

ДОДАТОК М

Способи оцінювання цілісності конструкції відсіків з урахуванням газодинамічних процесів за умови раптової розгерметизації відсіків РРЛ

Для оцінювання цілісності конструкції відсіків відповідно до вимог пунктів 25.365 (e), (f), (g) та 25.571 (e) АП-25 [58] за умови раптової розгерметизації відсіків РРЛ розроблено два основні способи [314]:

1. Визначають потрібні (додатково до заданих несучих здатностей перегородок) несучі здатності перегородок між відсіками, які забезпечують цілісність досліджуваних елементів конструкції відсіків.

2. Визначають додаткові площі (відносно початкової площі) для перетікання повітря між відсіками, які забезпечують цілісність досліджуваних елементів конструкції відсіків.

Об'єктом розгляду були відсіки фюзеляжу РРЛ і їх конструктивні елементи (рис. Л. 1, рис. Л. 2), руйнування яких може перешкоджати безпечному продовженню польоту і посадці у разі раптової розгерметизації будь-якого відсіку герметичної кабіни літака на будь-якій робочій висоті польоту. Предметом дослідження є параметри рухомого потоку, на підставі яких проводять оцінювання цілісності конструкції (визначення потрібної несучої здатності перегородок між відсіками, додаткової площі для перетікання повітря між відсіками) у разі раптової розгерметизації відсіків РРЛ.

Основними розрахунковими умовами є параметри подаваного повітря і параметри повітря у відсіках РРЛ в початковий момент раптової розгерметизації [290], несучі здатності елементів конструкції і площі для перетікання повітря між відсіками (Таблиця М. 1), максимальна площа нормованого отвору в кожному відсіку ($H_0 = 0,279 \text{ м}^2$, пункт 25.365 (e) (2) АП-25 [58]), максимальна сертифікована висота польоту літака ($H = 10100 \text{ м}$) [290]. Газодинамічний розрахунок параметрів газу проводять відповідно до методики проведення газодинамічних розрахунків відсіків за умови раптової розгерметизації відсіків ЛА.

Таблиця М.1

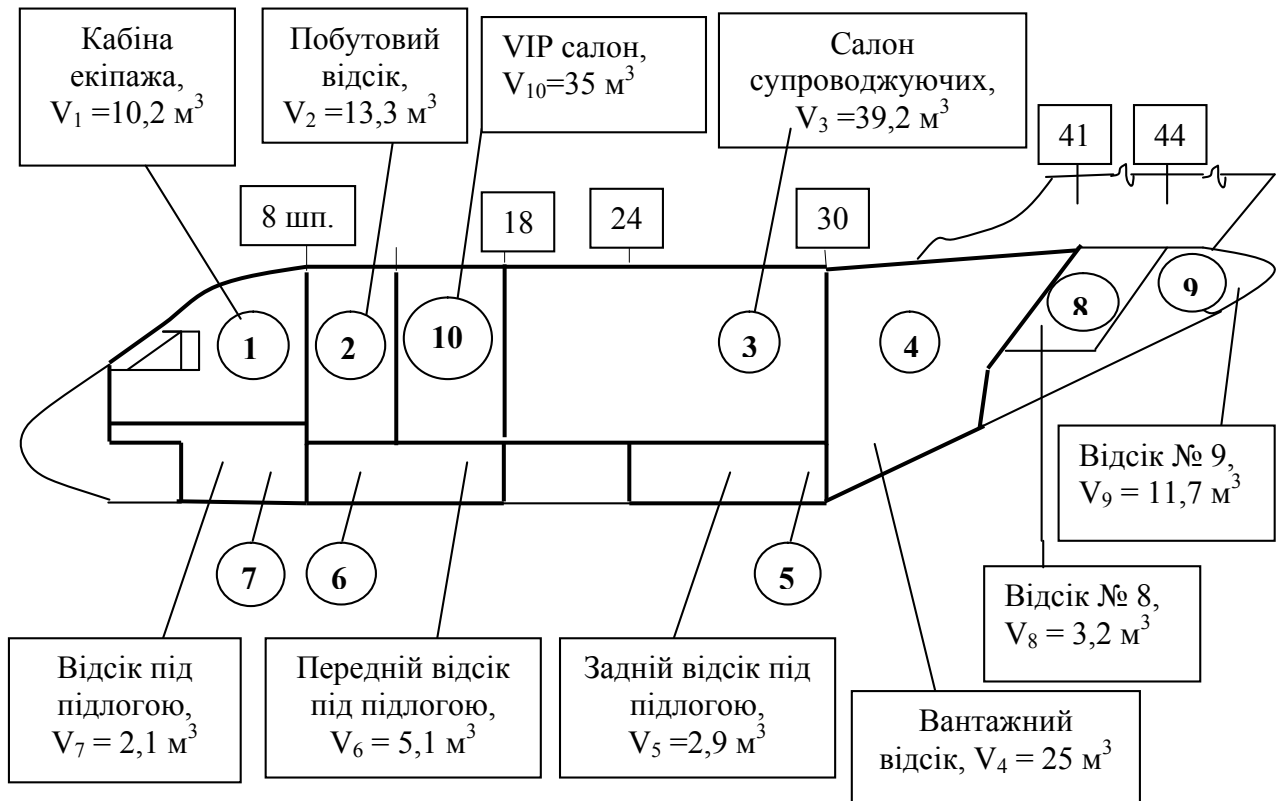


Рисунок М.1. Структурна схема замкнутих об'ємів фюзеляжу РРЛ: 1 – кабіна екіпажа; 2 – побутовий відсік; 3 – салон супроводжувачих; 4 – вантажний відсік; 5 – задній відсік під підлогою; 6 – передній відсік під підлогою; 7 – відсік під підлогою; 8 – відсік № 8; 9 – відсік № 9; 10 – VIP салон; $V_1 \dots V_9$ – об'єми відсіків

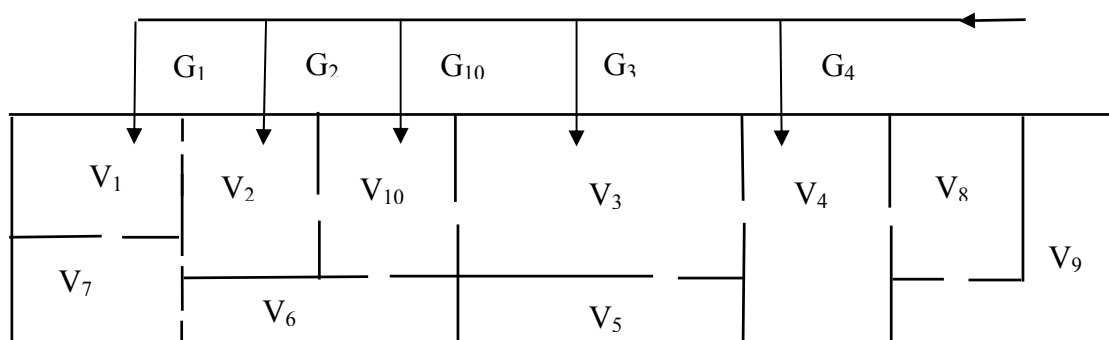


Рисунок М.2. Спрощена структурна схема багатооб'ємної кабіни: $V_1 \dots V_{10}$ – об'єми відсіків; $G_1, G_2, G_3, G_4, G_{10}$ – витрата повітря, що подається від СКП до відсіку

Основні параметри досліджуваних пристроїв відсіків
РРЛ

№ п/п	Назва пристрою	Несуча здатність (10 ⁵ Па)	Площа для перетікання повітря (м ²)
		«вгору» «вниз»	або «вперед» «назад»
1	Перегородка по шпангоуту (шп.) № 8	$\frac{0,276}{0,066}$	$\frac{0,46}{0,02}$
2	Перегородка по шп. № 13–14	$\frac{0,444}{0,188}$	0,023
3	Перегородка по шп. № 18	$\frac{0,08}{0,2}$	0,09
4	Перегородка по шп. № 30	$\frac{0,052}{0,013}$	0,234
5	Підлога в кабіні пілотів	$\frac{0,1}{0,157}$	0,504
6	Підлога у побутовому відсіку	$\frac{0,134}{0,5}$	0
7	Підлога у VIP-салоні	$\frac{0,075}{0,5}$	0,04
8	Пол в салоні супроводжуючих, шп. № 18–30	$\frac{0,1123}{0,5}$	0,03
9	Шпангоут № 44 (захитий)	0,4	0,268
10	Нижня панель, шп. 41–44	0,31	0,016
11	Підстабілізаторні панелі шп. № 41–44	1,0	0
12	Хвостовий обтічник	0,04	0,039

У таблиці М. 1 параметри по шпангоуту № 8 задано для перегородки, яка розташована вище теоретичної лінії підлоги. ГК літака включає відсіки № 1–7, 10. Напрямок параметрів вказано за польотом. Розглянуто розрахункові випадки до максимальної сертифікованої висоти у разі раптової розгерметизації через отвір аж до площі нормованого отвору у всіх відсіках, між відсіками № 4 і 8, № 4 і 9. Для всіх

розрахункових випадків визначено максимальні потрібні несучі здатності перегородок (додатково до заданих).

Одним із важливих параметрів, який впливає на результати розрахунку потрібної несучої здатності перегородки, є висота польоту (рис. М. 3, рис. М.4, рис. М.5). Під час проектування літака початкові роботи з вибору параметрів відсіку і оцінювання цілісності відсіків було проведено з урахуванням статичної міцності конструкції. Вибір параметрів конструкції відсіків багато в чому зводиться до того, що максимальних несучих здатностей перегородок між відсіками досягнуто на максимальній сертифікованій висоті польоту. Проведені ж дослідження перепадів тиску на перегородках між суміжними відсіками з урахуванням газодинамічних процесів під час раптової розгерметизації відсіку дали змогу перевірити і уточнити припущення фахівців з міцності і наблизитися до реального визначення граничних значень несучих властивостей конструкції.

Аналіз газодинамічних процесів за умови раптової розгерметизації відсіку № 1 на висотах аж до максимальної сертифікованої висоти з максимальною площею нормованого отвору показує, що у разі збільшення висоти польоту потрібна несуча здатність перегородки між відсіками № 6 і 2 зростає і досягає максимальних значень $F = (3,97 \dots 3,99) \times 10^4$ Па на висотах польоту $H \approx (8000 \dots 9000)$ м (рис. М. 3). На

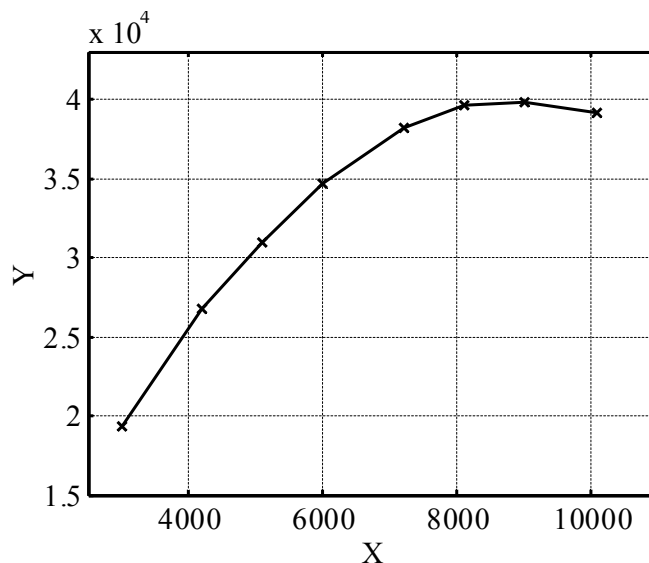


Рисунок М.3. Зміна потрібної несучої здатності перегородки між відсіками № 6 і 2 (Y, Па) в залежності від висоти польоту (X, м) за умови раптової розгерметизації відсіку № 1

висотах понад $H \approx 9000$ м спостерігається зниження потрібної несучої здатності перегородки.

Для розглянутого розрахункового випадку характер зміни потрібної несучої здатності перегородки між відсіками в залежності від висоти польоту зберігається і для перегородки між відсіками № 10 і 2 (рис. М. 4). Зазначена закономірність зберігається і для інших розрахункових випадків, наприклад, за умови раптової розгерметизації відсіку № 2, відсіку № 4, відсіку № 10. На висотах понад $H \approx 9000$ м відбувається зниження потрібної несучої здатності перегородки на (2 ... 13) % у порівнянні з максимальними значеннями, і тому несучі здатності перегородки переважно залежать від розрахункових випадків і умов. Такого характеру зміни потрібної несучої здатності перегородки від висоти польоту в усьому діапазоні досліджуваних параметрів дотримано не для всіх перегородок літака. Так, під час раптової розгерметизації відсіку № 10 (рис. М.5) на перегородці між відсіками № 3 і 10 зі збільшенням висоти польоту потрібна несуча здатність перегородки безперервно зростає і досягає максимальних значень $F = 1,807 \times 10^4$ Па на максимальній висоті $H = 10100$ м. Проведені дослідження показують, що тільки ~ 15 % від усієї кількості розглянутих перегородок літака притаманна ця

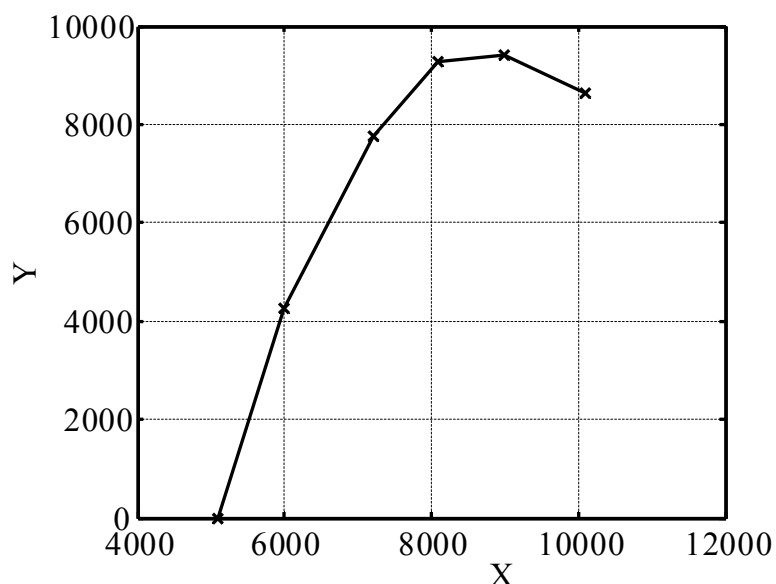


Рисунок М.4. Зміна потрібної несучої здатності перегородки між відсіками № 10 і 2 (Y, Па) в залежності від висоти польоту (X, м) за умови раптової розгерметизації відсіку № 1

закономірність.

За результатами проведених газодинамічних досліджень відсіків літака знайдено основні параметри газу у відсіках і на перегородках між відсіками. У

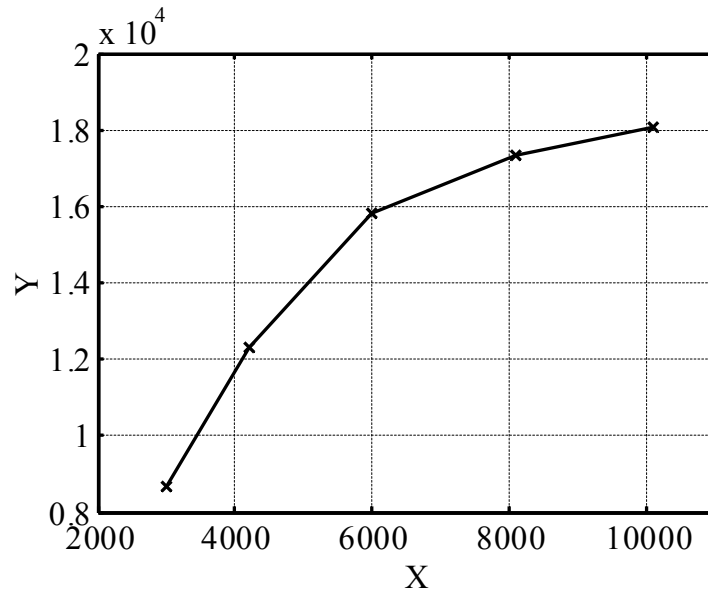


Рисунок М.5. Зміна потрібної несучої здатності перегородки між відсіками № 3 і 10 (Y, Па) в залежності від висоти польоту (X, м) за умови раптової розгерметизації відсіку № 10

результаті проведеного аналізу зміни тиску повітря в будь-якому відсіку унаслідок раптового зниження тиску через отвір аж до максимальної площі (нормований отвір відповідно до п.25.365 (е) АП-25 [58]) на будь-якій робочій висоті польоту літака Ан-74ТК-300Д розглянута конструкція відсіків забезпечує відповідність вимогам пункту 25.365 (е), (f), (g) та 25.571 (е) [58] за наявності потрібної несучої здатності (F) перегородки між відсіками: F = 9287 Па між відсіками № 2 і 10, F = 9412,5 Па між відсіками № 10 і 2, F = 11170 Па між відсіками № 2 і 1, F = 3765 Па між відсіками № 2 і 6, F = 3765 Па між відсіками № 10 і 6, F = 2259 Па між відсіками № 3 і 5, F = 11671,5 Па між відсіками № 3 і 4, F = 18072 Па між відсіками № 3 і 10, F = 1757 Па між відсіками № 4 і 3, F = 39909 Па між відсіками № 6 і 2, F = 36646 Па між відсіками № 9 і 11.

Розглянемо розв'язок задачі з оцінювання цілісності конструкції відсіків із застосуванням другого способу. Проведемо аналогічні дослідження розрахункових

випадків, але замість визначення потрібної несучої здатності визначатимемо додаткову площу отвору для перетікання повітря між відсіками. Досліджуємо вплив факторів на результати застосування другого способу.

Визначимо вплив висоти польоту на результати розрахунку додаткової площі між відсіками (рис. М. 6, рис. М. 7, рис. М. 8). Унаслідок раптової розгерметизації відсіку № 2 зі збільшенням висоти польоту до $H = 6000$ м відбувається збільшення додаткової площі між відсіками № 2 і 10 (рис. М. 6) і досягає максимальних значень $S = 1,239$ м². Подальше збільшення висоти польоту призводить до зменшення додаткової площі до $S = 1,113$ м² на висоті $H = 10100$ м. Аналогічний характер зміни додаткової площі за висотою польоту отримано для перегородки між відсіками № 3 і 10. У разі раптової розгерметизації відсіку № 10 максимальна додаткова площа між відсіками № 2 і 10 ($S = 0,252$ м²) отримана в діапазоні висот $H \approx (6000 \dots 8000)$ м (рис. М. 7). Для перегородки між відсіками № 3 і 10 максимальне значення додаткової площі ($S = 0,756$ м²) досягнуто на висоті $H \approx 6000$ м. Подальше збільшення висоти польоту призводить до зменшення додаткової площі, яка змінюється за залежністю, близькою до лінійної. На висотах понад $H \approx 8000$ м зменшення додаткової площі становить (8 ... 11) % відносно максимальних значень.

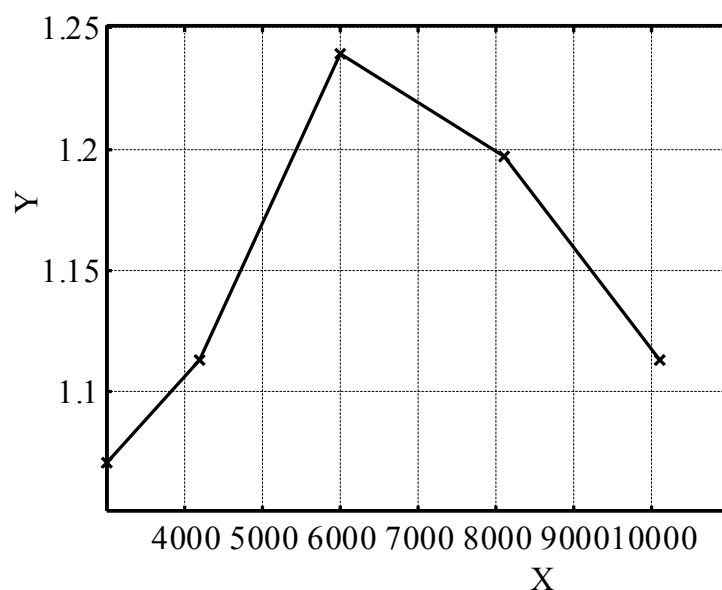


Рисунок М.6. Зміна додаткової площі отвору між відсіками № 2 і 10 (Y , м²) в залежності від висоти польоту (X , м) за умови раптової розгерметизації відсіку № 2

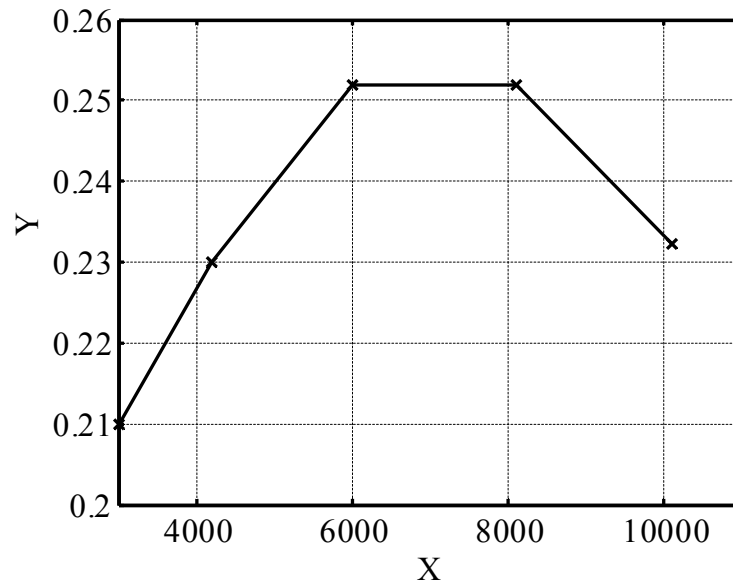


Рисунок М.7. Зміна додаткової площі отвору між відсіками № 2 і 10 (Y , m^2) в залежності від висоти польоту (X , m) за умови раптової розгерметизації відсіку № 10

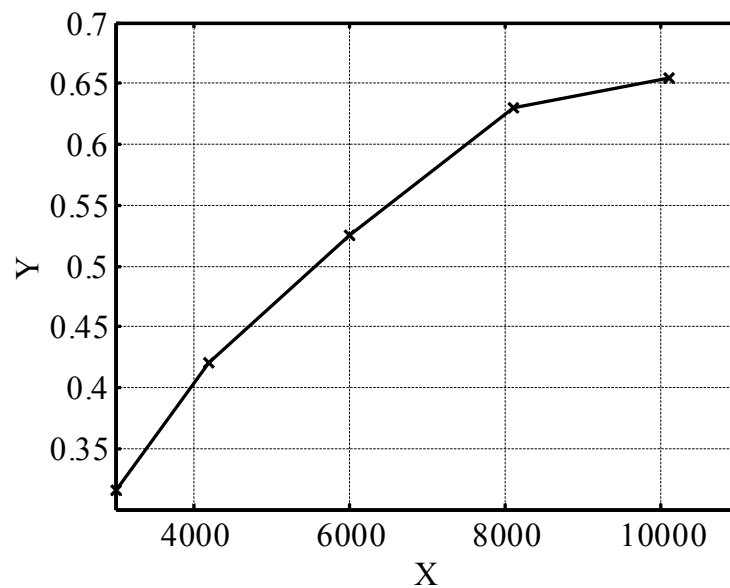


Рисунок М.8. Зміна додаткової площі отвору між відсіками № 9 і 11 (Y , m^2) в залежності від висоти польоту (X , m) за умови раптової розгерметизації відсіку № 4

На характер зміни додаткової площі впливає відсік, у якому відбувається розгерметизація. У разі раптової розгерметизації відсіку № 4 до висоти $H \approx 8100$ m практично не потрібно встановлювати додаткову площу отворів між відсіками № 1 і

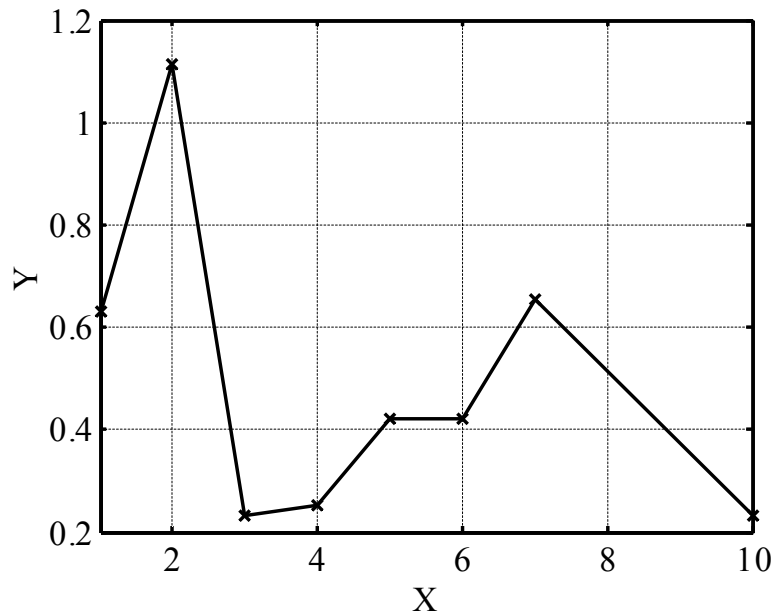


Рисунок М.9. Зміна додаткової площі отвору між відсіками № 2 і 10 (Y , m^2) в залежності від відсіку, в якому відбувається раптова розгерметизація (X , номер відсіку), на висоті $H = 10100$ м

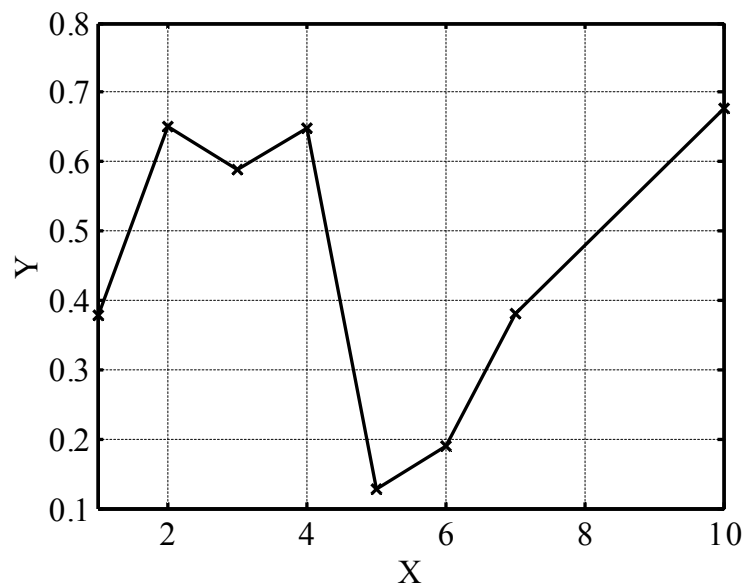


Рисунок М.10. Зміна додаткової площі отвору між відсіками № 3 і 10 (Y , m^2) в залежності від відсіку, в якому відбувається раптова розгерметизація (X , номер відсіку), на висоті $H = 10100$ м

2. На висотах понад $H \approx 8100$ м відбувається збільшення додаткової площі і на висоті $H = 10100$ м досягає максимального значення $S = 0,232$ m^2 . На перегородці між відсіками № 2 і 10 необхідно встановлювати додаткову площу, починаючи з $H =$

3000 м, у разі збільшення висоти польоту необхідно збільшувати додаткову площу. На висотах понад $H \approx 8100$ м відбувається різке збільшення додаткової площі в $\sim 2,1$ рази. Безперервне збільшення додаткової площі у разі збільшення висоти польоту отримано на перегородках № 3 і 10, № 3 і 4, № 8 і 9, № 9 та 11 (рис. М. 8). Максимальних додаткових площ досягнуто на максимальній висоті польоту ($H = 10100$ м). Для $\sim 60\%$ перегородок зберігається ця закономірність.

На встановлення додаткової площі впливає місце розташування нормованого отвору. Так, максимальна додаткова площа отвору для перетікання повітря між відсіками № 2 і 10 отримана під час раптової розгерметизації відсіку № 2 (рис. М. 9), між відсіками № 3 і 10 – відсіку № 10 (рис. М. 10). Для перегородки між відсіками № 2 і 10 мінімальної додаткової площі досягнуто у разі раптової розгерметизації відсіку № 3, а для перегородки між відсіками № 3 і 10 – відсіку № 5.

Одним із факторів, який впливає на величину додаткової площі між відсіками, є величина площі нормованого отвору. Проведені дослідження свідчать, що збільшення площі до максимальної величини призводить до безперервного збільшення додаткової площі практично для всіх досліджених перегородок (рис. М.11). Характер залежності додаткової площі від висоти польоту залежить від

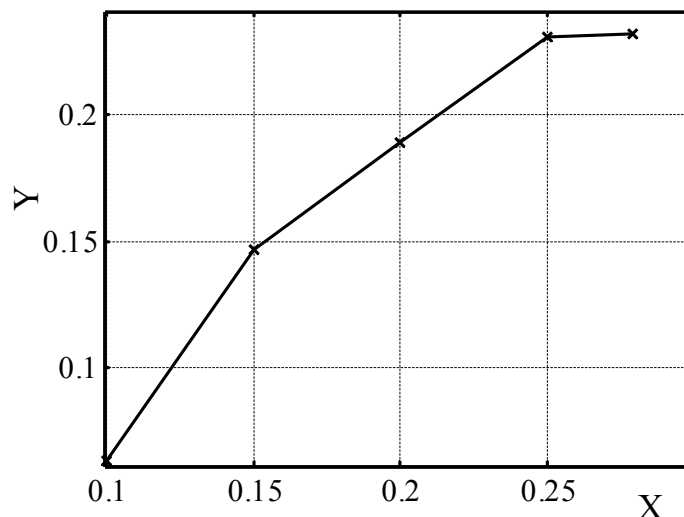


Рисунок М.11. Зміна додаткової площі отвору між відсіками № 2 і 10 (Y , м²) в залежності від площі нормованого отвору (X , м²) за умови раптової розгерметизації відсіку № 10 на висоті $H=6000$ м

місця розташування перегородки.

Узагальнюючи результати проведених досліджень під час раптового зниження тиску газу через отвір аж до максимальної площі (нормованого отвору) на будь-якій робочій висоті польоту літака можна дійти висновку, що розглянута конструкція відсіків РРЛ забезпечує відповідність вимогам АП-25 [58] за умови установки додаткової площі перетікання повітря: $S = 0,232 \text{ м}^2$ між відсіками № 1 і 2, $S = 1,239 \text{ м}^2$ між відсіками № 2 і 10, $S = 0,756 \text{ м}^2$ між відсіками № 3 і 10, $S = 1,756 \text{ м}^2$ між відсіками № 3 і 4, $S = 0,2534 \text{ м}^2$ між відсіками № 8 і 9, $S = 0,655 \text{ м}^2$ між відсіками № 9 і 11 (атмосферою), $S = 0,0422 \text{ м}^2$ між відсіками № 3 і 5, $S = 0,02211 \text{ м}^2$ між відсіками № 2 і 6, $S = 0,0211 \text{ м}^2$ між відсіками № 10 і 6.

Порівняльне оцінювання двох способів показує, що досягнення цілісності конструкції відсіків за умови раптової розгерметизації можливе за допомогою визначення потрібної несучої здатності перегородок і установлення додаткової площі для перетікання повітря між відсіками. Застосування способу багато в чому залежить від етапу проектування літака. У початковий період проектування відсіків літака оптимальним є перший спосіб. На етапі завершення робочого проектування і проведення експериментально-здавальних робіт перевагу слід віддати другому способу. Застосування способу багато в чому визначають конструктивні особливості проектного літака. У процесі створення літака застосовують і поєднання цих способів. На практиці найчастіше використовують спосіб з установкою додаткової площі для перетікання повітря між відсіками. Цей спосіб є комплексним, адже забезпечує цілісність конструкції відсіків і необхідні умови життєдіяльності шляхом перетікання повітря між відсіками.

Аналіз результатів оцінювання цілісності конструкції перегородок між відсіками РРЛ відповідно до розроблених способів показує, що для $\sim 85\%$ перегородок максимальні додаткові несучі здатності перегородок і додаткові площі для перетікання повітря між відсіками виявлено на висотах $H \approx (6000 \dots 9000) \text{ м}$ і за максимального нормованого отвору. Максимальні додаткові площі для перетікання повітря між відсіками отримано за умови раптової розгерметизації відсіків № 2, 4, 7, 10.