

РОЗДІЛ 4

РАПТОВА РОЗГЕРМЕТИЗАЦІЯ ВІДСІКУ

Раптова зміна тиску повітря включає газодинамічні і аероакустичні процеси [41, 48, 68, 72, 79, 126, 143, 155, 160, 161, 228, 338, 339].

4.1. Аероакустичні процеси за умови раптової розгерметизації відсіку

Об'єктом дослідження є відсік з надлишковим тиском газу, до якого підводять або відводять повітря під час раптової зміни його параметрів. Предметом дослідження є аероакустичні процеси, які утворюються під час раптової розгерметизації відсіку. У Національному авіаційному університеті було розроблено стенд для проведення експериментальних досліджень розгерметизації відсіку (додаток Ж).

Швидкість поширення хвилі у відсіках визначимо за часом сигналів у каналах вимірювання датчиків тиску і мікрофонів. За відомим часом проходження хвилі від торця відсіку 1 до торця відсіку 2 і за відомими довжинами відсіків визначаємо швидкість хвилі. У початковий момент досліджень тиск повітря у відсіках і атмосфері були рівні. За допомогою компресора 17 подавали повітря до відсіку 1 із надлишковим тиском повітря $P=0,15 \times 10^5$ Па. За умови досягнення заданого перепаду тиску між відсіками пружна мембрана руйнується, що призводить до раптової зміни параметрів повітря у відсіках. Унаслідок розриву мембрани 19 у вузлі 2 відбувається перетікання повітря з відсіку 1 до відсіку 2. У процесі перетікання повітря було проведено вимірювання параметрів повітря у відсіках 3 і 4. Аналогічні випробування було проведено за таких тисків повітря у відсіку 1: $P=0,5 \times 10^5$ Па, $P=0,9 \times 10^5$ Па, $P=3,0 \times 10^5$ Па. За врахування довжин відсіків 1, 2, 3, 4 розрахункове значення швидкості хвилі вимірюють від $W = 370,4$ м/с до $W = 392,2$ м/с. Причому мінімальне розрахункове значення швидкості одержано за максимального тиску газу у відсіку.

Швидкість звуку в нерухомому середовищі становить 346,1 м/с. Порівняння результатів розрахунку швидкості хвиль показує, що швидкість хвилі, яка утворюється унаслідок розриву мембрани, перевищує на (7 ... 13,3) % швидкість звуку в нерухомому середовищі. Збільшення швидкості хвилі унаслідок розриву мембрани можна пояснити тим, що під час розрахунку швидкості було враховано довжини відсіків 3 і 4, які практично не брали участь у вирівнюванні тисків повітря у відсіках 1 і 2. Під час розгляду лише відсіків 1 і 2 без урахування довжин відсіків 3 і 4 швидкість хвилі змінюватиметься від 333,3 м/с до 314,8 м/с. У порівнянні зі швидкістю звуку в нерухомому середовищі зменшення швидкості хвилі становитиме 3,7 % і 9,1 % відповідно. На результати вимірювання параметрів хвилі і розрахунку швидкості мала вплив мембрана 19 у вузлах 6 і 7. Оскільки мембрани забезпечували роботу мікрофонів, то виключити вплив цього фактора на результати розрахунку неможливо.

Для уточнення швидкості поширення хвиль скористаємося рівнянням відповідно до формули (3.1). Аналіз рівняння швидкості хвилі і результатів експерименту показує, що внаслідок розриву мембрани 19 (вузол 2) у відсіку 1 відбувається падіння тиску, а у відсіку 2 – підвищення тиску повітря. Зміна тиск газу у відсіках супроводжується утворенням хвилі, яка поширюється в бік відсіків 3 і 4. У відсіку 1 хвилю гальмує потік, а у відсіку 2 швидкість хвилі збільшуватиметься за рахунок рухомого потоку. Процес перетворення параметрів газу у відсіку 1 супроводжується відповідними перетвореннями параметрів у відсіку 2. Для розглянутого відсіку, який є замкнутим, зміна кінетичної енергії за густиною у відсіку 1 дорівнюватиме за абсолютним значенням зміні кінетичної енергії у відсіку 2. Тому з рівняння (3.1) випливає, що для розглянутого випадку вимірювання параметрів газу у відсіках розрахункове значення швидкості хвилі у відсіках дорівнюватиме швидкості звуку в нерухомому середовищі. Це справедливо за відсутності енергетичного обміну з навколишнім середовищем ($P_0 = 0$ або $P_0 = const$) і за умови рівності за абсолютним значенням у двох відсіках складової зміни кінетичної енергії потоку за густиною.

Відхилення розрахункового значення швидкості хвилі при розриві мембрани в порівнянні зі швидкістю звуку в нерухомому середовищі можна пояснити похибкою використовуваного методу вимірювання. Незважаючи на це, отримана похибка розрахунку швидкості поширення коливань в відсіках 1 і 2 є прийнятною для інженерних розрахунків. Потрібно відзначити, що швидкість поширення коливань визначена при раптовому розриві мембрани і при відносному поширенні коливань в двох суміжних відсіках, в яких відбувається вирівнювання тисків газу.

Розрахункове значення швидкості хвилі отримано окремо за вимірюваннями тисків у каналах установки мікрофонів і датчиків тиску. Результати розрахунків мали близькі значення. Розрахунок швидкості хвилі за показаннями датчиків тиску був утруднений. Для виділення корисних сигналів потрібно застосувати спеціальні перешкодостійкі методи, що ускладнило процес розрахунків. Похибка розрахунку швидкості поширення коливань газу у відсіках відповідно до рівняння (3.1) не перевищувала 3,8 %. Зміну динамічної складової в рівнянні (3,1) отримано з газодинамічного розрахунку відсіків за $P_0 = const$.

Для визначення ступеня впливу відсіків на рівень шуму в ревербераційній камері 12 схему вимірювання параметрів і сам стенд на рис. Ж. 1 було змінено. У вузлі 6 знято мембрану 19, мікрофон 18 у вузлі 3, торцевий фланець у вузлі 1, штуцер у місці установки мікрофона заглушено. Унаслідок розриву мембрани витікання газу з відсіку 1 відбувається до відсіків 2, 3 і ревербераційної камери 12. Запис РЗТ було здійснено за допомогою мікрофона, встановленого в ревербераційній камері [273]. На виході з мембрани (по ходу руху повітря) вимірювали довжину відсіку. Унаслідок розриву мембрани і витікання газу з відсіку 1 у відкритий простір сумарний РЗТ збільшується зі 112,2 дБ за тиску у відсіку $P_{\text{над}}=0,25 \times 10^5$ Па до 127 дБ за тиску у відсіку $P_{\text{над}}=3,0 \times 10^5$ Па (рис. 4.1). Встановлення на виході з мембрани відсіку з відкритим торцем спричинює збільшення РЗТ. Встановлення відсіку завдовжки 3,7 м на виході з мембрани в порівнянні з витіканням газу з мембрани у відкритий простір збільшує СРЗТ на 3,7 дБ ($P_{\text{над}}=0,6 \times 10^5$ Па) і на 7,9 дБ ($P_{\text{над}}=3,0 \times 10^5$ Па) [307].