

ДИССИПАЦИЯ В ПЕРФОРИРОВАННЫХ ПЕРЕГОРОДКАХ КАК ФУНКЦИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ

А. АПЦИАУРИ и М. КЕБУРИЯ

Кутаисий Политехнический Институт
Грузия

Поступила: 5 мая 1989 г.

Представлено: проф. Е. Пастор

Abstract

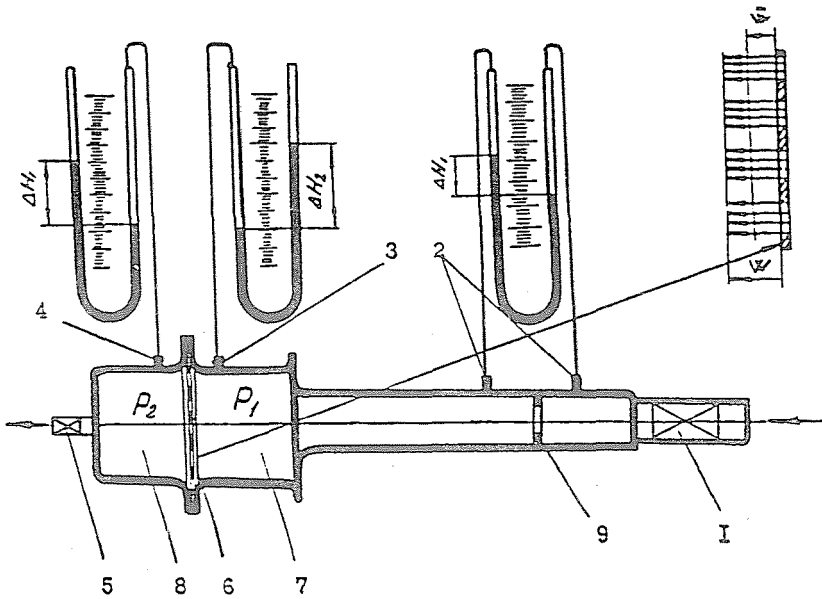
In the paper, the results of the theoretical and experimental investigations into the problems associated with dissipation are described as carried out in connection with blowing through the perforated elements of different construction. The method of determining the optimal bore dimensions is described, as well as the schematic diagram of the constructional layout of the testing equipment applied in the course of experiments is presented.

Keywords: dissipation; pressure loss of the perforated elements, optimal perforation-bore theory

При рассмотрении потоков газа в тепловых машинах, мы встречаемся с процессами течения в фильтрующих элементах, глушителях и перфорированных перегородках различной конструкции, которые вызывают нарушение поля скоростей.

Возникшая при этом неравномерность скорости, приводит к интенсификации диссипации энергии, что в ряде случаев существенно влияет на технико-экономические показатели установки и рабочий процесс в целом. Поэтому, исследование необратимых процессов в таких потоках представляет большой интерес.

Рассмотрим диссипацию энергии относительного движения в потоке, когда внутреннее трение значительно превосходит трение с поверхностью канала. В качестве примера такого течения можно рассмотреть поток через плоскую стену, на которой нанесено множество узких отверстий (рис. 1). Отмеченные отверстия, создавая существенную неравномерность поля скоростей, увеличивают площадь трущихся поверхностей внутри потока, в результате чего интенсивность внутреннего трения значительно возрастает, таким образом, при существенной неравномерности поля скорости внутри



Фиг. 1. Установка для продувки сетчатых и перфорированных перегородок. 1 – кран для включения газа; 2, 3, 4 – показатели давления; 5 – регулировочный кран; 6 – перфорированная перегородка; 7 и 8 – объемы; 9 – дросселирующая диафрагма.

потока основным источником диссипации можно считать внутреннее трение.

Б работе (2) было исследовано влияние неравномерности поля скоростей на диссипацию в потоке. Развивая данную теорию, мы получили выражение для определения приращения энтропии в потоке при известных граничных значениях параметров неравномерности

$$C_1 = \rho^2 F \int_F (W - \bar{W})^2 dF, \quad (1)$$

$$C_2 = \rho^3 F^2 \int_F (W - \bar{W})^3 dF, \quad (2)$$

Данное выражение имеет вид:

$$T \frac{\partial S}{\partial X} = -\frac{1}{3\bar{W}} \frac{\partial C_2}{\partial X} \bar{W}^3 - \frac{C_1}{G^2} \frac{\partial}{\partial X} \bar{W}^2 \quad (3)$$

где T, S, ρ, \bar{W} — температура, энтропия, плотность и локальная скорость потока
 G — расход потока [K^2/C]
 — среднемассовая скорость.

При течении ($\frac{\partial G}{\partial X} = 0$) уравнение (3) принимает вид

$$T \frac{\partial S}{\partial X} = -\left(\frac{C_1}{G^2} + \frac{C_2}{G^3}\right) \frac{\partial}{\partial X} \bar{W}^2. \quad (4)$$

Воспользуемся зависимостью между скоростью и температурой в энергоизолированном потоке из условия постоянства энтальпии заторможенного потока

$$C_p T = i^* - \bar{W}^2 \left(\frac{1}{2} + \frac{3}{2} \frac{C_1}{G^2} + \frac{C_2}{2G^3}\right) \quad (5)$$

и проинтегрируем уравнение (4) вдоль X

$$\frac{S - S_0}{C_p} = \frac{\frac{C_1}{G^2} + \frac{C_2}{2G^3}}{\frac{1}{2} + \frac{3}{2} \frac{C_1}{G^2} + \frac{C_2}{2G^3}} \ln \frac{i^* - \left(\frac{1}{2} + \frac{3}{2} \frac{C_1}{G^2} + \frac{C_2}{2G^3}\right) \bar{W}^2}{i^* - \left(\frac{1}{2} + \frac{3}{2} \frac{C_1}{G^2} + \frac{C_2}{2G^3}\right) \bar{W}_0^2}. \quad (6)$$

Если обозначить отношение площади отверстия f к площади перегородки F , $C = \frac{f}{F}$ граничные значения C_1 и C_2 можно определить из выражения

$$\begin{aligned} C_1 &= \left(\frac{1}{C} - 1\right) G^2, \\ C_2 &= \left(\frac{1}{C} - 1\right) \left(\frac{1}{C} - 2\right) G^3 \end{aligned} \quad (7)$$

Следовательно, уравнение (6) принимает вид

$$\frac{S - S_0}{C_p} = (1 - C) \ln \frac{i^* - \frac{1}{C^2} \frac{\bar{W}^2}{2}}{i^* - \frac{1}{C^2} \frac{\bar{W}_0^2}{2}} \quad (8)$$

или

$$\frac{S - S_0}{C_p} = \ln \left(\frac{T}{T_0} \right)^{(1-C)}. \quad (9)$$

Учитывая, что приращение энтропии опеределяется по формуле

$$\frac{S - S_0}{C_p} = \ln \left(\frac{T}{T_0} \right)^{\frac{1}{K}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)^{\frac{K-1}{K}}. \quad (10)$$

Связь ΔS со скоростью газа в энергоизолированном потоке можно выразить и в следующем виде

$$\frac{S - S_0}{C_p} = \ln \left(\frac{i^* - \frac{1}{C^2} \frac{\bar{W}^2}{2}}{i^* - \frac{1}{C_0^2} \frac{\bar{W}_0^2}{2}} \right) \left(\frac{\bar{W}}{\bar{W}_0} \right)^{\frac{K-1}{K}}. \quad (11)$$

Совместное решение (11) и (8) дает

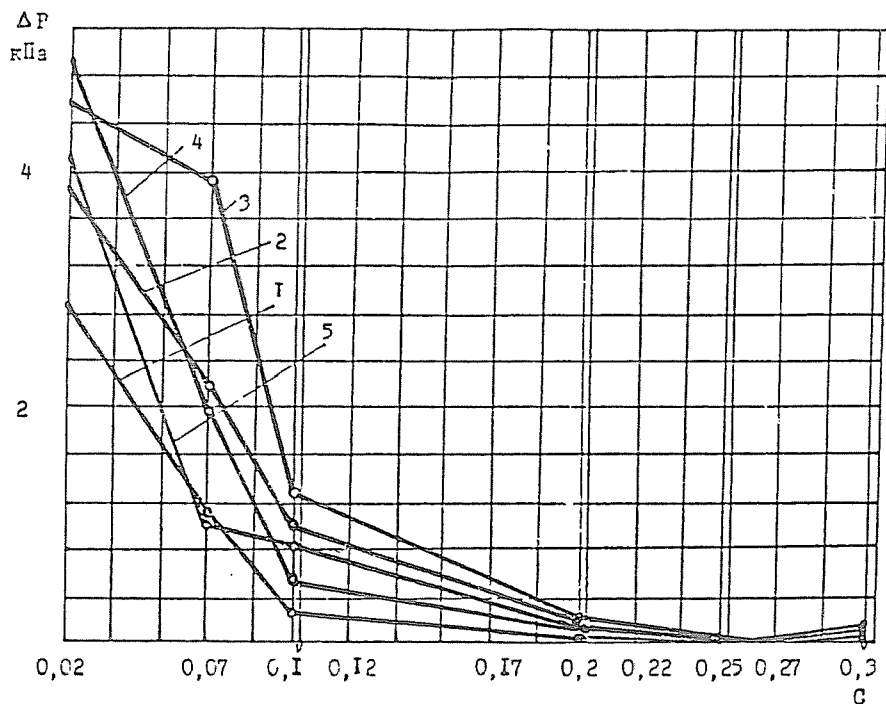
$$\left(\frac{i^* - \frac{1}{C^2} \frac{\bar{W}^2}{2}}{i^* - \frac{1}{C_0^2} \frac{\bar{W}_0^2}{2}} \right)^{1 - \frac{KC}{K-1}} = \frac{\bar{W}}{\bar{W}_0}, \quad (12)$$

таким образом, мы получили уравнение, позволяющее определить скорость газа при известной начальной скорости и параметрах поля C , и C_2 на границе канала. Оно имеет действительное решение, если соблюдается условие

$$1 - \frac{KC}{K-1} \leq 0 \quad \text{или} \quad C \geq \frac{K-1}{K} \quad (13)$$

при $C = \frac{K-1}{K}$ скорость потока не изменяется ($\bar{W} = \bar{W}_0$), что соответствует течению без диссипации. Следовательно, данное соотношение площадей является оптимальной с точки зрения минимализации потерь при истечении из сеток, решеток и пористых перегородок.

С целью экспериментальной проверки предложенной теории была разработана установка для продувки сетчатых и перфорированных перегородок, которые в потоке создают неравномерное поле скоростей с заданными характеристиками неравномерности (рис. 1). Установка состоит из двух объемов 7 и 8 разделенных между собой перегородкой 6. К объему 7 из трубопровода подается сжатый газ, расход которого определяется с помощью дросселирующей диафрагмы 9 и пьезометра 2. Давления в объемах измеряются пьезометрами 3 и 4.



Фиг. 2. Зависимость изменения давления за перфорированной перегородкой от удельной площади C . 1 — $\phi = 2$ мм; 2 — $\phi = 3$ мм; 3 — $\phi = 4$ мм; 4 — $\phi = 5$ мм; 5 — $\phi = 8$ мм.

Поочередно испытывались перегородки с отверстиями диаметром 2, 3, 4, 5, 8 мм. Количество отверстий на перегородке менялось с целью увеличения C от минимума до максимального значения.

Для сравнительной оценки влияния параметра C на процесс диссипации, было необходимо, оставляя процесс течения до перегородки неизменным. Это достигалось при одинаковом расходе и давлении в объеме 7. Регулировка процесса осуществлялась краном 5. Неизменность процесса течения до перегородки при различ-

ных C контролировалась показаниями пьезометров 2 и 3, которые поддерживались постоянным путем регулирования. В таких условиях показания пьезометра 4 позволяли судить о степени диссипации. Учитывая, что динамический напор в объемах незначителен, показания давления позволяют судить о коэффициенте восстановления давления или же о приращении энтропии.

Результаты экспериментального исследования перфорированных перегородок показали, что по мере увеличения C диссипация энергии уменьшается и в области $0.25 < C < 0.3$ (см. рис. 2) достигает своего минимума. При $K = 1,4$ теоретически оптимальное значение $C_{\text{опт}} = 0.28$.

Таким образом, результаты теоретических и экспериментальных исследований практически с точностью совпадают, что позволяет судить, что при поиске оптимальных, с точки зрения минимизации потерь, конструкции сетчатых и перфорированных перегородок, успешно можно пользоваться выражением

$$C = \frac{K - 1}{K} \quad (14)$$

Литература

1. АВРАМОВИЧ, Г. Н.: Прикладная газовая динамика – 4-е изд., перераб. – М.: Наука. 1976.
2. MANDZHIGALADZE, A. A. – KAVTARADZE, R. Z. – APCIAURI, A. Z. I DR.: – Исследования процессов газообмена и теплообмена в дизелях методами математического и физического моделирования – Мецниереба, 1986.

Address:

А. АПЦИАУРИ
М. КЕБУРИЯ
Кутаисий Политехнический Институт
Грузия