

#### Список использованных источников

1. Поликарпов В. Особенности сооружения подземных парковок / В. Поликарпов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2010. № 11. С. 43-45.
2. СП 113.13330.2012 Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99\* (с Изменением № 1). М.: Минрегион России, 2012. 63 с.
3. Основные направления повышения энергоэффективности систем вентиляции и кондиционирования воздуха / А. Л. Наумов [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 6. С. 56-59.

УДК 669.162.252

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДОМЕННОГО ГАЗА

### USING MATHEMATICAL MODELLING WHEN EXAMINATING THE EQUIPMENT FOR FURNACE GASES CLEANING

Егорова Е. С., Долинин Д. А.  
Ивановский государственный энергетический университет, г. Иваново  
ES-1502@mail.ru

Egorova E. S., Dolinin D. A.  
Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo

**Аннотация:** Создана трехмерная математическая модель скруббера, которая позволяет наблюдать траекторию движения частиц, получать наглядные картины распределения скоростей, температур и давлений, производить эксперименты при различных режимах работы форсунок (количестве работающих колец, сочетании эксплуатируемых форсунок, а также расходе, давлении, температуре воды), различных начальных параметрах доменного газа (расхода и температуры).

**Abstract:** A three-dimensional mathematical scrubber model, which gives the possibility to observe particles trajectory, get graphics pictures of speed, temperature and pressure distribution, conduct experiments with various nozzles operating modes (the number of working rings, combination of the nozzles being exploited, and also consumption, pressure, water temperature), various initial furnace gas parameters, was created.

**Ключевые слова:** очистка доменного газа; скруббер; форсунка; эффективность; ANSYS FLUENT.

*Key words: furnace gases cleaning; scrubber; centrifugal atomizer; efficiency; ANSYS FLUENT.*

На металлургических предприятиях очистка газа после доменных печей от пыли производится последовательно в трех ступенях [1]:

- грубая очистка газа в сухих инерционных пылеуловителях;
- полутонкая очистка газа в скрубберах;
- тонкая очистка газа в трубах Вентури и дроссельных группах.

Наиболее энергоемким оборудованием являются полый форсуночный скруббер и трубы Вентури. Их эксплуатация связана с высокими затратами воды, поэтому снижение расхода оборотной воды на газоочистку является актуальной задачей. Вместе с тем, эффективность работы газоочистного оборудования зависит от качества и количества используемой воды.

Основным звеном газовой очистки является мокрый скруббер. Улавливание пыли в скруббере осуществляется за счет капель воды, образованных посредством форсунок [2].

Доменный газ после сухого пылеуловителя подается в скруббер через наклонный патрубок, расположенный в нижней части аппарата. При этом запыленный газ направляется на зеркало воды для осаждения наиболее крупных частиц пыли. Затем, распределяясь по всему сечению скруббера, газ движется вверх навстречу потоку капель воды.

На работу скруббера влияет много факторов, что затрудняет полное описание модели процесса и проведение расчетов. Для диспергируемой фазы такими факторами являются: неоднородность капель факела по величине поверхности, массы и веса; подверженность крупных капель деформации и распаду; взаимное слияние и раздробление части капель смежных факелов; изменение плотности всего распыленного потока по высоте вследствие гравитационного оседания капель.

Для газовой среды характерно влияние следующих факторов: неодинаковые условия обтекания газом капель полидисперсного состава; унос газом части капель; совместное влияние скорости и направления газового потока на факелы разбрызгивания, а также эффект продольного и поперечного перемешивания газа.

Среди указанных факторов наиболее важными и поддающимися непосредственному воздействию являются дисперсность распыла и скорость газового потока. Дисперсность распыла является управляемой величиной и зависит от режима работы (расхода и давления воды). Скорость газового потока зависит от расхода газа, и для рассматриваемого случая определяется режимом работы доменной печи.

Для исследования влияния указанных факторов наиболее подходит программный комплекс Fluent, который предназначен для моделирования трехмерных течений жидкости и газа в технических и природных объектах, а также визуализации этих течений методами компьютерной графики.

Для экономии ресурсов при решении поставленной задачи были приняты следующие допущения:

– решается стационарная задача;  
– вода внизу скруббера рассматривается как неподвижная, несжимаемая жидкость;

– газ рассматривается как идеальный сжимаемый газ;  
– влияние стенок скруббера на движение газа не учитывается.

Трехмерные геометрические модели исследуемых объектов в масштабе 1:1 были подготовлены в системе автоматизированного проектирования SolidWorks и затем экспортированы в среду ANSYS Workbench.

Построение расчетной сетки производилось в модуле Meshing. Дальнейшие расчеты велись в ANSYS FLUENT на расчетной сетке количеством 4,7 млн элементов.

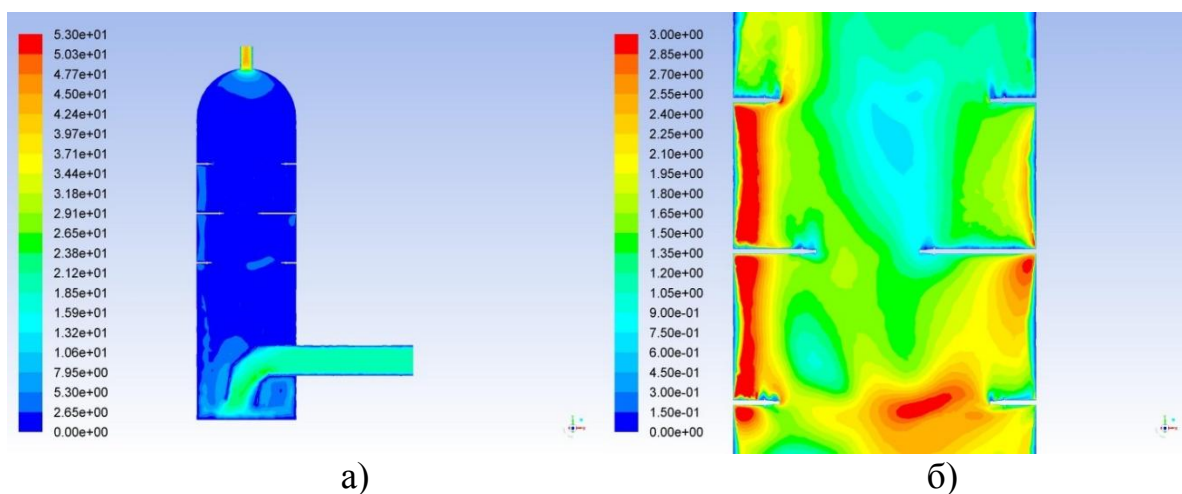
Для каждой форсунки задавались следующие характеристики:

– положение (координаты  $x$ ,  $y$ , и  $z$  в прямоугольной системе отсчета);  
– компоненту направляющего вектора (для нижнего и среднего яруса направление сонаправлено с осью  $OY$ , а для верхнего – противоположно);  
– температура воды 300 К;  
– массовый расход воды на каждую форсунку составляет 15,4321 кг/с;  
– угол распыла форсунки  $30^\circ$ ;  
– давление 506625 Па.

Скорость газа в скруббере принимают равной 0,8–1,5 м/с, так как при больших скоростях начинается капельный унос влаги, что способствует образованию отложений на входном патрубке скруббера и в газопроводах. Удельный расход воды на скруббер составляет 3–6 л/м<sup>3</sup> газа. Гидравлическое сопротивление полых скрубберов не превышает 250 Па [3].

Для доменного газа на входе задавалась температура 473 К, давление 0,2 МПа и расход 400000 м<sup>3</sup>/ч.

Построена математическая модель для исследования движения газа в скруббере. На рисунке приведены распределения давления и скорости по сечению скруббера.



а) распределение по сечению скруббера  
а) давления потока газа; б) скорости потока газа

Полученная математическая модель позволяет получать адекватные данные о процессах, происходящих в скруббере, находить оптимальный режим работы, рассматривать работу скруббера при различном сочетании работающих форсунок. Предложенный способ расчета можно использовать на начальном этапе проектирования.

#### Список использованных источников

1. Старк С. Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве: учебник для вузов / С. Б. Старк. Изд. 2-е, перераб. и доп. М. : Металлургия, 1990. С. 94.
2. Головачевский Ю. А. Оросители и форсунки скрубберов химической промышленности / Ю. А. Головачевский. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1974. 270 с.
3. Швыдкий В. С., Ладыгичев М. Г. Очистка газов: справочное издание / В. С. Швыдкий, М. Г. Ладыгичев. М. : Теплоэнергетик, 2002. С. 370.

УДК 662.76

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПГУ С ВНУТРИЦИКЛОВОЙ ГАЗИФИКАЦИЕЙ

### PERSPECTIVE IGCC

Ердяков Д. В., Богатова Т. Ф.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, tes@mail.ru

Erdyakov D. V., Bogatova T. F.  
Ural Federal University, Ekaterinburg

**Аннотация:** Рассмотрены преимущества транспортных реакторов (*TRIG*) и перспективы их применения для производства энергии. Приведены данные по коммерческому проекту *Kemper IGCC*. Рассмотрен перспективный проект ПГУ-ВЦГ мощностью 850 МВт для бурых углей Китая, показана его высокая эффективность по сравнению с традиционными паротурбинными блоками сверхкритических и ультрасверхкритических параметров.

**Abstract:** Advantages of transport-integrated gasifiers (*TRIG*) and their application prospect to energy production are considered. Data on the commercial *Kemper IGCC* project are presented. The *IGCC* perspective project with a power of 850 MW for China lignite is considered, its high efficiency in comparison with traditional steam-turbine blocks of supercritical and ultrasupercritical parameters is demonstrated.