МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
Наука и образование Центральной Азии: цифровая трансформация и устойчивое развитие
18 декабря 2026 г. · онлайн, Zoom · CASJ-2026
СЕКЦИЯ 7. МОЛОДЫЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ: СТУДЕНЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ (БАКАЛАВРИАТ, МАГИСТРАТУРА)

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.24299806

УДК 620.9:004.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СБРОСНОГО ТЕПЛА ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

А.А. Матаев
Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина, Астана, Казахстан

Матаев Алиби Алинурович — студент 3 курса, Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина, Астана, Казахстан.

Научный руководитель: Рожкова Ольга Владимировна — ассоциированный профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина.

© А.А. Матаев, 2026

Аннотация: В статье рассматривается возможность использования сбросного тепла центров обработки данных для отопления жилых и промышленных объектов. Описаны особенности образования тепла, основные способы его утилизации и применение тепловых насосов. На примере условного дата-центра мощностью 10 МВт выполнена оценка возможной выработки тепловой энергии и количества квартир, которые могут быть обеспечены теплом.

Ключевые слова: сбросное тепло, центр обработки данных, утилизация теплоты, тепловой насос, централизованное теплоснабжение, энергоэффективность

Введение

Развитие облачных вычислений, цифровых технологий и искусственного интеллекта приводит к росту числа центров обработки данных (ЦОД) [1]. Работа серверного оборудования требует значительного количества электроэнергии и непрерывного отвода выделяемой теплоты.

Практически вся электроэнергия, потребляемая вычислительным оборудованием, в конечном итоге преобразуется в тепло. Обычно оно удаляется системами охлаждения и рассеивается в окружающей среде, хотя при соответствующей технической организации может использоваться для отопления зданий, горячего водоснабжения и технологических нужд предприятий [5].

Цель работы - рассмотреть технические возможности утилизации сбросного тепла ЦОД и оценить потенциал его применения в системах теплоснабжения, в том числе в условиях Казахстана.

Образование и особенности сбросного тепла в дата-центрах

Основными источниками тепловыделения в ЦОД являются центральные и графические процессоры, блоки питания, накопители и сетевое оборудование. При работе электронных компонентов потребляемая электроэнергия практически полностью превращается в теплоту.

Наиболее распространены воздушное и жидкостное охлаждение. При воздушном охлаждении холодный воздух проходит через серверные стойки, нагревается и направляется

к охлаждающим установкам. При жидкостном охлаждении теплота отводится непосредственно от наиболее нагруженных компонентов с помощью охлаждающей жидкости. В иммерсионных системах серверные компоненты погружаются в специальную диэлектрическую жидкость, которая передаёт тепло через теплообменник [4].

Температура отводимого теплоносителя зависит от конструкции системы и режима работы оборудования. Воздушное охлаждение обычно обеспечивает более низкий температурный потенциал, тогда как жидкостные системы могут давать теплоноситель с температурой порядка 40–60 °C и выше [5]. Поэтому жидкостное охлаждение представляет особый интерес для теплоэнергетики: более высокая температура источника облегчает последующее использование тепла.

Технологии утилизации тепла дата-центров

Наиболее перспективным способом утилизации низкопотенциального тепла ЦОД является применение тепловых насосов [1]. Они переносят теплоту от охлаждающей жидкости или нагретого воздуха к потребителю, повышая её температурный уровень за счёт затраты электроэнергии.

Тепловой насос работает по обратному холодильному циклу. В испарителе рабочее вещество поглощает тепло от контура охлаждения дата-центра, затем компрессор повышает его давление и температуру. В конденсаторе теплота передаётся воде системы отопления или горячего водоснабжения. После расширительного устройства цикл повторяется.

Эффективность установки характеризуется коэффициентом преобразования COP:

$$COP = Q_т / N, \quad (1)$$

где $Q_т$ - тепловая мощность, передаваемая потребителю, кВт; N - электрическая мощность компрессора, кВт. Значение COP зависит от температуры источника и требуемой температуры подачи: чем меньше температурный перепад, тем, как правило, выше эффективность.

Если температурный уровень источника достаточно высок, тепло может передаваться потребителю через теплообменник без теплового насоса. Также сбросную энергию используют для подогрева воды, отопления производственных помещений, обогрева теплиц и предварительного нагрева технологических жидкостей [6]. Выбор схемы определяется близостью потребителей, параметрами тепловой сети и стабильностью тепловой нагрузки.

Расчёт энергетического потенциала дата-центра

Рассмотрим условный центр обработки данных с электрической мощностью серверного оборудования 10 МВт. Примем долю утилизируемого тепла 70 %, коэффициент преобразования теплового насоса COP = 4 и продолжительность работы 8000 ч/год. Для оценки числа потребителей примем удельную годовую потребность в тепле 150 кВт·ч/(м²·год) и площадь квартиры 100 м².

Поскольку практически вся электроэнергия серверного оборудования превращается в теплоту, теоретическая тепловая мощность источника составляет около 10 МВт. Утилизируемая мощность:

$$Q_{ист} = 10 \cdot 0{,}70 = 7 \text{ МВт}. \quad (2)$$

Коэффициент COP учитывает всю тепловую мощность на выходе теплового насоса: $COP = Q_т / N$. При этом $Q_т = Q_{ист} + N$. Следовательно, электрическая мощность компрессора и полезная тепловая мощность составят:

$$N = Q_{ист} / (\text{COP} - 1) = 7 / 3 = 2{,}33 \text{ МВт}; \quad (3)$$

$$Q_т = Q_{ист} + \text{N} = 7 + 2{,}33 = 9{,}33 \text{ МВт}. \quad (4)$$

Годовая выработка полезной тепловой энергии при работе 8000 часов:

$$E = Q_т \cdot \tau = 9{,}33 \cdot 8000 = 74\,640 \text{ МВт·ч/год}, \quad (5)$$

или около 74,64 млн кВт·ч в год.

Годовая потребность одной квартиры площадью 100 м² при принятом удельном расходе:

$$E_{кв} = 150 \cdot 100 = 15\,000 \text{ кВт·ч/год}. \quad (6)$$

Теоретическое количество квартир, которое может быть обеспечено теплом:

$$n = 74\,640\,000 / 15\,000 \approx 4980 \text{ квартир.} \quad (7)$$

Сводные результаты расчёта энергетического потенциала условного ЦОД приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные расчётные показатели утилизации тепла условного ЦОД

Показатель	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Электрическая мощность серверного оборудования	$P_ц$	10	МВт
Утилизируемая тепловая мощность (при доле 70 %)	$Q_{ист}$	7,00	МВт
Электрическая мощность компрессора (при COP = 4)	N	2,33	МВт
Полезная тепловая мощность на выходе теплового насоса	$Q_т$	9,33	МВт
Годовая выработка тепловой энергии (за 8000 ч)	E	74 640	МВт·ч/год
Расчётное количество квартир (площадью 100 м²)	n	≈ 4980	шт.

Таким образом, при принятых допущениях дата-центр мощностью 10 МВт может обеспечить теплом около 5000 квартир площадью 100 м². Это ориентировочная оценка: фактическое число потребителей зависит от климата, графика тепловой нагрузки, потерь в сетях и сезонности потребления. Кроме того, расчёт предполагает постоянный COP и работу системы 8000 часов в год; в реальном проекте эти параметры изменяются.

Практический опыт и перспективы применения

Практическая возможность утилизации тепла ЦОД подтверждается зарубежными проектами. Один из наиболее известных примеров реализуется компанией Google совместно с Haminan Energia в городе Хамина (Финляндия) [2]. Избыточное тепло дата-центра передаётся в городскую систему централизованного теплоснабжения и используется для отопления жилых домов, школ и общественных зданий. Проект был объявлен в мае 2024 года [2].

Другой пример - дата-центр Ericsson в Росерсберге (Швеция), где совместно со Stockholm Exergi организована утилизация избыточного тепла [3]. В опубликованных материалах указывается мощность порядка 5 МВт и возможность обеспечить теплом около 4000 квартир.

Компания Stockholm Exergi также развивает систему Open District Heating, позволяющую предприятиям, в том числе дата-центрам, поставлять избыточное тепло в городскую сеть [3]. Эти проекты показывают, что сбросное тепло может стать дополнительным источником энергии для городской инфраструктуры.

Для Казахстана подобные решения могут быть актуальны в городах с продолжительным отопительным периодом, включая Астану. При проектировании новых ЦОД целесообразно заранее оценивать возможность их размещения рядом с тепловыми сетями и крупными потребителями. При этом необходимо учитывать расстояние до потребителей, температурный график сети, стоимость оборудования, затраты электроэнергии и необходимость резервного теплоснабжения.

Заключение

Сбросное тепло центров обработки данных представляет собой перспективный вторичный энергетический ресурс. Его использование с помощью тепловых насосов и теплообменных установок позволяет направлять энергию, которая обычно рассеивается в окружающей среде, на отопление зданий и технологические нужды предприятий.

Расчёт условного дата-центра мощностью 10 МВт показал, что при утилизации 70 % тепла и COP = 4 возможно получить около 74,64 ГВт·ч полезной тепловой энергии в год. При принятых параметрах это соответствует тепловой потребности примерно 5000 квартир площадью 100 м².

Опыт Финляндии и Швеции подтверждает техническую реализуемость таких решений. Для Казахстана их внедрение может стать дополнительным направлением

повышения энергоэффективности при условии рационального размещения ЦОД и интеграции с существующей инфраструктурой теплоснабжения.

Список литературы:

1. Zangeneh V., Øi L. Economic investigation of heat pumps for heat recovery from data center // SIMS 2023. – 2023. – DOI: 10.3384/ecp200006.

2. Google. Our first offsite heat recovery project lands in Finland [Электронный ресурс]. – 20 May 2024. – URL: https://blog.google/company-news/inside-google/around-the-globe/google-europe/our-first-offsite-heat-recovery-project-lands-in-finland/ (дата обращения: 16.11.2026).

3. Stockholm Exergi. Heat Recovery: Open District Heating [Электронный ресурс]. – URL: https://www.stockholmexergi.se/en/heat-recovery/ (дата обращения: 16.11.2026).

4. Sweco. Data Center Waste Heat [Электронный ресурс]. – URL: https://www.sweco.fi/en/data-center-design/data-center-waste-heat/ (дата обращения: 16.11.2026).

5. Waste heat recoveries in data centers: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2023. – DOI: 10.1016/j.rser.2023.113777.

6. European Covenant of Mayors. Heat recovery from data centres: Case study [Электронный ресурс]. – 2023. – URL: https://eu-mayors.ec.europa.eu/en/resources/library/heat-recovery-data-centres-case-study (дата обращения: 16.11.2026).