

прийнятих обмежень. Така залежність між параметрами витікання повітря з об'єму, у порівнянні з роботами [38, 39, 41, 74, 150, 151, 152, 257], розширює сферу розв'язуваних задач за умови зміни параметрів газу за політропою і враховує особливості впливу параметрів обладнання на процеси всередині об'єму за умови втікання і витікання повітря з відсіку. Уточнення функціональної залежності між параметрами дало змогу розширити клас розв'язуваних задач і вирішити практично важливі завдання при проектуванні багатооб'ємних відсіків.

Проведені числові дослідження із застосуванням встановленої залежності між параметрами дали можливість виявити неточності в рівнянні (2.20), вивчити особливості застосування числового методу для розв'язання системи рівнянь (2.20) з різними граничними умовами. Порівняльне оцінювання результатів розрахунку свідчить, що похибка встановленої залежності не перевищує 9 %.

5.7. Дослідження впливу газу на конструкцію за умови раптової розгерметизації відсіку

Для оцінювання цілісності конструкції відсіку під час проектування нових відсіків необхідно розглянути такі завдання: описати процес течії газу у відсіку, визначити параметри газу біля даної конструкції відсіку, визначити силову дію потоку на конструкцію, порівняти силу дії потоку на конструкцію з допустимою величиною.

Для оцінювання цілісності конструкції за умови раптової розгерметизації відсіків РРЛ проведено комплексні дослідження з вивчення зміни параметрів повітря у відсіках ГК відповідно до рівняння (4.3) [314]. Дослідження способів оцінювання цілісності конструкції відсіків наведено в додатку М. Оскільки існують випадки руйнування відсіків на різних висотах польоту, то необхідно провести дослідження впливу висоти польоту пасажирського літака на параметри газу і конструкцію відсіків за умови раптової розгерметизації відсіку.

Об'єктом дослідження є кабіна пасажирського літака, яка складається з 10 відсіків [290]. Структурну схему компоновки відсіків на літаку наведено на

рис. М. 1, рис. М. 2. До відсіків 1, 2, 3, 4, 10 від СКП подається повітря з відповідними витратами $G_1, G_2, G_3, G_4, G_{10}$. У відсіках ГК за допомогою САРТ на кожній висоті польоту підтримується заданий закон зміни тиску повітря. На досліджуваній висоті польоту відбувається руйнування конструкції одного з відсіків, що супроводжується раптовою зміною тиску газу у відсіках. Деякі складові компоненти або частини, параметри нормованого отвору визначає АП-25 [58]. У процесі витікання газу з відсіків проводять розрахунок повного, статичного, динамічного тисків рухомого потоку. Розглянемо раптову розгерметизацію кожного з відсіків.

Аналіз результатів розрахунку показує, що дія потоку на перегородки між відсіками істотно залежить від геометричних розмірів відсіку, режиму течії газу і висоти польоту (H). У разі збільшення висоти польоту відбувається збільшення навантаження на конструкцію, що призводить до необхідності встановлювати додаткову площу F для перетікання повітря між відсіками. Для більшості розглянутих перегородок збільшення висоти польоту призводить до збільшення дії потоку на конструкцію. На висотах польоту $H \approx (5500 \dots 8500)$ м відбувається максимальна дія потоку на конструкцію (рис. 5.15). Аналіз режимів течії газу свідчить, що на цих висотах утворюється критичний або закритичний режими течії. Під час руйнування конструкції руханий потік має швидкість, яка дорівнює швидкості звуку. У такому разі в потоці відбуваються максимальні перетворення статичної та динамічної складової рухомого потоку. Перебування конструкції в цій ділянці призводить до максимальної дії потоку.

Залежно від відсіку, в якому відбувається раптова розгерметизація, перегородка піддається різним рівням впливів потоку (рис. М. 9). Степінь дії потоку на перегородку можна оцінити за величиною встановленої додаткової площі для перетікання повітря. Додаткову площу визначають за результатами газодинамічного розрахунку всіх відсіків. Максимального навантаження перегородка зазнає між відсіками 2 і 10 під час раптової розгерметизації відсіків 2 і 7. Для інших випадків розгерметизації перегородка піддається значно меншому степені дії потоку. З

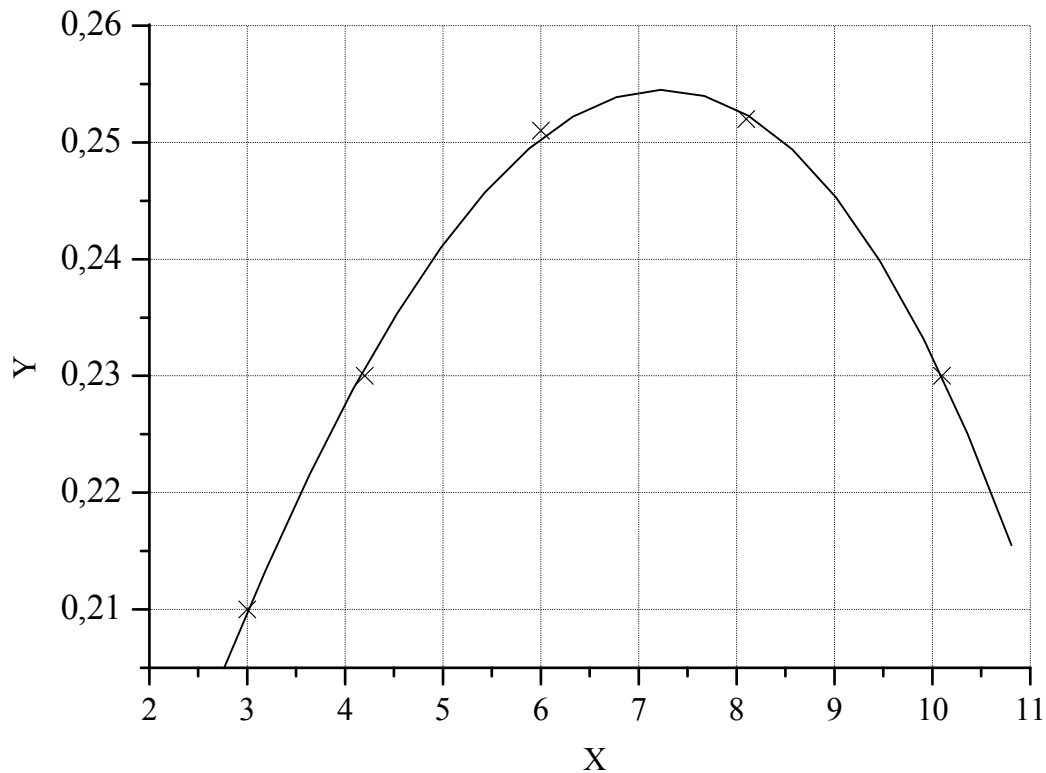


Рисунок 5.15. Залежність площі отвору (Y , m^2) між відсіками 2 і 10 від відсіку (X) за умови раптової розгерметизації відсіку 10 для висоти польоту $H = 10100$ м

огляду на цей факт, для кожної перегородки необхідно практично розглядати розгерметизацію всіх відсіків.

За умови розгляду процесів течії газу у відсіках для багатооб'ємної kabіни постає потреба створення моделі структурної схеми kabіни. Для зменшення об'ємів і спрощення розрахунків чимало розробників об'єднують «великі» і «малі» об'єми в один загальний об'єм відповідно до пункту 25.365 (e) (2) АП-25 [58]. З огляду на той факт, що в роботах [36, 40, 41, 74] цю задачу не розглянуто, розв'язання цієї задачі потребує додаткового дослідження з вивчення процесів витікання газу з одного відсіку в суміжний відсік.

Відповідно до (2.24), зміна повного тиску повітря ($dP_0/d\tau$) у відсіку в часі пропорційна оберненому значенню даного об'єму. З огляду на те, що $dP_0/d\tau \sim 1/V$, то за інших рівних умов зменшення об'єму відсіку призводить до збільшення

градієнта зміни тиску повітря у відсіку. Для «малих» об'ємів відбувається швидша зміна параметрів газу у відсіку. Перегородки між «малими» і «великими» відсіками піддаються підвищеним перепадам тиску в порівнянні з відсіками, що мають відносно рівні об'єми. Розрахунку параметрів газу в «малих» об'ємах слід приділяти більше уваги в порівнянні з «великими» об'ємами. Таким чином, приєднувати до «великого» «малий» відсік недоцільно, або ж перед об'єднанням таких відсіків необхідно проводити додаткові газодинамічні розрахунки.

Максимальну силову дію потоку на перегородку отримано в ділянці біля критичних і закритичних режимів течії газу. Зміна режиму течії в області критичних параметрів викликає нестационарність течії газу. Стрибкоподібна зміна параметрів газу викликає утворення хвиль стиснення і розрядження. Під час течії газу з закритичної в докритичну область амплітуда хвиль збурення досягає значень: $\Delta P = P_{закр} - P_{кр}$, $P_{закр}$ – тиск газу в закритичній області; $P_{кр}$ – критичний тиск газу. Якщо ж у процесі течії газу з одного відсіку в інший критичний тиск газу не дорівнюватиме тиску газу у відсіку, то додатково утворюватимуться хвилі з амплітудою $\Delta P = P - P_{кр}$. Характеристики таких хвиль визначаються відповідно до робіт [37, 205, 226].

Раптова розгерметизація відсіку 1 свідчить, що утворюється перепад тисків газу між відсіками 1 і 2, унаслідок якого перегородка між цими відсіками руйнується. Після руйнування перегородки відбувається збільшення сил тиску газу в 1,8 рази на перегородці між відсіками 2 і 10 та її руйнування. Взаємний вплив процесів руйнування перегородок за умови вторинного і складнішого руйнування призводить до непередбачуваних наслідків і потребує розроблення методів з виключення таких видів руйнування відсіку.

Унаслідок зміни параметрів газу всередині відсіків конструкція має зберігати свою цілісність на всіх режимах функціонування. Відсік задовольнятиме ці вимоги, якщо у разі виникнення граничних параметрів газу відсік не руйнується. Граничні параметри визначимо з розгляду гранично можливих випадків стану газу в досліджуваних відсіках. За параметрами газу у двох відсіках визначатимемо

граничний перепад тиску на перегородці. Причому, на перегородках визначаємо перепад тиску газу за параметрами в загальмованому потоці.

Визначимо за деякий проміжок часу $\Delta\tau$ зміну повного тиску $\Delta P_0^{(1)}$ від тиску $P_{01}^{(1)}$ до тиску $P_{02}^{(1)}$ в одному з відсіків за політропного закону зміни параметрів газу. Розглянувши такі зміни в двох суміжних відсіках, визначимо граничний перепад тиску (ΔP_0) на перегородці між двома суміжними відсіками за початковими параметрами газу:

$$\Delta P_0 = P_{02}^{(2)} - P_{02}^{(1)} = P_{01}^{(2)} \pm \frac{n^{(2)}RT_{кр}^{(2)}}{V^{(2)}} m_{кр}^{(2)} - \left(P_{01}^{(1)} \pm \frac{n^{(1)}RT_{кр}^{(1)}}{V^{(1)}} m_{кр}^{(1)} \right). \quad (5.4)$$

Знак плюс відповідає умові підведення газу, а мінус – відведення газу. Якщо в розглянуті відсіки не підводять і не відводять газ, то граничний перепад тиску газу на перегородці практично дорівнюватиме різниці повних тисків між суміжними відсіками: $\Delta P_0 = P_{02}^{(2)} - P_{02}^{(1)}$. Аналогічного результату ми досягаємо за умови підведення і відведення газу, коли відсік має характеристики «великого» об'єму. Аналіз рівняння (5.4) свідчить, що за $P_{01}^{(1)} = P_{01}^{(2)}$ граничне значення перепаду тиску газу на перегородці визначається тільки параметрами підведеного і відведеного газу.

На граничний перепад тиску має вплив характер протікання процесу. Мінімальний перепад досягається за умови ізотермічної зміни параметрів газу $n^{(1)} = n^{(2)} = 1$. Перепад тиску на перегородці зростає пропорційно збільшенню показника політропи. На ΔP_0 впливає початкова температура. Для більшості відсіків початкова температура в герметичній кабіні змінюється в діапазоні $T \approx (290 \dots 298)^\circ \text{K}$ [58]. Незважаючи на це, у разі раптової зміни тиску газу у відсіку температура впливає на процес утворення, поширення пульсацій газу.

Вплив пульсацій тиску газу особливо позначається для нестационарних режимів течії газу під час підведення і відведення газу. Дослідження таких процесів