



УДК 536.4;66.045.12

**ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ CFX АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА ПОВЕРХНОСТЕЙ ОМЫВАЕМЫХ ДВУХФАЗНЫМИ ПОТОКАМИ****NUMERICAL STUDY WITH CFX ABRASIVE WEAR OF THE SURFACES BORDERING THE TWO-PHASE FLOW**

**Марчкова Юлия Александровна**, магистрант каф. «Тепловые электрические станции», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: yuliamarchkova@mail.ru. Тел.: +7(900)2156821

**Микула Владимир Анатольевич**, доцент каф. «Тепловые электрические станции», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: mikoula@yandex.ru. Тел.: +7(912)6648789

**Yuliya A. Marchkova**, Master student, Department «Thermal power plants», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: abc@def.com. Ph.: +7(999)123-45-67

**Vladimir A. Mikula**, D.E., professor., Department «Thermal power plants», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: mikoula@yandex.ru. Тел.: +7(912)6648789

**Аннотация:** Были рассмотрены основные виды абразивного износа. Наиболее подробно разобран абразивный износ систем водоснабжения. Проведено моделирование и верификация дроссельного клапана в пакете CFX. Продемонстрирована степень абразивного износа дроссельного клапана.

**Abstract:** Discussed the main types of abrasive wear. The most scrutinized abrasive wear of water supply systems. The simulation and verification of throttle valve package CFX. Demonstrated the degree of abrasive wear of the throttle valve.

**Ключевые слова:** Абразивный износ, гидроабразивный износ, пакет CFX, конвективный газоохладитель.

**Key words:** Abrasive wear, hydroabrasive wear, CFX package, convection gas cooler.

**ВВЕДЕНИЕ**

Проблема абразивного износа различных поверхностей является актуальной в различных технологиях. В частности, в энергетике с данной проблемой сталкиваются в системах водоснабжения. Частицы, содержащиеся в потоке воды, могут влиять на поток и привести к абразивному износу насосов, трубопроводов и других частей системы водоснабжения.

Сущность абразивного износа заключается в совместном воздействии на изнашиваемую поверхность твердых частиц и несущей их жидкости. Проявляется он в виде трения и ударного контактирования твердых частиц и несущей жидкости с рабочими поверхностями частей систем водоснабжения. Износ оборудования систем водоснабжения, в частности насосов, может быть равномерно распределенным по всей поверхности и возникающим только на определенных участках, наиболее подверженных гидроабразивному износу. [1]

Другим распространенным случаем, является абразивный износ топочных или газификационных агрегатов при огнетехнической обработке угольных частиц, после такой обработки в потоке продуктов сгорания остаются золовые частицы, являющиеся источником износа.

Принцип воздействия абразивного износа на конвективные поверхности нагрева заключается в следующем: твердые, крупные частицы, содержащиеся в золе, на относительно большой скорости последовательно врезаются в металлические стенки, выбивая с них частицы металла. Неоднородность распределения частиц в дымовых газах обуславливает неравномерность износа газохода как по периметру, так и по протяженности. [2]

Для численного исследования данной проблемы наиболее подходит программный пакет CFX. Данный программный пакет позволяет отслеживать частицы, содержащиеся в потоке, для имитирования эффекта абразивного износа. Лучшее понимание данной проблемы позволит снизить требования к насосам и их стоимость.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ В CFX

На первом этапе была поставлена задача исследования абразивного износа дроссельного клапана в потоке воды. В данном эксперименте вода течет со скоростью 5 м/с по трубе радиусом 20 мм. Предполагается, что профиль скорости полностью развит на входе в трубу, это необходимо для повышения точности моделирования. Поток, который управляется дроссельным клапаном, установленным под углом 55° к вертикальной оси, содержит частицы песка размером от 50 до 500 микрон. Исходная температура составляет 300 К, а давление -1 атм.

Для решения заданной симуляции, были созданы два набора одинаковых частиц. Первый набор полностью связан с потоком воды для прогнозирования влияния частиц на поле непрерывного фазового потока и позволяет частицам влиять на поле потока. Второй набор не связан с потоком воды, но содержит гораздо большее количество частиц, чтобы обеспечить более точный расчет объемной доли частиц и местных сил на стенках, но без влияния на поле течения потока. На рис. 1 представлена модель дроссельного клапана в пакете CFX.

После того, как построена модель и создана сетка, необходимо определить свойства материала частиц песка, используемых при моделировании. В данном эксперименте теплоперенос и радиационное моделирование не используются, поэтому единственными свойствами, которые необходимо определить, являются плотность песка и его диаметр.

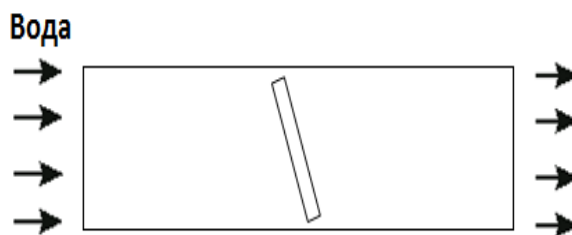


Рис. 1. Модель испытываемого элемента в пакете CFX

Для определения влияния частиц на жидкость обычно требуется от 100 до 1000 частиц. Однако, если требуется точная информация об объемной доле частиц или локальных силах на границах стенок, необходимо смоделировать гораздо большее число частиц.

В первый набор включено 200 частиц, во второй – 5000 частиц. В обоих наборах плотность песка составляет 2300 [кг/м<sup>3</sup>]. Диаметры частиц варьируются от 50<sup>-6</sup> мкм до 500<sup>-6</sup> мкм со средним диаметром 250<sup>-6</sup> мкм и стандартным отклонением 70<sup>-6</sup> мкм. В исследовании использовалась модель эрозии Финни с коэффициентом мощности по скорости 2 и опорной скоростью 1 м/с.

Следующим важным фактором моделирования является создание профиля скорости на входе. Задавался такой профиль скорости на входе, чтобы пограничный слой на входе был полностью развит. В данном моделировании был использован степенной закон с показателем 1/7, описывающий профиль на входе в трубу:

$$U = W_{max} \left(1 - \frac{r}{R_{max}}\right)^{\frac{1}{7}}, \quad (1)$$

где  $W_{max}$  - скорость осевой линии трубы,  $R_{max}$  - радиус трубы,  $r$  - расстояние от трубы до линии оси.

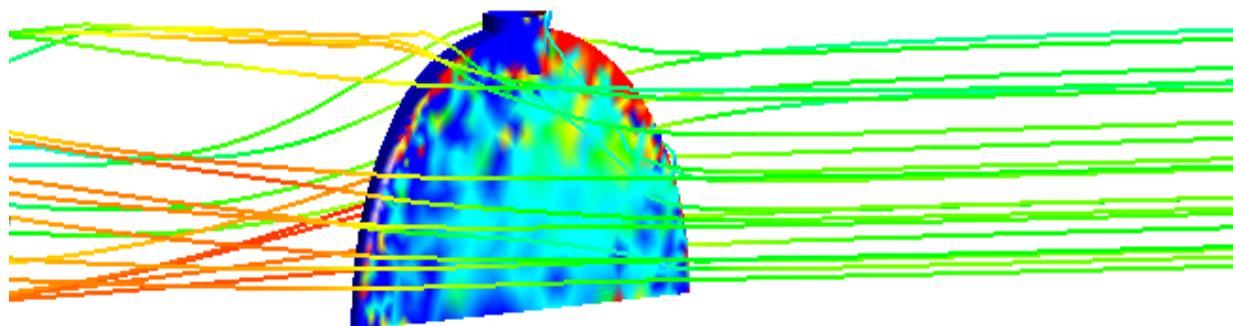


Рис. 2. Линии тока твердых частиц, омываемых дроссельный клапан

Результаты моделирования представлены на рис. 2.

По результатам моделирования наиболее сильный абразивный износ наблюдается на кромке дроссельного клапана.



Рис. 3. Конструкция теплообменных элементов конвективного ГО

Полученные результаты далее планируется использовать для расчетов конвективного газоохладителя ПГУ-ВГЦ, представленного на рис. 3.

Исследование выполнено в Уральском федеральном университете за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-19-00524).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гидроабразивный износ грунтовых и песковых насосов. В.В. Поветкин, д-р техн. наук, проф., В.П. Лем, КазНТУ/2008.
2. Абразивный износ конвективных поверхностей энергетического котлоагрегата золой экибастузского угля. Белоглазова Л.В., Булова А.В., Нечупаев В.В. [и др.] // Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. LXIV междунар. науч.-практ. конф. № 11(59). – Новосибирск: СибАК, 2016. – С. 73-80.
3. Convective heat transfer characteristics of high-pressure gas in heat exchanger with membrane helical coils and membrane serpentine tubes / Zhen Yang, Zhenxing Zhao, Yinhe Liu, Yongqiang Chang, Zidong Cao. *Experimental Thermal and Fluid Science* 35 (2011) 1427–1434
4. ANSYS CFX Tutorials/ ANSYS, Inc./2013