

О ПОВЫШЕНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ



А. А. Лысенко, инженер

E-mail: leha_96@inbox.ru

АО «Интер РАО - Электрогенерация» Прегольская ТЭС

С. В. Кункевич, канд. техн. наук, доцент

E-mail: skunkevich@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В данной работе исследуются преимущества выработки тепловой энергии на теплоэлектростанциях (ТЭС) по сравнению с городскими котельными в Калининградской области. В анализе рассматриваются различные технические факторы, которые подчеркивают превосходство ТЭС в обеспечении эффективных решений для отопления городских районов, приводящие к экономии природного газа.

***Ключевые слова:** тепловая энергия, комбинированная выработка, парогазовая установка, энергоэффективность.*

ВВЕДЕНИЕ

Калининградская область является самым западным регионом Российской Федерации, полностью отделенным от остальной территории страны сухопутными границами иностранных государств и международными морскими водами.

Энергетическая безопасность Калининградской области зависит от политики прибалтийских государств, через территорию которых осуществляется транзит российских энергоресурсов:

– в части электроэнергии Калининградская область в настоящее время синхронизирована с российскими и белорусскими энергосистемами посредством электрических сетей, проходящих через страны Балтии;

– трубопроводный природный газ поставляется в Калининградскую область из России по трубопроводу Минск-Вильнюс-Каунас-Калининград;

– большая часть нефтепродуктов и угля поставляются в Калининградскую область из России через страны Балтии.

Географическая изолированность от основной части России и напряженные отношения с пограничными государствами, а также высокая зависимость от поставок отдельных энергетических ресурсов приводят к необходимости контролировать вопрос обеспечения энергетической безопасности региона.

С целью обеспечения энергетической безопасности в период 2017–2020 гг. были введены в эксплуатацию 4 тепловые электростанции: Талаховская ТЭС, мощностью 156 МВт; Маяковская ТЭС, мощностью 156 МВт; Прегольская ТЭС, мощностью 463 МВт; Приморская ТЭС, мощностью 195 МВт. Суммарная установленная мощность электростанций энергосистемы Калининградской области по состоянию на 31 декабря 2021 г. составила 1918 МВт. Строительство новых электростанций привело к избытку установленной электрической мощности в Калининградской области. Однако регион по-прежнему зависит от поставок природного газа по газопроводу из России по территории сопредельных государств.

Строительство подземного хранилища газа (ПХГ) в Калининградской области поможет повысить энергетическую безопасность региона. ПХГ позволят региону накапливать избыток газа в летние месяцы и забирать его в зимние месяцы, когда спрос выше. Это поможет снизить зависимость региона от импортируемого газа и сделает его более устойчивым к перебоям в поставках газа.

Для повышения уровня энергетической и экономической безопасности на Балтийском море в 2019 г. построен терминал по приему газа в 5 километрах от берега, что дает возможность принимать суда с сжиженным природным газом (СПГ) мощностью 2,8 млрд м³ газа в год, что более чем достаточно для удовлетворения текущих потребностей региона в газе.

Учитывая все вышеперечисленное, возникает вопрос максимально эффективного использования топлива в энергетической сфере.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования выбрана Прегольская ТЭС, работающая по парогазовому циклу с конденсацией пара. Установленная мощность станции составляет 463 МВт. Станция расположена на окраине г. Калининграда, вырабатывает только электроэнергию.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данного исследования является определение возможности снижения удельного расхода топлива при выработке тепловой и электрической энергии и, соответственно, снижения потребления природного газа.

Основные задачи исследования заключались в определении главных параметров Прегольской ТЭС после модернизации с установкой теплофикационных турбин, а также в оценке потенциала снижения потребления природного газа при комбинированной выработке электроэнергии и тепла.

НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВА

Основным направлением повышения эффективности топливоиспользования является комбинированная выработка тепловой и электрической энергии. В настоящее время в Калининградской энергосистеме имеется только один крупный энергоисточник с комбинированной выработкой электроэнергии и тепла – это Калининградская ТЭЦ-2. Остальные тепловые электрогенерирующие мощности (более 50 %) представлены газотурбинными, парогазовыми и паротурбинными установками. Производство тепла в Калининградской области и в областном центре – г. Калининграде осуществляется в котельных, работающих в основном на газе, но имеется также ряд мелких котельных на мазуте и угле.

Поскольку г. Калининград является самым крупным потребителем тепла в коммунально-бытовом секторе (в городе проживает половина населения Калининградской области), представляется целесообразным осуществлять его теплоснабжение максимально посредством комбинированной выработки. Поэтому представляет интерес реконструкция Прегольской ТЭС, которая расположена непосредственно в черте города, с установкой теплофикационных турбин (ПГУ-ТЭЦ) и, соответственно, бойлерного отделения с тепловыми выводами.

Для определения технической эффективности работы ТЭЦ встает задача расчета удельных расходов условного топлива на производство тепловой и электрической энергии. Существует множество различных методов расчета удельных расходов условного топлива [1, 3], которые можно использовать для обоснования затрат на производство и отпуск

электроэнергии и тепла при установлении тарифов, которые жестко привязаны к оценкам технической эффективности ТЭЦ.

Для повышения эффективности использования топлива в Калининградской области рассмотрим вариант модернизации Прегольской ТЭС с установкой теплофикационной турбины для отпуска тепла в г. Калининград с целью отопления, горячего водоснабжения и вентиляции.

Установленные мощности и состав оборудования ТЭС до и после модернизации представлены в таблице.

Таблица

№	Наименование	До модернизации	После модернизации
1	Установленная мощность	463 МВт	440 МВт
2	Компоновка блоков	4 моноблока по 115,76 МВт	2 дубль-блока по 220 МВт
3	Газовые турбины	PG6111(FA)	PG6111(FA)
4	Котлы-утилизаторы	Е-113,8/15,7	Е-113,8/15,7
5	Паровые турбины	К - 38 - 8,0	Т - 53/67 - 8,0

Для оценки эффективности использования природного газа при теплоснабжении будем использовать метод «КПД отборов» [2]. Этот метод уже давно успешно применяется как для расчета энергетических показателей паротурбинных ТЭЦ, так и на теплоэлектроцентралях с газовым циклом.

Оценим применение данного метода для условий модернизации Прегольской ТЭС. Вместо паровой конденсационной турбины К-38-8,0 производства АО «Силовые машины» (Россия) будем использовать теплофикационную паровую турбину Т-53/67-8,0 производства ОАО «Уральский турбинный завод» (Россия). Газовые турбины и котлы-утилизаторы остаются прежними.

На основании технических характеристик исходного модернизируемого оборудования и предполагаемого к установке, а также предполагаемых тепловых нагрузок произведен укрупненный тепловой расчет основных параметров блока ПГУ-220:

- установленная мощность ПГУ $N_{пгу.уст} = 220$ МВт;
- мощность ПГУ при максимальной тепловой нагрузке $N_{пгу.макс.г} = 215,869$ МВт;
- электрическая мощность ПТ в теплофикационном режиме $N_{пт.тф} = 54$ МВт;
- электрическая мощность ПТ в конденсационном режиме $N_{пт.к} = 70,231$ МВт;
- тепловая мощность ПТ в теплофикационном режиме $Q_{пт.тф} = 455,2$ ГДж/ч;

Основным параметром рассматриваемой методики является КПД теплофикационного отбора турбины [2]:

$$\eta_{отб} = \frac{N_{пт.к} - N_{пт.тф}}{Q_{пт.тф}} = \frac{70,231 - 54}{455,2} = 0,128. \quad (1)$$

Для расчета месячного отпуска теплоты с максимальной тепловой нагрузкой введем параметр $\tau_{макс} = 744$ ч, тогда

$$Q_{макс} = Q_{пт.тф} \cdot \tau_{макс} = 455,2 \cdot 744 = 339 \times 10^3 \text{ ГДж}. \quad (2)$$

Выработка электроэнергии при этом составит:

$$\mathcal{E}_{макс} = N_{пгу.макс.г} \cdot \tau_{макс} = 160607 \text{ МВт} \cdot \text{ч}. \quad (3)$$

Удельный расход условного топлива на выработку тепловой энергии в соответствии с данной методикой составит:

$$b_{тэ} = \frac{b_{yt} \cdot \eta_{отб}}{\eta_{з.м} \cdot \eta_{з.к} \cdot \eta_{з.эс}} = 14,304 \text{ кг} / \text{ГДж}, \quad (4)$$

где $b_{yt} = 34,1 \text{ кг} / \text{ГДж}$ – масса условного топлива для получения 1 ГДж теплоты; $\eta_{з.м} = 0,35$ и $\eta_{з.к} = 0,92$ – эффективность соответственно турбинного и котельного цехов замещающей ТЭС; $\eta_{з.эс} = 0,95$ – эффективность передачи электроэнергии от замещающей ТЭС до рассматриваемой ТЭЦ.

Далее находим расход условного топлива на отпускаемую теплоту:

$$B_{yt.тэ} = b_{тэ} \cdot Q_{нт.мф} \cdot \tau_{макс} = 4,844 \times 10^6 \text{ кг}. \quad (5)$$

Пересчитываем условное топливо в натуральное:

$$B_{об.газ} = \frac{B_{yt.тэ}}{K_r} = 4,212 \times 10^6 \text{ м}^3, \quad (6)$$

где $K_r = 1,15 \text{ кг} / \text{м}^3$ – коэффициент пересчета условного топлива в природный газ.

Находим КПД ГТУ в конденсационном режиме:

$$\eta_{нгу.к} = \frac{N_{нгу.уст} + \eta_{отб} \cdot Q_{нт.мф}}{Q_0} = 0,565, \quad (7)$$

где $Q_0 = 418,1 \text{ МВт}$ – расчетная тепловая мощность, подводимая к циклу ПГУ при сжигании газового топлива.

Удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии в ПГУ в конденсационном режиме:

$$b_{э} = \frac{123}{\eta_{нгу.к}} = 217,7 \text{ кг} / (\text{МВт} \cdot \text{ч}). \quad (8)$$

Находим расход условного топлива на выработку электроэнергии:

$$B_{yt.э} = b_{э} \cdot \mathcal{E}_{макс} = 3,496 \times 10^7 \text{ кг}. \quad (9)$$

А расход природного газа будет:

$$B_{об.газ} = B_{yt.э} / K_r = 30404 \text{ тыс. м}^3. \quad (10)$$

Найдем значение коэффициента ценности тепла пара теплофикационного отбора ПТ по отношению к теплоте газов в камере сгорания газовой турбины:

$$\xi_k = \frac{\eta_{отб}}{\eta_{нгу.к}} = 0,227. \quad (11)$$

Расчетное значение КПД ПГУ составит:

$$\eta_{пгу} = \frac{N_{нгу.уст}}{Q_0 - \xi_k \cdot Q_{нт.мф}} = 0,565. \quad (12)$$

В работе [2] процессы на ТЭЦ сопоставляются с процессами в тепловом насосе, коэффициент трансформации которого находится по формуле:

$$\mu_T = \frac{1}{\eta_{отб}} = 7,793. \quad (13)$$

Эффективность ТЭЦ, в соответствии с данным показателем, обычно превышает средний показатель по тепловым насосам более чем в 2 раза.

Результирующая экономия топлива за счет комбинированной выработки электроэнергии и тепла определяется:

$$\Delta B = b_{\text{ут}} \cdot Q_{\text{макс}} \cdot \left[\frac{1}{\eta_{\text{к}}} - \frac{\eta_{\text{отб}}}{\eta_{\text{з.т}} \cdot \eta_{\text{з.к}} \cdot \eta_{\text{з.эс}}} \right] = 8,279 \times 10^6 \text{ кг}, \quad (14)$$

где $\eta_{\text{к}} = 0,88$ – КПД котельной при раздельной выработке тепла.

Общий расход топлива на ТЭЦ составит:

$$B_{\Sigma} = B_{\text{ут.тэ}} + B_{\text{ут.эс}} = 3,981 \times 10^7 \text{ кг}. \quad (15)$$

Далее найдем относительную экономию топлива:

$$\delta B = \frac{\Delta B}{B_{\Sigma}} = 20,797\% \quad (16)$$

Методы распределения затрат топлива между электрической и тепловой энергией, основанные на физических принципах (ОРГРЭС и балансовый метод), большую часть экономии, получаемой при комбинированном производстве, относят на электроэнергию. Это не мотивирует руководство ТЭЦ и органы тарифного регулирования к планированию увеличения производства тепловой энергии на ТЭЦ и снижению отпуска теплоты от котельных. Такая ситуация характерна для Калининградской энергосистемы, где большая часть тепла отпускается от районных тепловых станций и мелких котельных. Применение метода «КПД отборов» позволяет исправить данную ситуацию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расчеты показывают, что энергоснабжение потребителей от источников с комбинированным производством электроэнергии и тепла приводит к экономии природного газа до 20 %. Это особенно актуально для условий Калининградской области, учитывая ее изолированность и удаленность от поставщиков топлива. Кроме того, вынесение теплоисточников за пределы городской черты улучшит экологическую обстановку в самом городе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев, Г. П. Варианты расчета удельных показателей эффективности работы ТЭЦ / Г. П. Киселев. – Москва: Издательство МЭИ, 2003.
2. Кузнецов, А. М. Экономия топлива при переводе турбин в теплофикационный режим / А. М. Кузнецов // Энергетик. – 2007. – № 1. – С. 21–22.
3. Качан, С. А. Определение показателей топливоиспользования теплофикационных парогазовых установок утилизационного типа / С. А. Качан, В. И. Филадельфович, А. Н. Дубровенский // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2010. – № 6.

ON INCREASING ENERGY EFFICIENCY OF HEAT SUPPLY
IN THE KALININGRAD REGION

A. A. Lysenko, engineer
E-mail: leha_96@inbox.ru
JSC Inter RAO - Electric Power Plants Pregolskaya TPP

S. V. Kunkevich, Ph.D., Associate Professor
E-mail: skunkevich@mail.ru
FSEI HE "Kaliningrad State
Technical University"

This paper examines the advantages of generating thermal energy at combined heat and power plants (CHPs) compared to urban coke plants in the Kaliningrad region. The analysis examines various technical factors that enhance CHP's superiority in developing efficient heating solutions in cold environments that help conserve natural gas.

Keywords: *thermal energy, combined generation, combined cycle plant, energy efficiency.*