

Г.М. Тютөбаева, А.Н. Алдиярова

*Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Нур-Султан, Казахстан.
(E-mail: galiatyutebayeva@gmail.com, mizukiald@gmail.com)*

Улучшение экологии г.Алматы при использовании ГТУ

Аннотация: На сегодняшний день вопросы энергоэффективности, энергосбережения и внедрения экологически безопасных технологий являются актуальными.

Потому как загрязнение атмосферы г. Алматы остается значительной проблемой, в статье рассматривается один из вариантов снижения воздействия на экологическую обстановку города за счёт реконструкции Алматинской ТЭЦ-1. Путем применения газотурбинной технологии выброс вредных веществ уменьшится, в следствие чего и экологическая обстановка самого города улучшится.

Поскольку также присутствует износ основного оборудования, предлагается достичь результатов демонтажом устаревшего оборудования и установки в новом корпусе ГТУ с водогрейным КУ.

Ключевые слова: экология, выброс парниковых газов, газотурбинная установка, водогрейный котёл-утилизатор, теплоэлектроцентраль, матричное сжигание топлива.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7263-2019-127-2-95-99>

2 августа 2016 года Казахстан подписал Парижское соглашение по климату, тем самым присоединился к 193 странам. 4 ноября Парижское соглашение официально вступило в силу. Казахстан взял на себя обязательство к 2030 году сократить выбросы парниковых газов на 15 процентов. Цель Соглашения – не допустить увеличения температуры на планете более чем на 2 градуса по Цельсию. В Документе обозначены и другие задачи – помощь от развитых стран развивающимся в виде передачи технологий по улучшению климата и финансирования экологических проектов, создание новых рабочих мест.

Доля выбросов парниковых газов Казахстана составляет чуть меньше 1% от всех выбросов в мире. Этого достаточно, чтобы включиться в борьбу с глобальным потеплением.

Крупнейший мегаполис Казахстана, город Алматы, испытывает экологические проблемы. Город находится в числе одних из самых загрязненных в мире. Источниками загрязнения являются выбросы от автотранспорта и стационарных объектов.

Расположение г. Алматы в предгорьях Заилийского Алатау и климатические условия района создают предпосылки для накопления в атмосфере города загрязняющих веществ.

В целях снижения выбросов вредных веществ от стационарных источников принято решение перевести ТЭЦ – 1 г. Алматы на использование в качестве топлива только природного газа.

Основные технические решения по реконструкции и расширению Алматинской ТЭЦ-1 обусловлены значительным износом установленного основного оборудования и решением Акимата о существенном снижении воздействия на экологическую обстановку города и перераспределением мощностей источников АО «Алматинские Электрические Станции».

В связи с достижением установленного срока наработки основного оборудования на Алматинской ТЭЦ-1 предусматривается поэтапный вывод из эксплуатации части существующих паровых котлов, паровых турбин и водогрейных котлов.

Структура топливного баланса Алматинской ТЭЦ-1 на сегодняшний день такова, что доля природного газа составляет более 90%.

В связи с этим реконструкцию ТЭЦ-1 будет целесообразнее осуществлять с применением газотурбинных технологий.

Рассмотрим предлагаемые современные схемы и решения при использовании газотурбинных установок.

Создание высокоэффективных энергетических установок, обеспечивающих наряду с экономией топлива улучшение экологических показателей, уменьшение стоимости всего жизненного цикла, является одной из самых актуальных задач.

Сложились два направления развития энергетических газотурбинных установок:

Первое направление: Повышение температуры газа перед турбиной в ГТУ простого цикла. Сейчас разрабатываются ГТУ простой схемы с температурой газа 1773... 1873 К, предназначенные в основном для работы в составе комбинированных газопаровых энергетических установок с общим КПД 60 - 65%, где непосредственно ГТУ имеют КПД 40... 42%.

Второе направление: Создание многоагрегатных ГТУ более совершенных термодинамических схем с КПД до 45... 47% и более.

Подход, развитый научной школой газотурбостроения МГТУ им. Баумана, состоит в улучшении безрегенеративных и регенеративных ГТУ и комбинированных установок, работающих при разных температурах газа и обеспечивающих получение КПД на уровне 40-46% при умеренных температурах и более 60% при ее повышении [1].

Приближение термодинамического цикла к циклу Карно при использовании промежуточных охладителей в процессах сжатия с высоким значением степени повышения давления в компрессоре высокого давления, промежуточных подогревов в процессах расширения с большим значением степени расширения в турбине низкого давления - особенность современных ГТУ.

При использовании высокотемпературной ГТУ целесообразна полужамкнутая система охлаждения турбин [3]. Одной из причин увеличения мощности ГТУ с полужамкнутой системой охлаждения является то, что через ступени турбины с полужамкнутым охлаждением идет полный расход газа, равный сумме расхода воздуха при выходе из компрессора и расхода топлива в камере сгорания за вычетом утечек через уплотнения.

В последнее время зарубежные производители провели ряд экспериментов по разработке ГТУ на повышенные степени увеличения давления до 40 с применением промежуточного охлаждения при сжатии, что позволило уменьшить мощность, потребляемую компрессорами, и снизить температуру воздуха, идущего на охлаждение газовой турбины.

Повышение КПД и удельной мощности в созданных установках достигается за счет введения промежуточного подогрева после ТВД, впрыском пара в камеру сгорания ГТУ, впрыском воды на входе в компрессор, впрыском воды на входе в рекуператор ГТУ регенеративного цикла. В некоторых случаях КПД таких парогазовых установок с утилизацией теплоты может достигать до 52% при высоком уровне коэффициента использования топлива и улучшении экологических показателей. Расположение камер сгорания промежуточного подогрева возможно в двух вариантах: 1) перед турбиной низкого давления и 2) перед турбиной среднего давления на роторе с нагрузкой.

Внедрению ГТУ замкнутого цикла повышенной единичной мощности мешает нагреватель воздушного котла, который ухудшает технико-экономические и эксплуатационные показатели ГТУ закрытого цикла (ЗГТУ) по сравнению с ГТУ открытого цикла. Затраты на нагреватель могут составить примерно 40% всех капиталовложений в установку.

Большое преимущество ЗГТУ - это возможность передачи большого количества теплоты в теплофицированную сеть без понижения электрического КПД установки.

Одним из важнейших этапов повышения эффективности работы ГТУ является разработка горелки камеры сгорания ГТУ [2]. В работе [2] показано влияние геометрической формы жаровой трубы на прилипание факела пламени. При этом жаровая труба с квадратной формой поперечного сечения в этом плане эффективнее, чем труба круглого сечения.

Больше половины эксплуатируемых газотурбинных установок имеют огромные тепловые потери на выхлопных газах ГТУ. Для увеличения прибыли от эксплуатации ГТУ Компанией GE найдено несколько инновационных решений за счет повышения суммарного КПД установок, получения дополнительной электроэнергии и ограничения выбросов вредных веществ в атмосферу [4].

Одно из предложений - доработать газотурбинную установку оборудованием с пентановым циклом для утилизации выхлопных газов. Это решение представляет собой термодинамический процесс, основанный на классическом цикле Ренкина. Повышение термодинамической эффективности простого цикла газотурбинного двигателя осуществляется за счет увеличения начальной температуры газа в двигателе и совершенствования его элементов [5]. При достигнутых значениях начальной температуры газа в двигателе дальнейшее повышение энергоэффективности осуществляется за счет усложнения цикла ГТД, а также создания комбинированных ГТУ, где дополнительный двигатель, работающий по паротурбинному или газотурбинному циклу, использует энергию выхлопных газов основного ГТД.

Утилизация отработанных выхлопных газов в теплообменных устройствах (экономайзерах, паровых котлах и т.д.) влечет, кроме увеличения общего КПД установки, понижение температуры уходящих выхлопных газов, выбрасываемых в атмосферу, что уменьшает количество окислившегося атмосферного азота, а также снижает тепловые нагрузки атмосферы и влияние на местные тепловые условия.

Другим направлением работ по снижению токсичности ГТУ является совершенствование процессов смесеобразования и горения путем применения камер сгорания с предварительным смесеобразованием и каталитическим процессом сгорания, обеспечивающих концентрацию NO_x 10-25 млн⁻¹ при сжигании природного газа и 70 млн⁻¹ при сжигании жидких топлив, а также минимальных концентраций СО во всем диапазоне работы ГТУ.

В результате использования современных, наиболее экологически и экономически эффективных ГТУ, можно сэкономить, по оценке Энергетического института Российской Академии наук, до 30 % и более энергетических ресурсов, соответственно общее количество выбросов загрязняющих веществ при этом сократится, как минимум, на ту же величину.

ГТУ благодаря своей компактности, высокой удельной мощности, энергоэффективности, экономичности и маневренности получили широкое распространение в энергетике. Однако по мере нарастания экологических проблем и связанного с этим ужесточения экологических норм возникла необходимость кардинального улучшения их эмиссионных характеристик. Предлагавшиеся до сих пор решения проблемы создания малоэмиссионных газовых турбин основывались на различных модификациях процесса горения, не затрагивающих основные принципы факельного сжигания топлива в камере сгорания.

В качестве радикального решения этой проблемы авторами предложен новый тип камеры сгорания (КС) ГТУ, процесс горения в которой ориентирован на достижение минимального уровня выброса вредных веществ. Таким типом низкоэмиссионных горелочных устройств являются проницаемые объемные матрицы (объемные матричные горелки). Они сочетают отличные эмиссионные характеристики с высокой эффективностью конверсии различных типов топлива и высокой плотностью потока энергии с единицы поверхности.

Отказ от традиционного для современных КС ГТУ факельного сжигания топлива в турбулентном потоке со ступенчатой подачей воздуха и переход на беспламенное структурированное ламинарное сжигание вблизи поверхности проницаемой для газа объемной матрицы позволяет практически полностью снять проблему образования оксидов азота. При этом развитая поверхность объемной матрицы заменяет развитую поверхность пламени при турбулентном горении в факеле традиционной КС, а обратная тепловая связь через поверхность матрицы заменяет обратную конвекционную связь в турбулентном потоке. Следует отметить, что матричное сжигание топлива принципиально отличается как от каталитического сжигания, так и от фильтрационного горения в пористой среде, так как процесс горения протекает в газовой фазе над поверхностью матрицы, которая играет роль химически нейтрального теплоносителя, рекуперирующего часть тепла химической реакции горения для подогрева входящей в зону реакции топливно-воздушной смеси.

В отличие от каталитического сжигания при сжигании топлива над поверхностью матрицы продукты сгорания практически не взаимодействуют с твердой поверхностью, что снимает многие проблемы, свойственные каталитическому сжиганию и ограничивающие его широкое применение.

Эффективная рекуперация тепла из зоны горения в тело матрицы в таком устройстве позволяет сжигать очень бедные смеси, горение которых протекает при более низкой температуре, чем при факельном сжигании. При этом равновесная концентрация оксидов азота, образующихся в пламени в соответствии с механизмом Зельдовича, становится очень низкой. При характерных температурах «беспламенного» матричного горения, не превышающих 1300°C , концентрация «термического» NO , как правило, не превышает нескольких ppm. При этом обеспечиваемая высокой температурой входящих газов высокая полнота сгорания топлива одновременно приводит к низкой эмиссии CO , полиароматических углеводородов (ПАУ) и других продуктов неполного сгорания топлива.

На основании проведенных экспериментальных исследований, теоретических оценок и математического моделирования процесса матричного горения была разработана концептуальная схема многокамерной малоэмиссионной КС ГТУ для работы при давлениях до 10 атм.

Таким образом, уникально низкий уровень эмиссии вредных веществ, высокая удельная плотность потока энергии, значительное упрощение конструкции КС и прогнозируемые в связи с этим повышение ее ресурса и снижение металлоемкости создают хорошие предпосылки для практического использования матричных КС в энергетике.

В связи с этим реконструкцию ТЭЦ-1 г. Алматы целесообразнее осуществлять с применением новых разработок газотурбинных технологий, с установкой газотурбинного оборудования и водогрейных котлов-утилизаторов (КУВ) для покрытия тепловых нагрузок или с использованием парогазовых установок.

Список литературы

- 1 Осипов М.И., Моляков В.Д., Олесевич К.А., Тумашев Р.З. Перспективные направления повышения эффективности ГТУ// Газотурбинные технологии. -2011. - №3 (96). - С. 2-7.
- 2 Ведищев А.Ф., Данилец Л.А., Хряков Б.В. Влияние формы жаровой трубы камеры сгорания ГТУ на структуру потока// Газотурбинные технологии. -2010. - №10 (91). - С. 6-9.
- 3 Уваров В.В. Газовые турбины и газотурбинные установки. - М.: Высшая школа, 1970. - 320 с.
- 4 Буррато А. Повышение общей эффективности термодинамического цикла газотурбинной установки// Газотурбинные технологии. - 2010-№7 (88). - С. 16-17.
- 5 Матвеев В.Т., Очеретяный В.А. Энергоэффективность комбинированных ГТУ с утилизирующими турбинными двигателями// Газотурбинные технологии. -2010-№7 (88). - С. 44-48.
- 6 Елисеев Ю.С., Манушин Э.А., Михальцев В.Е., Осипов М.И., Суровцев И. Г. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок. - М.: Изд.-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. - 640 с.
- 7 Рахметов А. Н., Шмелев В. М., Захаров А. А., Арутюнов В. С. Новый тип малоэмиссионных камер сгорания для газотурбинных установок на основе объемных проницаемых матриц// Горение и взрыв. -2013. - Т.6. №6. - С. 61-64

Г.М. Тютеебаева, А.Н. Алдиярова

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нур-Сұлтан, Қазақстан

Алматы ЖЭО-1 де газ турбиналы қондырғысы арқылы Алматы қаласының экологиясын жақсарту

Аннотация: Бүгінде энергия тиімділігін арттыру, энергияны үнемдеу және экологиялық таза технологияларды енгізу өзекті болып табылады.

Алматы атмосферасының ластануы елеулі мәселе болып қала беретіндіктен, мақалада Алматы ЖЭО-1-ні қайта құрудың арқасында қаланың экологиялық жағдайына есер етуді азайтудың бір нұсқасын қарастырады. Газ турбиналық технологиясын қолдану арқылы зиянды заттар шығарындылары төмендейді, соның салдарынан қаладағы экологиялық жағдай жақсарады.

Негізгі құрал-жабдықтардың тозуы болғандықтан, ескірген жабдықты бөлшектеу және жаңа корпусында газ турбиналы қондырғысы мен ыстық су қазандығыны орнату арқылы нәтижелерге қол жеткізу ұсынылады.

Түйін сөздер: экология, парниктік газдарының шығарындылары, газ турбиналы қондырғы, су жылтатын утилизаторлық қазан, жылу электр орталығы, матрициалық отының жануы.

G.M. Tyutebayeva, A.N. Aldiyarova

S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Improving the ecology of Almaty when using gas turbine installation at Almaty TPP-1

Abstract: Today, issues of energy efficiency, energy conservation and the introduction of environmentally friendly technologies are relevant.

Because the pollution of the atmosphere of Almaty remains a significant problem, the article considers one of the options for reducing the impact on the ecological situation of the city, due to the reconstruction of Almaty Thermal Power Plant-1.

By using gas turbine technology, the emission of harmful substances will decrease, as a result of which the ecological situation of the city itself will improve. In connection with the deterioration of the main equipment, it is proposed to achieve results by dismantling outdated equipment and introducing a gas turbine installation and a waste heat-recovery boiler in a new case.

Keywords: ecology, greenhouse gases emission, gas- turbine installation, waste heat- recovery boiler, thermal power plant, matrix combustion of fuel

References

- 1 Osipov M.I., Molyakov V.D., Olesevich K.A., Tumashev R.Z. Perspektivnye napravleniya povysheniya effektivnosti GTU [Promising areas of improving the efficiency of gas turbines], *Gazoturbinnye tekhnologii* [Gas turbine technologies], 96(3), 2-7(2011).
- 2 Vedishchev A.F., Danilec L.A., Hryakov B.V. Vliyanie formy zharovoj trubki kamery sgoraniya GTU na strukturu potoka [The influence of the shape of the flame tube of the combustion chamber of a gas turbine on the flow structure], *Gazoturbinnye tekhnologii* [Gas turbine technologies], 91(10), 6-9(2010).
- 3 Uvarov V.V. Gazovye turbiny i gazoturbinnye ustanovki [Gas turbines and gas turbine plants] (Vysshaja shkola, Moscow, 1970).
- 4 Burrato A. Povyshenie obshchej effektivnosti termodinamicheskogo cikla gazoturbinoj ustanovki [Increasing the overall efficiency of the thermodynamic cycle of a gas turbine installation], *Gazoturbinnye tekhnologii*. [Gas turbine technologies], 88(7), 16-17(2010).
- 5 Matveenko V.T., Ocheretyanyj V.A. Energoeffektivnost' kombinirovannyh GTU s utiliziruyushchimi turbinnymi dvigatelyami [Energy efficiency of combined gas turbines with utilizing turbine engines], *Gazoturbinnye tekhnologii* [Gas turbine technologies], 88(7), 44-48 (2010).
- 6 Eliseev Yu.S., Manushin E.A., Mihal'cev V.E., Osipov M.I., Surovcev I G. Teoriya i proektirovanie gazoturbinnih i kombinirovannyh ustanovok [Theory and design of gas turbine and combined plants] (Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 2000).
- 7 Rahmetov A. N., Shmelev V. M., Zaharov A. A., Arutyunov V. S. Novyj tip maloemissionnyh kamer sgoraniya dlya gazoturbinnih ustanovok na osnove ob'emnyh pronicaemyh matric [New type of low-emission combustion chambers for gas turbine installations based on permeable volumetric matrices], *Gorenie i vzryv* [Burning and explosion], 6(6), 61-64(2013).

Сведения об авторах

Тютеебаева Г.М. - кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Теплоэнергетика», Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Нур-Султан, Казахстан.

Алдиярова А.Н. - магистрант II курса специальности 6M071700 - «Теплоэнергетика», Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Нур-Султан, Казахстан.

Тютеебаева Г.М. – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the “Heat Power Engineering” Department, S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Алдиярова А.Н. – second year Master student of 6M071700 – the “Heat Power Engineering” specialty, S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 04.03.2019