

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут аерокосмічних технологій

Кафедра авіа та ракето-будування

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Олександр Бондаренко

«___» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Літаки та вертольоти»

спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

**на тему: «Панель нижня зі шахтою аварійного покидання
транспортного літака»**

Виконав:

студент ІV курсу, групи АЛ-91

Боднар Данило Михайлович _____

Керівник:

Старший викладач каф. АРБ, к.т.н

Конотоп Дмитро Ігорович _____

Рецензент:

Професор, д.ф.-т.н., проф.

Чепілко Микола Михайлович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2023 року

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

Освітньо-професійна програма «Літаки та вертольоти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

_____ Олександр БОНДАРЕНКО

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Боднару Данилу Михайловичу

1. Тема проєкту: «Панель нижня зі шахтою аварійного покидання транспортного літака», керівник проєкту Конотоп Дмитро Ігорович, кандидат технічних наук, затверджені наказом по університету від «___» _____ 2023 р. № _____

2. Термін подання студентом проєкту: «06» червня 2023 року

3. Вихідні дані до проєкту:

3.1 *Характеристика аналогів;*

3.2. *Панель нижня габарити: 4,4м x 1,6м*

3.3. *Характеристика матеріалів: ДІБТ*

3.4. *Точність виконання по контуру обшивки тощо за потреби.*

4. Зміст пояснювальної записки:

4.1. *Огляд аналогів*

4.2. *Розробка моделі панелі.*

4.3. *Розробка шахти*

4.4. Розробка конструкції панелі із покращеними характеристиками.

4.5. Опис конструкції.

4.6. Розрахунок навантаження на панель.

4.7. Симуляція навантаження на панель.

4.8. Створення просторової моделі.

4.9. Технологія виготовлення панелі.

5. Перелік графічного (ілюстраційного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):

5.1. Характеристика аналогів.

5.2. Загальний кресленик панелі нижньої зі шахтою аварійного покидання транспортного літака.

5.3. Кресленик шахти аварійного покидання транспортного літака.

5.4. Симуляція навантажень на панель нижню.

6. Дата видачі завдання 1 лютого 2023 р

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Огляд аналогів	до 01.03.2023 р.	
2.	Розробка шахти	до 29.03.2023 р.	
3.	Розробка конструкції панелі із покращеними характеристиками	до 12.04.2023 р.	
4.	Опис конструкції	до 22.04.2023 р.	
5.	Розрахунок навантаження на панель	до 30.04.2023 р.	
6.	Створення просторової моделі	до 15.05.2023 р.	
7.	Підготовка публікації по темі проекту	Протягом періоду виконання ДП	
8.	Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів	до 06.06.2023 р.	
9.	Перевірка на плагіат, рецензування	до 11.06.2023 р.	
10.	Захист	з 14.06.2023 р. по 20.06.2023 р	

Студент

Данило БОДНАР

Керівник

Дмитро КОНОТОП

Пояснювальна записка

До дипломного проекту

**На тему: «ПАНЕЛЬ НИЖНЯ ЗІ ШАХТОЮ АВАРІЙНОГО
ПОКИДАННЯ
ТРАНСПОРТНОГО ЛІТАКА»**

Київ 2023

Анотація

Пояснювальна записка до ДП «Панель нижня із шахтою аварійного покидання транспортного літака» містить 63 аркуші тексту, 27 ілюстрацій та 8 бібліографічних посилань.

Метою роботи є отримання практичних навичок проектування нижньої панелі з шахтою аварійного покидання пілотів транспортного літака. Важливим етапом є дослідження поглиблення та закріплення теоретичних знань і практичних навичок з усіх дисциплін навчального плану, оволодіння сучасними методами, формами організації переддипломної роботи в галузі літакобудування.

Етапами роботи є огляд аналогів, визначення базових проектних параметрів, визначення технології виробництва елементів конструкції, створення САД-моделі панелі з шахтою аварійного покидання.

Ключові слова: панель, шахта, шпангоути, навантаження, стрингер, обшивка.

Annotation

Explanatory note to the DP "Lower panel with mine for emergency exit of a transport aircraft" contains 63 sheets of text, 27 illustrations and 8 bibliographical references.

The purpose of the work is to obtain practical skills in the design of the lower panel with a mine for the emergency exit of transport aircraft pilots. An important stage is the study of deepening and consolidation of theoretical knowledge and practical skills from all disciplines of the curriculum, mastering modern methods, forms of organization of pre-diploma work in the field of aircraft construction.

The stages of the work are a review of analogues, determination of basic design parameters, determination of the production technology of structural elements, creation of a CAD model of a panel with an emergency abandonment mine.

Key words: panel, mine, frames, load, stringer, cladding.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень та позначень.....	9
ВСТУП.....	10
1. ОГЛЯД АНАЛОГІЙ ТА ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ ШАХТИ АВАРІЙНОГО ПОКИДАННЯ.....	11
2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	15
2.1 Програмне забезпечення, яке використовувалося під час проектування.....	17
2.2 Аналіз конструктивно-технологічних параметрів конструкції транспортних літаків.....	22
2.2.1 Загальна конструкція транспортного літака.....23
2.3 Розробка панелі нижньої центральної з шахтою аварійного покидання пілотів.....	29
2.3.1 Панель з вирізом.....	31
2.3.2 Панель із силовими елементами.....33
2.3.3 Шахта аварійного покидання.....	34
2.4 Розрахунок та симуляція навантажень на панель.....	36
2.4.1 Основні розрахунки гермокабіни.....	36
2.4.2 Симуляція навантажень на панель.....	38
3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....40

					<i>АЛ9103.10.02.00.00ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Панель нижня із шахтою покидання транспортного літака</i>	Літ.	Маса	Масштаб
		Конотоп Д.І.						
						Арк. 7	Аркушів 65	
					<i>НТУУ КПІ ім. І.Сікорського Каф. АРБ, група АЛ-91</i>			
		Бондаренко О.М						
		Бондар						

3.1	Технологічні характеристики методів складання.....	41
3.1.1	Складання за складальними отворами.....	41
3.1.2	Складання за розміткою по базовій деталі.....	42
3.1.3	Складання в оснастці з базою-зовнішня поверхня обшивки.....	42
3.2	Опис технології складання.....	44
3.2.1	Опис оснащення для складання панелі.....	46
3.2.1.1	Встановлення підкладного листа.....	46
3.2.1.2	Встановлення стрингерів.....	46
3.2.1.3	Встановлення підсилення вирізу та шпангоутів.....	47
	ВИСНОВОК.....	49
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	50
	ДОДАТКИ.....	51

Перелік умовних скорочень та позначень

ТЗ – Технічне завдання;

CAD – Computer-Aided Design;

CAE – Computer-aided engineering;

САПР – Системи автоматизованого проектування і розрахунку;

СК – Складальне креслення;

СО – Складальні отвори;

FEA – Finite Element Analysis;

CFD – Computational fluid dynamics;

ЕКД – електронна конструкторська документація;

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У світі, який процвітає завдяки інноваціям і технологічним проривам, аерокосмічна промисловість є свідченням людської винахідливості та амбіцій. У цьому царстві конструювання літаків займає важливе місце, формуючи майбутнє авіації та розсуваючи межі того, що можливо у сфері польотів.

Цей проект є кульмінацією незліченних годин досліджень, аналізу та творчого вирішення проблем, оскільки інженери-початківці глибоко вникають у тонкощі аерокосмічної техніки. Прагнення створити ефективні, безпечні та передові літальні апарати вже давно є рушійною силою прогресу в цій галузі, і цей дипломний проект охоплює той самий дух.

Метою проекту є комплексне дослідження багатогранного світу проектування літаків. Він має на меті забезпечити міцною основою принципів структурного дизайну, силових систем, матеріалознавства та інших важливих аспектів, які визначають мистецтво та науку будівництва літаків.

Під час виконання роботи вивчено низку важливих міркувань конструювання, аналізуючи вплив таких факторів, як вага, баланс, зручність та безпека. Проект забезпечить платформу для початківців аерокосмічних інженерів для застосування теоретичних знань до практичних завдань, використовуючи найсучасніші програмні засоби та методи моделювання для виготовлення та вдосконалення своїх конструкцій.

Крім того, проект не тільки підкреслить технічну майстерність, але й сприятиме розумінню ширших суспільних наслідків дизайну літаків.

					AL9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Огляд аналогів та переваги і недоліки шахти аварійного покидання.

Ан-70 — середньо-магістральний вантажний транспортний літак розробки ДП «Антонов».

Має аеродинамічну схему чотиримоторного гвинтовентиляторного турбогвинтового високоплану з однокільовим оперенням та хвостовим вантажним люком.



Рис.1.1 Шахта аварійного покидання транспортного літака АН-70

Через розміщення кабіни на другій палубі, Ан-70 оснащений шахтою аварійного покидання пілотів(Рис.1).

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Alenia C27j – універсальний військово-транспортний літак скороченого злету і посадки (STOL) виробництва італійсько-американського спільного підприємства Global Military Aircraft Systems.

У цьому літаку аварійний вихід розташований на верхній панелі літака в районі сьомого та десятого шпангоутів (Рис.2). Недоліком цього виходу є його розташування. При такому розміщенні провести евакуацію з літака в умовах польоту практично неможливо, оскільки є велика вірогідність зачепитися за кіль чи руль висоти. Також, через встановлення його в верхній панелі, збільшується час евакуації, що напряму впливає на життя та здоров'я пілотів.

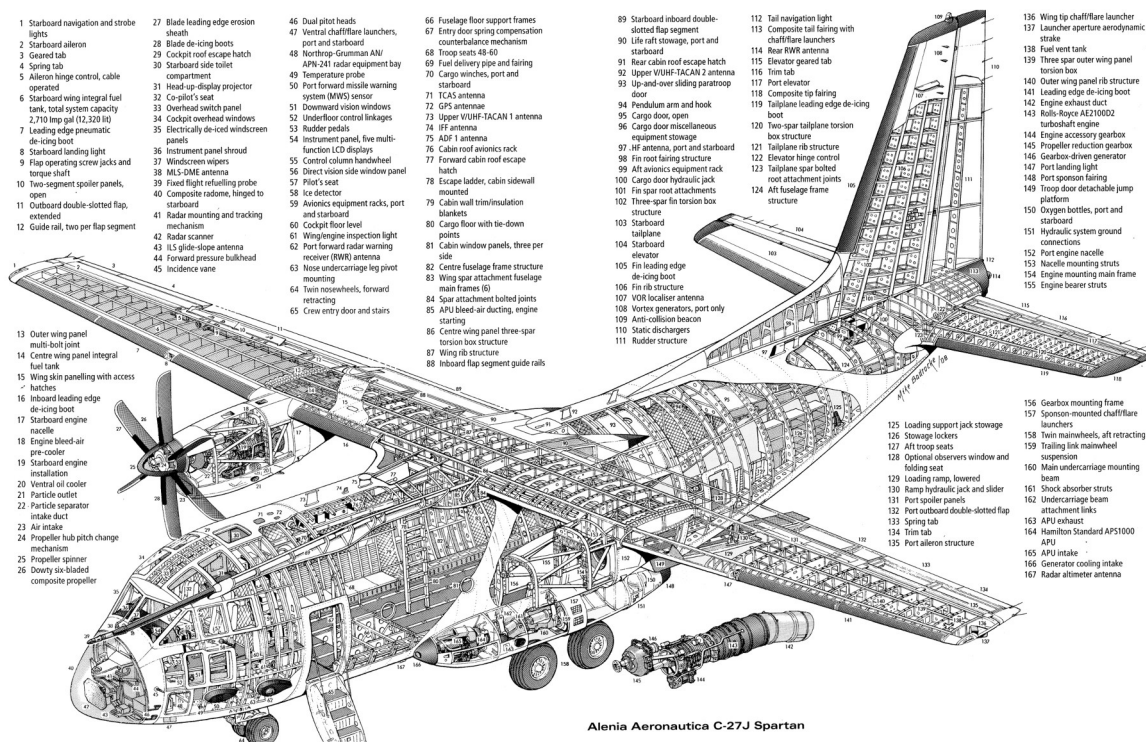


Рис.2 Компонувальна схема літака Alenia C27j (29-люк аварійного покидання)

Ан-26 – турбогвинтовий військово-транспортний літак. Ан-26 відрізняється високою стійкістю, легкістю керування, простотою техніки пілотування і хорошим оглядом з кабіни екіпажу, що робить його доступним льотчикам середнього рівня вправності.

					Арк.
					50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	AL9103.22.02.00.00ПЗ

Розташування аварійного виходу аналогічне літаку Alenia C27j. Люк розташований між п'ятим та сьомим шпангоутами у верхній панелі фюзеляжу(Рис.3). Також там присутній ще один аварійний вихід між сьомим та десятим шпангоутами в нижній боковій частині фюзеляжу.

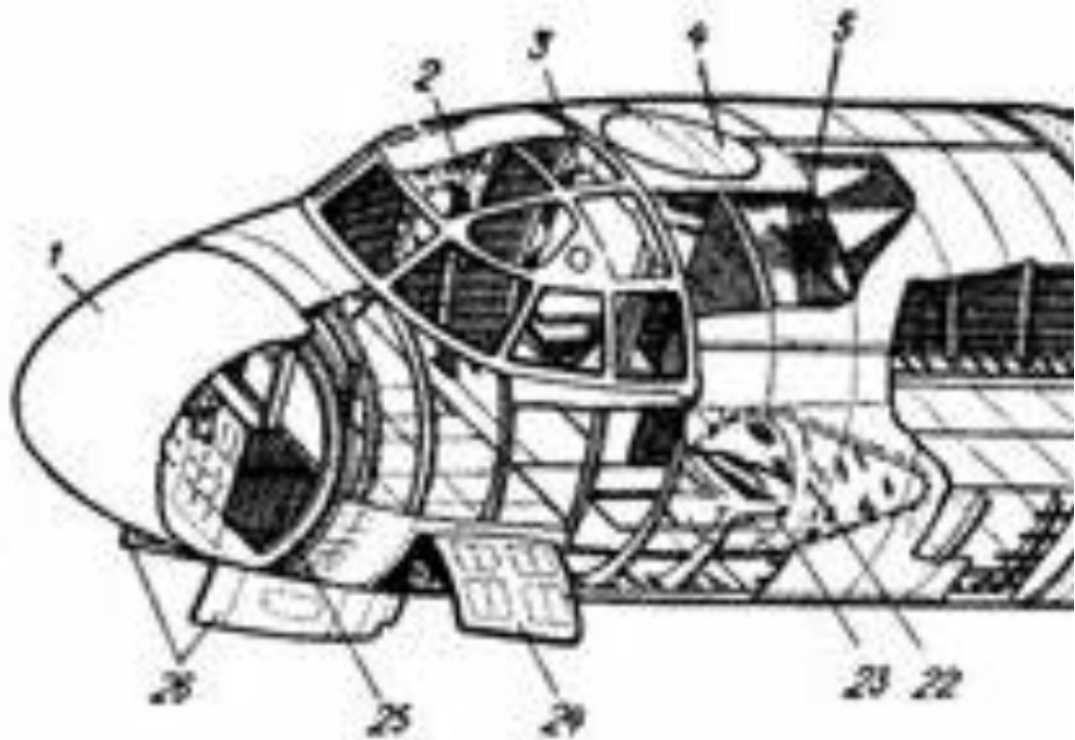


Рис.3 Схема розташування аварійних виходів літака АН-26

Недоліком верхнього люку, як і в попередньому літаку, є розташування виходу у верхній частині кабіни.

Ан-32 - військово-транспортний багатоцільовий літак. Може експлуатуватися за різних кліматичних умов, у тому числі в умовах спекотного клімату (до 50 °С) та на високогірних аеродромах.

Літак обладнаний аварійним люком покидання пілотів. Розташовується він між сьомим і одинадцятим шпангоутом. Відкривається двома

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

гідроциліндрами. Відчинити можна як в кабіні пілотів, так і за допомогою ручки в самій кришці люка.

Отже, до переваг шахти аварійного покидання можна віднести:

- Можливість розміщення аварійного виходу в безпосередній близькості до пілотів, що значно скорочує час евакуації.

Недоліками такого аварійного виходу є:

- Збільшення маси літака за рахунок встановлення додаткових деталей.

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Конструкторська частина.

Проектування літака включає комплексний процес, який охоплює різні дисципліни та міркування. Зазвичай це включає команду інженерів, дизайнерів, аеродинаміків і спеціалістів, які співпрацюють, щоб створити літак, який відповідає певним вимогам, таким як продуктивність, безпека, ефективність і комфорт. Ось огляд процесу проектування:

Концептуальний дизайн: процес зазвичай починається з етапу концептуального проектування. Інженери та дизайнери працюють разом, щоб визначити призначення літака, цільове використання, вантажопідйомність, радіус дії та інші основні характеристики. Вони вивчають різні конфігурації, такі як розташування крила, форма фюзеляжу та дизайн хвоста, щоб створити базову концепцію літака.

Аеродинаміка та аналіз продуктивності: аеродинаміки виконують масштабне моделювання обчислювальної гідродинаміки (CFD) і випробування в аеродинамічній трубі, щоб вивчити повітряний потік навколо поверхонь літака. Це допомагає оптимізувати форму крила, поверхні керування та загальну аеродинамічну ефективність. Аналіз продуктивності передбачає оцінку таких факторів, як підйомна сила, опір, тяга та витрата палива для досягнення бажаних характеристик польоту.

Конструкція : інженери-конструктори розробляють каркас літака, щоб він міг витримувати навантаження під час польоту, зльоту та посадки. Вони вибирають відповідні матеріали, такі як легкі сплави або композитні матеріали, і визначають структурне розташування крил, фюзеляжу, шасі та інших компонентів. Аналіз кінцевих елементів (FEA) часто використовується для моделювання та перевірки цілісності конструкції.

Системна інтеграція. Літаки мають численні системи, які необхідно бездоганно інтегрувати, включаючи силову, електричну, гідравлічну та авіаційну системи. Розробники працюють над розміщенням цих систем у конструкції літака, враховуючи такі фактори,

					AL9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

як розподіл ваги, доступність для обслуговування та прокладання проводів.

Дизайн інтер'єру. Команда дизайнерів інтер'єру зосереджена на створенні зручного та функціонального середовища в кабіні для пасажирів і екіпажу. Вони враховують такі фактори, як розташування сидінь, планування кабіни, освітлення, акустика та варіанти зберігання. Увага приділяється ергономіці, естетиці, елементам безпеки та відповідності нормативним стандартам.

Виробництво: після того, як дизайн завершено, він переходить до фази виробництва. Інженери співпрацюють із фахівцями виробництва для розробки детальних технічних креслень, процесів складання та процедур контролю якості. Перед початком повномасштабного виробництва можуть бути створені та випробувані прототипи або передсерійні моделі для підтвердження конструкції та технологій виробництва.

Тестування та сертифікація: літак проходить серію суворих випробувань, щоб переконатися, що він відповідає стандартам безпеки та продуктивності. Це включає в себе наземні випробування, під час яких перевіряються системи, і льотні випробування, під час яких оцінюються керованість, стабільність і характеристики літака. Дані тестування аналізуються, щоб у разі потреби налаштувати конструкцію. Нарешті, літак проходить сертифікацію контролюючими органами для забезпечення відповідності нормам льотної придатності.

У процесі проектування вирішальними є співпраця, ітерація та увага до деталей. Використання вдосконаленого програмного забезпечення автоматизованого проектування (САПР), засобів моделювання та методів створення віртуальних прототипів значно підвищило ефективність і точність процесу проектування. Мета полягає в тому, щоб створити літак, який поєднує в собі оптимальні характеристики, безпеку та досвід пасажирів, одночасно відповідаючи конкретним вимогам передбачуваного застосування.

					AL9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1 Програмне забезпечення, яке використовувалося під час проектування.

Системи проектування CAD (Computer-Aided Design) і CAE (Computer-Aided Engineering) є важливими інструментами в сучасному проектуванні та розробці літаків. Ці системи відіграють ключову роль у оптимізації процесу проектування, дозволяючи інженерам створювати, аналізувати та покращувати складні конструкції літаків з більшою ефективністю та точністю.

Система проектування САПР:

Системи САПР використовують спеціалізоване програмне забезпечення для створення детальних цифрових зображень компонентів і систем літака. Ці системи надають інженерам ряд інструментів і функцій для створення 2D і 3D моделей, що дозволяє візуалізувати проект з різних точок зору. (Рис. 3).

Ключові особливості систем проектування САПР включають:

Створення геометрії: програмне забезпечення САПР дозволяє інженерам створювати точні геометричні форми, криві та поверхні, які є основою конструкції літака. Програмне забезпечення дозволяє точно контролювати розміри, допуски та вимірювання.

Моделювання складання: системи САПР полегшують складання різних компонентів, дозволяючи інженерам імітувати, як різні частини поєднуються між собою та взаємодіють. Ця здатність життєво важлива для забезпечення належного вирівнювання, кліренсу та функціональності загальної конструкції літака.

Параметричне моделювання. Параметричне моделювання дозволяє інженерам встановлювати зв'язки між різними параметрами конструкції. Визначаючи такі параметри, як розміри, кути або властивості матеріалу,

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зміни, внесені до одного аспекту конструкції, автоматично поширюються на всю модель, забезпечуючи узгодженість і зменшуючи помилки.

Візуалізація: системи проектування САПР забезпечують розширені можливості візуалізації, що дозволяє інженерам створювати реалістичні візуальні представлення конструкції літака. Це допомагає візуалізувати кінцевий продукт і донести до зацікавлених сторін наміри дизайну.

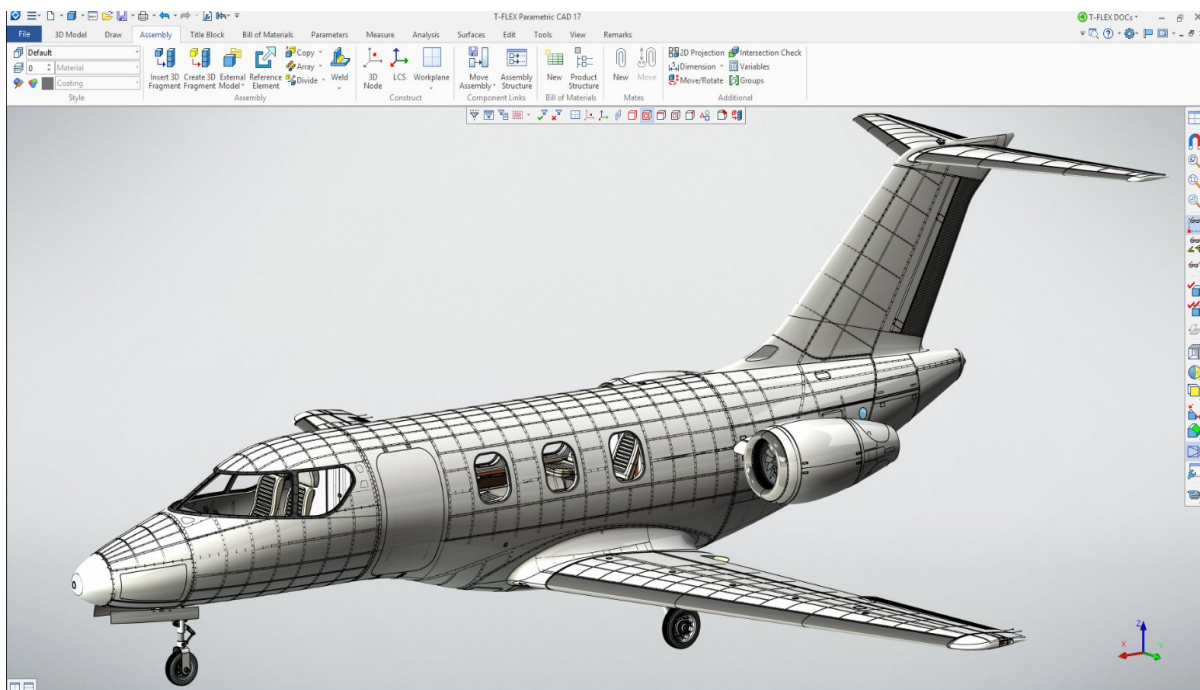


Рис. 3 3Д модель літака розробленого в САД системі.

Система проектування САЕ:

Системи проектування САЕ доповнюють САПР, зосереджуючись на моделюванні та аналізі характеристик і поведінки конструкції літака. У цих системах використовуються методи математичного моделювання та симуляції для оцінки критичних аспектів конструкції, таких як структурна цілісність, аеродинамічні характеристики та поведінка системи.

Основні характеристики систем проектування САЕ включають:

Аналіз кінцевих елементів (FEA): finite element analysis є широко

										Арк.
										50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

використовуваним методом у системах САЕ для аналізу структурної цілісності компонентів літака. Він ділить конструкцію на більш дрібні елементи, імітуючи реакцію на різні навантаження, напруги та вібрації. FEA допомагає виявити потенційні слабкі місця та оптимізувати конструкцію для міцності та ефективності ваги.

Обчислювальна гідродинаміка(CFD): CFD імітує потік повітря навколо літака, дозволяючи інженерам оцінювати аеродинамічні характеристики. Він дає уявлення про такі фактори як: опір, підйомна сила, розділення потоку повітря та ефективність поверхонь керування. CFD дозволяє оптимізувати аеродинамічні характеристики для покращення паливної ефективності та маневреності.

Системне моделювання: системи САЕ полегшують аналіз складних систем літака, таких як силові, електричні та гідравлічні системи. Моделювання цих систем допомагає виявити потенційні проблеми з продуктивністю, оптимізувати інтеграцію системи та оцінити вплив змін конструкції на загальну функціональність літака.

Аналіз напруги та втоми: системи САЕ допомагають прогнозувати та аналізувати розподіл напруги та довговічність у критичних компонентах, які піддаються різноманітним умовам експлуатації. Це допомагає забезпечити цілісність конструкції та довговічність протягом усього терміну служби літака.(Рис.4)

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

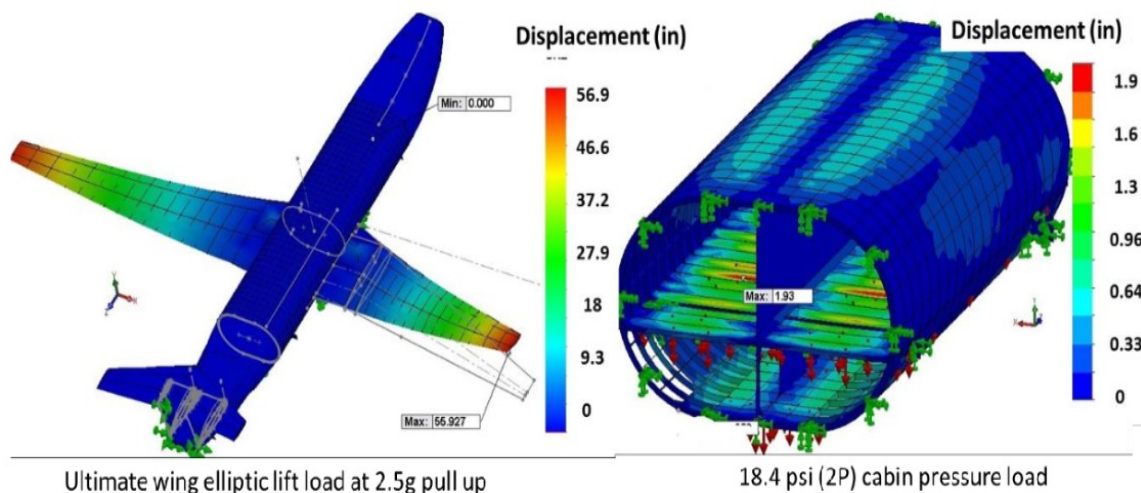


Figure 4. Structural analysis of a regional full vehicle model with a scaled up 15% double D type fuselage

Рис.4 Структурний аналіз літака на міцність в CAE системі

Інтеграція систем проектування CAD і CAE дозволяє інженерам легко передавати проектні дані, полегшуючи ітераційні процеси проектування. Зміни, внесені в модель САПР, можна швидко оцінити та перевірити, що призводить до більш ефективних ітерацій проектування та зменшення потреби у фізичних прототипах.

Загалом системи проектування CAD/CAE зробили революцію в процесі проектування літаків, дозволивши інженерам досліджувати ширший простір проектування, оптимізувати продуктивність і прискорити терміни розробки. Вони дають можливість дизайнерам та інженерам створювати безпечніші, ефективніші та технологічно вдосконалені літаки, які формують майбутнє авіації.

						АЛІ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
							50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

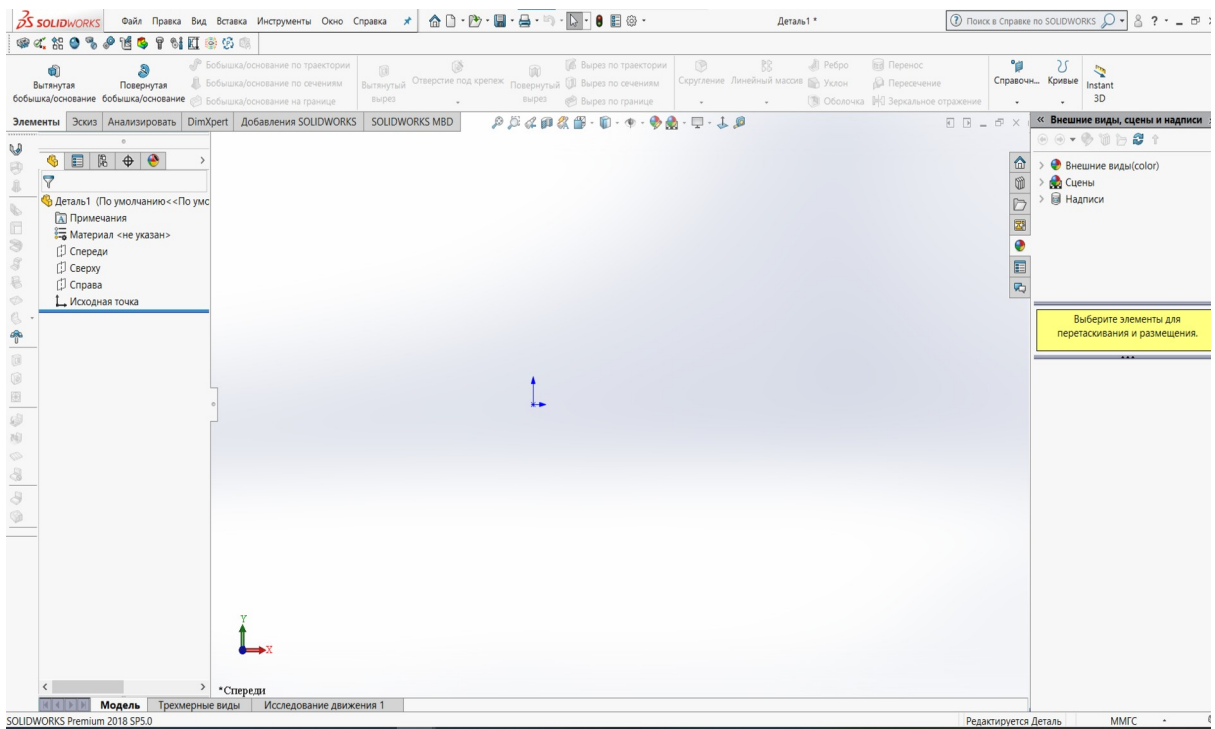


Рис. 5 Интерфейс САПР SolidWorks

У даній роботі була використана CAD система SolidWorks (Рис.5). Її функціонал дав змогу від початку і до кінця виконати проект, оскільки має широкий вибір функцій і параметрів для виконання різноманітних задач. Основними командами є: «Sketch», «Extruded boss», «Revolved boss», «Extruded cut». (Рис.6)

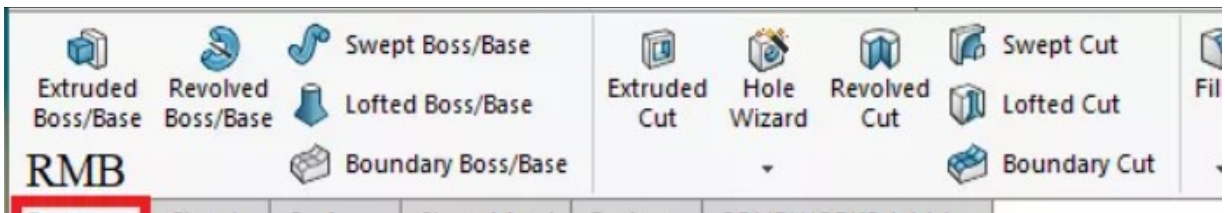


Рис.6 Базові команди САПР SolidWorks

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

2.2 Аналіз конструктивно-технологічних параметрів конструкції транспортних літаків.

Конструкція транспортних літаків вимагає ретельного розгляду різних конструктивних параметрів для забезпечення безпечної та ефективної експлуатації. Ці параметри відіграють вирішальну роль у визначенні міцності, стійкості, ваги та загальних характеристик літака. Одним із ключових аспектів при аналізі конструктивних параметрів транспортного літака є оцінка вибору матеріалу та структурного компонування. Вибір матеріалів має вирішальне значення для визначення співвідношення міцності та ваги компонентів літака.

Аналіз різних матеріалів та їхніх властивостей дозволяє інженерам вибрати найбільш підходящі для кожного елемента конструкції, оптимізуючи загальну вагу та характеристики літака. Крім того, конструктивне розташування відіграє важливу роль у забезпеченні цілісності та ефективності конструкції літака. Розташування та розподіл несучих конструкцій, таких як крила, фюзеляж і оперення, необхідно ретельно проаналізувати, щоб витримати аеродинамічні сили та структурні напруги під час польоту.

Іншим критичним параметром у структурному аналізі є оцінка стабільності та контролю. Транспортні літаки повинні демонструвати належні характеристики стійкості для забезпечення безпечного та передбачуваного польоту.

Аналіз параметрів поздовжньої, поперечної та напрямної стійкості дозволяє інженерам оптимізувати стійкість літака та поверхні керування, такі як горизонтальний стабілізатор, вертикальний стабілізатор та системи керування.

Оптимізація ваги є ще одним важливим фактором при аналізі структурних параметрів. Вага літака безпосередньо впливає на його паливну

					AL9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ефективність, вантажопідйомність і дальність польоту. За допомогою вдосконалених методів проектування та аналізу інженери прагнуть зменшити вагу конструкції, зберігаючи при цьому необхідні запаси міцності та безпеки. Це передбачає використання легких матеріалів, використання інноваційних структурних конфігурацій і використання алгоритмів оптимізації для досягнення найбільш ефективного розподілу ваги по літаку. Крім того, аналіз структурних параметрів у проектуванні транспортних літаків поширюється на міркування про втомний ресурс, ремонтпридатність та довговічність конструкції. Методи аналізу втоми, такі як аналіз розвитку тріщин, допомагають передбачити тривалість життя критичних компонентів, які піддаються повторним циклам навантаження. Вимоги до технічного обслуговування та доступність елементів конструкції також враховуються для забезпечення простоти перевірки, ремонту та заміни. Ці аналізи сприяють загальній безпеці та ефективності експлуатації літака протягом усього терміну служби.

2.2.1 Загальна конструкція транспортного літака.

Зазвичай, фюзеляж літака членується на декілька окремих зон. До прикладу, «Антонівські» літаки поділяють на три зони-відсіки(Рис.7).

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

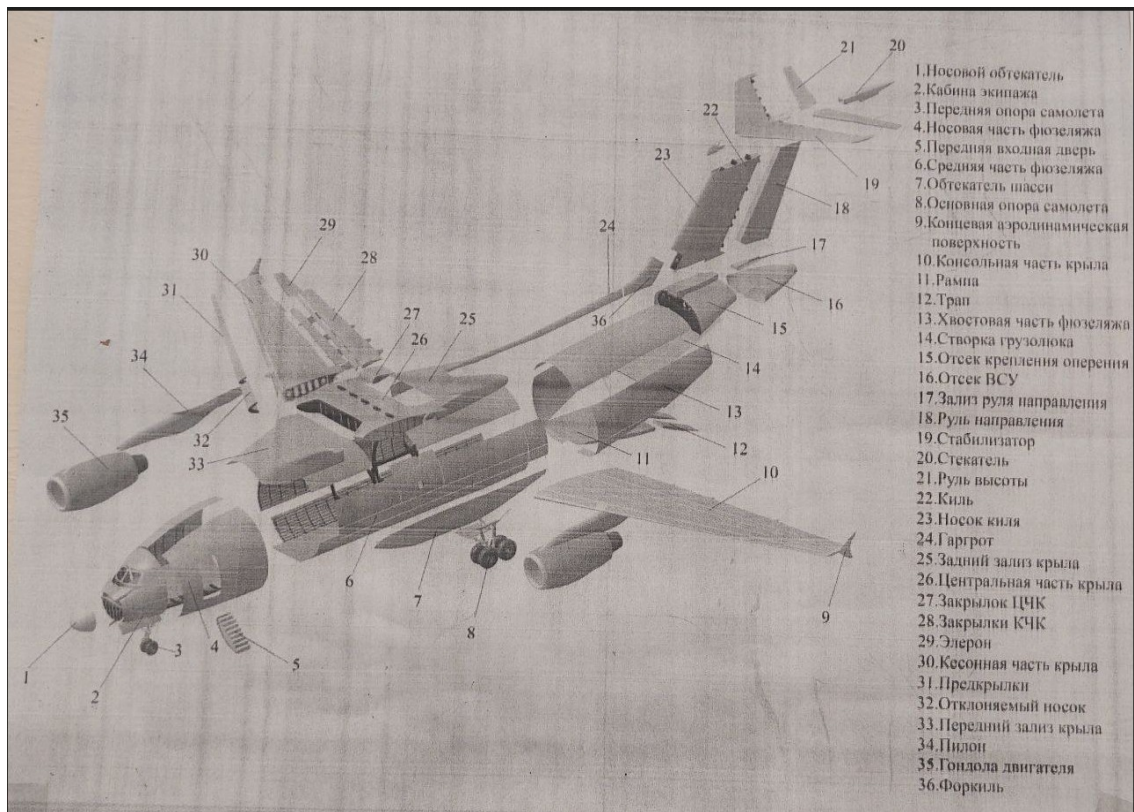


Рис.7 Членування транспортного літака сімейства АН.

Носова частина(відсік Ф-1) (Рис.8): Вона бере початок у першому шпангоуті і простягається аж до початку мідельної частини фюзеляжу. У цьому відсіку різні радіуси кривизни у перерізі по першому і останньому шпангоутах. Туди входять: ніша ПОШ, ліхтар літака, кабіна пілотів і супроводжуючого персоналу. Ззовні, під носовим обтікачем, знаходиться глісадна антена, погодній радар та курсова антена. Також ззовні на фюзеляжі розташовані трубки Піто і ще багато приладів і пристроїв, які необхідні для отримання різноманітних даних для польоту і коректного функціонування літака.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

АЛ9103.22.02.00.00ПЗ

Арк.

50



Рис.8 Відсік Ф-1 транспортного літака.

Мідельна частина(відсік Ф-2, Рис.9): Відрізняється від Ф-1 сталим радіусом кривизни по усій довжині. У ній розташовується транспортна кабіна, ООШ, Також, зазвичай, в цій частині літака кріпиться центроплан і дві КЧК.

						АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
							50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

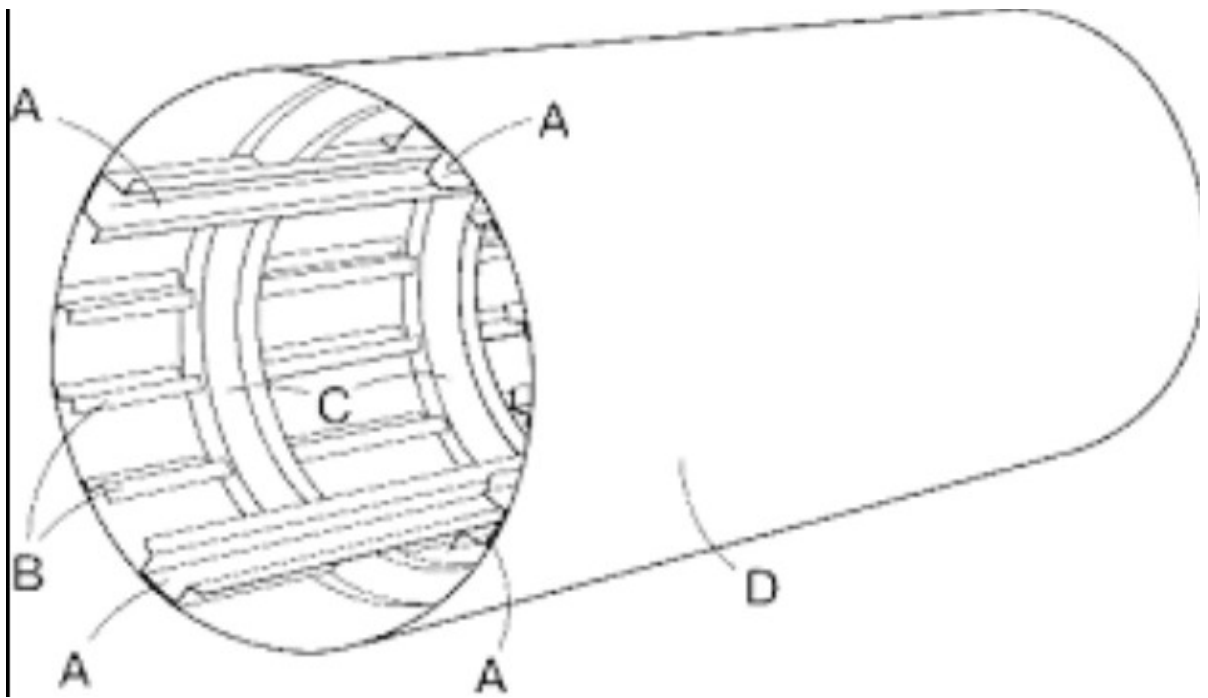


Рис.9 Відсік Φ-2 літака.

Хвостова частина літака(Φ-3)(Рис.10): Туди входить: рампа, кіль, стабілізатори. Також може розташовуватися ДСУ. Має різні радіуси і форми у кожному перерізі.



Рис. 10 Хвостова частина літака

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Фюзеляж складається з обшивки, яку формують за допомогою панелей різних розмірів та радіусів кривизни(Рис.11). Каркас, який забезпечує жорсткість конструкції, формує набір поздовжніх та поперечних силових елементів.

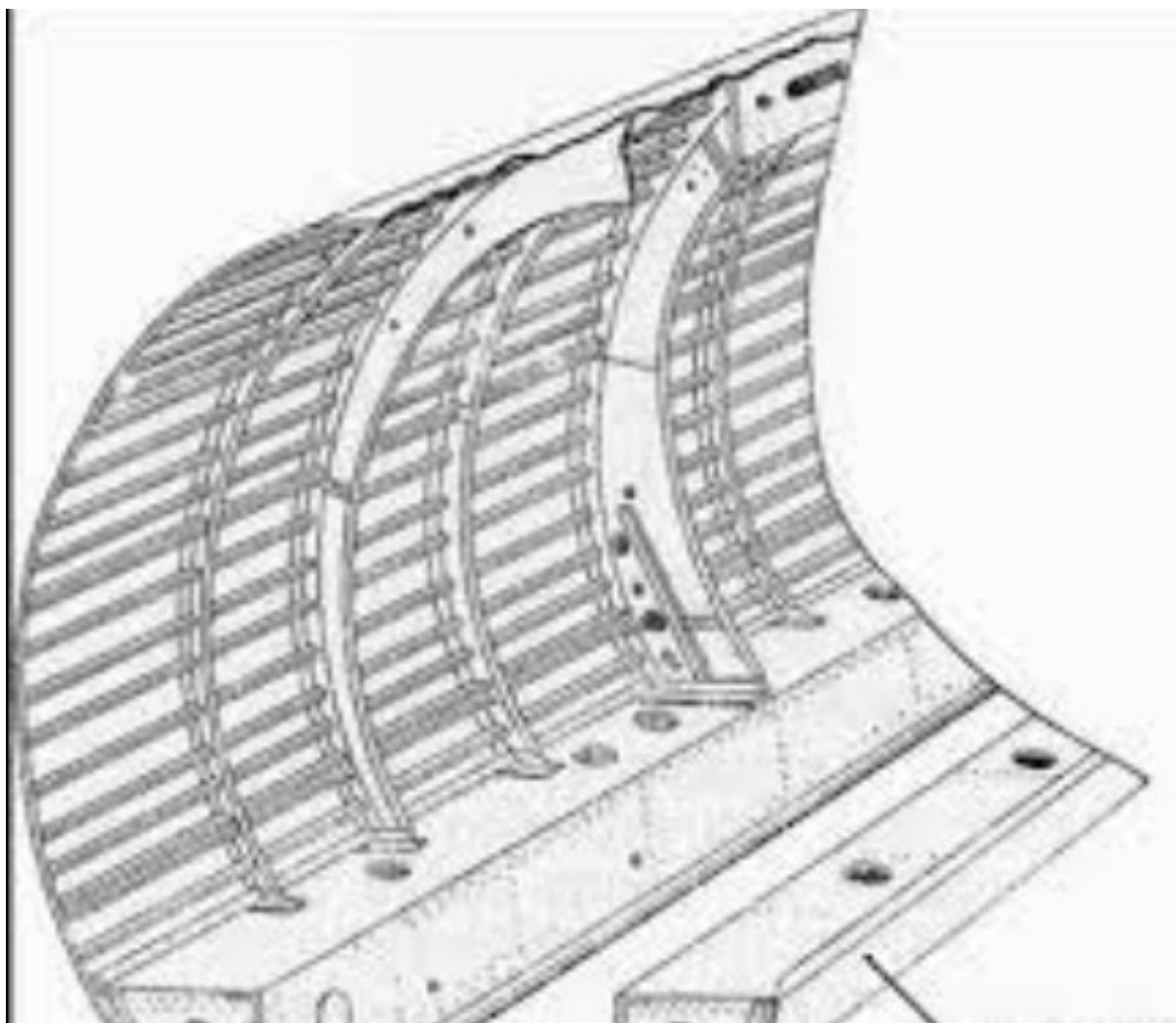


Рис.11 Панель літака в зборі

Шпангоути - це конструктивні компоненти, які утворюють основний каркас фюзеляжу літака(Рис. 12(2)). Вони, зазвичай, виготовляються з металу і встановлюються перпендикулярно поздовжній осі літака. Вони призначені для забезпечення структурної цілісності, підтримки аеродинамічних навантажень і збереження форми фюзеляжу.

Шпангоути рознесені один від одного вздовж довжини літака та з'єднані з іншими структурними елементами, такими як лонжерони,

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

стрингери та панелі обшивки. Разом ці компоненти допомагають розподіляти навантаження під час польоту, включаючи аеродинамічні сили, вагу та тиск.

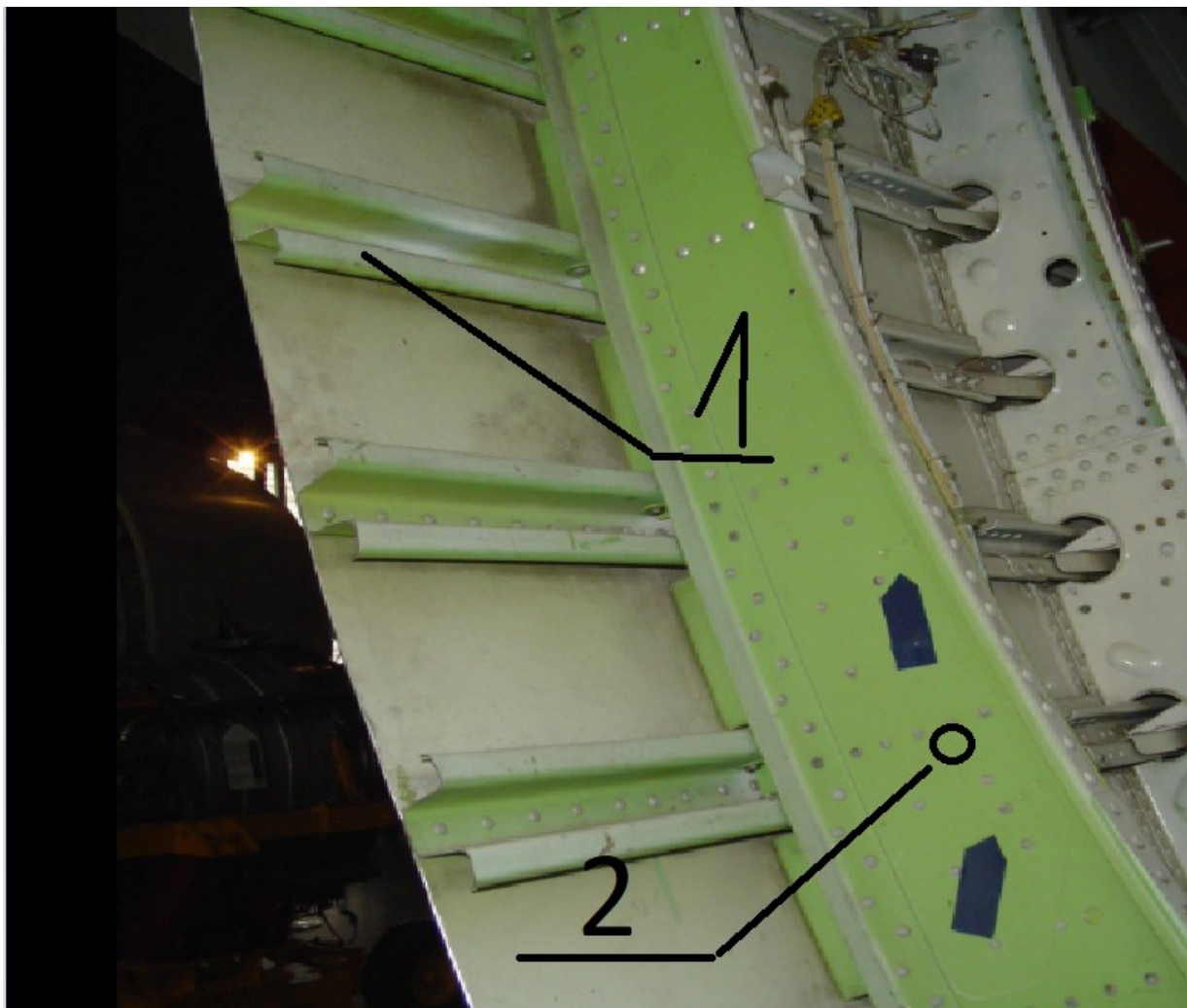


Рис. 12 «1-стрінгер; 2-шпангоут»

Стрингери(Рис.12(1)) – це повздовжні силові елементи, які кріпляться безпосередньо до обшивки літака, або до підкладних листів, якими підсилюють вирізи в обшивці. Вони можуть мати різну форму перерізу, товщину, та матеріал, з якого виготовлені стрингери. Переважно, це «Z»-подібний переріз виготовлений з листів Д16АМ. Одержувані методом стиснутого вигину. Такий спосіб виготовлення дозволяє отримати малі радіуси згину між полицею і стінкою профілю і по критичним напруженням втрати стійкості при стисканні наблизитися до пресованих профілів.

У нижній частині фюзеляжу, під підлогою, стрингери і шпангоути

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлюються на герметик. Проте мають спеціальні вирізи для стоку води, яка збирається внаслідок конденсату і атмосферної вологи. Біля осі симетрії літака(ВСЛ) внизу розташовані дренажні клапани.

2.3 Розробка панелі нижньої центральної з шахтою аварійного покидання пілотів.

У динамічному світі авіації забезпечення безпеки та благополуччя пілотів є надзвичайно важливим. Пілоти потребують чіткого розуміння аварійних процедур і засобів для швидкої та безпечної евакуації з літака в критичних ситуаціях. Аварійний вихід пілотів з літака – критичний аспект, який вимагає прискіпливої уваги та всебічних знань. Стикаючись із надзвичайними ситуаціями, такими як пожежі в кабіні, швидка декомпресія або інші небезпечні для життя ситуації, пілоти повинні володіти необхідним досвідом і впевненістю, щоб швидко евакуювати літак. Розуміння конструкції, розташування та роботи аварійних виходів стає вирішальним для їхньої безпеки та виживання, а також для успішного виконання їхніх обов'язків як авіаційних професіоналів.

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На дипломний проект була розроблена панель з шахтою аварійного покидання пілотів(Рис.13,14).

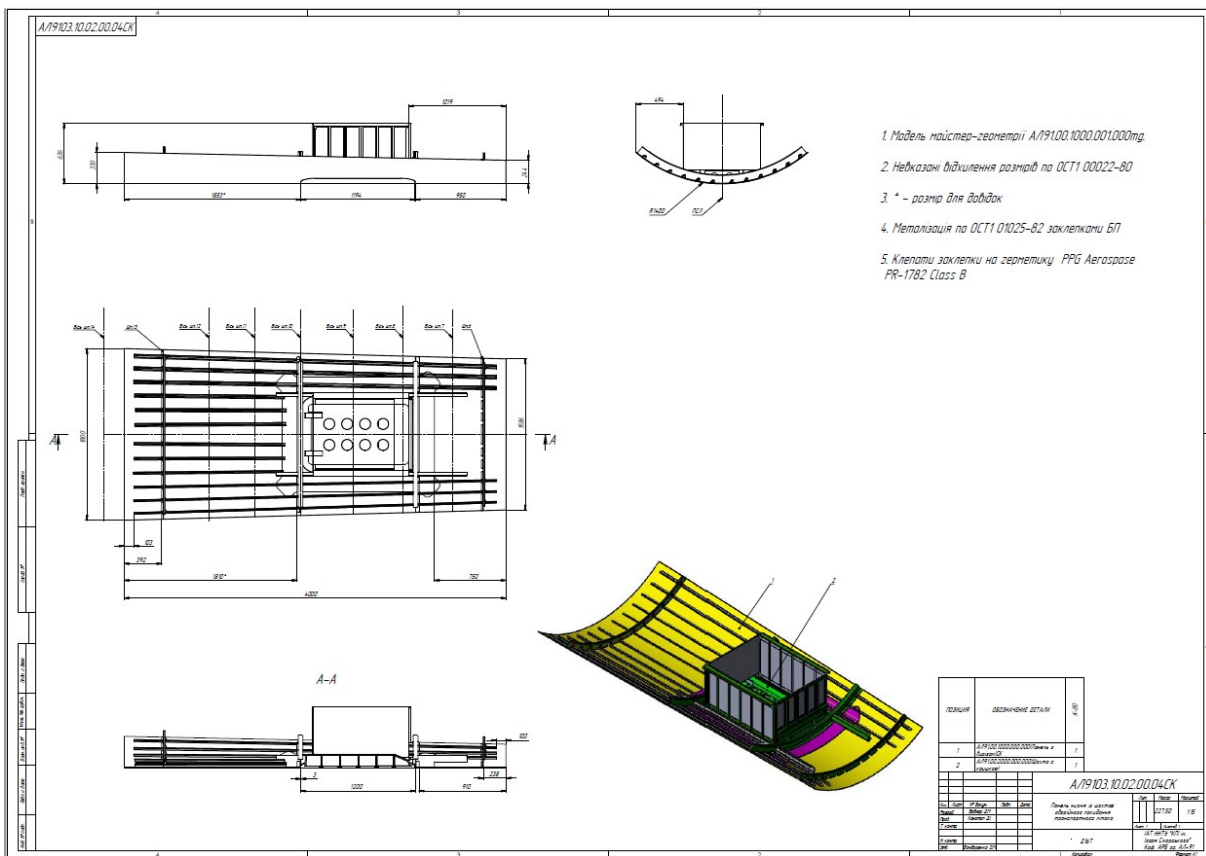


Рис.13 Складальний кресленик панелі з шахтою аварійного покидання пілотів

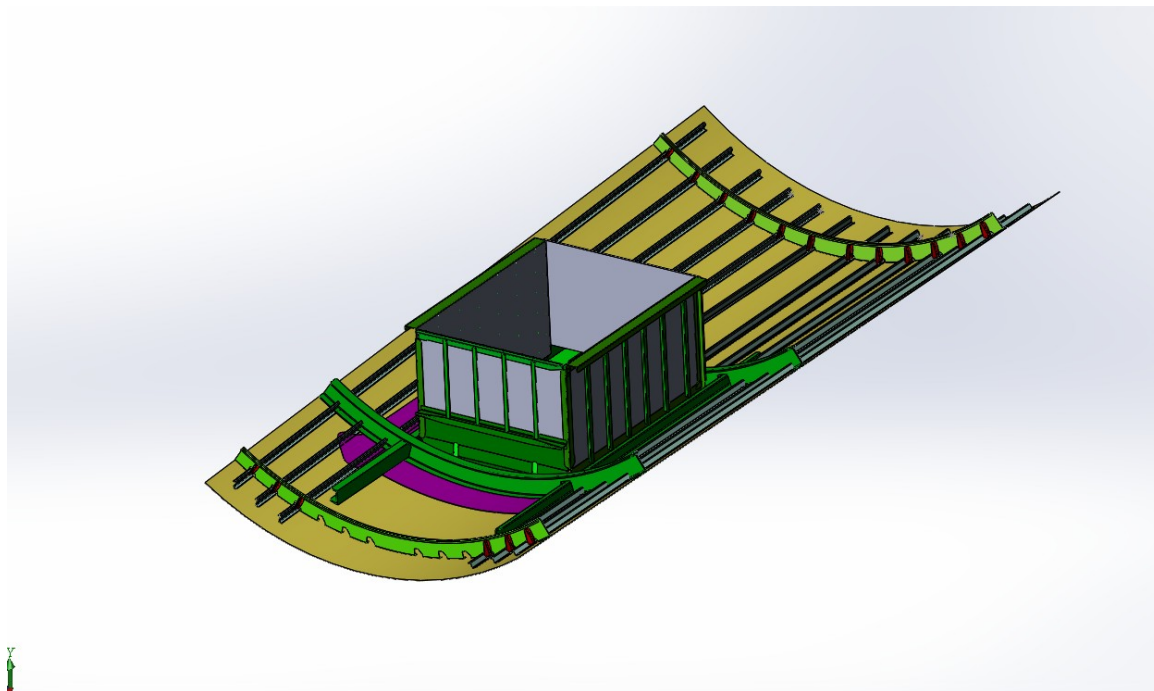


Рис.14 Панель транспортного літака з шахтою аварійного покидання пілотів.

						AL9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			50

Припустімо, що підлога транспортної кабіни піднята доволі високо. Для цього необхідна шахта, яка забезпечить безперешкодну евакуацію пілотів літака.

Технічні вимоги до експлуатації

- Максимальна висота польоту не повинна перевищувати 8000 метрів, адже після цієї позначки необхідні спеціальні кисневі маски. Це пояснюється зниження атмосферного тиску і недостатньою кількістю кисню в атмосфері.
- Мінімальна висота польоту при евакуації з парашутом складає 250-300 метрів. При такій висоті парашут матиме змогу набрати достатню кількість повітря для забезпечення безпечного приземлення екіпажу. Для покидання літака над водою чітких обмежень по висоті немає.
- Максимальна швидкість польоту не повинна перевищувати 600 км/год.
- Для відкриття аварійного люка необхідно, для початку, розгерметизувати кабіну за допомогою люку скидання надлишкового тиску для його вирівнювання в відсіку та атмосферою за бортом. Адже при відкритті люка на висоті без розгерметизації, відбувається різкий перепад тисків, що може спричинити травмування екіпажу. Надлишковий тиск в кабіні повинен бути в діапазоні від 0 до 20 кПа.

2.3.1 Панель з вирізом

Панелі- це одні з основних елементів, які формують фюзеляж літака, обшивки КЧК, кіля і тд. Вони можуть мати різні форми, розміри, товщину та матеріал. Панель зазвичай виготовляється з легких і міцних матеріалів, таких як сплави алюмінію, або комбінація сплавів алюмінію з композитними

					AL9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріалами. Основна функція обшивки літака — протистояти різним аеродинамічним силам, що виникають під час польоту, включаючи тиск повітря, турбулентність і коливання температури. Він повинен зберігати свою цілісність за цих умов, щоб забезпечити безпеку та структурну стійкість літака.

Окрім конструктивних міркувань, обшивка літака також відіграє важливу роль в аеродинамічних характеристиках. Його гладка та обтічна поверхня допомагає зменшити опір, дозволяючи літальному апарату досягати вищих швидкостей і кращої ефективності палива. Це також сприяє загальній естетиці літака, відображаючи фірмову ідентичність і дизайнерські рішення виробника. Завдяки розвитку технологій нові конструкції літаків включають інноваційні матеріали, такі як композити з вуглецевого волокна, які забезпечують підвищене співвідношення міцності до ваги та стійкість до втоми. Ці матеріали покращують загальну ефективність і довговічність обшивки літака.

На цей проект було вибрано панель (Рис. 14) з алюмінієвого сплаву Д16Т з якого, зазвичай, виготовляються обшивки літака та елементи планера. Цей сплав поєднує в собі високу міцність, відсутність корозії при взаємодії з навколишнім середовищем та відносно невелику вагу. Лист Д16Т товщиною 2мм виготовляється прокатним способом.

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

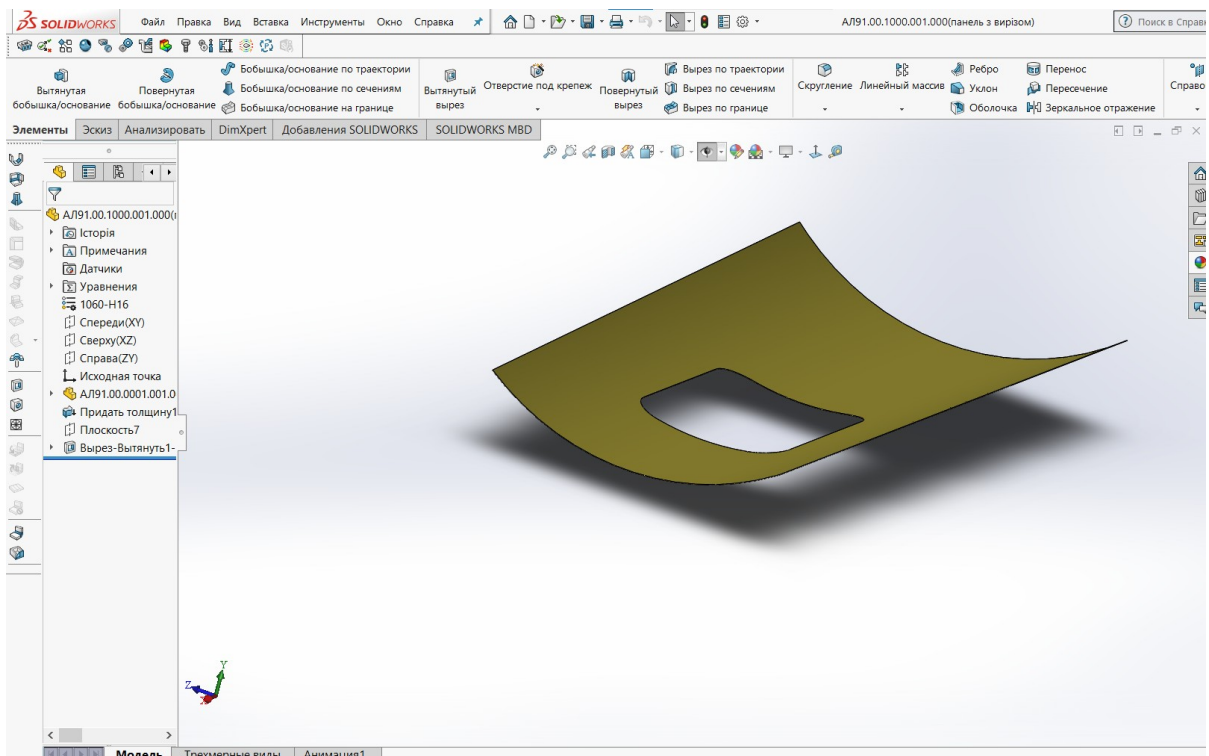


Рис. 15 Панель нижня транспортного літака з вирізом під шахту аварійного покидання

Знаходиться панель у відсіку Ф-1, між 6 і 14 шпангоутами. Посередині відносно ПСЛ. Габаритні розміри її складають 4000мм на 1800мм. Радіус кривизни її сталий і дорівнює 1400мм. Проте ширина деталі зменшується від 14 до 6 шпангоута.

2.3.2 Панель з силовими елементами

Як зазначалося вище, каркас літака формують декілька елементів. Силкові елементи, та обшивка, яка кріпиться на них. Повздовжніми силовими елементами є стрингера(Рис.15(1)), а поперечними – шпангоути. Проте у даному випадку виникає необхідність у додаткових підсиленнях, через виріз у панелі(Рис.15(2)).

						AL9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
							50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

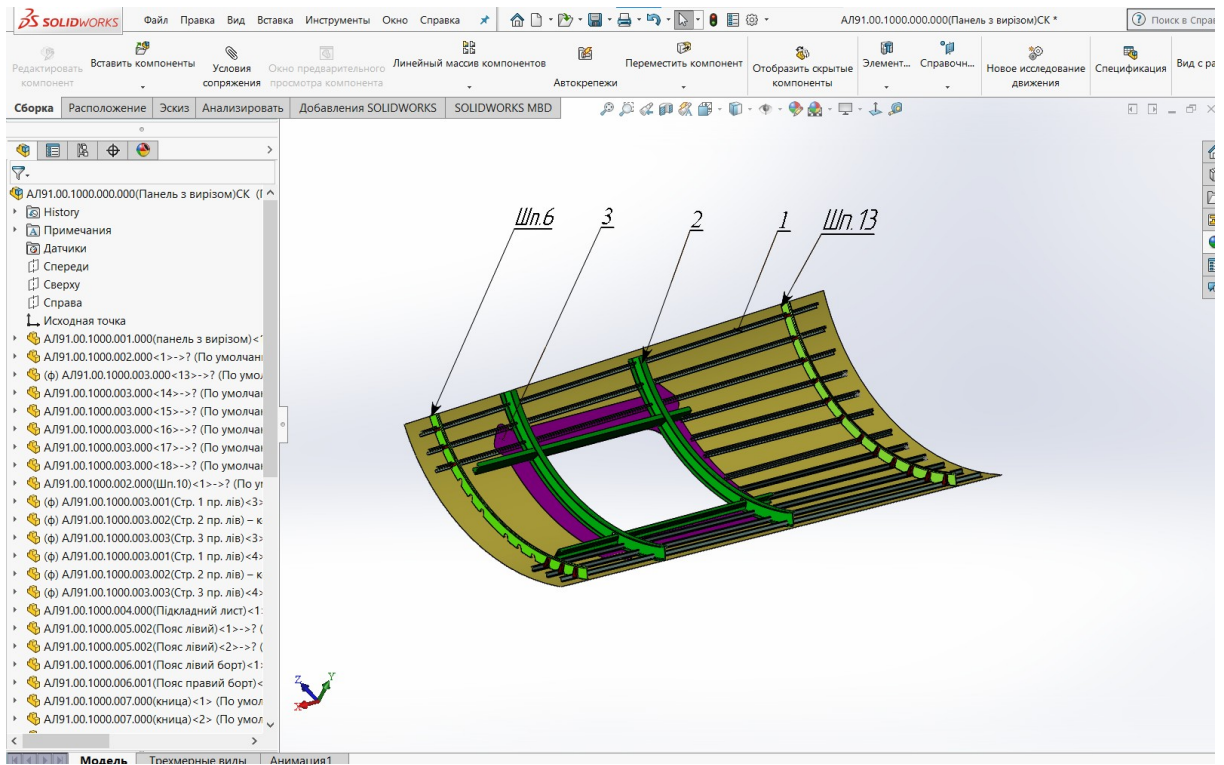


Рис. 16 Панель з силовими елементами; 1-стрингер; 2-Пояс підсилення вирізу; 3-Підкладний лист

Для цього було розроблено підкладний лист (Рис.15(3)), який додає товщини у місці вирізу, та повздовжні та поперечні пояси, які встановлюються на краях вирізу. Причиною встановлення поясів по периметру стали надлишкові напруження, які виникають на краях вирізу. Виготовлені пояси за допомогою фрезерного станка ЧПК та валиків, які формують вигнуту форму. Матеріал- Д16Т або ENAW-2024.

2.3.3 Шахта аварійного покидання.

У зв'язку з високо-піднятою підлогою транспортної кабіни, було прийняте рішення встановити шахту аварійного покидання (Рис. 16). Вона забезпечить безперешкодне та швидке покидання пілотів у разі аварійної ситуації, що може трапитися в кабіні.

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

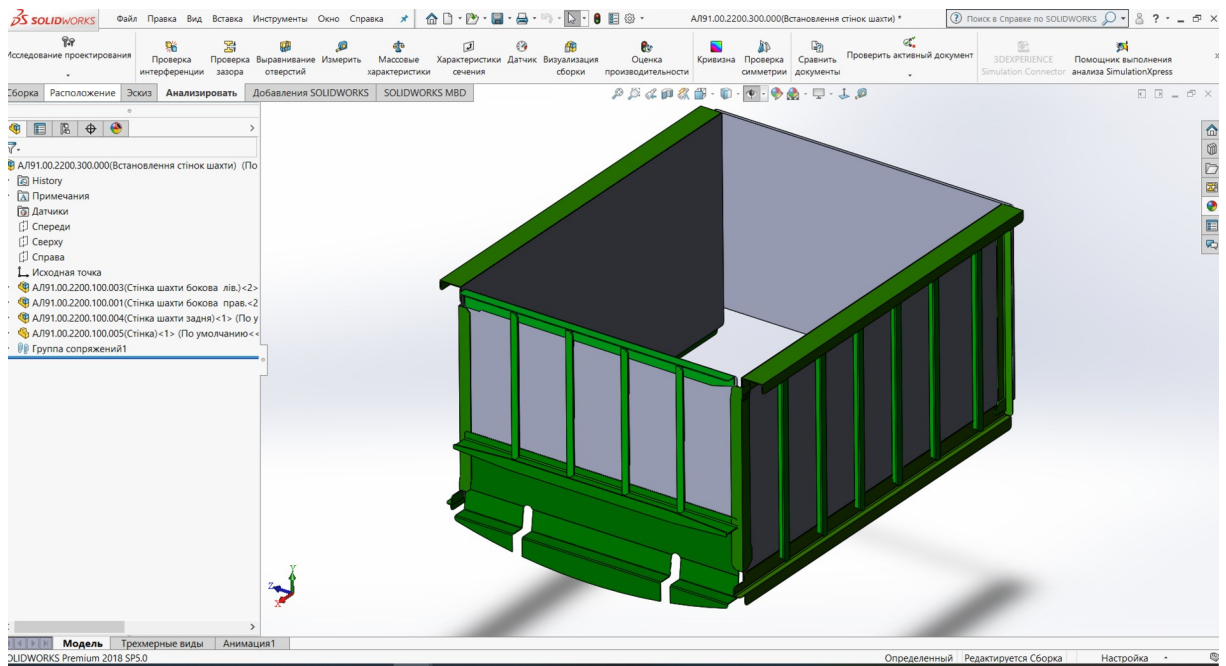


Рис. 16 Шахта аварійного покидання.

Шахта є збірної конструкції і складається з чотирьох стінок, які кріпляться між собою заклепками. Три стінки теж збірні. До їх складу входять: плита, повздовжні та поперечні елементи для жорсткості конструкції та кріплення стінок між собою(Рис17).

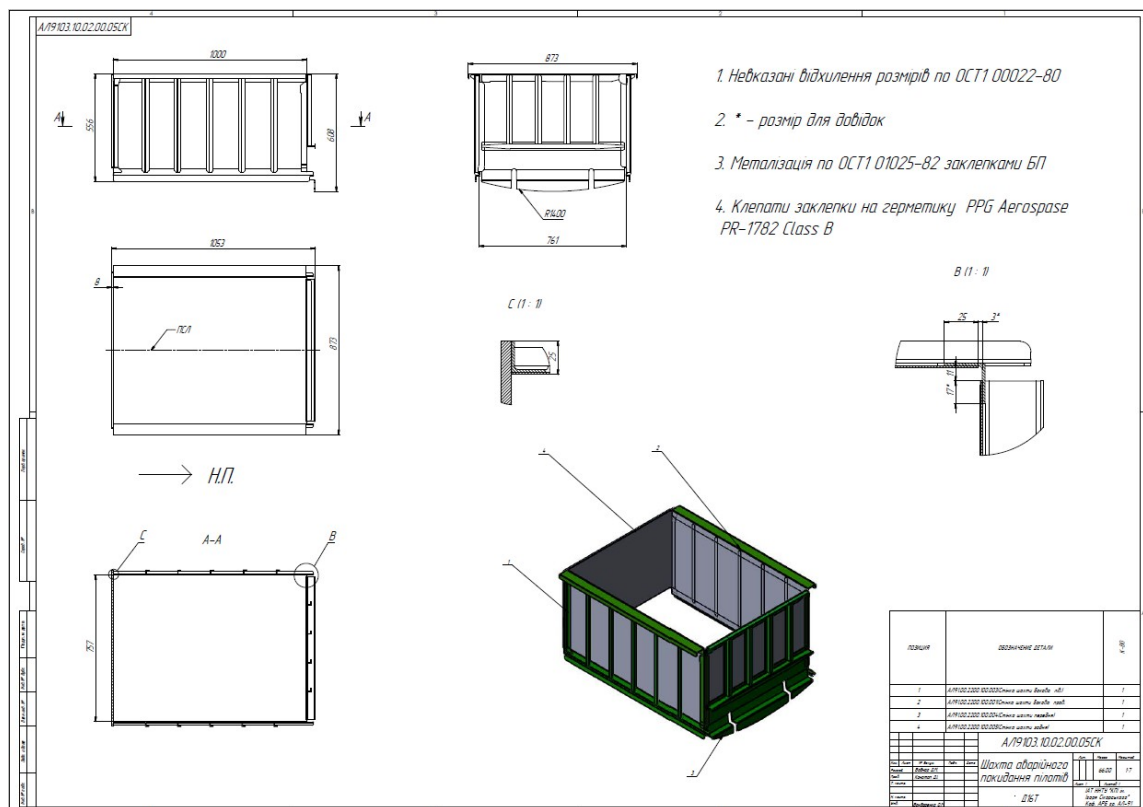


Рис.17 Складальний кресленник шахти

						АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			50

2.4 Розрахунок та симуляція навантажень на панель

2.4.1 Основні розрахунки гермокабіни

Оскільки панель розташовується у відсіку який є герметичний, то розрахунки слід проводити цілого відсіку, адже найбільші навантаження виникають саме від надлишкового тиску всередині гермокабіни. Внаслідок цього панель і силові елементи, такі як стрингери і шпангоути, працюють на розтяг.

Сумарні навантаження в стрингерах і обшивці в комбінованих випадках навантаження визначаються за формулами:

$$\sigma_{стр}^{\sum \square} = \sigma_{стр} + \frac{\Delta P^P + \Delta P_{розр}^P}{\Delta P_{макс}^P} * \sigma_{стр}^{\Delta P_{макс}}$$

$$\sigma_{обш_x}^{\sum \square} = \sigma_{обш_x} + \frac{\Delta P^P + \Delta P_{розр}^P}{\Delta P_{макс}^P} * \sigma_{обш_x}^{\Delta P_{макс}}$$

$$\sigma_{обш_y}^{\sum \square} = \sigma_{обш_y} + \frac{\Delta P^P + \Delta P_{розр}^P}{\Delta P_{макс}^P} * \sigma_{обш_y}^{\Delta P_{макс}}$$

$$\tau^{\sum \square} = \tau + \frac{\Delta P^P + \Delta P_{розр}^P}{\Delta P_{макс}^P} * \tau^{\Delta P_{макс}}$$

Де:

- ΔP^P - розрахунковий надлишковий тиск в гермокабіні.
- $\Delta P_{розр}^P$ - розрахункове розрідження на поверхні панелі.
- $\Delta P_{макс}^P$ - значення тиску в гермокабіні, прийняте для виконання силового розрахунку відсіку фюзеляжу
- $\sigma_{стр}$, $\sigma_{обш_x}$, $\sigma_{обш_y}$, τ – напруга в стрингері та обшивці, отримані в результаті розрахунку в наземних на польотних випадках навантаження.

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обшивка оболонки фюзеляжу знаходиться в умовах плоского напруженого стану. Еквівалентні напруження в обшивці розраховуються по формулі:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma^2 + 3 * \tau^2}$$

$$\sigma^2 = \sigma_{обш_x}^2 - \sigma_{обш_x} * \sigma_{обш_y} + \sigma_{обш_y}^2$$

Допустимі напруження. Коефіцієнти запасу міцності

Допустимі напруження розтягу для обшивки і стрингерів визначаються формулою

$$[\sigma] = \sigma_b * k_0 * k_{посл}$$

Де:

- σ_b - межа міцності матеріалу обшивки чи стрингерів;
- k_0 - коефіцієнт чутливості матеріалу до концентрації напружень при статичному навантаженні. Для Д16Т цей коефіцієнт = 0.9;
- $k_{посл}$ - коефіцієнт послаблення.

Коефіцієнти запасу міцності по розтягу визначаються наступними формулами:

- Для обшивки: $\vartheta = \frac{[\sigma_{обш}]}{\sigma_{екв}}$
- Для стрингера: $\vartheta = \frac{[\sigma_{стр}]}{\sigma_{загал.стр}}$

Коефіцієнти запасу міцності по загальній втраті стійкості визначаються наступними формулами:

- Для обшивки: $\vartheta = \frac{\sqrt{\sigma_{крш}^2 + \tau_{крш}^2}}{\sqrt{(\sigma_{обш_x}^2 + \tau_{обш_x}^2) + (\tau_{обш_y}^2)}}$

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Для стрингера:
$$v = \frac{\sqrt{\sigma_{кр\text{оп}}^2 + \tau_{кр\text{оп}}^2}}{\sqrt{(\sigma_{кр\text{оп}}^{\text{задан.}})^2 + (\tau_{кр\text{оп}})^2}}$$

2.4.2 Симуляція навантажень на панель

Для того, щоб зімітувати як буде себе поводити панель під дією зовнішніх сил, було проведено симуляцію цих сил в програмі SolidWorks Simulation.

SolidWorks Simulation — це потужний пакет програмного забезпечення для автоматизованого проектування (CAE), який широко використовується для моделювання та аналізу поведінки механічних і структурних систем. Це модуль у пакеті програмного забезпечення для проектування та проектування SolidWorks.

Результати симуляції наведені в рис. ** ** *

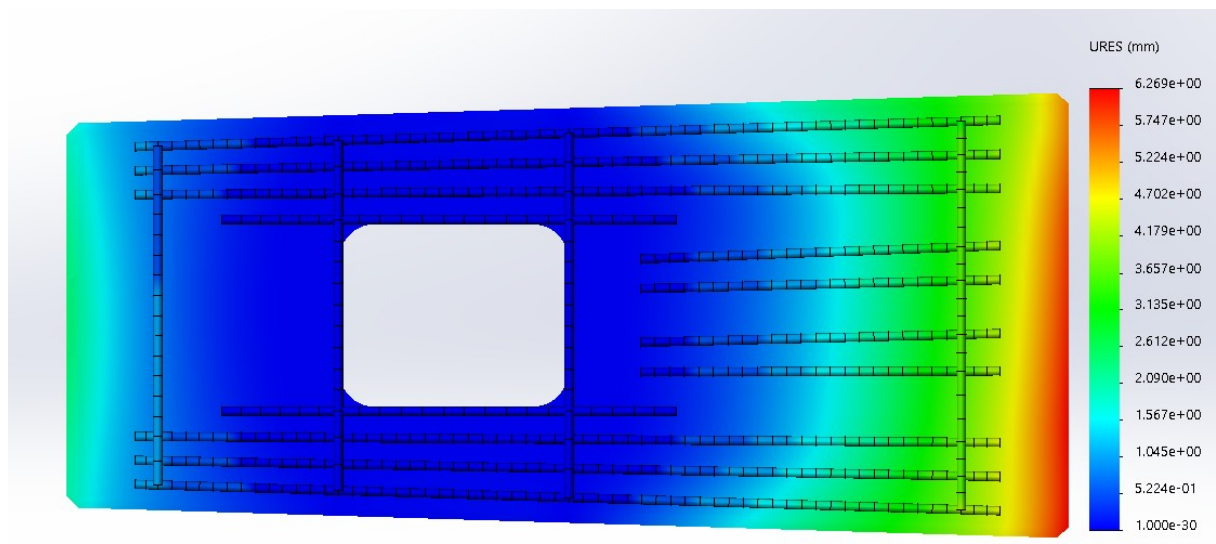


Рис.18 Графік переміщення, мм



Рис.19 Графік напружень на панель

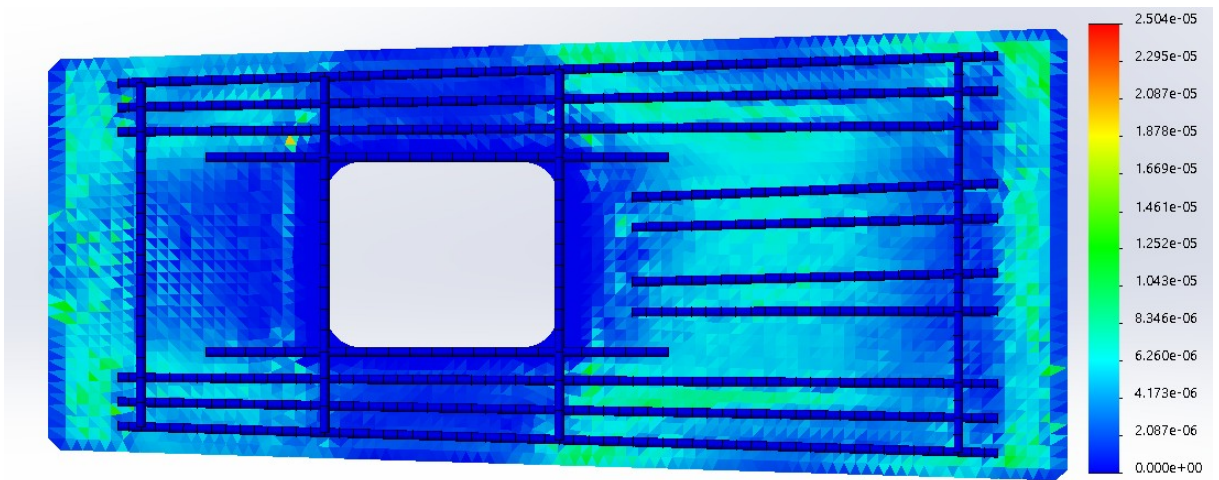


Рис. 20 Графік деформацій панелі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

АЛ9103.22.02.00.00ПЗ

Арк.

50

3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Технологія складання літаків була в авангарді інженерних інновацій, здійснивши революцію в аерокосмічній промисловості та сформувавши спосіб будівництва літаків. Оскільки попит на авіап перевезення продовжує стрімко зростати, виробники літаків постійно шукають шляхи підвищення ефективності, зниження витрат і підвищення безпеки в процесі складання. Це призвело до розробки та впровадження передових технологій і методів, які змінили спосіб складання літаків.

Складання літака включає складний процес, який об'єднує різні компоненти та системи для створення повністю функціональної літальної машини. Від фюзеляжу до крил, двигунів, авіоніки та інтер'єрів, кожен аспект літака вимагає прискіпливої уваги до деталей і точного складання. Традиційні методи складання літаків значною мірою поклалися на ручну працю, вимагали багато часу, були дорогими та часто були схильні до помилок.

Проте завдяки розвитку технологій аерокосмічна промисловість зазнала значних удосконалень у процесі складання. Автоматизовані системи, робототехніка та передові технології виробництва революціонізували спосіб збирання літаків, оптимізувавши виробництво та підвищивши загальну якість. Ці технологічні досягнення не тільки підвищили ефективність, але також зіграли вирішальну роль у зниженні витрат і задоволенні зростаючих потреб світового авіаційного ринку.

Складання являє собою сукупність технологічних операцій з встановлення деталей у складальне положення та з'єднання їх у вузли, панелі, агрегати і літак в цілому.

Існує кілька методів складання, що відрізняються видом інструменту, складальних пристосувань та обладнання, що застосовуються при складанні.[6]

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1 Технологічні характеристики методів складання.

Складання літаків включає кілька технологічних прийомів, які забезпечують ефективну і точну конструкцію цих складних машин. Ось деякі з основних методів, які використовуються в процесі складання:

3.1.1 Складання за складальними отворами(СО)

У цьому випадку деталі встановлюються взаємно правильне положення, з'єднуючи отвори в базовій і вхідних деталях, а потім фіксують вхідні деталі штирем фіксатора або технологічними гвинтами(т/г).

Складання за СО просторових об'єктів ускладнює процес ув'язування, вимагає просторових носіїв розмірів. Виняток становлять циліндричні панелі, для обшивок яких досить шаблонів розгортки(Рис.21).

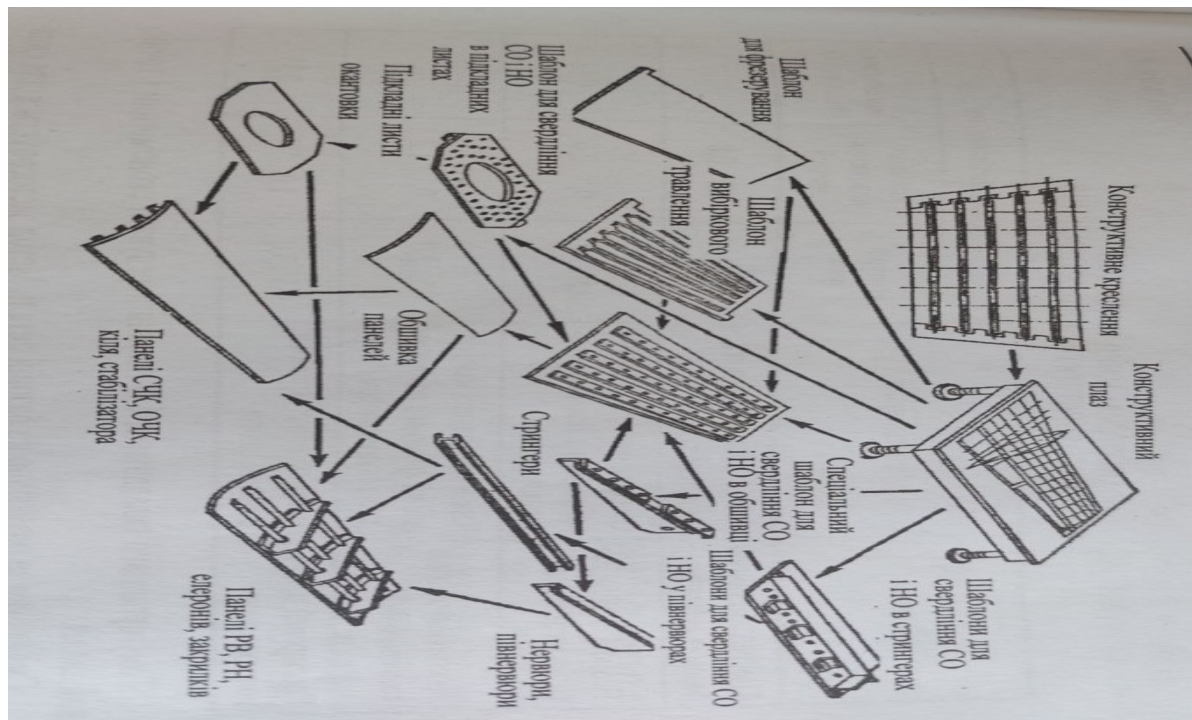


Рис.21 Схема перенесення розмірів при складанні за СО циліндричних панелей.

Складання за СО забезпечує зниження трудомісткості і витрат на оснащення, дає стабільні розміри. Але має певний ряд недоліків, таких як:

- Збільшення обсягу заготівельно-штампувальних робіт через необхідність одержання отворів.
- Збільшення кількості заготівельного та контрольовано-вимірювального обладнання для виготовлення деталей і підтримувальних пристроїв, необхідних при складанні вузлів складної форми.

3.1.2 Складання за розміткою на базовій деталі

Складання за розміткою-процес, при якому взаємне розташування деталей, що входять у вузол, визначають безпосередньо вимірюванням відстаней між ними і по рисках, нанесених на деталь при розмічанні.

Метод застосовується для складання плоских вузлів та циліндричних панелей. Суть методу полягає в тому, що деталі установлюють по лініях розмітки на базовій деталі. Розмітку може наносити робітник за вирізом у спеціальному шаблоні для розмітки за допомогою олівця. Також використовують метод фотодруку в заготівельному цеху. При використанні другого способу, виготовляють накреслену на плазі з вініпрозу конструкцію шпангоута чи іншої деталі.

До переваг такого методу складання належать відносно невеликі витрати на оснащення і порівняно малий цикл підготовки виробництва при використанні розмічальних шаблонів дають можливість застосовувати цей метод у дрібносерійному виробництві.

Недоліком такого методу є низька точність. Взаємний зсув деталей є в районі одного- двох міліметрів.

3.1.3 Складання в оснастці з базою-зовнішня поверхня обшивки.

При такому способі складання обшивка притискається зовнішньою площиною до опорних поверхонь оснастки на період з'єднання з каркасом

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пристосування та кріплення(Рис.22): пристосування(стапель)— це спеціальні інструменти, які допомагають утримувати та вирівнювати компоненти літака під час складання. Вони забезпечують точне позиціонування та полегшують виконання повторюваних завдань у процесі складання. Пристосування використовуються для складання великих структурних компонентів, таких як крила або секції фюзеляжу.

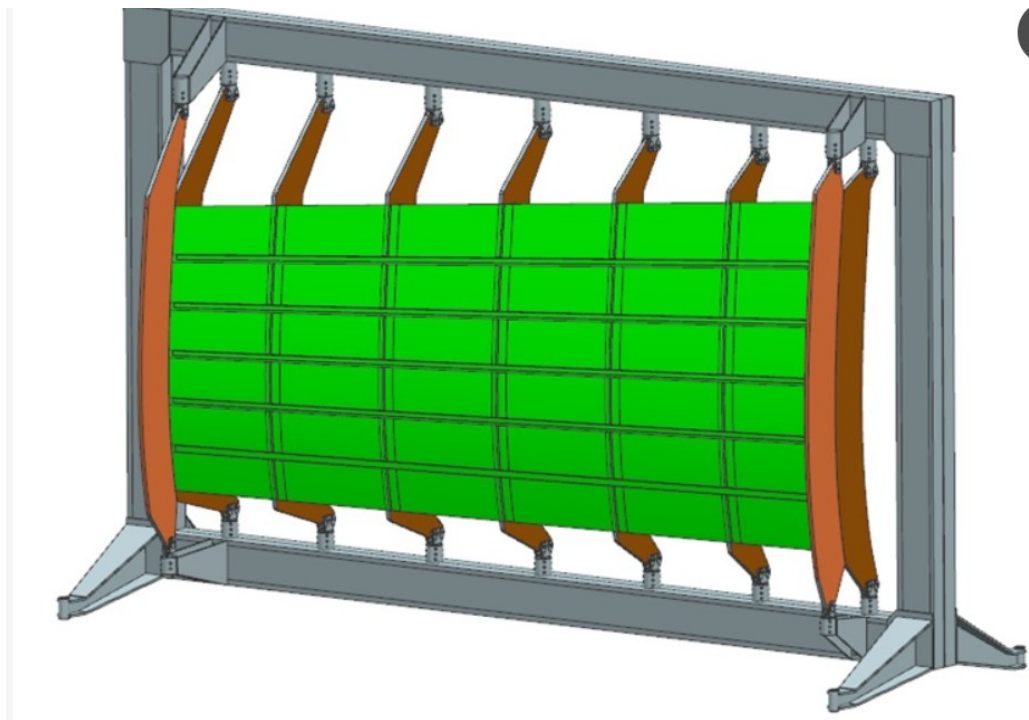


Рис. 22 Стапель складання панелі літака

Автоматизоване заклепування: заклепування є поширеним методом, який використовується для з'єднання конструкцій літака. В автоматизованих системах заклепування використовуються роботизовані манжети або машини, обладнані заклепальними пістолетами для точного розміщення та кріплення заклепок. Ці системи підвищують швидкість і точність, зменшуючи ручну працю та людські помилки в процесі складання.

Обробка з числовим комп'ютерним керуванням (ЧПК): обробка з ЧПК передбачає використання верстатів з комп'ютерним керуванням для виготовлення складних компонентів літака. Верстати з ЧПК точно ріжуть, формують і свердлять різні матеріали, як-от алюміній, композити чи титан,

						AL9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
							50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

відповідно до вимог закладеними конструктором. Ця технологія забезпечує високу точність при виготовленні компонентів.

Роботизоване складання: роботизовані системи відіграють важливу роль у складанні літаків, особливо для повторюваних або небезпечних завдань. Роботи, оснащені різними інструментами та датчиками, можуть виконувати такі завдання, як свердління, кріплення, фарбування та перевірка. Ці роботи запрограмовані на виконання певних шляхів і інструкцій, що сприяє збільшенню продуктивності та контролю якості.

Загалом складання літальних апаратів передбачає поєднання традиційних технологій, таких як пристосування та кріплення, а також передових технологій, таких як робототехніка, обробка з ЧПУ. Ці методи підвищують ефективність, точність і безпеку протягом усього процесу складання, що призводить до виробництва високоякісних літаків.

3.2. Опис технології складання

Основними шляхами підвищення ефективності складальних робіт та зниження витрат на них є покращення технологічності виробництва, створення нових методів та засобів виробництва,

використання автоматизованих систем для складання деталей та вузлів.

Надзвичайно важливим є правильне проектування складального оснащення, яке дозволить значно знизити витрати та час виділені на виробництво. Досягається це зменшенням об'єму робіт, які мав би виконати робочий, та зменшенням погрішності під час складання.

Панель є доволі габаритною та має недостатню жорсткість, щоб складати її без спеціального оснащення. З цих міркувань необхідно розробити спеціальне оснащення, яке буде слугувати базою для самої панелі(Рис 23). Вона складається з жорсткої зварної горизонтальної

					AL9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкції, яка має спеціальні «вушка» на які кріпляться ложементи. Ложемент- фрезерована з алюмінію чи вирізана на лазері з дерева деталь, яка повторює форму і радіус кривизни деталі. На ложементи, в свою чергу, встановлені металеві кутники з заздалегідь просвердленими складальними отворами(СО). Ці кутники розташовані по осі кріплення стрингерів та шпангоутів. Вони встановлені для фіксації панелі технологічними гвинтами. Таке оснащення забезпечить точність, надійність та простоту складання деталей між собою.

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

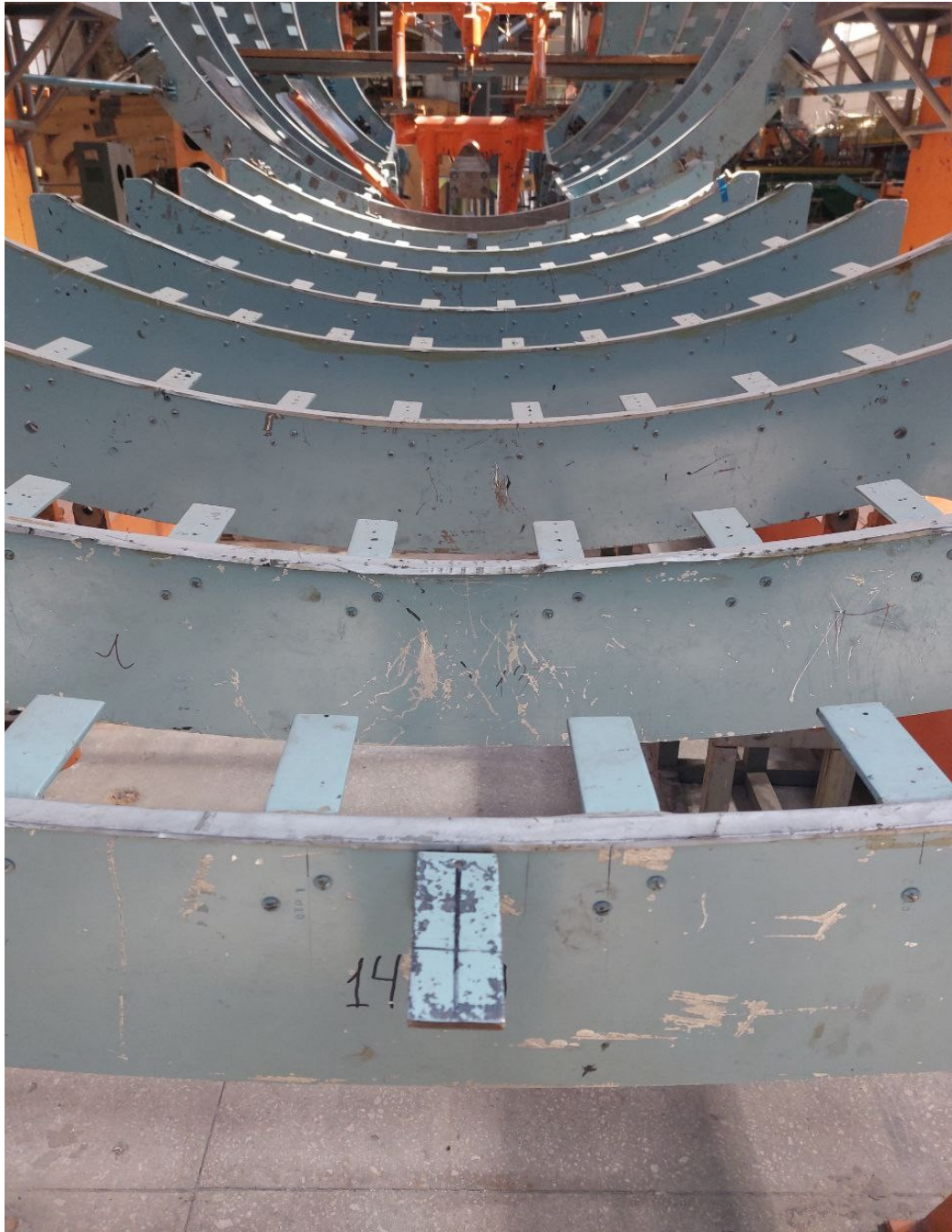


Рис. 23 Станція для складання панелі нижньої центральної.

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

3.2.1 Встановлення силових елементів на обшивку.

3.2.1.1 Встановлення підкладного листа.

Перш за все, на обшивку встановлюється підкладний лист (Рис.24). Він кріпиться на спеціальний клей та заклепки. Оскільки цей клей засихає під дією високої температури, то процедура монтажу буде наступна: для початку необхідно розмітити місце встановлення підкладного листа, потім встановити його на обшивку по розмітці.

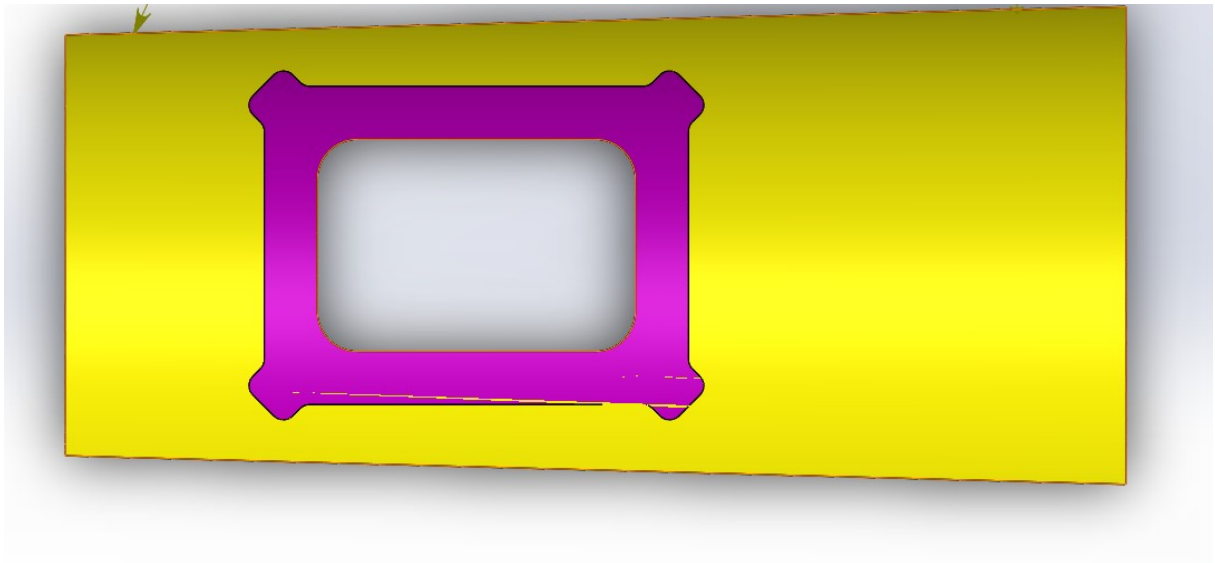


Рис. 24 Обшивка з підкладним листом

Місце розташування на обшивці, при цьому, попередньо намащується клеєм. В зібраному стані ці деталі запихають в пічку і при достатньо високих температурах тримають певний час. Наступним етапом є встановлення обшивки з листом в оснащення для складання та розсвердлення СО і встановлення заклепок по периметру підкладного листа для більшої надійності. Оскільки кабіна повинна бути герметичною, то заклепки ставляться на спеціальному авіаційному герметикі, окрім заклепок без покриття (БП). Заклепки БП встановлюють на струмопровідному розчині.

3.2.1.2 Встановлення стрингерів.

На стрингерах, як і на обшивці, присутні СО. Згідно креслень і 3д моделі стрингери встановлюються на обшивку і кріпляться з нею

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічними гвинтами(Рис.25). Оскільки СО в діаметрі є меншими, аніж робочі, то є необхідність їх розсвердлити до кінцевого розміру. При цьому неможна допустити задирів після свердління. Для цього зенківкою для зняття задирів необхідно очистити отвір із сторони виходу свердла.

Наступною дією буде нанесення спеціальним валиком герметика на сторону прилягання стрингера до обшивки. Потім кріпимо т/г та ставимо заклепки.

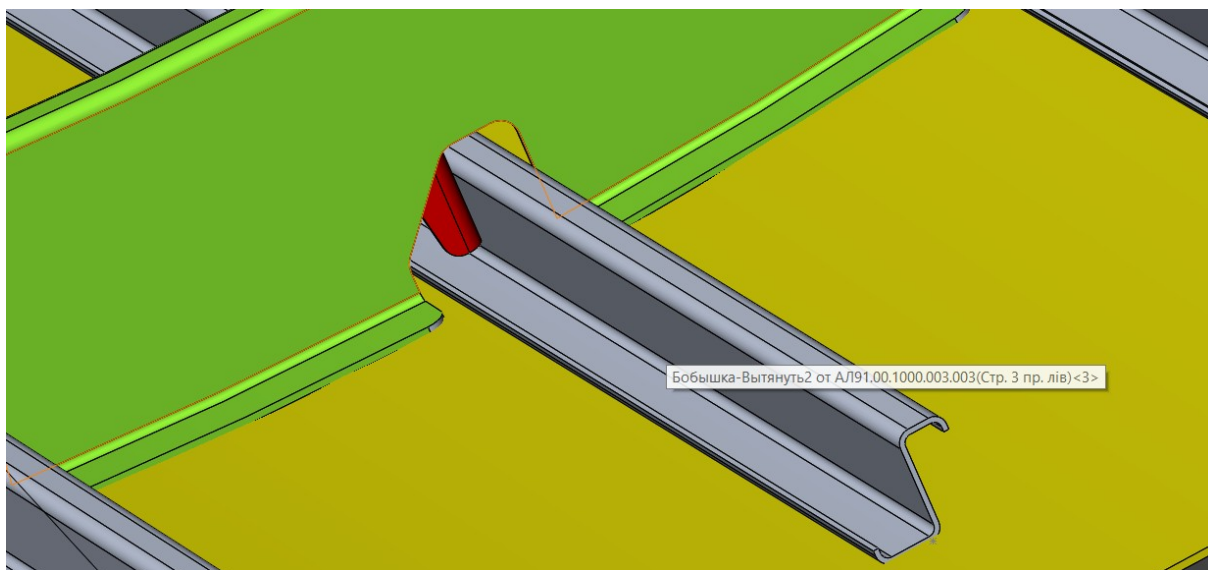


Рис.25 Встановлений стрингер на обшивці

3.2.1.3 Встановлення підсилення вирізу та шпангоутів.

На обшивку та підкладний лист в місці вирізу, для додаткового укріплення, встановлюються пояси підсилення(Рис.26). Спершу монтується повздовжній набір поясів, потім, поверх нього, поперечний.

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

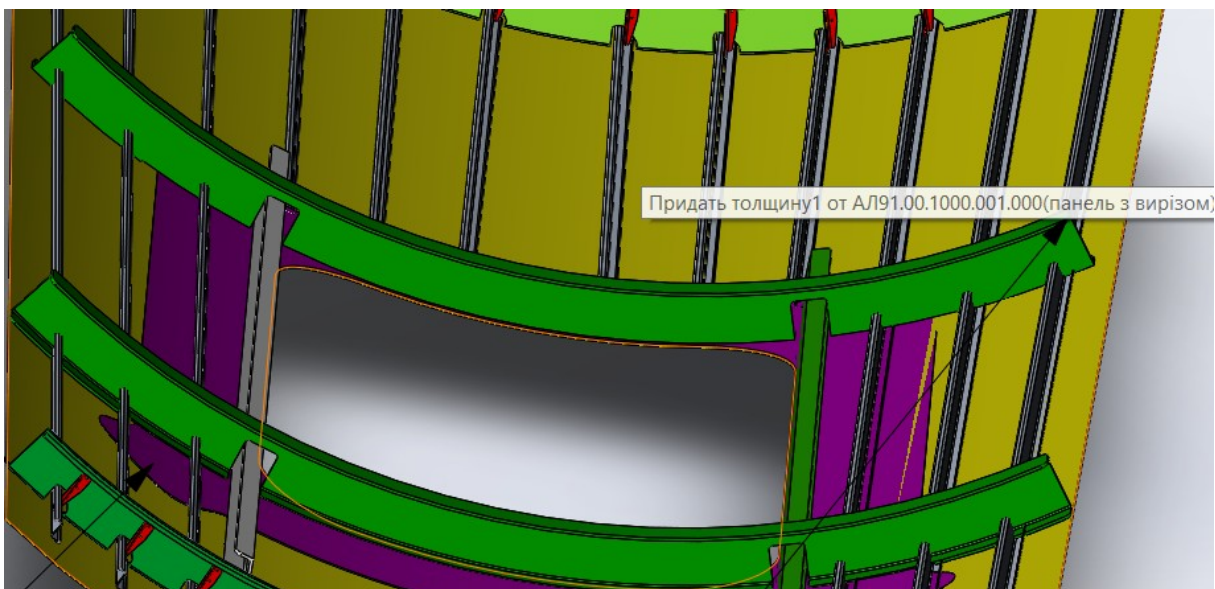


Рис.26 Пояси підсилення вирізу встановлені на панель

Кріпляться вони заклепками до підкладного листа та обшивки, попередньо нанісши герметик.

Процедура встановлення шпангоутів аналогічна процедурі, по якій монтуються поперечні пояси. Шпангоути із стрингерами з'єднуються між собою кронштейнами.(Рис.**)

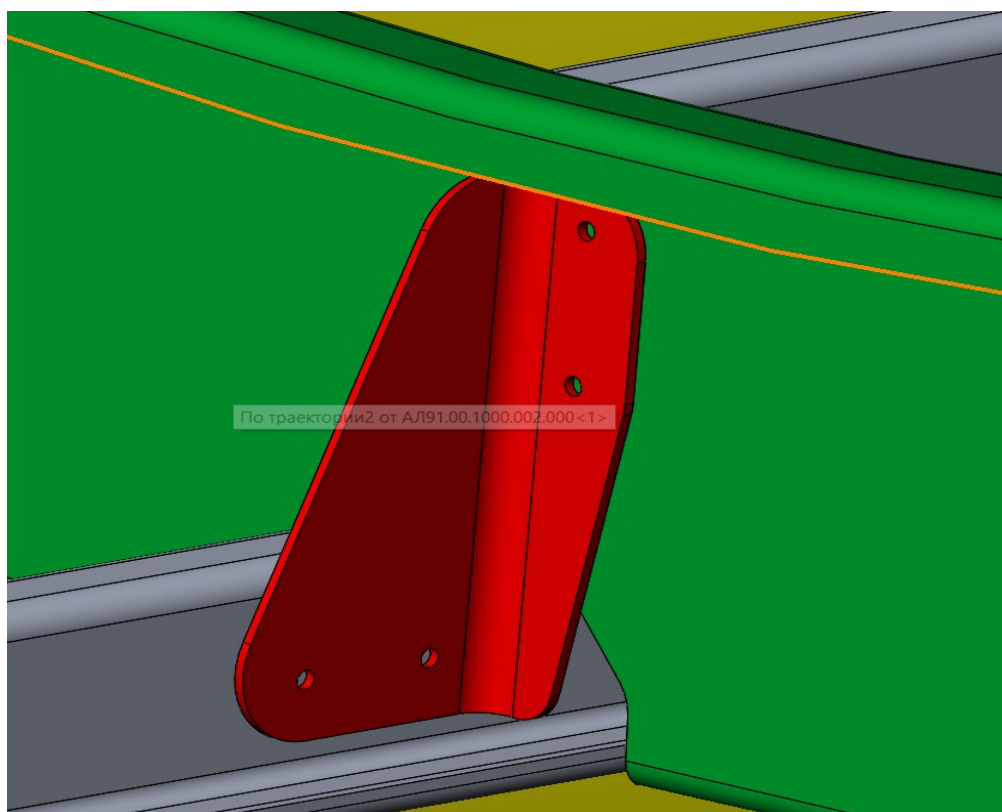


Рис.27 Місце з'єднання шпангоутів з стрингерами

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

ВИСНОВОК

В результаті виконання дипломного проекту було розроблено панель нижню центральну із шахтою аварійного покидання транспортного літака, яка забезпечить швидке та безперешкодне покидання екіпажу в екстрених ситуаціях, які можуть виникнути під час польоту .

Оцінено характеристики, умови застосування схожих аварійних виходів.

Створено тривимірну модель панелі з шахтою в САД системі SolidWorks, яка складається з самої панелі, та збірки шахти з кришкою. Проведено симуляцію навантажень на панель.

Розроблений технологічний процес складання панелі, шахти кришки аварійного покидання, в якому повністю описується процес збірки та спеціальне обладнання для забезпечення мінімального витраченого часу та економічно-вигідного процесу.

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. <https://www.solidworks.com/>
2. Терещенко Ю.М., Волянська Л.Г., Животворська К.А., Король В.М., Кулик М.С., Кудрін А.П., Мамлюк О.В., Панін В.В. Технологія виробництва літальних апаратів. 2006. 491 с.
3. https://avia.gov.ua/wpcontent/uploads/2017/02/Aviatsijnipravila_25.pdf
4. Шульженко М.Н. Конструкція літаків. 1971. 411 с.
5. "Aircraft Structures for Engineering Students" by T.H.G. Megson
6. Абібов А.Л., Єлісеєв С.В., Зернов І.А., Коңоров Л.А., Технологія літакобудування. 1970. 597 с.
7. <http://www.airwar.ru/image/idop/craft/c27j/c27-2.gif>
8. <https://an-26.com/An-26/Chapter-2.php>

					АЛ9103.22.02.00.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

							Додаток 1	
Розробив	Боднар						ННТУ КПІ ім. Ігоря Сікорського	
Перевірив.	Конотоп						Група АЛ-91	
Затвердив.	Бондаренко							
Цех	Опер.	Назва операції			Табельний номер, дата, підпис			
					Викон.	Контр. БТК		
		Технологічний процес Складання правої стінки шахти АЛ91.00.2200.100.001						
		<i>Загальні вимоги.</i>						
		<i>1. До виконання робіт допускаються виконавці, які ознайомилися з ЕКД, атестовані і мають посвідчення на право виконання складання.</i>						
		<i>2. При виконанні робіт необхідно дотримуватися інструкцій по охороні праці.</i>						
	005							
	010	Ознайомитися з ЕКД, документацією, скомплектувати інструмент і підготувати його до роботи. Перенести інструмент і деталі на робоче місце. Перевірити робоче місце на відсутність сторонніх предметів.						
	015	Розмітити на стінці АЛ91.00.2200.004.100 місце установки швелера ...001.000 та профіля ...002.003 згідно з ЕКД.						
	020	Встановити швелер ...001.000 та профіль ...002.003 на стінку ...004.100 по розмітці. Кріпити т/г.						
		Розсвердли СО в стінці спільно з швелером до діаметру заклепок. В процесі зняти т/г. Видалити задирки та стружку зі сторони виходу свердла.						
							Додаток 1	

Розробив	Боднар					ННТУ КПІ ім. Ігоря Сікорського	Група АЛ-91
Перевірив.	Конотоп						
Затвердив.	Бондаренко						
Цех	Опер.	Назва операції	Табельний номер, дата, підпис				
			Викон.	Контр. БТК			
	025	Клепати заклепками швелер...001.000 та профіль ...002.003 до стінки ...004.100, окрім місць встановлення дет. ...003.003; ...006.000=6шт.; ... 005.003.					
	030	Встановити на стінку ...004.100 стійки 006.000 =6шт. згідно з ЕКД. Кріпити т/г (по 4 т/г на одну стійку).					
	035	Розсвердлити СО в стінці спільно з стійками до діаметру заклепок. В процесі зняти т/г. Видалити задирки та стружку зі сторони виходу свердла.					
	040	Клепати заклепками стійки 006.000 =6шт до стінки ...004.100.					
	045	Встановити на стінку ...004.100 стійки 005/003.003. згідно з ЕКД. Кріпити т/г (по 4 т/г на одну стійку).					
	050	Розсвердлити СО в стінці спільно з стійками до діаметру заклепок. В процесі зняти т/г. Видалити задирки та стружку зі сторони виходу свердла.					
	055	Клепати заклепками стійки 006.000 =6шт до стінки ...004.100.					
	060	Заклепки встановлюються на ґрунті, окрім заклепок БП. Заклепки БП встановлюються на струмопровідному розчині.					
	065	Контроль БТК.					
						Додаток 1	
Розробив	Боднар					ННТУ КПІ ім.	Група АЛ-91

Перевірів.		Конотоп				Ігоря Сікорського		
Затвердив.		Бондаренко						
Цех	Опер.	Назва операції				Табельний номер, дата, підпис		
						Викон.	Контр. БТК	
		Технологічний процес Складання лівої стінки шахти АЛ91.00.2200.100.001						
	005	<i>Загальні вимоги.</i> <i>1. До виконання робіт допускаються виконавці, які ознайомилися з ЕКД, атестовані і мають посвідчення на право виконання складання.</i> <i>2. При виконанні робіт необхідно дотримуватися інструкцій по охороні праці.</i>						
	010	Ознайомитися з ЕКД, документацією, скомплектувати інструмент і підготувати його до роботи. Перенести інструмент і деталі на робоче місце. Перевірити робоче місце на відсутність сторонніх предметів.						
	015	Розмітити на стінці АЛ91.00.2200.004.100 місце установки швелера ...001.000 та профіля ...002.003 згідно з ЕКД.						
	020	Встановити швелер ...001.000 та профіль ...002.003 на стінку ...004.100 по розмітці. Кріпити т/г.						
		Розсвердлити СО в стінці спільно з швелером до діаметру заклепок. В процесі зняти т/г. Видалити задирки та стружку зі сторони виходу свердла.						
						Додаток 1		
Розробив	Боднар					ННТУ КПІ ім. Ігоря Сікорського	Група АЛ-91	
Перевірів.	Конотоп							

Затвердив.		Бондаренко								
Цех	Опер.	Назва операції	Табельний номер, дата, підпис							
			Викон.	Контр. БТК						
	025	Клепати заклепками швелер...001.000 та профіль ...002.003 до стінки ...004.100, окрім місць встановлення дет. ...003.003; ...006.000=6шт.; ... 005.003.								
	030	Встановити на стінку ...004.100 стійки 006.000 =6шт. згідно з ЕКД. Кріпити т/г (по 4 т/г на одну стійку).								
	035	Розсвердлити СО в стінці спільно з стійками до діаметру заклепок. В процесі зняти т/г. Видалити задирки та стружку зі сторони виходу свердла.								
	040	Клепати заклепками стійки 006.000 =6шт до стінки ...004.100.								
	045	Встановити на стінку ...004.100 стійки 005/003.003. згідно з ЕКД. Кріпити т/г (по 4 т/г на одну стійку).								
	050	Розсвердлити СО в стінці спільно з стійками до діаметру заклепок. В процесі зняти т/г. Видалити задирки та стружку зі сторони виходу свердла.								
	055	Клепати заклепками стійки 006.000 =6шт до стінки ...004.100.								
	060	Заклепки встановлюються на ґрунті, окрім заклепок БП. Заклепки БП встановлюються на струмопровідному розчині.								
	065	Контроль БТК.								
Додаток 1										
Розробив	Боднар									
Перевірив.	Конотоп				ННТУ КПІ ім. Ігоря Сікорського					
Затвердив.	Бондаренко				Група АЛ-91					

Цех	Опер.	Назва операції	Табельний номер, дата, підпис		
			Викон.	Контр. БТК	
		<p style="text-align: center;">Технологічний процес Складання передньої стінки шахти АЛ91.00.2200.100.004</p> <p><i>Загальні вимоги.</i></p> <p><i>1. До виконання робіт допускаються виконавці, які ознайомилися з ЕКД, атестовані і мають посвідчення на право виконання складання.</i></p> <p><i>2. При виконанні робіт необхідно дотримуватися інструкцій по охороні праці.</i></p>			
	005				
	010	Ознайомитися з ЕКД, документацією, скомплектувати інструмент і підготувати його до роботи. Перенести інструмент і деталі на робоче місце. Перевірити робоче місце на відсутність сторонніх предметів.			
	015	Розмітити на стінці АЛ91.00.2200.007.000 місце установки стійки ...008.000 та поясу ...009.000 згідно з ЕКД.			
	020	Встановити стійку ...008.000 та пояс ...009.000 на стінку ...007.000 по розмітці. Кріпити т/г.			
		Розсвердлимо СО в стінці спільно з стійкою та поясом до діаметру заклепок. В процесі зняти т/г. Видалити задирки та стружку зі сторони виходу свердла.			
			Додаток 1		
Розробив	Боднар				
Перевірив.	Конотоп				ННТУ КПІ ім. Ігоря Сікорського
Затвердив.	Бондаренко				Група АЛ-91
Цех	Опер.	Назва операції	Табельний номер, дата, підпис		

			Викон.	Контр. БТК		
025	Клепати заклепками стійку...008.000 та пояс ...009.000 до стінки ...007.000, окрім місць встановлення дет...010.000=4шт. В процесі зняти т/г.					
030	Розмітити, встановити на стінку ...007.000 стійки 010.000 =4шт. згідно з ЕКД. Кріпити т/г (по 4 т/г на одну стійку).					
035	Розсвердли СО в стінці спільно з стійками до діаметру заклепок. В процесі зняти т/г. Видалити задирки та стружку зі сторони виходу свердла.					
040	Клепати заклепками стійки 010.000 =4шт до стінки ...007.000. В процесі зняти т/г.					
045	Встановити на пояс ...009.000 кожух ...011.000. Кріпити т/г =5шт.					
050	Розсвердли СО в поясі ...009.000 спільно з кожух ...011.000 до діаметру заклепок. В процесі зняти і встановити т/г. Видалити задирки та стружку зі сторони виходу свердла.					
055	Клепати заклепками кожух ...011.000 до поясу ...009.000. В процесі зняти т/г.					
060	Заклепки встановлюються на ґрунті, окрім заклепок БП. Заклепки БП встановлюються на струмопровідному розчині.					
065	Контроль БТК.					
				Додаток 1		
Розробив	Боднар			ННТУ КПІ ім. Ігоря Сікорського	Група АЛ-91	
Перевірив.	Конотоп					
Затвердив.	Бондаренко					
Цех	Опер.	Назва операції			Табельний номер, дата, підпис	
				Викон.	Контр. БТК	

		Технологічний процес Складання шахти аварійного покидання АЛ91.00.2200.300.000					
		<p><i>Загальні вимоги.</i></p> <p>1. До виконання робіт допускаються виконавці, які ознайомилися з ЕКД, атестовані і мають посвідчення на право виконання складання.</p> <p>2. При виконанні робіт необхідно дотримуватися інструкцій по охороні праці.</p>					
005							
010		Ознайомитися з ЕКД, документацією, скомплектувати інструмент і підготувати його до роботи. Перенести інструмент і деталі на робоче місце. Перевірити робоче місце на відсутність сторонніх предметів.					
015		Кріпити складальні одиниці АЛ91.00.2200.100.001/003/004; та деталь АЛ91.00.2200.100.005 за допомогою т/г. згідно з ЕКД. Забезпечити паралельність між: складальними одиницями ... 001 та ...003; складальною одиницею ...004 та деталлю ...005.					
020		Розсвердлити СО до діаметру заклепок. В процесі операції зняти і встановити т/г.					
025		Клепати заклепками складальні одиниці АЛ91.00.2200.100.001/003/004; та деталь АЛ91.00.2200.100.005 між собою.					
030		Заклепки встановлюються на герметику, окрім заклепок БП. Заклепки БП встановлюються на струмопровідному розчині.					
		Контроль БТК.					
							Додаток 1
Розробив	Боднар				ННТУ КПІ ім. Ігоря Сікорського		Група АЛ-91
Перевірив.	Конотоп						
Затвердив.	Бондаренко						
Цех	Опер.	Назва операції			Табельний номер, дата, підпис		
		Технологічний процес			Викон.	Контр. БТК	

		Складання кришки аварійного покидання АЛ91.00.2100.000.003					
		<i>Загальні вимоги.</i>					
		<i>1. До виконання робіт допускаються виконавці, які ознайомилися з ЕКД, атестовані і мають посвідчення на право виконання складання.</i>					
		<i>2. При виконанні робіт необхідно дотримуватися інструкцій по охороні праці.</i>					
005							
	010	Ознайомитися з ЕКД, документацією, скомплектувати інструмент і підготувати його до роботи. Перенести інструмент і деталі на робоче місце. Перевірити робоче місце на відсутність сторонніх предметів.					
	015	Розмітити, перенести обшивку зовнішню АЛ91.00.2100.002.000 в стапель складання. Виставити по розмітці. Кріпити обшивку зовнішню до кутників на ложементах за допомогою т/г.					
	020	Монтаж балок ...003.001/003 Встановити на обшивку ...002.000 балки ...003.001/003. Кріпити балки до обшивки т/г згідно ЕКД.					
		Розсвердлити СО в панелі спільно з балками до діаметру заклепок. В процесі операції зняти і встановити т/г. Видалити задирки та стружку зі сторони виходу свердла.					
					Додаток 1		
Розробив	Боднар				ННТУ КПІ ім. Ігоря Сікорського	Група АЛ-91	
Перевірив.	Конотоп						
Затвердив.	Бондаренко						
Цех	Опер.	Назва операції			Табельний номер, дата, підпис		
					Викон.	Контр. БТК	
		Технологічний процес Складання кришки аварійного покидання АЛ91.00.2100.000.003					

		<p><i>Загальні вимоги.</i></p> <p>1. До виконання робіт допускаються виконавці, які ознайомилися з ЕКД, атестовані і мають посвідчення на право виконання складання.</p> <p>2. При виконанні робіт необхідно дотримуватися інструкцій по охороні праці.</p>							
	005								
	010	Ознайомитися з ЕКД, документацією, скомплектувати інструмент і підготувати його до роботи. Перенести інструмент і деталі на робоче місце. Перевірити робоче місце на відсутність сторонніх предметів.							
	015	Розмітити, перенести обшивку зовнішню АЛ91.00.2100.002.000 в стапель складання. Виставити по розмітці. Кріпити обшивку зовнішню до кутників на ложементах за допомогою т/г.							
	020	<p>Монтаж балок ...003.001/003</p> <p>Встановити на обшивку ...002.000 балки ...003.001/003. Кріпити балки до обшивки т/г згідно ЕКД.</p> <p>Розсвердлити СО в панелі спільно з балками до діаметру заклепок. В процесі операції зняти і встановити т/г. Видалити задирки та стружку зі сторони виходу свердла.</p>							
									Додаток 1
Розробив	Боднар							ННТУ КПІ ім. Ігоря Сікорського	Група АЛ-91
Перевірив.	Конотоп								
Затвердив.	Бондаренко								
Цех	Опер.	Назва операції	Табельний номер, дата, підпис						
			Викон.	Контр. БТК					
	060	Клепати заклепками обшивку до діафрагм, балок та стінок. Заклепки встановлюються на герметику, окрім заклепок БП. Заклепки БП встановлюються на струмопровідному розчині. В процесі операції зняти т/г.							
	065	Розсвердлити СО в стінках спільно з обшивкою нижньою до діаметру заклепок. Зняти							

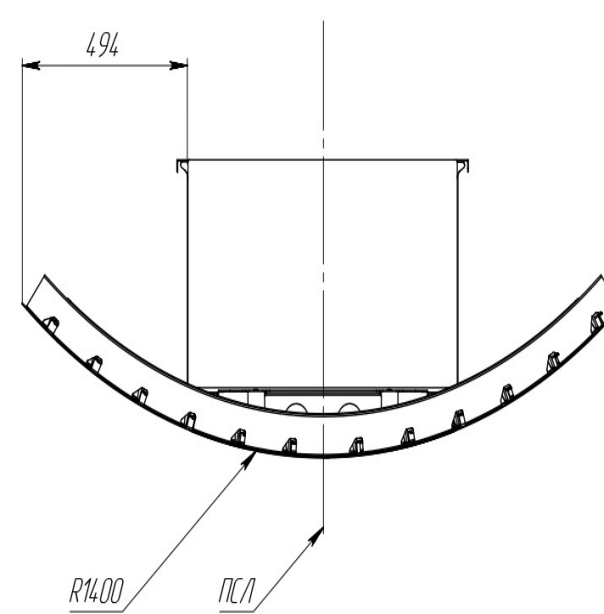
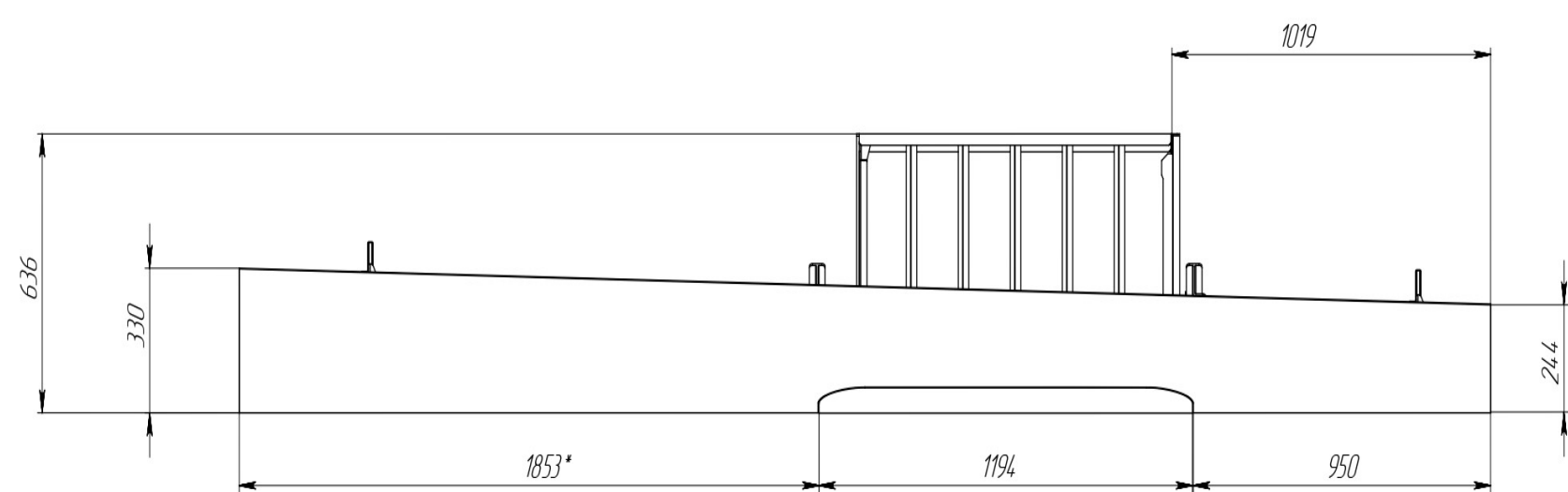
	005	2. При виконанні робіт необхідно дотримуватися інструкцій по охороні праці.						
	010	Ознайомитися з ЕКД, документацією, скомплектувати інструмент і підготувати його до роботи. Перенести інструмент і деталі на робоче місце. Перевірити робоче місце на відсутність сторонніх предметів.						
	015	Перенести обшивку в стапель складання. Виставити по рисках осей стрингерів, шпангоутів. Кріпити обшивку до кутників на ложементів за допомогою т/г.						
	020	Розмітити згідно з ЕКД, встановити на обшивку підкладний лист попередньо нанісши клей на площину прилягання підкладного листа на панель. Кріпити т/г.						
		Зняти т/г з панелі. Зняти панель з стапеля. Перенести панель до пічки, для склеювання панелі з підкладним листом.						
						Додаток 1		
Розробив	Боднар					ННТУ КПІ ім. Ігоря Сікорського	Група АЛ-91	
Перевірів.	Конотоп							
Затвердив.	Бондаренко							
Цех	Опер.	Назва операції	Табельний номер, дата, підпис					
			Викон.	Контр. БТК				
	025	Повторити оп. 010.						
	030	Розсвердлити СО по периметру підкладного листа(окрім місць прилягання поясів) до діаметру заклепок. Клепати заклепками. Заклепки встановлюються на герметику, окрім заклепок БП. Заклепки БП встановлюються на струмопровідному розчині.						
	035	ВСТАНОВЛЕННЯ СТРИНГЕРІВ Встановити на панель стрингери згідно ЕКД. Кріпити стрингери до панелі т/г. з кроком 10						

		заклепок.							
	040	Розсвердлити СО в стрингерах спільно з панеллю до діаметру заклепок. Зняти т/г. Видалити задирки та стружку зі сторони виходу свердла.							
	045	Встановити стрингери на панель. Кріпити на розсвердлені отвори т/г-ми(по 5 т/г на один стрингер). Повторити по. 040							
	050	Нанести на стрингер, в місцях прилягання до панелі, герметик валиком. Встановити на панель і кріпити т/г з кроком 10 заклепок. Клепати заклепками. Заклепки встановлюються на герметику, окрім заклепок БП. Заклепки БП встановлюються на струмопровідному розчині. В процесі операції зняти т/г.							
								Додаток 1	
Розробив	Боднар					ННТУ КПІ ім. Ігоря Сікорського		Група АЛ-91	
Перевірив.	Конотоп								
Затвердив.	Бондаренко								
Цех	Опер.	Назва операції				Табельний номер, дата, підпис			
						Викон.	Контр. БТК		
		ВСТАНОВЛЕННЯ ПІДСИЛЕННЯ ВИРІЗУ							
	055	Встановити пояси підсилення згідно з ЕКД. Кріпити т/г.							
	060	Розсвердлити СО в поясах спільно з панеллю і підкладним листом до діаметру заклепок. Зняти т/г. Видалити задирки та стружку зі сторони виходу свердла.							
	065	Встановити пояси на панель. Кріпити на розсвердлені отвори т/г-ми(по 5 т/г на один пояс). Повторити по. 060							

	070	<p>Нанести на пояси, в місцях прилягання до панелі і підкладного листа, герметик валиком. Встановити на панель і кріпити т/г з кроком 10 заклепок. Клепати заклепками. Заклепки встановлюються на герметику, окрім заклепок БП. Заклепки БП встановлюються на струмопровідному розчині. В процесі операції зняти т/г.</p>							
	075		Опер. 055-070 повторити для поясів						
									Додаток 1
Розробив	Боднар							ННТУ КПІ ім. Ігоря Сікорського	Група АЛ-91
Перевірив.	Конотоп								
Затвердив.	Бондаренко								
Цех	Опер.	Назва операції				Табельний номер, дата, підпис			
						Викон.	Контр. БТК		
	080	ВСТАНОВЛЕННЯ ШПАНГОУТІВ Встановити шпангоути згідно з ЕКД. Кріпити т/г.							
	085	Розсвердлити СО в поясах спільно з панеллю до діаметру заклепок. Зняти т/г. Видалити задирки та стружку зі сторони виходу свердла.							
	090	Встановити пояси на панель. Кріпити на розсвердлені отвори т/г-ми(по 13т/г на один шп.). Повторити по. 085							
	095	Нанести на шпангоути, в місцях прилягання до панелі, герметик валиком. Встановити на							

	100	панель і кріпити т/г=13 шт. на шпангоут. Клепати заклепками. Заклепки встановлюються на герметику, окрім заклепок БП. Заклепки БП встановлюються на струмопровідному розчині. В процесі операції зняти т/г. Контроль БТК.								
									Додаток 1	
Розробив	Боднар						ННТУ КПІ ім. Ігоря Сікорського		Група АЛ-91	
Перевірив.	Конотоп									
Затвердив.	Бондаренко									
Цех	Опер.	Назва операції				Табельний номер, дата, підпис				
						Викон.	Контр. БТК			
	005	Технологічний процес Встановлення шахти аварійного покидання та кришки на панель АЛ91.00.0000.000.000								
	010	<i>Загальні вимоги.</i> <i>1. До виконання робіт допускаються виконавці, які ознайомилися з ЕКД, атестовані і мають посвідчення на право виконання складання.</i> <i>2. При виконанні робіт необхідно дотримуватися інструкцій по охороні праці.</i>								
	015	Ознайомитися з ЕКД, документацією, скомплектувати інструмент і підготувати його до роботи. Перенести інструмент і деталі на робоче місце. Перевірити робоче місце на відсутність сторонніх предметів.								
		Кріпити складальну одиницю АЛ91.00.2200.300.000 до поясів АЛ91.00.1000.006.001/003 за допомогою струбцин згідно з ЕКД.								

	020	Розсвердлити СО до діаметру заклепок. В процесі операції зняти струбцини, зняти і встановити т/г.			
	025	Клепати заклепками складальну одиницю АЛ91.00.2200.300.000 та деталі АЛ91.00.1000.006.001/003 між собою.			
	030	Заклепки встановлюються на герметику, окрім заклепок БП. Заклепки БП встановлюються на струмопровідному розчині.			
	035	Встановити кришку згідно з ЕКД.			
		Контроль БТК.			



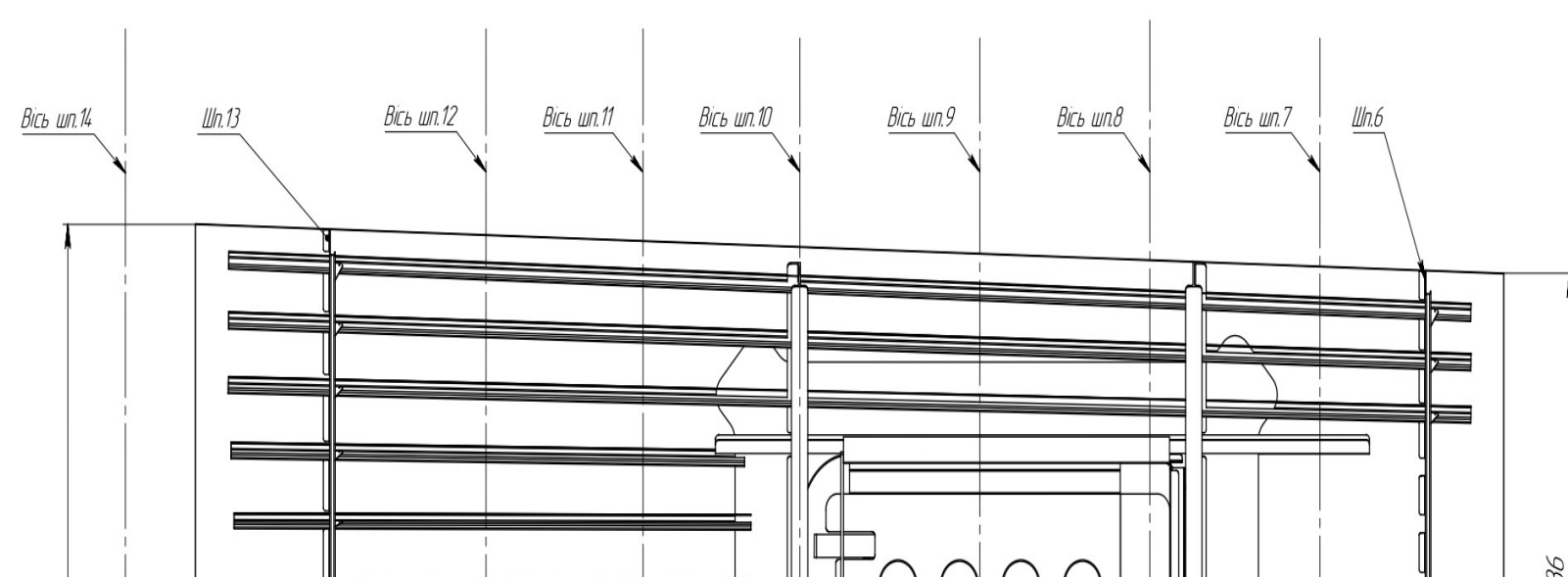
1. Модель майстер-геометрії A/19100.1000.001.000mg.

2. Невказані відхилення розмірів по ОСТ1 00022-80

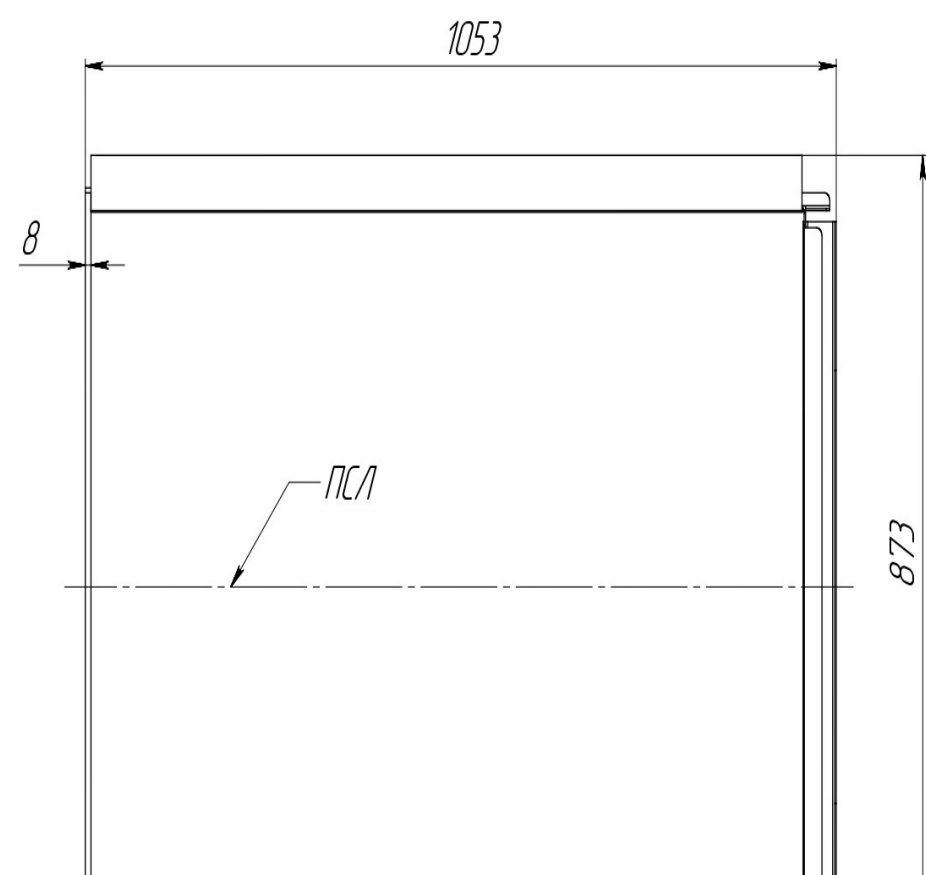
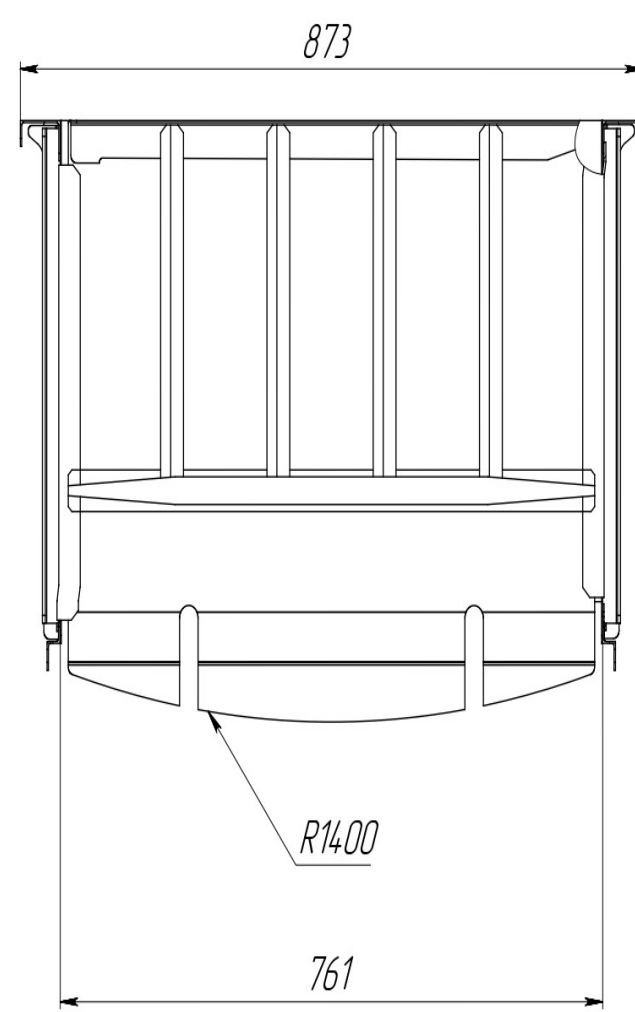
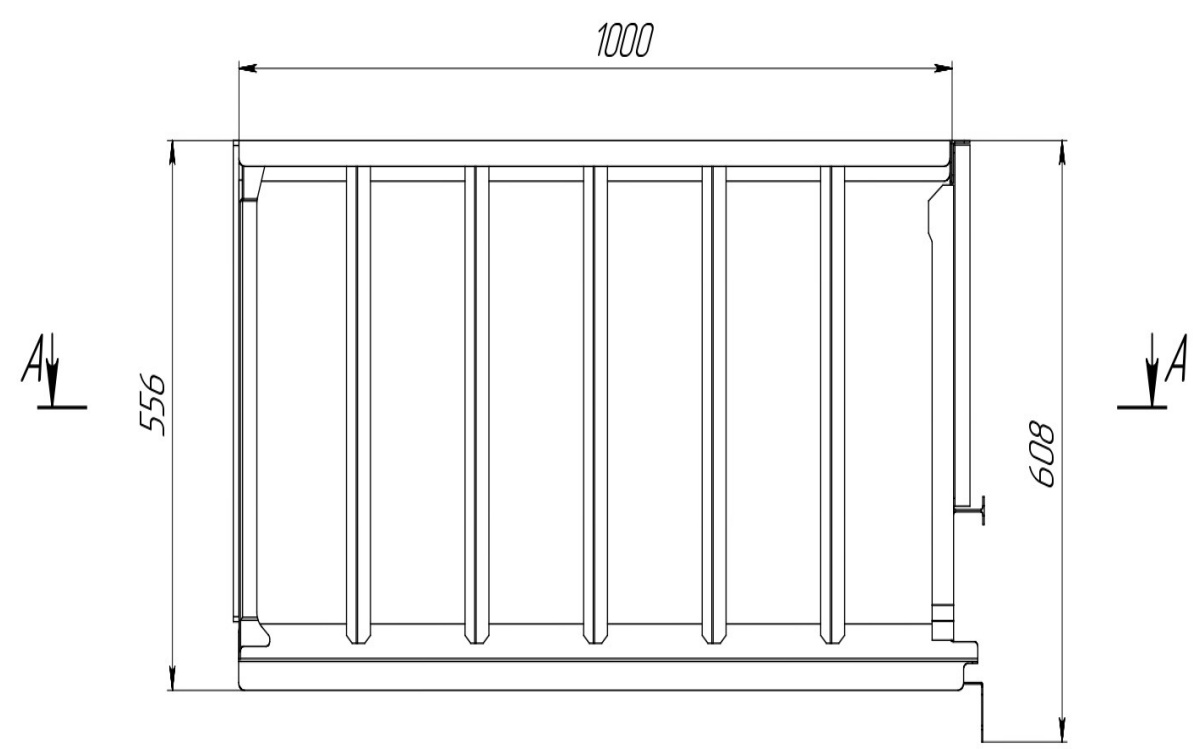
3. * - розмір для довідок

4. Металізація по ОСТ1 01025-82 заклепками БП

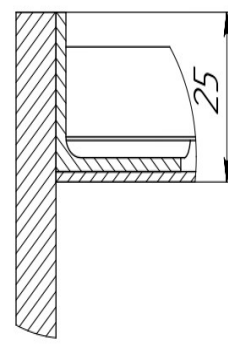
5. Клепани заклепки на герметику PPG Aerospace PR-1782 Class B



A/19103.10.02.00.05CK



C (1:1)



1. Невказані відхилення розмірів по ОСТ1 00022-80

2. * - розмір для довідок

3. Металізація по ОСТ1 01025-82 заклепками БП

4. Клепати заклепки на герметику PPG Aerospace PR-1782 Class B

B (1:1)

