



УДК 621.438

[https://doi.org/10.70769/2181-2284.МЕ.2\(23\).2026.35](https://doi.org/10.70769/2181-2284.МЕ.2(23).2026.35)

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТОПЛИВНОЙ ДОБАВКИ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

М.О. Савельев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Академическое, ул. Политехническая, д.29
литера Б

e-mail: matthewsowell@mail.ru

Аннотация. Данная работа посвящена анализу воздействия присадки на основе смеси метана с водородом на функционирование российских газотурбинных агрегатов и парогазовых энергоблоков. Авторами выявлена непосредственная зависимость между процессами в камере сгорания и итоговыми параметрами энергетической системы. С применением вычислительной модели в среде Ansys Fluent определены температура горения и массовые доли CO_2 , H_2O . Установлено, что с увеличением содержания водорода уменьшается объем углекислого газа, возрастает температура на выходе из камеры сгорания, что ведет к прямому росту мощности газотурбинной установки. При этом чрезмерное повышение температуры лимитируется ресурсными характеристиками лопаточного аппарата турбины. Для парогазовых установок основным фактором выступает увеличение содержания H_2O в продуктах горения, что улучшает теплосодержание отводимых газов и, соответственно, интенсифицирует производство пара в утилизационном котле. Определена наилучшая доля метановодородной добавки (20–25% от объема), при которой достигается наибольшая эффективность газотурбинных и парогазовых систем без ущерба для надежности и с улучшенными характеристиками экологической безопасности.

Ключевые слова: метановодородная смесь, возобновляемые источники энергии, камера сгорания, газотурбинные установки.

UDC621.438

IMPACT OF A FUEL ADDITIVE ON THE PERFORMANCE OF DOMESTIC GAS TURBINE UNITS

M.O. Saveliev

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 195251, Saint Petersburg, Municipal District Academicheskoye, ul. Politekhnikeskaya, 29, letter B

e-mail: matthewsowell@mail.ru

Abstract. This paper examines the impact of a methane-hydrogen blend additive on the operation of domestic gas turbine units and combined cycle power plants. A direct correlation is established between combustion chamber conditions and the power system's output characteristics. Utilizing a numerical model within the Ansys Fluent environment, the temperature of combustion products and the volumetric concentrations of CO_2 and H_2O were estimated. The findings indicate that an increased hydrogen proportion leads to lower CO_2 emissions and a higher combustor outlet temperature, which in turn directly boosts the power output of gas turbine units. Nevertheless, the allowable temperature increase is constrained by the service life limits of turbine blades. For combined cycle plants, the resulting rise in the H_2O fraction within the combustion gases augments the thermal energy of the exhaust stream, thereby enhancing steam production in the heat recovery steam generator and improving overall plant efficiency. An optimal methane-hydrogen additive share of 20–25% by volume is identified, which maximizes the efficiency of both gas turbine and



combined cycle installations without sacrificing reliability, while offering better environmental performance.

Key words: *methane-hydrogen blend, renewable energy sources, combustion chamber, gas turbine units.*

Введение

В условиях глобального энергоперехода и ужесточения экологических требований особую актуальность приобретает декарбонизация газотурбинных установок (ГТУ). Одним из наиболее перспективных направлений является добавка водорода к природному газу с формированием метановодородной смеси (МВС), что позволяет поэтапно снижать выбросы CO_2 без кардинальной замены существующего оборудования. В настоящее время активно растет интерес к исследованию горения водорода в камерах сгорания ГТУ. Натурные испытания показывают, что современные газотурбинные установки допускают добавку до 30% водорода к метану без корректировки геометрии и режимов работы [1,2]. Переход на чисто водородное топливо открыл бы путь к решению проблем декарбонизации [3].

Актуальность. В мировой практике обусловлена необходимость повышения эффективности отечественных газотурбинных установок в условиях перехода энергетики на экологически чистые виды топлива. Использование метановодородной смеси позволяет снизить выбросы CO_2 , уменьшить зависимость от ископаемого топлива и интегрировать возобновляемые источники энергии (водород) в существующую газотурбинную инфраструктуру [4].

Цель исследования. Повышение эффективности работы отечественных ГТУ при переводе их на метановодородную смесь. Выявление наиболее перспективных водородных технологий в условиях перевода ГТУ на экологически чистое топливо и интеграции возобновляемых источников энергии. Объектом исследования является процесс работы ГТУ при использовании доли МВС в качестве топлива, а предметом исследования является влияние объемной доли МВС на эксплуатационные характеристики отечественных ГТУ.

С учетом поставленной цели в исследовании решались следующие задачи:

1. Проводился анализ существующих водородных технологий и изучение внедренного диапазона варьирования МВС;
2. Была разработана модель камеры сгорания в программном комплексе Ansys Fluent с параметрами, приближенными к реальным условиям эксплуатации, для оценки влияния доли МВС;
3. Определена оптимальная доля МВС, обеспечивающая повышение эффективности работы ГТУ при соблюдении экологических требований.

Методы и материалы

За базу для проектирования была взята камера сгорания на номинальном режиме работы (рисунок 1). Основные параметры, а также вычисленные на их основе значения на номинальном режиме работы задавались при численном моделировании в ПО Ansys Fluent приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Основные показатели работы теплогенератора на номинальном режиме

Table 1.

Main performance indicators of the heat generator at nominal operating conditions

<i>Параметр</i>	<i>Ед. изм.</i>	<i>Значение</i>
Давление воздуха на входе	кгс/м ²	300
Температура воздуха на входе	°C	20
Расход воздуха на входе	нм ³ /ч	10 000
Расход топлива	нм ³ /ч	317
Температура продуктов сгорания на выходе	°C	750
Тепловая мощность	МВт	3,0

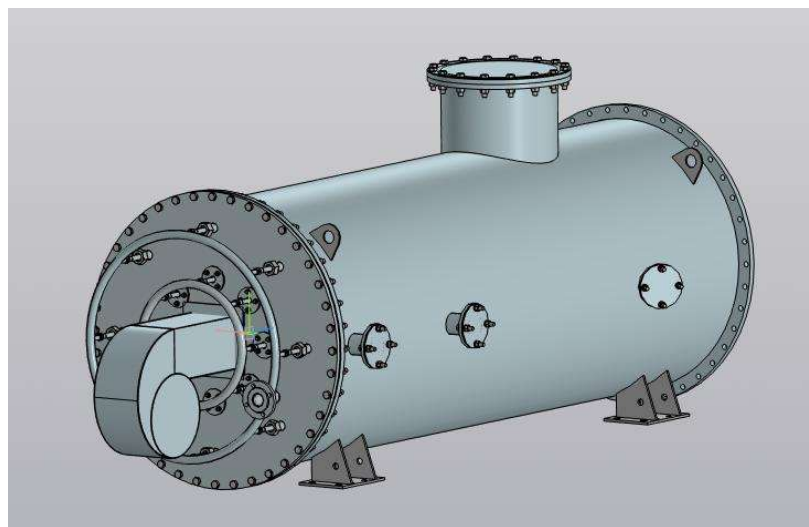


Рис. 1. Общий вид модели теплогенератора мощностью 3 МВт
Fig. 1. General view of the 3 MW heat generator model

Результаты

Анализ рисков позволил выявить ключевые сдерживающие факторы:

1. Недостаточная изученность процессов теплообмена в камере сгорания при высоких долях водорода в открытом доступе:
2. Высокая стоимость адаптации существующих камер сгорания ГТУ под высокие концентрации водорода (риски обратного горения и др.)
3. Отсутствие промышленной инфраструктуры для производства и хранения больших объемов чистого водорода

Обсуждение

Результаты расчетов показали техническую реализуемость перехода на МВС с долей водорода до 30% без потери эффективности ГТУ. Установлена зависимость снижения объемных долей CO₂ в продуктах сгорания от роста доли водорода в смеси.

Заключение

Существует ряд сдерживающих факторов подмешивания МВС к метану в камерах сгорания отечественных ГТУ. Однако, несмотря на ряд проблем, результаты вычислений подтверждают, что существует оптимальная доля концентрации МВС по объему, которая создаст преимущества. Применительно к модели, на базе которой проводилось исследование, исследование доказало, что численное моделирование технически реализуемо, а также определена оптимальная доля концентрации МВС составляет 20-25%. Данный диапазон обеспечивает баланс между приростом мощности ГТУ, снижением выбросов CO₂ и ограничениями.

Литература

1. Matyunin O.O., Arkhipov S.K., Shilova A.A., Bachev N.L., Bulbovich R.V. Analysis of the combustion characteristics of hydrogen and hydrocarbon fuels based on the results of numerical simulation. DOI: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2022.3-55.05>
2. Jeong, J. H., Park, H. S., Park, Y. K., & Kim, T. S. (2024). Analysis of the influence of hydrogen co-firing on the operation and performance of the gas turbine and combined cycle. Case Studies in Thermal Engineering, 54, 104061. DOI: 10.1016/j.csite.2024.104061
3. Cecere, D., Giacomazzi, E., Di Nardo, A., & Calchetti, G. (2023). Hydrogen-enriched natural gas in gas turbine combustion: A review. Energies, 16(19), 6829. DOI: 10.3390/en16196829
4. Shaikh, M. M., et al. (2025). Investigation of Combine Cycle Power Plants with Low-Grade Heat Utilization Working Methane-Hydrogen Mixtures. Journal of Environmental & Earth Sciences, 7(1). DOI: 10.30564/jees.v7i1.7716