

ФИЗИКА

Г. А. БАРСКИЙ и Я. Б. ЗЕЛЬДОВИЧ

**ТЕПЛОПЕРЕДАЧА СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИЕЙ ГАЗА СТЕНКАМ СОСУДА**

(Представлено академиком Н. Н. Семеновым 13 IX 1938)

На протяжении февраля и марта 1938 г. нами был исследован экспериментально теплообмен между заключенным в сосуде газом и стенками этого сосуда.

Сосуд представлял собой стальную цилиндрическую бомбу с внутренним диаметром 175 мм, внутренней длиной 320 мм и толщиной стенок 7.5 мм, положенную на образующую.

После наполнения сосуда исследуемым газом (воздух, водород) часть газа выпускалась через быстродействующий клапан; через 0.01—0.02 сек. клапан закрывался и газ, охлажденный вследствие адиабатического расширения, нагревался теплообменом со стенками сосуда до своей начальной комнатной температуры, т. е. температуры стенок сосуда.

О ходе интересующего нас процесса нагревания газа мы судили по кривой изменения давления со временем. Давление записывалось зайчиком, отброшенным зеркальцем, скрепленным со стальной или стеклянной мембраной, вмонтированной в боковую поверхность сосуда, на вращающейся с известной скоростью фотобумаге.

Принцип нашей методики заимствован в старой, методически несовершенной работе Витца (1).

Начальное давление менялось от 8 атм до 260 мм ртутного столба, конечное давление составляло от 57 до 89% начального, что соответствовало падению температуры на 58—14°. Обработанный (в предположении постоянства коэффициента теплопередачи на протяжении каждого отдельного опыта) экспериментальный материал описывается интерполяционной формулой

$$[\lg Nu = 0.10 + 0.235 \lg Gr, \quad (1)$$

найденной по методу наименьших квадратов. В исследованном интервале  $\lg Gr$  от 9.5 до 5.2 формула эта практически не отличается от легко запоминаемой формулы

$$\lg Nu = 0.25 \lg Gr; \quad Nu = \sqrt{Gr}. \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) все материальные константы отнесены к конечному состоянию, т. е. к температуре стенок сосуда. Рассмотренные отдельно данные опытов с водородом и воздухом не обнаруживают систематических отклонений.

Зависимость  $Nu=f(Gr)$  при малых значениях  $Gr$ , экспериментально нами не исследованная, может быть предсказана с большой вероятностью сопоставлением формул (1) или (2) с предельной формулой, выведенной теоретически (2):

$$Nu = Nu_0 + C \cdot Gr^2. \quad (3)$$

Значение  $Nu$  легко может быть вычислено и составляет 5.66 в нашем сосуде. Из условия непрерывности критерия Нуссельта как функции критерия Грасгофа и его первой производной в точке, где смыкаются формулы (2) и (3), может быть найдена как сама точка, где происходит это смыкание, так и значение коэффициента в формуле (3).

Для цилиндрических сосудов с отношением длины внутренней образующей к диаметру 2 : 1 окончательно рекомендуемые формулы имеют следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} Nu &= Nu_0 + 7^7 \cdot 8^{-8} Nu_0^{-7} \cdot Gr^2, & Gr &\leq 8^4 \cdot 7^{-4} Nu_0^4 \\ Nu &= 5.66 + 0.26 \cdot 10^{-6} \cdot Gr^2, & Gr &\leq 1750 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$Nu = Gr^{1/4}, \quad Gr \geq 1750. \quad (5)$$

Конвекция увеличивает теплоотдачу вдвое по сравнению с чистой теплопроводностью при значении  $Gr = (2Nu_0)^4 = 1.7 \cdot 10^4$ . Так например, это удвоение теплоотдачи достигается при охлаждении воздуха в горизонтальных трубках при разности температур стенки и воздуха на  $10^\circ$  и комнатной температуре стенок при атмосферном давлении при диаметре 8.5 мм; при давлении 100 мм ртутного столба — при диаметре 34 мм.

Приведенные цифры позволяют судить о роли свободной конвекции в условиях лабораторных опытов, например при изучении теплового взрыва.

Физико-химическая лаборатория.  
Академия Наук СССР.

Поступило  
16 IX 1938.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Witz, Ann. Chim. Phys., 15, 433 (1878). <sup>2</sup> Зельдович, ЖЭТФ, 7, вып. 12 (1937).