

ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Уханов Д.М.¹, Зволинский В.П.², Половых С.О.³, Юрченко С.И.⁴, Дарда И.В.⁴

¹ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия (113093, г. Москва, ул. Подольское шоссе, 8/5), danya551@mail.ru

² ФГБОУ ВПО «МАТИ — Российский государственный технологический университет им. К. Э. Циолковского», Москва, Россия (121552 г. Москва, ул. Оршанская), v_zvolinski@mail.ru

³ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия (113093, г. Москва, ул. Подольское шоссе, 8/5), sanitar9@mail.ru

⁴ НОУ ВПО «Академия МНЭПУ», Москва, Россия (115230, г. Москва, ул. Космонавта Волкова, 20), ivdarda@gmail.com

В статье дан анализ экологических аспектов повышения энергоэффективности и снижения выбросов от парогазотурбинных электростанций ЖКХ. В качестве примера была выбрана ТЭС «Терешково» в районе Солнцево Новой Москвы, при строительстве которой была применена передовая технология, совмещающая газотурбинные установки, котлы-утилизаторы и паровую турбину для производства энергии и тепла. Внедрение данной технологии позволяет сократить потребление ископаемого топлива за счет высокого КПД. Согласно расчетам, применение парогазотурбинной установки приводит к значительному сокращению выбросов CO₂, загрязняющих веществ (оксиды азота, бенз(а)пирена, монооксида углерода) и полностью исключает загрязнение оксидом серы, сажей и золой. Парогазотурбинные электростанции являются наиболее экономически и экологически привлекательными технологиями для электро- и теплоснабжения.

Ключевые слова: теплоэлектроэнергетика, энергоэффективность, ЖКХ, сокращение выбросов, парогазотурбинная электростанция.

OPPORTUNITIES AND PERSPECTIVES OF INCREASING EFFICIENCY OF HEAT AND ELECTRICAL POWER ENGINEERING IN HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

Ukhanov D.M.¹, Zvolinski V.P.², Polovykh S.O.³, Yurchenko S.I.⁴, Darda I.V.⁴

¹ Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia (113093, Moscow, st. Podol'skoe shose, 8/5), danya551@mail.ru

² MATI — Russian State Technological University, Moscow, Russia (121552, Moscow, st. Orshanskaya, 3), v_zvolinski@mail.ru

³ Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia (113093, Moscow, st. Podol'skoe shose, 8/5), sanitar9@mail.ru

⁴ Academy MNEPU, Moscow, Russia (115230, Moscow, st. Kosmonavta Volkova, 20), ivdarda@gmail.com

The paper analyzes the environmental aspects of energy efficiency and reduction of emissions from combined steam and gas power plant of housing communal services. As an example, has been chosen thermal power plant "Tereshkovo" in the new Moscow, with the construction of which was applied advanced technology that combines gas turbine plants, waste heat boilers and a steam turbine to generate power and heat. Introduction of this technology allows to reduce fossil fuel consumption due to high efficiency. According to calculations usage of combined steam and gas power plant installation leads to a significant reduction in CO₂ emissions, pollutants (nitrogen oxides, benzopyrene, carbon monoxide) and eliminates pollution of sulfur dioxide, soot and ash. Combined cycle gas turbine heat power plants are the most economically and environmentally attractable technologies for electricity and heat supply.

Key words: heat and electrical power engineering, energy efficiency, housing communal services, reduction of emissions, combined steam and gas power plant.

Энергетика — основа развития сырьевых отраслей, сельского хозяйства, тяжелой и легкой промышленности, ЖКХ и экономики в целом. В развитых странах энергетика опережает по темпам развития другие отрасли. Однако энергетика – один из источников

негативного воздействия на окружающую среду. Половина всего объема выбросов и техногенных отходов приходится на долю топливно-энергетического комплекса. Повышение энергоэффективности производства позволит сократить выбросы загрязняющих веществ (ЗВ), улучшить экологическую обстановку и обеспечить энергетическую безопасность и конкурентоспособность национальных экономик.

Россия занимает третье место в мире по объёму энергопотребления среди стран – крупнейших потребителей энергии (после США и Китая). Одна из причин высокой энергоёмкости экономики России заключается в том, что значительная часть территории страны находится в холодных климатических поясах. Вторая причина низкой энергоэффективности промышленности и экономики страны заключается в технологическом отставании. Снижение энергоёмкости в России позволит сэкономить 45 % потребляемой энергии и снизить выбросы CO₂ в 2 раза. Инвестиции в энергоэффективность экономики дадут возможность снизить энергоёмкость производства, удовлетворить растущий спрос на энергоресурсы и в 3 раза уменьшить капиталовложения, необходимые для строительства новых генерирующих мощностей.

В настоящее время проблема обеспечения электрической и тепловой энергией в Московском регионе стоит достаточно остро: строятся новые дома и районы, которые необходимо снабжать теплом и электричеством. Для решения этих задач 25.05.2006 г. Правительство Москвы совместно с РАО ЕЭС России приняло «Программу первоочередных мероприятий по строительству и реконструкции электроэнергетических объектов в Москве», согласно которой в Московской энергосистеме за период с 2006 по 2010 гг. планировалось ввести в эксплуатацию свыше 5800 МВт электрической и 4785 Гкал/ч тепловой мощности. Основными источниками электроэнергии стали газотурбинные электростанции. Данные объекты построены частными компаниями, и право на строительство определялось по результатам конкурса в зависимости от эффективности технологии и удовлетворения техническим требованиям.

Один из построенных энергетических объектов (2005-2011 гг.) – ГТЭС в коммунальной зоне Терешково района Солнцево – типичного спального района города с населением 85 900 человек. При строительстве объекта была применена передовая технология, совмещающая газотурбинные установки (ГТУ), котлы-утилизаторы (КУ) и паровую турбину для производства электроэнергии и тепла с высоким КПД – 50-52%, что находится на уровне мировых достижений в данной отрасли. Для таких теплоэлектростанций применяется термин – парогазотурбинная электростанция (ПГТЭС).

ПГТЭС «Терешково» установленной мощностью 186,7 МВт и 150 Гкал/ч имеет следующую схему: три газотурбинные установки (ГТУ), три паровых котла-утилизатора

(КУ) и одна паротурбинная установка (ПТУ). Данная электростанция оснащена байпасными (обводными) дымовыми трубами на выхлопе газовых турбин, обеспечивающая (при необходимости) возможность работы турбин по открытому циклу. Схема ПГТЭС «Терешково» представлена на рисунке 1.

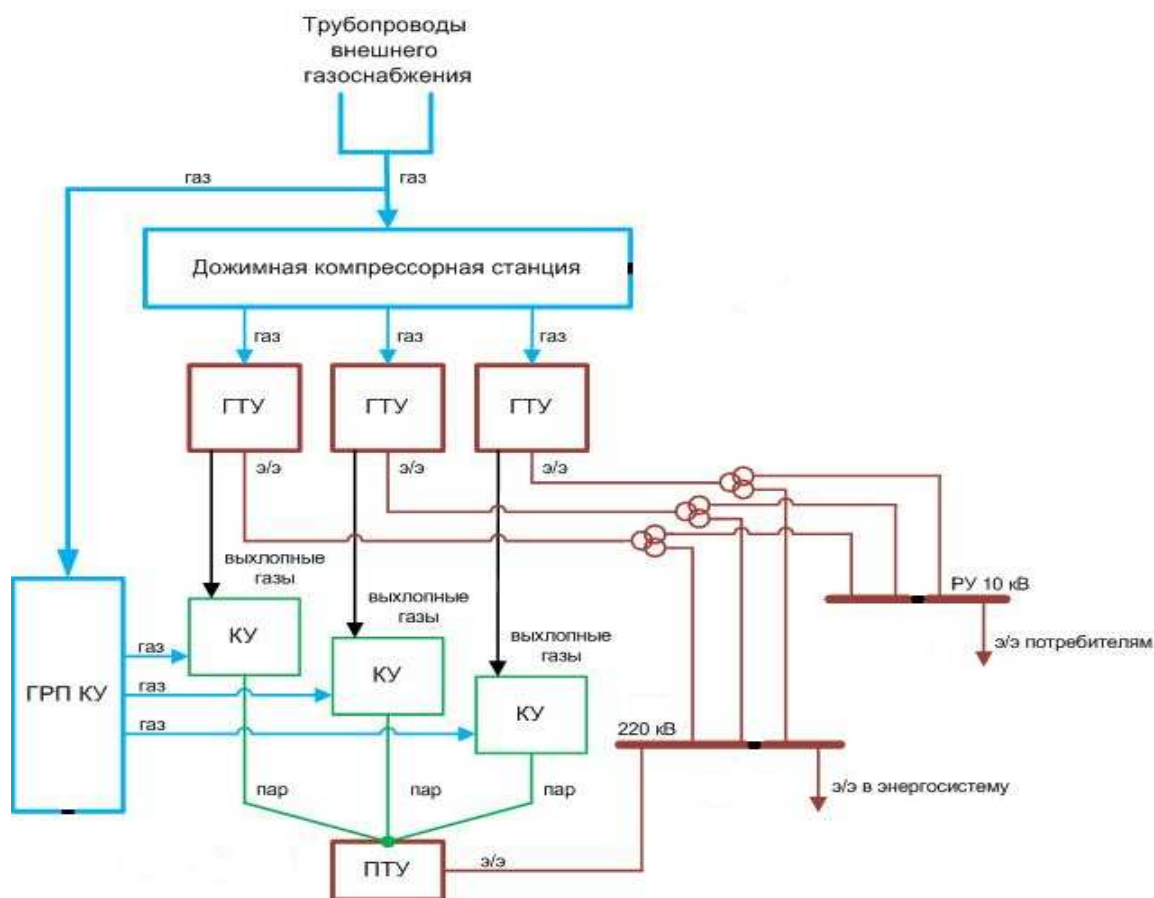


Рисунок 1. Схема ПГТЭС «Терешково»

Цель данной работы заключалась в анализе экологических аспектов повышения энергоэффективности и снижения выбросов от парогазовых газотурбинных электростанций на примере Московского региона. Внедрение технологии, которая намного превышает средний КПД типовых российских ТЭЦ (порядка 30 %), приводит к значительной экономии ископаемого топлива (природного газа) и к уменьшению выбросов ЗВ в атмосферу, а также к уменьшению выбросов парниковых газов, в частности, диоксида углерода.

Если бы проект не осуществлялся, требуемая тепловая энергия для района поставлялась бы с близлежащих районных тепловых станций (РТС), а электроэнергия – из общей электрической сети. Если сравнивать две ситуации: с проектом (проектный сценарий) и без проекта (исходные условия), то можно оценить положительный эффект от внедрения новой технологии.

Для расчета выбросов вредных веществ при сжигании газа в качестве модели используются параметры водогрейного котла марки ПТВМ-60 (КВ-ГМ-69,8-150),

оснащенного газомазутными горелками (производство ОАО «Дорогобужкотломаш»). Котлоагрегаты марки ПТВМ являются типичным оборудованием для современного теплоэнергетического хозяйства г. Москвы. Расчет проводился по Методике определения валовых выбросов ЗВ в атмосферу от котельных установок ТЭС [2].

Исходные условия по электроснабжению предусматривают импорт из общей электрической сети. Согласно [1], процентное соотношение в использовании различных видов топлива в России следующее: 68,1% – природный газ, 25,3% – уголь, 6,6% – мазут. Исходя из этого были рассчитаны выбросы ЗВ при производстве электроэнергии.

В таблице 1. приведены результаты расчетов относительных сокращений выбросов ЗВ в результате применения парогазовой газотурбинной технологии.

Таблица 1. Относительные сокращения выбросов ЗВ в результате применения парогазовой газотурбинной технологии.

Загрязнители	Выбросы ЗВ при исходных условиях**, тонн	Выбросы ЗВ в результате проектной деятельности*, тонн	Сокращения выбросов ЗВ, тонн	Относительные сокращения выбросов ЗВ, %
NO _x	3524,8	2408,9	1115,9	68
CO	5689,8	327,3	5362,5	6
Бенз(а)пирен	0,00144	0,0004	0,00104	27
SO ₂	25884,4	0	25884,4	100
Зола	24552,6	0	24552,6	100
Сажа	5601,7	0	5601,7	100

* под проектной деятельностью подразумевается строительство ПГТЭС, вырабатывающей электрическую и тепловую энергию.

** под исходными условиями подразумевается поставка эквивалентного проектному количеству электроэнергии из общей сети и тепловой энергии от соседних РТС.

Расчеты показывают, что применение парогазотурбинной установки приводит к значительному уменьшению выбросов таких загрязняющих веществ, как оксиды азота, бенз(а)пирен, монооксид углерода. Кроме того, использование данной установки, работающей только на природном газе, позволяет полностью исключить загрязнение такими веществами, как оксид серы, сажа и зола, которые обычно образуются при сжигании мазута или угля, так как природный газ перед подачей в трубопровод очищается от примесей и на 95% состоит из метана.

Предлагаемая технология приводит к значительным сокращениям выбросов парникового газа – диоксида углерода, что было принято во внимание при принятии решения о применении парогазотурбинной технологии и позволяет получить

дополнительное финансирование за счет продажи единиц сокращенных выбросов. При расчете сокращений выбросов парникового газа использовалась собственная методология, разработанная на основе [3].

Для расчета сокращений рассчитывались выбросы CO₂, образующегося в результате работы ПГТЭС «Терешково», и выбросы при работе соседних РТС для выработки тепла и электростанций общей сети для производства электроэнергии (исходные условия).

Проектные выбросы рассчитывались по следующей формуле:

$$PE = PE_{ГТУ} + PE_{КУ},$$

где: PE – проектные выбросы, тонн CO₂ /год; PE_{ГТУ} – проектные выбросы от работы газотурбинных установок, тонн CO₂/год; PE_{КУ} – проектные выбросы от работы котлов-утилизаторов, тонн CO₂/год.

Проектные выбросы от работы газотурбинных установок (PE_{ГТУ}) рассчитываются:

$$PE_{ГТУ} = FC_{ГТУ} * EF_{ПГ},$$

где: FC_{ГТУ} – потребление топлива ГТУ, ТДж/год; EF_{ПГ} – коэффициент выбросов для природного газа [1], тонн CO₂/ТДж.

Потребление топлива газотурбинной установкой (FC_{ГТУ}) рассчитывается по формуле:

$$FC_{ГТУ} = EG_{ГТУ,пр.} * 3,6 / \eta_{пр.},$$

где: EG_{ГТУ,пр.} – выработка электроэнергии ГТУ по проекту, ГВт/ч; $\eta_{пр.}$ – усредненный электрический коэффициент полезного действия ГТУ за год по проекту; 3,6 – коэффициент перевода ГВт в ТДж.

Выбросы в результате дожига в котлах-утилизаторах PE_{КУ} рассчитываются по формуле:

$$PE_{КУ} = FC_{КУ} * NCV * EF_{ПГ},$$

где: FC_{КУ} – расход газа на дожигание в КУ, тонн; NCV – низшая теплота сгорания природного газа, ТДж/тонну; EF_{ПГ} – коэффициент выбросов для природного газа, тонн CO₂/ТДж.

Выбросы для исходных условий (BE) рассчитываются по формуле:

$$BE = BE_{РТС} + BE_{сеть},$$

где: BE_{РТС} – выбросы при производстве тепла соседними РТС, тонн CO₂/год; BE_{сеть} – выбросы при производстве электроэнергии станциями общей сети, тонн CO₂/год.

Выбросы при производстве тепла районными тепловыми станциями рассчитываются по формуле:

$$BE_{РТС} = HC_{\text{нетто,ПГТЭС}} * EF_{ПГ},$$

где: HC_{нетто,ПГТЭС} – полезный отпуск тепла ПГТЭС, ТДж/год; EF_{ПГ} – коэффициент выбросов для природного газа [5], тонн CO₂/ТДж.

Выбросы при выработке электроэнергии станциями общей сети (BE_{сеть}) рассчитываются по формуле:

$$BE_{\text{сеть}} = EG_{\text{нетто,сеть}} * EF_{\text{CO}_2, \text{сеть}},$$

где: EG_{нетто,сеть} – общий полезный отпуск электроэнергии по проекту в год, ГВт/ч; EF_{CO₂,сеть} – коэффициент выбросов для объединенной энергосистемы России, тонн CO₂/МВтч [4].

Разница между выбросами для исходных условий и по проекту дает сокращение выбросов парниковых газов, что описывается формулой:

$$ER = BE - PE,$$

где: ER – сокращения выбросов парниковых газов, тонн CO₂/год; BE – выбросы для исходных условий, тонн CO₂/год; PE – выбросы по проекту, тонн CO₂/год.

Результаты расчетов сокращений выбросов CO₂ представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты расчетов сокращений выбросов CO₂ от проектной деятельности ПГТЭС «Терешково».

Парниковый газ	Выбросы CO ₂ в результате осуществления проекта*, тонн CO ₂	Выбросы CO ₂ для исходных условий, тонн CO ₂	Сокращения выбросов CO ₂ от проектной деятельности	Относительные сокращения выбросов CO ₂ ,%
CO ₂	1690400	2317873	627472	73

* под проектной деятельностью подразумевается строительство ПГТЭС, вырабатывающей электрическую и тепловую энергию.

** под исходными условиями подразумевается поставка эквивалентного проектному количеству электроэнергии из общей сети и тепловой энергии от соседних РТС.

Выводы

1. Применение парогазотурбинной технологии для выработки электрической и тепловой энергии приводит к значительному сокращению выбросов диоксида углерода, что будет способствовать уменьшению парникового эффекта.

2. Широкое использование таких установок в системе ЖКХ позволит экономить топливо по сравнению с лучшими из работающих ТЭС на 25-30%.

3. Внедрение подобных теплоэлектростанций увеличит выработку электроэнергии в 2 раза по сравнению с классической паротурбинной ТЭЦ.

4. Предлагаемый подход обеспечит сбережение водных ресурсов и уменьшит тепловые выбросы с охлаждающей водой конденсаторов и уходящими газами котлов.

5. Высокая маневренность ПГТЭС позволит облегчить проблему покрытия переменной части графика электрической нагрузки.

Список литературы

1. Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года. (Одобрена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 22.02.2008 г. № 215-р: Раздел II. Современное состояние электроэнергетики. URL: <http://www.minprom.gov.ru/docs/strateg/1/print> (дата обращения: 15.02.2014).
2. Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС. РД 34.02.305-98. — М.: АООТ «ВТИ», 1998. URL: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/11/11857/index.htm> (дата обращения: 23.01.2014).
3. Руководство по выбору и доказательству исходных условий. Версия 02. М.: МГЭИК. http://ji.unfccc.int/Ref/Documents/Baseline_setting_and_monitoring.pdf
4. Руководство по написанию проектной документации по механизму совместного осуществления. – Том 1: Общие руководства. Версия 2.3. — Министерство экономики Нидерландов, 2004. – 43 с.
5. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. – М.: МГЭИК, 2006. – Том 2: Энергетика. URL: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol2.html> (дата обращения: 11.02.2014).

Рецензенты:

Дмитренко В.П., д.т.н., профессор, член-корреспондент РАЕН, заведующий кафедрой промышленной экологии и безопасности производства «МАТИ-РГТУ им. К.Э. Циолковского, г. Москва.

Голубев В.С., д.г.-м.н., профессор, член-корреспондент РАЕН, главный научный сотрудник Института системного анализа РАН, директор Института глобальных проблем энергоэффективности и экологии, г. Москва.