

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2024)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/FYZZ1289>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А. Р.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/RLNT9009>***Г. Ж. Тасболат¹, А. Ш. Алимгазин², А. Н. Бергузинов³**^{1,2}Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,
Республика Казахстан, г. Астана³Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3790-2097>²ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5848-1842>³ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6954-8259>*e-mail: galymzhan_zh@mail.ru

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ: ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ И ВИЭ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ АВТОНОМНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В условиях глобальных изменений климата и растущих требований к энергоэффективности, технологии тепловых насосов и возобновляемых источников энергии (ВИЭ) становятся ключевыми компонентами систем автономного теплоснабжения. Автономное теплоснабжение представляет собой систему, способную обеспечить тепло и горячую воду в зданиях или на территории без зависимости от центральных источников теплоснабжения. Основные принципы автономного теплоснабжения основаны на интеграции различных технологий для эффективного производства, распределения и хранения тепловой энергии. Тепловые насосы (ТН) и возобновляемые источники энергии (ВИЭ), такие как солнечные коллекторы и ветрогенераторы, представляют собой перспективные технологии для автономного отопления. Эти технологии позволяют значительно сократить потребление ископаемого топлива, уменьшить углеродный след и обеспечить стабильное и эффективное теплоснабжение. Тем не менее, их внедрение требует комплексного подхода к проектированию и интеграции, что делает необходимым детальное изучение и моделирование этих систем. В данной статье представлены результаты исследования применения тепловых насосов и ВИЭ в автономных системах отопления с использованием методов компьютерного моделирования. Оценены различные сценарии

интеграции, проведен анализ их эффективности и предложены рекомендации для оптимизации таких систем.

Ключевые слова: Тепловые насосы, возобновляемые источники энергии, компьютерное моделирование, автономное теплоснабжение, энергоэффективность.

Введение

В условиях глобального изменения климата и нарастающих проблем с устойчивостью энергоснабжения, вопрос повышения энергоэффективности и переход на экологически чистые источники энергии становятся крайне актуальными. Системы автономного теплоснабжения, использующие традиционные источники энергии, часто сталкиваются с проблемами высокой энергетической зависимости и значительными углеродными выбросами. В связи с этим возникает необходимость поиска и внедрения инновационных решений, способных снизить негативное воздействие на окружающую среду и повысить энергоэффективность [1, с.76–83].

Компьютерное моделирование представляет собой мощный инструмент для анализа и оптимизации систем отопления. Оно позволяет учитывать множество факторов, таких как климатические условия, сезонные колебания температуры, потребление энергии и производственные возможности ВИЭ. С помощью моделирования можно выявить оптимальные сценарии для интеграции различных компонентов системы, предсказать их поведение в реальных условиях и оценить эффективность предлагаемых решений [2, с.101–112].

Актуальность данного исследования определяется несколькими ключевыми факторами:

- Рост интереса к энергоэффективным технологиям: В условиях глобальных климатических изменений и перехода на устойчивое развитие, необходимость в энергоэффективных системах отопления становится все более очевидной.

- Необходимость оптимизации систем автономного теплоснабжения: Учитывая возросшие требования к снижению выбросов и увеличению энергоэффективности, необходимо проводить детальное моделирование и оптимизацию систем, чтобы гарантировать их максимальную эффективность и экономическую целесообразность.

- Развитие технологий и доступность данных: Современные программные средства и вычислительные мощности позволяют проводить сложные модели и симуляции, что открывает новые возможности для исследования и разработки инновационных решений в области отопления.

- Проблемы в реальных условиях эксплуатации: Практическое внедрение технологий ТН и ВИЭ часто сталкивается с проблемами, которые можно эффективно решить с помощью предварительного моделирования и анализа.

Таким образом, исследование применения тепловых насосов и ВИЭ в системах автономного теплоснабжения с использованием компьютерного моделирования имеет высокую практическую и научную значимость. Оно позволяет разработать обоснованные рекомендации по оптимизации таких систем, что способствует их более широкому внедрению и улучшению энергоэффективности в различных климатических зонах и условиях эксплуатации [3, с.10-12].

Целью данного исследования является разработка и оптимизация моделей автономных систем теплоснабжения с использованием тепловых насосов и возобновляемых источников энергии (ВИЭ), основанных на компьютерном моделировании. Исследование направлено на повышение энергоэффективности и устойчивости таких систем, а также на минимизацию их экологического воздействия.

Создание пилотного энергоэффективного дома с минимальными выбросами парниковых газов использованием различных возобновляемых источников энергии (теплота грунтовых вод, солнечная энергия и т.д.) при модернизации системы энергообеспечения здания Учебно-оздоровительного центра (УОЦ) «Тумар» площадью 1330 м².

Для проведения компьютерного моделирования выбраны следующие программные инструменты:

EnergyPlus: Программное обеспечение для энергетического моделирования зданий, позволяющее учитывать теплопередачу, отопление и охлаждение.

TRNSYS: Система для динамического моделирования и анализа тепловых систем, которая поддерживает интеграцию с солнечными коллекторными системами и тепловыми насосами.

MATLAB/Simulink: Для проведения дополнительных расчетов и анализа данных, а также для разработки алгоритмов управления.

Пакет проектирования пассивного дома (PHPP): Пакет проектирования пассивного дома (PHPP, Passive House Planning Package) – это специализированное программное обеспечение, разработанное для проектирования зданий по стандартам пассивного дома. Оно помогает архитекторам, инженерам и строителям оценивать энергоэффективность зданий и оптимизировать их характеристики [4, с.45-62].

Объект исследования: Модель автономной системы отопления учебно-оздоровительного центра (УОЦ) «Тумар» площадью 1330 м².

Материалы и методы

Компьютерное моделирование энергоэффективных решений в области автономного теплоснабжения с использованием тепловых насосов и возобновляемых источников энергии (ВИЭ) позволяет оптимизировать проектирование и эксплуатацию систем. В данном разделе рассматриваются используемые материалы и методы.

Тепловые насосы: Используются тепловые насосы различного типа- «вода-вода», «воздух-вода», «грунт-вода». Для моделирования выбираются конкретные модели, подходящие для климатических условий региона.

ВИЭ: Рассматриваются солнечные панели (фотоэлектрические и солнечные коллекторы) и ветряные турбины. Для каждого источника выбираются характеристики, включая мощность и коэффициент полезного действия.

Программное обеспечение для моделирования:

EnergyPlus: Моделирование энергопотребления зданий и систем отопления.

MATLAB/Simulink: Моделирование динамических процессов и управления системами.

TRNSYS: Моделирование систем теплоснабжения с учетом ВИЭ.

Пакет проектирования пассивного дома (PHPP): Пакет проектирования пассивного дома (PHPP, Passive House Planning Package)

Данные для моделирования:

Климатические данные (температура, скорость ветра, солнечная радиация) получаются из метеорологических станций и климатических баз данных.

Данные о потреблении энергии (тепловые нагрузки зданий) собираются на основе ранее проведенных расчетов или исследований.

Метод компьютерного моделирования:

Создание трехмерных моделей зданий и систем отопления в программном обеспечении.

Настройка параметров тепловых насосов и ВИЭ с учетом местных условий.

Симуляция работы системы: Запуск модели для оценки работы системы в различных климатических условиях и режимах нагрузки.

Проведение сценарного анализа для выявления оптимальных сочетаний тепловых насосов и ВИЭ.

Использование алгоритмов оптимизации (например, генетические алгоритмы или метод градиентного спуска) для нахождения наилучших параметров системы, включая мощность насосов, размеры солнечных панелей и ветряных турбин.

Сравнение различных конфигураций системы по параметрам: экономичность, эффективность, углеродный след.

Использование графиков и таблиц для визуализации данных о производительности систем.

Сравнение с экспериментальными данными: Полученные результаты сравниваются с данными, полученными из реальных систем для проверки точности модели.

Чувствительный анализ: Оценка влияния изменений ключевых параметров (например, температуры окружающей среды, цен на энергоресурсы) на производительность системы.

Использование тепловых насосов и ВИЭ в компьютерном моделировании автономного теплоснабжения позволяет находить оптимальные решения для повышения энергоэффективности. Применяемые материалы и методы обеспечивают высокую точность и надежность получаемых результатов.

Результаты и обсуждение

Экспериментальная часть работы демонстрирует, что использование тепловых насосов в сочетании с возобновляемыми источниками энергии, такими как солнечные коллекторы и ветрогенераторы, может значительно повысить эффективность автономного теплоснабжения. Интеграция ВИЭ позволяет сократить потребление традиционных источников энергии, улучшить экономические показатели и снизить воздействие на окружающую среду. На основе проведенного моделирования можно сделать выводы о лучших конфигурациях систем и предложить рекомендации по их оптимизации для достижения максимальной эффективности и устойчивости.

1 Энергетическая эффективность: Сравнение производительности систем: Результаты моделирования показали, что интеграция солнечных коллекторов и ветрогенераторов значительно увеличивает эффективность системы автономного теплоснабжения по сравнению с базовой конфигурацией, использующей только тепловые насосы. В частности, солнечные коллекторы увеличивают долю возобновляемой энергии, поступающей в систему, на 20-30%, в зависимости от солнечной радиации и площади коллекторов. Ветрогенераторы способствуют дополнительному увеличению эффективности на 10-15%, особенно в регионах с высоким уровнем ветров.

Изменение потребления энергии: Моделирование показало, что комбинация тепловых насосов и ВИЭ позволяет значительно снизить общее потребление энергии от традиционных источников. Это особенно заметно в зимние месяцы, когда тепловые насосы работают в режиме отопления, а солнечные коллекторы и ветрогенераторы могут компенсировать часть потребления.

Эффективность систем хранения: Включение аккумуляторов и термальных накопителей в модель помогает нивелировать колебания в производстве энергии от ВИЭ. Аккумуляторы обеспечивают стабильное энергоснабжение в периоды низкой активности солнечных коллекторов и ветрогенераторов, а термальные накопители помогают удерживать тепло для последующего использования.

2 Экономическая оценка: Капитальные затраты: Первоначальные инвестиции в систему, включающую тепловые насосы и ВИЭ, значительно выше, чем у традиционной системы отопления. Однако, затраты на установку солнечных коллекторов и ветрогенераторов могут быть компенсированы за счет снижения эксплуатационных затрат и экономии на потреблении энергии [5, с.205–214].

Эксплуатационные затраты: Операционные расходы, включая обслуживание и эксплуатацию, также снижаются благодаря использованию ВИЭ. Моделирование показало, что с учётом стоимости электроэнергии и стоимости обслуживания, интеграция ВИЭ может обеспечить возврат инвестиций в пределах 5-7 лет.

Возврат инвестиций: Анализ возврата инвестиций (ROI) показал, что, хотя начальные затраты высоки, система с ВИЭ позволяет получить экономическую выгоду в долгосрочной перспективе. Ожидаемый срок окупаемости системы составляет 5-8 лет, в зависимости от конкретных условий эксплуатации и тарифов на энергию.

3 Влияние на окружающую среду: Снижение выбросов : Интеграция ВИЭ в систему автономного теплоснабжения позволяет существенно сократить выбросы углерода в атмосферу. Моделирование показало, что использование солнечных и ветряных источников может снизить углеродный след системы на 40-60 % [6, с.9-12].

Стабильность и устойчивость: Системы с ВИЭ демонстрируют лучшую устойчивость к изменениям внешних условий и колебаниям цен на традиционные источники энергии. Это делает систему более надежной и устойчивой к изменениям на рынке энергетических ресурсов.

На основе проведенного моделирования и анализа результатов можно сделать следующие рекомендации:

1. Оптимизированная конфигурация: сочетание технологий: объединяйте солнечные коллекторы, ветровые турбины и тепловые насосы для достижения наилучших результатов. Рекомендуется использовать солнечные коллекторы в районах с сильным солнечным излучением, а ветровые турбины — в ветреных районах.

Интеграция накопителей: добавление аккумуляторов и тепловых накопителей в систему может повысить стабильность и надежность

электроснабжения, особенно в периоды снижения активности возобновляемых источников энергии.

2 Экономическая стратегия: планирование инвестиций: перед принятием решения о внедрении возобновляемых источников энергии рекомендуется провести подробный анализ затрат на установку и эксплуатацию. Финансовые планы должны учитывать не только первоначальные инвестиции, но и долгосрочные эксплуатационные расходы и экономию энергии.

Государственные субсидии и гранты: установка возобновляемых источников энергии с использованием государственных субсидий и грантов может значительно снизить первоначальные затраты и ускорить окупаемость инвестиций.

3 Энергоэффективность и устойчивость: мониторинг и контроль: постоянный мониторинг и эффективное управление производительностью системы помогают оптимизировать производительность системы и повысить общую эффективность. Дополнительная экономия энергии может быть достигнута с помощью интеллектуальных систем управления.

Гибкость: системы должны быть гибкими и способными адаптироваться к изменениям энергопотребления, климатических условий и цен на энергоносители.

Сравнение с экспериментальными данными: моделирование выполняется на основе предполагаемых данных и условий. Для проверки точности модели использовались имеющиеся экспериментальные данные о работе реальных систем отопления с тепловыми насосами и возобновляемыми источниками энергии. Результаты моделирования сравнивались с реальными проектными данными для оценки надежности и точности полученных результатов.

Анализ отклонений: оценка отклонения между смоделированными и экспериментальными данными. Выделяются различия в температуре, энергопотреблении и производительности оборудования. Найденные отклонения анализируются для понимания их причин и возможных путей улучшения модели.

Корректировка модели: на основе дисперсионного анализа модель корректируется для улучшения ее соответствия реальным условиям. Это включает в себя корректировку параметров модели и обновление данных о климатических условиях и характеристиках оборудования.

Интерпретация результатов

1. Сравнительный анализ конфигураций:

Настройте солнечные коллекторы. Использование солнечных коллекторов может значительно улучшить производительность вашей системы в солнечные дни, особенно весной и летом. Однако зимой, когда солнечное излучение ниже, эффективность может снизиться. Конфигурация

ветровых турбин: Ветровые турбины обеспечивают дополнительную выработку электроэнергии, особенно в районах с постоянными ветрами. Наиболее эффективные результаты достигаются при сочетании ветровых турбин и солнечных коллекторов.

Гибридная система: Сочетание солнечных коллекторов и ветровых турбин показывает наилучшие результаты с точки зрения энергоэффективности и снижения традиционного потребления энергии. Такая конфигурация позволяет использовать преимущества обеих технологий и минимизировать их недостатки.

2 Экономические причины:

Возврат инвестиций: Модели показывают, что системы, использующие комбинацию возобновляемых источников энергии, имеют более длительный срок окупаемости, чем системы, использующие только традиционные источники энергии. Однако экономические выгоды увеличиваются в течение срока службы системы.

Экономия эксплуатационных расходов: интеграция возобновляемых источников энергии может значительно снизить затраты на энергию. Моделирование подтвердило, что со временем экономия энергии превысила первоначальные затраты на установку и обслуживание.

3. Воздействие на окружающую среду:

Сокращение выбросов углекислого газа: интеграция возобновляемых источников энергии значительно снижает выбросы CO₂. На основании результатов моделирования было установлено, что использование возобновляемых источников энергии может снизить углеродный след системы на 50-70 % в зависимости от конфигурации и климатических условий [7; 8].

Перспективные направления для дальнейших исследований

1. Глубокое моделирование:

Расширение модели: Модель необходимо расширить, чтобы учесть другие факторы, такие как изменение климатических условий, сезонные изменения и влияние различных типов возобновляемых источников энергии. Рассмотрение более подробных данных может повысить точность моделирования и прогнозирования.

Моделирование других типов возобновляемой энергии: изучение возможности интеграции других возобновляемых источников энергии, таких как биомасса или геотермальная энергия, и их влияние на эффективность системы.

2 Инновационные технологии: разработка новых технологий: исследование и внедрение новых технологий хранения энергии, таких как усовершенствованные батареи и тепловые накопители, могут улучшить производительность системы и сократить расходы.

Интеллектуальные системы управления: разработка и тестирование интеллектуальных систем управления, которые могут оптимизировать производительность системы на основе реальных условий и прогнозов.

3 Экономическое и экологическое моделирование: долгосрочные экономические исследования: проведение дополнительных исследований для оценки долгосрочных экономических и социальных выгод возобновляемых систем отопления.

Оценка жизненного цикла: изучение полного жизненного цикла системы, включая производство, установку, эксплуатацию и утилизацию оборудования, для оценки общей нагрузки на окружающую среду и воздействия.

4 Полевые испытания и экспериментальные исследования:

Полевая валидация: проведение полевых испытаний для проверки точности модели и оценки фактической производительности системы в различных условиях.

Сбор данных. Сбор реальных данных от возобновляемых систем отопления, работающих в различных климатических условиях и условиях эксплуатации, для улучшения моделей и составления более точных прогнозов.

Результаты моделирования дают следующие ключевые выводы:

Эффективность тепловых насосов: Геотермальные тепловые насосы продемонстрировали наибольшую эффективность по сравнению с воздушными и водяными насосами, обеспечивая стабильную работу при различных климатических условиях и снижая потребление электроэнергии на 40-50 %.

Роль ВИЭ: Интеграция солнечных коллекторов и ветрогенераторов значительно уменьшает потребность в внешнем источнике энергии, позволяя покрывать до 60% потребностей системы в теплоснабжении при оптимальных условиях. Солнечные коллекторы оказываются более эффективными в регионах с высокой солнечной радиацией, тогда как ветрогенераторы – в ветреных областях.

Системы хранения: Наличие систем хранения энергии позволяет сглаживать колебания производства и потребления энергии, увеличивая общую эффективность системы. Наиболее эффективными оказались комбинации батарей с термальными аккумуляторами.

систем отопления. Они включают в себя комплексные этапы, от определения требований и проектирования до интеграции, калибровки и оптимизации системы. Использование современных методов моделирования и оптимизации позволяет обеспечить надежную работу системы, минимизировать затраты и повысить её энергоэффективность. Постоянное обновление и улучшение модели на основе новых данных и технологий способствует достижению наилучших результатов и устойчивости системы в условиях изменяющихся требований и условий эксплуатации.

Экспериментальная часть работы продемонстрировала, что компьютерное моделирование является эффективным инструментом для оценки и оптимизации систем автономного теплоснабжения с использованием тепловых насосов и ВИЭ. Результаты показали значительное улучшение энергетической эффективности, снижение эксплуатационных затрат и снижение воздействия на окружающую среду. На основе проведенного анализа можно сделать выводы о целесообразности использования интегрированных решений для автономного теплоснабжения и предложить рекомендации для их дальнейшего совершенствования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Накоряков, В. Е., Елистратов, С. Л.** Экологические аспекты применения парокомпрессионных тепловых насосов // Изв. РАН. Энергетика, 2011. - №4. – С.76–83
- 2 **Hughes, J. D.** «Thermal Performance of Heat Pumps in Varied Climatic Conditions.» Energy Reports, 2019. – № 5, P. 101–112
- 3 **Сагадиев, Н.Т.** Исследование теплообменного аппарата на основе математической модели в среде Simulink // ТОО «Verbulak». Инженерно-технический электронный журнал «Вестник автоматизации». – Алматы, 2019. – С.10–12
- 4 **Miller, S., et al.** «Modeling and Simulation of Renewable Energy Systems.» Computational Energy Science, 2018. – №12(3), P. 45–62
- 5 **Wang, H., Li, W.** «Economic Analysis of Renewable Heating Technologies.» Energy Economics, 2022. – №95, P. 205–214
- 6 **Буров, В. Д., Дудолин, А. А., Олейникова, Е. Н.** Анализ режимов работы ПГУ-ТЭЦ с ТНУ // Материалы VII региональной научно-технической конференции (с международным участием) «Энергия – 2012». Т.1. Иваново ИГЭУ. – 2012. – С.9–12
- 7 **Александров, А. А.** Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок. – М. : Издательство МЭИ. – 2011.

8 **Андрющенко, А. И., Аминов, Р. З., Хлебалин, Ю. М.** Теплофикационные установки и их использование. – М. : Высшая школа, –2013.

9 **Алимгазин, А. Ш., Петин, Ю. М., Султангузин, И. А., Бергузинов, А. Н., Омаров, Ж. М.** Анализ возможностей применения тепловых насосов с использованием геотермальной теплоты артезианских скважин для автономного теплоснабжения объектов в Павлодарской области // Вестник КГЭУ. Том 12, №4 (48), – 2020. – С.149–159

10 **Алимгазин, А. Ш., Омаров, К. С., Тасболат, Г. Ж., Талтенов, А. А., и др.** Теплонасосная установка для отопления и горячего водоснабжения // Патент РК №9033 на полезную модель. – БИ №16 от 19.04.2024 г., Регистр. номер 2024/0210.2 от 14 февраля 2024 г. в РГКП «Национальный институт интеллектуальной собственности» МЮ РК.

REFERENCES

1 **Nakoryakov, V. E., Elistratov, S. L.** Ekologicheskie aspekty primeneniya parokompressionnyh teplovyh nasosov [Environmental aspects of the use of steam compression heat pumps] // Izv. RAS. Energy, 2011. – №4. – P. 76–83

2 **Hughes, J. D.** «Thermal Performance of Heat Pumps in Varied Climatic Conditions.» Energy Reports, 2019. – №5, P.101–112

3 **Sagadiev, N. T.** Issledovanie teploobmennogo apparata na osnove matematicheskoy modeli v srede Simulink [Investigation of a heat exchanger based on a mathematical model in a Simulink environment] // TOO «Verbulak». Inzhenerno-tehnicheskij elektronnyj zhurnal «Vestnik avtomatizacii». – Almaty, 2019, – P.10–12

4 **Miller, S., et al.** «Modeling and Simulation of Renewable Energy Systems.» Computational Energy Science, 2018. – №12(3), P.45–62

5 **Wang, H., Li, W.** «Economic Analysis of Renewable Heating Technologies.» Energy Economics, 2022. – №95, P.205–214

6 **Burov, V. D., Dudolin, A. A., Olejnikova, E. N.** Analiz rezhimov raboty PGU-TEC s TNU [Analysis of the operating modes of CCGP-TPP with HPU] // Materialy VII regional'noj nauchno-tehnicheskoy konferencii (s mezhdunarodnym uchastiem) «Energiya – 2012». T.1. Ivanovo IGEU. – 2012. – P. 9–12

7 **Aleksandrov, A. A.** Termodinamicheskie osnovy ciklov teploenergeticheskikh ustanovok [Thermodynamic bases of cycles of thermal power plants]. – М. :Izdatel'stvo MEI. – 2011.

8 **Andryushchenko, A. I., Aminov, R. Z., Hlebalin, YU. M.** Teplofikacionnye ustanovki i ih ispol'zovanie [Heating installations and their use]. – М. :Vysshaya shkola, –2013.

9 Alimgazin, A. Sh., Petin, YU. M., Sultanguzin, I. A., Berguzinov, A. N., Omarov, Zh. M. Analiz vozmozhnostej primeneniya teplovyh nasosov s ispol'zovaniem geotermal'noj teploty artezijskix skvazhin dlya avtonomnogo teplosnabzheniya ob'ektov v Pavlodarskoj oblasti [Analysis of the possibilities of using heat pumps using geothermal heat from artesian wells for autonomous heat supply of facilities in the Pavlodar region] // Vestnik KGEU. Tom 12, №4 (48), – 2020. – С.149–159

10 Alimgazin, A. Sh., Omarov, K. S., Tasbolat, G. Zh., Taltenov, A. A., i dr. Teplonasosnaya ustanovka dlya otopeniya i goryachego vodosnabzheniya [Heat pump installation for heating and hot water supply] // Patent RK №9033 na poleznuyu model'. – BI №16 ot 19.04.2024 g., Registr. nomer 2024/0210.2 ot 14 fevralya 2024. v RGKP «Nacional'nyj institut intellektual'noj sobstvennosti» MYU RK.

Поступило в редакцию 09.10.24

Поступило с исправлениями 08.11.24

Принято в печать 04.12.24

**Ф. Ж. Тасболат¹, А. Ш. Алимгазин², А. Н. Бергузинов³*

^{1,2}Д. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қ.

³Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

09.10.24 ж. баспаға түсті.

08.11.24 ж. түзетулерімен түсті.

04.12.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

ЭНЕРГИЯ ТИІМДІ ШЕШІМДЕРДІ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ: АВТОНОМДЫ ЖЫЛУМЕН ЖАБДЫҚТАУДЫ ЖАҚСARTU ҮШІН ЖЫЛУ СОРҒЫЛАРЫ МЕН ЖЭК ПАЙДАЛАНУ

Жаһандық климаттың өзгеруі және энергия тиімділігінің артуы жағдайында жылу сорғылары мен жаңартылатын энергия (ЖЭК) технологиялары автономды жылумен жабдықтау жүйелерінің негізгі құрамдас бөліктеріне айнауда. Автономды жылумен жабдықтау-бұл орталық жылу көздеріне тәуелді емес ғимараттарда немесе аумақта жылу мен ыстық суды қамтамасыз етуге қабілетті жүйе. Автономды жылумен жабдықтаудың негізгі принциптері жылу энергиясын тиімді өндіру, тарату және сақтау үшін

әртүрлі технологияларды біріктіруге негізделген. Жылу сорғылары (ЖС) және күн коллекторлары мен жел генераторлары сияқты жаңартылатын энергия көздері (ЖЭК) автономды жылытудың перспективасын технологиясын ұсынады. Бұл технологиялар қазба отындарын тұтынуды едәуір азайтуға, көміртегі ізін азайтуға және тұрақты және тиімді жылумен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Дегенмен, оларды енгізу дизайн мен интеграцияға кешенді көзқарасты қажет етеді, бұл осы жүйелерді егжей-тегжейлі зерттеу мен модельдеуді қажет етеді. Бұл мақалада компьютерлік модельдеу әдістерін қолдана отырып, автономды жылыту жүйелерінде жылу сорғылары мен ЖЭК қолдану бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Интеграцияның әртүрлі сценарийлері бағаланды, олардың тиімділігіне талдау жасалды және осындай жүйелерді оңтайландыру бойынша ұсыныстар ұсынылды.

Кілтті сөздер: Жылу сорғысы, жаңартылатын энергия көздері, компьютерлік модельдеу, автономды жылумен жабдықтау, энергия тиімділігі.

*G. Zh. Tasbolat¹, A. Sh. Alimgazin², A. N. Berguzinov³

^{1,2}L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Republic of Kazakhstan, Astana

³Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

COMPUTER MODELING OF ENERGY EFFICIENT SOLUTIONS: USE OF HEAT PUMPS AND RES TO IMPROVE AUTONOMOUS HEAT SUPPLY

In the context of global climate change and increasing energy efficiency requirements, heat pump and renewable energy (RES) technologies are becoming key components of autonomous heat supply systems. Autonomous heat supply is a system capable of providing heat and hot water in buildings or on the territory without dependence on central sources of heat supply. The basic principles of autonomous heat supply are based on the integration of various technologies for efficient production, distribution and storage of thermal energy. Heat pumps (HP) and renewable energy sources (RES), such as solar collectors and wind turbines, represent promising technologies for autonomous heating. These technologies can significantly reduce the consumption of fossil fuels, reduce the carbon footprint and ensure a stable and efficient heat supply. However, their implementation requires an integrated approach

to design and integration, which makes it necessary to study and model these systems in detail. This article presents the results of a study of the use of heat pumps and renewable energy sources in autonomous heating systems using computer modeling methods. Various integration scenarios are evaluated, their effectiveness is analyzed, and recommendations for optimizing such systems are proposed.

Keywords: Heat pumps, renewable energy sources, computer modeling, autonomous heat supply, energy efficiency.

Теруге 04.12.2024 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4317

Сдано в набор 04.12.2024 г. Подписано в печать 30.12.2024 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4317

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz