

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни
«Загальні знання ПС: Планер та системи, аварійне обладнання»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**272 Авіаційний транспорт
Аеронавігація**

за темою № 2. Фюзеляжі повітряних суден

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу Харківського
національного університету
внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023 № 1

Розробник:

1. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, викладач-спеціаліст Самохліб Олександр Олександрович

Рецензенти:

- 1. Завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного університету, д.т.н., професор Тамаргазін О.А.*
- 2. Викладач циклової комісії аеронавігації КЛК ХНУВС, к.т.н., с.н.с. Тягній В.Г.*

План лекції:

1. Призначення і вимоги, що пред'являються до фюзеляжів.
2. Навантаження, що діють на фюзеляж . Конструктивно-силові схеми фюзеляжів, їхні переваги і недоліки.
3. Основні елементи фермового фюзеляжу: каркас, обшивка, силові вузли, їхнє призначення і матеріал виготовлення.
4. Основні елементи балочного фюзеляжу: каркас, обшивка, силові вузли, їхнє призначення і матеріал виготовлення.

Основна література:

1. Бойко А.П., Мамлюк О.В., Терещенко Ю.М. «Конструкція літальних апаратів», К.: Вища освіта, 2010. – 383 с.
2. Кулик М.С., Тамаргазін О.А. Конструкція, міцність та надійність газотурбінних установок і компресорів. Київ: НАУ, 2012. 477 с.
3. Іноземцев А.А., Сандрацький В.Л. Газотурбінні двигуни. П.: ВАТ «Авіадвигун», 2011. 1024 с.

Допоміжна література:

4. Царенко А.О. Вертоліт Мі-2. Блок 3 Газотурбінний двигун. (Категорія В1.3): Конспект лекцій. Кременчук: КЛК НАУ, 2015. 227 с.
5. Царенко А.О. «Вертоліт Мі-8Т. Блок 3 Газотурбінний двигун. (Категорія В1.3): Конспект лекцій. Кременчук: КЛК НАУ, 2015. 250 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. <https://naurok.com.ua/uploads/files/2952962/285465.pdf>

Текст лекції

Призначення і вимоги, що пред'являються до фюзеляжів

Фюзеляж призначений:

1. Для розміщення екіпажа, пасажирів, обладнання й вантажів.
2. Для з'єднання всіх частин вертольота в одне ціле. До фюзеляжу пред'являються вимоги:

1. Повинен забезпечувати зручне розміщення екіпажа, пасажирів і вантажу.
2. Мати малий лобовий опір.
3. Забезпечувати швидке покидання вертольота в аварійній ситуації.
4. Забезпечувати безпеку при посадці й у польоті.
5. Мінімально затінювати огляд екіпажеві.

Конструктивно-силові схеми фюзеляжів

Для виготовлення фюзеляжів вертольотів використовують дві конструктивно-силові схеми - фермову й балочну. Фермові фюзеляжі звичайно застосовуються на вертольотах надлегкого й легкого класів з злітною масою до 1,5 тонн. На інших апаратах, як правило, використовуються фюзеляжі балочної конструкції. У балочній конструкції максимально використовується внутрішній об'єм фюзеляжу, однак вирізи в обшивці вимагають місцевого посилення, що приводить до збільшення маси.

Фермова конструкція. Фюзеляж фермової конструкції являє собою просторову ферму, складену зі скріплених стрижнів. Всі види навантажень (згинаючі й крутний моменти, а також сили що перерізують) сприймаються за рахунок деформації статично невизначеної ферми. Основними силовими елементами є пояси, просторова система стійок і підкосів. Вирізи в обшивці не вимагають значних посилень, тому що вона не включається в силову схему фюзеляжу. Наявність стрижнів у фермовій конструкції утрудняє використання внутрішнього об'єму, розміщення, монтаж і демонтаж агрегатів і обладнання. Усунення резонансних коливань численних стрижнів є складним завданням.

У вертольотобудуванні використовуються повністю зварені нерозбірні й розбірні ферми. У розбірних фермах, стрижні мають болтове з'єднання. Також зустрічаються комбінації цих двох типів. Технологічні процеси термообробки ферми після зварювання пов'язані зі значними труднощами, однак розбірні конструкції мають більшу вагу й ряд проблем з резонансами.

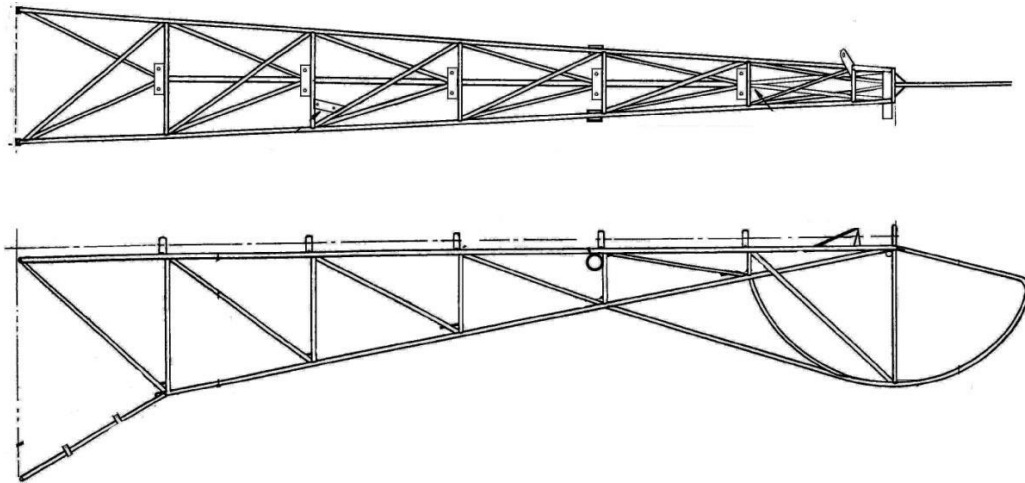


Рис. 2.1. Хвостова балка фермової конструкції

Балочні конструкції. Балочні каркасні конструкції можна підрозділити на лонжеронні й моноблочні.

У лонжеронних конструкціях згинальний момент сприймається переважно поздовжніми елементами - лонжеронами, а обшивка сприймає місцеві навантаження, силу що перерізує й крутний момент. Такий вид розподілу навантажень частіше застосовується в структурі крила й стабілізатора, однак, його можна зустріти й у фюзеляжних конструкціях. Так транспортні вертольоти невеликих мас для завантаження використовують бічні прорізи, які утворюють вирізи майже у всю висоту фюзеляжу. У таких випадках часто набори із чотирьох лонжеронів, розташованих у кутах фюзеляжу, утворюють силовий каркас центральної частини.

Моноблочна конструкція має на увазі, що обшивка разом з елементами каркаса включена в роботу загальної силовій схеми фюзеляжу. Різновидом моноблочної конструктивно-силової схеми є монокок. Монокок з однорідного матеріалу передбачає наявність лише двох елементів: обшивки й шпангоутів. Всі сили й моменти сприймає обшивка. Шпангоути підкріплюють обшивку. За такою схемою виконувалися елементи каркасів вертольотів, наприклад хвостові балки, на зорі вертольотобудування. Однак розвиток композиційних

матеріалів, технології виготовлення тришарових панелей і методів їхніх з'єднань привело до того, що монокок знову почав знаходити застосування у вертольотобудуванні. Можна припустити, що в найближчі роки ця схема буде застосовуватися все частіше, тому що вона забезпечує максимальну вагову віддачу й високу надійність.

Комбінацією описаних силових схем є напівмонокок, що складається з тонкої обшивки, підкріпленої стрингерами й шпангоутами. У конструкціях цієї схеми стрингери підкріплюють обшивку, підвищуючи її критичні напруження стиснення й зсуву, працюють на нормальні навантаження від згинального моменту й стискаючих (розтягуючих) сил.

Обшивка створює форму й плавність обводів корпусу, вона працює на нормальні й дотичні напруження від вигину, стиснення (розтягання) і крутіння. Посилені стрингери іноді називають бімсами, вони встановлюються по поздовжніх границях вирізів для компенсації місцевого ослаблення конструкції.

Шпангоути забезпечують необхідну форму корпусу в поперечних перерізах. Шпангоути збільшують критичні напруження в стрингерах і обшивці, являючись для них опорами. Вони працюють під дією місцевих повітряних навантажень і надлишкового тиску в герметичних відсіках.

Крім того, існують посилені шпангоути, які передають зосереджені сили від прикріплених до них частин літального апарата й агрегатів обшивці. Такі шпангоути також встановлюються на границях великих вирізів, у розніманнях, у місцях різких переломів оболонки, навантаженої надлишковим тиском.

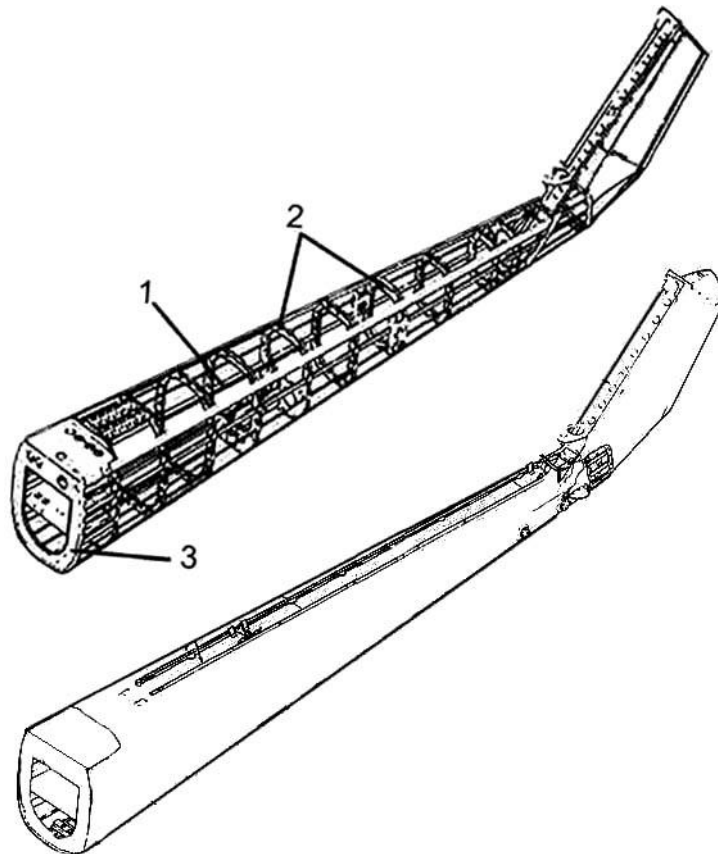


Рис. 2.2. Хвостова балка полумонококової конструкції (без обшивки й з обшивкою).

Особливості конструкції елементів фюзеляжу

Різні частини фюзеляжу мають цілий ряд особливостей, які впливають на конструкцію літального апарата.

Особливістю силової схеми підлоги вантажної кабіни вертольота є залежність від типу вантажу. При транспортуванні колісного транспорту розміщення поздовжніх силових елементів (лонжеронів) підлоги необхідно погодити з колією їх шасі. Поверхня вантажної підлоги повинна мати фрикційне покриття або виступи. Порожнечі між шпангоутами під підлогою звичайно використовують для розміщення м'яких паливних баків.

Для навантаження й вивантаження перевезених об'єктів фюзеляжі транспортних вертольотів обладнуються прорізами, які закривають рухливі елементи. Апарати зі злітною масою більше восьми тонн звичайно мають вантажний люк у хвостовій частині фюзеляжу. Люк закривається вантажними стулками. Стулки відкриваються в сторони й виконуються у вигляді двох каркасних оболонок. У закритому положенні утворюють задній обвід фюзеляжу.

Крім стулок у такій конструкції передбачають вантажні трапи, що дозволяють самохідній техніці самостійно заїжджати усередину. Для полегшення й спрощення конструкції на сучасних вертольотах вантажний трап часто виконується сполученням із кришкою люка й при завантаженні опускається долілиць. Менш вантажопідйомні вертольоти використовують проріз у бічній частині фюзеляжу. У цьому випадку двері вантажного відсіку робляться трьох видів:

- класичні поворотні двері - відкриваються поворотом навколо осі петель. У горизонтальному польоті її практично не можна відчиняти.

- зсувні двері - прилягають до фюзеляжу із зовнішньої сторони й переміщаються по спеціальних рейках уздовж борта. Створює нерівності на гладкому обводі корпусу й псує естетичний вигляд вертольота. На сучасних вертольотах практично не застосовуються.

- «коркова» двері - складають єдиний контур з фюзеляжем. При відкриванні, спершу переміщається в поперечному напрямку, як би

«вивалюючись» з контуру й потім зрушується назад. Кріплення дверей здійснюється трьома - чотирма кронштейнами, задні з яких «підламуються» при закриванні.

У носовій частині фюзеляжу багато вертольотів мають встановлені зверху й знизу різакі проводів. Ці пристрої забезпечують деякий рівень захисту літального апарата від аварії при зустрічі з лініями електропередач.



Рис. 2.3. Вертоліт з відкритим вантажним трапом (а) і зі зсувними бічними дверми транспортного відсіку (б).

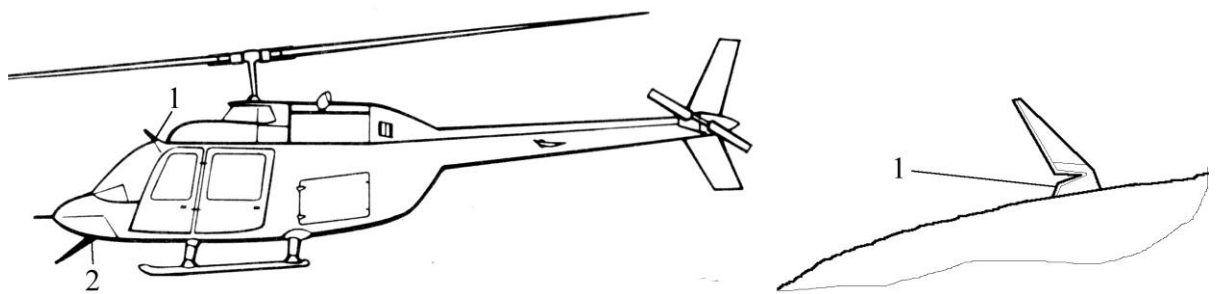


Рис. 2.4. Установка ножів для різання проводів на вертольоті. 1 - верхній ніж, 2 - нижній ніж.

Розташована за транспортним відсіком хвостова балка, внаслідок наявності тяги кермового гвинта, піддається вигину в горизонтальній площині. Необхідність забезпечення стійкості конструкції звичайно приводить до росту товщини силових елементів у стиснутій зоні. У цілому, жорсткість хвостової балки невелика при значному подовженні. На багатьох вертольотах вона має власні частоти коливань більш низькі, чим робочі частоти вібрації вертольота. При розкручуванні валів хвостові балки такого типу попадають у резонанс і можуть зазнавати короточасні коливання великої амплітуди.

У зовнішній і стельовій обшивці, а також у бічній обшивці фюзеляжу робляться спеціальні люки, необхідні для забезпечення підходів і зручності обслуговування агрегатів управління, трансмісії, редукторів, магістралей паливо - і мастилопроводів, гідросистеми, пневмосистеми й інших магістралей.

Кришки люків виконуються або силовими на самоконтряться гвинтах, або несиловими, обладнаними важільними замками або замками штирового типу з поворотною ручкою. Люки звичайно мають силові окантовки, що утворюють рами в місцях вирізів.

Як уже вказувалося вище, в останні роки тришарові панелі з успіхом

заміняють металеві обшивки, посилені стрингерами. Ці панелі є основними конструктивними елементами каркаса багатьох сучасних вертольотів. Вони являють собою два шари обшивки з композиційного матеріалу, між якими розташовується шар стільникового заповнювача. Ближче до країв панелей обшивка склеюється воєдино.

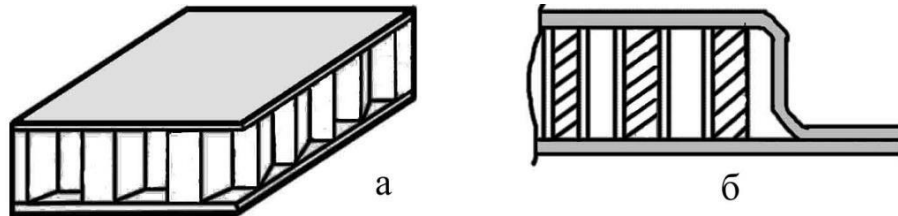


Рис. 2.5. Структура тришарової панелі зі стільниковим заповнювачем (а) і перетин її закінцівки (б).

Обшивка панелей у цей час виготовляються з вуглепластика, органопластика й у деяких випадках зі склопластику. Найпоширенішим матеріалом є вуглепластик. Його волокна є струмопровідними, тому для виключення місцевої електрохімічної корозії при з'єднанні з металом, на панель, у місцях контакту, накладається один шар склопластику або іншого діелектрика. Матеріалом стільникового заповнювача може бути алюмінієва фольга, спеціальний папір або композиційний матеріал. Основна форма стільник - шестигранна. Сполучення несучих шарів зі стінками стільника забезпечується склейкою. У кожному осередку стільникового заповнювача на поверхнях, що наклеюються, повинні бути передбачені дренажні отвори дуже малого діаметра для виходу повітря й летучих складових клею в процесі полімеризації клею.

Для легких і надлегких вертольотів іноді замість стільників використовують пінопласт або речовини які полімеризуються усередині композитів і створюють схожу пористу структуру.

Кріплення сполучних деталей до панелі здійснюється різними способами, залежно від видів і призначення деталей.

Слабонавантажені деталі – зализі, обтічники можуть кріпитися до одної обшивки панелі за допомогою однобічних заклепок. Деталі середнього навантаження можна кріпити стандартними кріпильними засобами в тих місцях, де стільниковий блок відсутній і обидві обшивки сходяться. У деяких випадках використовуються спеціальні гайки з ребрами, які самі контряться. Тоді заздалегідь підготовлена порожнина заливається клейовим складом. При необхідності передачі значних зусиль можуть установлюватися наскрізні сталеві втулки.

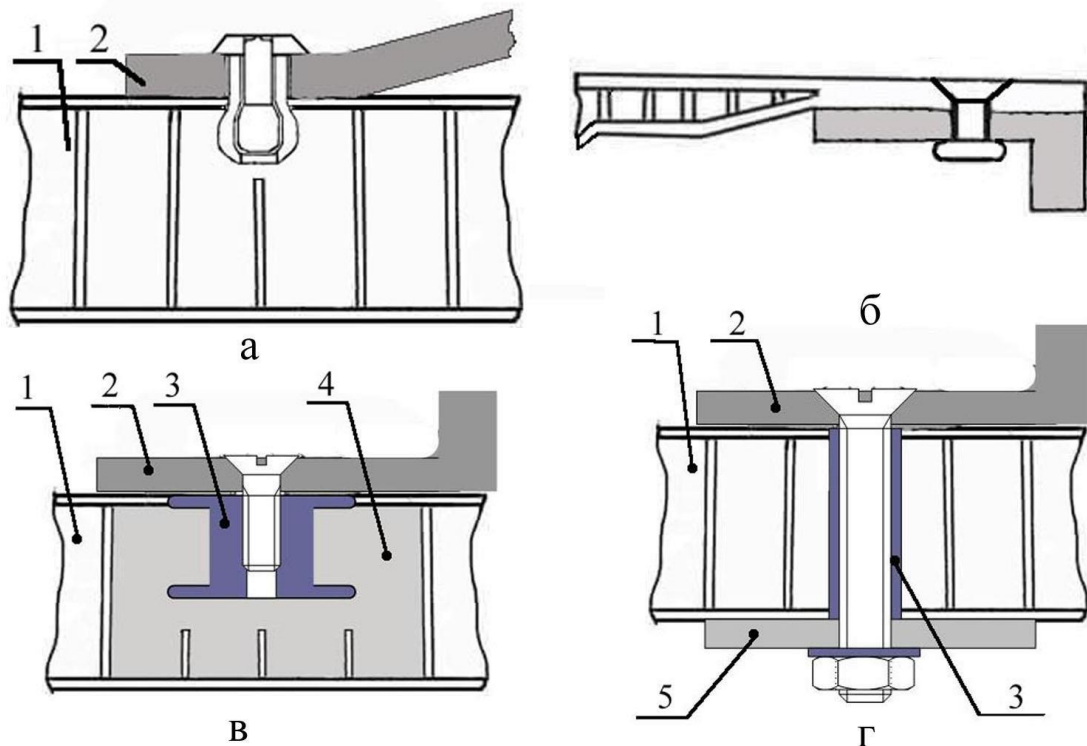


Рис. 2.6. Можливі способи з'єднання із тришаровими панелями: а - слабонавантажені вузли, б, в - середньонавантажені вузли, г - вузли із зосередженими зусиллями.

1 - тришарова панель, 2 - деталь, що прикріплюється, 3 - втулка, 4 - клейовий заповнювач, 5 - полка шпангоута.

Якщо в конструкції каркаса використовується металевий напівмонокок, то обшивка, виконана з листових матеріалів, може бути оброблена методом хімічного травлення.

Стрингери звичайно виготовляються із гнутих або пресованих профілів кутового перетину. Вони не тільки підкріплюють обшивку, але й самі несуть навантаження, тому доцільно їх робити нерозрізними.

Нормальні шпангоути виконуються у вигляді кільця, відштампованого з листового матеріалу швелерного або Z - образного перетину. Іноді пояса шпангоутів утворюються профілями кутового або таврового перетину. Нормальні шпангоути прикріплюються безпосередньо до обшивки або з'єднуються з нею за допомогою спеціальних накладок. При кріпленні шпангоута до обшивки в ньому для проходу стрингерів робляться вирізи. Посилені шпангоути виготовляються шляхом з'єднання з окремих листів і профілів або фрезерованих об'ємних деталей.

Якщо дозволяє об'ємне компонування корпусу, то шпангоути виконуються із глухою стінкою.

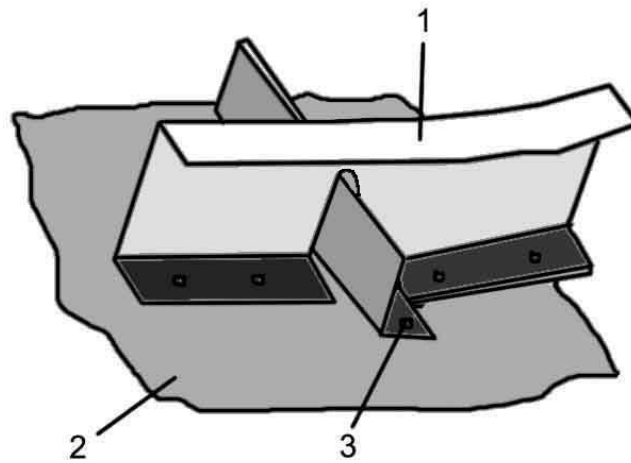


Рис. 2.7. З'єднання нормального кільцевого шпангоута з обшивкою і стрингером.

1 - шпангоут, 2 - обшивка, 3 - стрингер.

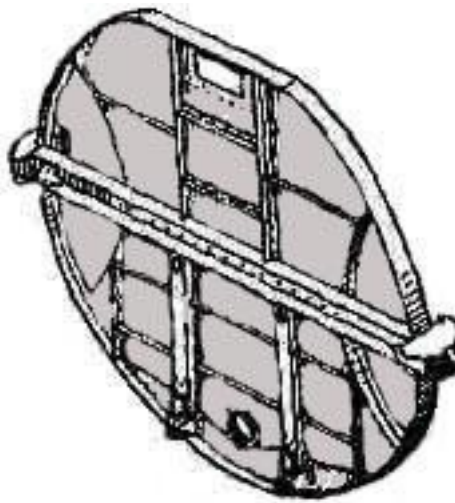


Рис. 2.8. Силовий шпангоут із глухою стінкою.

У зоні посиленних шпангоутів стрингери часто перериваються; передача поздовжніх зусиль у цьому випадку здійснюється за допомогою спеціальних елементів - фітингів.

У цілому, з'єднання фюзеляжу розділяються на два типи.

- 1) контурне з'єднання, у якому всі силові елементи, що перебувають у районі стику з'єднані один з одним;
- 2) точкове з'єднання, у якому лише окремі силові елементи з'єднані між собою.

Конструкція контурного з'єднання нагадує фланцеве з'єднання. Воно найпоширеніше для з'єднання частин фюзеляжу між собою.

При контурному з'єднанні в з'єднувачі повсюдно здійснюється силовий зв'язок між обшивкою, лонжеронами, стрингерами й іншими підкріплювальними елементами. Завдяки цьому силові елементи в з'єднувачі й поблизу його беруть участь у вигині й крутінні.

Недолік контурних з'єднувачів - труднощі монтажу й демонтажу - значною мірою усувається при переході до точкових з'єднувачів. При точковому з'єднувачі силовий зв'язок здійснюється через вузли, що стикаються тільки найбільш потужні силові елементи. Обшивка й стрингери сприймають

згинальний момент лише на деякому видаленні від місця стику. Внаслідок цього конструкція такого рознімання важче. Точкові рознімання найпоширеніші у вузлах з'єднання фюзеляжу із крилом і стабілізатором.

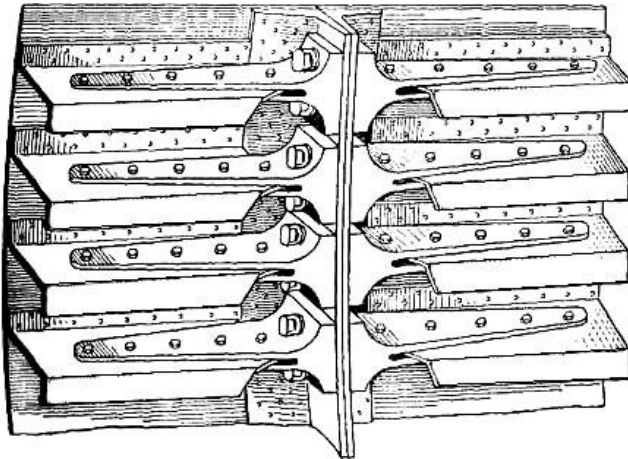


Рис. 2.9. Фітинги контурного з'єднання, що з'єднують стрингери.

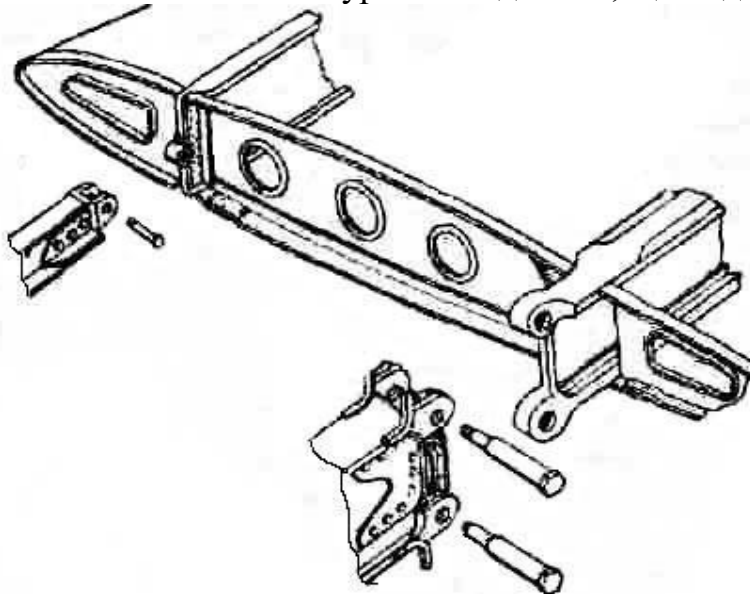


Рис 2.10. Трьохточкове болтове з'єднання фюзеляжу із крилом.