

Исследование новой микрофакельной горелки с помощью программы Ansys Fluent

¹**ДОСТИЯРОВ Абай Мухамедиярович**, д.т.н., профессор, a.m.dost1951@gmail.com,

²***МАКЗУМОВА Айнура Кажиякпаровна**, докторант, a.makzumova@gmail.com,

¹**АЙДЫМБАЕВА Жанар Абдешевна**, PhD, доцент, diararu@mail.ru,

²**САДЫКОВА Самал Бекболатовна**, PhD, зав. кафедрой, kundyzdy@mail.ru,

¹НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», ул. А. Байтурсынова, 126/1, Алматы, Казахстан,

²НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Представлено исследование нового микрофакельного горелочного устройства (МФГУ) для камеры сгорания газотурбинной установки (ГТУ) с использованием программы Ansys Fluent. Цель исследования: определение оптимальных режимов работы исследуемой горелки, начальных параметров воздуха для максимальной эффективности горения, исследование равномерности температурного поля и концентрации оксидов азота в камере сгорания ГТУ с МФГУ. Описаны особенности конструкции и работы микрофакельного горелочного устройства, а также этапы моделирования процессов горения в программном обеспечении Ansys Fluent. Проведенные расчеты с использованием различных параметров симуляции в данной программе позволили оценить эффективность нового МФГУ, определить распределение температурного поля и содержание оксидов азота в продуктах сгорания. Выбросы оксидов азота в продуктах сгорания при работе на разных режимах не превышали 9 ppm. Эти данные будут полезными для дальнейшей оптимизации и разработки ГТУ с учетом требований эффективности и экологической безопасности. Представленное исследование демонстрирует применение Ansys Fluent в разработке новых технологий в области горения и энергетики.

Ключевые слова: микрофакельная горелка, Ansys Fluent, камера сгорания, газотурбинная установка, вредные выбросы, оксиды азота (NOx).

Введение. Современная энергетика и промышленность ориентированы на непрерывное совершенствование технологий, направленных на увеличение эффективности и снижение экологического воздействия. Важной частью этой динамичной области являются газотурбинные установки (ГТУ), которые находят широкое применение в различных сферах, от производства электроэнергии до авиации и нефтепереработки. Эффективность работы ГТУ напрямую зависит от процессов горения, происходящих в камере сгорания. Это обстоятельство подчеркивает важность исследований [1, 2], направленных на оптимизацию горелочных устройств для ГТУ.

Исследования с помощью численного моделирования процессов горения обеспечивают исследователям возможность систематической оптимизации этих процессов, обнаружения потенциальных проблем и по-

вышения надежности установки, позволяют безопасно изучать эффективность устройств и, что особенно важно, значительно экономят время и ресурсы, которые обычно требуются для физических испытаний и экспериментов [3].

В настоящей статье мы представляем результаты исследования нового микрофакельного горелочного устройства (МФГУ) для камер сгорания ГТУ с использованием программы Ansys Fluent [4].

Микрофакельные горелки представляют собой инновационное решение, которое может значительно повысить эффективность процессов горения и снизить выбросы вредных веществ в атмосферу [5, 6]. Это имеет особое значение в контексте современных требований к экологической устойчивости и энергосбережению.

Газотурбинные установки широко используются в множестве отраслей, включая

генерацию электроэнергии, морскую и сухопутную транспортировку, а также в промышленных процессах. Однако, несмотря на их эффективность, ГТУ также являются источниками выбросов вредных веществ [7-9], таких как оксиды азота (NOx) и углеводороды. Эти вещества имеют негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

В связи с этим, постоянно возрастающие стандарты экологической безопасности и эффективности требуют поиска новых решений для снижения выбросов вредных веществ и улучшения эффективности горения в ГТУ. Одним из перспективных путей является разработка и исследование микрофакельных горелочных устройств.

Микрофакельные горелки представляют собой сравнительно новый тип горелочных устройств, который отличается от традиционных горелок по своей конструкции и принципу работы [10]. Основная особенность микрофакельных горелок заключается в использовании малых размеров факелов, что приводит к улучшению смешения топлива и окислителя и, как следствие, к более эффективному горению.

Преимущества микрофакельных горелок включают в себя:

1. Высокая эффективность горения: благодаря улучшенному смешению топлива и окислителя микрофакельные горелки способствуют более полному и эффективному сгоранию, что позволяет повысить тепловой выход ГТУ.

2. Снижение выбросов: эффективное горение в микрофакельных горелках снижает выбросы вредных веществ, такие как NOx и HC, что соответствует строгим экологическим нормам.

3. Стабильность работы: Микрофакельные горелки обеспечивают стабильную и надежную работу ГТУ даже в условиях изменяющейся нагрузки.

4. Уменьшенные размеры: благодаря компактным размерам микрофакельных горелок можно добиться уменьшения габаритов и массы ГТУ, что особенно важно в авиационной и морской промышленности.

Цель и задачи исследования

Целью данной статьи является исследование нового микрофакельного горелочного устройства (МФГУ) для камеры сгорания газотурбинной установки (ГТУ) с использованием численного моделирования в программе Ansys Fluent, а именно:

1. Провести анализ работы МФГУ с целью определения его эффективности.

2. Исследовать влияние геометрических параметров МФГУ на его работу и опреде-

лить оптимальные начальные параметры воздуха для максимальной эффективности горения.

3. Исследование равномерности температурного поля и концентрации оксидов азота в камере сгорания ГТУ с МФГУ.

Ожидаемые результаты

Исследования позволят оценить эффективность нового микрофакельного горелочного устройства, определить равномерность распределения температур и концентрацию оксидов азота в камере сгорания ГТУ. Эти данные будут полезными для дальнейшей оптимизации и разработки газотурбинных установок с учетом требований эффективности и экологической безопасности.

Эффективность программного обеспечения Ansys Fluent для исследования процессов горения подтверждены исследованиями [11, 12].

Материалы и методы исследования

Ansys Fluent – это программное обеспечение для вычислительной гидродинамики, используемое для моделирования течений, теплообмена и других физических явлений. Ansys Fluent широко применяется в инженерных отраслях для исследования и оптимизации процессов в различных областях, таких как авиационная и космическая промышленность, автомобилестроение, энергетика, машиностроение и другие области, где важно понимание и улучшение характеристик течения жидкостей, газов и теплопереноса [4].

Исследование нового микрофакельного горелочного устройства (МФГУ) для камеры сгорания газотурбинной установки (ГТУ) с использованием программы Ansys Fluent требует четкой и систематической методологии, чтобы обеспечить достоверность результатов исследования. Ранее авторами были проведены исследования с помощью компьютерного моделирования аэродинамического течения воздуха в Comsol Multiphysics [13, 14].

В данном разделе представлена подробная методология, которая была использована для проведения исследования.

Первым этапом исследования было создание трехмерной геометрии МФГУ (рисунок 1).

Двухъярусное микрофакельное горелочное устройство состоит из корпуса, на входе которого установлен завихритель воздуха, отличающееся тем, что на выходе стабилизаторы в виде угольников установлены в два яруса относительно топливного кольцевого коллектора (трубки), откуда через сопловые отверстия впрыскивается то-

пливо во внутренние вогнутые области стабилизаторов [15].

Вторым этапом была создана вычислительная сетка вокруг МФГУ с камерой сгорания (рисунок 2), учитывая геометрические

особенности новой горелки. Зона камеры сгорания была учтена при моделировании для наглядного изображения процессов горения. Чтобы обеспечить точность численного моделирования использовалась

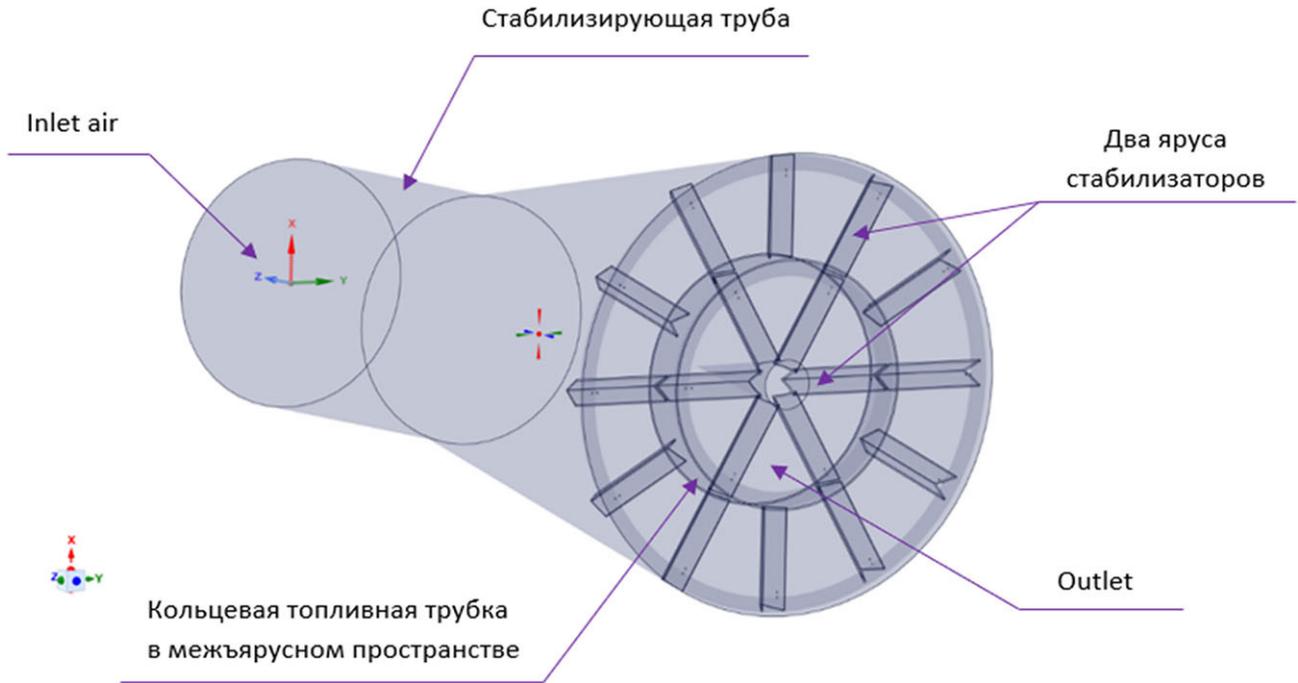


Рисунок 1 – 3D модель двухъярусного микрофакельного горелочного устройства

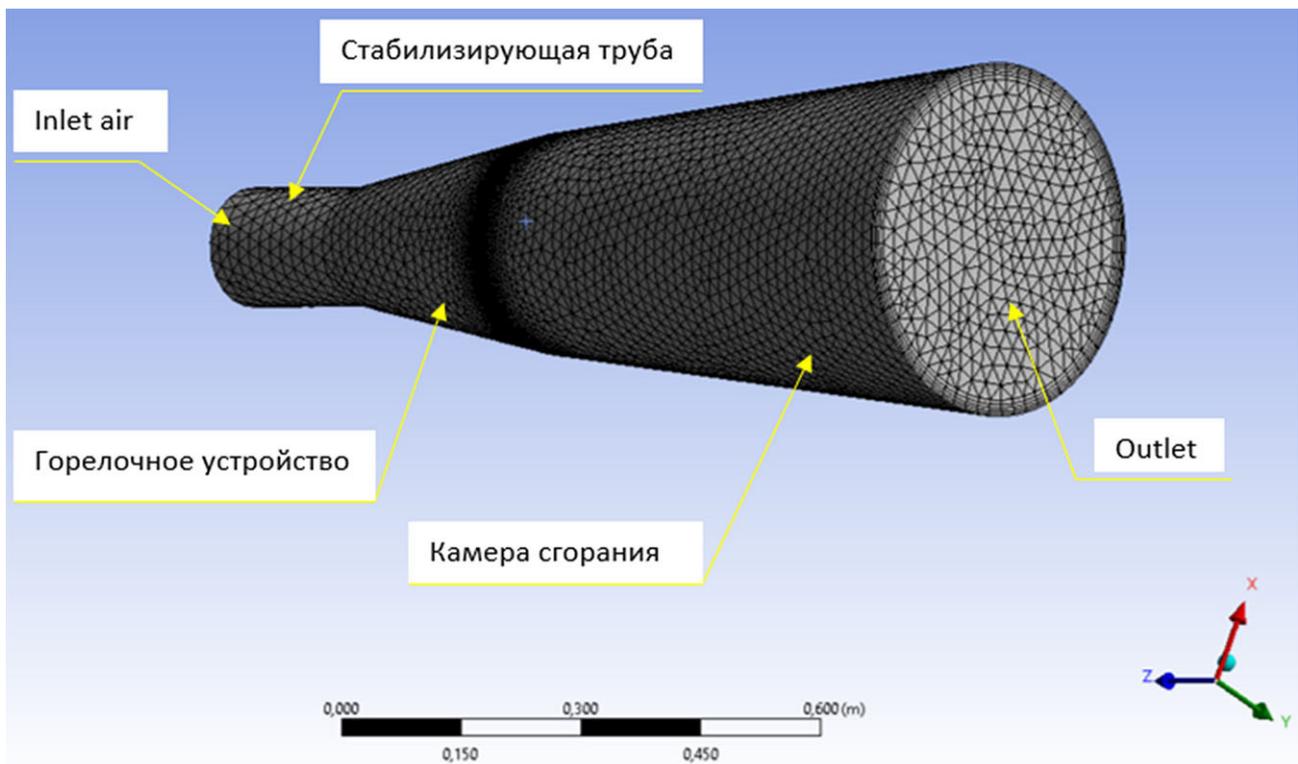


Рисунок 2 – Сеточная модель горелочного устройства

тетраэдральная сеточная модель исследуемого объекта с количеством элементов более 10000.

Был проведен обзор доступных моделей горения в Ansys Fluent, включая турбулентные и химические кинетические модели, для выбора наиболее подходящей модели. Исходя из характеристик МФГУ и поставленных задач, была выбрана турбулентная модель горения с учетом химических реакций k-ε Releasable, с моделью горения: Non-premixed combustion.

В последующем были определены входные параметры (таблица 1), такие как температура и скорость входящих потоков топлива и окислителя, а также их концентрации.

Были заданы параметры симуляции (рисунок 3), включая временные шаги, численный метод и определяли критерии завершения расчетов.

После подготовки всех параметров было запущено численное моделирование в Ansys Fluent.

Результаты и обсуждения

Использовались инструменты визуализации в Ansys Fluent для отображения результатов, а именно распределение температурных полей и содержания NOx в продуктах сгорания.

Контуры распределения температурных полей. Исследовалось три режима работы двухъярусного горелочного устройства, это при работе двух ярусов, и каждого из ярусов по отдельности. Как видно из представленных рисунков в таблице 2, в режиме работы двухъярусного и внутреннего яруса ввиду концентрации микрофакелов в центральной части наблюдается зона высоких температур за горелочным устройством. При увеличении начальной скорости воздуха (более 30 м/с) и интенсивном перемешивании пропана с кислородом в зоне обратных токов за стабилизаторами внутреннего яруса заметно, что пламя стабилизируется, тем самым при бедной смеси наблюдается выравнивание поля температур.

Работа наружного яруса: в этом режиме

Таблица 1 – Заданные начальные параметры

Скорость воздуха, м/с	Давление, Па	Температура окружающей среды, К	Топливо
15, 20, 30	101325	300	пропан

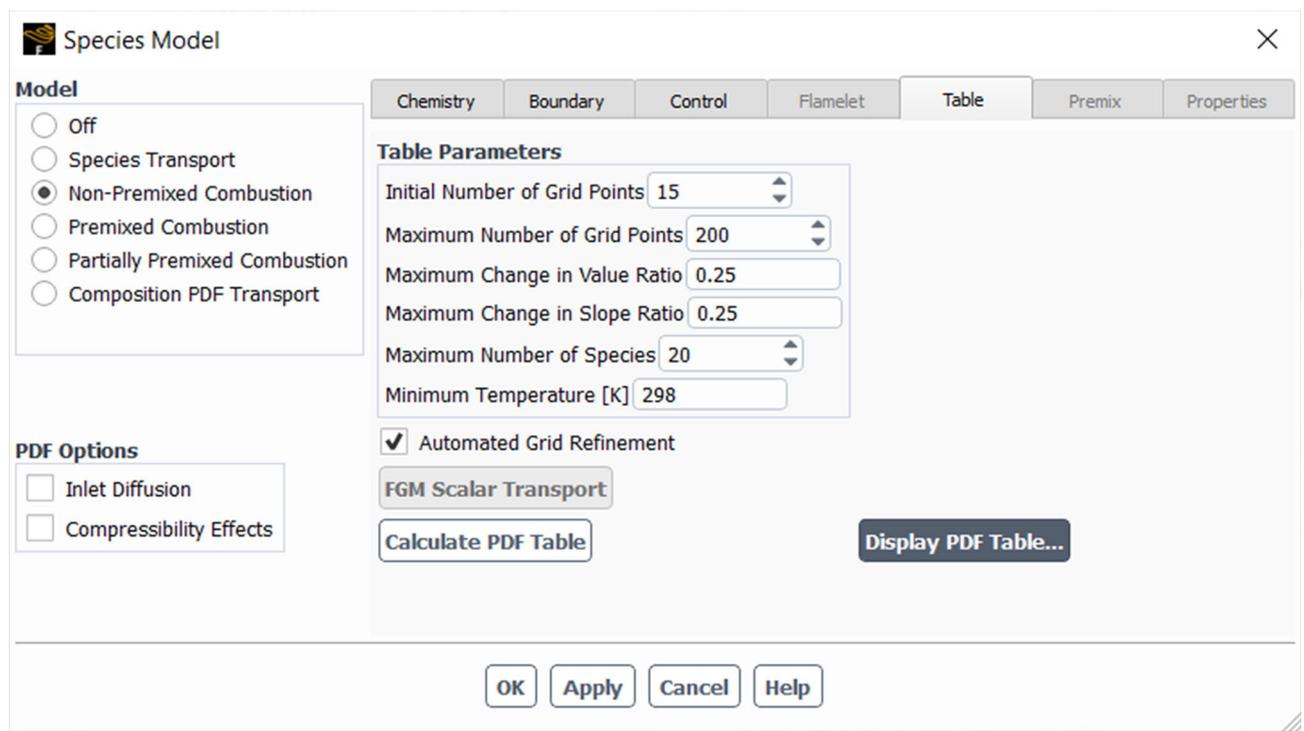
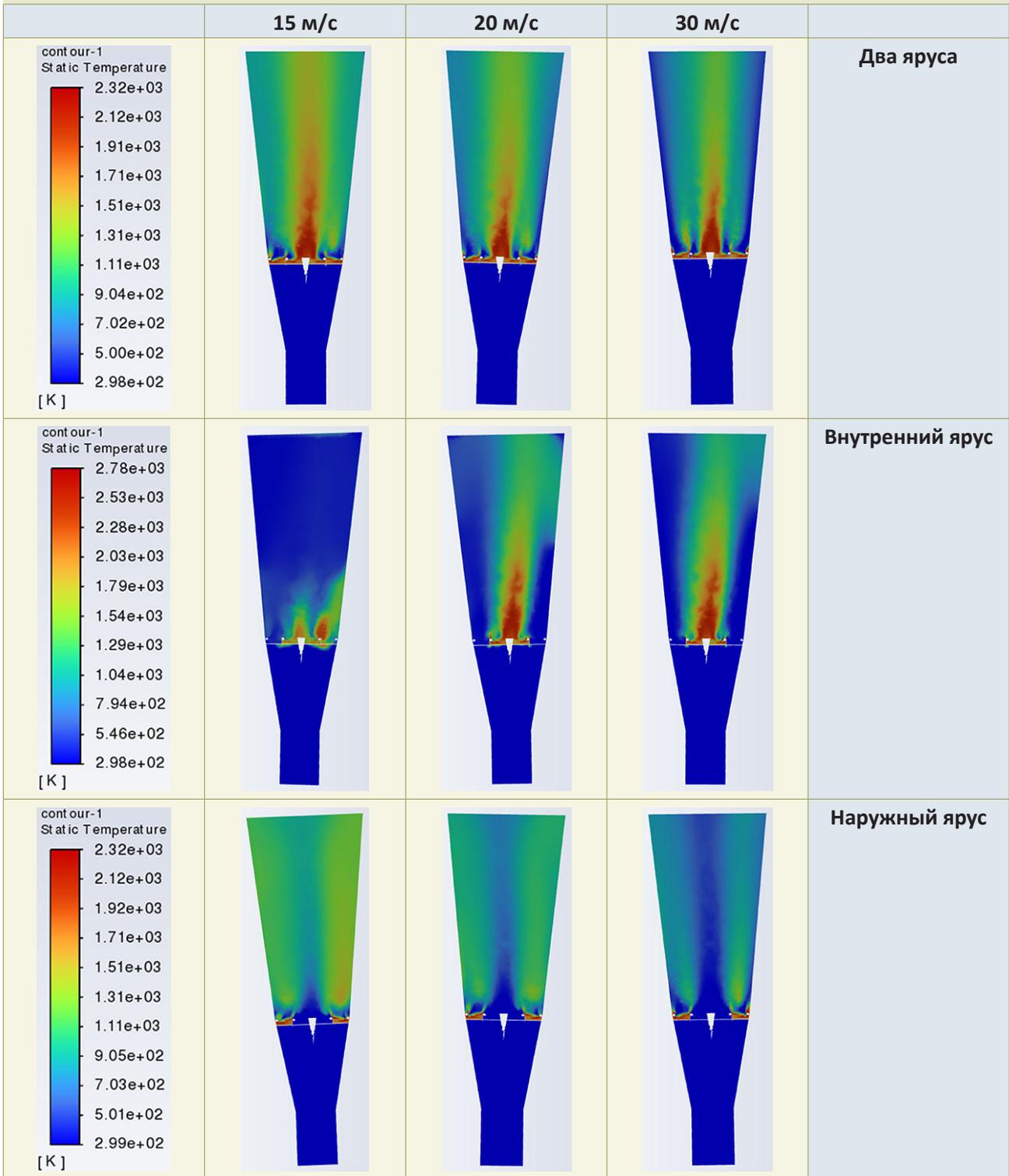


Рисунок 3 – Поле заданий параметров симуляции

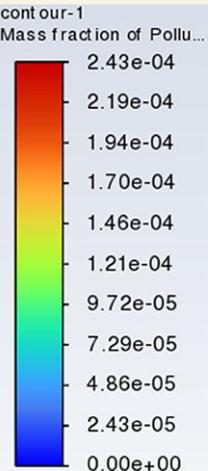
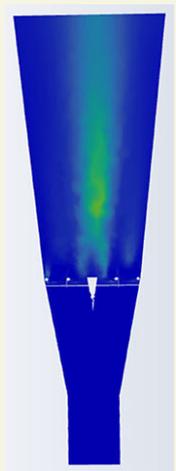
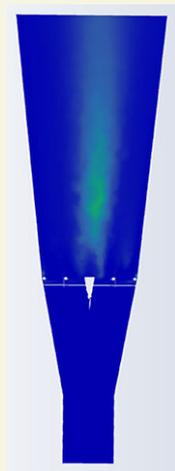
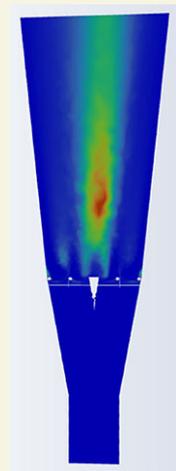
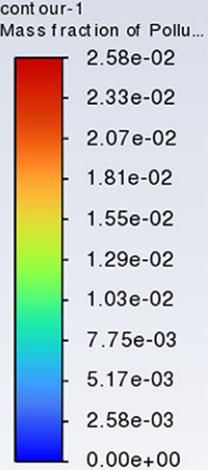
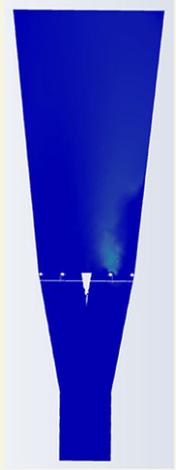
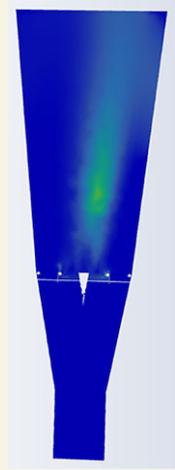
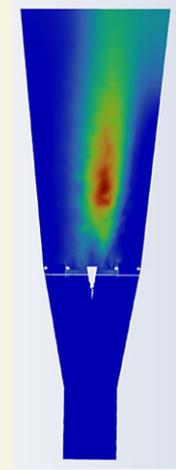
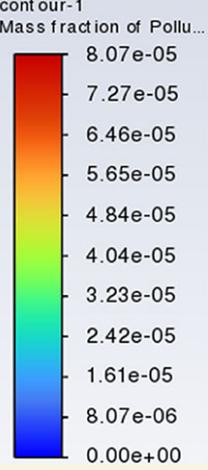
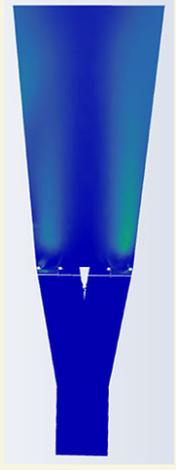
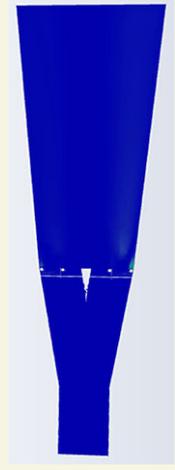
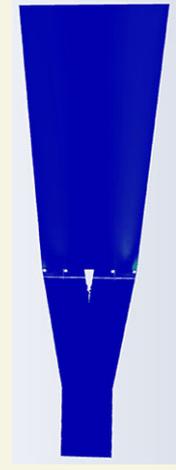
Таблица 2 – Результаты моделирования: температурные поля



работы наружный ярус горелочного устройства продемонстрировал более равномерное распределение температуры. Это происходит потому, что пропан, поступающий по периферии горелочного устройства, тщательно перемешивается с воздухом и уносится в камеру сгорания. В этом случае центробежная сила оказывает меньшее влияние на распределение температуры, что спо-

собствует равномерному сгоранию топлива. Оптимальная скорость воздуха, в отличие от работы двух других режимов, является 15 м/с, ввиду того, что при повышении скорости воздуха пропан уносится и не успевает полностью сгореть, из-за этого снижается температура в КС ГТУ.

Контуры концентрации NOx. Как видно из рисунков, представленных в таблице 3,

Таблица 3 – Концентрация NOx в уходящих газах				
	15 м/с	20 м/с	30 м/с	
<p>cont our-1 Mass fraction of Pollu...</p> 				Два яруса
<p>cont our-1 Mass fraction of Pollu...</p> 				Внутренний ярус
<p>cont our-1 Mass fraction of Pollu...</p> 				Наружный ярус

концентрация оксида азота в пределах нормы, а именно не превышают 9 ppm ни в одном из режимов исследуемого МФГУ, что говорит об эффективности горения.

При работе двух ярусов горелочного устройства и внутреннего яруса отдельно концентрация окислов азота в центральной части факелов за горелочным устройством. Это объясняется тем, что внутренний ярус

создает более интенсивное перемешивание и турбулентность газов внутри камеры сгорания. Это способствует более полному сгоранию топлива, но также увеличивает температуру и концентрацию оксида азота из-за высоких температур.

Концентрация оксидов азота при работе наружного яруса минимальна при высоких скоростях воздуха, так как топливо не

успевают окислиться и его уносит потоком воздуха. В связи с этим, для эффективного сжигания пропана при подаче топлива через наружный ярус необходима минимальная начальная скорость воздуха (менее 15 м/с).

Заключение

По результатам численного моделирования нового микрофакельного горелочно-го устройства авторы исследования пришли к выводу, что устройство может работать в широком диапазоне начальных параметров воздуха и на разных режимах. Для каждого из режимов определены оптимальная начальная скорость для эффективного сжигания топлива с уменьшением вредных выбросов оксидов азота в продуктах сгорания.

Таким образом, представленная методология обеспечивает систематическое исследование нового МФГУ с использованием

программы Ansys Fluent, что позволяет получить глубокие и точные результаты исследования, имеющие практическое значение для развития современных ГТУ и улучшения их эффективности и экологической безопасности.

Информация о финансировании

В статью включены результаты исследований, выполненных в рамках грантового финансирования по проекту AP 14872041 «Разработка и исследование новых фронтальных устройств камер сгорания ГТУ для повышения экологической безопасности и эффективности работы газотурбинных установок в Казахстане» на 2022-2024 годы, финансируемого Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yuangang Wang, Chae Hoon Sohn. Effects of swirl premixed flame interaction on NOx emission in a gas turbine combustor with multi-burners Republic of Korea // Journal of the Energy Institute, 2023, Volume 109.
2. Kévin Bioche, Julien Blondeau, Laurent Bricteux. Large eddy simulation investigation of pressure and wall heat loss effects on rich ammonia-hydrogen-air combustion in a gas turbine burner // International Journal of Hydrogen Energy, 2022, Volume 47, Issue 85. – Pp. 36342-36353.
3. Dostiyarov A.M., Nauryz B., Kumargazina M., Aidymbayeva Z. Experimental study results of the front-end device with two-tier air burner as part of the gas turbine engine combustion chamber // Thermal Science International Scientific Journal, volume 27/5A, 2023. – Pp. 3709-3718.
4. ANSYS Fluent Theory Guide, ANSYS, Inc., 275 Technology Drive Canonsburg, PA 15317. November, 2013.
5. Достияров А.М., Кибарин А.А., Умышев Д.Р., Катранова Г.С. Численное моделирование процессов образования оксидов азота за профилями лопаток // Вестник АУЭС. – 2018. – № 4 (2) (43). – С. 13-18.
6. Umyshev D.R., et al., Experimental investigation of distance between v-gutters on flame stabilization and NOx emissions // Thermal Science, 23 (2019), Part 5B. – Pp. 2971-2981.
7. Mahmut Dirik. Prediction of NOx emissions from gas turbines of a combined cycle power plant using an ANFIS model optimized by GA. Fuel. 2022. Volume 321.
8. Mazen Azzam, Mariette Awad, Joseph Zeaiter. Application of evolutionary neural networks and support vector machines to model NOx emissions from gas turbines // Journal of environmental chemical engineering. 2018. Volume 6, Issue 1. – Pp. 1044-1052.
9. Wu W., Lin Y.T., Liao P.H., Aziz M., Kuo P.C. Prediction of CO-NOx Emissions from a Natural Gas Power Plant Using Proper Machine Learning Models // Energy Technology. 2023, Volume 17, Issue 7.
10. Достияров А.М., Умышев Д.Р., Катранова Г.С., Яманбекова Я.К. Камеры сгорания и горелки газотурбинных установок. Астана: КАТУ им. С. Сейфуллина, 2017. – С. 205.
11. Tyler R. High temperature steady-state experiment for computational radiative heat transfer validation using COMSOL and ANSYS // Steiner Results in Engineering. 2022, Volume 13.
12. Каримов И.Р., Клинов А.В., Минибаева Л.Р. Моделирование процесса вихревого горения кислого газа в программе Ansys Fluent на примере реакционной печи установки Клауса // Вестник технологического университета Казань. 2017. Т. 20. № 17. С. 112-115.
13. Достияров А.М., Макзумова А.К., Верницкас П.А., Расмухаметова А.С. Применение численного моделирования при исследовании эффективности конструкции горелочного устройства КС ГТУ // Вестник Торайгыровского университета. Энергетическая серия. – № 1. – 2023. – С. 123-134.
14. User Guide. Introduction to COMSOL Multiphysics, www.comsol.ru.

15. Макзумова, А.К., Достияров, А.М., Ануарбеков, М.А., Верницкас, П.А., Саракешова, Н.Н., Биакметов, Б.А. Заявка на патент на изобретение № 169582. Двухъярусное микрофакельное горелочное устройство. Республика Казахстан. Заявка от 29.09.2022 г.

Ansys Fluent бағдарламасы арқылы жаңа микрофакельді оттықты зерттеу

¹**ДОСТИЯРОВ Абай Мухамедиярұлы**, т.ғ.д., профессор, a.m.dost1951@gmail.com,

²***МАҚЗҰМОВА Айнура Қажыақпарқызы**, докторант, a.makzumova@gmail.com,

¹**АЙДЫМБАЕВА Жанар Әбдешқызы**, PhD, доцент, diararu@mail.ru,

²**САДЫҚОВА Самал Бекболатқызы**, PhD, кафедра меңгерушісі, kundyzdy@mail.ru,

¹«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ, А. Байтұрсынұлы көшесі, 126/1, Алматы, Қазақстан,

²«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Сәтпаев көшесі, 2, Астана, Қазақстан,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақалада Ansys Fluent бағдарламасын пайдалана отырып, газ турбиналық қондырғының (ГТҚ) жану камерасына арналған жаңа микрофакельді оттық құрылғысын (МФОК) зерттеу ұсынылған. Зерттеудің мақсаты: зерттелетін оттықтың оңтайлы жұмыс режимдерін, максималды жану тиімділігі үшін ауаның бастапқы параметрлерін анықтау, температура өрісінің біркелкілігін және газ турбиналық қондырғының жану камерасындағы азот оксидтерінің концентрациясын зерттеу. Мақалада микрофакельді оттық құрылғысының конструкциясы мен жұмыс істеу ерекшеліктері, сондай-ақ Ansys Fluent бағдарламалық құралында жану процестерін модельдеу кезеңдері сипатталған. Осы бағдарламада әртүрлі модельдеу параметрлерін қолдану арқылы жүргізілген есептеулер жаңа МФОК тиімділігін бағалауға, температура өрісінің таралуын және жану өнімдеріндегі азот оксидтерінің құрамын анықтауға мүмкіндік берді. Әртүрлі режимдерде жұмыс істегенде жану өнімдеріндегі азот оксидтерінің шығарындылары 9 ppm аспады. Бұл деректер тиімділік пен экологиялық қауіпсіздік талаптарын ескере отырып, газтурбиналық қондырғыларды одан әрі оңтайландыру және дамыту үшін пайдалы болады. Ұсынылған зерттеу жану және энергетика саласындағы жаңа технологияларды әзірлеуде Ansys Fluent қолданбасын көрсетеді.

Кілт сөздер: микрофакельді оттық, Ansys Fluent, жану камерасы, газ турбиналық қондырғы, табиғи газ.

Research of a New Micro-flame Burner Using the Ansys Fluent Program

¹**DOSTIYAROV Abay**, Dr. of Tech. Sci., Professor, a.m.dost1951@gmail.com,

²***MAKZUMOVA Ainura**, Doctoral Student, a.makzumova@gmail.com,

¹**AIDYMBAYEVA Zhanar**, PhD, Docent, diararu@mail.ru,

²**SADYKOVA Samal**, PhD, Head of Department, kundyzdy@mail.ru,

¹NPJSC «Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev», A. Baitursynova Street, 126/1, Almaty, Kazakhstan,

²NPJSC «L.N. Gumilyov Eurasian National University», Satpayev Street, 2, Astana, Kazakhstan,

*corresponding author.

Abstract. A study of a new micro-flame burner device (MFBD) for the combustion chamber of a gas turbine unit (GTU) using the Ansys Fluent program is presented. Research objective: determination of the optimal operating modes of the investigated burner, initial air parameters for maximum combustion efficiency, examination of the uniformity of the temperature field, and the concentration of nitrogen oxides in the combustion chamber of the gas turbine unit with the MFBD. The features of the design and operation of the micro-flame burner device are described, as well as the stages of modeling combustion processes in the Ansys Fluent software. The calculations conducted using various simulation parameters in this program al-

lowed the evaluation of the efficiency of the new MFBD, determination of the temperature field distribution, and the nitrogen oxide content in the combustion products. The nitrogen oxide emissions in the combustion products during different modes of operation did not exceed 9 ppm. This data will be useful for further optimization and development of GTUs taking into account the requirements of efficiency and environmental safety. The presented study demonstrates the application of Ansys Fluent in the development of new technologies in the field of combustion and energy.

Keywords: micro-flame burner, Ansys Fluent, combustion chamber, gas turbine unit, natural gas.

REFERENCES

1. Yuangang Wang, Chae Hoon Sohn Effects of swirl premixed flame interaction on NOx emission in a gas turbine combustor with multi-burners Republic of Korea, Journal of the Energy Institute, 2023, Volume 109.
2. Kévin Bioche, Julien Blondeau, Laurent Briceux. Large eddy simulation investigation of pressure and wall heat loss effects on rich ammonia-hydrogen-air combustion in a gas turbine burner // International Journal of Hydrogen Energy, 2022, Volume 47, Issue 85, Pp. 36342-36353.
3. Dostiyarov A.M., Nauryz B., Kumargazina M., Aidymbayeva Z. Experimental study results of the front-end device with two-tier air burner as part of the gas turbine engine combustion chamber // Thermal Science International Scientific Journal, volume 27/5A, 2023. – Pp. 3709-3718.
4. ANSYS Fluent Theory Guide, ANSYS, Inc., 275 Technology Drive Canonsburg, PA 15317. November, 2013.
5. Dostiyarov A.M., Kibarin A.A., Umyshev D.R., Katranova G.S. Chislennoe modelirovanie processov obrazovaniya azota za profilyami lopatok [Numerical modeling of the processes of nitrogen oxide formation along blade profiles] Vestnik AUES. – 2018. – No. 4 (2) (43). – Pp. 13-18.
6. Umyshev D.R., et.al, Experimental investigation of distance between v-gutters on flame stabilization and NOx emissions, Thermal Science, 23, 2019, Part 5B. – Pp. 2971-2981.
7. Mahmut Dirik Prediction of NOx emissions from gas turbines of a combined cycle power plant using an ANFIS model optimized by GA, Fuel, 2022, Volume 321.
8. Mazen Azzam, Mariette Awad, Joseph Zeaiter Application of evolutionary neural networks and support vector machines to model NOx emissions from gas turbines. Journal of environmental chemical engineering, 2018, Volume 6, Issue 1. – Pp. 1044-1052.
9. Wu W., Lin Y.T., Liao P.H., Aziz M., Kuo P.C. Prediction of CO-NOx Emissions from a Natural Gas Power Plant Using Proper Machine Learning Models // Energy Technology, 2023, Volume 17, Issue 7.
10. Dostiyarov A.M., Umyshev D.R., Katranova G.S., Yamanbekova A.K. Kamery sgoraniya i gorelki gazoturbinnih ustanovok [Combustion chambers and burners of gas turbine installations]. – Astana: KATU imeni S. Seifullin, 2017, 205 p.
11. Tyler R. High temperature steady-state experiment for computational radiative heat transfer validation using COMSOL and ANSYS. Steiner Results in Engineering Volume 13, 2022.
12. Karimov I.R., Klinov A.V., Minibayeva L.R. Modelirovanie processa vihrevogo gorenija kislogo gaza v programme Ansys Fluent na primere reakcionnoy pechi ustanovki Klausia [Modeling of the process of turbulent combustion of sour gas in the Ansys Fluent program using the example of the Claus unit's reaction furnace]. Vestnik tehnologicheskogo universiteta Kazan, 2017. T. 20. No. 17. Pp. 112-115.
13. Dostiyarov A.M., Makzumova A.K., Vernickas P.A., Rasmukhametova A.S. Primenenie chislennogo modelirovaniya pri issledovanii effektivnosti konstrukcii gorelochnogo ustroystva KS GTU [The application of numerical modeling in studying the efficiency of the design of the combustion device of the gas turbine unit (GTU)]. Vestnik Toraiyrovskogo universiteta. Energeticheskaya seriya. No. 1. 2023. Pp. 123-134.
14. User Guide. Introduction to COMSOL Multiphysics, www.comsol.ru.
15. Makzumova A.K., Dostiyarov A.M., Anuarbekov M.A., Vernickas P.A., Sarakeshova N.N., Biakhmetov B.A. Zauavka na patent na izobretenie no. 169582. Dvuharusnoe microfakelnoe gorelochnoe ustroystvo [Two-stage micro-flame burner device]. Respublika Kazakhstan. Zayavka ot 29.09.2022 g.