

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

№ 2 (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/ZOCF4313>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

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 университете

<https://doi.org/10.48081/FEDX5178>

***А. Ш. Алимгазин¹, А. Н. Бергузинов², И. А. Султангузин³,
М. О. Серкпаев⁴, И. Г. Ахметова⁵**

¹Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан;

²Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;

³Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
Российская Федерация, г. Москва;

⁴Академия военных наук Республики Казахстан,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан;

⁵Казанский государственный энергетический университет,
Российская Федерация, г. Казань

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕПЛОТЫ ДЛЯ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ УГЛЕРОДНОЙ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

В статье рассматриваются перспективы применения технологий трансформации теплоты для декарбонизации углеродной экономики Казахстана, а также вопросы, связанные с применением абсорбционных холодильных технологий, которые очень широко распространены в энергетике, различных отраслях промышленности, системах комфортного кондиционирования зданий различного назначения и т.п. ведущих стран мира. АБХМ утилизируют сбросную теплоту для производства холода (как правило, для производства охлажденной воды с температурой до +50 °С). АБТН являются высокоэффективным энергосберегающим оборудованием для теплоснабжения и горячего водоснабжения различных объектов и предназначены для производства теплоты более высокого температурного уровня (горячая вода или пар) до 50–90 °С из энергии низкого потенциала за счёт энергии высокого потенциала (перенос тепловой энергии). Внедрение инновационного энергосберегающего оборудования, какими являются АБТН и АБХМ, для большинства предприятий Республики Казахстан

может стать реальным способом повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов как в системах тепло-хладоснабжения, так и в теплотехнологических системах, что еще более перспективно и экономически выгодно. Модернизация промышленных предприятий республики с применением абсорбционных технологий нагрева и охлаждения является первостепенной задачей для энергоэффективного и экологичного развития топливно-энергетического комплекса, металлургии, нефтехимического комплекса, агропромышленных предприятий и т.д.

Ключевые слова: энергоэффективность, декарбонизация, углеродная экономика, абсорбционные трансформаторы теплоты, абсорбционные холодильные машины.

Введение

Одним из глобальных трендов в современном мире является поиск путей практического перехода стран к новому технологическому укладу, основанному на принципах декарбонизации производства и углеродной нейтральности в рамках Парижского климатического соглашения (ПКС). Реализация заявленной в ПКС цели – недопущения повышения температурного порога выше 2° - 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].

В этой связи, большинство стран – членов ООН, подписавших ПКС в 2015г. начали разработку, а ряд стран Европы и Азии уже приняли на законодательном уровне, стратегии национальной климатической политики, нацеленные на достижение углеродной нейтральности к 2050-2060 гг.

Главным содержанием страновых стратегий является направления и механизмы перехода к низкоуглеродному развитию. На сегодняшний день более 110 стран обязались перейти к углеродной нейтральности к 2050г. Помимо этого, ведущие транснациональные корпорации, такие как Bloomberg, Microsoft, Tesla, Apple, Volvo, Bosch, BP, Total и другие поддержали этот глобальный тренд, объявив о своих целях по трансформации структуры производств, развитие ВИЭ, СТВ и внедрению энергоэффективных и низкоуглеродных технологий.

В ближайшие десятилетия низкоуглеродность, основанная на снижении негативного воздействия на окружающую среду и повышении энергоэффективности, станет ключевой характеристикой передовых экономик, так как многие экономики мира будут обладать новой инновационной и технологической основой.

В конце 2019 года Европейский Союз провозгласил «Европейский зелёный курс» (The European Green Deal) – стратегию, определяющую снижение выбросов углерода на 60 % от уровня 1990 года к 2030 году, а к 2050 году – завершение «углеродного обнуления». Япония вслед за ЕС объявила о цели «ноль нетто-выбросов» к 2050 году.

Такое же обязательство взяла на себя и Южная Корея. Китай готов стать полностью безуглеродным к 2060 году. На реализацию этого курса предполагается затратить около 1 триллиона евро. В целом же, обязательства о полной декарбонизации уже приняли или в настоящее время рассматривают более 125 стран мира.

Добиться радикального снижения выбросов углерода, как известно, можно за счет универсальных мер [1–3]:

- повышения энергоэффективности (но не на 10–20 %, а в разы);
- снижения удельных выбросов CO₂ на единицу произведенной энергии (тоже в разы, используя зеленые источники энергии);
- максимального перехода на безуглеродные энергоносители (в том числе ВИЭ, зеленый водород и пр.).

Сейчас около 80 % первичной энергии в мире происходит из ископаемого топлива, сжигание которого приводит к выбросу в атмосферу около 34 млрд т диоксида углерода.

Материалы и методы

Трансформация энергосистемы, в основе которой лежит использование ископаемого топлива, в устойчивую и декарбонизированную систему является одной из главных задач человечества.

Глобальная декарбонизация предусматривает переход на ВИЭ: для удержания роста средней температуры до конца XXI века в пределах 1,5 °С нужно к 2050 году довести долю ВИЭ в выработке электроэнергии до 70–85 % в 2050 году.

Республика Казахстан также присоединилась к данному глобальному процессу, подписав и ратифицировав Парижское климатическое соглашение и заявив на Саммите климатических амбиций ООН в декабре 2020 г. о своем намерении достичь углеродной нейтральности к 2060 году.

Необходимость принятия кардинальных мер продиктована технологическими и экологическими рисками, решение которых не требует отлагательств. По последним данным, Казахстан входит в тридцатку стран-загрязнителей в глобальном рейтинге [1–3].

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.

Сегодня в структуре генерации нашей страны угольная генерация составляет свыше 70 %, и в ближайшие 15 лет данный показатель планируется снизить до 50 % за счет использования наилучших доступных технологий (НДТ), развития ВИЭ и водородной энергетики, ввода новых газотурбинных электрических станций, развития децентрализованного энергоснабжения, утилизации ТБО и т.д.

Переход к низкоуглеродному развитию и декарбонизации национальной экономики Казахстана предполагает принятие кардинальных мер по повышению энергоэффективности и внедрению новых низкоуглеродных технологий [1–3].

Как показывает мировой опыт, к одним из самых перспективных технологий относятся технологии, связанные с применением трансформаторов теплоты (тепловых насосов и холодильных машин) [4–16].

Трансформаторами тепла (или термотрансформаторами) называются технические системы, в которых осуществляется отвод энергии в форме тепла от объектов с относительно низкой температурой к приемникам тепла с более высокой температурой.

Такое преобразование, называемое в технике повышением потенциала тепла, не может, как следует из термодинамики, происходить самопроизвольно. Для повышения потенциала тепла необходима затрата внешней энергии того или иного вида: электрической, механической, химической, кинетической энергии потока газа или пара и др.

В рамках реализации мер по повышению энергоэффективности казахстанскими и российскими учеными (ЗАО «Энергия», г. Новосибирск, НИУ «МЭИ») на протяжении двух десятков лет (с 2000 г. по 2018 г.) проводились совместные исследования по разработке схем и технологий с применением парокompрессионных трансформаторов теплоты – тепловых насосов (ПКТН) с использованием сбросного тепла систем технического водоснабжения промышленных предприятий (ТЭЦ, металлургических комбинатов, нефтеперерабатывающих заводов и т.д.) для повышения эффективности работы теплоэнергетического оборудования этих предприятий [4–10].

В настоящее время имеются отдельные примеры применения ПКТН на промышленных объектах страны для утилизации низкопотенциального сбросного тепла промышленных предприятий и получения тепла высоких параметров для нужд предприятий.

Результаты и обсуждение

Первый успешный опыт применения ПКТН в Казахстане был осуществлен в декабре 1999 году совместно с российскими специалистами,

когда был реализован пилотный проект в теплосиловом цехе ОАО «Казцинк» (г. Усть-Каменогорск).

В рамках проекта был запущен в эксплуатацию один тепловой насос НТ-3000 для подогрева питательной воды перед химводоочисткой с $+8^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$, мощностью 3500 кВт [5–9]. Насос работает на низкопотенциальном тепле оборотной воды ТСО и нагревает исходную воду для химводоочистки, одновременно охлаждает оборотную воду, которая используется далее в электролизном цехе, замещая покупную артезианскую воду.

Расчетная характеристика НТ-3000 при температуре оборотной воды 25°C составляет 3,7 Гкал/час. Фактическая, при балансовых испытаниях при той же температуре, составила 3,55 Гкал/час. Коэффициент преобразования энергии при этом равен 6,8. Другими словами, затратив 1 кВт/час электроэнергии на привод насоса, получено 6,8 кВт/час тепловой энергии. Охлаждение оборотной воды при этом составило $7,7^{\circ}\text{C}$. Средняя себестоимость тепловой энергии, вырабатываемой тепловым насосом НТ-3000, составила 198 тенге за Гкал, себестоимость холода – 440 тенге/Гкал.

Капитальные затраты на установку НТ-3000 составили 27,63 млн.тенге, в том числе стоимость насоса – 24,9 млн.тенге (данные 2002 г.). Суммарная же выработка тепла и холода за период 1999-2004 гг. составила 57,2 млн. тенге. Стоимость электроэнергии, затраченной на привод компрессора насоса, составила 4,55 млн. тенге. Таким образом, проект по применению теплового насоса НТ-3000 окупил себя за два с небольшим года [5–9].



Рисунок 1 – Первый в Республике Казахстан тепловой насос НТ-3000 (тепловая мощность 3,7 Гкал) на АО «Казцинк» (г.Усть-Каменогорск, декабрь 1999 г.)

В период 2000-2020 годы реализованы ряд проектов с применением ПКТН, использующих в качестве низкопотенциальных источников как сбросное тепло промышленных предприятий, канализационно-очистных сооружений, так и различные возобновляемые источники энергии (тепло грунтов, грунтовых вод) [5–10,14].

Исследования по применению ПКТН и разработка ТЭО проектов также проведены на таких крупных промышленных предприятиях Казахстана, как АО «АрселорМиттал Темиртау», АО «Алюминий Казахстана», АО «Экибастузская ГРЭС-2», АО «Усть-Каменогорская ТЭЦ», АО «Согринская ТЭЦ», АО ТЭЦ-2 г. Астаны, АО «ТЭЦ-2 г. Петропавловска», АО «Астана Су Арнасы», ТОО «KSP Steel», Аксуский завод ферросплавов и др. [5-10,14].

Все это свидетельствует о том, что Казахстан обладает огромным потенциалом энергосбережения. Внедрение новых энергосберегающих технологий может дать ощутимое сокращение выбросов парниковых газов.

Проведенные исследования [5-10,14] в период 2007-2021 годы наглядно свидетельствуют, что суммарный эффект от широкомасштабного внедрения теплонасосных технологий в Республике Казахстан, в первую очередь, на крупных промышленных предприятиях (ТЭЦ, ГРЭС, металлургических предприятиях, машиностроении, нефтехимии и др.), а также объектах бюджетной сферы (школы, больницы, детские учреждения, административные здания и т.д.), ЖКХ в различных климатических регионах страны будет значительным и способствует существенному сокращению выбросов парниковых газов в окружающую среду.

Согласно договору по грантовому финансированию АО «Фонд науки» на коммерциализацию технологий, в течение 2017-2021 г. ЕНУ им. Л.Н. Гумилева и ТОО «KSP Steel» (г. Павлодар) сотрудничают по реализации «Проекта коммерциализации блочно-модульной теплонасосной установки для утилизации низкопотенциальной сбросной теплоты систем технического водоснабжения промышленных предприятий», который также является стартапом компании ТОО «БМТУ» [8].

Коммерциализация пилотного образца новой блочно-модульной теплонасосной установки (БМТУ) тепловой мощностью 472 кВт для утилизации низкотемпературных тепловых отходов технологических процессов промышленных предприятий (сбросные воды предприятий, вода из системы технического водоснабжения (СТВ) и т.п.) осуществляется с целью снижения вредных выбросов в атмосферу и одновременным получением тепла более высоких параметров на конкретном металлургическом предприятии – ТОО «KSP Steel».

В целом, источником доходности проектов при внедрении ПКТН (в стационарной комплектации или в виде БМТУ) на промышленных предприятиях являются:

1 Значительный экономический эффект, т.е. разница стоимости тепловой энергии, покупаемой потребителями на ТЭЦ и вырабатываемых с применением тепловых насосов (в 2–4 раза).

2 Существенное снижение эксплуатационных затрат предприятий, использующих оборотные и прямоточные системы водоснабжения.

3 Снижение выбросов парниковых газов предприятий и, как следствие, уменьшение экологических платежей.

Анализ мирового опыта применения АБТН и АБХМ [2,3,9-16]. свидетельствует о том, что применение абсорбционных технологий нагрева и охлаждения на промышленных и гражданских объектах может существенно снизить эксплуатационные расходы, поскольку АБХМ и АБТН работают на низкопотенциальном отработанном тепле, в то время как их парокомпрессионные аналоги (ПКТН и ПКХМ) приводятся в действие электродвигателем.

Например, при мощности по холоду 1000 кВт потребление ПКХМ составляет порядка 330 кВт электрической энергии, а системы на базе АБХМ - не выше 50 кВт (включая вспомогательное оборудование).

АБТН и АБХМ обладают несколькими особенностями, привлекательными для проектов централизованного теплоснабжения, а именно:

- в отличие от обычного теплового насоса АБТН работает на тепловой энергии, что обеспечивает минимальное потребление электроэнергии и довольно низкие эксплуатационные расходы;

- в тепловой установке необходимый источник тепловой энергии часто находится в «свободном» доступе, а тепло, используемое в абсорбционном тепловом насосе, передаётся в систему централизованного теплоснабжения;

- в качестве хладагента АБТН использует воду, что означает практически нулевое воздействие на окружающую среду;

- технология является отработанной и проверенной именно для систем централизованного отопления (в мире насчитывается сотни тысяч коммерческих установок).

В силу сложившейся энергетической инфраструктуры ответственность за обеспечение теплоснабжения городского хозяйства во многих странах СНГ, в том числе и Республике Казахстан, возложена на градообразующие промышленные предприятия.

В социальную инфраструктуру градообразующих предприятий часто входят спортивные объекты, медицинские учреждения, локальные культурные и образовательные центры. Для всех этих объектов вопрос

кондиционирования может быть решен с помощью АБТН, работающих в режиме охлаждения, без дополнительных капитальных затрат. В результате применения АБТН собственник производства повышает его энергоэффективность, снижает эксплуатационные затраты на выработку тепла и холода, повышает экологичность производства и усиливает статус социально ответственного предприятия.

Таким образом, социальная теплофикационная нагрузка на промышленные предприятия из разряда обременения может перейти в разряд преимуществ. Учитывая, что промышленные предприятия активно модернизируют собственное энергетическое хозяйство, внедряя современные технологии, можно ожидать, что в поиске дальнейших путей повышения энергоэффективности предприятия обратят внимание на сопутствующие системы.

С учетом вышесказанного, на объектах Республики Казахстан выбор сделан в сторону разработок проектов по внедрению абсорбционных технологий нагрева и охлаждения.

Исследования возможностей применения АБХМ и АБТН на предприятиях республики пока находятся на начальном этапе [9-15].

Как показывает практика, перспективно использование АБХМ в системах комфортного и технологического кондиционирования в различных отраслях промышленности страны (энергетика, металлургия, нефтехимия, машиностроение и т.д.), в агропромышленном комплексе (теплицы, мясомолочные комплексы, овощи и фруктохранилища), так как производство электрической энергии сопровождается выделением тепловой энергии, которую могут утилизировать системы теплоснабжения.

Удачным решением считается применение АБХМ на нефтеперерабатывающих и нефтехимических производствах. На предприятиях нефтепереработки и нефтехимии в качестве энергоресурса АБХМ, как правило, используют пар. Тепловой энергии очень часто бывает в избытке на предприятии. В качестве греющего источника для работы АБХМ можно использовать, например, пар с давлением не ниже 1 атм.

Промышленный холод является неотъемлемой частью многих технологических процессов нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств, в частности охлаждения сред в процессах каталитического крекинга: охлаждение паров с колонны ректификации, паров жирного газа после компримирования, паров головки стабилизации и прочие технологические решения, в том числе, охлаждение абсорбента при нефтепереработке. Обеспечить стабильный выход продукта позволит только использование искусственного холода. Эффективность работы аппаратов воздушного охлаждения (АВО) зависит от наружной температуры.

Промышленный холод широко применяется в металлургической промышленности и определяет эффективность технологий черной и цветной металлургии: сталелитейного производства, производство чугуна, алюминия, никеля, кобальта и пр. В металлургии высокие тепловыделения в цехах могут привести не только к нарушению условий труда, но и к разрушению строительных конструкций. Обеспечение кондиционирования жарких цехов, а также снижение влажности дутья с применением осушительных установок рационально строить на базе АБХМ, поскольку на металлургических предприятиях в избытке имеется бросовая тепловая энергия (отходящие газы, горячая вода) [9–15].

В химической промышленности АБХМ часто используют для осушения воздуха (в производстве удобрений). Высокая влажность гранулированных продуктов затрудняет их отгрузку и транспортировку. Поэтому АБХМ используют для охлаждения воздуха. В процессе охлаждения лишняя влага конденсируется, затем воздух снова нагревается и с низкой влажностью поступает на охлаждение гранулированной продукции.

АБХМ в строительстве применяют в системах комфортного кондиционирования зданий различного назначения: торговых и офисных комплексов, больниц, выставочных и спортивных комплексов и т.д. Использование АБХМ в системах центрального кондиционирования воздуха позволяет снизить до 30 % электропотребление зданий.

Использование АБХМ на газе можно рассмотреть на примере пилотного проекта – системы охлаждения воздуха на Жанажолской ГТЭС-45. Это современная высокотехнологичная газотурбинная электростанция, обеспечивающая электроэнергией многие регионы страны. ГТЭС-45 введена в эксплуатацию в 2008 году. Основными потребителями вырабатываемой ею электроэнергии являются объекты первой очереди третьего Жанажолского газоперерабатывающего завода.

Проект уникален тем, что применяется АБХМ, работающий на выхлопных газах от газотурбинных установок (ГТУ) [15]. Для выработки электроэнергии на ГТЭС–45 нефтекомпания «СНПС-Актобемунайгаз» мощностью 160 МВт в качестве сырья используют неочищенный попутный газ. Для охлаждения воздуха на входе в турбину применяется абсорбционный чиллер. Это позволяет существенно повысить эффективность работы ГТУ и увеличить выработку электроэнергии.

В 2016 г. начаты пилотные работы по повышению энергоэффективности работы оборудования на Жанажолской газотурбинной электростанции (ГТЭС) (Актюбинская обл.) путем применения АБХМ на ГТУ № 5,6,7 (Рис.5). На ГТЭС внедрена одна АБХМ фирмы «Thermax» (Индия) холодопроизводительностью ~3150 кВт с использованием в качестве

энергоисточника выхлопных газов от ГТУ и двух градирен открытого типа. Проход выхлоп-ных газов через АБХМ осуществляется с помощью дымососа. Номинальный расход выхлоп-ных газов составляет 45 000 кг/ч при расчетной температуре на входе в генератор АБХМ $t_1 = 355$ °С и выходе $t_2 = 192$ °С [15].

Оценка возможностей применения АБХМ с использованием альтернативных источников энергии на Аксуском заводе ферросплавов (АЗФ) - филиале АО «ТНК «Казхром» изучается учеными и специалистами НИИ «Энергосбережение и энергоэффективные технологии» ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, НИУ «МЭИ», Стартап компании ТОО«БМТУ» совместно со специалистами из КНР с 2018 г. [10,15].

Впервые на примере крупного металлургического предприятия страны проводятся исследования различных схем применения абсорбционных технологий нагрева и охлаждения с утилизацией вторичных энергоресурсов (ВЭР) плавильных печей № 1 и № 4 в АБХМ в летний период и с помощью АБТН в зимний период.

Проект преследует две цели:

1 Разработка эффективных и надежных схем отвода избыточного тепла системы оборотного водоснабжения (СОВ) предприятия для обеспечения устойчивых технологических процессов основных производств АЗФ на примере плавильного цеха № 4.

2 Проведение исследований по применению АБХМ и АБТН в существующих схемах СОВ и теплоснабжения плавильного цеха № 4 с использованием программных комплексов Thermoflex (США) и Aspen Plus (США), программ GIS ToolKIT КБ «Панорама» и Microsoft Visual Studio (США) для расчета рассеивания вредных выбросов с целью оценки воздействия выбросов на окружающую среду.

Учитывая то, что на градирнях фактически имеется значительный неиспользованный тепловой потенциал, можно решить следующие задачи:

- замещение в зимний период суммарной тепловой нагрузки на отопление и ГВС, получаемой от районной отопительной котельной (РОК-2) АЗФ в объеме $Q_{год} = 54$ Гкал/час с последующей передачей освободившегося объема тепла для нужд теплоснабжения объектов г. Аксу;

- получение с помощью абсорбционных трансформаторов тепла значительного количества собственного тепла с температурой до 70–95 °С, что даст возможность экономии большого объема твердого топлива, сжигаемого в настоящее время на котлоагрегатах РОК-2, а также существенного уменьшения экологических платежей предприятия.

В настоящее время проводится практическая реализация пилотного проекта «Утепление отсадочного комплекса ЦППШ АЗФ путем установки

тепловых насосов с использованием сбросной теплоты оборотной воды системы охлаждения плавильных печей цеха № 1».

Применение АБХМ в тригенерационных системах энергообеспечения промышленных предприятий и в гражданском строительстве страны [11,15,16] говорят об их перспективности. Наиболее оправданно применение АБХМ для объектов площадью от 20-30 тыс. м² (бизнес-центр средних размеров) и заканчивая гигантскими объектами в несколько сотен тысяч квадратных метров и даже больше (торгово-развлекательные комплексы и аэропорты). Но на таких объектах должен быть спрос не только на холод и электроэнергию, но и на теплоснабжение. Причем теплоснабжение предполагает не только отопление помещений в зимнее время, но и круглогодичное снабжение объекта горячей водой для нужд ГВС. Это исходит из того, что чем полнее используются возможности тригенерационного энергоцентра, тем выше его эффективность.

Рациональность использования АБХМ подтверждается при наличии:

- а) природного газа – для этого рекомендуется применение АБХМ на газе для производства холода и тепла;
- б) автономной котельни – избыток горячей воды в летний период можно использовать в АБХМ;
- в) мини-ТЭЦ – бросовое тепло (горячая вода, пар, выхлопные газы) можно использовать в процессе выработки электроэнергии.

Применение АБХМ в системах кондиционирования воздуха позволяет снизить энергопотребление зданий до 30%. Стоимость системы холодоснабжения с использованием АБХМ при мощностях более 1-2 МВт не превышает стоимость парокompрессионных холодильных установок. Минимальная мощность АБХМ около 200 кВт. Если объект предполагает автономное электроснабжение (мини-ТЭЦ), то АБХМ может утилизировать «бросовую теплоту» охлаждения энергетической установки. В этом случае применение АБХМ всегда выгоднее, чем использование электрического chillера.

В Казахстане также имеются первые примеры успешного применения АБХМ в системах центрального кондиционирования (СЦК) в гостиничной сфере. Одним из первых известных случаев применения абсорбционных технологий охлаждения в стране является АБХМ в 5-звездочном отеле «Royal Tulip Almaty» в г. Алматы (2008 г.). Установка работает на природном газе. АБХМ Thermax 2V 3K C мощностью 1 МВт, также работающий на доступном дешевом источнике энергии - природном газе, работает в СЦК отеля «Султан Палас» (г. Атырау, 2018 г.) – крупнейшего отеля представительского класса в регионе. АБХМ Thermax 5G 4L C на горячей воде и АБХМ Thermax 2V 3L C на природном газе установлены в энергоцентре торгового центра «Agaу

City Mall» (г. Кызылорда, 2018 г.). Внутреннее охлаждение АБХМ успешно обеспечивают две градирни NST [11].

Тем не менее, широкому внедрению абсорбционных технологий в стране, при всей их выгодности и экологичности, препятствуют отсутствие соответствующей нормативно-законодательной базы, слабое освещение в средствах массовой информации, непонимание/нежелание государственных структур и национальных компаний внедрять данные технологии в различных сферах экономики.

Выводы

В целом, опыт применения абсорбционных технологий на отдельных объектах Казахстана позволяет сделать следующие выводы и рекомендации:

1 Внедрение инновационного энергосберегающего оборудования, какими являются АБТН и АБХМ, для большинства предприятий Республики Казахстан может стать реальным способом повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов как в системах теплохладоснабжения, так и в теплотехнологических системах, что еще более перспективно и экономически выгодно.

2 Модернизация промышленных предприятий республики с применением абсорбционных технологий нагрева и охлаждения является первостепенной задачей для энергоэффективного и экологичного развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК), металлургии, нефтехимического комплекса, агропромышленных предприятий и т.д.

3 С целью широкомасштабного внедрения АБТН и АБХМ на промышленных предприятиях, агропромышленном комплексе, объектах ЖКХ, бюджетной сферы и др. необходимо совершенствование нормативно-законодательной базы Республики Казахстан.

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 Декарбонизация добывающих отраслей экономики Республики Казахстан /Под ред. академика НАН РК, д.т.н., проф. С.Ж. Даукеева. – Нур-Султан: Би-ПРИНТ, 2021. -295 с.

3 Decarbonization of Economy's Extractive Sectors of the Republic of Kazakhstan /Under edition Academican 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.

4 Султангузин И.А., Потапова А.А. Высокотемпературные тепловые насосы большой мощности для теплоснабжения // Новости теплоснабжения. – 2010. - № 10.–С. 23–27.

5 Алимгазин А.Ш., Алимгазина С.Г. Теплонасосные технологии для теплоснабжения различных объектов. Опыт Республики Казахстан.– АВОК.– Энергосбережение.–№8.– 2013.–С.68–73.

6 Алимгазин А.Ш., Алимгазина С.Г., Петин Ю.М., Кислов А.П., Амренова Д.Т. Применение тепловых насосов нового поколения с использованием нетрадиционных источников энергии для выработки дополнительной тепловой энергии на ТЭЦ-2 г.Астаны // Вестник ПГУ им.С.Торайгырова, серия «Энергетическая».– 2015. – № 2.–С.6–14.

7 Alimgazin A.Sh., Alimgazina S.G., Petin Y.M. Application of new generation heat pump technologies using alternative energy sources to generate additional heat energy a the heat power plants-2 (Astana city).// «IX Minsk International Seminar Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources», Minsk, Belarus, 07-10 September 2015, S.230–235.

8 Alimgazin A.Sh., Alimgazina S.G., Bakhtiyarova S.E. The block-modular heat pump installation for utilization of low-potential reset heat of technical water supply systems of industrial enterprises. The Anniversary International Conference - X Minsk International Seminar «Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources», Minsk, Belarus (2018)

9 Прищепова С.А., Султангузин И.А., Алимгазин А.Ш., Евсеенко И.В., Федюхин А.В., Бартнев А.И., Яворовский Ю.В. Использование низкотемпературных ВЭР с применением трансформаторов теплоты в цветной металлургии // Надежность и безопасность энергетики.– г.Москва.–2020.–№2. – С. 97–104

10 Алимгазин А.Ш., Алимгазина С.Г., Прокопьев С.Л., Омаров Ж.М. Повышение энергоэффективности работы оборудования Аксуского завода ферросплавов – филиала АО «ТНК «Казхром» путем внедрения энергосберегающих теплонасосных технологий // Сб. тр. МНПК «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2020», г.Севастополь, 14 – 17 сентября 2020 г., С.42–47

11 Алимгазин А.Ш., Султангузин И.А., Яворовский Ю.В. Ахметова И.Г. Бартнев А.И. Применение абсорбционных технологий охлаждения и нагрева для повышения энергоэффективности работы промышленных предприятий и систем кондиционирования общественных зданий в Республике Казахстан / Международный симпозиум «Устойчивая энергетика и энергомашиностроение – 2021: SUSE-2021». 18 – 20 февраля 2021 г. – Казань: КГЭУ.

12 **Бартенев, А. И., Султангузин, И. А., Алимгазин, А. Ш., Яворовский, Ю.В., Калякин, И. Д.** Применение абсорбционных трансформаторов теплоты для повышения энергетической и экологической эффективности работы теплоэлектроцентрали // Вестник ПГУим.С.Торайғырова, серия «Энергетическая», №1, 2020 г., С.65–71

13 **Yavorovsky, Yu. V., Bartenev, A.I., Sultanguzin, I. A., Alimgazin, A.Sh., Prishchepova, S.A., Kalyakin, I. D.** Improving energy and environmental efficiency of combined heat-and power plant based on absorption heat transformers.// E3S Web of Conferences 178, 01010 (2020) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017801010> HSTED–2020

14 **Alimgazin, A.Sh., Prishchepova, S.A., Sultanguzin I.A., Fedyukhin, A.V., Yavorovsky, Yu.V., Bartenev, A.I.** The use of heat transformers for the low-temperature secondary energy resources recovery in non-ferrous metallurgy enterprises.//E3S Web of Conferences 178, 01017 (2020) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017801017> HSTED–2020

15 **Алимгазин, А.Ш., Султангузин, И.А., Яворовский, Ю.В., Ахметова, И.Г., Бергузинов, А.Н.** Перспективы применения абсорбционных трансформаторов теплоты для повышения энергоэффективности промышленных предприятий Республики Казахстан // Вестник Торайғыров университета, серия «Энергетическая», №4, 2020 г., С.21–32

16 **Кузьмина, Т.Г.** Энергосбережение при тригенерации в технологиях с обратным водоснабжением. //Турбины и Дизели, июль – август 2012.– С.12–14.

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 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.

4 **Sultanguzin, I.A., Potapova, A.A.** Vysokotemperaturnye teplovye nasosy bol'shoj moshchnosti dlya teplosnabzheniya [High-temperature high-power heat pumps for heat supply] // Heat supply news. - 2010. – № 10. – P. 23–27.

5 Alimgazin A.Sh., Alimgazina S.G. Teplonasosnye tekhnologii dlya teplosnabzheniya razlichnyh ob"ektov. Opyt Respubliki Kazahstan [Heat pump technologies for heat supply of various objects. The experience of the Republic of Kazakhstan] – AVOC – Energy saving, -No.8.- 2013.-P. 68–73.

6 **Alimgazin, A.Sh., Alimgazina, S.G., Petin, Yu.M., Kislov, A.P., Amrenova, D.T.** Primenenie teplovyh nasosov novogo pokoleniya s ispol'zovaniem netradicionnyh istochnikov energii dlya vyrabotki dopolnitel'noj teplovoj energii na TEC-2 g.Astany [Application of new generation heat pumps using unconventional energy sources to generate additional thermal energy at the CHP-2 of Astana] // Bulletin of S.Toraighyrov PSU, Energy series.– 2015. – No. 2. – P.6 – 14.

7 **Alimgazin, A.Sh., Alimgazina, S.G., Petin, Y.M.** Application of new generation heat pump technologies using alternative energy sources to generate additional heat energy a the heat power plants – 2 (Astana city).// "IX Minsk International Seminar Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sours", Minsk, Belarus, 07–10 September 2015, P. 230 – 235.

8 **Alimgazin, A.Sh., Alimgazina, S.G., Bakhtiyarova, S.E.** The block-modular heat pump installation for utilization of low-potential reset heat of technical water supply systems of industrial enterprises. The Anniversary International Conference – X Minsk International Seminar «Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources», Minsk, Belarus (2018)

9 **Prishchepova, S.A., Sultanguzin, I.A., Alimgazin, A.Sh., Evseenko, I.V., Fedyukhin, A.V., Bartenev, A.I., Yavorovsky, Yu.V.** Ispol'zovanie nizkotemperaturnykh VER s primeneniem transformatorov teploty v cvetnoj metallurgii [The use of low-temperature VER with the use of heat transformers in non-ferrous metallurgy] // Reliability and safety of energy.–Moscow.-2020.– No.2. – P. 97–104

10 **Alimgazin, A.Sh., Alimgazina, S.G., Prokopyev, S.L., Omarov, Zh.M.** Povyshenie energoeffektivnosti raboty oborudovaniya Aksuskogo zavoda ferrosplavov – filiala AO «TNK «Kazkhrom» putem vnedreniya energosberegayushchih teplonasosnykh tekhnologij [Improving the energy efficiency of the equipment of the Aksu ferroalloy Plant – a branch of JSC TNK Kazchrome by introducing energy-saving heat pump technologies] // Sb. tr. MNPK «Environmental, industrial and energy security – 2020», Sevastopol, 14 – September 17, 2020, P.42–47

11 **Alimgazin, A. Sh., Sultanguzin, I.A., Yavorovsky, Yu.V. Akhmetova, I.G. Bartenev, A.I.** Primenenie absorbcionnykh tekhnologij ohlazhdeniya i nagreva dlya povysheniya energoeffektivnosti raboty

promyshlennyyh predpriyatij i sistem kondicionirovaniya obshchestvennyh zdaniy v Respublike Kazahstan [Application of absorption cooling and heating technologies to improve the energy efficiency of industrial enterprises and air conditioning systems of public buildings in the Republic of Kazakhstan] / International Symposium «Sustainable Energy and Power Engineering – 2021: SUSE-2021». February 18-20, 2021 – Kazan: KGEU.

12 **Bartenev A.I., Sultanguzin I.A., Alimgazin A.Sh., Yavorovsky Yu.V., Kalyakin I.D.** Primenenie absorbcionnyh transformatorov teploty dlya povysheniya energeticheskoy i ekologicheskoy effektivnosti raboty teploelektrocentrali [The use of absorption heat transformers to increase the energy and environmental efficiency of the thermal power plant] // Bulletin of the PGUim.S.Torai-gyrova, «Energeticheskaya» series, No. 1,2020, P.65–71

13 **Yavorovsky Yu.V., Bartenev A.I., Sultanguzin I.A., Alimgazin A.Sh., Prishchepova S. A., Kalyakin I. D.** Improving energy and environmental efficiency of combined heat-and power plant based on absorption heat transformers.// E3S Web of Conferences 178, 01010 (2020) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017801010> HSTED–2020

14 **Alimgazin A.Sh., Prishchepova S.A., Sultanguzin I.A., Fedyukhin A.V., Yavorovsky Yu.V., Bartenev A.I.** The use of heat transformers for the low-temperature secondary energy resources recovery in non-ferrous metallurgy enterprises.//E3S Web of Conferences 178, 01017 (2020) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017801017> HSTED-2020

15 **Alimgazin A.Sh., Sultanguzin I.A., Yavorovsky Yu.V., Akhmetova I.G., Berguzinov A.N.** Perspektivy primeneniya absorbcionnyh transformatorov teploty dlya povysheniya energoeffektivnosti promyshlennyyh predpriyatij Respubliki Kazahstan [Prospects of using absorption heat transformers to improve energy efficiency of industrial enterprises of the Republic of Kazakhstan] // Bulletin of Torai-gyrov University, series «Energeticheskaya», No. 4, 2020, P.21–32

16 **Kuzmina, T. G.** Energoberezhenie pri trigeneracii v tekhnologiyah s oborotnym vodosnabzheniem [Energy saving during trigeneration in technologies with circulating water supply] // Turbines and Diesels, July – August 2012.– P.12–14

Материал поступил в редакцию 13.06.22

*А. Ш. Алимгазин¹, А. Н. Бергузинов², И. А. Султангузин³,
М. О. Серкпаев⁴, И. Г. Ахметова⁵

¹Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.;

²Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

³«МЭИ» ұлттық зерттеу университеті, Ресей Федерациясы, Мәскеу қ.;

⁴Қазақстан Республикасының әскери ғылым академиясы,

Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.;

⁵Қазан мемлекеттік энергетикалық университеті,

Ресей Федерациясы, Қазан қ.

Материал баспаға 13.06.22 түсті.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ КӨМІРТЕГІ ЭКОНОМИКАСЫН ДЕКАРБОНИЗАЦИЯЛАУ ҮШІН ЖЫЛУДЫ ТРАНСФОРМАЦИЯЛАУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

Мақалада Қазақстанның көміртегі экономикасын декарбонизациялау үшін жылууды трансформациялау технологияларын қолдану перспективалары, сондай-ақ энергетикада, өнеркәсіптің әртүрлі салаларында, әртүрлі мақсаттағы ғимараттарды жайлы кондиционерлеу жүйелерінде және т.б. әлемнің жетекші елдерінде өте кең таралған абсорбциялық тоңазытқыш технологияларды қолдануға байланысты мәселелер қарастырылған. АБТМ суықты өндіру үшін (әдетте +50 °С дейінгі температурамен салқындатылған суды өндіру үшін) тасанды жылууды кәдеге жаратады. АБЖС әр түрлі нысандарды жылумен және ыстық сумен жабдықтауға арналған жоғары тиімді энергия үнемдейтін жабдық болып табылады және жоғары температура деңгейіндегі жылууды өндіруге арналған (ыстық су немесе бу) 50–90 °С дейін төмен потенциалдық энергиядан жоғары потенциалдық энергияға байланысты (жылу энергиясын тасымалдау). АБЖС және АБТМ болып табылатын инновациялық энергия үнемдейтін жабдықты енгізу Қазақстан Республикасының көптеген кәсіпорындары үшін жылу-салқындықпен жабдықтау жүйелерінде де, жылу-технологиялық жүйелерде де отын-энергетикалық ресурстарды пайдалану тиімділігін арттырудың нақты тәсілі бола алады, бұл одан да перспективті және экономикалық тиімді. Жылыту мен салқындатудың абсорбциялық технологияларын қолдана отырып, республиканың өнеркәсіптік кәсіпорындарын жаңғырту отын-энергетика кешенін, металлургияны, мұнай-химия кешенін, агроөнеркәсіптік кәсіпорындарды және т.б. энергия тиімді және экологиялық тұрғыдан дамыту үшін бірінші кезектегі міндет болып табылады.

Кілтті сөздер: энергия тиімділігі, декарбонизация, көміртегі экономикасы, абсорбциялық жылу трансформаторлары, абсорбциялық тоңазытқыш машиналар.

*A. Sh. Alimgazin¹, A. N. Berguzinov², I. A. Sultanguzin³,

M. O. Serkpayev⁴, I. G. Akhmetova⁵

¹L. N. Gumilyov Eurasian National University,

Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;

²Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

³National Research University «MPEI», Moscow, Russian Federation

⁴Academy of military sciences of the Republic of Kazakhstan,

Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;

⁵Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation

Material received on 13.06.22

PROSPECTS OF APPLICATION OF HEAT TRANSFORMATION TECHNOLOGIES FOR DECARBONIZATION OF THE CARBON ECONOMY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

The article discusses the prospects for the use of heat transformation technologies for decarbonization of the carbon economy of Kazakhstan, as well as issues related to the use of absorption refrigeration technologies, which are very widespread in the energy sector, various industries, comfortable air conditioning systems of buildings for various purposes, etc. of the leading countries of the world. ABRM utilize waste heat for the production of cold (usually for the production of chilled water with a temperature of up to +50 °C). ABHP are highly efficient energy-saving equipment for heat supply and hot water supply of various facilities and are designed to produce heat of a higher temperature level (hot water or steam) up to 50–90 °C from low-potential energy at the expense of high-potential energy (heat transfer). The introduction of innovative energy-saving equipment, such as ABHP and ABRM, for most enterprises of the Republic of Kazakhstan can become a real way to increase the efficiency of using fuel and energy resources both in heat and cooling systems and in heat technology systems, which is even more promising and economically profitable. Modernization of industrial enterprises of the republic with the use of absorption heating and cooling technologies is a primary task for the energy-efficient and environmentally friendly development of the fuel and energy complex, metallurgy, petrochemical complex, agro-industrial enterprises, etc.

Keywords: energy efficiency, decarbonization, carbon economy, absorption heat transformers, absorption refrigerating machines.

Теруге 13.06.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

16,6 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.88. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3958

Сдано в набор 13.06.2022 г. Подписано в печать 30.06.2022 г.

Электронное издание

16,6 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.71. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3958

«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