

### РОЗДІЛ 3

## ГАЗОДИНАМІЧНІ І АЕРОАКУСТИЧНІ ПРОЦЕСИ

### ЗА УМОВИ ВИТІКАННЯ ГАЗУ З ВІДСІКУ

#### 3.1. Визначення швидкості поширення збурень рухомого газу

Одним із важливих параметрів у газодинаміці і аероакустиці є швидкість звуку [9, 23, 89, 206, 226, 229, 231, 235, 309, 343]. Швидкість поширення звукових коливань залежить від параметрів середовища. Тому завданням дослідження є визначення швидкості поширення коливань унаслідок зміни параметрів рухомого середовища.

Досліджуємо зміну параметрів газу під час витікання з одного відсіку в інший. Зміна параметрів газу відбувається за зміни повного повітря ( $dP_0$ ) і супроводжується утворенням однієї хвилі за потоком і такої самої хвилі проти потоку. Хвиля поширюється зі швидкістю ( $W_s$ ) і характеризується кінетичною енергією  $\left(\frac{W_s^2}{2} d\rho\right)$ .

З огляду на статичну ( $P$ ) і динамічну  $\left(\rho W^2 / 2\right)$  складові відповідно до закону збереження енергії після деяких перетворень визначимо швидкість хвилі ( $W_s$ ):

$$W_s = \sqrt{\frac{dP}{d\rho} + \frac{d\left(\frac{\rho W^2}{2}\right)}{d\rho} - \frac{dP_0}{d\rho}} = \sqrt{\frac{\frac{dP}{d\tau}}{\frac{d\rho}{d\tau}} + \frac{\frac{d\left(\frac{\rho W^2}{2}\right)}{d\tau}}{\frac{d\rho}{d\tau}} - \frac{\frac{dP_0}{d\tau}}{\frac{d\rho}{d\tau}}} \quad (3.1)$$

Під час зміни параметрів газу у відсіку швидкість хвилі рухомого газу визначають за відомими залежностями  $\frac{dP}{d\tau}$ ,  $\frac{d\rho}{d\tau}$ ,  $\frac{dW}{d\tau}$ ,  $\frac{dP_0}{d\tau}$  і значеннями  $\rho$ ,  $W$ .

Виведення рівняння, порівняння з рівняннями в опублікованих роботах,

дослідження і частинні розв'язки, здобуті відповідно до рівняння (3.1), наведено в роботах [268, 270, 310]. Рівняння (3.1) встановлює для рухомого газу зв'язок між швидкістю хвилі і зміною статичного тиску, густини, кінетичної енергії і повного тиску газу. У порівнянні з роботами [36, 74] при визначенні швидкості звуку в нерухомому середовищі в рівнянні (3.4) додатково враховують зміну кінетичної енергії рухомого потоку  $\left( d\left(\frac{\rho W^2}{2}\right) \right)$  і повного тиску.

Рівняння (3.1) є загальнішим, адже частинним розв'язком за постійного значення кінетичної енергії і повного тиску є рівняння визначення швидкості звуку в нерухомому середовищі [37, 74, 203, 206, 231, 237]. Аналіз моделей для визначення швидкості звуку в нерухомому середовищі свідчить [37], що виведення рівняння швидкості звуку здобує під час розгляду рівнянь енергії, ентропії, процесів стиснення і розширення газу. В роботі [74] швидкість звуку визначено унаслідок використання рівнянь нерозривності, кількості руху, ентропії, стану. Зроблене припущення про незначне підвищення тиску і густини середовища. Аналіз же процесу утворення коливань у потоці на основі розробленої моделі з застосуванням до досліджуваного процесу закону збереження енергії дає змогу істотно спростити виведення рівняння. На підставі рівняння (3.1) можна глибше проводити аналіз механізму утворення коливань у рухомому середовищі з урахуванням змін потенційної, кінетичної енергії і повного тиску. Крім того, під час аналізу процесів рухомого газу в розглянутих відсіках досліджувані параметри газу безпосередньо співвідносяться з досліджуваним об'ємами відсіків. Розглянуто реальний процес утворення коливань у відсіках. У цих відсіках проведено аналіз утворення і поширення коливань. Здійснено аналіз перетворення потенційної і кінетичної енергії. Через те, що досліджуваний процес включає підведення і відведення енергії, то розглянуто зміну повного тиску унаслідок зміни параметрів за політропою. Відповідно до методу Ейлера [9, с. 24–34] розглядається рух газу вздовж лінії струму і не враховується підведення (відведення) газу (енергії) в своїй початковій постановці методу. Виділений в методі Ейлера контрольний об'єм є умовним і не містить матеріальний об'єкт, що не дозволяє описувати особливості