

**УДК 621.311**

ВИТЕЦКАЯ Г.Ю., СИРОТКИН А.И., студенты гр. 10604221 (БНТУ)

Научный руководитель ПАНТЕЛЕЙ Н.В., ст. пр. (БНТУ)

г. Минск

**ПРИМЕНЕНИЕ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ С ДВУМЯ ЗОНАМИ ГОРЕНИЯ  
НА ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВКАХ**

Для создания эффективных и наиболее совершенных энергетических систем, а также для повышения их надежности, экологичности и экономичности в последнее время в энергетическое производство внедряют газотурбинные установки (ГТУ). Данный вид оборудования позволяет решить некоторые проблемы как отдельных электростанций, так и энергосистем в целом. Во-первых, ГТУ – это высокоманевренные машины, которые можно использовать для прохождения пиков энергопотребления. Они быстро пускаются и набирают нагрузку (20...30 мин.), а также быстро останавливаются, в отличие от паровых турбин [1]. Во-вторых, на базе ГТУ можно получить высокоэкономичные парогазовые установки (ПГУ). Они создаются путем комбинирования циклов паросиловой установки и ГТУ, за счёт чего электрический КПД увеличивается вплоть до 60%. В связи с этим в развитых странах большое внимание уделяется развитию газотурбостроения и связанным с ним отраслям промышленности.

Наиболее трудной задачей при проектировании ГТУ является организация стабильного процесса горения в камере сгорания при максимальном снижении концентрации оксидов азота  $NO_x$  в уходящих газах. Одним из возможных решений данной проблемы может быть применение камеры сгорания с так называемой «изменяемой геометрией». В этом случае можно изменять проходные сечения воздухопроводов и, соответственно, настраивать соотношение воздуха и топлива в смеси. Однако при таком регулировании может возникнуть ряд проблем. Наиболее часто встречаются «проскок» пламени и пульсационное горение. «Проскок» пламени – это непредвиденное его затухание. При неправильном смешении воздуха с топливом пламя прекращает гореть, что приводит к останову ГТУ. Пульсационное горение – это горение, при котором происходят значительные колебания (пульсации) давления в камере сгорания. Причиной этого недостатка могут являться низкие температуры или неравномерность давления подаваемого воздуха [3]. В связи с этим важно правильно рассчитать и спроектировать камеру сгорания, а затем правильно выполнить наладку ГТУ для обеспечения надежной и устойчивой работы газотурбинного двигателя на весь его срок эксплуатации.

Одним из технических решений вышерассмотренных проблем является применение малоэмиссионной камеры сгорания с двумя зонами горения (рис. 1). Основной частью такой камеры является горелочное устройство, в которое входят два радиальных завихрителя первого и второго каналов и кольцевые камеры смешения. Через первый завихритель поступает около 15% смеси от ее суммарного расхода через жаровую трубу, а через завихритель второго канала – около

65%. Лопатки как первого, так и второго завихрителей внутри полые, что позволяет топливному газу легко проходить через отверстия в них.

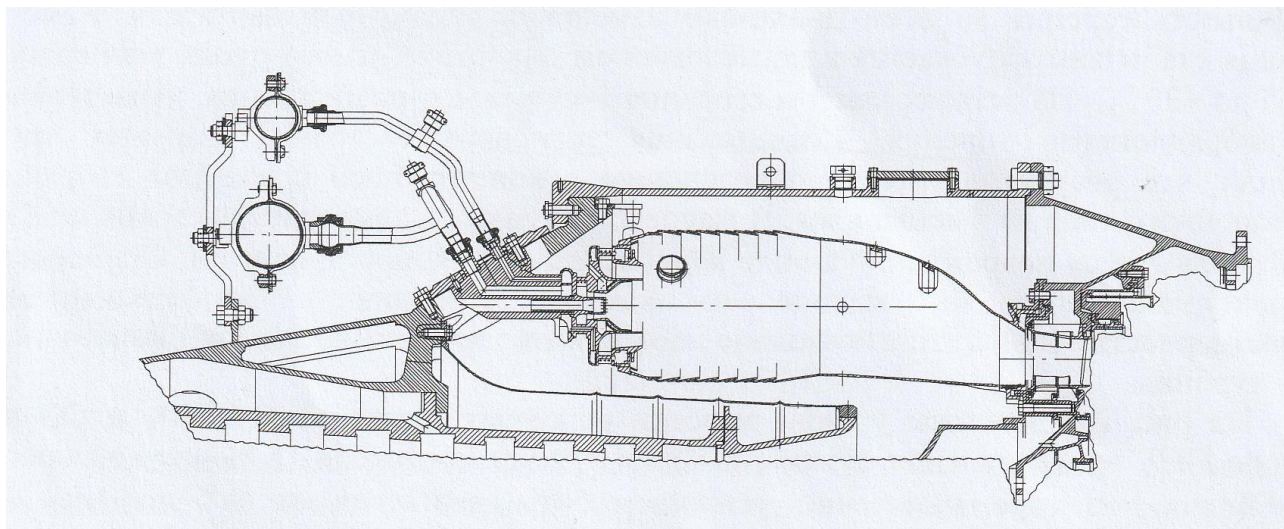


Рисунок 1. Малоэмиссионная камера сгорания с несколькими зонами горения [2]

При работе на малых мощностях топливная смесь подается в слабо форсированную первичную зону горения. В эту зону воздух поступает с некоторым избытком для обеспечения полноты сгорания. Первичная зона должна обеспечивать температуру, достаточную для надежной работы турбины на малой нагрузке, и при этом служить источником горячих продуктов сгорания для второй зоны горения, расположенной далее по потоку газов. В эту зону уже подается полностью перемешанная смесь «топливо-воздух». При работе ГТУ на номинальной мощности топливо поступает в обе зоны с еще большим недостатком, что позволяет добиться значительного снижения образования окислов азота. Таким образом, при использовании камер сгорания с двумя зонами горения расширяется диапазон устойчивой работы ГТУ при сохранении выбросов в пределах установленных нормативов.

Очевидно, что рассмотренная выше конструкция камеры сгорания является хорошим техническим решением в обеспечении малоэмиссионности ГТУ, однако ее надежная работа очень сильно зависит от температуры наружного воздуха. При слишком низких ее значениях изменяется состав смеси и снижается температура в зоне горения. Для стабилизации горения в этом случае необходимо повышать расход топлива. Лишена этого недостатка каталитическая камера сгорания. В такой камере топливо перед смешением испаряется, что позволяет образовать гомогенную смесь с достаточно малым недостатком топлива. Далее эта смесь горит в присутствии катализатора. Он позволяет интенсифицировать процесс горения при низких температурах и при сильно обедненной смеси. В результате значительно снижается образование вредных веществ. Также в этом случае не нужна перенастройка камеры сгорания в холодный период года. Каталитические камеры сгорания уже существуют, однако применя-

ются они редко из-за своей дороговизны и определенных сложностей при проектировании и эксплуатации (большие гидравлические потери, эрозия катализатора и др.) [3].

Стоит также отметить, что даже при наличии самой современной камеры сгорания при настройке ГТУ на оптимальный режим могут возникать некоторые трудности. Дело в том, что не всегда удается теоретически установить оптимальное соотношение компонентов топливовоздушной смеси и заранее отладить систему регулирования. Это связано как с некоторыми допущениями при расчетах, так и с необходимостью комплексного учета всех параметров газа в камере сгорания. Поэтому чаще всего наладка ГТУ осуществляется индивидуально для каждого агрегата и может занимать до 10...12 ч [2].

Таким образом, внедрение малоэмиссионных камер сгорания на ГТУ дает возможность повысить экологичность, экономичность и надежность агрегатов. Это позволяет использовать газовые турбины с соблюдением даже самых жестких экологических нормативов и достичь наиболее эффективной выработки электроэнергии. Малоэмиссионная камера сгорания с несколькими зонами горения позволяет снизить выбросы оксидов азота и при этом организовать стабильный процесс горения топлива, что является залогом надежной работы ГТУ. Предлагаемая конструкция хоть и не позволяет полностью решить проблемы со стабильностью горения во всем диапазоне температур наружного воздуха, однако является оптимальной по стоимости и не требует катализатора.

#### Список литературы:

1. Цанев, С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов. – М.: МЭИ, 2002. – 581 с.
2. Романовский, Г. Ф. Технология малоэмиссионного сжигания топлив в камерах сгорания газотурбинных двигателей / Г. Ф. Романовский, С. И. Сербин, В. Г. Ванцовский, В. В. Вилкул // Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. – 2005. – №6. – с. 154–160.
3. Лефевр, А Процессы в камерах сгорания ГТД / А. Лефевр. – М.: МИР, 1986. – 569 с.