допомогою монтажного еталону фюзеляжу.

3. Допустимі відхилення від короблення рами у вертикальних та горизонтальних площинах не більше 3 мм на кожні 1000 мм, не більше 7 мм по всій довжині балки.

4. Граничні відхилення приварених склянок за довжиною не більш 2 мм.

5. Маркувати 104.ДП.163.16.900.000.

6. Стапель фарбувати за схемою: ґрунт ВЛ-62, емаль НЦ-132П (фісташкова) ГОСТ 6631-74.

2.8 Розробка циклового графіка складання. Розрахунки такту, циклу, потрібної кількості робітників, пристроїв

Характер циклового графіка визначається тактом випуску виробів τ . Тактом випуску називають відрізок часу між послідовним випуском з лінії (або робочого місця) наступних один за одним виробів. Величину такту знаходять за такою формулою:

$$\tau = \frac{\Phi_{\text{розр}}}{N}, \quad (2.20)$$

де $\Phi_{\text{розр}}$ – розрахунковий фонд робочого часу в певному календарному періоді;
 N – річний об'єм випуску ($N=92$ літака/рік).

Фонд робочого дня в календарному році визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{розр}} = m \times s \times t, \quad (2.21)$$

де m – кількість робочих днів у році ($m=248$ [14]);

s – кількість робочих змін на добу (приймаємо $s=1$);

t – кількість годин у зміні (приймаємо $t=8$ год).

Тоді $\Phi_r = 248 \times 1 \times 8 = 1984$ год. і $\tau = \frac{1984}{92} = 21,6$ год.

Цикловий графік характеризується також тривалістю циклу складання виробу Ц. Технологічним циклом називають робочий час, протягом якого виріб виготовляється від початку до кінця. Величина циклу складання залежить від фронду робіт та «щільності» робочого місця та визначається за формулою

$$Ц = T/n, \quad (3.3)$$

де T – трудомісткість виготовлення об'єкту;

n – кількість одночасно працюючих на складанні об'єкту.

В зв'язку з тим, що частина робіт виконується двома працівниками, а частина одним, $Ц = 785$ мин. = 13,08 год.

Виконання заданого об'єму випуску виробу має бути забезпечене необхідною кількістю пристроїв та робочих.

Потрібну кількість пристроїв визначимо за такою формулою

$$M_{\text{розр}} = \frac{T \times N}{\Phi_{\text{д. осн}} \times n}, \quad (3.4)$$

де $\Phi_{\text{д. осн}}$ – дійсний річний фонд часу оснащення ($\Phi_{\text{д. осн}} = 2080 \times 0,85 = 1768$ год.);

n – кількість робітників, які одночасно працюють на одному робочому місці (приймаємо $n=2$).

Отримуємо $M_{\text{розр}} = \frac{22 \times 92}{1768 \times 2} = 0,6$ шт. Приймаємо $M_{\text{розр}} = 1$ шт.

Цикловий графік представлений у Додатку Г.

2.9 Заходи з безпеки праці та організації робочого місця

Проектований цех складання фюзеляжу НЛА включає ділянки зварювання, складання хвостової балки, попередньої складання фюзеляжу. За санітарними нормами проектування промислових підприємств, цех, що проектується, відноситься до групи 1-а (СК 245-81).

У процесі трудової діяльності робітники піддаються впливу виробничих чинників, кожен із яких впливає його працездатність і стан здоров'я. Цей комплекс чинників заведено називати умовами праці.

Відповідно до ГОСТ 12.1.005-76 роботи, що здійснюються в цеху складання НЛА, належать до категорії середньої тяжкості.

Характерними операціями, що виконуються у процесі виробництва НЛА, є переміщення, монтаж та фіксація великогабаритних агрегатів; свердління ручним електричним інструментом; зварювання. У процесі виконання перерахованих вище операцій робітники піддаються впливу шуму, небезпеки ураження електричним струмом, небезпеки ураження очей від зварювального апарату. Крім того, при переміщенні, монтажі та фіксації великогабаритних агрегатів робітники зазнають фізичних навантажень і часто змушені працювати в незручних (обмежених позах). На ділянках цеху використовуються різні види електрообладнання, а також системи місцевого та переносного освітлення.

Таким чином, підсумовуючи вищесказане, можна відзначити, що виробничий процес, що відбувається в цеху складання НЛА, характеризується:

- впливом парів токсичних речовин (бензину, ацетону, лакофарбових матеріалів);
- тривалими фізичними навантаженнями у процесі переміщення та встановлення на стапель підзбірок літака;
- незручним (обмеженим) положенням тіла під час виконання робіт із

кріплення СЧ між собою;

- нервовими напругами, що залежать у свою чергу від м'язової напруги, шуму, складності та точності робіт;
- монотонністю робіт, що характеризуються багаторазовим повторенням операцій.

Підсумовуючи даному аналізу, напрошується висновок про необхідність розробки заходів щодо підвищення безпеки робіт та зменшення впливу шкідливих виробничих факторів на здоров'я працюючих.

Як зазначалося вище, роботи, які виробляються у цеху складання НЛА, ставляться до розряду робіт середньої тяжкості, тобто у яких виділяється понад 293 Дж/с тепла (ГОСТ 12.1.005-76). Залежно від пори року, умов ТП та ступеня тяжкості фізичної роботи, нормуються оптимальні параметри мікроклімату робочого місця: допустимі значення температури, відносної вологості для різних температур та швидкості руху повітря.

Мікроклімат у складальному цеху характеризується ДНАОП 0.03-3.15-86. Нижче наведено значення параметрів мікроклімату для цеху, де виготовляють фюзеляж:

1. На постійних робочих місцях у холодний та перехідний період року (температура зовнішнього повітря нижче $+10^{\circ}\text{C}$):

- температура повітря – $15...20^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість повітря – не більше 75 %;
- швидкість руху повітря – не більше 0,5 м/с.

2. На постійних робочих місцях у теплий період року (температура зовнішнього повітря $+10^{\circ}\text{C}$ і вище):

- температура повітря – не більше, ніж на 3°C вище за середню температуру зовнішнього повітря о 13 години дня спекотного місяця, але з більше 28°C ;
- відносна вологість повітря: при 28°C – не більше ніж 55 %, при 27°C – не більше ніж 60 %, при 26°C – не більше ніж 65 %, при 24°C – не більше ніж 75 %;
- швидкість руху повітря – $0,3...0,7$ м/с.

Нормативні параметри підтримуються в заданих межах за допомогою систем вентиляції та опалення.

Крім того, для безпечної роботи необхідне достатнє освітлення робочих місць та раціональний розподіл світла в робочій зоні, відсутність тіней та

відблисків, які позначаються на зниженні працездатності та збільшенні втомлюваності робітників.

У виробничих приміщеннях, у яких робота з моніторами та ПЕОМ є основною (диспетчерські, операторські, розрахункові, кабіни та пости управління, зали обчислювальної техніки та ін.) повинні бути забезпечені оптимальні параметри мікроклімату, за яких в умовах тривалого та систематичного впливу на людину створюються комфортні теплові відчуття задля збереження нормального теплового стану організму.

Основні параметри мікроклімату (температура повітря, вологість та швидкість руху повітря на робочому місці) повинні відповідати вимогам СН 2152-80. Крім того, необхідно забезпечити необхідні концентрації позитивних та негативних іонів у повітрі робочої зони.

Необхідні концентрації позитивних та негативних іонів у повітрі робочої зони забезпечують:

- 1) генератори негативних іонів;
- 2) встановлення штучного зволоження;
- 3) кондиціонери;
- 4) загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція;
- 5) захисні екрани, які мають бути заземлені.

Одним із важливих заходів щодо нормалізації метеорологічних умов є аерація. Однак одна аерація не може створити сприятливого мікроклімату на всіх робочих місцях, тому застосовуються системи вентиляції та місцевого повітряного душування.

За способом переміщення повітря вентиляція буває:

- природна (організована та неорганізована);
- штучна (механічна).

При неорганізованій природній вентиляції повітрообмін здійснюється за рахунок витіснення зовнішнім холодним повітрям через вікна, щілини та двері.

Механічна вентиляція усуває недоліки природної вентиляції. При механічній вентиляції повітрообмін досягається за рахунок напору, створюваного відцентровим або осьовим вентилятором.

Механічна вентиляція на вигляд буває припливною, витяжною та припливно-витяжною, по організації повітрообміну – загальною та місцевою.

Припливна вентиляція забезпечує подачу чистого повітря до приміщень.

Витяжна вентиляція призначена для видалення з приміщення нагрітого та забрудненого повітря.

Для покращення стану робочого середовища за освітленістю виходять з наступного.

Рациональне освітлення робочих та допоміжних приміщень має велике значення для нормальної та безпечної роботи підприємства.

Для безпеки роботи потрібно не тільки достатнє освітлення робочих поверхонь, але і раціональний напрямок світла, відсутність різких тіней і відблисків, які зазвичай викликають сліпучу дію і знижують працездатність.

Висвітлення у приміщеннях нашого підприємства є змішаним, тобто природним та штучним.

Природне освітлення у приміщеннях здійснюється за рахунок бічного освітлення (через вікна). При природному освітленні пристосовуються засоби сонцезахисту, що знижують перепади яскравостей між природним світлом і світленням екрану, при цьому кожне вікно забезпечується світлорозсіюючими шторами. Це потрібно для того, щоб у полі зору працівника забезпечувався відповідний розподіл яскравості.

Штучне освітлення у приміщеннях цеху здійснюється у вигляді комбінованої системи освітлення з використанням люмінесцентних джерел світла у світильниках загального освітлення. Для цього використовують люмінесцентні лампи типу ЛБ. Світильники загального освітлення розташовують над робочими поверхнями рівномірно-прямокутному порядку. Норми освітленості світильників не більше 300...500 люксів. Джерелами штучного освітлення можуть бути лампи денного світла та денного світла з покращеною передачею кольору.

До загальних заходів, спрямованих на підвищення безпеки праці робітників, слід зарахувати:

1. Періодичні інструктажі всіх працівників щодо дотримання техніки безпеки, контроль знань з техніки безпеки працівниками (ДНАОП 0.00-4.12-99).

2. Ремонт та профілактику обладнання згідно з графіком планово-попереджувального ремонту.

3. Організацію вантажопотоку, що виключає захащення проїздів та проходів цеху.

4. Відсутність у цеху складу лакофарбових та інших легкозаймистих та токсичних матеріалів.

5. Відоме всім працівникам цеху розташування та справність засобів пожежогасіння (ДНАОП 0.01-1.01-95).

6. Забезпечення робочих засобами індивідуального захисту (протигазами, респіраторами, захисними окулярами, касками) там, де це необхідно (ДНАОП 0-03.1-07-73).

7. Напруга місцевого освітлення 36 В (ДНАОП 0.00-1.21-98).

8. Наявність інструкцій з техніки безпеки на кожному робочому місці.

9. Наявність аварійних виходів та схем евакуації персоналу на випадок пожежі або іншої надзвичайної ситуації.

2.10 Проектування засобів технологічного оснащення складальних робіт

2.10.1 Вибір схеми та компоновки стапелю складання фюзеляжу

Складальне оснащення (СП, стапель) – пристрій, конструкція якого забезпечується правильне взаємне базування, фіксацію і з'єднання СЧ об'єкту складання із заданою точністю.

Безперервне підвищення вимог до точності і взаємозамінності елементів конструкції літака, зростання продуктивності праці зумовлює не тільки збільшення кількості СП, а й більш високі технічні вимоги до них.

Основні технічні вимоги:

- забезпечення заданої в ТУ точності складання Скл.Од., яка повинна бути пов'язана зі ступенем точності стапелю;
- збереження точності стапелю протягом усього періоду експлуатації;
- збереження стабільного положення базових точок, вузлів і поверхонь, заданих ТУ на складання Скл.Од. і надійність фіксації СЧ;
- сталість заданих розмірів незалежно від коливань температури;
- використання в конструкції стапелю більшої кількості стандартних елементів для здешевлення складального оснащення та скорочення термінів технологічної підготовки виробництва;
- раціональні розміри стапелю з метою кращого використання виробничих площ;
- забезпечення найбільш вільних підходів для виконання складальних робіт, хорошого освітлення, зручності використання інструменту та засобів механізації праці, а також знімання зібраного агрегату;
- дотримання правил техніки безпеки.

Конструктивні схеми стапелю обумовлені конструктивно-технологічними особливостями фюзеляжу літака. У кожному конкретному випадку їх обирають на етапі розробки ДТМ з урахуванням основних вимог, які пред'являються до складального оснащення. Для скорочення термінів та вартості проектування та

виготовлення стапелю (а також скорочення основного виробництва) елементи технологічного оснащення нормалізують.

Загалом основні частини складального оснащення такі:

1. Каркас, на якому монтують усі елементи стапелю.
2. Фіксатори та затискачі для встановлення та закріплення СЧ у складальному положенні.
3. Вузли та механізми для закладання та виймання готових виробів.
4. Засоби механізації складального оснащення.
5. Допоміжні засоби оснащення.
6. Джерела енергії.

2.10.2 Проектувальні розрахунки на міцність, жорсткість елементів конструкції стапелю складання фюзеляжу

Зазвичай каркас стапеля на міцність не розраховують, а проводять розрахунок на жорсткість. Вибір перерізів балок і колон стапеля з урахуванням необхідної жорсткості цих елементів забезпечує їх міцність [12, 13].

Мета розрахунку стапеля на жорсткість – підбір таких перерізів і розмірів елементів каркасу, при яких їх максимальні деформації від прикладених навантажень не перевищували б значень, що визначаються ТУ на вироб.

За основні вертикальні навантаження, що викликають деформації стапеля, для наближеного розрахунку приймають вагу агрегату, що збирається, рубильників, фіксаторів і допоміжних пристроїв. Крім того, враховують і випадкові навантаження, які можуть виникнути у процесі складання виробу.

Розрахункова схема каркаса стапеля для складання фюзеляжу – триопорна балка. Вважаємо балку горизонтальною, нехтуючи кутом її нахилу через незначність останнього.

Вважаємо, що загальне осьове навантаження P складається з маси фюзеляжу ($G_{\phi}=135$ кг) та суми мас рубильників стапеля. Вважаємо, що рубильники виготовлені зі алюмінієвого сплаву Д16АТ і мають наступні маси: рубильники по хвостовій балки $m_{руб.1}=6$ кг, $m_{руб.2}=5$ кг, $m_{руб.3}=3,6$ кг, $m_{руб.4}=2,1$ кг, $m_{руб.5}=1$ кг; ложементи по кабіні – приблизно рівні $m_{каб}=1$ кг. Отримуємо загалом $P=2 \times (1+2,1+3,6+5+6+3 \times 3) \times 9,81=195$ Н.

Для визначення величин деформацій балок під впливом навантаження використовують формули прогинів. Прогин балки постійного перерізу

$$f_{прог} = k_1 \frac{P \times l^3}{E \times J_x}, \quad (3.5)$$

де E – модуль пружності першого роду (для Д16АТ $E=2,1 \times 10^{11}$ Па);

l – довжина балки ($l=6$ м);

J_x – осьовий момент інерції перерізу балки;

k_1 – коефіцієнт, що залежить від характеру розподілу навантаження та способу закріплення кінцевих перерізів балки. У даному разі кінці балки слід вважати затиснутими. Тому приймаємо $k_1=0,25$ [13].

Для визначення розрахункової деформації елементів каркасу стапелю фахівцями галузі було проведено обстеження дійсних деформацій у великій кількості існуючих та нормально працюючих стапелів, при цьому було встановлено, що для нормальної роботи стапеля допустима величина згинальної деформації від змінного навантаження, що дорівнює 0,1 мм.

Знаючи прогин балки $f_{\text{прог}}=0,1$ мм визначимо $E \times J_x$:

$$J_x = k_1 \frac{P \times l^3}{E \times f_{\text{прог}}} = 0,25 \times \frac{195 \times 6^3}{2,1 \times 10^{11} \times 1 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^{-4} \text{ м}^4.$$

Для профілю сталевго гнutoго замкнутого звареного квадратного за ГОСТ 30245-2012 за цим значенням вибираємо переріз балки: $h=250$ мм, $b=250$ мм, $t=6$ мм, $J_x=5,671 \times 10^{-4} \text{ м}^4$ (рисунок 2.8).

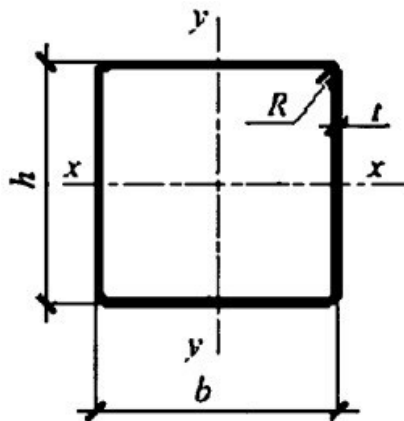


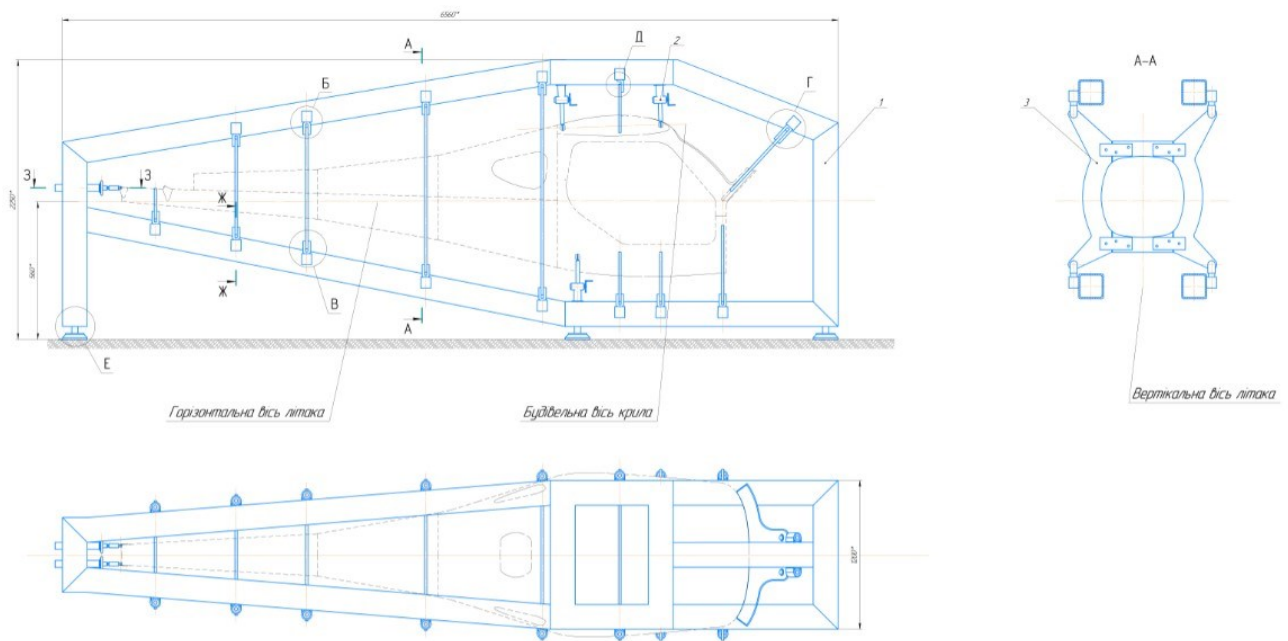
Рисунок 2.8 – Переріз профілю сталевго гнutoго замкнутого звареного квадратного за ГОСТ 30245-2012

2.10.3 Конструювання стапелю складання фюзеляжу

Конструктивно стапель для складання фюзеляжу складається з наступних основних елементів: каркаса, фіксаторів ОСБ, рубильників, упорів, стандартних виробів (рисунок 2.9). Фіксатори ОСБ, рубильники забезпечують взаємне розташування СЧ об'єкту складання. Оскільки вони визначають правильність

установки, задану точність і взаємозамінність виробу, що виробляється, то до жорсткості їх і точності монтажу на каркасі пред'являються підвищені вимоги. Для забезпечення необхідної точності установки фіксаторів застосовується монтажний еталон, а для виготовлення наставних елементів – ВЧПК.

Складальне креслення стапеля складання фюзеляжу наведено у Додатку Д.



1 – рама; 2 – фіксатор КФО; 3 – рублильник

Рисунок 2.9 – Стапель складання фюзеляжу НЛА

2.10.4 ТУ на проектування та монтаж стапелю для складання фюзеляжу

ТУ на проектування складального стапелю є одним з основних вихідних матеріалів для проектування стапелю. Добре підготовлені вихідні матеріали служать основою створення високоякісних конструкцій складального оснащення, значно скорочують терміни і трудомісткість проектування та виготовлення стапелю.

ТУ на проектування стапелю розробляються виходячи з креслень і ТП складання агрегату.

ТУ проектування стапелю складання фюзеляжу НЛА такі:

1. Призначення стапелю: для складання фюзеляжу НЛА.
2. Положення агрегату, що складається в стапелі – горизонтальне, донною частиною донизу.

3. Перелік підбірок та деталей у порядку технологічної послідовності складання: хвостова балка, каркас кабіної частини, нижня обшивка, верхня обшивка, бічна обшивка, протипожежна перегородка. Подача всіх деталей

(підзбірок) у стапель – зверху. Зібраний фюзеляж виймається зі стапелю вгору і вбік.

4. Основні технологічні бази – поверхні ложементів та рубильників, фіксатори ОСБ, СО а також поверхні сполучення СЧ між собою (див. рисунки 2.5–2.7).

5. Взаємозамінними елементами є контури, обводи, довжини, СО та ОСБ.

6. При виготовленні та монтажу стапеля необхідні креслення або ПЕВ ЗТО, ПК, ІС.

6. Механізація ТП складання: зважаючи на простоту агрегату та його невеликих габаритів не будемо застосовувати механізацію елементів стапелю та механізацію складальних операцій. Для транспортування фюзеляжу по цеху використовується кран-балка.

ТУ на монтаж стапеля складання фюзеляжу:

1. Заливання вилок для рубильників проводити в ІС цементом НІАТ-МЦ.

2. Монтаж фіксаторів навішування кронштейнів (фіксаторів ОСБ) проводити за допомогою ІС.

3. Допустимі відхилення за рахунок короблення рами у вертикальних та горизонтальних площинах не більше 3 мм на кожні 1000 мм, не більше 7 мм по всій довжині балки.

4. Граничні відхилення приварених стаканів по довжині не більш ± 2 мм.

5. Маркувати 104.ДП.153.16.900.000.

6. Стапель фарбувати за схемою: ґрунт ВЛ-62, емаль НЦ-132П (фісташкова) ГОСТ 6631-74.

2.10.5 Розробка укрупненого технологічного процесу монтажу стапелю складання фюзеляжу

Укрупнений ТП монтажу стапелю складання фюзеляжу має наступні операції.

1. Зварити раму стапелю згідно складального креслення стапелю. Контроль геометрії рами й якості зварювальних швів БТК.

2. Встановити раму стапелю на стіл ІС, встановити вилки під рубильники та фіксатори ОСБ в стакани і залити цементом НІАТ-МЦ, витримати від заливання до розфіксування 7...12 хв.

3. Встановити комплект рубильників на вилки по МО, фіксувати технологічними штирями.

4. Витягти стапель з ІС.

8. Контроль БТК.

Монтаж та контроль стапелю проводити за ОСТ 1.51732-81 «Приспособление для сборки изделий. Изготовление и монтаж. Технические требования». Пристосування фарбувати емаллю ХВ-16 ТУ6-10-1301-83 – зелена.

2.11 Розробка конструкції представника оснастки другого порядку (монтажного еталона фюзеляжу)

Методи виготовлення складального оснащення відрізняються кількістю, видом і вартістю коштів, що визначають точність настановних баз стапеля. Ці засоби є оснащенням для виготовлення складального оснащення і називаються оснащенням другого порядку. Воно може бути спеціальним (шаблони пристрою, калібри та контр-калібри роз'ємів та стиків, контретапони, монтажні еталони, монтажні плити) та універсальні (ІС, ПК, оптичні та лазерні прилади). Оснащенням другого порядку в даному випадку був обраний монтажний еталон фюзеляжу, який призначений для монтажу стапелю складання фюзеляжу, тому він виготовляється з більш високою точністю, повинен мати підвищену жорсткість, і виконується за конструкторським кресленням цього оснащення. Креслення монтажного еталону фюзеляжу надано в Додатку Е.

2.12 Планування робочого місця

Планування робочого місця має сприяти економії рухів у роботі та забезпечувати зручність підходів до всього обладнання, розміщеного на робочому місці (останнє необхідно також при ремонті), у той же час воно має бути компактным, а робоче місце повинне займати якнайменше виробничої площі.

За характером виконуваного трудового процесу робочі місця агрегатно-складальних цехів відносять до частково механізованих із застосуванням пневматичного та електрифікованого інструменту.

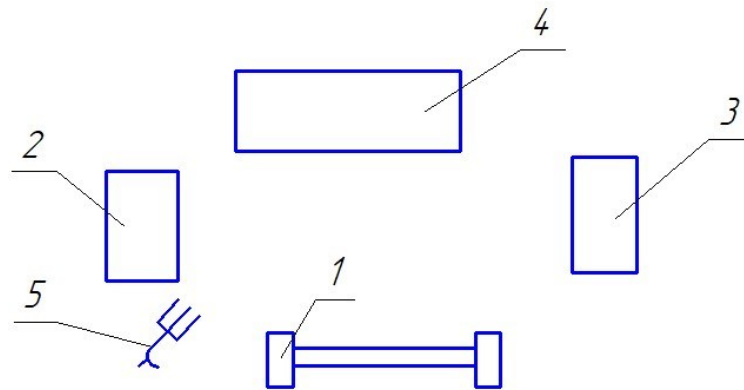
Місце складання оснащують наступними ЗТО:

- а) стапелем складання фюзеляжу;
- б) верстатами для підготовчих та позастапельних робіт;
- в) допоміжним обладнанням, що використовується при складанні (козелками, підставками та ін.);
- г) стелажами для зберігання деталей;
- д) повітро- та електропроводкою для підключення механізованого інструменту;
- е) підйомно-транспортними пристроями для закладання та вилучення деталей;

ж) комплектом інструменту для складальних робіт (ключами, викрутками, свердлами, механічними гайковертами, дрелами пневматичними та ін.).

Місця розташування електророзеток і забірних клапанів повітряної мережі для підключення пневмоінструменту повинні бути якомога ближче до робочих зон. Робочий інструмент повинен бути скомплектований за видами роботи, що виконується, і повинен зберігатися в інструментальній скриньці.

Спрощена схема робочого місця слюсаря-складальника наведена на рисунку 2.10.



1 – стапель; 2 – верстат для підготовчих робіт з комплектом інструментів для складальних робіт; 3 – стелажі для зберігання СЧ; 4 – стелаж для готових виробів; 5 – джерело енергії для підключення механізованого інструменту

Рисунок 2.10 – Спрощена схема робочого місця слюсаря-складальника

Контроль якості робіт ведуть без відриву основних робітників від процесу складання. Для отримання високої продуктивності праці слюсаря-складальника необхідно забезпечити якісне опалення, вентиляцію, освітлення, санітарно-технічні умови цеху.

Висновки по розділу 2

В результаті виконання проекту на підставі матеріалів отримано наступні результати:

- розроблено й обґрунтовано схеми конструктивно-технологічного членування, схеми складання та ув'язування фюзеляжу надлегкого літака, розраховано похибки складання по обводам;
- розраховано похибки складання по обводах фюзеляжу,
- розроблено директивні технологічні матеріали (на підставі точностних і економічних розрахунків обрано і обґрунтовано схема і метод складання, схема ув'язування СЧ фюзеляжу й ЗТО;
- розроблено робоча технологічна документація на складання

(спроектовано техпроцес, пронормовано технологічні операції свердлення отворів за НО та kleпання багатоударним kleпальним молотком, розроблено циклової графік складання);

- виконано технологічні розрахунки цеху складання фюзеляжу надлегкого літака;

- виконано проектування стапелю складання фюзеляжу надлегкого літака;

- розроблено укрупнений ТП монтажу стапелю складання фюзеляжу;

- розроблено представник оснащення другого порядку – монтажний еталон стапелю складання фюзеляжу;

- виконано планування робочого місця слюсаря-складальника.

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Визначення основних техніко-економічних показників цеха

3.1.1 Визначення фонду оплати праці

Розрахунок заробітної плати виробничих робітників

Фонд заробітної плати (далі – ФЗП) розраховується за категоріями персоналу: окремо для основних виробничих робітників, для допоміжних робітників, для керівників, спеціалістів, службовців та обслуговуючого персоналу.

При розрахунку ФЗП приймається загальноприйнята структура: розподіл фондів на пряму та додаткову зарплату.

Розрахунок ФЗП основних виробничих робітників

Необхідні дані для розрахунку фонду оплати основних виробничих робітників було розраховано раніше (див. технологічний розділ) та зведено до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані визначення ФЗП основних виробничих робітників

Розряд робітників R	Кількість робітників r, люд.	Годинна ставка $C_{\text{год}}$, грн/люд.×год.	Річна $T_{\text{рік}}$, нормо×год.	$\Phi_{\text{д}}$, год.
6	10	92	21 120	1840

Пряма заробітна плата основних виробничих робітників (далі – ПЗПОР) розраховується за формулою

$$\text{ПЗПОР} = \bar{C}_{\text{год}} \times T_{\text{год}} \times \left(1 + \frac{\bar{k}_{\text{ут}} + \bar{k}_{\text{нт}}}{100}\right), \quad (3.1)$$

де $\bar{C}_{\text{час}}$ – годинна ставка з відрядних робіт, грн/люд.×год.;

$T_{\text{рік}}$ – трудомісткість (відрядних та погодинних) робіт у планованому періоді, нормо×год.;

$\bar{k}_{\text{ут}}$, $\bar{k}_{\text{нт}}$ – середні за цехом нормативи доплат за умови та інтенсивність праці, % ($\bar{k}_{\text{ут}}=8\%$, $\bar{k}_{\text{нт}}=8\%$).

$$\text{ПЗПОР} = 92 \times 21\,120 \times \left(1 + \frac{8+8}{100}\right) = 2\,253\,926,4 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата основних робітників (ДЗОР) без урахування премій за підсумками роботи розраховується за формулою

$$\text{ДЗОР} = \text{ПЗПОР} \times \frac{k_{\text{варт}} + k_{\text{доб}} + k_{\text{міс}}}{100}, \quad (3.2)$$

де $k_{\text{варт}}$, $k_{\text{доб}}$, $k_{\text{міс}}$ – прийняті нормативи варткових, добових і місячних доплат, % ($k_{\text{варт}} = 10\%$, $k_{\text{доб}} = 12\%$, $k_{\text{міс}} = 16\%$).

$$\text{ДЗПОР} = 2\,253\,926,4 \times \frac{10+12+16}{100} = 856\,492,03 \text{ грн.}$$

Тоді ФЗП основних робітників становить

$$\text{ФЗПОР} = 2\,253\,926,4 + 856\,492,03 = 3\,110\,418,43 \text{ грн.}$$

Розрахунок ФЗП допоміжних працівників

Заробітна плата допоміжних робітників розподіляється за статтями кошторису витрат на утримання та експлуатацію обладнання та кошторису цехових витрат. Тому її визначають кожної професії допоміжних робочих окремо.

Пряма заробітна плата допоміжних робітників (ПЗПДР)

$$\text{ПЗПДР} = n_i \times C_{\text{год}} \times \Phi_d \times \left(1 + \frac{k_{\text{ут}_i} + k_{\text{ит}_i}}{100}\right), \quad (3.3)$$

де n_i – кількість допоміжних робітників i -ї професії;

$C_{\text{год}}$ – годинна ставка допоміжного робітника i -ї професії, грн/люд.×год.;

Φ_d – річний дійсний фонд часу робітників i -ї професії, год.;

$\bar{k}_{\text{ут}}$, $\bar{k}_{\text{нт}}$ – нормативи доплат за умови та інтенсивність праці допоміжного робітника i -ї професії, %.

Додаткова заробітна плата допоміжних робітників (ДЗПДР)

$$\text{ДЗПДР} = \text{ПЗПДР} \times \frac{k_{\text{варт}} + k_{\text{доб}} + k_{\text{міс}}}{100}, \quad (3.4)$$

Дані розрахунку занесено до таблиці 3.2.

Розрахунок фонду оплати праці керівників, спеціалістів, службовців, молодшого обслуговуючого персоналу

Пряма заробітна плата цих категорій розраховується за такою формулою:

$$\text{ПЗП}_i = n_i \times O_i \times \Phi_d \times \left(1 + \frac{k_{\text{ут}_i}}{100}\right), \quad (3.5)$$

де n_i – чисельність працівників на i -й посаді, люд.;

O_i – годинна ставка або оклад робітника на i -й посаді, грн/люд.×год.;

Φ_d – річний дійсний фонд часу робітника на i -й посаді, год.;

$k_{\text{ут}_i}$ – нормативи доплат за умови праці, %.

Таблиця 3.2 – Розрахунок ФОП допоміжних робітників

Найменування професії	Кількість робітників	Розряд R	Місячний оклад або погодинна ставка	Φ_d	Кут, %	Кіт, %	ПЗВР, грн	$k_{\text{варт}}, \%$	$k_{\text{доб}}, \%$	$k_{\text{міс}}, \%$	ДЗВР, грн	Повна заробітна плата, грн
Слюсар з обслуговування обладнання	2	6	8	1840	8	6	33 576,9	10	12	16	12 761,7	46 338,6
Електромонтер	2	6	8	1840	8	6	33 576,9	10	12	16	12 761,7	46 338,6
Комірник ІРК та роздавач креслень	2	-	8	1840	4	4	31 806,9	10	12	16	12 089,1	43 896,0
Комплектувальник виробничих складів	2	-	8	1840	4	4	31 806,9	10	12	16	12 089,1	43 896,0
Транспортні робітники	2	-	6	1840	4	4	23 859,6	10	12	16	10 655,4	32 922,0
Прибиральник и цеху	2	-	6	1840	3	3	23 417,1	10	12	16	8 894,25	32 311,35
Контролер	2	-	10	1840	4	4	35 789,4	10	12	16	13 602,45	49 383,0
Разом	14						213 833,7				82 853,7	295 059,0

Додаткова заробітна плата керівників, спеціалістів, службовців та МОП розраховується за формулою

$$\text{ДЗП}_i = \text{ПЗП}_i \times \frac{k_{\text{варт}} + k_{\text{доб}} + k_{\text{міс}}}{100}, \quad (3.6)$$

Дані розрахунку занесено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок ФОП керівників, спеціалістів, службовців та МОП

Посада	Кількість, люд.	Φ_d , міс.	O_i , грн	$k_{ут, \%}$	ПЗП _i , грн	$k_{варт, \%}$	$k_{доб, \%}$	$k_{міс, \%}$	ДЗП _i , грн	Повна заробітна плата, грн
Начальник цеху	1	11	3 000,0	10	38 115,0	10	12	16	14 481,0	52 596,0
Заступник начальника цеху	1	11	2 700,0	8	34 218,0	10	12	16	13 005,0	47 214,0
Начальник техбюро	1	11	2 500,0	8	32 076,0	10	12	16	12 186,0	44 262,0
Начальник ПДБ	1	11	2 500,0	8	32 076,0	10	12	16	12 186,0	44 262,0
Начальник БТЗ	1	11	2 500,0	8	32 076,0	10	12	16	12 186,0	44 262,0
Начальник БТК	1	11	2 500,0	8	32 076,0	10	12	16	12 186,0	44 262,0
Разом керівників	6				200 610,0				76 230,0	276 840,0
Технолог	2	11	2 200,0	8	28 872,0	10	12	16	10 971,0	39 834,0
Інженер з інструменту	1	11	2 200,0	8	26 730,0	10	12	16	10 161,0	36 891,0
Програміст-електронник	1	11	2 200,0	8	27 801,0	10	12	16	10 566,0	38 367,0
Плановик	1	11	2 100,0	6	24 138,0	10	12	16	9 171,0	33 309,0
Майстер	1	11	2 100,0	6	24 138,0	10	12	16	9 171,0	33 309,0
Диспетчер	1	11	2 100,0	6	24 138,0	10	12	16	9 171,0	33 309,0
Технік за матеріалами	1	11	2 100,0	6	24 138,0	10	12	16	9 171,0	33 309,0
Нормувальник	1	11	2 100,0	6	24 138,0	10	12	16	9 171,0	33 309,0
Економіст	1	11	2 500,0	6	31 482,0	10	12	16	11 961,0	43 443,0
Контрольний майстер	1	11	2 100,0	6	22 041,0	10	12	16	8 370,0	30 411,0
Разом фахівців	11				257 580,0				97 927,0	355 500,0
Нарядник	1	11,3	1 900,0	5	22 428,0	10	12	16	8 521,2	30 942,0
Обліковець	1	11,3	1 900,0	5	22 428,0	10	12	16	8 521,2	30 942,0
Архіваріус	1	11,3	1 900,0	5	22 428,0	10	12	16	8 521,2	30 942,0
Завгосп	1	11,3	1 500,0	5	20 286,0	10	12	16	7 710,3	27 999,0
Разом службовців	4				87 570,0				3 327,3	120 870,0
Прибиральник	4	11,3	1 000,0	5	42 714,0	10	12	16	16 227,0	58 941,0
Гардеробник	1	11,3	1 000,0	5	10 683,0	10	12	16	4 058,1	14 733,0
Разом МОП	5		2 000,0		53 397,0				20 286,0	73 674,0
Разом	26				625 860,0				119 790,0	745 650,0

3.1.2 Визначення первинної вартості виробничих фондів цеху

Визначення первинної вартості обладнання

Первинна вартість обладнання розраховується за наступною формулою:

$$C_{\text{обл}} = 1,1 \sum C_i \times n_i \times (1 + k_{\text{тр}}), \quad (3.7)$$

де C_i – оптова ціна одиниці обладнання i -го виду, грн/шт.;

n_i – прийнята кількість обладнання i -го виду, шт.;

$k_{\text{тр}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування та монтаж обладнання (для покупного обладнання можна прийняти $k_{\text{тр}}=0,1$ [17]).

В цеху передбачено наступне обладнання: свердлильний верстат JET JDP-15B вартістю 38 150 грн, точильний верстат Dnipro-M BG-20X в кількості 2 шт. по 2 799 грн/шт., плита повірочна чавунна 300x200 вартістю 12 816 грн, верстат слюсарний Stw 325/1800 у кількості 5 шт. по 10 816 грн, підйомно-транспортний пристрій 2 шт. по 14 700 грн/шт. [20]:

$$C_{\text{обл}} = 1,1 \times (38\,150 + 2\,799 \times 2 + 12\,816 + 10\,816 \times 5 + 14\,700 \times 2) \times (1 + 0,1) = 169\,453,24 \text{ грн.}$$

Витрати на спеціальне оснащення визначаються за формулою

$$C_{\text{спецосн}} = C_{\text{спецосн}} / n, \quad (3.8)$$

де $C_{\text{спецосн}}$ – повна первісна вартість спеціального оснащення у цеху, грн;

n – кількість років, за які списуються витрати на спеціальне оснащення, $n=1\dots 2$ роки [17].

У цеху складання хвостового відсіку встановлено 6 СП, ціни яких становлять

$$C_{\text{СП (каркас кабіни)}} = 25\,000 \text{ грн; } C_{\text{СП (хв. балки)}} = 35\,000 \text{ грн; } C_{\text{стапель}} = 90\,000 \text{ грн.}$$

Витрати на спеціальне оснащення

$$C_{\text{СП (каркас кабіни)}} = 25\,000 / 2 = 12\,500 \text{ грн; } C_{\text{СП (хв. балки)}} = 35\,000 / 2 = 17\,500 \text{ грн;}$$

$$C_{\text{стапель}} = 90\,000 / 2 = 45\,000 \text{ грн.}$$

Загальна ціна обладнання складає

$$C_{\text{обл } \Sigma} = C_{\text{обл}} + C_{\text{спецосн}} = 169\,453,24 + 12\,500 + 17\,500 + 45\,000 = 244\,453,24 \text{ грн.}$$

Визначення ціни будівлі цеху

Необхідні дані для визначення ціни будівлі цеху:

$$V_{\text{вироб}} = 3\,117 \text{ м}^3; V_{\text{корп}} = 1\,082 \text{ м}^3.$$

Початкову вартість будівлі розраховують за такою формулою:

$$V_{\text{буд}} = V_{\text{корп}} \times C_{\text{корп}} + V_{\text{пр}} \times C_{\text{пр}}, \quad (3.9)$$

де $V_{\text{корп}}$, $V_{\text{пр}}$ – об'єми займані у виробничому корпусі та прибудові до нього;

$C_{\text{корп}}$, $C_{\text{пр}}$ – вартість 1 м³ виробничого корпусу та прибудови.

Приблизні вартості 1 м³ виробничих корпусів та прибудов до них з урахуванням витрат на влаштування системи опалення, освітлення, водопостачання, фундаментів під обладнання взято з [16, 17].

$$V_{\text{буд}} = 1\,082 \times 150 + 3\,117 \times 200 = 785\,700 \text{ грн.}$$

Початкова вартість вимірювальних та регулюючих приладів

Для складального цеху початкову вартість вимірювальних та регулюючих приладів можна прийняти 3 % від загальної ціни робочого обладнання цеху $C_{\text{обл } \Sigma}$ [17]:

$$C_{\text{вим. пр}} = 0,03 \times C_{\text{обл } \Sigma} = 0,03 \times 244\,453,24 = 7\,333,60 \text{ грн.}$$

Початкова вартість інструментів та пристроїв

Приймаємо її рівною 15% від $C_{\text{обл } \Sigma}$:

$$C_{\text{інстр}} = 0,15 \times C_{\text{обл } \Sigma} = 0,15 \times 244\,453,24 = 36\,668 \text{ грн.}$$

Початкова вартість господарського інвентарю

Приймаємо її рівною 3 % від $C_{\text{обл } \Sigma}$:

$$C_{\text{госп. інв}} = 0,03 \times C_{\text{обл } \Sigma} = 0,03 \times 244\,453,24 = 7\,333,60 \text{ грн.}$$

3.1.3 Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

Величину річних амортизаційних відрахувань звітного періоду визначають шляхом застосування норм амортизації та балансової вартості груп основних фондів на початок звітного періоду за формулою

$$A_i = \frac{H_{ai}}{100} \times C_{\delta i}, \quad (3.10)$$

де H_{ai} – норма амортизації з i -ї групи основних фондів;

$C_{\delta i}$ – балансова вартість i -ї групи основних фондів на початок звітного періоду, грн.

Річні амортизаційні відрахування та залишкову вартість основних фондів занесемо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Основні фонди цеху та їх амортизаційний фонд

№	Види капіталу	Початкова вартість, грн	Норма амортизаційних відрахувань, %	Річні амортизаційні відрахування, грн
1	Будинки	785 700,0	5	39 290,0
2	Устаткування	244 453,2	15	36 667,0
3	Вимірювальні та регулюючі прилади	7 333,6	25	1 833,4
4	Інструменти та пристрої	36 668,0	25	9 167,0
5	Господарський інвентар	7 333,6	25	1 833,4
Разом		1 081 488,4		

3.1.4 Розрахунок нормативів непрямих витрат на утримання обладнання та управління цехом підприємства

Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію обладнання

Кошторис витрат на утримання та експлуатацію обладнання складається з низки статей.

Стаття перша. Враховує амортизаційні відрахування на робоче обладнання та цехові транспортні засоби, вимірювальні прилади, інструменти та пристрої.

Загальну суму амортизаційних відрахувань за перерахованими фондами цеху визначають за формулою

$$A_{\Sigma} = \Sigma \frac{H_{ai}}{100} \times C_{\delta i}. \quad (3.11)$$

Стаття друга. Враховує витрати на експлуатацію обладнання:

1) матеріали для утримання обладнання приймаємо у розмірі 500 грн/рік на одне робоче місце.

2) заробітна плата та відрахування до фондів 37,5 % від фонду заробітної плати допоміжних робітників, зайнятих поточним обслуговуванням обладнання. Відрахування на соціальне страхування визначається повною заробітною платою допоміжних робітників, включеної за цією статтею.

3) інші витрати приймаємо у розмірі 2 % від суми перерахованих вище витрат за статтею.

Стаття третя. Враховує витрати цеху на поточний ремонт виробничого обладнання, цехових транспортних засобів та інструментів:

1) матеріали, напівфабрикати прийняті у розмірі 3 % від первинної вартості обладнання, цехових транспортних засобів та цінного інструменту;

2) заробітна плата та відрахування на соцстрахування допоміжних робітників свого цеху, зайнятих ремонтом.

3) вартість послуг інших цехів з поточного ремонту прийнята у розмірі 3 % від первинної вартості обладнання, транспортних засобів та цінного інструменту.

Стаття четверта. Враховує витрати на внутрішньозаводське переміщення вантажів.

Заробітна плата та відрахування до фондів транспортних робітників свого цеху.

Інші послуги становлять 50 % від фонду заробітної плати транспортних робітників.

Стаття п'ята. Враховує витрати на відшкодування зносу та відновлення малоцінних та швидкозношуваних інструментів.

Витрати на допоміжні матеріали прийнято у розмірі 160 грн на 1000 нормо-годин.

Витрати на оплату послуг інших цехів прийнято у розмірі 50 грн на 1000 нормо-год.

Стаття шоста. Враховує інші витрати цеху на утримання та експлуатацію обладнання, прийнятих у розмірі 5 % від суми витрат за попередніми статтями.

Розрахунки за статтями занесено у таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію обладнання

№ статті	Найменування статей витрат	Елементи витрат					Загальна сума, грн
		Допоміжні матеріали, грн	Заробітна плата, грн	Відрахування до фондів, грн	Амортизаційні відрахування, грн	Послуги інших цехів, грн	
1	Амортизація обладнання, транспортних засобів, вимірювальних приладів, інструменту та пристроїв	—	—	—	88 790,8	—	88 790,8

2	Утримання та експлуатація обладнання	5 000,0	295 059,0	110 647,1	–	14 427,0	425 133,1
3	Поточний ремонт обладнання	7 333,6	125 599,2	47 099,7	–	1 430,0	181 462,5
4	Внутрішньозаводські переміщення вантажів	–	32 922,0	12 345,8	–	16 461,0	61 728,8
5	Відшкодування зносу та відновлення малоцінних інструментів та пристроїв	3 379,0	–	–	–	1 056,0	4 435,0
6	Інші витрати	–	–	–	–		38 077,5
Усього витрати		15 712,6	453 580,2	170 092,6	88 790,8	33 374,0	761 550,2

Норматив витрат на утримання та експлуатацію обладнання

$$H_{BVEO} = \left(\frac{BVEO}{ПЗПОР} \right) \times 100\% = \left(\frac{761550,2}{2253926,4} \right) \times 100\% = 33,8\%.$$

де *BVEO* – усі витрати на утримання та експлуатацію обладнання;

ПЗПОР – пряма заробітна плата основних робітників за період, на який розраховувалися *BVEO*.

Розрахунок витрат на управління цехом

Кошторис витрат на управління цехом складається з кількох статей.

Стаття перша. Враховує витрати на утримання управлінського персоналу цеху: заробітну плату та відрахування на соціальне страхування керівників, спеціалістів (за винятком працівників технологічного бюро цеху), службовців та МОП.

Стаття друга. Враховує витрати на заробітну плату та відрахування на соціальне страхування працівників технологічного бюро цеху та допоміжних робітників не пов'язаних з експлуатацією та обслуговуванням обладнання.

Стаття третя. Враховує амортизаційні відрахування по будинках, спорудах, цінному та господарському інвентарю.

Стаття четверта. Враховує витрати цеху на утримання будівель, споруд, цінного та господарського інвентарю.

1) витрати на опалення, вентиляцію, освітлення будівель, водопостачання та каналізацію приймаємо у розмірі 10 % вартості будівлі цеху;

2) витрати на утримання будівель у чистоті приймаємо у розмірі 1 % вартості будівлі цеху.

Стаття п'ята. Враховує витрати на поточний ремонт будівель та споруд. Приймаємо 3 % вартості будівлі цеху.

Стаття шоста. Враховує витрати на випробування, досліди та дослідження. Приймаємо у розмірі 590 грн на рік на одного працівника цеху.

Стаття сьома. Враховує витрати на охорону праці та промислову санітарію. Приймаємо у розмірі 150 грн на одного працюючого цеху.

Стаття восьма. Враховує витрати на відшкодування зносу малоцінного інвентаря, що швидко зношується. Приймаємо 100 грн на одного працівника.

Стаття дев'ята. Враховує інші витрати загальноцехового призначення. Приймаємо у розмірі 5 % від суми попередніх статей цехових витрат.

Склад статей витрат за управління цехом представлено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Розрахунок витрат на управління цехом

№ статті	Найменування статей витрат	Елементи витрат						Загальна сума, грн
		Допоміжні матеріали, грн	Заробітна плата, грн	Відрахування на соцстрахування, грн	Паливо, енергія, стиснене повітря, грн	Амортизаційні відрахування, грн	Послуги інших цехів та інші витрати, грн	
1	Зміст апарату управління	—	276 840,0	103 815,0	—	—	—	380 655,0
2	Зміст іншого персоналу	—	468 810,0	175 803,8	—	—	—	644 613,8
3	Амортизація будівель, споруд та інвентарю	—	—	—	—	88 790,8	—	88 790,8
4	Утримання будівель, споруд та інвентарю	—	—	—	78 570,0	—	—	78 570,0
5	Поточний ремонт будівель та споруд	—	—	—	—	—	23 571,0	23 571,0
6	Випробування, дослідження, раціоналізація, винахідництво	—	—	—	—	—	15 340,0	15 340,0
7	Охорона праці та промислова санітарія	—	—	—	—	—	3 900,0	3 900,0
8	Відшкодування зносу малоцінного	—	—	—	—	—	2 600,0	2 600,0

	інвентарю							
9	Інші витрати загальноцехового призначення	–	–	–	–	–	61 902,0	61 902,0
	Всього:	–	745 650,0	279 618,8	78 570,0	88 790,8	107 313,0	1 299 942,6

Норматив витрат на управління цехом

$$H_{\text{ВУЦ}} = \left(\frac{\text{ВУЦ}}{\text{ПЗПОР}} \right) \times 100\% = \left(\frac{1299942,6}{2253926,4} \right) \times 100\% = 57,7\%,$$

де ВУЦ – загальні витрати на управління цехом.

3.1.5 Розрахунок кошторису витрат на виробництво та визначення повної собівартості одиниці виробу

Стаття 1. Розрахунок витрат на сировину, матеріали та комплектуюче обладнання

Вартість основного матеріалу на одиницю продукції визначається за такою формулою:

$$C_{\text{м}} = 1,05 \times H_{\text{м}} \times \text{Ц}, \quad (3.12)$$

де $H_{\text{м}}$ – норма витрат матеріалу, яка розраховується за формулою

$$H_{\text{м}} = \frac{G}{\text{КВМ}} = \frac{135}{0,8} = 168,75 \text{ кг},$$

G – маса готового виробу ($G=135$ кг);

Ц – середня вартість 1 кілограма матеріалів (приймаємо 250 грн/кг).

Тоді $C_{\text{м}} = 1,05 \times 168,75 \times 250 = 44\,297$ грн.

Стаття 2. Пряма заробітна плата основних робітників

Пряма заробітна плата основних робітників складає (див. п. 3.1.1) ПЗПОР=2 253 926,4 грн.

Стаття 3. Додаткова заробітна плата основних робітників

Додаткова заробітна плата основних робітників складає (див. п. 3.1.1) складає ДЗПОР=856 492,0 грн.

Стаття 4. Відрахування на соціальне страхування основних робітників

Відрахування на соціальне страхування основних робітників визначається за такою формулою:

$$P_{\text{соцстрах}} = (\text{ПЗПОР} + \text{ДЗПОР}) \times \frac{H_{\text{ор}}}{100}, \quad (3.13)$$

де $H_{\text{ор}}$ – норматив обов'язкових відрахувань на соціальне страхування ($H_{\text{ор}}=37,5\%$).

Тоді $P_{\text{соцстрах}} = (2\,253\,926,4 + 856\,492,0) \times \frac{37,5}{100} = 1\,166\,406,9$ грн.

Стаття 5. Витрати на підготовку та освоєння виробництва

При укрупнених розрахунках величину цих витрат можна прийняти рівної 10 % від суми матеріальних витрат і прямої заробітної плати виробничих робітників по даному виробу:

$$\begin{aligned} P_{\text{пов}} &= (\text{ПЗПОР} + \text{ДЗПОР}) \times 10\% = \\ &= (2\,253\,926,4 + 856\,492,0) \times 0,1 = 311\,041,8 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Стаття 6. Зношування спеціального інструменту та спеціальних пристроїв

Зношування спецоснащення, що списується на собівартість j -го виробу за 1 рік визначається за формулою

$$P_{\text{спецосн}_j} = Z_{\text{спецосн}_j} / N_{\text{вип}_j}, \quad (3.14)$$

де $Z_{\text{спецосн}_j}$ – витрати на спецоснащення, що використовується для виготовлення j -го виробу, що включаються до річного кошторису витрат на виробництво, грн;

$N_{\text{вип}_j}$ – річна програма випуску j -го виробу, шт.

$$P_{\text{спецосн}_j} = Z_{\text{спецосн}_j} / N_{\text{вип}_j}, \quad (3.15)$$

Тобто $P_{\text{спецосн}_j} = (25\,000 + 35\,000 + 90\,000) / 96 = 1\,562,5$ грн.

Стаття 7. Витрати на обов'язкове медичне страхування

Витрати на обов'язкове медичне страхування розраховуються за наступною формулою:

$$P_{\text{страх}_j} = \text{ПЗПОР}_j \times \frac{H_{\text{страх}}}{100}, \quad (3.16)$$

де $H_{\text{страх}}$ – норматив на обов'язкове медичне страхування, встановлений за результатами розрахунку річного кошторису витрат за виробництво (37,5 %).

Тобто $P_{\text{страх}_j} = 2\,253\,926,4 \times \frac{37,5}{100} = 845\,222,4$ грн.

Стаття 8. Витрати на обов'язкове страхування майна

Витрати на обов'язкове страхування майна підприємства, що припадають на j -й виріб, розраховуються за формулою

$$P_{\text{страх. майна}_j} = \text{ПЗПОР}_j \times \frac{H_{\text{страх. майна}}}{100}, \quad (3.17)$$

де $H_{\text{страх. майна}}$ – норматив обов'язкового страхування майна підприємства, встановлений за результатами розрахунку річного кошторису витрат за виробництво (6,5 %).

Тобто $P_{\text{страх. майна}_j} = 2\,253\,926,4 \times \frac{6,5}{100} = 146\,505,2$ грн.

Стаття 9. Загальнозаводські витрати

Загальнозаводські витрати, що припадають на j -й виріб, визначається за формулою

$$P_{\text{страх. майна}_j} = \text{ПЗПОР}_j \times \frac{N_{\text{загальнозавод}}}{100}, \quad (3.18)$$

де $N_{\text{загальнозавод}}$ – норматив на загальнозаводські витрати, одержані як результат розрахунку відношення суми цих витрат на виробництво до фонду прямої заробітної плати виробничих робітників (65 %).

Тобто $P_{\text{страх. майна}_j} = 2\,253\,926,4 \times \frac{65}{100} = 1\,465\,052,2$ грн.

Стаття 10. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання розраховуються за формулою

$$P_{\text{екс. обл}_j} = \text{ПЗПОР}_j \times \frac{N_{\text{екс. обл}}}{100}, \quad (3.19)$$

де $N_{\text{екс. обл}}$ – норматив витрат на утримання та експлуатацію обладнання (59 %)

$$P_{\text{екс. обл}_j} = 2\,253\,926,4 \times \frac{59}{100} = 1\,329\,816,6 \text{ грн.}$$

Стаття 11. Витрати на управління цехом

Витрати на управління цехом розраховуються за формулою

$$P_{\text{упр}} = \text{ПЗПОР}_j \times \frac{N_{\text{упр}}}{100}, \quad (3.20)$$

де $N_{\text{упр}}$ – норматив витрат на управління цехом (49,1 %).

Тобто $P_{\text{упр}} = 2\,253\,926,4 \times \frac{49,1}{100} = 1\,106\,677,9$ грн.

Після визначення всіх статей витрат розрахунки занесемо до таблиці 3.7.

Якщо до виробничих витрат додати позавиробничі витрати, отримаємо повну собівартість виробу. (Величина позавиробничих витрат становить 3 % виробничої собівартості виробу).

Інші витрати становлять 5,2 % від виробничої собівартості. Прибуток дорівнює 26 % повної собівартості.

Ціна виробу дорівнює сумі повної собівартості та прибутку.

Таблиця 3.7 – Калькуляція повної собівартості виробництва

№	Статті робіт	Витрати, грн
1	Основні матеріали	44 297,0
2	ПЗПОР	2 253 926,4
3	ДЗПОР	856 492,0
4	Соціальне страхування	1 166 406,9
5	Підготовка та освоєння виробництва	311 041,8
6	Зношування інструменту	1 562,5
7	Медичне страхування	845 222,4
8	Обов'язкове страхування майна	146 505,2
9	Загальнозаводські витрати	1 465 052,2
	Виробнича собівартість	7 090 506,4
10	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	1 329 816,6
11	Витрати на управління цехом	1 106 677,9
9	Інші витрати	368 706,3
10	Позавиробничі витрати	212 715,2
14	Повна собівартість	3 386 622,3
15	Прибуток	880 521,8
16	Ціна виробу	4 267 144,1

3.1.6 Техніко-економічні показники цеху

Техніко-економічні показники розраховуються наступним чином:

1. Річний прибуток від реалізації продукції визначають множенням річної програми випуску виробу на відпускну ціну виробу.

2. Кошторис витрат за виробництво береться з результатів відповідних розрахунків.

3. Балансовий прибуток розраховується як різниця між річним доходом від продукції і повної собівартості річного випуску продукції.

4. Середню місячну заробітну плату працівника i -ї категорії розраховується за формулою

$$\overline{ЗП}_{\text{міс}_i} = \frac{\text{ФОП}_{\text{міс}_i}}{12 \times n_i}, \quad (3.21)$$

де $\text{ФОП}_{\text{міс}_i}$ – річний фонд оплати праці працівників i -ї категорії, грн.;

n_i – кількість працівників i -ї категорії, люд.

5. Виробіток на одного працівника характеризує рівень продуктивності праці та визначають розподілом річного доходу від реалізації продукції на кількість працівників підприємства.

6. Фондовіддачу обчислюють розподілом річного випуску продукції на вартість основних фондів підприємства.

7. Рентабельність капіталу визначають розподілом балансового прибутку на суму вартості основних фондів та величини нормованих оборотних коштів.

8. Рентабельність обороту розраховують розподілом балансового прибутку на річний прибуток від продукції.

9. Оборотність капіталу обчислюють розподілом річного доходу від продукції на суму вартості основних фондів і величини нормованих оборотних коштів.

10. Прибутковість розраховують розподілом річного доходу від продукції на повну собівартість річного випуску продукції.

Після розрахунку всі техніко-економічні показники підприємства зведені до таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Техніко-економічні показники цеху

№	Показник	Одиниця вимірювання	Величина
1	Річний прибуток від реалізації	грн	409 645 833,6
2	Кошторис витрат за виробництво	грн	3 386 622,3
3	Балансовий прибуток	грн	406 259 211,3
4	Вартість основних фондів	грн	1 081 488,4
5	Чисельність працівників	люд.	40
6	Річний фонд оплати праці	грн	4 151 127,4
7	Площа будівлі підприємства	м ²	432,91
8	Середня місячна зарплата:		
	а) основних робітників	грн	31 104,2
	б) допоміжних робітників	грн	21 075,6
	в) ІТП та менеджерів	грн	39 229,0
	г) службовців	грн	30 217,5
	д) молодший обслуговуючий персонал	грн	14 734,8
9	Продуктивність праці	грн/люд.	17 610,4
10	Фондовіддача	грн/грн	1,7
11	Рентабельність обороту	грн/грн	0,99
12	Прибутковість	грн/грн	120,96

3.1.7 Визначення точки беззбитковості

Проектування цеху завершується розрахунком техніко-економічних показників. Показники за призначенням поділяються на постійні та змінні.

Точка беззбитковості – це мінімальний розмір партії своєї продукції, у якому забезпечується «нульова прибуток» (тобто прибуток від продажу дорівнює витратам виробництва). Визначається аналітично за формулою:

$$N = \frac{\Pi}{Ц - B_{зм}}. \quad (3.22)$$

Постійні витрати визначають за кошторисом витрат на виробництво річного обсягу робіт. Вони включають такі витрати: на утримання та експлуатацію обладнання, цехові, загальнозаводські, спеціальні, позавиробничі та інші: $\Pi = 14\,475\,551,8$ грн.

Змінні витрати (питомі) $B_{зм}$ встановлюють за статтями калькуляції собівартості виробу. До них входять усі статті калькуляції, які враховані у постійних витратах. Для розрахунків використовують калькуляцію при повному освоєнні виробництва виробів та виході підприємства на проектну потужність: $B_{зм} = 3\,145\,008,3$ грн.

$$\text{Тоді } N = \frac{14\,475\,551,8}{4\,267\,144,1 - 3\,145\,008,3} = \frac{14\,475\,551,8}{1\,122\,135,8} = 12,9 \text{ виробів.}$$

Приймаємо $N = 13$ виробів, тобто при випуску понад 13 виробів виробництво стає беззбитковим.

На рисунку 3.1 показано графік беззбитковості.

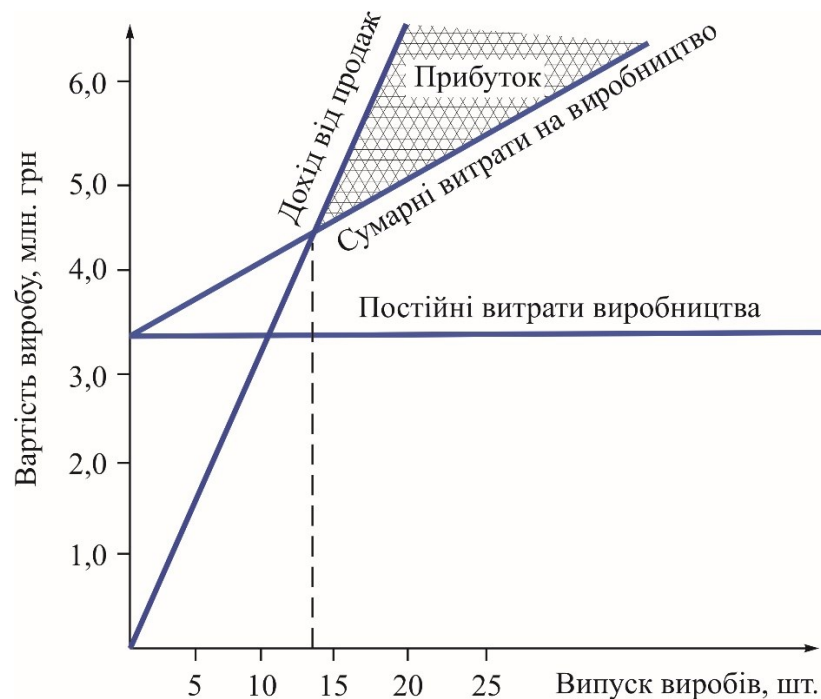


Рисунок 3.1 – Точка беззбитковості

Висновки по розділу 3

В результаті виконання проекту на підставі матеріалів отримано наступні результати:

1. Цех складання фюзеляжу проектувався виходячи із об'єму випуску 96 виробів на рік. Для сталої роботи цеху та заводу загалом ця програма теоретично виправдана. Попит на літаки цього типу та їх модифікації досить великий.

2. В результаті розрахунків економічної частини було визначено фонд оплати праці цеху, розраховані нормативи непрямих витрат на утримання і експлуатацію устаткування, управління цехом підприємства. Здійснено розрахунок кошторису витрат на виробництво та повну собівартість виробу. Визначено техніко-економічні показники цеху.

3. Аналітичним і графічним способом визначено мінімальний розмір партії продукції, у якому забезпечується «нульовий прибуток», тобто точка беззбитковості: з випуску понад 13 виробів на рік виробництво стає беззбитковим.

4 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

Експериментальні дослідження адгезії шару ґрунтовки та лакофарбового покриття на зразках з алюмінієвих сплавів Д16АТ та 2024Т3

Метою досліджень було встановлення причин поганої адгезії ґрунту ВЛ-02 з деталями з алюмінієвого сплаву SHEET 2024Т3 ALCLAD (далі – алюмінієвий сплав 2024Т3) при ґрунтуванні по активованій поверхні (рисунок 4.1).

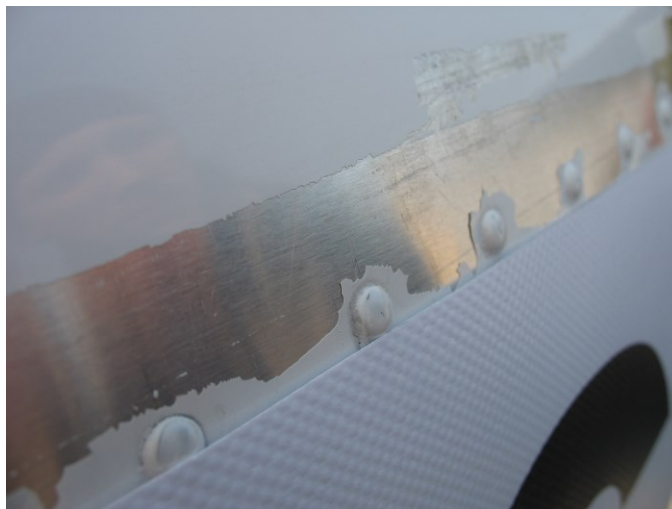


Рисунок 4.1 – Відшарування ґрунтовки ВЛ-02 від поверхні обшивки з алюмінієвого сплаву 2024Т3

Для порівняння поряд із зразками, виконаними за технологією компанії Flight Design, були випробувані зразки з лакофарбовими покриттями, виконаними за іншими схемами та з використанням інших матеріалів (всього випробувано зразки 7 схем та 2 матеріалів пластин).

4.1 Матеріали, що використовувались для проведення експериментів

Для проведення досліджень компанією Flight Design було надано:

1) пластини з алюмінієвого сплаву Д16АТ (ГОСТ 21631-76) розміром 300×210 мм та товщиною 0,4 мм (2 шт.); розміром 300×160 мм та товщиною 0,5 мм (2 шт.); розміром 200×200 мм та товщиною 0,5 мм (1 шт.).

2) пластини з алюмінієвого сплаву 2024Т3 (ГОСТ 21631-76) розміром 300×300 мм та товщиною 0,8 мм (2 шт.); розміром 300×300 мм та товщиною 0,4 мм (2 шт.); розміром 300×260 мм та товщиною 0,5 мм (2 шт.); розміром 200×200 мм та товщиною 0,5 мм (1 шт.).

3) ґрунтовка ВЛ-02 (ГОСТ 12707-77) з окисником;

4) лак білий глянсовий Wöropur-Decklack glänzend із отверджувачем Wöropur 58213 та розріджувачем Wöropur 28758. Процентний склад лаку представлений у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Процентний склад лаку

Базовий матеріал, Wöropur-Decklack, g	Затверджувач Wöropur 58213, g	Σ базовий матеріал + отверджувач, g	Розріджувач Wöropur 28758, g	Σ загальна маса, g
100±2	20	120±2	35	155±2

Для порівняльного аналізу було виконано експерименти на матеріалах та за базовою технологією Харківського державного авіаційного виробничого підприємства (далі – ХДАВП):

- 1) ґрунтовка ЭП-0215 (ТУ 6-10-1966-84);
- 2) емаль ЭП-140 сіро-блакитна (ГОСТ 24709-81);
- 3) ґрунтовка Aerodur S 15/60 фірми AkzoNobel (Нідерланди);
- 4) емаль Aerodur C 21/100 UVR фірми AkzoNobel (Нідерланди).

Дослідженням піддавали лакофарбові покриття, виконані за технологією компанії Flight Design та за базовою технологією ХДАВП, що відповідає ТИ 16-646-02Х «Окраска наружной поверхности изделий Ан полиуретановыми эмалями» та ОПИ-348-89Х «Защитные покрытия изделия «72», «74» и их модификаций».

Технологія компанії Flight Design (з прикладу фарбування композитної деталі) представлена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Технологія фарбування композитної деталі

№ оп.	Зміст операції	Звернути увагу
		При роботі дотримуватись заходів безпеки згідно з інструкцією №700.100. Перед виконанням фарбування перевіряти відповідність бирки на банку необхідному для даної операції лакофарбовому матеріалу, герметичність упаковки. Не допускається застосування матеріалу з терміном придатності, що минув.
1	Підготувати деталь до фарбування: – видалити з поверхонь	Непрошпакльовані та непоґрунтовані місця, сторонні частки на поверхні деталі, що фарбується, не допускаються.

№ оп.	Зміст операції	Звернути увагу
	деталі пил та забруднення за допомогою сухого чистого ганчір'я; – продути деталь стисненим повітрям; – знежирити поверхню деталі.	
2	Перевірити технічний стан камери для фарбування: – освітленість робочого місця; – чистоту в фарбувальній камері, відсутність пилу та забруднення; – чистоту шлангів, фарбувального пістолета; – функціонування компресора; – стан фільтруючих елементів; – справність замикаючих пристроїв та ущільнювального профілю дверей; – справність електропроводки та заземлення.	Умови навколишнього середовища у фарбувальній камері повинні бути: – температура навколишнього повітря не менше +10 °С; – відносна вологість повітря трохи більше 75 %. Світильники повинні бути очищені від пилу. У струмені застосовуваного для фарбування стисненого повітря наявність крапель олії, води не допускається. Тиск у пневмомережі має бути не менше 0,6 МПа. Двері фарбувальної камери повинні вільно зачинятися і відчинятися. Замки дверей повинні забезпечувати щільне прилягання профілю ущільнювача до лицьової поверхні камери по всьому периметру. Електропроводка та захисне заземлення не повинні мати механічних пошкоджень, порушень ізоляції.
3	Контрольна точка: Контролює підготовку деталі до фарбування.	Подальшу роботу проводити тільки після проведення контролю підготовки деталі та фарбувальної камери для фарбування.
4	Приготувати фарбу.	При приготуванні фарби забезпечити співвідношення компонентів згідно з таблицею 41. Допустиме відхилення мас при змішуванні компонентів фарби, затверджувача та розріджувача – ± 2 %. Для дозування компонентів за масою використовувати ваги. Для дозування компонентів за обсягом використовувати мірну лінійку. При приготуванні: – спочатку змішувати фарбу та затверджувач; – лише потім додавати розріджувач, якщо додавання розріджувача передбачено постачальником матеріалів. При змішуванні компонентів керуватися

№ оп.	Зміст операції	Звернути увагу
		«Схемою змішування компонентів».
5	Нанести на поверхню деталі перший шар підготовленої фарби за допомогою пістолета.	При фарбуванні розташовувати фарбуємую поверхню вертикально. При неможливості розташувати поверхню вертикально, допускається фарбування деталі в горизонтальному положенні. При фарбуванні виробів для літаків типу «Classic Light» наноситься мінімальна кількість фарби, яка необхідна для забезпечення однорідності кольору зовнішньої поверхні деталі. Подальшу роботу проводити через 15-20 хв.
6	Поступово нанести на поверхню деталі другий шар фарби за допомогою фарбувального пістолета.	При фарбуванні розташовувати фарбуємую поверхню вертикально. При неможливості розташувати поверхню вертикально, допускається фарбування деталі в горизонтальному положенні.
7	Виконати сушіння фарбованої деталі в сушильній камері (у фарбувальній камері).	При температурі навколишнього повітря понад 20 °С сушіння пофарбованої деталі дозволяється виконувати в камері для фарбування, якщо протягом часу сушіння не планується фарбування іншої деталі в цій камері. При температурі зовнішнього повітря нижче 20 °С або у разі виробничої необхідності (для скорочення часу сушіння) сушіння деталі виконувати у сушильній камері. Температура сушіння для пофарбованих виробів: фюзеляж, двері, багажні лючки, приладова дошка має бути не більше 30 °С, для інших пофарбованих виробів – не більше 40 °С. Капоти відсіку двигуна, приладова дошка протягом усього часу сушіння повинні перебувати на своїх штатних технологічних ложементів. Час сушіння виробу залежить від температури навколишнього середовища: при 20 °С час сушіння становить не менше 12 годин, при температурі 30 °С – не менше 8 годин, при температурі 40 °С – не менше 4 годин.
8	Контрольна точка: Контроль якості фарбування деталей.	Контроль проводити лише після висихання фарби. Фарба повинна поступово покривати поверхню деталі. Не повинно бути незабарвлених місць, потіку фарби та сторонніх частинок у шарі фарби.

4.2 Підготовка зразків для перевірки адгезії

1. Здійснити миття поверхні зразків розчинником Р-5А (ГОСТ 7827-74) до видалення маркування та всіляких забруднень.

2. Виконати фарбування зразків згідно зі схемами Технічного завдання (далі – ТЗ):

Схема І (анодування + ґрунтовка (компанії Flight Design) + фарба (компанії Flight Design)). Зразок № 1 – листовий матеріал Д16АТ; зразок № 5 – листовий матеріал 2024Т3

ТП фарбування:

- 1) анодування;
- 2) приготування ґрунтовки та фарби для зразків;
- 3) витримування після приготування ґрунтовки та фарби протягом 30 хв.;
- 4) нанесення ґрунтовки ВЛ-02 на поверхню зразків;
- 5) витримування після нанесення ґрунтовки 5-10 хв.;
- 6) нанесення першого шару фарби на поверхню зразків;
- 7) витримування після нанесення першого шару фарби 15-20 хв.;
- 8) нанесення другого шару фарби на поверхню зразків;
- 9) сушіння при 20 °С протягом 12 годин (згідно до ТП компанії Flight Design);
- 10) перевірка на адгезію.

Схема ІІ (хімічне оксидування + ґрунтовка (компанії Flight Design) + фарба (компанії Flight Design)). Зразок № 2 – листовий матеріал Д16АТ; зразок № 6 – листовий матеріал 2024Т3

ТП фарбування:

- 1) хімічне оксидування;
- 2) приготування ґрунтовки та фарби для зразків;
- 3) витримування після приготування ґрунтовки та фарби протягом 30 хв.;
- 4) нанесення ґрунтовки ВЛ-02 на поверхню зразків;
- 5) витримування після нанесення ґрунтовки 5-10 хв.;
- 6) нанесення першого шару фарби на поверхню зразків;
- 7) витримування після нанесення першого шару фарби 15-20 хв.;
- 8) нанесення другого шару фарби на поверхню зразків;
- 9) сушіння при 20 °С протягом 12 годин (згідно до ТП компанії Flight Design);
- 10) перевірка на адгезію.

Схема III (активація + ґрунтовка (компанії Flight Design) + фарба (компанії Flight Design)). Зразок № 3 – листовий матеріал Д16АТ; зразок № 7 – листовий матеріал 2024ТЗ

ТП фарбування:

- 1) зачищення зразків шліфувальним папером № 4;
- 2) промивання зачищеної поверхні розчинником Р-5А;
- 3) сушіння на відкритому повітрі протягом 5-10 хв.;
- 4) знежирення бензином БР-1 (С2-80/120);
- 5) сушіння на відкритому повітрі протягом 5-10 хв.;
- 6) нанесення ґрунтовки ВЛ-02 на поверхню зразків;
- 7) витримування на відкритому повітрі після нанесення ґрунтовки ПЛ-02 протягом 5-10 хв.;
- 8) нанесення першого шару фарби на поверхню зразків;
- 9) витримування після нанесення першого шару фарби протягом 15-20 хв.;
- 10) нанесення другого шару фарби на поверхню зразків;
- 11) сушіння при 20 °С протягом 12 годин (згідно до ТП компанії Flight Design);
- 12) перевірка на адгезію.

Схема IV (активація + ґрунтовка (ХДАВП) + фарба (ХДАВП)). Зразок № 4 – листовий матеріал Д16АТ; зразок № 8 – листовий матеріал 2024ТЗ

ТП фарбування:

- 1) зачищення зразків шліфувальним папером № 4;
- 2) промивання зачищеної поверхні розчинником Р-5А;
- 3) сушіння на відкритому повітрі протягом 5-10 хв.;
- 4) знежирення бензином БР-1 (С2-80/120);
- 5) сушіння на відкритому повітрі протягом 5-10 хв.;
- 6) нанесення ґрунтовки ХДАВП на поверхню зразків;
- 7) витримування на відкритому повітрі після нанесення ґрунтовки ХДАВП протягом 30 хв.;
- 8) сушіння у спеціальній сушильній камері при температурі 110 °С протягом 30 хв.;
- 9) нанесення першого шару фарби ХДАВП на поверхню зразків;
- 10) витримування на відкритому повітрі після нанесення першого шару фарби протягом 40 хв.;
- 11) нанесення другого шару фарби ХДАВП на поверхню зразків;

12) витримування на відкритому повітрі після нанесення другого шару фарби протягом 30 хв.;

13) сушіння у спеціальній сушильній камері при температурі 110 °C протягом 30 хв.;

14) перевірка на адгезію.

Схема V (базова технологія ХДАВП). Зразок №9 – листовий матеріал 2024ТЗ

ТП фарбування:

- 1) анодування;
- 2) нанесення ґрунтовки ХДАВП на поверхню зразків;
- 3) витримування на відкритому повітрі протягом 30 хв.;
- 4) сушіння у спеціальній сушильній камері при температурі 110 °C протягом 30 хв.;
- 5) нанесення ґрунтовки ХДАВП базової схеми фарбування на поверхню зразків;
- 6) витримування на відкритому повітрі протягом 60 хв.;
- 7) нанесення першого шару фарби ХДАВП базової схеми фарбування на поверхню зразків;
- 8) витримування на відкритому повітрі після нанесення першого шару фарби ХДАВП протягом 120 хв.;
- 9) нанесення другого шару фарби ХДАВП базової схеми фарбування на поверхню зразків;
- 10) сушіння при температурі не нижче 13 °C протягом 72 годин;
- 11) перевірка на адгезію.

Схема VI (активація + ґрунтовка (компанії Flight Design) + базова технологія ХДАВП). Зразок № 10 – листовий матеріал 2024ТЗ

ТП фарбування:

- 1) зачищення зразків шліфувальним папером № 4;
- 2) промивання зачищеної поверхні розчинником Р-5А;
- 3) сушіння на відкритому повітрі протягом 5-10 хв.;
- 4) знежирення бензином БР-1 (С2-80/120);
- 5) сушіння на відкритому повітрі протягом 5-10 хв.;
- 6) нанесення ґрунтовки Замовника ВЛ-02 на поверхню зразків;
- 7) витримування на відкритому повітрі після нанесення ґрунтовки Замовника ПЛ-02 протягом 30 хв.;

- 8) нанесення ґрунтовки ХДАВП базової схеми фарбування на поверхню зразків;
- 9) витримування на відкритому повітрі протягом 60 хв.;
- 10) нанесення першого шару фарби ХДАВП базової схеми фарбування на поверхню зразків;
- 11) витримування на відкритому повітрі після нанесення першого шару фарби ХДАВП протягом 120 хв.;
- 12) нанесення другого шару фарби ХДАВП базової схеми фарбування на поверхню зразків;
- 13) сушіння при температурі не нижче 13 °С протягом 72 годин;
- 14) перевірка на адгезію.

Схема VII (хромування (компанії Flight Design) + ґрунтовка (компанії Flight Design) + фарба (компанії Flight Design)). Зразок № 11 – листовий матеріал Д16АТ; зразок № 12 – листовий матеріал 2024Т3

ТП фарбування:

- 1) хромування (виконано компанією Flight Design);
- 2) приготування ґрунтовки та фарби для зразків;
- 3) витримування після приготування ґрунтовки та фарби протягом 30 хв.;
- 4) нанесення ґрунтовки ВЛ-02 на поверхню зразків;
- 5) витримування після нанесення ґрунтовки 5-10 хв.;
- 6) нанесення першого шару фарби компанії Flight Design на поверхню зразків;
- 7) витримування після нанесення першого шару фарби 15-20 хв.;
- 8) нанесення другого шару фарби компанії Flight Design на поверхню зразків;
- 9) сушіння при 20 °С протягом 12 годин (ТП компанії Flight Design);
- 10) перевірка на адгезію.

4.3 Визначення адгезії методом паралельних надрізів

Перевірка адгезії методом паралельних надрізів виконано відповідно до ГОСТ 15140-78 «Матеріали лакофарбові. Методи визначення адгезії».

Сутність методу

Сутність методу полягає у нанесенні на готове лакофарбове покриття паралельних надрізів та візуальній оцінці стану покриття за трибальною системою.

Апаратура та матеріали

Пластини з алюмінієвого сплавів Д16АТ розміром 300×210 мм та товщиною 0,4 мм (зразки № 1, 4); розміром 300×160 мм та товщиною 0,5 мм (зразки № 2, 3); розміром 200×200 мм та товщиною 0,5 мм (зразок № 11).

Пластини з алюмінієвого сплаву 2024Т3 розміром 300×300 мм та товщиною 0,8 мм (зразки № 5, 10); розміром 300×300 мм та товщиною 0,4 мм (зразки № 8, 9); розміром 300×260 мм та товщиною 0,5 мм (зразки № 6, 7); розміром 200×200 мм та товщиною 0,5 мм (зразок №12).

Ріжучий інструмент: лезо для гоління в тримачі будь-якого типу; одно- або багатолезовий ніж з кутом заточування ріжучої частини 20-30° та кромкою леза товщиною 0,05-0,10 мм.

Пристрій для нанесення надрізів типу АД-3 за ТУ 6-23-9-89, що включає шаблон для нанесення надрізів та різальний інструмент.

Лінійка металева або шаблон з пазами розташованими на відстані 2 мм один від одного.

Пензлик волосяний, плоский, м'який, шириною не менше 10 мм; довжина волосся щонайменше 15 мм.

Прилад для виміру товщини покриттів з похибкою виміру не більше 10 %.

Лупа з 2,5-4-х збільшенням.

Стрічка липка на поліетилентерефталатній основі.

Підготовка до випробування

Підготовку зразків та нанесення випробуваного лакофарбового матеріалу на підготовлені зразки проводять за п. 4.2.

Проведення випробування

Адгезію із застосуванням липкої стрічки визначають на двох паралельних зразках і не менше ніж на трьох ділянках кожного зразка. На кожній ділянці поверхні зразка на відстані від краю пластини не менше 10 мм роблять не менше п'яти паралельних надрізів завдовжки не менше 20 мм до металу на відстані 2 мм один від одного за допомогою ріжучого інструменту.

Перпендикулярно надрізам накладають смужку липкої стрічки розміром 10×100 мм і щільно притискають її, залишаючи один кінець смужки неприклеєним.

Швидким рухом стрічку відривають перпендикулярно покриття. Адгезію за методом паралельних надрізів оцінюють за трибальною шкалою (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2

Бал	Опис поверхні лакофарбового покриття після нанесення надрізів та зняття липкої стрічки	Зовнішній вигляд покриття
11	Краї надрізів гладкі	
21	Незначне відшаровування плівки по ширині смуги вздовж надрізів (не більше 0,5 мм)	
31	Відшаровування покриття смугами	

3.5. Обробка результатів

Після нанесення надрізів для видалення шматочків покриття, що відшарувалися, проводять м'яким пензлем по поверхні решітки в діагональному напрямку по п'ять разів у прямому і зворотному напрямку.

Переведення чотирибальної шкали в шестибальну шкалу для оцінки адгезії методом паралельних надрізів наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Чотирибальна шкала	Шестибальна шкала
1	0
2	1
3	2, 3
4	4, 5

За результат випробування приймають значення адгезії в балах, що відповідає більшості збігаються значень, визначених на всіх випробуваних ділянках поверхні двох зразків; при цьому розбіжність між значеннями має перевищувати 1 бал.

При розбіжності значень адгезії, що перевищує 1 бал, випробування повторюють на тій же кількості зразків і приймають середнє заокруглене значення, отримане за чотирма зразками, за остаточний результат.

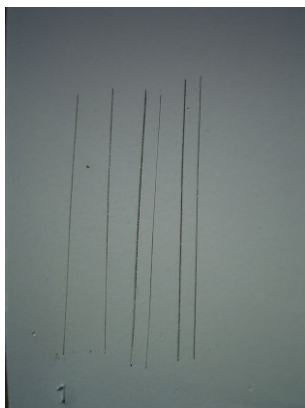
За рівної повторюваності двох значень адгезію оцінюють за більшим значенням.

Випробування проводились у лабораторії неметалів відділу 061 ХДАВП. Результати випробувань наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Результати випробувань

Схема фарбування		№ зразка	Матеріал зразка	Оцінка, балів
№ схеми	зміст операцій			
I	анодування + ґрунтовка (компанії Flight Design) + фарба (компанії Flight Design)	1	Д16АТ	11
		5	2024Т3	11
II	хімічне оксидування + ґрунтовка (компанії Flight Design) + фарба (компанії Flight Design)	2	Д16АТ	11
		6	2024Т3	11
III	активація + ґрунтовка (компанії Flight Design) + фарба (компанії Flight Design)	3	Д16АТ	11
		7	2024Т3	11
IV	активація + ґрунтовка (ХДАВП) + фарба (ХДАВП)	4	Д16АТ	11
		8	2024Т3	11
V	базова технологія ХДАВП	9	2024Т3	11
VI	активація + ґрунтовка (компанії Flight Design) + базова технологія ХДАВП	10	2024Т3	11
VII	хромування (компанії Flight Design) + ґрунтовка (компанії Flight Design) + фарба (компанії Flight Design)	11	Д16АТ	11
		12	2024Т3	11

На рисунку 4.2 наведено фото зразків після проведення випробувань.



Зразок 1



Зразок 2



Зразок 3



Зразок 4

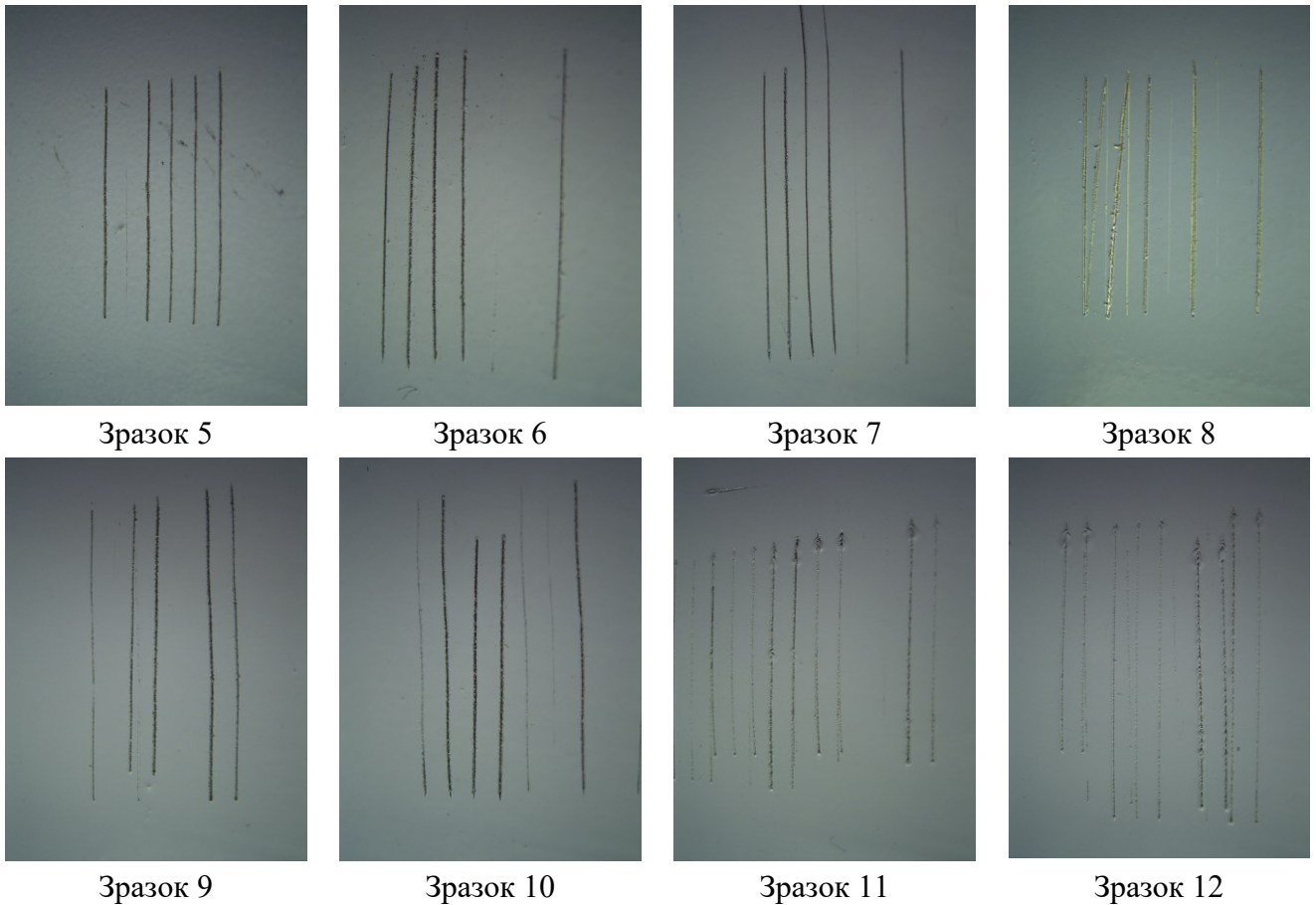


Рисунок 4.2 – Фото зразків після проведення випробувань на адгезію

Висновки по розділу 4

З наведених результатів випробувань на адгезію методом паралельних надрізів можна зробити такі висновки:

1. Усі схеми фарбування за дотримання відповідної технології забезпечують вищий бал на адгезію, тобто добру адгезію ґрунтовки та лакофарбового покриття з пластинами з алюмінієвих сплавів Д16АТ та 2024Т3.

2. Причини відшаровування ґрунтовки ВЛ-2 слід шукати в порушенні технології фарбування (поганого очищення, поганого знежирення поверхні під фарбування; відсутність суворого контролю матеріалів, що надходять; недотримання режимів сушіння і т.д.) на підприємстві.

3. Конкретні причини браку можуть бути встановлені лише після поопераційного контролю ТП фарбування за умов виробництва компанії Flight Design.

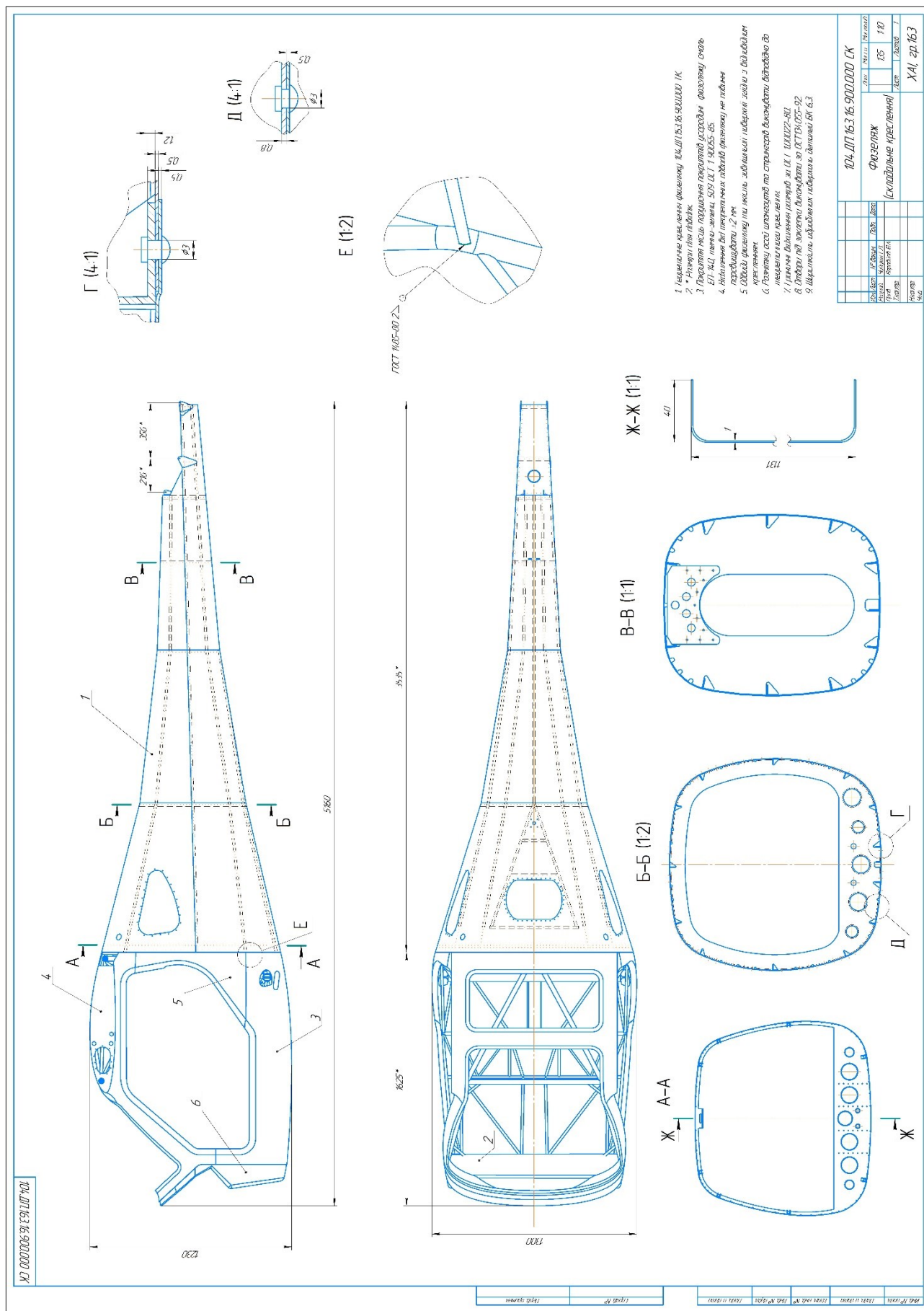
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Gudmundsson S. General Aviation Aircraft Design. Applied Methods and Procedures. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2014. 1034 p.
2. Torenbeek E. Advanced aircraft design: Conceptual design, analysis, and optimization of subsonic civil airplanes. Chichester : John Wiley and Sons, 2013. 440 p.
3. Anderson J. D. Aircraft Performance. New York : McGraw-Hill, 1999. 580 p.
4. Raymer D. P. Aircraft design: A conceptual approach. 6th ed. Los Angeles : American Institute of Aeronautics & Asst, 2018. 1062 p.
5. Bayerl, Robby; Martin Berkemeier; et al: World Directory of Leisure Aviation 2011-12, page 51. WDLA UK, Lancaster UK, 2011.
6. Tacke, Willi; Marino Boric; et al: World Directory of Light Aviation 2015-16, page 54. Flying Pages Europe SARL, 2015.
7. Grady, Mary (28 July 2008). «Flight Design Introduces Metal Version Of CT LSA». AVweb. Retrieved 18 June 2012.
8. Технологія сборки узлов и агрегатов планера самолета с использованием отверстий в качестве сборочных баз: СОУ МПП 49.035-90:2007 / Г. А. Кривов, В. А. Матвиенко, Ю. А. Воробьев – Киев, 2007 – 156 с.
9. Основы технологической подготовки производства в авиастроении: учеб. пособие по диплом. проектированию / В. Е. Зайцев, Ю. М. Букин, Ю. А. Воробьев, А. П. Мельничук. – Харьков: ХАИ, 2012. – 184 с.
10. Технологія производства летательный аппаратов (курсовое проектирование). Под общей ред. В. Г. Кононенко. Изд-во «Вища школа». – Киев, 1974 – 224 с.
11. Технологія производства самолетов и вертолетов: учеб. пособие по курсовому и диплом. проектированию. Раздел «Сборочно-монтажные работы». Ч. 1 / В. С. Кривцов, Ю. М. Букин, Ю. А. Боборыкин, Ю. А. Воробьев. – Харьков: ХАИ, 2006. – 258 с.
12. Технологія производства самолетов и вертолетов : учеб. пособие по курсовому и диплом. проектированию. Раздел «Сборочно-монтажные работы». Ч. 2 / В. С. Кривцов, Ю. М. Букин, Ю. А. Боборыкин, Ю. А. Воробьев. – Харьков : ХАИ, 2006. – 221 с.
13. Технологія виробництва літальних апаратів: Підручник: У 2 кн. – Кн. 2 Технологія складання літальних апаратів / Ю. М. Терещенко, Л. Г. Волянська, К. А. Животовська та ін.; За ред. Ю. М. Терещенка. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 492 с.
14. Норми тривалості робочого часу на 2023 рік [Електронний ресурс]. URL: <https://services.dtki.ua/catalogues/worktime/124> (дата звернення: 15.12.2023).

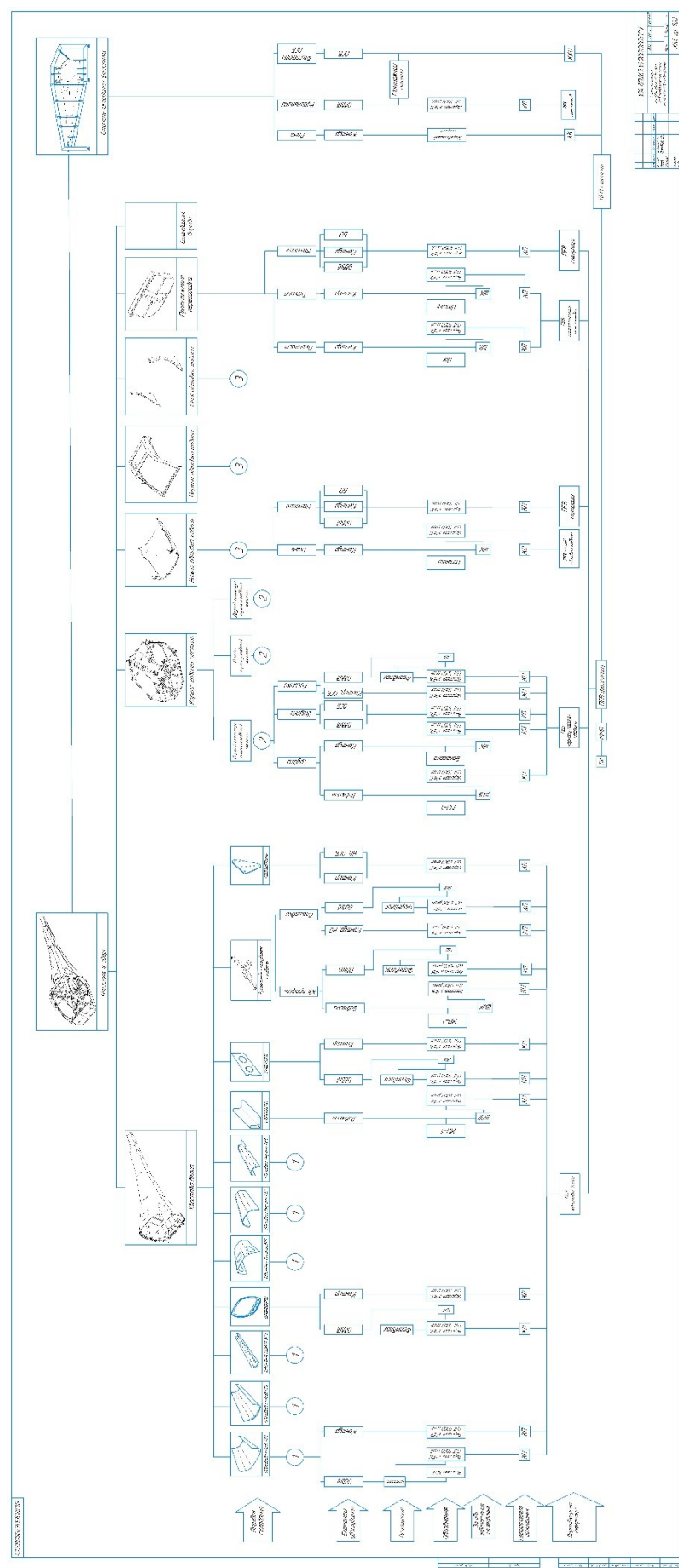
15. Набатов А. С. Проектирования технологических процессов в производстве летательных аппаратов и двигателей. – Харьков: ХАИ, 1987.– 96 с.
16. Глебов Т. Н., Щербина В. А., Шестаков Г. А. Технологическое проектирование цехов. Учебное пособие. – Харьков: ХАИ, 1985.– 93 с.
17. Константинов Ю. С. Техничко-економическое проектирование цехов. Учебное пособие.– Харьков: ХАИ, 1988.– 67 с.
18. Гавва В. Н., Голованова М. А. Экономическая оценка инженерных решений: Учеб. пособие. – Харьков: Гос. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 1999.– 135 с.
19. Тарифи на електроенергію в 2023 році [електронний ресурс] // <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/> (дата звернення: 27.12.2023).
20. Найбільший маркетплейс України [електронний ресурс] // <https://prom.ua/> (дата звернення: 02.01.2024).
21. Воробйов, Ю. А. Правила оформлення навчальних і науково-дослідних документів [Текст] : навч. посіб. / Ю. А. Воробйов, Ю. О. Сисосєв. – 4-те вид., випр. і доп. - Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 88 с.

ДОДАТКИ

Додаток А – Складальне креслення фюзеляжу



Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №								
						Документация		
					104.ДП.163.16.900.000 СК	Фюзеляж		
						Сборочные единицы		
			1	104.ДП.163.16.900.001.СК	Хвостовая балка	1		
			2	104.ДП.163.16.900.002.СК	Каркас кабіної частини	1		
Подп. и дата								
Инв. №								
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.								



Додаток В – Нормований маршрутно-операційний технологічний процес
складання фюзеляжу

ГОСТ 3.1105-84 форма 2									
Дубл.									
Взам.									
Підл.									
				Змін.	Аркуш	Недокум.	Підпис	Дата	
							1	8	
XAI, K104		104.ДП.163.16.900.000		-		K104.60188.00001			
Фюзеляж надлегкого літака									
				ДП		-		-	
Міністерство освіти та науки України Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "ХАІ" ЗАТВЕРДЖУЮ Керівник проекту Воробйов Ю.А. (підпис, П.І.Б.) " " 20 24 р. КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ на одиничний технологічний процес складання фюзеляжу надлегкого літака Розробив студент гр. Чубукін Є.В. (підпис, П.І.П.) " " 20 24 р.									
ТЛ									

ГОСТ 3.1118-82 форма 2														
Дубл.														
Взам.														
Підл.														
Розроб.	Чубукін Є.В.											02188.16518	2	8
Пров.	Воробйов Ю.А.											104 ДП.163.16.900.000	104.60188.00001	
Затверджен Н.контр.														
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	Код	ЄН	ВП	Кшт.
Б	Код, найменування, обладнання					Позначення документа								
К/М	Найменування деталі, скл. одиниці або матеріалу					Позначення, код								
A01	.005 0418 Комплектуювання					104.30188.00001								
B02	Комплектувальний стіл					Слюсар-складальник 2								
A03	.010 8863 Установка хвостової балки					104.60188.00001								
B04	Сталець					Слюсар-складальник 2								
A05	.015 8863 Установка каркаса кабіни					104.60188.00002								
B06	Сталець					Слюсар-складальник 2								
A07	.020 9045 Зварювання					104.50190.00001								
B08	Зварювальний апарат ТІГ 167 DC HF					Слюсар-зварювальник 2								
A09	.025 8863 Установка одишва кабіни					104.60188.00003								
B10	Сталець					Слюсар-складальник 2								
МК	Маршрутна карта													2

ГОСТ 3.1118-82 форма 2															
Дубл.															
Взам.															
Підп.															
Розроб.	Чубукін Є.В.											02188.16518	3	8	
Пров.	Воробієв Ю.А.											104.ДП.163.16.900.000		104.60188.00001	
Затвердже															
Н.контр.															
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	Код	ЄН	ВП	Кшт.	
Б					Код, найменування, обладнання										
К/М					Найменування деталі, зб. одиниці або матеріалу										
А01					010 8863 Установка хвостової балки										
Б02					Станель	Слюсар-складальник									
О 03					1 Підготувати станель для складання	60									
04					встановити фіксатори у робоче положення.										
05					Відкрити рудильники станелю.										
Т 06					(1) станель складання										
О 07					2. Встановити хвостову балку в пристрій.	60									
08					Фіксувати по ОСБ 2-го вузла навішування стабілізатора класним										
09					штирем. Закрити п'ять рудильників. Фіксувати рудильники.										
Т 10					(2) класні штирі										
А 11					015 8863 Установка каркаса кабіни	Слюсар-складальник									
Б 12					Станель										
Про 13					3. Встановити чотири фіксатори ОСБ вузлів навішування консолей крила	10									
14					у робоче положення. Фіксувати.										
Т 15					(1) станель складання										
МК/ОК					Вузлове та агрегатне складання									3	

ГОСТ 3.1118-82 форма 2														
Дубл.														
Взам.														
Підл.														
Розроб.	Цубукін Є.В.													
Пров.	Воробйов Ю.А.													
Затверджен														
Н.контр.														
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	Код	ЄН	ВП	Кшт.
Б					Код, найменування, обладнання							ОПП	ЄВ	Тшт.
К/М					Найменування деталі, скл. одиниці або матеріалу									Н. розх.
А01					025 8863 Установка обшивки кабины									
Б02					(1)-степель									
О 03					5. Встановити нижню обшивку закрити три рубильники.									25
04					фіксувати рубильники.									
Т05					(1)-степель									
О06					6. Кріпити нижню обшивку гвинтами									80
Т 07					(1)-викрутка									
О 08					7. Встановити обшивку верхню. фіксувати обшивку стрічками									25
Т09					(1)-стрічка									
Про 10					8. Кріпити верхню обшивку гвинтами									80
Т 11					(1)-викрутка									
О 12					9. Встановити праву бічну обшивку.									10
13					фіксувати обшивку стрічками									
Т 14					(1)-стрічка									
15														
МК/ОК	Вузлове та агрегатне складання													5

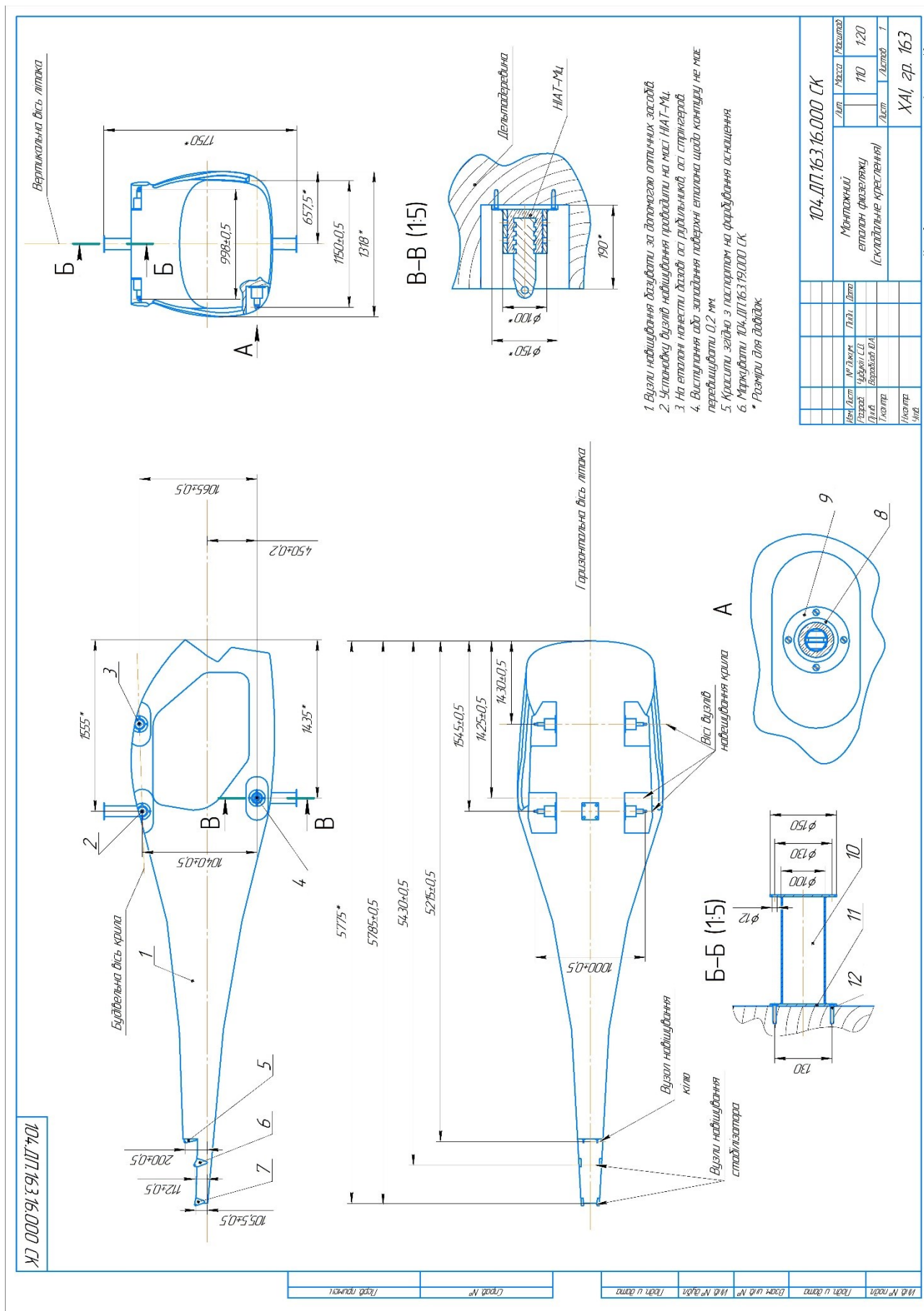
ГОСТ 3.1118-82 форма 2														
Дубл.														
Взам.														
Підл.														
Розроб.	Цубукін Є.В.													
Пров.	Воробйов Ю.А.													
Затверджен														
Н.контр.														
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	Код	ЄН	ВП	Кшт.
Б					Код, найменування, обладнання									
К/М					Найменування деталі, скл. одиниці або матеріалу							ОПП	ЄВ	Тшт.
														Н. розх.
О01	10. Кріпити дічну обшивку гвинтами													
T02	(1)-викрутка													
О 03	11. Встановити ліду дічну обшивку													
04	фіксувати обшивку струїцинами													
T05	(1)-струїцина													
О06	12. Кріпити дічну обшивку гвинтами													
T 07	(1)-викрутка													
A 08	30 8863 Встановлення протипахажної перегорайки													
B09	(1)-стопель													
B10	(2)-пнеймамалаток													
О 11	13. Встановити по СО протипахажну перегорайку													
12	фіксувати технолагічними гвинтами													
T13	(1)-технолагічні гвинти													
О14	14. Нанести герметик на протипахажну перегорайку, верхню та нижню обшивку													
T 15	(1)-пензель													
МК/ОК	Вузлове та агрегатне складання													6

ГОСТ 3.1118-82 форма 2																	
Дубл.																	
Взам.																	
Підп.																	
Розроб.	Цубукін Є.В.																
Пров.	Воробйов Ю.А.																
Затверджен																	
Н.контр.																	
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	Код	ЄН	ВП	Кшт.	ЄН	ОПП	ЄН
Б					Код, найменування, обладнання												
К/М					Найменування деталі, скл. одиниці або матеріалу												
О01	15. Клепати протипожежну перегородку до верхньої та нижньої обшивки																
T02	(2)-пневмомалаток																
A 03	035 0200 Контроль																
B 04	(1)-ліхтар електричний																
B05	(1)-дзеркало																
O06	16. Контролювати якість складання																
T 07	(1)-ліхтар електричний																
T 08	(1)-дзеркало																
09																	
T 10																	
A 11																	
O 12																	
Про 13																	
14																	
T 15																	
МК/ОК	Вузлове та агрегатне складання																7

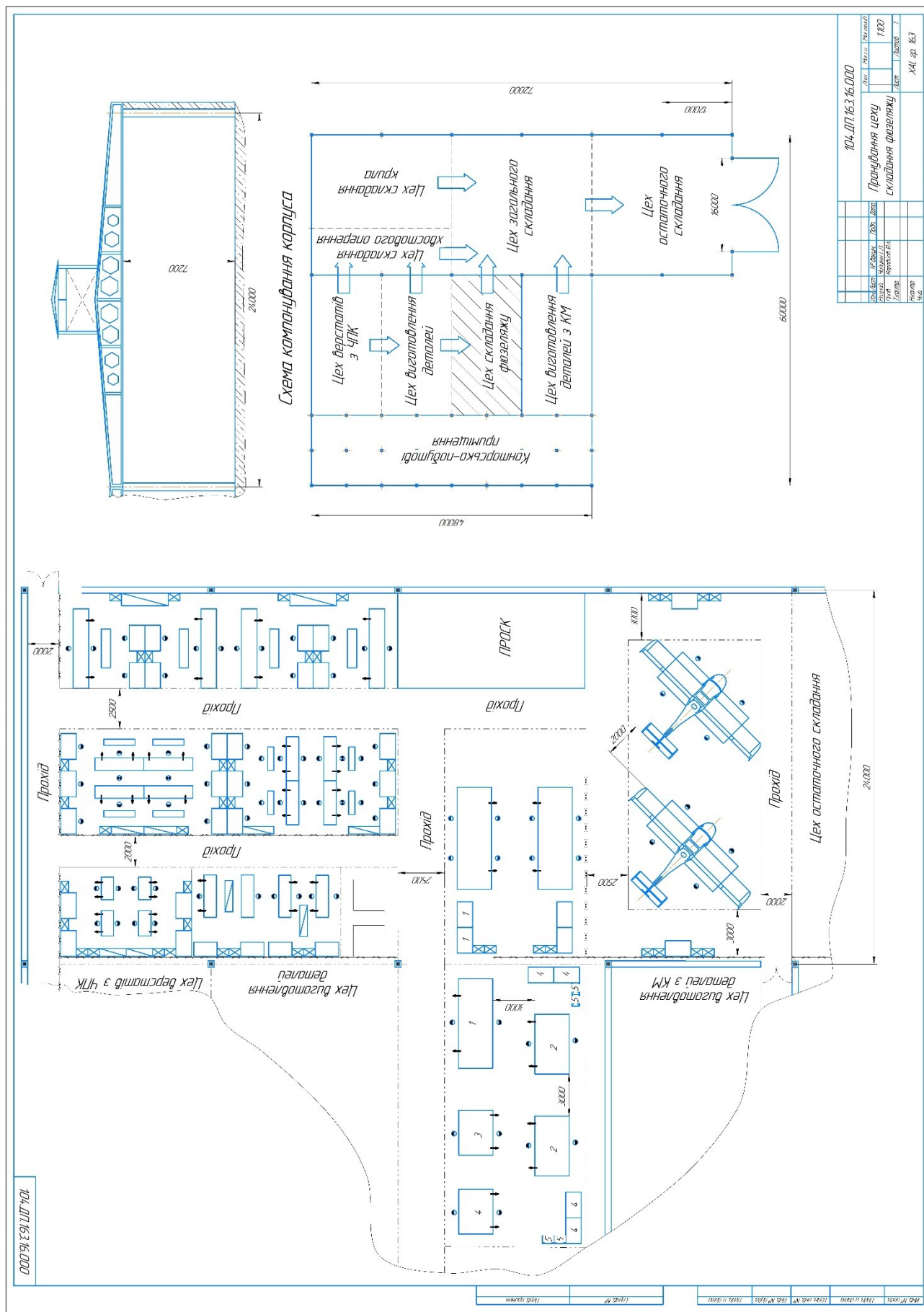
Додаток Г – Циклової графік складання фюзеляжу

104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							
Цикловий графік складання фазепаузи																							
ХАН, гр 163																							
104 ДП 163 16 900 000 ЦГ																							

Додаток Е – Монтажный эталон для стапеля складання фюзеляжу



Додаток Ж – Планування цеху складання фюзеляжу



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.						
				Документация		
			КО4.ДП.163.16.000	Планування цеху		
		1	Станель складання фюзеляжу	1		
Справ. №		2	Станель складання хвостової балки	2		
		3	Станель складання каркасу кабіної частини	2		
		4	Верстат слюсарний	4		
		5	Шафа інструментальна	4		
Підп. і дата						
Взам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № докл.						

Ізм.	Лист	№ док.м.	Підп.	Дата
Разр.		Чудюкін Е.В.		
Пров.		Вородійов Ю.А.		
Н.контр.				
Утв.				

104.ДП.163.16.000

Планування цеху

Лит.	Лист	Листов
		1

ХАІ, гр. 163

Копіював
Формат А4