

## ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ В МАЛОЭМИССИОННОЙ КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ГТУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩИХ ТОПЛИВ

Воротынцев И.Е.

АО «Металлист-Самара», г. Самара, vorotintsev15@yandex.ru

*Ключевые слова: горение, водородосодержащее топливо, выбросы вредных веществ.*

Постоянно увеличивающееся потребление углеводородных топлив и глобальное загрязнение окружающей среды обуславливают необходимость решения важнейшей проблемы создания современных газотурбинных двигателей (ГТД) и наземных газотурбинных установок (ГТУ) – организации устойчивого горения ультрабедных топливовоздушных смесей (ТВС) с обеспечением высокой эффективности и низкой эмиссии вредных веществ. В настоящее время основными нормируемыми компонентами являются оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), оксиды углерода ( $\text{CO}$ ), несгоревшие углеводороды ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ), сажа, а также в последние годы все более пристальное внимание уделяется нормированию выбросов углекислого газа  $\text{CO}_2$  в связи с усугублением парникового эффекта.

Для обеспечения соответствия ГТД и ГТУ современным экологическим нормам используются различные концепции малоэмиссионного горения, основанные на сжигании гомогенной обедненной тщательно перемешанной ТВС. Однако современные концепции малоэмиссионного горения приближаются к предельным возможностям по снижению вредных выбросов, а дальнейшее обеднение ТВС приводит к бедному срыву, вибрационному горению, проскоку пламени в горелку и локальным участкам с плохим перемешиванием.

Одним из актуальных и перспективных направлений решения данных проблем является повышение качества предварительной подготовки ТВС совместно с использованием водородосодержащих топлив. Улучшение качества подготовки ТВС позволяет повысить топливную эффективность и снизить токсичность камер сгорания ГТД и ГТУ за счет более оптимального распределения поля концентрации топлива в смеси, а добавки водородосодержащих топлив позволяют значительно увеличить диапазон устойчивой работы КС на ультрабедных ТВС за счет скорости горения водорода и его высокой энергоемкости.

В качестве перспективного метода снижения эмиссии вредных веществ в камерах сгорания технология малоэмиссионного горения, основанная на парциальном окислении части природного газа в синтез-газ ( $\text{CO}+\text{H}_2$ ), имеющий более широкие пределы воспламенения и высокую скорость горения по сравнению с традиционными топливами. Особенности организации рабочего процесса с синтез-газом связаны с качественным перемешиванием топливовоздушной смеси и разработкой специальной программы регулирования подачи топлива. Указанная программа предусматривает на низких режимах эксплуатации ГТУ двухкаскадную работу горелок, что обуславливает осуществление в одной части горелок горение на более богатых смесях с низким выбросом оксида углерода ( $\text{CO}$ ) и углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), тогда как другие горелки работают на оставшейся части топлива с более бедной смесью. Снижение выбросов  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  и достижение устойчивости горения на бедных смесях достигается подачей ограниченного количества синтез-газа только в дежурный контур. Снижение выбросов  $\text{NO}_x$  достигается за счет горения бедных смесей [1]. Для получения наиболее качественной ТВС предлагается выполнять доводку конструкции унифицированной двухконтурной горелки [2] верифицированным на основании экспериментальных исследований расчетным способом на этапе проектирования ГТД.

В докладе представлены основные результаты исследований по определению качества перемешивания ТВС в унифицированной двухконтурной горелке, а также данные по снижению токсичности выхлопа ГТД и ГТУ с использованием водородосодержащих топлив,

выполненных в Самаре совместно с РФЯЦ-ВНИИЭФ на отсеках камеры сгорания, основу которой составляет указанная выше горелка.

### **Список литературы**

1. Федорченко Д.Г., Цыбизов Ю.И., Воротынцев И.Е. Опыт и перспективы использования криогенных и газокompозитных топлив // *Авиационные двигатели №2* (19), июнь, 2023.

2. Малоэмиссионная горелка / Д.Ю. Бантиков, В.И. Васильев, В.Н. Лавров [и др.] // Патент № 2442932, Россия, МПК F23R3/14, 2010122395/06 заявл. 01.06.2010, опубл. 20.02.2012. Бюл. №5.

Сведения об авторах

Воротынцев И.Е., ведущий инженер-конструктор. Область научных интересов: горение, газовая динамика, двигателестроение.

### **FEATURES OF THE ORGANIZATION OF THE COMBUSTION WORKFLOW IN A LOW-EMISSION COMBUSTION CHAMBER OF A GAS TURBINE ENGINE USING HYDROGEN-CONTAINING FUELS**

Vorotyntsev I.E.

JSC Metallist-Samara, Samara, vorotintsev15@yandex.ru

*Keywords: burning, hydrogen, emissions release.*

The use of hydrogen-containing fuels in gas turbine engines is justified. The results of research on improving the quality of mixing the fuel-air mixture and reducing the toxicity of exhaust gases from gas turbine engines using synthesis gas are presented.