

Проектирование камеры сгорания с выносными горелочными устройствами для малоразмерного ГТУ мощностью 75 кВт

В.В. Ястребов, Т.Б. Попова, Д.С. Искворин, И.А. Зубрилин

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

Обоснование. Одной из тенденций развития распределенной энергетики является разработка газотурбинных электростанций в диапазоне генерации 50–200 кВт.

Несмотря на рост популярности возобновляемых источников энергии, большое внимание уделяется разработке, проектированию и экспериментальным исследованиям многотопливных микротурбинных систем нового поколения в рамках международных проектов по сокращению выбросов. Прогнозируется, что использование новейших технологий производства и проектирования приведет к получению малоразмерных газотурбинных приводов для электростанций, которые будут лучше соответствовать экологическим нормам, иметь большую энергопроизводительность, надежность, долговечность и будут более экономичными в применении, чем существующие на рынке в настоящее время. Поэтому исследования в этой области приобретают еще большее значение. Более того, несмотря на растущий спрос на МГТД в нашей стране, заметно практическое отсутствие наработок в данном направлении.

В последнее время электростанции данной мощности стали широко распространены среди предприятий нефтегазовой отрасли, а также применяются в сельскохозяйственной промышленности.

Это объясняется коэффициентом энергоэффективности выше среднего и продолжительным сроком службы. Также на это влияет и способность данных установок работать на разнообразных видах топлива, включая СПГ, дизель, водород, биотопливо, парафин и природный газ.

Цель — предоставить этапы разработки жаровой трубы и форкамеры для МГТУ мощностью 75 кВт с наличием теплообменника.

Методы. Были изучены малоразмерные газотурбинные установки похожей компоновки аналогичного класса мощности, представленные на рынке РФ. Было получено, что подавляющее большинство МГТУ данного класса в РФ представлены зарубежными компаниями [1].

На этапе разработки жаровой трубы и форкамер для МГТУ были просчитаны необходимые геометрические размеры, которые сравнивались со статистическим соотношением различных камер сгорания данного класса [2].

Присутствие теплообменника в такого рода установках создает специальные условия работы камеры сгорания, приводящие к пониженной степени нагрева в камере сгорания (1,3–1,4 вместо 1,8–2,0 в стандартной компоновке без теплообменника) и, как следствие, высокому коэффициенту избытка воздуха $\alpha = 7–10$ на выходе из жаровой трубы. Кроме того, повышенная температура входящего воздуха после рекуператора, $T_k = 770$ К, затрудняет создание системы отверстий охлаждения стенок жаровой трубы КС МГТУ.

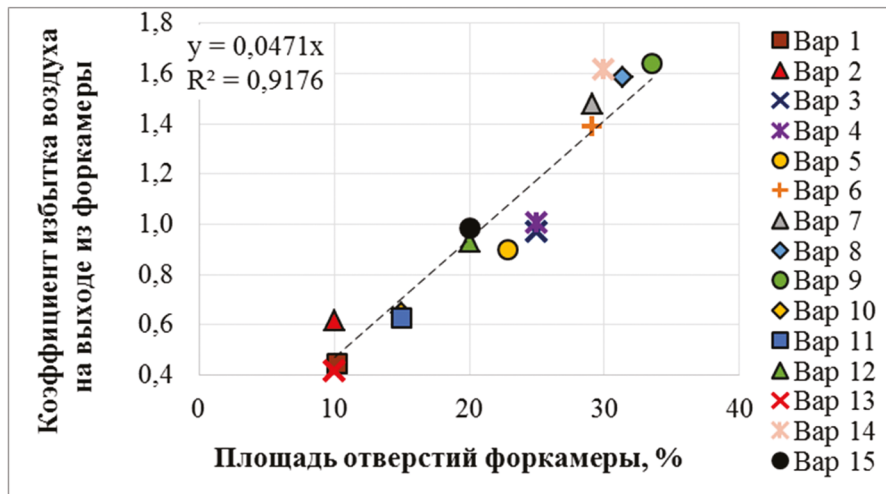
Было решено локализовать с помощью микроразмерных камер сгорания (форкамер) зоны горения для обеспечения высокой полноты сгорания и равномерного температурного поля.

При расчете в трехмерной постановке были использованы следующие модели: модель турбулентности — Reynolds Stress Model; пристеночная функция — Scalable; модель горения — Partially Premixed Combustion; Flamelet, PDF; кинематический механизм — GRI 3.0; окислитель воздух — $O_2 = 21$ %, $N_2 = 79$ %; $T_k = 770,2$ °К; топливо — $CH_4 = 100$ %; $T_T = A293$ °К.

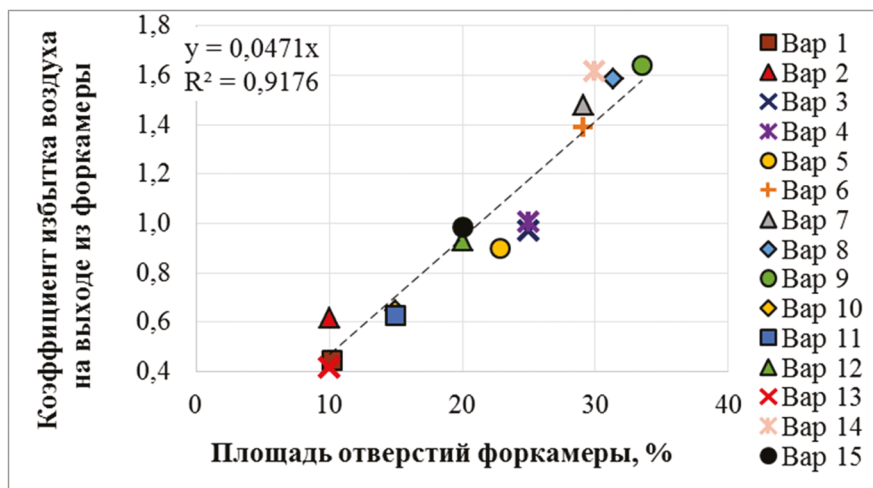
Результаты. Были рассчитаны 15 вариантов камеры сгорания малоразмерного газотурбинного двигателя (рис. 1). Желаемым результатом является отличие рассчитанных выходных проектных параметров от проектного расчета меньше 3 %.

Выводы. После предварительных расчетов было решено увеличить площадь охлаждающих отверстий и сечений форкамеры, чтобы локализовать горение в форкамере и уменьшить перепад давления и максимальную неравномерность температурного поля.

Ключевые слова: камера сгорания; малоразмерный ГТД; энергетические установки; CFD; численное моделирование.



а



б

Рис. 1. Графики изменения потерь полного давления и коэффициента избытка воздуха на выходе из форкамеры от площади отверстий в завихрителе

Список литературы

1. Викулов О.В., Рыбаков Ю.Л. Газовые микротурбины как перспективный продукт конверсии военного двигателестроения // Инноватика и экспертиза. 2021. № 1. С. 160–167. DOI: 10.35264/1996-2274-2021-1-160-167
2. Ланский А.М., Лукачев С.В., Матеев С.Г. и др. Рабочий процесс камер сгорания малоразмерных ГТД. Самара: Самарский университет, 2016. 259 с.

Сведения об авторах:

Всеволод Владимирович Ястребов — студент, группа 2228-010403D, Институт двигателей и энергетических установок; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: seva.yastrebov@yandex.ru

Татьяна Борисовна Попова — студент, группа 3102-240405D, Передовая инженерная аэрокосмическая школа; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: popova_tb@mail.ru

Даниил Сергеевич Искворин — студент, группа 3102-240405D, Передовая инженерная аэрокосмическая школа; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева Самара, Россия. E-mail: daniil.iskvorin@mail.ru

Иван Александрович Зубрилин — научный руководитель, кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: zubrilin416@mail.ru