

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИСОСОВ ВОЗДУХА В ГАЗОХОДЕ КОТЛА

Канд. техн. наук, доц. НАЗАРОВ В. И., магистрант ХАДОРИК А. А.

*Белорусский национальный технический университет*

Цель данной работы – исследование распределения присоса воздуха в газоходе котла на предмет определения корректных областей, пригодных для отбора представительной пробы уходящих газов. Исследование проводилось на участке газохода, ограниченном сечением за ширмовым пароперегревателем и сечением в опускной шахте газохода за пароперегревателем (режимное сечение).

Эксперименты проводились на компьютерной модели на базе программного комплекса Flow Vision, предназначенного для моделирования трехмерных течений жидкости и газа в технических и природных объектах, а также визуализации этих течений методами компьютерной графики. Программный комплекс Flow Vision предоставляет широкий набор математических моделей. В данном случае использовалась модель «Полностью сжимаемая жидкость», цель которой – моделирование течения газа (жидкости) при больших (турбулентных) числах Рейнольдса и при малых изменениях плотности. Модель построена с помощью:

- уравнения Навье-Стокса

$$\frac{\partial \rho v}{\partial t} + \nabla(\rho v \otimes v) = -\nabla P + \nabla((\mu + \mu_t)(\nabla v + (\nabla v)^T)) + S; \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho v) = 0, \quad (2)$$

где источник  $S = (\rho - \rho_{hyd})g + \rho B + R$ ;  $B$  – силы вращения;  $R$  – то же сопротивление;  $\mu_t$  – турбулентная вязкость;

- уравнения энергии

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t} + \nabla(\rho v h) = \frac{\partial P}{\partial t} + \nabla \left( \left( \frac{\lambda}{c_p} + \mu_t \right) \nabla H \right) + Q, \quad (3)$$

- уравнения для  $k$ ,  $\epsilon$ :

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \nabla(vk) = \frac{1}{\rho} \nabla \left( \alpha + \frac{\alpha_t}{\sigma_k} \right) \nabla k + \frac{G}{\rho} - (\epsilon - \epsilon_{ini}) - F; \quad (4)$$

$$\frac{\partial \epsilon}{\partial t} + \nabla(v\epsilon) = \frac{1}{\rho} \nabla \left( \alpha + \frac{\alpha_t}{\sigma_k} \right) \nabla \epsilon + \frac{\epsilon}{k} \left( C_1 \frac{G}{\rho} - C_2 f_1(\epsilon - \epsilon_{ini}) \right), \quad (5)$$

где  $\epsilon_{ini}$  – начальное значение турбулентной диссипации;

$$G = \alpha_{bff} \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \left( \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right);$$

- уравнения массопереноса

$$\frac{\partial(\rho C)}{\partial t} + \nabla(\rho v C) = \nabla \left( \left( \frac{\mu}{Sc} + \frac{\mu_t}{Sc_t} \right) \nabla C \right), \quad (6)$$

где  $C$  – массовая концентрация;  $Sc_t$  – турбулентное число Шмидта.

Для исследований была построена модель описанного выше участка газохода котла. Геометрические размеры газохода были взяты с котла ТП-87. Модель исследуемого участка изображена на рис. 1.

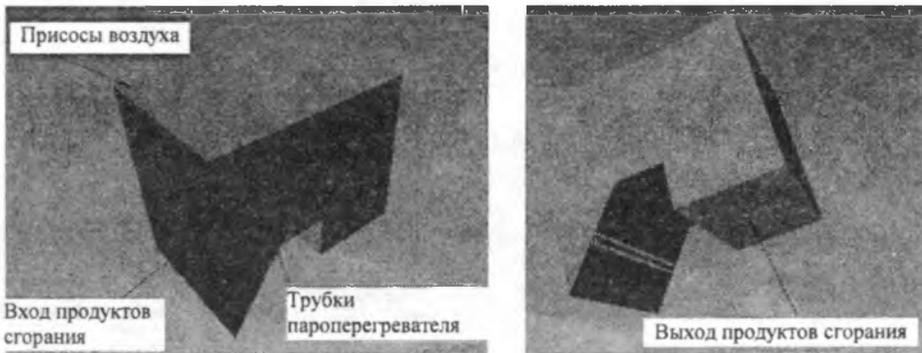


Рис. 1. Общий вид модели газохода

Исследовалось, как распределяются присосы воздуха по объему газохода в зависимости от различных конструктивных и режимных факторов. А именно рассматривались два варианта: с шахматным и коридорным расположением трубок пароперегревателя.

Рассматривались также следующие режимные вариации:

1) номинальная нагрузка котла:

- скорость на входе в расчетную область – 7,1 м/с;
- скорость на выходе из расчетной области – 9,9 м/с;
- давление (разрежение) на входе в расчетную область – 20 Па;
- давление (разрежение) на выходе из расчетной области – 100 Па;
- параметры турбулентности:  
пульсация – 0,03;  
масштаб турбулентности – 0,01;
- воздух поступает в расчетную область с атмосферным давлением;

2) увеличенное разрежение:

- давление (разрежение) на выходе в расчетную область – 200 Па (остальные параметры те же, что в первом случае);

3) Увеличенная турбулентность:

- параметры турбулентности:  
пульсация – 0–07;  
масштаб турбулентности – 0–4  
(остальные параметры те же, что в первом случае).

Значения давления, скоростей потока уходящих газов были взяты из расчета котельного агрегата ТП-87 по нормативному методу [1].

В динамике отслеживались распространение присоса по газоходу в продольном сечении и распределение присоса в режимном сечении в опускной шахте.

Таким образом, были смоделированы следующие опыты:

- 1) номинальная нагрузка котла для случая шахматного расположения трубок пароперегревателя;
- 2) номинальная нагрузка котла для случая коридорного расположения трубок пароперегревателя;
- 3) увеличенная турбулентность для случая шахматного расположения трубок пароперегревателя;
- 4) увеличенная турбулентность для случая коридорного расположения трубок пароперегревателя;
- 5) увеличенное разрежение для случая шахматного расположения трубок пароперегревателя.

Для отображения результатов расчета использовалась градиентная заливка для концентрации воздуха из присоса. На полученной картинке светлая область означает нулевую концентрацию присоса, темного цвета – более 5 % объемной концентрации. Промежуточные значения раскрашиваются по аналогии с цветами радуги.

В продольном сечении для всех случаев наблюдались схожие результаты распределения присоса с небольшими различиями в скорости его распространения по газоходу. Динамика распространения присоса представлена на рис. 2 (с шагом по времени 0,1 с).

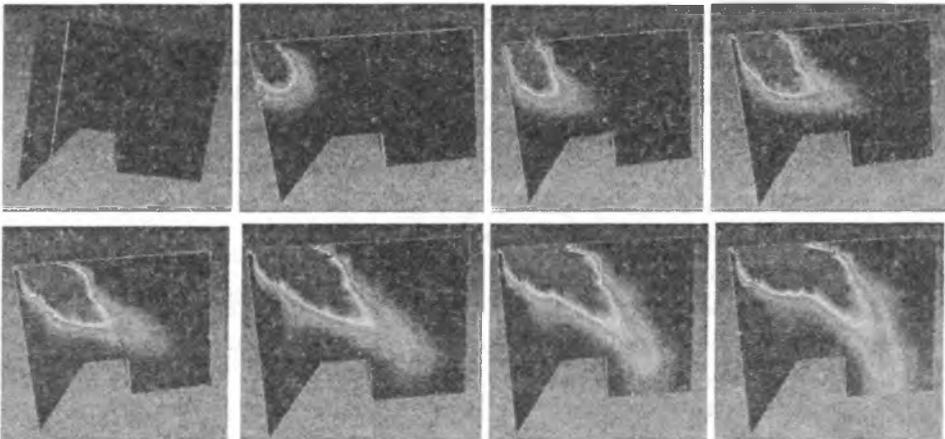


Рис. 2. Распространение присоса (продольное сечение)

В режимном сечении также наблюдалась схожая картина (рис. 3).

Из этого можно сделать вывод, что независимо от конструктивных и режимных факторов присос распределяется схожим образом, причем наибольшее искажение результата измерения концентрации кислорода даст проба, взятая из областей, окрашенных в темный цвет (рис. 3). Важно заметить, что в целом присос распределился по центральной части сечения. Большинство методик по определению концентраций уходящих газов

предлагают брать отбор именно из центральных областей. То есть в данном случае выявленный результат вступает в противоречие с существующими методиками, так как получается, что для нахождения значений концентраций, не подверженных влиянию присоса, пробы необходимо брать из областей, окрашенных в светлый цвет (рис. 3).

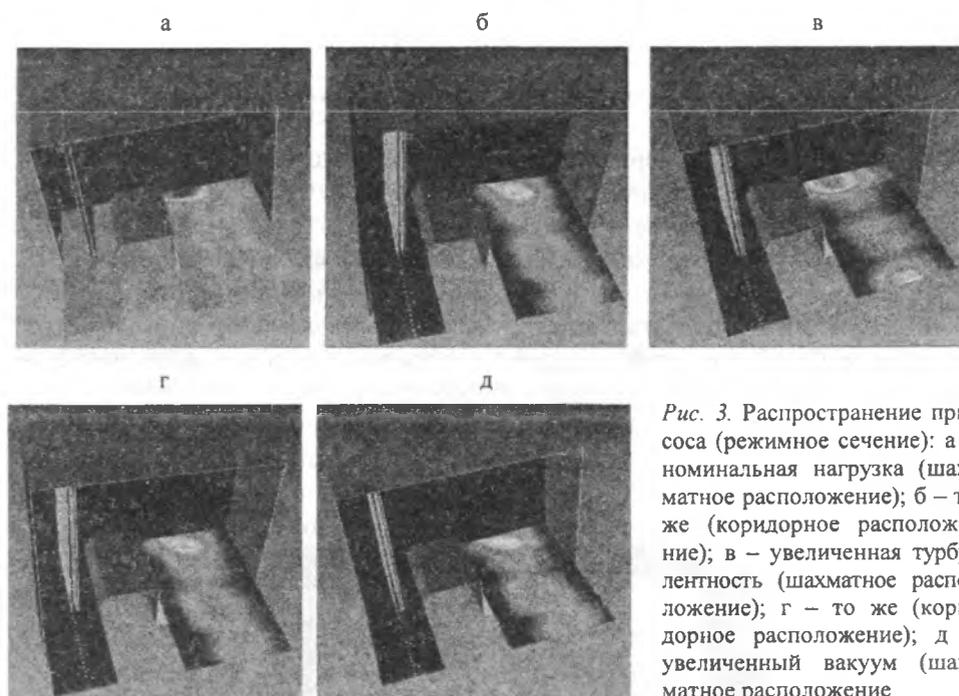


Рис. 3. Распространение присоса (режимное сечение): а – номинальная нагрузка (шахматное расположение); б – то же (коридорное расположение); в – увеличенная турбулентность (шахматное расположение); г – то же (коридорное расположение); д – увеличенный вакуум (шахматное расположение)

Как видно из изображений, для рассматриваемых поперечных сечений такие области в основном расположены ближе к стенкам газохода. Однако такая картина характерна для рассматриваемого сечения, находящегося вблизи зоны присосов. Дальше по ходу движения поток уходящих газов смешивается более равномерно и использование центральных областей для отбора проб будет целесообразным.

### ВЫВОД

При отборе пробы газа из режимного сечения котла необходимо учитывать наличие присосов воздуха перед этим сечением. При непосредственной близости присосов отбор пробы для газового анализа корректно осуществлять с периферийной области сечения газохода.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Теплово й расчет котельных агрегатов: нормативный метод; под ред. Н. В. Кузнецова. – М.: Энергия, 1973. – 295 с.

Представлена кафедрой ТЭС

Поступила 10.02.2011