

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 (2022)

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/UJEG4973>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов Т. А.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Алиферов А.И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Кошеков К.Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е.В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Оспанова Н. Н.,	<i>к.п.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

© Торайгыров университет

doi.org/10.48081/QAZW6867

***А. Ш. Алимгазин¹, А. Н. Бергузинов²,
С. Е. Бахтиярова³, А. Г. Калтаев², С. С. Рахматуллаева¹**

¹«Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева»

г. Астана, Республика Казахстан

²Торайғыров университет, г. Павлодар, Республика Казахстан,

³«БМТУ», г. Астана, Республика Казахстан

ВНЕДРЕНИЕ ТЕПЛОВОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЕННЫХ ОБЪЕКТОВ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

В статье рассмотрены вопросы внедрения энергоэффективного низкоуглеродного интеллектуального теплового модуля (НИТМ) на базе теплонасосной установки (ТНУ) с использованием возобновляемых и альтернативных источников энергии для повышения энергоэффективности как промышленных объектов в различных отраслях экономики, так и объектов социальной сферы, ЖКХ, агропромышленного комплекса и т.д. Республики Казахстан. Переход к низкоуглеродному развитию и декарбонизации национальной экономики Казахстана, включая отрасли, связанные с силовыми структурами, предполагает принятие кардинальных мер по повышению энергоэффективности и внедрения энергосберегающих технологий с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (далее – НВИЭ). Разработана и предлагаются конкретная технология и схемы НИТМ на базе парокомпрессионных и абсорбционных трансформаторов теплоты (ПиАТТ) с использованием различных НВИЭ (теплота грунтов, грунтовых и геотермальных вод, солнечная энергия, теплота вентиляционных выбросов, теплота сточных вод, избыточной сбросной теплоты промышленных предприятий и т.д.), для модернизации их систем теплохладоснабжения. По разработанной методике расчета проведены аналитические исследования одной из схем работы низкоуглеродного

интеллектуального теплового модуля с использованием теплоты грунта типового удаленного объекта военной инфраструктуры.

Ключевые слова: декарбонизация, интеллектуальный тепловой модуль, низкоуглеродные технологии, энергосбережение, возобновляемые источники энергии, теплонасосная установка, абсорбционные трансформаторы теплоты, интеллектуальная система управления.

Введение

Практический переход ведущих стран мира к новому технологическому укладу, основанному на принципах декарбонизации производства и углеродной нейтральности в рамках Парижского климатического соглашения, требует полного отказа от использования углеводородного сырья и технологий, обуславливающих глобальное изменение климата и разрушение экосистем планеты уже во второй половине нынешнего столетия [1–3].

По последним данным Казахстан входит в тридцатку стран-загрязнителей в глобальном рейтинге [1,2]. Согласно данным *The Global Carbon Atlas*, вклад Казахстана в глобальные выбросы двуокиси углерода по итогам 2019 года составил 314 мегатонн CO₂. По объему выбросов двуокиси углерода Казахстан занял 21-е место среди более 221 страны.

Переход к низкоуглеродному развитию и декарбонизации национальных экономик ведущих стран мира предполагает принятие кардинальных мер по повышению энергоэффективности и внедрению новых низкоуглеродных технологий [1–3], при этом одними из самых эффективных технологий, как показывает мировая практика последних лет, являются ПиАТТ [3–16].

В настоящее время в Казахстане идет процесс принятия решений в области обоснования национальной позиции в климатическом переговорном процессе, реализации Концепции низкоуглеродного развития и достижения низкоуглеродной нейтральности до 2060 г.

Материалы и методы

В последние годы в Республике Казахстан на государственном уровне уделяется большое внимание вопросам разработки и внедрения новых энергосберегающих и энергоэффективных технологий с использованием НВИЭ.

В период с 2012 по 2021 годы учеными НИИ «Энергосбережение и энергоэффективные технологии» Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева (далее ЕНУ им. Л. Н. Гумилева) разработаны и запатентованы основы уникальной энергосберегающей «зеленой» технологии на базе применения парокомпрессионной теплонасосной технологии в стационарной и блочно-модульной компоновке с использованием различных НВИЭ [17,18].

В отчете по итогам проведенного военно-научного исследования [19] отмечена установка «зеленое отопление» для энергообеспечения различных объектов.

Определены перспективы ее применения в интересах Вооруженных Сил Республики Казахстан – при проектировании систем отопления и вентиляции новых зданий Главного управления расквартирования войск (ГУРВ).

Для многих удаленных объектов Министерства обороны, Пограничной службы КНБ, Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан (пограничные заставы, посты технического наблюдения войсковых частей и др.) актуальными являются вопросы их энергообеспечения, т. к. часто эти объекты расположены на существенном удалении от населенных пунктов, где имеется системы центрального тепло и электроснабжения.

Отечественными военными учеными рассмотрены вопросы применения автономных гибридных энергетических комплексов малой мощности (до 30 кВт) в совокупности с дублирующими автономными источниками электроэнергии, в частности – дизельными генераторами.

Однако, практически не исследованы вопросы применения энергоэффективных технологий на базе НВИЭ для решения *вопросов тепло- и хладоснабжения удаленных военных объектов.*

Обеспечению надежным тепло- и хладоснабжением таких удаленных объектов военной инфраструктуры, вопросам бесперебойной доставки основных видов топлива (мазут, печное и дизельное топливо, уголь) перед отопительным периодом уделяется большое внимание в силовых ведомствах.

Одним из перспективных путей решения этой проблемы энергообеспечения удаленных объектов является применение новых энергосберегающих экологически чистых технологий альтернативной энергетики, использующих в качестве источника теплоты вышеуказанные низкотемпературные НВИЭ [1–8].

При разработке предлагаемой технологии использованы как теоретические методы (исследование различных схем энергообеспечения, использования альтернативных источников энергии с применением НИТМ двойного назначения, расчеты по T-S диаграммам термодинамических характеристик их работы, диаграмм теплового баланса), так и расчетно-аналитические методы исследований перспектив и путей внедрения энергоэффективных низкоуглеродных технологий на базе НИТМ двойного назначения при модернизации систем тепло- электроснабжения удаленных военных объектов Республики Казахстан.

При оценке эффективности работы НИТМ на базе ТТТ с применением различных видов низкопотенциальной теплоты используется специальный коэффициент преобразования энергии COP (j), обозначающий во сколько

раз больше производится (тепловой) энергии в сравнении с затраченной (электрической энергией). Этот коэффициент для предлагаемых ТТТ находится в пределах от 3,6 до 8,0. Значение коэффициента зависит от температуры охлаждаемой воды (или другого низкопотенциального теплоносителя).

СОР НИТМ определяется по формуле [3,4,18]:

$$\varphi = Q_{\text{конд}} / N_{\text{комп}} = \alpha \times T_{\text{конд}} / (T_{\text{конд}} - T_{\text{исп}}), \quad (1)$$

где $Q_{\text{конд}}$ – теплота, отводимая от конденсатора;

$N_{\text{комп}}$ – мощность, потребляемая компрессором;

$T_{\text{конд}}$ – температура рабочего тела на выходе из конденсатора;

$T_{\text{исп}}$ – температура рабочего тела на выходе из испарителя;

α – суммарный коэффициент потерь устройства (потери цикла, потери в компрессоре, потери от необратимости при теплопередаче и т.п.).

На приведенной ниже таблице 1 даны среднегодовые значения коэффициента φ для различных температур охлаждаемой воды:

Таблица 1 – Значения φ для различных температур охлаждаемой среды [20]

(°C)	5	10	15	20	25	30	35	40
(φ)	3,6	4,06	4,6	5,35	5,98	6,64	7,19	7,93

Проведены исследования перспективных схем использования НИТМ двойного назначения с вышеуказанными различными видами НВИЭ для типового удаленного объекта военной инфраструктуры. Изготовлен пилотный образец ИТМ двойного назначения с интеллектуальной системой мониторинга на базе ТТТ для системы энергоснабжения удаленного пилотного объекта Пограничного управления конкретного региона страны, планируется проведение тестирования его работы.

НИТМ двойного назначения [18,20], по месту соединяется двумя трубопроводами с различными источниками низкопотенциальной теплоты (подвод теплоносителя с температурой от +5 до 35 °C и его отвод после охлаждения), а также соединяется с двумя трубопроводами (подающая и обратная линии) системы теплоснабжения удаленного объекта.

К другим практическим достоинствам НИТМ двойного назначения является возможность использования утилизируемой теплоты вентиляционных выбросов, сбросной теплоты сточных вод, применив современные системы рекуперации тепла [18, 20].

Проведение исследований по применению НИТМ двойного назначения с использованием в качестве источника различных видов НВИЭ даст возможность [18,20]:

- применения альтернативных видов энергии для нужд тепло-электроснабжения обособленных объектов конкретно выбранных регионов Республики Казахстан;

- оценка экономии органического топлива на действующих отдаленных объектах с помощью НИТМ двойного назначения (по схеме замещения тепловой нагрузки), что, в конечном итоге, происходит за счет полезного использования различных альтернативных источников энергии конкретно исследуемых регионов.

Создание и практическое применение интеллектуальных систем управления (ИСУ) в современных энергосберегающих технологиях и оборудовании, к которым относится и НИТМ двойного назначения, является одной из важнейших особенностей предлагаемой технологии.

Проведены исследования и оценка эффективности различных схем применения НИТМ с использованием различными НВИЭ [18].

Результаты и обсуждение

По разработанной методике расчета [18,20] проведены аналитические исследования одной из схем работы НИТМ с использованием теплоты грунта.

Длина вертикального грунтового теплообменника (ВГТ) зависит от свойств грунта и от характеристик теплонасосной системы. Рассмотрим принципиальную схему использования ВГТ в системе теплоснабжения с тепловым насосом (рисунок 1).

ВГТ содержит U-образный полиэтиленовый трубопровод, по которому циркулирует водный раствор гликоля, прокачиваемый циркуляционным насосом 6 через испаритель 3 теплового насоса. Кипящий в испарителе холодильный агент сжимается компрессором 2. Теплота конденсации отводится в конденсаторе 4 теплоносителем системы отопления 5, подаваемым насосом 7.

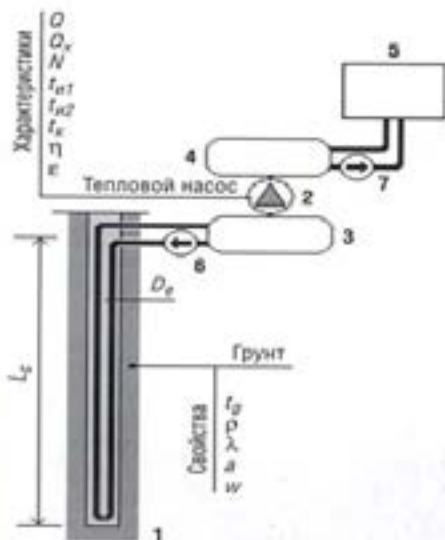


Рисунок 1 – Схема грунтового теплообменника – элемента ННТМ:
 1-ВГТ, 2 – компрессор, 3 – испаритель, 4 – конденсатор,
 5 – система отопления, 6 –циркуляционный насос ВГТ,
 7 – насос ситемы отопления

Влияние на интенсивность теплообмена в грунте оказывают такие его свойства как температура t_g в естественном состоянии, плотность ρ , теплопроводность λ , температуропроводность α и влажность w .

Не менее важную роль при определении длины теплообменника L_c играет величина его эквивалентного диаметра D_e , а также тепловая мощность Q теплового насоса. В случае использования ВГТ для отвода тепла в режиме кондиционирования необходимо учитывать холодильную мощность Q_x и электрическую мощность N . Интенсивность теплообмена в грунте в значительной степени определяется температурами жидкости $t_{в1}$ и $t_{в2}$ на входе в ВГТ и на выходе из него, а температура на выходе из конденсатора t_c является определяющей при определении коэффициентов преобразования теплового насоса η и холодильного коэффициента ϵ , которыми характеризуется энергетическая эффективность системы.

Т. к. предполагается проведение работ по внедрению НИРМ на удаленных объектах силовых структур в различных климатических регионах Республики Казахстан, включая и объекты в горной местности, необходимо

для предварительного исследований иметь надежную методику инженерных расчетов ВГТ в различных грунтах при самых разнообразных внешних условиях.

В основу расчета положена простая физическая зависимость [18]

$$q = L_C - (t_g - t_w)/R, \quad (2)$$

в которую входят величина теплового потока q , длина скважин L_C , температуры грунта в естественном состоянии t_g и жидкости, циркулирующей в ВГТ t_w , а также линейное (отнесенное к одному метру длины скважины) сопротивление теплопередаче R от грунта к жидкости.

Общая длина скважин L_C , м, используемых для теплообмена с грунтом в системах теплоснабжения с тепловыми насосами, определяется по формуле (3), где используются следующие символы:

$$L_C = \frac{q_a \cdot R_{ga} + (q_H - N_{HP}) \cdot (R_b + k_m \cdot R_{gm} + R_{gd} \cdot k_{HL})}{t_g - 0,5 \cdot (t_{1H} + t_{2H}) - \Delta t} \quad (3)$$

$$q_H = 10^9 \cdot \frac{-Q_C \frac{\varepsilon+1}{\varepsilon} + Q_H \frac{\eta-1}{\eta}}{31536000} = 31,71 \left(-Q_C \cdot \frac{\varepsilon+1}{\varepsilon} + Q_H \cdot \frac{\eta-1}{\eta} \right), \quad (4)$$

где q_a – усредненная за год величина теплового потока, Вт, из грунта;

R_{ga} – линейное термическое сопротивление грунта, м - К/Вт;

q_H – проектная тепловая мощность, Вт, системы отопления;

N_{HP} – электрическая мощность, Вт, теплового насоса;

R_b – линейное термическое сопротивление, м – К/Вт, скважины;

k_m – коэффициент, усредняющий пиковую тепловую нагрузку;

R_{gm} – линейное термическое сопротивление, м – К/Вт, грунта в течение расчетного месяца;

R_{gd} – линейное термическое сопротивление, м – К/Вт, грунта в течение расчетного дня;

k_{HL} – коэффициент, учитывающий тепловые потери, который принимают равным 1,04;

t_{2H} , t_{1H} – температуры, °С, жидкости на входе в скважину и на выходе из нее;

t_g – естественная температура, °С, грунта;

Δ_t – поправка, °С, учитывающая влияние на теплообмен соседних скважин, если расстояние между ними менее 6 метров.

Усредненная за год величина теплового потока q_a , Вт, в грунт определяется по формуле (4),

где Q_c – годовая потребность в холоде, ГДж;

Q_n – годовая потребность в тепле, ГДж;

31536000 – количество секунд в году.

ε и η – холодильный коэффициент и коэффициент преобразования теплового насоса, определяемые по каталогам оборудования при расчетных температурах кипения и конденсации холодильного агента.

При обсуждении преимуществ использования ВГТ совместно с тепловым насосом всегда обращают внимание на возможность использования грунтового массива летом при отведении в него теплоты конденсации от холодильных машин системы кондиционирования. То, что при этом тепловой поток из грунта зимой возрастает, очевидно, но зависимость (4) позволяет оценить это возрастание количественно.

Линейное термическое сопротивление грунта R_{ga} , м·К/Вт, определяется по формуле:

$$R_{ga} = G/\lambda, \quad (5)$$

где λ – теплопроводность грунта, Вт/(К·м),

G – фактор, учитывающий нестационарность теплообмена в грунте при сменяющихся циклах направления теплового потока от цилиндрического теплообменника в грунт и от грунта к теплообменнику. Величина этого фактора связана с критерием Фурье Fo :

$$G=f(Fo) \quad (6)$$

Как известно, число Фурье – это один из критериев подобия нестационарных тепловых процессов, которым характеризуется соотношение между скоростью изменения тепловых условий в окружающей среде и скоростью перестройки температурного поля внутри рассматриваемой системы. Число Фурье зависит от размеров тела и коэффициента его теплопроводности. Применительно к рассматриваемой задаче:

$$Fo = (\alpha t)/d^2 \quad (7)$$

где α – коэффициент температуропроводности грунта, м²/сут;

t – цикл в сутках, в течение которого происходит изменение направления теплового потока;

d – эквивалентный диаметр, м, одного U-образного трубопровода ВГТ, определяемый по табл. 1 [18].

Нужно вычислять число Фурье трижды, поскольку оно влияет на величины R_{ga} , R_{gm} и R_{gd} . Авторами методики рекомендуют при этом задаваться значениями $\tau = 3650, 30$ и $0,25$ суток соответственно, что отвечает интервалам времени в десять лет, один месяц и шесть часов.

Данные о теплопроводности и о температуропроводности песчаного и глиняного грунтов представлены в таблице [13]. Все остальные типы грунтов могут рассматриваться по признаку термических свойств как комбинация в различных пропорциях песка и глины, и соответствующие величины определяют, пользуясь данными таблицы 2, посредством интерполяции.

Плотность ρ , влажность w , коэффициенты теплопроводности λ , и температуропроводности α грунтов, характерных для г. Астаны.

После того, как вычислен критерий Fo , нужно определить вспомогательную величину G , зависимость которой от Fo представлена графически в виде диаграммы в логарифмических осях координат. Пользуясь Excel, нетрудно представить эту эмпирическую зависимость аналитически:

$$G = 0,0756 - \ln(Fo) + 0,0927 \quad (8)$$

Линейное термическое сопротивление R_b , м·К/Вт, материала, заполняющего скважину, принимают по табл. 4, если скважина заполнена грунтом, вынутым из скважины при бурении. К величине R_b , определенной по табл. 4, вводят поправку (табл. 5), если скважина заполнена раствором, теплопроводность которого отличается от теплопроводности окружающего скважину грунта.

Величину коэффициента kt , усредняющего пиковую тепловую нагрузку, определяют по формуле:

$$k_m = 10^9 \cdot \frac{Q_H}{q_H \cdot z} \quad (9)$$

где z – количество секунд отопительного периода.

Величины эффективного линейного термического сопротивления, R_{gm} , и R_{gd} , м·К/Вт, грунта в течение расчетного месяца и расчетных суток определяют по формулам (5)...(7) при соответствующих значениях $\tau = 30$ и $\tau = 0,25$.

Значения тепловых нагрузок q_H и q_c , а также температур грунта t_g принимают по данным проекта. Температуру $t_{2и}$ и охлажденной в испарителе теплового насоса гликоля рекомендуется рассчитывать по формуле (3),

исходя из заданных значений коэффициента преобразования и температуры теплоносителя в системе отопления, а температуру t^I И гликоля на выходе из ВГТ принимают на 5°C выше.

Таким образом, все символы основной расчетной формулы (3) объяснены.

Влияние исходных данных на результат расчета

Рассмотрим, как влияет на величину теплового потока к ВГТ от грунта его теплопроводность.

Наш пример расчета был выполнен для грунта с теплопроводностью $\lambda = 2,076 \text{ Вт}/(\text{К}\cdot\text{м})$, и удельный тепловой поток составлял при этом $q_{\text{уд}} = 41,4 \text{ Вт}$. На рис. 9 показана функция $q_{\text{уд}} = f(\lambda)$ при неизменных прочих условиях расчета.

При использовании ВГТ летом в режиме отведения теплоты от холодильных машин системы кондиционирования эффективность грунтовых теплообменников, работающих зимой совместно с тепловым насосом, возрастает. Кривая на рисунке 2 показывает характер зависимости удельного теплового потока от грунта к ВГТ зимой от отношения годовой потребности здания в холоде к годовой его потребности в тепле для отопления.

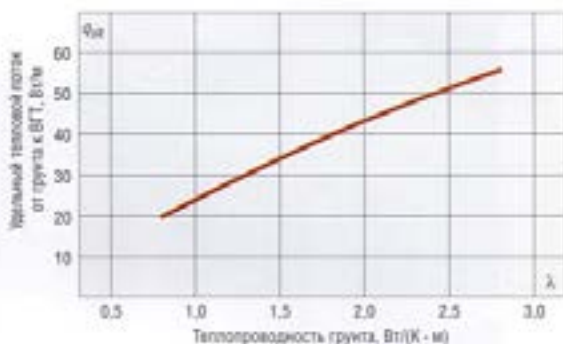


Рисунок 2 – Характер изменения величины удельного потока к ВГТ от грунтов с различной теплопроводностью

На практике при сооружении грунтовых тепловых насосов обычно применяют ВГТ с двумя U-образными полиэтиленовыми трубами, установленными в одной скважине. Математическая модель позволяет оценить эффективность такого технического решения (рисунок 3). Значения удельного теплового потока в левом и правом столбиках диаграммы вычислены при значениях эквивалентного диаметра ВГТ, соответствующих

конструктивному исполнению теплообменника с одной и с двумя U-образными трубами.

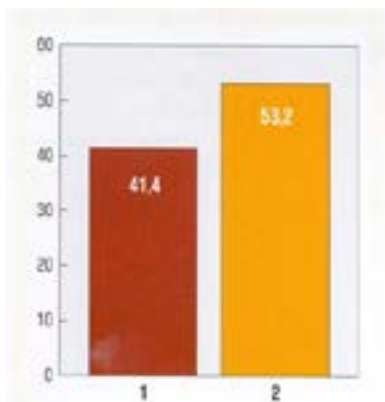


Рисунок 3 – Характер изменения величины удельного теплового потока, Вт/м, от количества установленных в ВГТ U-образных труб: 1 – одна U-образная труба; 2 – две U-образных трубы

Необходимо отметить, что рисунки 2–3 отображают не абсолютные величины удельного теплового потока от грунта к ВГТ, а характер изменения этих величин от одного из аргументов.

Определять длину вертикальных грунтовых теплообменников рекомендуется по формуле (3)

Выводы

Переход к низкоуглеродному развитию и декарбонизации национальной экономики Казахстана, включая отрасли, связанные с силовыми структурами, предполагает принятие кардинальных мер по повышению энергоэффективности и внедрения энергосберегающих технологий с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Разработана и предлагается технология на базе парокомпрессионных и абсорбционных трансформаторов теплоты с использованием различных НВИЭ (теплота грунтов, грунтовых и геотермальных вод, солнечная энергия, теплота вентиляционных выбросов, теплота сточных вод, избыточной сбросной теплоты промышленных предприятий и т.д.), для модернизации их систем тепло-хладоснабжения. Предложена методика инженерных расчетов ВГТ в различных грунтах при самых разнообразных внешних условиях. По разработанной методике расчета проведены аналитические исследования одной из схем работы НИТМ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Сафонов Г. В., Есекина Б., Туебекова Ш.** Декарбонизация национальной экономики: стратегии и сценарии. // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия общественных и гуманитарных наук. 2017. Т. 313. № 3. С. 13–22.

2 Decarbonization of Economy's Extractive Sectors of the Republic of Kazakhstan / Under edition Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences S. Daukei – Nur-Sultan: Bi-PRINT, 2021 – 265 p.

3 **Рей Д., Макмайкл Д.** Тепловые насосы / пер. с англ. – М. : Энергоиздат, 1982. – 224 с.

4 **Хайнрих Г.** и др. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения / пер. с нем. Н. Кораблевой, под ред. Б. Явнеля. – М. : Стройиздат, 1985. – 351 с.

5 Обзор рынка тепловых насосов в Швеции, Финляндии // АВОК. – 2002. – № 1. – С. 40–41.

6 **Бурдуков А. П., Петин Ю. М.** Тепловые насосы для России: технология использования геотермального и сбросного тепла предприятиями // Оборудование. Разработки. Технологии. – 2007. – № 7 (07). – С. 27–32.

7 **Бубялис Э., Марцинаускас К., Шкема Р.** Возможности и перспективы применения тепловых насосов в производстве низкопотенциальной теплоты // Промышленная энергетика. – 2000. – Т. 22, № 3. – С. 15–18.

8 **Данилов В. В.** Повышение эффективности системы централизованного теплоснабжения на основе применения технологии тепловых насосов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2000. – № 2. – С. 5–14.

9 **Петин Ю. М.** Опыт десятилетия производства тепловых насосов в ЗАО «Энергия» // Энергетическая политика. – 2001. – Вып. 3. – С. 28–33.

10 **Бараненко А. В., Тимофеевский Л. С., Долотов А. Г., Попов А. В.** Абсорбционные преобразователи теплоты: Монография. – СПб. : СПбГУНиПТ, 2005. – 338 с.

11 **Романюк В. Н., Бобич А. А., Муслина Д. Б., Коломыцкая Н. А., Мальков С. В., Бубырь Т. В.** Абсорбционные тепловые насосы в тепловой схеме ТЭЦ для повышения её энергетической эффективности // Энергия и Менеджмент. – 2013. – № 1. – С. 14–19.

12 **Wei Wu, Baolong Wang, Wenxing Shi, Xianting Li** Absorption heating technologies: A review and perspective / Applied Energy 130, 2014, P. 51–71

13 **Jian S., Lin F., Shigang Zh.** Experimental study of heat exchanger basing on absorption cycle for CHP system // Applied Thermal Engineering. 2016. Vol. 102. P. 1280–1286.

14 **Xiaoyn X., Yi J.** Absorption heat exchangers for long-distance heat transportation // *Energy*. 2017. Vol. 141. P. 2242–2250

15 Dorothee Keppler Absorption chillers as a contribution to a climate-friendly refrigeration supply regime: Factors of influence on their further diffusion: *Journal of Cleaner Production* 172 (2018) P. 1535–1544

16 **Zhiqiang Liu, Nan Xie, Sheng Yang.** Thermodynamic and parametric analysis of a coupled LiBr/H₂O absorptionchiller/Kalina cycle for cascade utilization of low-grade waste heat: *Energy Conversion and Management Volume* 205, 1 February 2020, P.112370

17 **Алимгазин А. Ш., Бергузинов А. Н.** Применение технологии «Зеленое отопление» для энергообеспечения объекта «Центр исследования энергии» международной выставки «ЕХРО-2017» // *Вестник ПГУ им.С.Торайғырова, серия «Энергетическая».* – 2017. – № 1. – С.21–28.

18 **Алимгазин А. Ш., Алимгазина С. Г.** Разработка технологий и внедрение теплонасосных систем теплоснабжения жилых, общественных и производственных зданий в Республике Казахстан с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии // *Астана: Изд-во «Артпринт», 2010.* – 171 с.

19 Отчет по итогам военно-научного исследования специализированной Международной выставки ЕХРО–2017 (г.Астана) в период поведения выставки с 8 по 11 августа 2017 г. – 2017 г., 77 с.

20 **Филатов С. О.** Тепловой расчет вертикальных грунтовых теплообменников // *Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ.* – Энергетика: международный научно-технический журнал – 2013. – № 4. – С. 81–91.

REFERENCES

1 **Safonov, G. V., Yesekina, B., Tuebekova, Sh.** Dekarbonizaciya nacional'noj ekonomiki: strategii i scenarii [Decarbonization of the national economy: strategies and scenarios] // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. A series of social sciences and humanities.* 2017. Vol. 313. No. 3. P. 13–22.

2 Dekarbonizaciya dobyvayushchih otraslej ekonomiki Respubliki Kazahstan [Decarbonization of extractive industries of the economy of the Republic of Kazakhstan] / Ed.Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Technical Sciences, prof. S.Zh. Daukeeva. – Nur-Sultan: Bi-PRINT, 2021. – 295 p.

3 **Ray, D., McMichael, D.** Teplovy'e nasosy` [Heat pumps] // translation from English. – Moscow: Energoizdat, 1982. – 224 p.

4 **Heinrich, G.** et al. Teplonasosny`e ustanovki dlya otopeniya i goryachego vo-dosnabzheniya [Heat pump installations for heating and hot water supply] / translation from German him N. Korableva, ed. B. Yavnel. – Moscow. : Stroyizdat, 1985. – 351 p.

5 Obzor ry`nka teplovy`kh nasosov v Shveczii, Finlyandii [Market overview of heat pumps in Sweden, Finland] //АВОК. – 2002. – No. 1. – P. 40–41.

6 **Burdukov, A. P., Petin, Yu. M.** Teplovy`e nasosy` dlya Rossii: tekhnologiya ispol`zovaniya geotermal`nogo i sbrosnogo tepla predpriyatiyami [Heat pumps for Russia: technology for the use of geothermal and waste heat by enterprises] // Equipment. Developments. Technology. – 2007. – No. 7 (07). – P.27–32.

7 **Bubalis, E., Marcinauskas, K., Shkema, R.** Vozmozhnosti i perspektivy` primeneniya teplovy`kh nasosov v proizvodstve nizkopotenczial`noj teploty` [Opportunities and prospects for the use of heat pumps in the production of low-grade heat] // Industrial Energy. – 2000. –T.22, No. 3. – P. 15-18.

8 **Danilov, V. V.** Povy`shenie e`ffektivnosti sistemy` czentralizovannogo teplosnabzheniya na osnove primeneniya tekhnologii teplovy`kh nasosov [Improving the efficiency of the district heating system based on the use of heat pump technology] // Energy saving and water treatment. – 2000. – No. 2. – P. 5–14.

9 **Petin, Yu. M.** Opy`t desyatiletiya proizvodstva teplovy`kh nasosov v ZAO «E`nergiya» [Experience of a decade of production of heat pumps in CJSC Energia] // Energy Policy. – 2001. – Issue 3. – P. 28–33.

10 **Baranenko, A. V., Timofeevsky, L. S., Dolotov, A. G., Popov, A. V.** Absorbzionny`e preobrazovateli teploty`: Monografiya [Absorption heat converters: Monograph] – St. Petersburg: SPbGUNIPT, 2005. – 338 p.

11 **Romanyuk, V. N., Bobich, A. A., Muslina, D. B., Kolomytskaya, N. A., Malkov, S. V., Buby, T. V.** Absorbzionny`e teplovy`e nasosy` v teplovoj skheme TE`Cz dlya povy`sheniya eyo e`nergeticheskoy e`ffektivnosti [Absorption heat pumps in the heat circuit of a thermal power plant to increase its energy efficiency] // Energy and Management. – 2013. – No. 1. – P. 14–19.

12 **Wei Wu, Baolong Wang, Wenxing Shi, Xianting Li** Absorption heating technologies: A review and perspective / Applied Energy 130, 2014, P. 51–71

13 **Jian, S., Lin, F., Shigang, Zh.** Experimental study of heat exchanger basing on absorption cycle for CHP system // Applied Thermal Engineering. 2016. Vol. 102. P. 1280 – 1286.

14 **Xiaoyun, X., Yi J.** Absorption heat exchangers for long-distance heat transportation // Energy. 2017. Vol. 141. P. 2242–2250

15 Dorothee Keppler Absorption chillers as a contribution to a climate-friendly refrigeration supply regime: Factors of influence on their further diffusion: Journal of Cleaner Production 172 (2018) P. 1535–1544

16 **Zhiqiang Liu, Nan Xie, Sheng Yang** Thermodynamic and parametric analysis of a coupled LiBr/H₂O absorptionchiller/Kalina cycle for cascade utilization of low-grade waste heat: Energy Conversion and Management Volume 205, 1 February 2020, P.112370

17 **Alimgazin, A. Sh., Berguzinov, A. N.** Primenenie tekhnologii «Zelenoe otoplenie» dlya energoobespecheniya ob'ekta «Czentr issledovaniya energii» mezhdunarodnoj vy'stavki «EKhRO-2017» [Application of «Green Heating» technology for energy supply of the facility «Energy Research Center» of the international exhibition «EXPO-2017»] // Bulletin of PSU named after S. Toraiyrov, series «Energy». – 2017. – No 1. – P. 21–28.

18 **Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, S. G.** Razrabotka tekhnologij i vnedrenie teplonasny'kh sistem teplosnabzheniya zhily'kh, obshhestvenny'kh i proizvodstvenny'kh zdaniy v Respublike Kazakhstan s ispol'zovaniem netradiczionny'kh i vozobnovlyaemy'kh istochnikov energii [Development of technologies and implementation of heat pump systems for heat supply of residential, public and industrial buildings in the Republic of Kazakhstan using non-traditional and renewable energy sources] // Astana: Artprint Publishing House, 2010. – 171 p.

19 Otchet po itogam voenno-nauchnogo issledovaniya specIALIZIROVANOJ Mezhdunarodnoj vy'stavki EKhRO-2017 (g.Astana) v period povedeniya vy'stavki s 8 po 11 avgusta 2017 g. – 2017, 77 p.

20 **Filatov, S. O.** Teplovoj raschet vertikal'ny'kh gruntovy'kh teploobmennikov [Thermal calculation of vertical ground heat exchangers] // News of higher educational institutions and energy associations of the CIS. – Energy: international scientific and technical journal – 2013. – No. 4. – P. 81–91.

Материал поступил в редакцию 15.12.22.

*А. Ш. Алимгазин¹, А. Н. Бергузинов², С. Е. Бахтиярова³,
А. Г. Калтаев², С. С. Рахматуллаева¹

¹ Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.,
Қазақстан Республикасы;

²Торайғыров университеті, Павлодар қ, Қазақстан Республикасы;

³«БМТУ» ЖШС, г. Астана, Республика Казахстан

Материал баспаға 15.12.22 түсті.

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ӘСКЕРИ ОБЪЕКТІЛЕРІН
ЭНЕРГИЯМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ЖҮЙЕЛЕРІ ЖҰМЫСЫНЫҢ
ЭНЕРГИЯ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ҮШІН ЖЫЛУ
МОДУЛІН ЕНГІЗУ**

Мақалада экономиканың әртүрлі салаларындағы өнеркәсіптік объектілердің, сондай-ақ әлеуметтік сала, ТКШ, агроөнеркәсіптік кешен және т.б. объектілердің энергия тиімділігін арттыру үшін жаңартылатын және баламалы энергия көздерін пайдалана отырып, жылу сорғы қондырғысы базасында энергия тиімді төмен көміртекті интеллектуалды жылу модулін енгізу мәселелері қаралды. Күш құрылымдарымен байланысты салаларды қоса алғанда, Қазақстанның ұлттық экономикасын төмен көміртекті дамытуға және декарбонизациялауға қошу энергия тиімділігін арттыру және дәстүрлі емес және жаңартылатын энергия көздерін пайдалана отырып, энергия үнемдейтін технологияларды енгізу жөнінде түбегейлі шаралар қабылдауды болжайды. Жылумен-салқындатумен жабдықтау жүйелерін жаңғырту үшін әртүрлі НВИЭ (топырақтың, жер асты және геотермалдық сулардың жылуы, күн энергиясы, желдету шығарындыларының жылуы, сарқынды сулардың жылуы, өнеркәсіптік кәсіпорындардың артық ағызу жылуы және т.б.) пайдалана отырып, бу компрессиялық және сіңіргіш жылу трансформаторлары негізінде нақты технология мен төмен көміртекті интеллектуалды жылу модульді схемалары әзірленді және ұсынылады. Әзірленген есептеу әдістемесі бойынша әскери инфрақұрылымның типтік қашықтағы объектісінің топырақ жылуын пайдалана отырып, төмен көміртекті зияткерлік жылу модулінің жұмыс схемаларының біріне аналитикалық зерттеулер жүргізілді.

Кілтті сөздер: декарбонизация, интеллектуалды жылу модулі, төмен көміртекті технология, энергияны үнемдеу, жаңартылатын энергия көздері, жылу сорғы қондырғысы, сіңіргіш жылу трансформаторлары, интеллектуалды басқару жүйесі.

*A. Sh. Alimgazin¹, A. N. Berguzinov², S. E. Bakhtiyarova³,
A. G. Kaltayev², S. S. Rakhmatullaeva¹

¹L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana,
Republic of Kazakhstan

²Toraighyrov University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan

³«BMTU» LLP, Astana, Republic of Kazakhstan

Material received on 15.12.22

INTRODUCTION OF A THERMAL MODULE TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF THE POWER SUPPLY SYSTEMS OF MILITARY FACILITIES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

The article discusses the implementation of an energy-efficient low-carbon intelligent thermal module (NITM) based on a heat pump unit (TNU) using renewable and alternative energy sources to improve the energy efficiency of industrial facilities in various sectors of the economy, as well as social facilities, housing and communal services, agro-industrial complex, etc. of the Republic of Kazakhstan. The transition to low-carbon development and decarbonization of the national economy of Kazakhstan, including industries related to law enforcement agencies, involves the adoption of cardinal measures to improve energy efficiency and the introduction of energy-saving technologies using unconventional and renewable energy sources (hereinafter - NVE). A specific technology and schemes of NITM based on steam compression and absorption heat transformers (PiATT) using various NIE (heat of soils, ground and geothermal waters, solar energy, heat of ventilation emissions, heat of wastewater, excess waste heat of industrial enterprises, etc.) have been developed and proposed for the modernization of their heat and cooling systems. According to the developed calculation methodology, analytical studies of one of the schemes of operation of a low-carbon intelligent thermal module using the heat of the soil of a typical remote military infrastructure facility were carried out.

Keywords: decarbonization, intelligent thermal module, low-carbon technologies, energy saving, renewable energy sources, heat pump installation, heat absorption transformers, intelligent control system.

Теруге 15.12.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

3,44 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.59. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4019

Сдано в набор 15.12.2022 г. Подписано в печать 30.12.2022 г.

Электронное издание

3,44 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.59. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4019

«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