

Д. О. Искаков, Г. С. Катранова, В. Г. Подымский, М. Е. Туманов
Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан
lsister@mail.ru

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ ГТУ В КАЗАХСТАНЕ

В работе представлены результаты анализа применения ГТУ в энергетике, на газоперекачивающих станциях, на нефтеперерабатывающих заводах. Показано, что в Казахстане в настоящее время эксплуатируется более 45 ГТУ на электростанциях и более 250 ГТУ на газоперекачивающих станциях. При этом на ряде режимов возникают проблемы с выполнением жестких требований по выбросам вредных веществ. Поэтому снижение вредных выбросов ГТУ и модернизация камер сгорания ГТУ с целью снижения их токсичности является весьма актуальной задачей для Казахстана. В качестве решения предлагается применение микрофакельных фронтных устройств

Ключевые слова: газотурбинная установка; камера сгорания; выбросы вредных веществ; микрофакельное сжигание топлива.

D. O. Iskakov, G. S. Katranova, V. G. Podymskiy, M. E. Tumanov
Almaty University of Power Engineering and Telecommunications,
Almaty city, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF COMPLEX TECHNICAL SOLUTIONS OF GAS TURBINES OPERATION'S ENVIRONMENTAL SAFETY IMPROVEMENT IN KAZAKHSTAN

Article describes results of analysis of the gas turbine usage in energy sector, on gas transmission stations and oil refinery plants. It is showed that today in Kazakhstan are operated more than 45 gas turbines on power stations and more than 250 gas turbines on gas transmission stations. Herewith on some operation modes arises problems on meeting the air emissions' level requirements. Because of this gas

turbines air emissions reduction and gas turbines' combustion chambers improvement aimed to decrease the toxic level are contemporary issues in Kazakhstan. As a solution usage of microflame front devices is proposed.

Keywords: gas turbine unit; combustion chamber; air emissions; microflame fuel combustion.

Газотурбинные технологии имеют ряд преимуществ перед паротурбинными и непрерывно совершенствуются. Так, мощные газотурбинные установки (ГТУ) имеют КПД на уровне 41–42 %, и перспективно выше с учетом больших резервов повышения начальной температуры.

Казахстан в последние годы всё чаще использует современные ГТУ на газоперекачивающих станциях, на нефтеперерабатывающих заводах и на тепловых электростанциях. Перспективное направление развития теплоэнергетики связано с ГТУ ТЭС, где они чаще всего являются основой парогазовых установок (ПГУ). Преимущества ПГУ были известны в семидесятых годах прошлого столетия, а в Казахстане первые ПГУ появились только в начале 2000-х годов. За счет использования комбинированного цикла лучшие современные ПГУ имеют КПД 60 % и более. Для Казахстана с большой территорией и городами с населением менее одного миллиона человек для энергоснабжения целесообразно строительство электростанций на базе ПГУ средней мощности. В Республике Казахстан в настоящее время эксплуатируется более 45 ГТУ на электростанциях и более 250 ГТУ на газоперекачивающих станциях. Поэтому снижение вредных выбросов ГТУ и модернизация камер сгорания ГТУ с целью снижения их токсичности является весьма актуальной задачей для Казахстана.

ГТУ могут нести переменную электрическую нагрузку в диапазоне от собственных нужд до номинальной. Однако ряд технических и экономических факторов сужает этот диапазон. КПД ГТУ более чувствителен к изменению нагрузки, чем КПД ПСУ (в диапазоне нагрузок 70...100 % КПД ГТУ изменяется на 3 %, а КПД ПСУ – на 1 %). При глубокой разгрузке ГТУ резко ухудшаются их

экологические показатели. Так, по данным испытаний газовой турбины V-64.3A Siemens, содержание NO_x и CO в выхлопных газах за турбиной, приведенных к 15 % содержанию O_2 , на режиме номинальной нагрузки $\text{NO}_x \approx 26 \text{ мг/м}^3$, $\text{CO} \approx 0 \text{ мг/м}^3$, а на режиме холостого хода $\text{NO}_x \approx 120 \text{ мг/м}^3$, $\text{CO} \approx 2000 \text{ мг/м}^3$. Резкое снижение концентрации вредных выбросов происходит при нагрузке $\sim 50\%$ $N_{\text{ном}}$ при переключении работы камеры сгорания с режима диффузионного горения на режим предварительного смешения.

Анализ различных принципов сжигания газообразных и жидких топлив показал некоторые особенности микрофакельного сжигания (МФС), который может исключить недостатки факельного горения. Этот принцип уже апробирован и показал хорошие результаты и в камерах сгорания ГТД и обычных горелках. Микрофакельное горение является разновидностью зонного горения.

Можно отметить существенные преимущества камер с микрофакельными устройствами: низкие потери напора газа по трактам камеры, уменьшение габарита (размера) конструкции, пониженная неравномерность температурного поля газов на выходе из камеры [1, 2], возможность хорошей работы на обедненной горючей смеси и практически без разделения воздуха на первичный и вторичный [3], низкие показатели выхода токсичных компонентов с продуктами сгорания, пониженная склонность к нагарообразованию, уменьшенные радиационные потери теплоты от факела к жаровой трубе [4], пониженный уровень шума за счет подавления вибрационного горения и другие.

Микрофакельное горение, как особый вид сжигания топлива в камерах сгорания, привлекло внимание исследователей относительно недавно, хотя в области газовых турбин (применительно, к схематическим проработкам проточных частей) оно уже известно с 1953 г. К настоящему времени наметился ряд направлений, по которым идет разработка и внедрение устройства микрофакельного сжигания топлива.

В целом на сегодня отсутствует достаточный опыт отработки конструкций МФУ (для сжигания жидкого топлива) и не создана

методика полного расчета микрофакельных камер сгорания. Для создания такой методики необходимы как дальнейшие разработки и исследования новых типов микрофакельных топливосжигающих устройств, так и анализ имеющегося к настоящему времени материала (в т. ч. и патентного), касающегося микрофакельной организации процесса сжигания топлива.

В АУЭС проводятся исследования микрофакельных горелочных устройств на базе плохообтекаемых тел, турбинных профилей и воздушных форсунок-стабилизаторов [5, 6].

Цель дальнейшей работы – разработка интегрированных решений по повышению эффективности и экологической безопасности работы газотурбинных установок, рекомендаций по выбору технологий снижения вредных выбросов при реконструкции и модернизации ГТУ на основе научных исследований моделей и методов, направленных на снижение вредных выбросов и оптимизации конструктивных решений горелочных устройств.

Список использованных источников

1. Бревдо М. М., Захаров Ю. И., Маев В. А., Понкратов А. М., Сударев А. В. Результаты эксплуатации микрофакельных кольцевых камер сгорания газотурбинных установок мощность 25 МВт на компрессорных станциях газопроводов // Газотурбинные и комбинированные установки : тезисы докладов Всесоюзной научной конференции, 1987. М. : МВТУ, 1987. С. 124–125.
2. Пат. 2083926 РФ. Фронтное устройство камеры сгорания, МПК⁷ F 23 R 3/16 / Виноградов Е. Д., Захаров Ю. И., Сударев А. В.; заявл. 13.04.1993; опубл. 10.07.1997.
3. Умышев Д. Р., Достияров А. М., Туманов М. Е. Классификация методов подавления NO_x и возможности их уменьшения за счет улучшения смесеобразования топливо-воздушной смеси // Вестник КазНТУ. 2015. № 3. С. 85–92.
4. Достияров А. М. Микрофакельное горение в топливосжигающих устройствах. Шымкет : ЮКГУ им. М. Ауезова, 1999. 181 с.
5. Достияров А. М., Туманов М. Е., Умышев Д. Р. Численное моделирование процессов горения в газовой микрофакельной горелке // Неделя науки СПбПУ : материалы форума с международным участием. СПб. : СПбПУ, 2015. С. 174–176.
6. Dias R. Umyshev, Abay M. Dostiyarov, Musagul Y. Tumanov, Quiwang Wang. Experimental investigation of v-gutter flameholders // Thermal Science. 2017. Vol. 21, № 2. P. 1011–1019.