

УДК 621.438

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК GT13E2
IMPROVEMENT OF GT13E2 GAS TURBINE UNITS**

Н.Д. Рудаков, И.Г. Черенкевич

Научный руководитель – С.А. Качан, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
kachan@bntu.by

N. Rudakov, I. Cherenkevich

Supervisor – S. Kachan, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: *приведены основные отличительные характеристики газотурбинной установки GT13E2 компании ABB, введенной в эксплуатацию в 90-х годах прошлого века. Показаны усовершенствования этой газовой турбины, произведенные ее новым владельцем – компанией Alstom.*

Abstract: *the main distinguishing characteristics of the GT13E2 gas turbine unit from ABB, which was put into operation in the 1990s, are presented. The improvements made to this gas turbine by its new owner, Alstom, are shown.*

Ключевые слова: *газотурбинная установка, камера сгорания, EV и AEV горелки, эксплуатационные расходы, производительность.*

Keywords: *gas turbine unit, combustion chamber, EV and AEV burners, operating costs, performance.*

Введение

20 октября 1993 года была введена в эксплуатацию первая газотурбинная установка (ГТУ) GT13E2 компании ABB (Швейцария). Эта ГТУ класса 165 МВт достигала 35,7% теплового КПД в одноцелевом применении и до 54,3% в составе парогазовой установки (ПГУ). За тридцатилетнюю историю своего существования эта ГТУ сменила владельца и претерпела усовершенствования, о которых напишем ниже.

Основная часть

Кольцевая камера сгорания явилась наиболее явным отличительным признаком ГТУ типа GT13E2 (рисунок 1) по сравнению с ГТУ типа GT13E, оборудованной выносной камерой сгорания (рисунок 2). Это новшество позволило уменьшить общую высоту двигателя приблизительно на 4 метра и, соответственно, снизить инвестиции в здание электростанции [1].

Новая концепция камеры сгорания, оснащенной двухконусными горелками ABB EV, была направлена на удовлетворение растущих требований к контролю выбросов газовой турбины.

Ввод в эксплуатацию и испытания первой GT13E2 проводились в Центре исследований газовых турбин Кавасаки (KGRC) в городе Содегаура недалеко от Токио, Япония. Газовая турбина была собрана с различными измерительными системами для контроля статического и динамического давления, температуры газа и металла, расширения, вибрации, скорости и

выбросов. Установка использовалась в течение 15-летней совместной программы испытаний ABB и Kawasaki Heavy Industries (КНИ) для получения надежной базы данных по опыту эксплуатации для дальнейшего усовершенствования ГТУ GT13E2.

Сменив владельца с ABB на Alstom (Швейцария), в 2009 году ГТУ GT13E2 была использована в составе ПГУ-230 на Минской ТЭЦ-3.

В установке GT13E2 используется камера сгорания с 72 горелками EV (рисунок 3). Симметричное расположение горелок обеспечивает равномерное распределение температуры по окружности на входе турбины, снижая температурное рассеивание, характерное для SILO или трубчатых камер сгорания. Горелки EV предварительного «бедного» смешивания в GT13E2 обеспечивают уровень выбросов NO_x ниже 25 ppm (15% O_2) для природного газа без впрыска воды и 42 ppm (15% O_2) для жидкого топлива с впрыском воды.

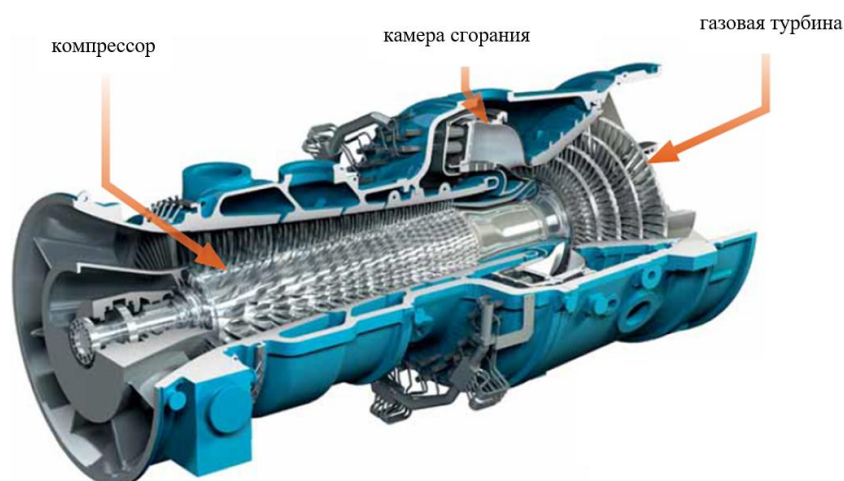


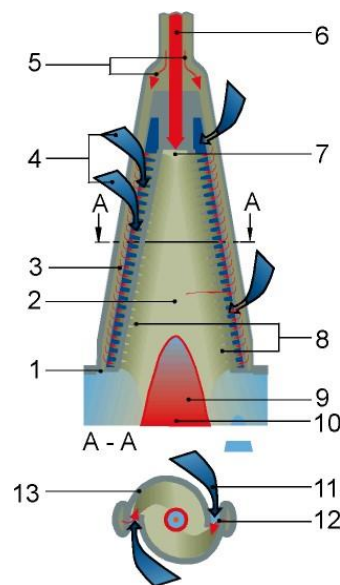
Рисунок 1 – Компоновка ГТУ типа GT13E2 с кольцевой камерой сгорания [1]



Рисунок 2 – Внешний вид ГТУ типа GT13E с выносной камерой сгорания [2]

ЕV-горелки располагаются в камере сгорания кольцеобразно, а именно: две соответствующие пары горелок смещаются слегка относительно друг друга в радиальном направлении. Четыре яруса, полученные подобным образом, обеспечивают однородное перемешивание газообразных продуктов сгорания и, тем самым, равномерное распределение температуры перед первым рядом направляющих лопаток турбины. Полностью симметричное расположение горелок и, в результате этого, равномерный подвод газа к лопаткам при полной или частичной нагрузке - ни с чем не сравнимое преимущество газовых турбин класса мощности, соответствующих типу GT13E2. Подобное расположение горелок снижает усталостную нагрузку всех деталей, через которые протекает горячий газ, что соответственно повышает эксплуатационную надёжность и готовность ГТУ.

Принцип действия ЕV-горелки проиллюстрирован рисунком 3 [2].



- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1 – выпускная плоскость форсунки; | – предварительное смешивание; |
| 2 – испарение распыленного топлива; | – фронт пламени; |
| 3 – впрыск топливного газа; | – разрыв вихря; |
| 4 – воздух на горение; | – воздух на горение; |
| 5 – газообразное топливо; | – впрыск топливного газа; |
| 6 – жидкое топливо; | – Завихритель. |
| 7 – распыление; | |

Рисунок 3 – Принцип действия ЕV-горелки [2]

Горелка состоит из двух, слегка смещённых относительно друг друга конических половин, образующих два впускных воздушных шлица; газообразное топливо и воздух перемешиваются на входных воздушных шлицах и создают в горелке завихрение; топливовоздушная смесь покидает конус и поступает в факел, который стабилизируется без помощи механического стабилизатора пламени.

Работы, проводимые с 2008 года в кооперации компаниями Alstom и Vattenfall, завершились разработкой и внедрением горелки AEV, работающей на двух видах топлива [3, 4].

Изначально, горелки EV обеспечивали допустимые экологические показатели при снижении нагрузки до примерно 60% номинальной. Внедрение технологии горелок AEV для модернизации «AEV LPL» позволило расширить эксплуатационный диапазон ГТУ от базовой нагрузки до, приблизительно, 40% номинальной с сохранением соответствия нормам выбросов (рисунок 4) [3, 4].

Новая версия ГТУ GT13E2 MXL2 от Alstom – это эволюционная модернизация, которая превращает любой GT13E2 в версию установки с большей выходной мощности. Alstom представляет свою новую модернизацию GT13E2 MXL2 для удовлетворения потребностей клиентов в более низких эксплуатационных расходах и более высокой производительности.

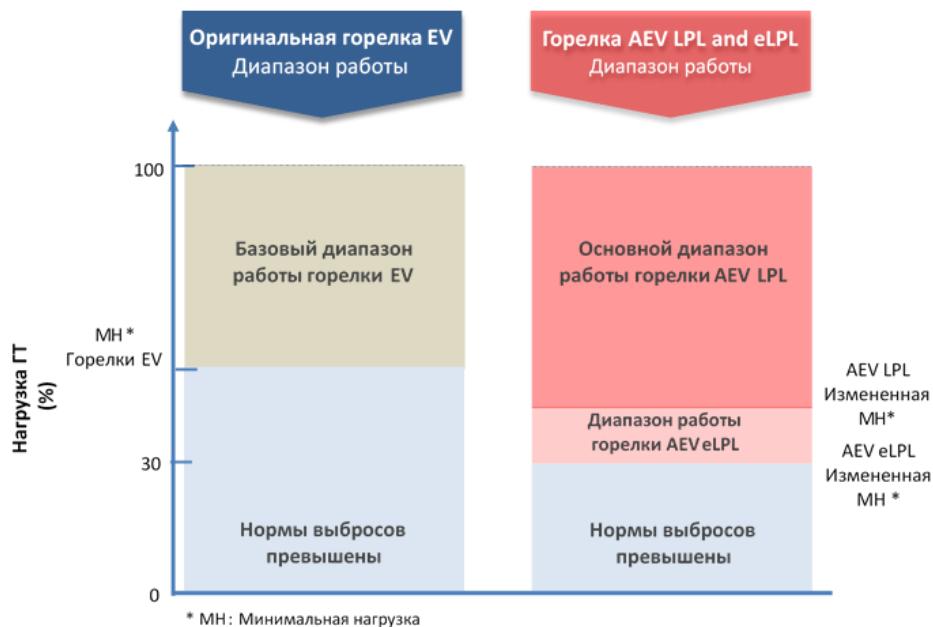


Рисунок 4 – Сравнительная характеристика горелок EV и горелок AEV [3]

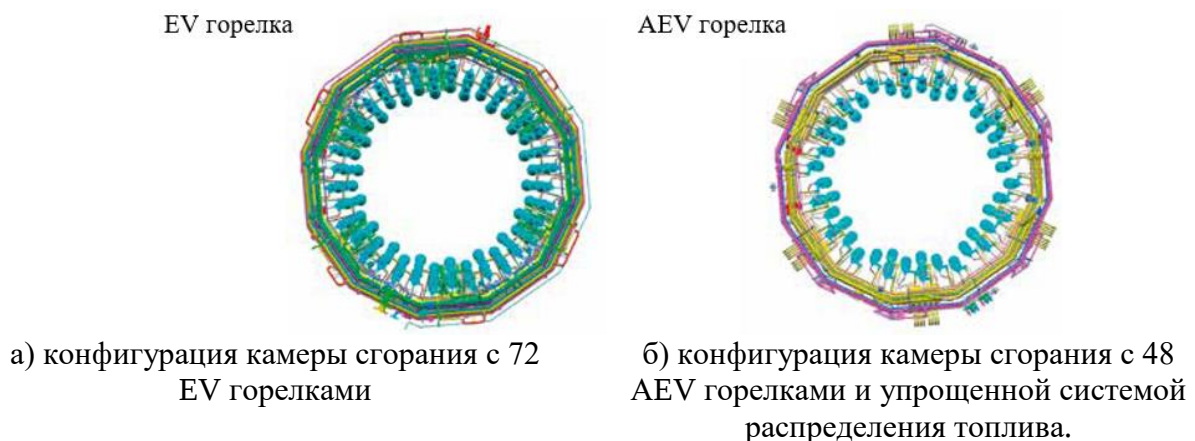


Рисунок 5 – Оригинальная и усовершенствованная конфигурация камеры сгорания GT13E2 [3]

Разработанная для совместимости со всеми установленными блоками GT13E2, новая модернизация GT13E2 MXL2 объединяет новейшие технологические разработки Alstom в единый привлекательный пакет (рисунок 6) [1].

Основываясь на уникальной концепции онлайн-коммутации – с режимом XL для продления срока службы и режимом М для максимальной производительности, GT13E2 MXL2 обеспечивает новые уровни производительности и срока службы, сохраняя при этом надежность и доступность мирового класса.

В режиме XL увеличиваются интервалы обслуживания. Когда рыночный спрос высок, а производственные выгоды максимальны, газовую турбину можно мгновенно переключить в режим М.

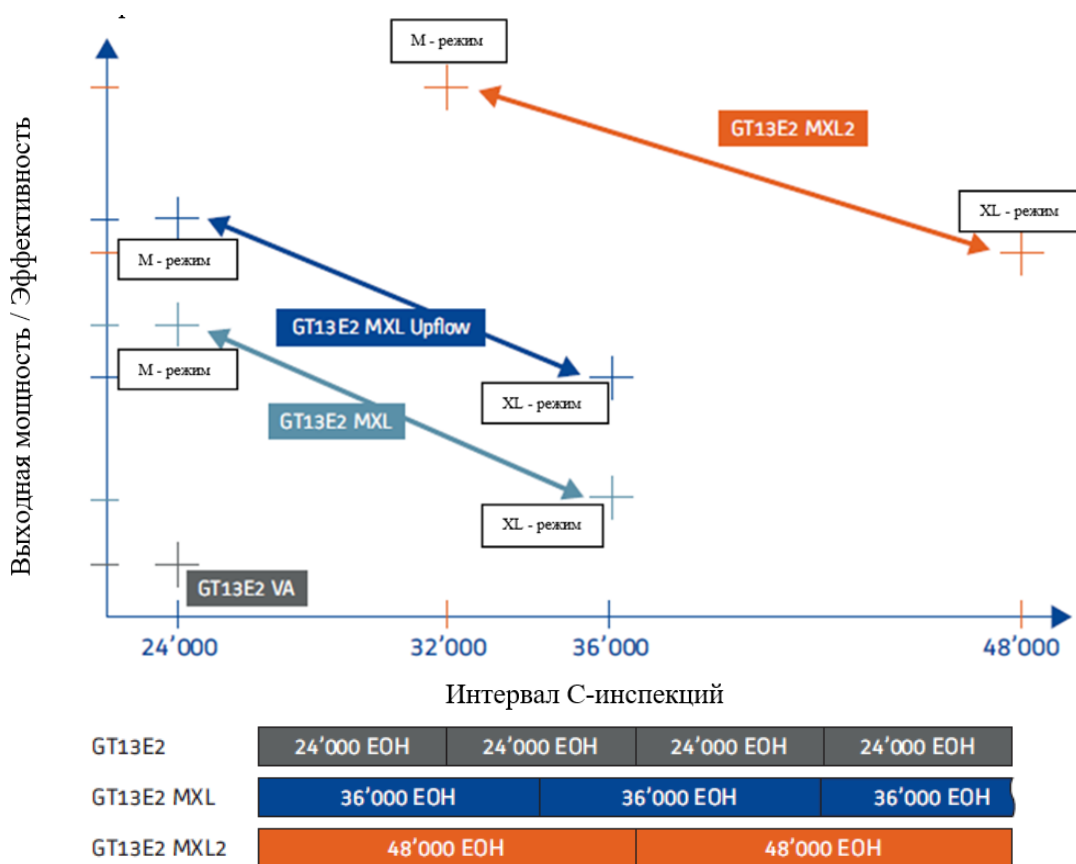


Рисунок 6 – Усовершенствованные характеристики ГТУ GT13E2 MXL2 [1]

Эксплуатационные преимущества:

- увеличение общей выходной мощности от 3 МВт до 15 МВт;
- полные 48 000 ЕОИ между проверками С, что вдвое больше интервала проверки по сравнению с исходным рейтингом GT13E2 и на треть больше, чем у GT13E2 MXL (рисунок 6) [1].

Заключение

Рассмотренные выше усовершенствования ГТУ GT13E2 направлены на повышение ее эксплуатационных характеристик:

- расширение регулировочного диапазона с сохранением высоких экологических показателей;
- удлинение интервала между инспекциями ГТУ;
- повышение ее мощности с периоды максимальных нагрузок энергосистемы.

Литература

1. GT13E2 MXL2 Upgrade. A quantum leap in efficiency and lifetime / Gas service solutions // Alstom. – 2012.
2. Устройство современной газотурбинной установки (ГТУ): [сайт]. – URL: https://www.gigavat.com/gtu_ustrojstvo2.php (дата обращения: 10.03.2025).
3. GT13E2 AEV Burner. An evolutionary gas turbine solution. – URL: www.alstom.com (date of access: 10.03.2025).
4. Extended Range of Fuel Capability for GT13E2 AEV Burner with Liquid and Gaseous Fuels / F. Güthe, J. S. Goldmeer // Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. – August 2018.