ДОКУМЕНТАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОВОЙ ТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Меньшенина Анна Владимировна
студент
Санкт-Петербургского горного университета,
РФ, г. Санкт -Петербург
E-mail: annamenshenina2902@mail.ru

Шаммазов Ильдар Айратович
д-р. техн. наук, проф.
Транспорта и хранения нефти и газа
Санкт-Петербургского горного университета
E-mail: shammazov_ia@pers.spmi.ru

OVERVIEW OF CHANGES IN THE CHARACTERISTICS OF A GAS TURBINE INSTALLATION AT HIGH AMBIENT TEMPERATURES

Anna Menshenina
Student
of of St. Petersburg Mining University,
Russia, St. Petersburg

Ildar Shammazov
Doctor of Technical Sciences, Professor
of Oil and Gas Transportation and Storage
St. Petersburg Mining University,
Russia, St. Petersburg

АННОТАЦИЯ

Актуальность этого исследования определяется не совершенными методами проектирования и подбора оборудования, а также необходимостью охлаждения на входе газовой турбины.

Цель этого исследования состояла в описании влияния высокой температуры окружающей среды на эксплуатируемую газовую турбину. А также продемонстрировать необходимость охлаждения газовой турбины на входе.

Основной задачей было следующее: обсудить как изменяются показатели газовых турбин при повышении температуры, а также продемонстрировать методы по улучшению ее работы. Охлаждение турбины создает возможности решения нестабильной работы газовых турбин. Теоретический и практический вклад материалов статьи - синтез качественных и количественных исследований по влиянию высокой температуры окружающей среды на газовую турбину.

Исследование показало, что данная проблема в основном затрагивает страны экваториальных широт и с зонами пустынь. Для улучшения работы газовых турбин при высоких температурах необходимо проводить дальнейшие научные исследования, изучая проекты и инновации, уже внедренные в организации, работу которых включают газовые турбины.

ABSTRACT

The relevance of this study is determined by imperfect methods of designing and selecting equipment, as well as the need for cooling at the gas turbine inlet.

The purpose of this study was to describe the effect of high ambient temperature on the operated gas turbine. And also demonstrate the need to cool the gas turbine at the inlet.

The main task was the following: to discuss how the indicators of gas turbines change with increasing temperature, as well as to demonstrate methods to improve its operation. Turbine cooling creates opportunities to solve unstable operation of gas turbines. The theoretical and practical contribution of the materials of the article is the synthesis of qualitative and quantitative studies on the effect of high ambient temperature on a gas turbine.

Библиографическое описание: Меньшенина А.В., Шаммазов И.А. ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОВОЙ ТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2023. 5(110). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/15575*

The study showed that this problem mainly affects countries of equatorial latitudes and with desert zones. To improve the operation of gas turbines at high temperatures, it is necessary to conduct further scientific research, studying projects and innovations already implemented in organizations whose work includes gas turbines.

Ключевые слова: газовая турбина, высокая температура окружающий среды, мощность, охлаждение на входе.
Keywords: gas turbine, high ambient temperature, power, cooling at the inlet.

Введение

Газотурбинные установки являются прогрессивными высокоэкономичными энергетическими системами, использующими в качестве рабочего тела продукты сгорания углеводородного топлива.

В последние годы производительность промышленных газовых турбин была улучшена благодаря значительным инвестициям в исследования и разработки с точки зрения эффективности преобразования топлива в электроэнергию, мощности установки, доступности и надежности. Более высокая доступность топливных ресурсов, таких как природный газ, значительное снижение капитальных затрат и внедрение опережающих циклов также стали фактором успеха в расширении использования газовых турбин для применения с базовой нагрузкой.

При проведении сравнительной оценки показателей эффективности газоперекачивающих агрегатов, оснащенных частотно-регулируемыми электроприводами и газовыми турбинами, А.А. Григорьев в своей работе «Высоковольтный электропривод газоперекачивающих агрегатов» пишет, что «газотурбинный привод имеет преимущества в местах, где существует дефицит электроэнергии, т.е. в местах добычи и переработки газа» [1].

Обзор литературы

Современный газотурбинный двигатель используется в современной энергетике уже почти полвека. Газовые турбины предназначены для работы с максимальной эффективностью в нормальных условиях эксплуатации и в определенных рабочих точках. Однако реальный мир не является оптимальным, и двигателю, возможно, придется работать в непроектных условиях из-за требований к нагрузке, различных температур окружающей среды, типов топлива, относительной влажности и скорости привода оборудования. Кроме того, все больше и больше газовых турбин с базовой нагрузкой вынуждены сегодня работать и на частичной нагрузке, что может повлиять на состояние пути горячего газа и продолжительность жизни. В этих непроектных условиях эффективность и скорость износа срока службы газовой турбины могут значительно отклоняться от проектных спецификаций.

Эшли Де Са и Сарима Аль Зубайди в статье «Производительность газовой турбины при изменяющейся температуре окружающей среды» установили связь, что при каждом повышении температуры окружающей среды выше ISO-условий газовая турбина SGT 94.2 теряет 0,1% с точки зрения теплового КПД и 1,47 МВт своей валовой (полезной) мощности [2].

Примерный опыт провели Генри Эгвар и А.И. Обанор и в статье «Исследование производительности газотурбинной электростанции SGT5-2000E в Бенин-Сити на основе энергетического анализа» описали результаты, что «при повышении температуры окружающего воздуха на 1 ºC наблюдаются падения на 1,16% чистой выходной мощности и 1,58% чистого теплового КПД». Кроме того, результаты показали, что производительность установки была ниже при высокой температуре окружающего воздуха и более низком коэффициенте давления компрессора [3].

С такой же проблемой столкнулась компания Saudi Electric Company, данная ситуация описана Абдулрахманом М. Аль-Ибрагимом и Абдулхади Варнхамом.в статье «Обзор технологий впускного воздушного охлаждения для повышения производительности турбин внутреннего сгорания в Саудовской Аравии». Опыты показали, что выходная мощность базовой нагрузки турбины сгорания зависит от расхода массы воздуха. А также «по мере повышения температуры воздуха, поступающего в турбину сгорания, плотность воздуха уменьшается, что приводит к снижению расхода массы воздуха» [4].

Примерный результат получили Даниэль Пинилья, Бланка Фолиако, Рикардо Васкес Падилья, Антонио Була в работе «Влияние высокой температуры окружающей среды на работу когенерационной установки на основе газовой турбины с дополнительным огнем в тропическом климате» и зафиксировали, что температура «окружающей среды снижает выходную мощность газовой турбины до 22% и снижает тепловой КПД примерно на 0,06% при каждом повышении °C выше условий ISO» [5].

Эдвард К.Б., Содик Ю.И. и Нкой Б. в работе «Оценка производительности газотурбинной электростанции» сделали вывод, что «на каждое повышение температуры окружающего воздуха наблюдалось увеличение на работы, выполненной компрессором [6].

Так же влияние окружающей среды описали Сян Гоу, Хань Чжан, Гуанъяо Ли, Юхао Цао в статье «Динамическое моделирование газовой турбины для рекуперации тепла при изменяющихся нагрузках и условиях окружающей среды». Большая изменяющаяся скорость нагрузки на газовую турбину может ускорить скорость отклика, но ухудшит стабильность системы, так как «изменение температуры окружающей среды от 5°C до 25°C существенно влияет на температуру дымовых газов от 473,18°C до 496,70°C» [7].

Салех Бааким, Джамель Орфи, Шейкер Алакель иХани Аль-Ансари в статье «Влияние условий окружающей среды арабских стран Персидского залива

на производительность газовых турбин с использованием анализа энергии и эксергии» проводят анализ энергии и эксергии газовых турбин. На рисунке 3 показано влияние условий окружающей среды на почасовую тепловую эффективность газовой турбины во всех городах.

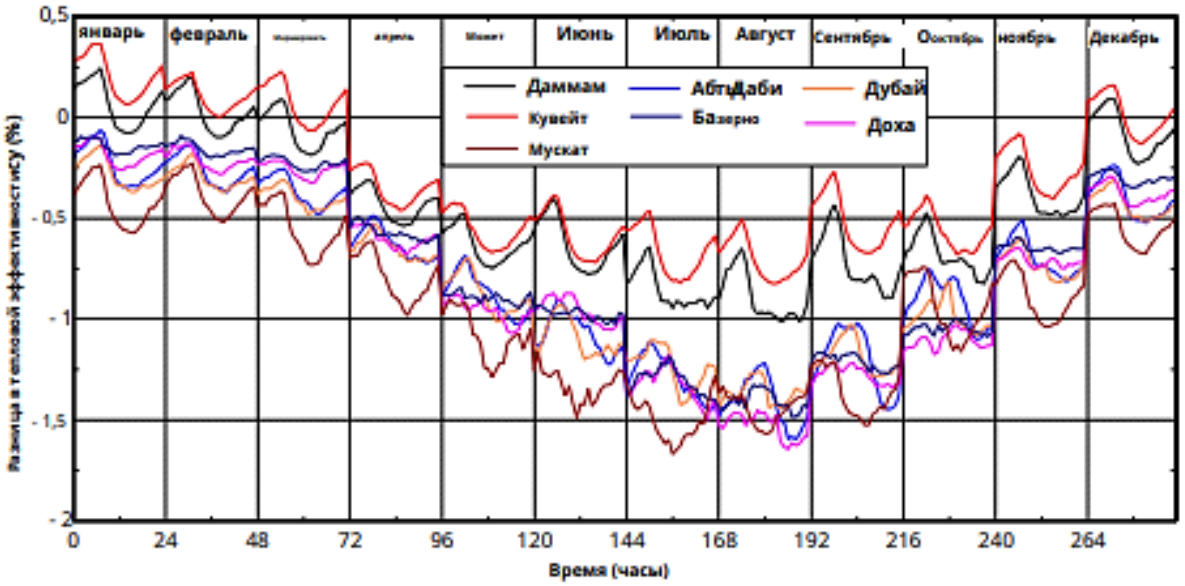

Рисунок 3. Влияние условий окружающей среды на часовую тепловую эффективность газовой турбины во всех городах [8]

Согласно работе, делается вывод, что влияние условий окружающей среды очевидно в основном в летнее время, когда мы можем видеть потери в тепловом КПД более 1,5%. Однако потери в тепловом КПД «сокращаются в Даммаме и Кувейте из-за их соответствующей более низкой относительной влажности.» [8].

Результаты

Результаты проведенного исследования влияния повышенной температуры окружающей среды на газовую турбину показали следующее:

- снижение выходной мощности турбины;
- снижение расхода массы воздуха;
- снижение теплового КПД.

При жаркой окружающей среде необходимо охлаждать воздух, чтобы повышать мощность газовой турбины, так как её мощность прямо пропорциональна массе объемного расхода воздуха.

Большинство ученых концентрируется на охлаждение на входе, которое особенно важно летом. Появляется возможность увеличения экономии топлива, так как улучшается выходная мощность, тепловая эффективность и запас перенапряжения.

Насиру Тукур и Эммануэль О. Осигве в работе «Модель согласования мощности газотурбины и газового компрессора в различных условиях окружающей среды» показали наглядно турбину, где не используется метод охлаждения на входе и где оно используется.

Если не использовать охлаждение, то газовой турбине потребуется больше топлива, чтобы компенсировать снижение мощности вала газовой турбины и увеличение мощности центробежного компрессора для поддержания устойчивого потока природного газа по трубопроводной сети. В работе делается вывод, что на каждый 1% повышения температуры окружающей среды требуется снижение выходной мощности газовой турбины на 1%. [9]

Салех Бааким, Джамель Орфи, Хани Аль-Ансари, Абдулмаджид Мохамад в статье «Газовые турбины в сочетании с механической системой сжатия пара в условиях окружающей среды в Эр-Рияде, Саудовская Аравия» показывает важность охлаждения газотурбинной установки.

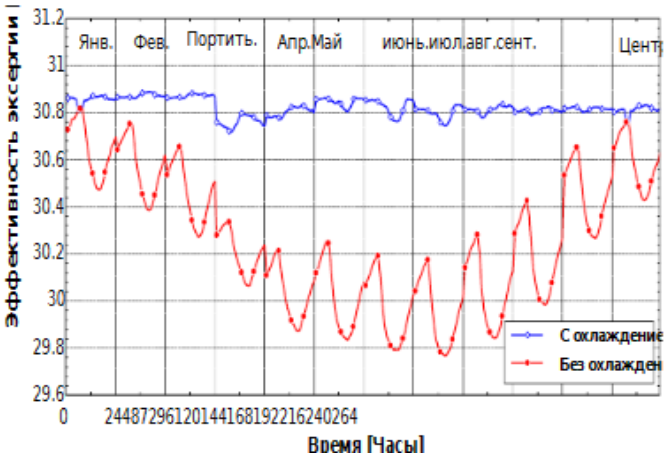

Рисунок 1. Эффективность эксплуатации газовой турбины без охлаждения [10]

Анализируя простую механическую систему сжатия пара, многоступенчатую механическую систему сжатия пара с промежуточным охлаждением в сочетании с конденсатором сухого воздуха и многоступенчатую механическую систему сжатия пара с промежуточным охлаждением в сочетании с конденсатором влажного воздуха авторы приходят к выводу, что «функциональная эксергетическая эффективность газовой турбины в сочетании с охлаждением примерно постоянна и выше, чем без блока охлаждения». Так же можно прийти к выводу, что по мере повышения температуры охлаждающей воды давление конденсатора уменьшается, что приводит к снижению мощности паровой турбины [10].

В статье Фирдауса Басрави, Таканобы Ямада, Кимио НаканишиСо Наинга «Влияние температуры окружающей среды на работоспособность микрогазовой турбины с когенерационной системой в холодной области» предварительное охлаждение на входе особенно важно летом, чтобы обеспечить соответствие электрической и тепловой мощности.

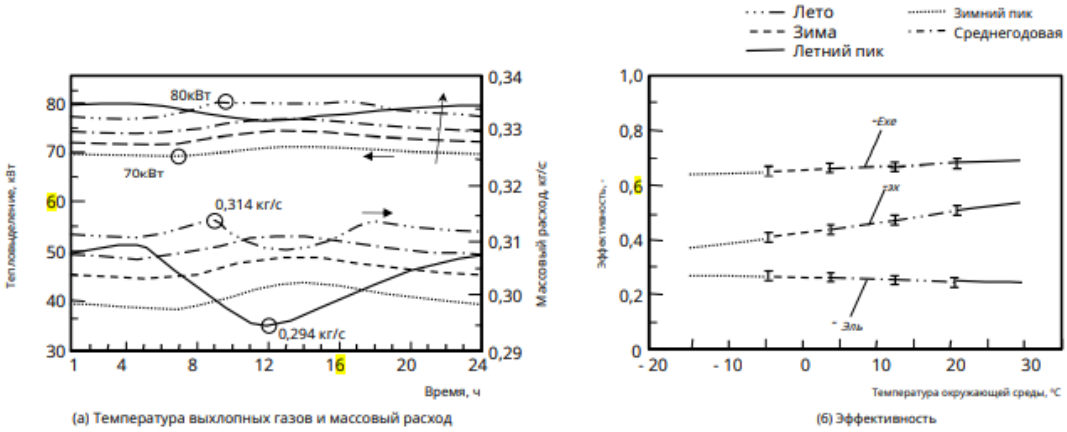

Рисунок 2. Массовый расход и условия нагрева выхлопных газов, а также связь температуры окружающей среды с эффективностью MGT-CGS при любых температурных условиях [11].

Авторы делают вывод, что «при повышении температуры окружающей среды тепло выхлопных газов к массовому расходу *Q*/*m* и рекуперация тепла выхлопных газов к массовому расходу *Q*/m увеличивались» [11].

Вывод

Газовые турбины имеют сложную конструкцию, из-за чего возникает множество проблем при эксплуатации. Наиболее важным из них является то, что они производят меньше энергии жаркую погоду, потому что их производительность сильно зависит от температуры окружающей среды.

При обнаружении падения производительности газовой турбины, предприятия охлаждают воздух на входе в нее. Так как изменять что-либо в конструкции турбины они не могут, из-за гарантийных обязательств и стоимости оборудования. При невозможности охлаждения, единственным вариантом будет установка еще одной газовой турбины, для поддержания производительности предприятия.

Список литературы:

1. А.А. Григорьев. Высоковольтный электропривод газоперекачивающих агрегатов// Записки горного университета.- Том 173.- 1 января 2007. УДК 622.691.4
2. Ashley De Sa, Sarim Al Zubaidy. Gas turbine performance at varying ambient temperature // Applied Thermal Engineering. October 2011. Volume 31. Issues 14–15. Pages 2735-2739. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2011.04.045
3. H.O. Egware, A.I. Obanor. The investigation of an SGT5-2000E gas turbine power plant performance in Benin City based on energy analysis // Energy Conversion and Management: X. December 2022. Volume 16. 100316. https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100316
4. Abdulrahman M. Al-Ibrahim, Abdulhadi Varnham. A review of inlet air-cooling technologies for enhancing the performance of combustion turbines in Saudi Arabia// Applied Thermal Engineering. October 2010. Volume 30. Issues 14–15. Pages 1879-1888. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2010.04.025
5. Daniel Armando Pinilla Fernandez, Blanca Foliaco, Ricardo Vasquez Padilla, Antonio Bula, Arturo Gonzalez-Quiroga. High ambient temperature effects on the performance of a gas turbine-based cogeneration system with supplementary fire in a tropical climate //Case Studies in Thermal Engineering. August 2021. Volume 26. 101206. https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101206
6. Edward C.B., Sodiki J.I., Nkoi B. Performance Assessment of a Gas Turbine Power Plant// International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). Jan 2023.Volume 11. Issue I. https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.48776
7. Xiang Gou, Han Zhang, Guangyao Li, Yuhao Cao, Qiyan Zhang. Dynamic simulation of a gas turbine for heat recovery at varying load and environment conditions// Applied Heat Engineering. August 2021. Volume 195. 117014. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.117014
8. Saleh Baakim, Jamel Orfi, Shaker Alakel iHani Al-Ansari.Influence of environmental conditions of the Arab countries of the Persian Gulf on the performance of gas turbines using energy analysis and exergy// Entropy. 17 January 2017. Volume 19. 10.3390/e19010032. https://doi.org/10.3390/e19010032
9. Nasiru Tukur, Emmanuel O. Osigwe. A model for booster station matching of gas turbine and gas compressor power under different ambient conditions// Heliyon. June 2021. Volume 7. Issue 6. E07222. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07222
10. Saleh Baakeem, Jamel Orfi, Hani Al-Ansari, Abdulmajeed Mohamad . Gas Turbines Coupled with Mechanical Vapor Compression System under Ambient Conditions of Riyadh, Saudi Arabia// Conference: 13th International Exergy, Energy and Environment Symposium (IEEES-13). March 2022. DOI: no
11. Firdaus Basrawi, Takanobu Yamada, Kimio Nakanishi, Soe Naing. Effect of ambient temperature on the performance of micro gas turbine with cogeneration system in cold region// Applied Thermal Engineering. May 2011.Volume 31. Issues 6-7. pp. 1058-1067. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2010.10.033