УДК 621. 928. 9

А.А. Буров, канд. техн. наук, Одес. нац. политехн. ун-т

## ПОВОРОТ ГАЗОВОГО ПОТОКА С ЗАМКНУТЫМ КОНТУРОМ

*О.О.Буров.* **Поворот газового потоку із замкнутим контуром.** Представлено результати дослідження криволінійних повітряних течій із центральним і периферійним циркулюючими потоками. Виявлено зниження втрат напорів транзитних потоків при наявності циркулюючих потоків. Підтверджено зворотну залежність температури і окружної швидкості повітря.

*А.А. Буров.* **Поворот газового потока с замкнутым контуром.** Представлены результаты исследования криволинейных воздушных течений с центральным и периферийным циркулирующими потоками. Выявлено снижение потерь напоров транзитных потоков при наличии циркулирующих потоков. Подтверждена обратная зависимость температуры и окружной скорости воздуха.

*A.A. Burov.* **Turn of gas flow with the closed contour.** The results of research of curvilinear air flows with central and peripheral circulatory streams are presented. The decline of head losses of transit flows is exposed in the presence of circulatory streams. Inverse dependence of temperature and circular velocity of air is confirmed.

Газ рассматривается с достаточной степенью приближения как несжимаемая среда в случае слабых перепадов давлений, малых скоростей и отсутствия сколько-нибудь значительных нагревов [1]. Радиальные и угловые распределения относительных температур воздушных те-

ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ НАУК

чений в криволинейном канале свидетельствуют о наличии резких перепадов давлений, плотностей, температур и окружных скоростей при обратной зависимости между последними параметрами воздушного потока [2]. Раскрытие механизма повышения расхода и снижения температуры технологических газов в системе с замкнутыми контурами вакуумной установки привели с необходимости исследования криволинейных течений с центральным и периферийным циркулирующими потоками воздуха при близких к нормальным условиях [3].

Рассматриваемые распределения температур и окружных скоростей воздушных течений получены для вертикальных плоскостей симметрии криволинейных каналов. Радиальные распределения температур воздушных течений в каждом из криволинейных каналов получены при их сопротивлении 100 Па (рис. 1).



*Puc. 1. Радиальные распределения температур в криволинейном канале с центральным (a) и периферийным (б) замкнутыми контурами:* φ = 0 (1); π/2 (2); π (3)

В обоих случаях максимальные температуры наблюдаются вблизи криволинейных стенок. Температура вблизи центральной границы течения с периферийным циркулирующим потоком ниже, чем с центральным, что наглядно демонстрируют представленные температурные поля (рис. 2).



Рис. 2. Поля температур в криволинейном канале с центральным (а) и периферийным (б) замкнутыми контурами

Аналогия угловых распределений температур (рис. 3) в обоих каналах свидетельствует об определяющем влиянии транзитных потоков. Различия в распределениях увеличиваются с повышением скорости транзитного потока.

В отличие от распределения температур угловые распределения окружных скоростей практически не зависят от изменения сопротивлений каналов в интервале от 100 до 300 Па (рис. 4). Увеличение частоты колебания величины окружной скорости вдоль криволинейной оси канала с периферийным замкнутым контуром связано с увеличением числа поворотов на угол  $\phi = \pi$  периферийного циркулирующего потока.



*Рис. 3. Угловые распределения окружных скоростей в криволинейном канале* с центральным (а) и периферийным (б) замкнутыми контурами:  $\Delta P = 100$  (1); 200 (2); 300 Па (3)



Рис. 4. Угловые распределения окружных скоростей в криволинейном канале с центральным (а) и периферийным (б) замкнутыми контурами:  $\Delta P = 100$  (1); 200 (2); 300 Па (3)



Рис. 5. Поля окружных скоростей в криволинейном канале с центральным (а) и периферийным (б) замкнутыми контурами

Сравнение полей температур и окружных скоростей воздушных течений (см. рисунки 2 и 5) подтверждает обратную зависимость температуры от окружной скорости.

Обратная зависимость температуры от окружной скорости подтверждается при сравнении их радиальных распределений, представленных на рисунках 3 и 6. Определяющее влияние транзитного потока на структуру течения подтверждается сменой в обоих случаях потенциального течения на вихревое при повороте на угол  $\phi = \pi$ .

Увеличение частоты изменения окружной скорости на повороте  $\phi = \pi$  (см. рисунок 4) — результат увеличения потерь энергии (см. таблицу) транзитного потока при периферийном циркулирующем потоке.



Рис. 6. Радиальные распределения температур (б) в криволинейном канале с центральным (а) и периферийном (б) замкнутыми контурами:  $\varphi 0$  (1);  $\varphi = \pi/2$  (2);  $\pi$  (3)

| $\Delta P$ , | Центральный контур |                              |      | Периферийный контур |                              |      | Без замкнутого контура |                              |      |
|--------------|--------------------|------------------------------|------|---------------------|------------------------------|------|------------------------|------------------------------|------|
| Па           | Re                 | <i>V</i> <sub>ср</sub> , м/с | ζ    | Re                  | <i>V</i> <sub>ср</sub> , м/с | ζ    | Re                     | <i>V</i> <sub>ср</sub> , м/с | ζ    |
| 100          | 28450              | 16,4                         | 0,62 | 26670               | 15,3                         | 0,71 | 24410                  | 13,7                         | 0,89 |
| 200          | 42670              | 24,0                         | 0,58 | 39110               | 22,5                         | 0,66 | 38350                  | 21,8                         | 0,70 |
| 300          | 53330              | 30,0                         | 0,55 | 49780               | 28,0                         | 0,63 | 48810                  | 27,9                         | 0,64 |

Коэффициенты сопротивления криволинейных каналов

Анализ приведенных в таблице расчётных данных свидетельствует о повышении расхода транзитного потока при аккумулировании части его энергии циркулирующими потоками, что объясняется повышением производительности станции вакуумных насосов при замене в газовом тракте цилиндрического циклона системой последовательно соединённых криволинейных каналов с замкнутыми контурами и углами поворота  $\phi_i = \pi$  в установке внепечной дегазации кипящей стали.

## Литература

- 1. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. М.: Наука, 1973. 848 с.
- 2. Буров, А.А. Воздушное течение в криволинейном канале / А.И. Буров, А.В. Карамушко // Тр. Одес. политехн. ун-та. Одесса, 2009. Вып. 2(32). С. 174 177.
- Буров, А.А. Эксплуатация буранов на металлургическом заводе / А.А. Буров // Сб. науч. статей XVI Междунар. науч.-практ. конф. "Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов" / УкрГНТЦ "Энергосталь". — Харьков, 2008. — Т. 1. — С. 410 — 414.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Никульшин В.Р..

Поступила в редакцию 30 июня 2010 г.