СЕКЦИЯ III
ЭНЕРГЕТИКА

СИСТЕМНАЯ ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВА ПРИ УТИЛИЗАЦИИ СБРОСНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ НА ПРОМЫШЛЕННО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ ТЭЦ

В. В. Янчук

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Научный руководитель В. Н. Романюк

Приведены результаты оценки сокращения расхода первичного топлива в Белорусской ОЭС, а также сокращения выбросов углекислого газа при регенеративном использовании сбросных тепловых потоков на промышленно-отопительных ТЭЦ промузлов. Использование сбросной теплоты в цикле турбоустановки возможно с включением в схему абсорбционного теплового насоса, работающего на дымовых газах, отбираемых из тракта парового котла. Реализация данного решения на энергоблоках на базе турбин ПТ-60 и ПТ-70 на Новополоцкой ТЭЦ, Мозырской ТЭЦ и Гродненской ТЭЦ-2 позволит снизить потребление первичного топлива в энергосистеме на 12,8 тыс. т у. т./год при сохранении выработки тепловой и электрической энергии, а также уменьшить годовые выбросы углекислого газа на 23,3 тыс. т.

Ключевые слова: системная экономия топлива, сбросные тепловые потоки, промышленно-отопительная ТЭЦ, абсорбционный тепловой насос, паровая турбина ПТ-60.

Снижение удельных расходов топлива на выработку того же количества тепловой и электрической энергии – главная цель при повышении эффективности энергетического сектора. В Республике Беларусь в 2024 г. 62,25 % всей произведенной электроэнергии получено за счет прямого сжигания природного газа [1], что указывает на необходимость поиска способов более полного использования потенциала первичного топлива на станциях такого типа.

Работа паротурбинной электростанции невозможна без потерь теплоты, рассеиваемой в окружающую среду системой циркуляционной воды, которая имеет низкий потенциал. В проведенных ранее исследованиях [2, 3] показано, что модернизация системы регенеративного подогрева питательной воды с использованием потока теплоты, отводимой от конденсатора, позволяет повысить эффективность выработки электроэнергии по теплофикационному циклу. Данное решение требует включения абсорбционного теплового насоса (АБТН) с тепловую схему и показывает свою эффективность на промышленно-отопительных ТЭЦ со значительными невозвратами конденсата. В результате получено повышение электрического, энергетического и эксергетического КПД энергоблоков, что также позволяет повысить эффективность и устойчивость работы всей энергосистемы, то есть снизить расход топлива на выработку того же количества энергии.

Кроме энергетической эффективности при сокращении удельных расходов топлива также сокращаются и удельные выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, снижается тепловое воздействие.

В данной работе рассмотрен вариант с включением АБТН с приводом дымовыми газами, отбираемыми из тракта парового котла, в систему регенеративного подогрева подпиточной воды энергоблока.

В качестве станций, на которых следует включать АБТН в систему подогрева питательной воды, выбраны те, на которых присутствуют значительные невозвраты конденсата – станции промузлов: Новополоцкая ТЭЦ, Мозырская ТЭЦ и Гродненская ТЭЦ-2. Исследование проводится только для турбин типа ПТ-60 и ПТ-70, установленных на данных станциях.

Тепловые и электрические нагрузки станций и время работы в данном режиме определены из статистических данных их показателей работы за 2023 г. В табл. 1 приведены средние расчетные характеристики работы турбин.

Таблица 1

Показатели работы турбин

Станция	Турбина	Средняя электрическая нагрузка, МВт	Отпуск тепловой энергии из производственных отборов, Гкал/ч	Отпуск тепловой энергии из теплофикационных отборов, Гкал/ч	Число часов работы, ч
Новополоцкая ТЭЦ	ст. № 1 ПТ-60-130/13	28,8	65,9	24,0	3960
	ст. № 2 ПТ-60-130/13	48,4	59,4	59,7	5103
Мозырская ТЭЦ	ст. № 1 ПТ-70-130/13	47,0	113,7	31,8	3655
Гродненская ТЭЦ-2	ст. № 1 ПТ-70-12,8/1,28	46,0	39,8	50,8	4051
	ст. № 2 ПТ-70-12,8/1,27	48,9	54,2	45,8	7919

Возврат конденсата производственных отборов пара на Новополоцкой ТЭЦ и Мозырской ТЭЦ отсутствует. Для Гродненской ТЭЦ-2 для отопительного периода невозврат конденсата составляет 70 %, для межотопительного – 45 %.

Расчет производился из условия сохранения пропуска пара в конденсатор до и после модернизации. Соответственно, при сохранении тепловых нагрузок станции, после модернизации системы подогрева подпиточной воды, которая подразумевает сокращение расходов пара в отборы на подогрев питательной воды, электрическая выработка снижается.

В табл. 2 приведены изменения показателей эффективности – электрического, энергетического и эксергетического КПД при реализации мероприятия [3]. Удельные значения выбросов углегислого газа при стационарном сжигании топлива рассчитаны в соответствии с национальным коэффициентом [4].

Таблица 2

Изменения показателей эффективности работы станций после модернизации

Станция	Турбина	Рост электрического КПД, %	Рост энергетического КПД, %	Рост эксергетического КПД, %	Годовая экономия топлива на станции, т у. т.	Годовое снижение выбросов углекислого газа, по станции, т
Новополоцкая ТЭЦ	ст. № 1 ПТ-60-130/13	5,3	3,4	1,2	4034	7351
	ст. № 2 ПТ-60-130/13	3,1	2,1	0,8	4340	7908
Мозырская ТЭЦ	ст. № 1 ПТ-70-130/13	5,3	4,0	1,7	7328	13353
Гродненская ТЭЦ-2	ст. № 1 ПТ-70-12,8/1,28	1,9	1,3	0,5	1726	3146
	ст. № 2 ПТ-70-12,8/1,27	1,8	1,3	0,5	3796	6918

В соответствии с инструкцией по определению эффективности использования средств, направляемых на выполнение энергосберегающих мероприятий [5], простой срок окупаемости внедрения должен составлять не более 10 лет. С учетом рекомендаций Департамента по энергоэффективности о расчетной стоимости 1 т у. т., составляющей в 2026 г. 195 долл. США [6], получено, что данные мероприятия для всех приведенных энергоблоков являются экономически эффективными. Простые сроки окупаемости мероприятий, с учетом затрат на проектирование, строительно-монтажных и пуско-наладочных работ для всех станций не превышают двух лет.

Так как выработка электроэнергии снижается в результате предлагаемой модернизации, для расчета системной эффективности в качестве замыкающей станции в энергосистеме принята КЭС с удельным расходом топлива 302,8 г у. т./кВт · ч [7].

Получено, что при реализации данного мероприятия на всех описанных станциях, системная экономия топлива составит 12,8 тыс. т у. т./год. При этом общее сокращение выбросов углекислого газа в стране при производстве того же количества энергии составит 23,3 тыс. т/год.

Литература

1. Our world in data. Electricity mix [сайт]. – Oxford, 2026. – URL: https://ourworldindata.org/electricity-mix (дата обращения: 20.01.2026).
2. Янчук, В. В. Модернизация системы регенеративного подогрева питательной воды в цикле турбоустановки ПТ-60 / В. В. Янчук, В. Н. Романюк // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2023. – № 6. – С. 509–529.
3. Янчук, В. В. Использование дымовых газов котла для абсорбционных бромисто-литиевых тепловых насосов системы регенеративного подогрева подпиточной воды / В. В. Янчук, В. Н. Романюк // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2025. – № 4. – С. 343–352.
4. Экологические нормы и правила. ЭкоНиП 17.09.08-001-2024 «Охрана окружающей среды и природопользование. Климат. Требования (правила) количественного определения выбросов парниковых газов» : утв. Постановлением М-ва природ. ресурсов и охраны окру-

жающей среды Респ. Беларусь от 28 марта 2024 г. № 8-Т : вступ. в силу от 26 апр. 2024 г. – Минск : Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь, 2024. – 38 с.
5. Инструкция по определению эффективности использования средств, направляемых на выполнение энергосберегающих мероприятий : постановление М-ва экономики Респ. Беларусь, М-ва энергетики Респ. Беларусь и Ком. по энергоэффективности при Совете Министров Респ. Беларусь от 24.12.2003 № 252/45/7 // Департамент по энергоэффективности. – URL: https://energoeffect.gov.by/supervision/framework/-24122003-252457 (дата обращения: 30.01.2026).
6. Департамент по энергоэффективности. О расчетной стоимости 1 тонны условного топлива в 2026 году. – Минск, 2026. – URL: https://energoeffect.gov.by/programs/forming/spravka/20250422_sprav-2 (дата обращения: 26.01.2026).
7. Департамент по энергоэффективности. Удельные расходы топлива на отпуск электро- и теплоэнергии и потери в электро- и теплосетях, используемые в 2025 году в расчетах экономии топливно-энергетических ресурсов. – Минск, 2026. – URL: https://energoeffect.gov.by/programs/forming/spravka/20250217_news1 (дата обращения: 20.01.2026).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ И ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ ДОМОВ

В. Ю. Бутенко, Н. А. Кашуба

Учреждение образования «Национальный детский технопарк», г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель И. А. Жолнерович

Рассмотрена возможность совместного использования фотоэлектрических установок и тепловых насосов для тепло- и электроснабжения жилых домов. В качестве примера жилого района принимается микрорайон с малоэтажной жилой застройкой. Исследована возможность размещения солнечных панелей на крышах зданий, оценено количество вырабатываемой энергии фотоэлектрической системой в принятых условиях. Рассчитаны характеристики и количество необходимых тепловых насосов для нужд горячего водоснабжения. Оценена энергетическая и экономическая эффективность проекта.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, солнечная энергия, тепловой насос, горячее водоснабжение, фотоэлектрическая система.

Развитие возобновляемой энергетики направлено на использование экологически чистых ресурсов без вреда для окружающей среды. Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) обеспечивает местную энергетическую безопасность и снижает зависимость от поставок топлива и цен. По данным IRENA, в 2024 г. 92,5 % установленной мощности приходиться на ВИЭ. Солнечная энергия сыграла в этом значительную роль. Отопление зданий с использованием ВИЭ также быстро развивается во всем мире, и в 2025 г. его доля увеличилась до 12,6 % [1].

В современных исследованиях рассматриваются различные варианты интеграции ВИЭ с тепловыми насосами для отопления и электроснабжения домов и общественных зданий. В этих исследованиях предлагаются как методы использования солнечных тепловых коллекторов в качестве источника тепла для тепловых насосов, так и методы использования фотоэлектрического оборудования для выработки электроэнергии, которая питает тепловые насосы [2, 3]. В различных широтах эти исследования показывают разную эффективность таких систем.

В нашем исследовании рассматривается вариант использования фотоэлектрической системы как источника электроэнергии для работы компрессора теплового насоса. В качестве исходных данных был принят небольшой жилой район, состоящий из шести двухэтажных таунхаусов. Каждый таунхаус разделен на пять секций,