

Рисунок 4.1. Залежність СРЗТ ( $Y$ , дБ) від надлишкового тиску у відсіку ( $X$ , Па) для варіантів виконання відсіку: 1 – на виході з мембрани відсутній відсік; 2 – на виході з мембрани встановлено відсік завдовжки 1,7 м з відкритим торцем; 3 – на виході з мембрани встановлено відсік завдовжки 3,7 м з відкритим торцем

#### 4.2. Розгерметизація відсіку всередину суміжного відсіку

Дослідження газодинамічних процесів, що відбуваються під час розгерметизації фюзеляжу літака, виконання розрахунків з визначення зміни тиску повітря в ізолюваних відсіках ГК фюзеляжу, визначення тисків на перегородки відсіків і розрахунків для оцінювання цілісності елементів конструкції оболонки фюзеляжу є невід'ємною частиною процесу проектування літака [58].

Об'єктом досліджень є загальний відсік, який розділений на відсіки високого і низького тисків. Між відсіками перпендикулярно до поздовжньої осі встановлено пружну мембрану (рис. Ж. 1, рис. Ж. 3). У разі досягнення заданого перепаду тиску

повітря у відсіках мембрана розривається. Відбувається раптове падіння тиску газу у відсіку високого тиску і раптове підвищення тиску газу у відсіку низького тиску. Через деякий проміжок часу тиски газу у відсіках вирівнюються.

Предметом дослідження є газодинамічні процеси в суміжних відсіках низького і високого тисків унаслідок раптової розгерметизації відсіку високого тиску.

Випробування проведено при відношеннях об'єму відсіку високого тиску ( $V_1$ ) до об'єму відсіку низького тиску ( $V_2$ ) (надалі відносний об'єм), що дорівнюють  $V_{\text{від}} = V_1/V_2 = (1; 11,3; 0,081)$ . Отримані в ході випробувань залежності зміни в часі тиску газу у відсіках для відносного об'єму  $V_{\text{від}} = 1$  з початковим надлишковим тиском (надалі – тиск)  $P_{\text{над}} = 0,317 \times 10^5$  Па у відсіку високого і низького тисків унаслідок розриву мембрани наведено в [341]. Аналіз залежностей свідчить, що унаслідок розриву мембрани тиск газу у відсіку високого тиску має характер затухаючих коливань. Крива зміни тиску газу у відсіку коливається біля осі з тиском  $P \approx 0,16 \times 10^5$  Па, асимптотично до неї наближаючись. Протягом  $\tau = 0,0216$  с тиск газу у відсіку падає від максимального тиску  $P_{\text{над}} = 0,317 \times 10^5$  до мінімального  $P_{\text{над}} \approx 0,0541 \times 10^5$  Па, а потім відбувається затухання коливань тиску газу у відсіку з частотою 49 Гц. Логарифмічний декремент затухання коливань тиску газу у відсіку становить:  $\Delta = 0,11$ , де  $Y_i, Y_{i+1}$  – ординати двох сусідніх екстремумів. Криву, яка огинає максимальні значення зміни тиску газу у відсіку, визначено статистичним шляхом з використанням моделі Boltzmann:

$$Y = A2 + (A1-A2)/(1 + \exp((X-x0)/dx)), \quad (4.1)$$

де  $A1=2,15583$ ;  $A2=0,18174$ ;  $x0=10,23304$ ;  $dx=0,12979$ .

У відсіку низького тиску за час  $\tau \approx 0,0216$  с відбувається збільшення тиску від мінімального значення ( $P_{\text{над}} = 0,048 \times 10^5$  Па) до максимального ( $P_{\text{над}} = 0,291 \times 10^5$  Па). Наступна зміна тиску газу має характер затухаючих коливань і багато в чому повторює основні закономірності, які мали місце у відсіку високого тиску. Тривалість усього процесу зміни тиску газу у відсіках з моменту руйнування

мембрани і зменшення максимальної амплітуди пульсацій тиску газу у відсіку до  $P_{\text{над}} \approx 830$  Па становить  $\tau \approx 1$  с. При збільшенні надлишкового тиску газу у відсіку високого тиску до  $P_{\text{над}} = 2,55 \times 10^5$  Па характер газодинамічних процесів після розриву мембрани практично не змінюється.

Логарифмічний декремент затухання коливань тиску газу у відсіку високого тиску збільшується і становить  $\Delta = 0,19$ . Протягом  $\tau = 0,0165$  с тиск газу у відсіку падає від максимального до мінімального значення ( $P_{\text{над}} = 0,299 \times 10^5$  Па). Після досягнення мінімального тиску відбувається затухання коливань тиску газу в розглянутих відсіках. Коефіцієнти кривої для моделі (4.1), що огинає максимальні значення тиску затухаючих коливань, становлять:  $A_1 = 3,31567$ ;  $A_2 = 1,34705$ ;  $x_0 = 0,36775$ ;  $dx = 0,03281$ .

Зі зменшенням відносного об'єму до  $V_{\text{від}} = 0,081$  при розриві мембрани в відсіках зафіксовано затухаючі коливання тиску газу. У порівнянні з попередніми випробуваннями відзначено зниження тиску у відсіку низького тиску щодо вихідного значення, а у відсіку високого тиску досягнуто мінімальний від'ємний тиск (розрідження). Зміна тиску газу у відсіку високого тиску з  $P_{\text{над}} = 0,523 \times 10^5$  Па до  $P_{\text{над}} = -0,0842 \times 10^5$  Па відбувається протягом  $\tau = 0,0188$  с, а з  $P_{\text{над}} = 2,967 \times 10^5$  Па до  $P_{\text{над}} = -0,345 \times 10^5$  Па –  $\tau = 0,0166$  с. За  $P_{\text{над}} = 2,967 \times 10^5$  Па логарифмічний декремент затухання становить  $\Delta = 0,336$ , за  $P_{\text{над}} = 0,523 \times 10^5$  Па –  $\Delta = 0,281$ .

Збільшення відносного об'єму до  $V_{\text{від}} = 11,3$  істотно впливає на амплітуду і рівень коливань у відсіках (рис. 4.2). У відсіку високого тиску з  $P_{\text{над}} = 3,34 \times 10^5$  Па у початковий момент розриву мембрани відбувається максимальне зменшення тиску у відсіку високого тиску на  $\Delta P = 0,617 \times 10^5$  Па за час  $\tau = 0,0066$  с. Вирівнювання тисків газу у відсіках відбувається в області високих тисків. У відсіку високого тиску логарифмічний декремент затухання становить  $\Delta = 0,0099$ . Обвідну криву описує рівняння (4.1) з коефіцієнтами,  $A_1 = 3,97068$ ,  $A_2 = 3,1636$ ,  $x_0 = 11,90917$ ,  $dx = 0,14141$ . Отримана модель описує граничні параметри затухання коливань тиску газу у відсіку високого тиску з достатньою для практики точністю. Вирівнювання тисків газу в відсіках відбувається наближено до тиску  $P \approx 3,14 \times 10^5$  Па. Досить

близькі коливання отримані також у відсіку низького тиску. Таким чином, коливання тиску повітря у відсіках мають затухаючий і експонентний характер, тобто амплітуди коливань зменшуються за геометричною прогресією.

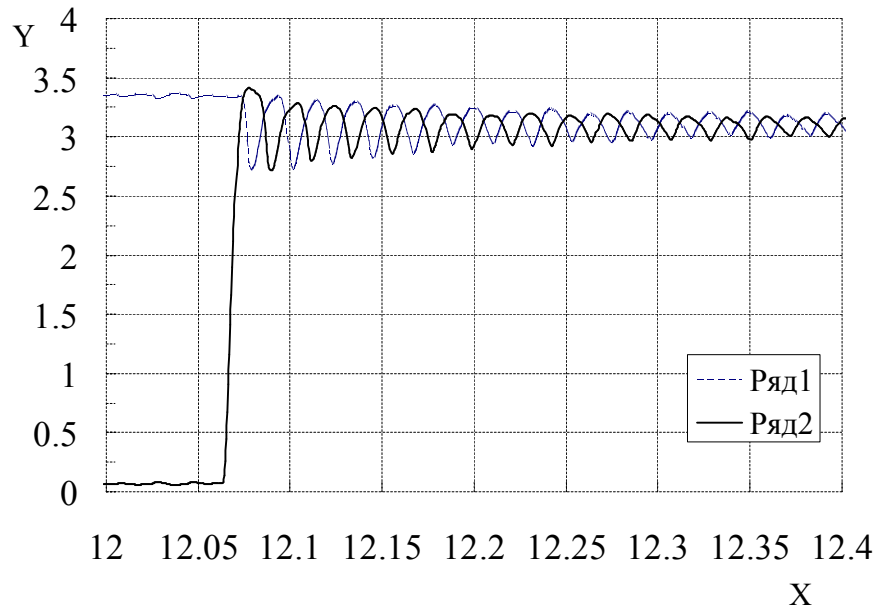


Рисунок 4.2. Залежність надлишкового тиску газу ( $Y \times 10^5$ , Па) у відсіках низького (Ряд 2) і високого (Ряд 1) тисків у часі (X, с) за умови раптової розгерметизації відсіку високого тиску з відносним об'ємом  $V_{\text{від}} = 11,3$

Унаслідок розриву мембрани з початковим тиском  $P_{\text{над}} = 0,534 \times 10^5$  Па у відсіку високого тиску вирівнювання тиску газу у відсіках у часі ( $\tau$ , поточний час в інтервалі (8,6 ... 9,6) с) відбувається вздовж прямої:

$$P = (0,39546 + 0,01075 \tau) \times 10^5. \quad (4.2)$$

У відсіку низького тиску явного затухання коливань тиску газу протягом 1 с не виявлено. Максимальна амплітуда коливань щодо рівняння (4.2) становить  $P \approx 0,0718 \times 10^5$  Па. Унаслідок розриву мембрани у відсіку високого тиску зміна тиску газу з  $P_{\text{над}} = 0,534 \times 10^5$  Па до  $P_{\text{над}} = -0,42 \times 10^5$  Па відбувається протягом  $\tau = 0,0138$  с. У відсіку низького тиску за цей проміжок часу відбувається максимальне збільшення

тиску газу на  $\Delta P = 0,575 \times 10^5$  Па. Подальша зміна тиску газу у відсіку відбувається аналогічно до газодинамічних процесів, які протікають у відсіку високого тиску.

Аналіз проведених досліджень перетікання газу з одного відсіку до іншого унаслідок раптової розгерметизації одного з відсіків свідчить, що істотний вплив на зміну тиску газу в відсіках має швидкість зміни тиску газу у відсіках у початковий момент руйнування мембрани і величина відносного об'єму. За відносного об'єму  $V_{\text{від}} = 11,3$  у відсіку низького тиску швидкість підвищення тиску газу в початковий момент руйнування мембрани становить  $2359,8539 \times 10^5$  Па/с (рис. 4.2).

У відсіку з високим тиском зниження тиску газу від початкового тиску  $3,34 \times 10^5$  Па відбувається зі швидкістю  $595,3276 \times 10^5$  Па/с. Після досягнення тиску газу у відсіку високого тиску  $2,731303 \times 10^5$  Па, а у відсіку низького тиску  $3,389558 \times 10^5$  Па за час  $0,01493$  с у відсіках відбувається у протифазі затухання коливань тиску газу. Частота затухаючих коливань становить (45 ... 46) Гц. У протифазі затухаючі коливання тиску газу в суміжних відсіках отримано і для відносних об'ємів  $V_{\text{від}} = 0,081$ .

Для  $V_{\text{від}} = 1$  швидкість зміни тиску газу у відсіках високого і низького тисків становила  $\sim 641,123 \times 10^5$  Па/с (рис. 4.3). Після руйнування мембрани тиск газу у відсіку високого тиску зменшиться до мінімального значення  $0,29026 \times 10^5$  Па, а у відсіку низького тиску збільшиться до максимального тиску  $2,2708 \times 10^5$  Па за час  $0,0143$  с. Частота затухаючих коливань тиску газу у відсіках дорівнює (48 ... 50) Гц. Для відносного об'єму  $V_{\text{від}} = 0,081$  швидкість підвищення тиску газу у відсіку низького тиску в початковий момент розриву мембрани дорівнює  $1366,766 \times 10^5$  Па/с. У відсіку високого тиску швидкість зниження тиску становить  $550,7658 \times 10^5$  Па/с. У початковий момент руйнування мембрани тиск газу у відсіку високого тиску зменшується до мінімального від'ємного значення  $-0,34107 \times 10^5$  Па, а у відсіку низького тиску збільшиться до максимального значення тиску  $0,54899 \times 10^5$  Па за час  $0,0166$  с. Частота затухаючих коливань тиску газу у відсіках змінюється в межах (36 ... 46) Гц.

Для встановлення основних закономірностей зміни параметрів газу у відсіках унаслідок раптової розгерметизації і визначення впливу параметрів газу на

конструкцію відсіку, предметів, розташованих у відсіку, проведено дослідження під час установки по всьому перетину відсіку у фланці кріплення мембрани аркуша стандартного паперу завтовшки 0,1 мм. У процесі випробувань було проведено оцінювання впливу об'ємів на зміну тиску газу в суміжних відсіках. Наявність аркуша паперу у відсіку практично не мала істотного впливу на механізм руйнування мембрани.

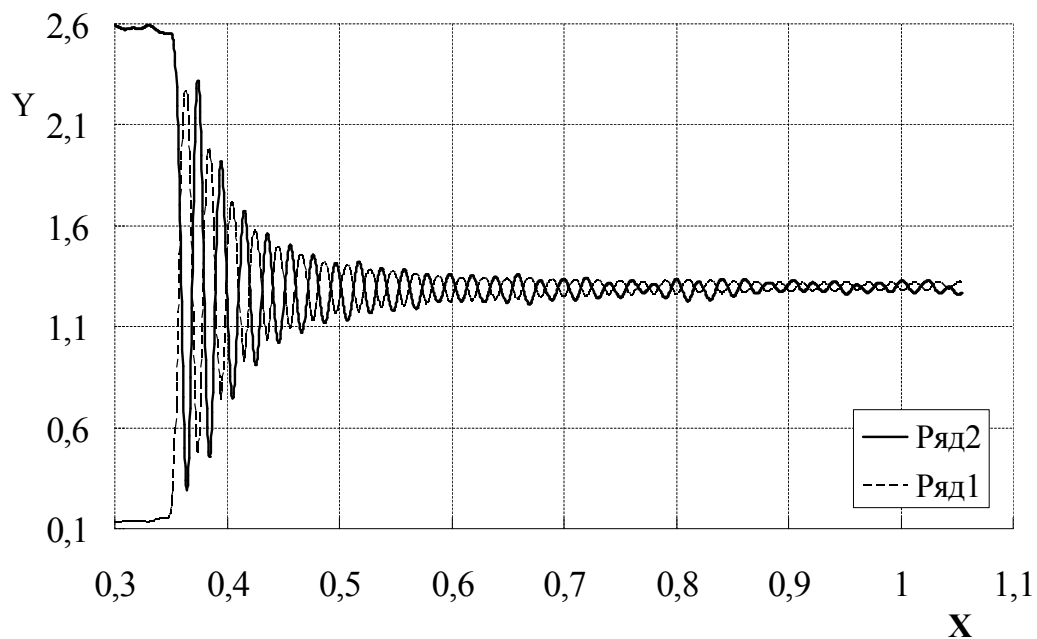


Рисунок 4.3. Залежність надлишкового тиску газу ( $Y \times 10^5$ , Па) у відсіках низького (Ряд 1) і високого (Ряд 2) тисків у часі ( $X$ , с) за умови раптової розгерметизації відсіку високого тиску з відносним об'ємом  $V_{\text{від}} = 1$

У процесі випробувань встановлено, що унаслідок раптової розгерметизації відсіку високого тиску в області досліджених параметрів повітря у відсіках для відносних об'ємів  $V_{\text{від}} = (1; 0,081)$  після вирівнювання тиску газу у відсіках розірвані частини мембрани і паперу мали відносно близькі розміри (сумірні з розмірами відсіку) і не містили явних ознак їх дроблення на дрібні частини. Для  $V_{\text{від}} = 11,3$  після раптової розгерметизації відсіку папір був подрібнений потоком газу на дрібні шматочки довільної конфігурації з рваними краями і максимальним розміром не більше (10 ... 15) мм. Шматочки паперу і розірвана центральна частина мембрани

розташовувалися у відсіку низького тиску. Через те, що мембрану було виготовлено з міцнішого матеріалу, для всіх розглянутих випадків розгерметизації мембрана не руйнувалася на дрібні частини. Подрібнення ж паперу спостерігалось за закритичного відношення тисків газу. Руйнування паперу під впливом пульсацій тиску повітря можна пояснити тим, що унаслідок збільшення відносного об'єму за умови раптової розгерметизації у відсіку низького тиску збільшується швидкість зміни тиску газу і відбувається періодична дія газу на досліджуваний предмет протягом тривалішого періоду в області високих тисків. Збільшення тривалості дії пульсацій тиску газу на досліджуваний предмет для  $V_{\text{від}} = 11,3$  в порівнянні з відносними об'ємами  $V_{\text{від}} = (1; 0,081)$  підтверджується малими значеннями логарифмічного декременту затухання.

Для різних початкових тисків газу у відсіку визначимо вплив відносного об'єму на затухання пульсацій тиску газу у відсіку унаслідок раптової його розгерметизації (рис. 4.4). Залежність логарифмічного декременту затухання від

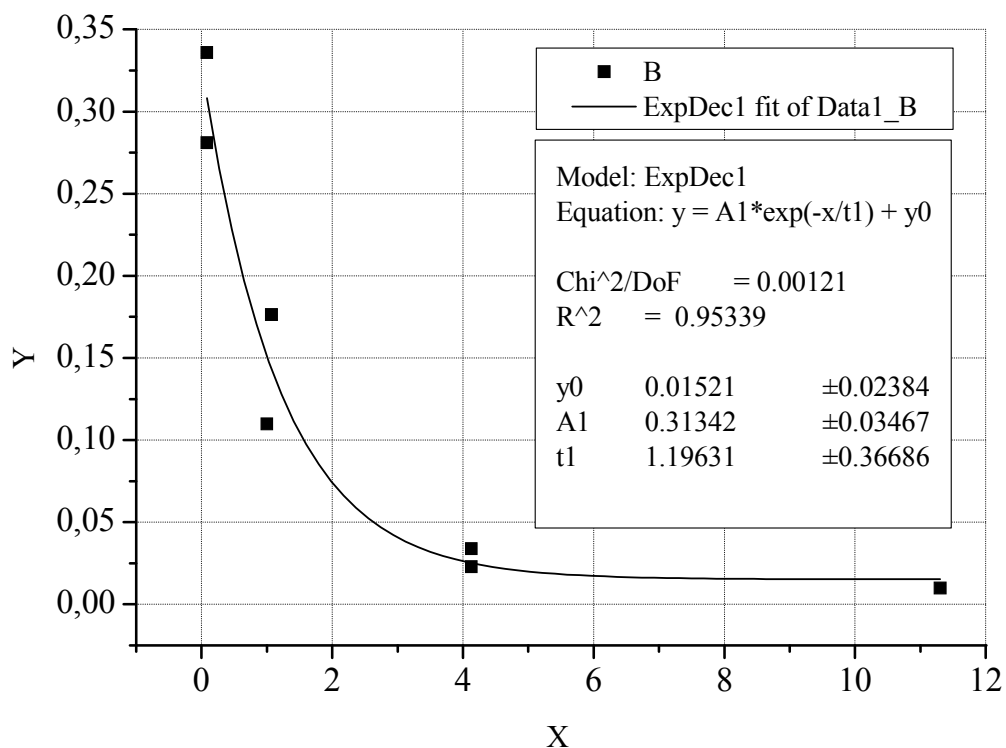


Рисунок 4.4. Залежність логарифмічного декременту затухання (Y) від відносного об'єму відсіку (X)