

Научная статья  
УДК 519.876.5

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ГАЗОВОГО ПОТОКА ПРИБОРА NETZSCH STA 449 F3 МЕТОДОМ CFD

**Никита Александрович Симанов, Георгий Евгеньевич Масленников<sup>1</sup>,  
Александр Филиппович Рыжков**

Уральский федеральный университет имени первого Президента  
России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

[g26m12@gmail.com](mailto:g26m12@gmail.com)

**Аннотация.** В работе представлены результаты выполнения численно-го моделирования участка печи прибора NETZSCH STA 449 F3 с помощью программного пакета CFD. Работа выполнялась для моделирования движения газового потока через печь термоанализатора с целью дальнейшего определения расходов газов на выходе из печи и сравнения полученных данных с экспериментальными данными.

**Ключевые слова:** CFD, термогравиметрический анализатор, 3D-модель

**Для цитирования:** Симанов Н. А., Масленников Г. Е., Рыжков А. Ф. Моделирование гидродинамики потока в печи прибора NETZSCH STA 449 F3 в пакете CFD // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика. Даниловские чтения — 2021 = Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021 : сборник научных трудов. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. С. 602–608.

Original article

## SIMULATION OF THE HYDRODYNAMICS OF THE GAS FLOW OF THE NETZSCH STA 449 F3 INSTRUMENT BY CFD METHOD

**Nikita A. Simanov, Georgy E. Maslennikov<sup>1</sup>, Alexander F. Ryzhkov**

Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

[g26m12@gmail.com](mailto:g26m12@gmail.com)

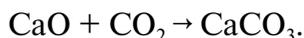
**Abstract.** The article presents an analysis of the results of numerical simulation of the furnace section of the NETZSCH STA 449 F3 device using the CFD software package. The work was carried out in order to simulate the movement of the gas flow through the furnace of the thermal analyzer to further determine the gas flow rate at the outlet of the furnace and compare the data obtained with experimental data.

**Keywords:** CFD, thermogravimetric analyzer, 3d model

**For citation:** Nikita A. Simanov, Georgy E. Maslennikov, Alexander F. Ryzhkov (2023). Modelirovaniye gidrodinamiki gazovogo potoka pribora NETZSCH STA 449 F3 metodom CFD [Simulation of flow hydrodynamics in the furnace of the NETZSCH STA 449 F3 device in the CFD package]. *Ehnergo- i resursosberezhenie. Ehnergoobespechenie. Netradicionnye i vozobnovlyaemye istochniki ehnergii. Atomnaya ehnergetika. Danilovskie chteniya — 2021* [Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021]. Ekaterinburg : Ural University Publishing House, 2023. P. 602–608. (In Russ).

**В** настоящее время одной из основных экологических проблем во всем мире является глобальное потепление, являющееся следствием выброса большого количества антропогенных парниковых газов в атмосферу, в том числе в результате производства тепловой и электрической энергии [1].

Существует несколько способов реализации процесса секвестрации углекислого газа. Одним из них является улавливание выбросов CO<sub>2</sub> за счет карбонизации оксидов кальция CaO [2]



Целью работы является численное моделирование гидродинамики участка печи прибора термогравиметрического анализа (ТГА)

NETZSCH STA 449 F3. В дальнейшем планируется усложнение модели и сравнение результатов CFD-моделирования с экспериментальными данными.

На рисунке 1 приведена конструкция прибора с указанием основных размеров, необходимых для построения модели [3].

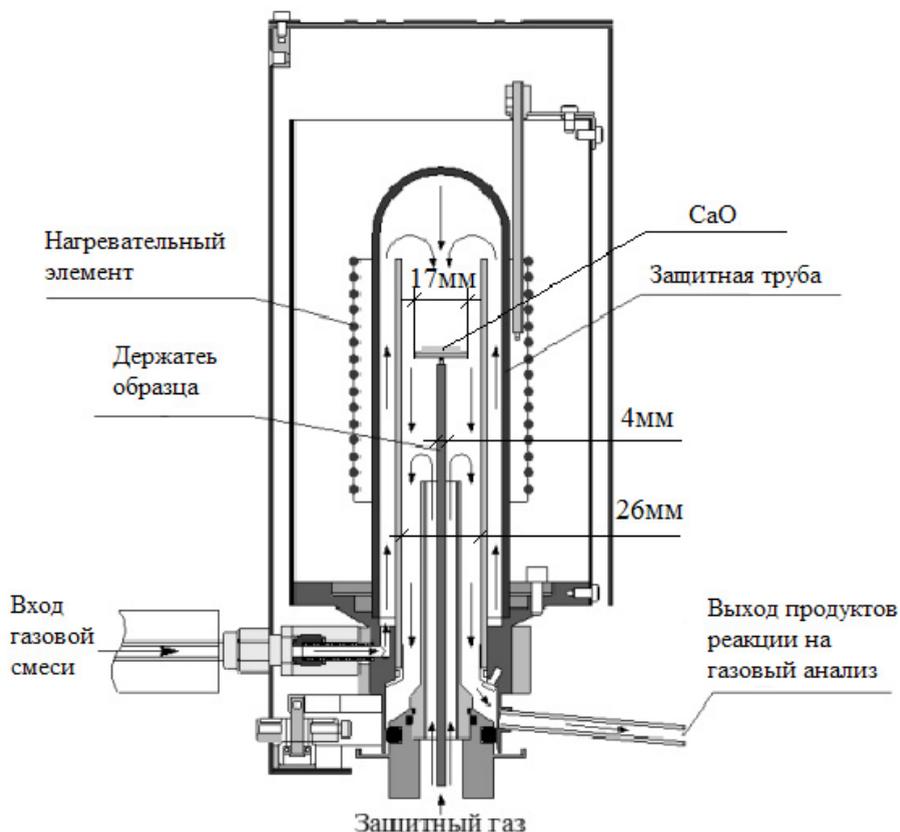


Рис. 1. Схема измерительного блока печи [3]

В качестве программы для моделирования выбрана SimFlow — это программное обеспечение CFD, основанное на открытой интегрируемой платформе для численного моделирования OpenFoam. В качестве решателя был использован reactingFOAM — решатель переходных процессов для горения с химическими реакциями и моделированием турбулентности. В работе рассмотрен ламинарный метод моделирования движения газового потока. На поверхностях стенок задавалось условие без проскальзывания. Массовый расход  $\text{CO}_2$  на вводе в печь

задавался равным  $3,11 \cdot 10^{-6}$  кг/с. Скорость улавливания была определена экспериментально и составила на 35-й минуте эксперимента  $5,58 \cdot 10^{-9}$  кг/с. Расчет производился в течение 10 секунд. Расчетная сетка модели участка печи, представленная на рис. 2, состояла из 218 тысяч элементов.

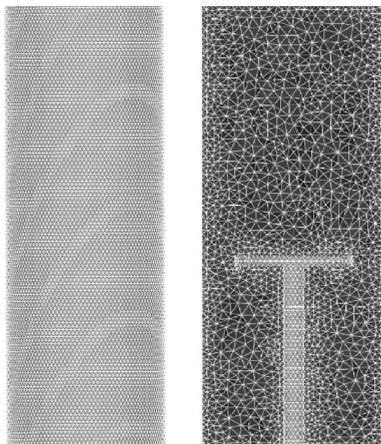


Рис. 2. Упрощенная модель участка печи

Исходные данные, принятые для моделирования, представлены в табл.

Таблица

Исходные данные, принятые для моделирования участка печи прибора  
NETZSCH STA 449 F3

Параметр	Единица измерения	Значение параметра
Расход CO <sub>2</sub> на входе	кг/с	$3.11 \cdot 10^{-6}$
Скорость улавливания	кг/с	$5.58 \cdot 10^{-9}$
Температура	°С	700
Давление	Па	101325
Время расчета	с	10
Начальный временной шаг (initial Δt)	с	0,001
Максимальный временной шаг (max Δt)	с	1
Максимальное число Куранта (max Co)	—	1

На рисунке 3 показано распределение скоростей газового потока в начальный и конечный моменты времени.

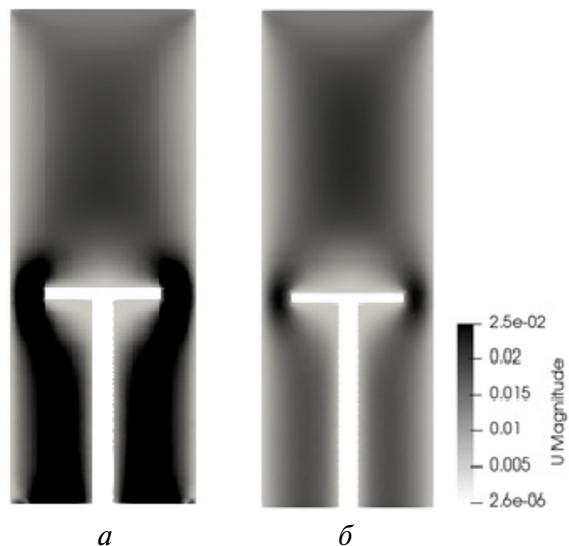


Рис. 3. Распределение скоростей газового потока в модели участка печи

В результате обработки результатов получено поле векторов скорости, представленное на рис. 4.

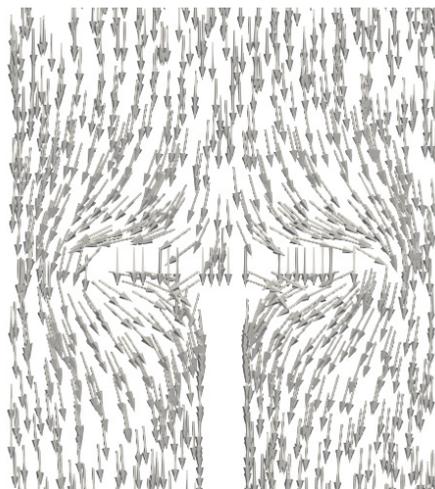


Рис. 4. Поле распределения векторов потока в области тарелки, полученное для упрощенной модели участка печи

Характер движения потока газов вблизи тарелки указывает на то, что в кольцевом канале рядом с тарелкой происходит увеличение скорости потока в результате сужения проходного сечения. Минималь-

ная скорость потока зафиксирована в области стенок и в пространстве над тарелкой и под ней.

В ходе работы была создана и рассчитана упрощенная модель участка печи ТГА, также были получены поле распределения векторов потока в области тарелки и распределение скорости в начальный и конечный моменты времени. На следующем этапе планируется расчет более полной модели с включением в геометрию подъемного кольцевого канала печи установки. Также будет произведена верификация модели для дальнейшего расчета процесса карбонизации оксида кальция CaO углекислым газом.

### Список источников/References

1. Ziegler C., Morelli V., Fawibe O. Climate change and underserved communities // Primary Care Clinics in Office Practice. 2017. Vol. 44 (1). P. 171–184. DOI: 10.1016/j.pop.2016.09.017.

2. Silaban A., Harrison D. P. High temperature capture of carbon dioxide: characteristics of the reversible reaction between CaO (s) and CO<sub>2</sub>(g) // Chemical Engineering Communications. 1995. Vol. 137 (1). P. 177–190. DOI:10.1080/00986449508936375.

3. PERSEUS STA 449 F1/F3 // Netzsch Proven Excellence. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.netzsch-thermal-analysis.com/ru/produkty-reshenija/sinkhronnyi-termicheskii-analiz/sta-449-f3-jupiter-sovmeshchennyi-tg-dsk/> (date of access: 03.12.2021).

### Информация об авторах

**Никита Александрович Симанов** — магистрант кафедры тепловых электрических станций Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), [nikitajui@mail.ru](mailto:nikitajui@mail.ru)

**Георгий Евгеньевич Масленников** — аспирант, инженер кафедры тепловых электрических станций Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), [g26m12@gmail.com](mailto:g26m12@gmail.com)

**Александр Филиппович Рыжков** — доктор технических наук, профессор кафедры тепловых электрических станций Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), [a.f.ryzhkov@urfu.ru](mailto:a.f.ryzhkov@urfu.ru)

## Information about the authors

**Nikita A. Simanov** — Undergraduate Student of Department “Thermal Power Plants” of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University, (Ekaterinburg, Russia), [nikitajui@mail.ru](mailto:nikitajui@mail.ru)

**Georgy E. Maslennikov** — Postgraduate Student, Engineer of Department “Thermal Power Plants” of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University, (Ekaterinburg, Russia), [g26m12@gmail.com](mailto:g26m12@gmail.com)

**Alexander F. Ryzhkov** — Doctor of Technical Sciences, Professor of Department “Thermal Power Plants” of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University, (Ekaterinburg, Russia), [a.f.ryzhkov@urfu.ru](mailto:a.f.ryzhkov@urfu.ru)