

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ НА ТЭС

- **Корнякова О.Ю.**, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия

THE RELEVANCE OF USING HEAT PUMPS AT THERMAL POWER PLANTS

- **Kornyakova O.Yu.**, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

Актуальность работы заключается в оценке практической применимости тепловых насосов на тепловых электростанциях. Исследование включает анализ вариантов размещения тепловых насосов, определение оптимальных габаритов теплообменников и подбор источников тепла с учетом их температурных характеристик. Важно отметить, что выбор хладагента напрямую связан с температурой теплового источника и рабочими давлениями, а эффективность теплообмена, определяющая размеры теплообменных поверхностей, зависит от коэффициента теплопередачи.

Полученные результаты подтверждают целесообразность внедрения тепловых насосов для утилизации отходящего тепла и интеграции с возобновляемыми источниками энергии.

Ключевые слова: низкопотенциальная энергия, тепловой насос, грунт, вода.

The relevance of this study lies in assessing the practical applicability of heat pumps in thermal power plants. The research includes an analysis of heat pump placement options, determining the optimal heat exchanger dimensions, and selecting heat sources based on their temperature characteristics. Importantly, the choice of refrigerant is directly related to the heat source temperature and operating pressures, while heat transfer efficiency, which determines the size of heat exchange surfaces, depends on the heat transfer coefficient.

The obtained results confirm the feasibility of implementing heat pumps for waste heat recovery and integration with renewable energy sources.

Key words: low-potential energy, heat pump, ground, water.

Введение

Тепловые электростанции (ТЭС) продолжают играть ключевую роль в обеспечении электроэнергией как в мире, так и в России. Так, в 2024 году на их долю в России пришлось свыше 57% от общего объема выработки электроэнергии. Тем не менее, их относительно невысокий средний КПД – около 35–40% – приводит к значительным потерям энергии топлива. Повышение эффективности работы ТЭС позволяет существенно сократить расход топлива [1], что особенно актуально на фоне растущих цен на энергоносители. Это способствует снижению затрат на производство электроэнергии и увеличивает конкурентоспособность энергетических компа-

ний. Помимо этого, модернизация станций способствует росту их производительности и продлению срока эксплуатации оборудования.

Кроме того, ТЭС оказывают воздействие на водные экосистемы за счёт сброса нагретой воды, что нарушает природный баланс водоёмов. Повышение эффективности производства нередко предполагает внедрение систем замкнутого водоснабжения и передовых технологий очистки сточных вод.

Модернизация ТЭС стимулирует развитие новых технических решений и материалов. Использование сплавов и композитов, выдерживающих повышенные температуры и давления, способствует увеличению эффективности турбин. Внедрение цифровых систем управления

и методов машинного обучения оптимизирует работу электростанций, улучшает прогнозирование технических неполадок и повышает их надёжность. Такие инновации не только развивают энергетическую отрасль, но и оказывают положительное влияние на смежные сферы.

Ископаемое топливо – уголь, газ и мазут – является невозобновляемым ресурсом, запасы которого со временем уменьшаются. Усиление эффективности ТЭС позволяет более рационально расходовать эти ресурсы, что имеет большое значение для обеспечения долгосрочной энергетической безопасности. Кроме того, обновление оборудования снижает зависимость от импортных энергоносителей и укрепляет энергетическую независимость страны.

В рамках Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики на период до 2042 года в России предусмотрена модернизация примерно 67 ГВт электростанций, из которых около 63,9 ГВт приходится на тепловые станции.

Актуальность темы исследования

Тепловые насосы представляют собой устройства передачи низкопотенциальной теплоты теплоносителю, используемому потребителем в целях горячего водоснабжения или отопления. В качестве нижнего источника обычно используют воду, грунт или воздух. Хладагент выбирают в зависимости от давления в контуре и необходимой температуры в конденсаторе.

Тенденции развития энергетической отрасли страны связаны с строительством новых энергоблоков тепловых электростанций, работающих на базе парогазовых установок.

Дальнейшее повышение КПД ТЭС должно быть связано с использованием возобновляемой энергетики и низкопотенциальных источников энергии.

Методы оценки эффективности тепловых насосов

Промышленное освоение низкопотенциальной энергии напрямую зависит от разработки надёжных тепловых насосов и их составляющих. Ключевая задача при проектировании теплообменников – найти оптимальное соотношение между их площадью, эффективностью теплопередачи и потерями давления при движении хла-

дагента. Эти оптимизационные решения должны быть применимы ко всем парожидкостным компрессионным установкам и гармонизировать с расчетом эксергетических потерь на каждом этапе цикла. Эксергетический метод, как наиболее адекватный для термодинамического анализа тепловых насосов, лежит в основе данного исследования.

Результаты

Проектирование теплового насоса начинается с понимания его базовой конструкции, включающей испаритель, конденсатор, компрессор и расширительный клапан. Для точного расчета цикла и подбора оборудования инженеры опираются на диаграммы и таблицы насыщения для конкретного хладагента. Выбор испарителя и конденсатора требует предварительного определения коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи, что позволяет рассчитать необходимую площадь теплообмена.

Компрессор подбирается исходя из требуемого давления и расхода хладагента, а расширительный клапан – по необходимому перепаду давления. Для обеспечения эффективной работы и возможности регулирования, схема может быть дополнена измерительными приборами и системами автоматизации. Кроме того, в процессе проектирования необходимо предусмотреть подключение промежуточного теплоносителя и четко определить назначение вырабатываемого тепла (верхний источник), а затем разработать схему подключения для выявленных потребителей.

Обсуждение

Тепловые электрические станции являются крупными источниками загрязнения окружающей среды. При сжигании топлива в атмосферу выделяются углекислый газ (CO_2), оксиды серы (SO_2), оксиды азота (NO_x), зольные остатки и прочие вредные компоненты. Эти выбросы усиливают парниковый эффект, вызывают кислотные дожди, ухудшают качество воздуха и негативно сказываются на здоровье населения.

Увеличение КПД позволяет уменьшить количество используемого топлива и, следовательно, снизить объём вредных выбросов. Например, применение парогазовых установок (ПГУ) мо-

жет сократить удельные выбросы NO_x и SO_2 почти вдвое по сравнению с традиционными ТЭС.

Не стоит забывать и о тепловом загрязнении окружающей среды [2]. На тепловой электростанции образуется несколько потоков тёплых сточных вод: охлаждающая вода конденсаторов турбин (обычно 25–40 °С); продувочные воды систем охлаждения и теплообменников; дренажные и ливневые стоки с тёплых зон станции; воды после промывки оборудования и фильтров.

Даже при таких невысоких температурах в этих потоках заключено значительное количество тепловой энергии, которое можно утилизировать.

Схема работы тепловых насосов на сточных водах ТЭС

Сточные воды ТЭС направляются в теплообменник испаритель теплового насоса. Тепло извлекается, стоки охлаждаются на несколько градусов (например, с 35 °С до 28 °С). Полученное тепло переносится в целевой контур (отопление, ГВС, подогрев обратной сетевой воды и т. п.).

Охлаждённые стоки могут возвращаться в технологический цикл ТЭС; направляться на очистные сооружения с меньшей тепловой нагрузкой; сбрасываться в водоём с меньшим тепловым воздействием.

Применение таких тепловых насосов дает для ТЭС [3]:

1. Повышение КПД станции. Часть бросового тепла возвращается в энергетический цикл или используется для собственных нужд ТЭС.

2. Снижение теплового загрязнения водоёмов. Охлаждённые стоки меньше нагревают приёмный водоём.

3. Экономия топлива. Меньше требуется газа/угля для подогрева сетевой воды или ГВС.

4. Соответствие экологическим нормам. Снижение температуры сбросов часто регламентируется природоохранным законодательством.

5. Гибкость интеграции. Тепловой насос можно вписать в существующую инфраструктуру ТЭС без кардинальной перестройки.

Выводы

Проведен анализ методов повышения энергетической эффективности ТЭС. Предложены варианты применения технологий сжигания

органического топлива, увеличивающих КПД котельных агрегатов, а также использования. Внедрение тепловых насосов в существующую схему ТЭС является эффективным решением для повышения её общей производительности. Принцип заключается в том, что тепловые насосы работают в дополнительном цикле, дают возможность использовать теплоносители с более низкими температурами, которые ранее могли быть недоступны или неэффективны для выработки теплоты, тем самым оптимизируя использование энергоресурсов станции.

Список литературы

1. Мухутдинов, А. Р. Повышение эффективности процесса горения топлива на ТЭС / А. Р. Мухутдинов, З. Р. Вахидова, П. Е. Любимов // Промышленная энергетика. – 2010. – № 9. – С. 46-52.
2. Наумов, А. В. Повышение эффективности систем оборотного водоснабжения ТЭС в рамках городской застройки / А. В. Наумов, А. В. Волков, А. А. Вихлянцев // Энергосбережение - теория и практика : труды Девятой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов, Москва, 05–12 октября 2018 года. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2018. – С. 562-564.
3. Шарипова, С. С. Повышение энергетической эффективности ТЭС путем применения тепловых насосов / С. С. Шарипова // ПРОРЫВНЫЕ НАУЧНЫЕ исследования КАК ДВИГАТЕЛЬ науки : сборник статей Международной научно-практической конференции, Тюмень, 26 апреля 2019 года. Том Часть 1. – Тюмень: Общество с ограниченной ответственностью «ОМЕГА САЙНС», 2019. – С. 207-211.

References

1. Mukhutdinov, A. R. Increasing the efficiency of the fuel combustion process at thermal power plants / A. R. Mukhutdinov, Z. R. Vakhidova, P. E. Lyubimov // Industrial Power Engineering. – 2010. – No. 9. – Pp. 46-52.
2. Naumov, A. V. Increasing the efficiency of circulating water supply systems at thermal power plants within the framework of urban development / A. V. Naumov, A. V. Volkov, A. A. Vikhlyantsev // Energy Saving - Theory and Practice: Proceedings of the Ninth International School-Seminar for Young Scientists and Specialists, Moscow, October 5-12,

2018. – Moscow: MPEI Publishing House, 2018. – Pp. 562-564.

3. Sharipova, S. S. Increasing the energy efficiency of thermal power plants through the use of heat pumps / S. S. Sharipova // BREAKTHROUGH SCIENTIFIC RESEARCH AS THE ENGINE of

science: collection of articles from the International scientific and practical conference, Tyumen, April 26, 2019. Volume Part 1. – Tyumen: Limited Liability Company «OMEGA SCIENCES», 2019. – Pp. 207-211.

Сведения об авторе

Корнякова Ольга Юрьевна – старший преподаватель кафедры «Промышленная теплоэнергетика», ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск, Россия, korniakovaoi@susu.ru.

About the author

Korniyakova Olga Yuryevna – Senior Lecturer, Department of Industrial Heat Power Engineering, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, korniakovaoi@susu.ru.

Дата поступления рукописи: 02.02.2026

Дата принятия рукописи: 17.03.2026