

УДК 621.577

Ю. М. МАЦЕВИТЫЙ, академик НАН Украины

Н. Б. ЧИРКИН, кандидат технических наук

Институт проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины, г. Харьков

А. С. КЛЕПАНДА кандидат технических наук, ООО «Инсолар-Климат», г. Харьков

## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В МИРЕ И ЧТО ТОРМОЗИТ ИХ ШИРОКОМАСШТАБНОЕ ВНЕДРЕНИЕ В УКРАИНЕ

*Статья подготовлена при содействии Государственного фонда фундаментальных исследований Украины.*

*Рассматривается использование теплонасосных технологий в мире, отмечаются достижения в современном теплонасосостроении. Анализируются причины, тормозящие широкомасштабное внедрение теплонасосного оборудования в Украине и приводятся примеры конкурентоспособного применения.*

*Розглянути питання щодо застосування теплонасосних технологій у світі, відзначаються досягнення сучасного теплонасособудування. Аналізуються причини, що затримують великомасштабне впровадження теплонасосного обладнання в Україні та надаються приклади конкурентоздатного застосування*

### Введение

Сегодня, когда человечество начинает осознавать, что проблема нарастающего дефицита невозобновляемых природных энергоресурсов реально существует, а цены на них неудержимо растут, и будут расти в дальнейшем, внедрение энергосберегающих технологий генерации теплоты и использование нетрадиционных и возобновляемых энергоисточников вместо сжигания углеводородного топлива становится не столько популярным, сколько жизненно необходимым. Другой острой мировой проблемой является экологическая проблема поддержания здоровой и комфортной среды существования человека.

Извлекая уроки из последствий энергетических кризисов, правительства большинства развитых стран заблаговременно готовили свою экономику к существованию в эпоху заканчивающихся запасов нефти и газа. Например, в Швеции вопросы энергосбережения начали широко реализовываться с момента нефтяного энергетического кризиса 1970 года, и за 43 года стране удалось существенно снизить зависимость теплоэнергетики от органического и ядерного топлива. Так, если в 1970 году более 80 % тепловой энергии в Швеции вырабатывалось из ископаемого углеводородного топлива, то уже к 2009 году в результате внедрения энергосберегающих технологий и перехода на нетрадиционные источники энергии эта доля снизилась до 37 %. А к 2020 году, по заявлению министра энергетики, сжигание газа, угля и жидкого топлива будет полностью исключено из процессов генерации коммунальной теплоты в системах отопления и горячего водоснабжения страны. Одним из путей достижения таких результатов является широкомасштабное внедрение теплонасосных технологий.

Напомним, что теплонасосной называется установка, в которой низкопотенциальная природная энергия или низкотемпературная энергия вторичных энергоресурсов преобразуется в энергию более высокого температурного потенциала, пригодную для практического использования. Процессы преобразования энергии в теплонасосной установке (ТНУ) осуществляется с высокой энергетической эффективностью. Обычно в правильно сконструированной и грамотно эксплуатируемой парокомпрессионной ТНУ на 1 кВт·ч затраченной электрической энергии потребителю может быть передано 3–4 и более кВт·ч генерируемой тепловой энергии. ТНУ являются экологически чистыми, удобными в эксплуатации, универсальными по виду низкопотенциального источника и уровню производимой мощности, полностью автоматизированными и с длительным сроком службы.

Перечисленные достоинства теплонасосных установок обусловили их широкое распространение в мире [1]. Десятки миллионов успешно работающих в мире теплонасосных установок различного функционального назначения сделали сегодня эту технологию производства теплоты привычной, надёжной и экономически целесообразной для её пользователей.

Теплоту, генерируемую в теплонасосной установке, рационально использовать, прежде всего, в жилищно-коммунальном секторе экономики, где дорогое и дефицитное органическое топливо потребляется в огромных количествах.

В экономике Украины эти проблемы проявляются особенно остро, так как для генерации теплоты коммунального назначения, объём которой в общем энергетическом балансе страны составляет около 55 %, расходуется более 27 % потребляемого топлива. К тому же эта отрасль экономики является наиболее технически отсталой с целым рядом все обостряющихся проблем технического, экономического и экологического характера.

Широкомасштабное использование тепловых насосов является стержнем энергосберегающей политики большинства стран ЕС, Америки, Азии, Австралии. Стабильно увеличивающиеся число внедренных тепловых насосов в системах теплоснабжения односемейных и многоквартирных жилых домов, административных, социальных и промышленных зданий, в технологических процессах промышленности и сельского хозяйства способствует успешному решению злободневных проблем экономического (снижение применения органического топлива), экологического (снижение загрязнения окружающей среды) и социального (снижение тарифов на коммунальные услуги и создание комфортных условий жизни и работы) характера.

У жителей же Украины, где до недавнего времени имел место недостаток органического топлива при его сравнительной дешевизне, выработался, к сожалению, стереотип пренебрежительного отношения к энергосберегающим технологиям вообще и к теплонасосным, в частности. Число внедрённых теплонасосных установок (не считая реверсивные кондиционеры, работающие в режиме теплового насоса) оценивается несколькими сотнями штук, а отопление помещений за счёт энергии низкотемпературных природных источников (теплоты атмосферного воздуха, грунта, естественных водоёмов) пока рассматривается рядовым потребителем как экзотика, доступная обеспеченным семьям. В то же время, низкая энергетическая эффективность отечественного теплоснабжения, сопровождающаяся расточительным использованием теплоты у потребителей (потери при транспортировке, потери через ограждающие конструкции зданий, большой потенциал низкотемпературных выбросов) провоцирует колоссальные траты энергии, приводящие к необходимости наращивания добычи и сжигания огромных «лишних» количеств дорогого углеводородного топлива. Обостряются экологические проблемы, связанные с увеличением выбросов вредных и парниковых газов, со сбросом плохо очищенных стоков. Лишние энергозатраты и огромные потери теплоты приводят к необоснованному удорожанию коммунальных тарифов и услуг и к нежелательному социальному напряжению в обществе. Ответ на вопрос, почему в Украине средний удельный расход условного топлива при отоплении объектов ЖКХ в 5 раз выше, чем в более холодной Швеции, кроется, помимо прочего, и в том, что три четверти шведских коммунальных и производственных пользователей активно применяют тепловые насосы, потребляющие в больших количествах «даровую» природную возобновляемую энергию.

Сегодняшняя экономическая и энергетическая ситуация в Украине и технический уровень, достигнутый в мировом теплонасосостроении, благоприятствует широкому применению теплонасосных технологий в отечественном ЖКХ, промышленности, сельском хозяйстве, что позволило бы существенно снизить зависимость страны от импортируемого газа. К сожалению это упорно не хотят видеть наши чиновники от энергетики, от которых во многом зависит внедрение энергосберегающих теплонасосных технологий. Поднимаются вопросы возврата к прошлому, к переводу отечественных ТЭЦ и районных котельных на уголь, или к увеличению добычи газа с использованием ни технически, ни экономически, ни экологически не обоснованной и не проверенной в достаточной степени для украинских условий дорогой технологии добычи сланцевого газа, или применения расточительного

электрического отопления. Всё это требует больших дополнительных капиталовложений, которых сегодня в Украине нет. Несомненно, нужна диверсификация энергоисточников, нужно экспериментировать с использованием энергии ветра и солнца. Но политика наращивания добычи и закупки энергоресурсов вместо активного внедрения проверенных и широко используемых в мире технологий энергосбережения, говорит об отсутствии логики при решении этих вопросов во всех аспектах, кроме политического и коррупционного.

Как результат, в Украине нет собственного производства теплонасосного оборудования, отвечающего по техническому совершенству мировым стандартам, отсутствуют законодательные или экономические стимулы внедрения ТНУ, не предусматривается государственное финансирование для реализации пилотных проектов, которые могли бы быть хорошей рекламой и стимулом широкомасштабного применения теплонасосной техники.

Оценивая сложившуюся ситуацию, можно констатировать, что внедрение теплонасосного оборудования в Украине, несомненно, состоится, однако в ближайшие 5-8 лет оно будет проходить в основном за счёт применения импортной техники. Практически уже сегодня на украинском рынке присутствует теплонасосное оборудование большинства мировых фирм [2] и важно грамотно сориентировать отечественного потребителя в этом многообразии и в правильности его использования.

Несомненно, практический опыт стран мира по проектированию и внедрению тепловых насосов будет здесь очень полезен.

#### **Мировой рынок тепловых насосов**

Вопросами проектирования, изготовления и внедрения теплонасосной техники занимаются крупнейшие энергетические корпорации Японии, США, Канады, Китая, стран ЕС. Международное Энергетическое Агентство (МЭА, латинская аббревиатура IEA), куда ассоциированными членами входят 28 энергетически развитых стран и, целью деятельности которого является обеспечение мировой энергетической безопасности и поиск путей улучшения экологии планеты, постепенно становится главным координатором политики внедрения теплонасосных технологий. Агентством регулярно публикуется международный обзор «Перспективы энергетических технологий» (Energy Technology perspectives, ETP), издается международный журнал «Тепловые насосы» и проводятся международные конференции, симпозиумы, выставки и семинары, связанные с анализом применения передовых теплонасосных технологий. По ряду программ, называемых Приложениями, осуществляются работы по научным исследованиям и ускорению внедрения инновационных разработок в системы отопления, кондиционирования, вентиляции, горячего водоснабжения. Некоторые из проектов в рамках этих Приложений финансируются. Координируется деятельность МЭА с Европейской ассоциацией тепловых насосов (ЕНРА), с региональными национальными комитетами практически всех заинтересованных стран. Такая политика дает возможность правительствам стран, входящих и не входящих в МЭА, объединять ресурсы и способствовать разработке и внедрению передовых теплонасосных технологий.

В обзорных докладах, представленных в материалах трёх последних конференций МЭА (в 2005 год в Лас-Вегасе, в 2008 год в Цюрихе и в 2011 год в Токио) единодушно отмечается, что, несмотря на высокий процент уже используемых тепловых насосов, перспективы их применения «стабильно радужные» [3, 4, 5].

Областями рационального применения тепловых насосов по-прежнему являются инженерные системы жизнеобеспечения объектов жилищного комплекса (коттеджи, односемейные и многоквартирные дома), объектов социального назначения (офисные здания, гостиницы, школы, больницы, санатории, спортивные комплексы, торговые и развлекательные центры), производственных и административных помещений, объектов агропромышленного комплекса, технологические процессы промышленности.

Последние достижения в создании высокотемпературных, мощных и высокоэффективных тепловых насосов позволяют говорить о возможности более широкой интеграции последних в секторы централизованного теплоснабжения и энергетического комплекса.

Однако наибольшее внимание в мире уделяется применению теплонасосных технологий

при генерации коммунальной теплоты. В докладах конференций подчёркивается, что общая мировая тенденция в системах теплоснабжения жилых зданий, как основного потребителя энергоресурсов, характеризуется стабильным увеличением числа работающих здесь тепловых насосов. На рис. 1 показано, увеличение доли внедрённых тепловых насосов в системах отопления США с 24 % в 1988 году до 42 % в 2008 году в сравнении с использованием традиционных теплогенераторов, работающих на сжигании органического топлива.

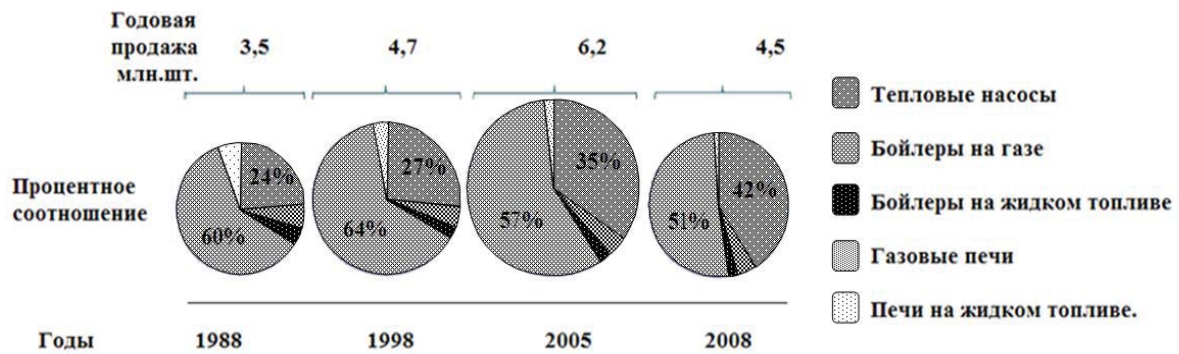


Рис. 1. Доля внедрённых тепловых насосов на фоне внедрения традиционных систем отопления в США

Согласно статистике Европейской Ассоциации Тепловых насосов продажи тепловых насосов в Европе в последние годы стабильно возрастают (рис. 2). Небольшие спады в отдельные годы связывают с кризисными явлениями в области строительства жилья.

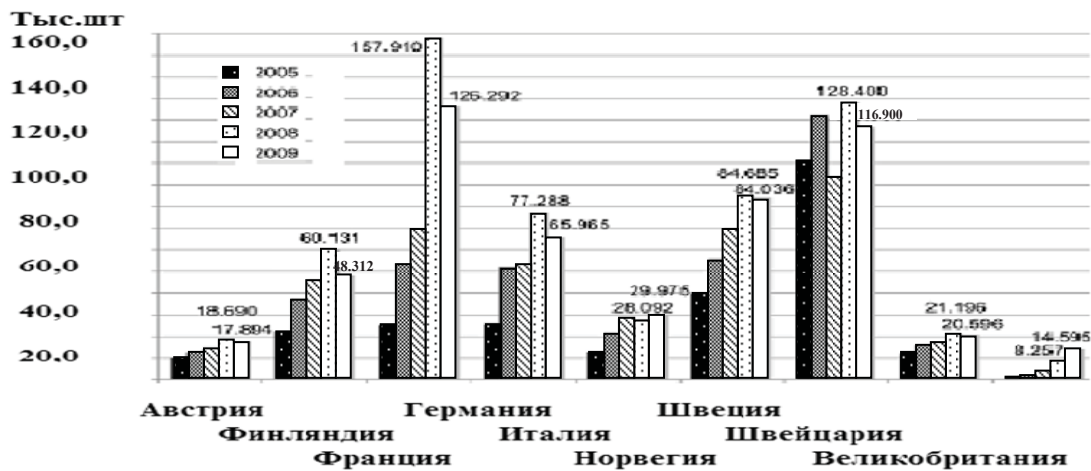


Рис. 2. Рост внедрённых тепловых насосов в странах ЕС

За период с 2010 года по 2020 год в Германии ожидается трёхкратное увеличение продаж ТНУ и снижение продажи отопительных котлов с 84 % до 57 %. Во Франции, за тот же период времени, прогнозируется рост внедрения тепловых насосов в системах отопления в два раза и снижение продаж котлов с 82 % до 67 %. В 2010 году в Швеции было продано 127 570 тепловых насосов. Газовых и жидкотопливных котлов было продано на 2000 меньше. В Великобритании рынок тепловых насосов показал стремительное развитие, достигнув в 2010 году величины 18480 проданных единиц.

На энергетическом рынке Европы с 2008 года Франция вытеснила Швецию с первого места по внедрению теплонасосного оборудования, хотя у последней довольно стабильные показатели его применения были в течение 5 лет.

Начинают интенсивно расти рынки тепловых насосов в Восточной Европе (странах Прибалтики, России, Белоруссии).

Интересно заметить, что на международных выставках передовые фирмы по



котлостроению в качестве экспоната номер один начали выставлять созданные ими тепловые насосы.

Рост мирового рынка тепловых насосов, помимо достоинств данной технологии в энергетическом и экологическом аспектах, объясняется также :

- ужесточением требований к энергоэффективности теплоэнергетического оборудования и к термоизоляции зданий,
- введением правительствами ряда стран льготных законодательных актов и национальных программ, поощряющих внедрение энергосберегающего и экологически чистого оборудования, использующего возобновляемые источники энергии,
- флуктуациями цен на нефть, газ и перебоями с поставками природного углеводородного топлива.

Из анализа обзорных докладов трёх последних международных конференций по тепловым насосам [3, 4,5 ] следует, что вектор производства теплонасосного оборудования в последние годы постепенно перемещается на азиатский континент. Японские компании (Daikin, Mitsubishi Electric и Hitachi), южно-корейские (LG и Samsung), китайские (Midea и Gree) успешно вышли на европейский рынок и укрепляют здесь свои позиции.

Мировой рынок продаж базируется на аэротермальных тепловых насосах типа «воздух-воздух» и «воздух-вода», где в качестве низкопотенциального источника энергии используется воздух, на водяных типа «вода-вода» с использованием энергии воды природных и искусственных водоёмов и на геотермальных тепловых насосах типа «вода-вода» или «рассол-вода» с использованием энергии грунта и грунтовых вод.

Геотермальные или грунтовые тепловые насосы (Geothermal heat pump или Ground-source heat pump), извлекают низкопотенциальную теплоту, накопленную в приповерхностных слоях грунта с помощью горизонтальных коллекторов или тепло глубинных слоёв с помощью вертикальных зондов. Источник повсеместно доступный, достаточно универсальный, термически стабильный и эффективный, так как на глубине нескольких метров температура грунта практически не подвержена сезонным колебаниям температур наружного воздуха.

В странах ЕС на 2009 год установлено более миллиона геотермальных тепловых насосов. В Норвегии, например, числа тепловых насосов с грунтовыми теплообменниками в 2003–2005 годах ежегодно удваивалось. Растёт количество действующих геотермальных установок в Канаде, США, где их применение активно поддерживается правительством, существенная государственная поддержка применению геотермальных тепловых насосов реализуется в Китае.

Инженеры компании «Данфосс» разработали и представили на рынок третье поколение геотермальных тепловых насосов. Новый DHP-H/L Opti Pro+ снимает низкопотенциальную энергию из скважин, горизонтальных коллекторов, в водоёмах. Революционная технология позволяет потребителям сократить расходы на теплоснабжение до 75 % [6].

В последние 5–7 лет большое внимание уделяется изучению вопросов эксплуатации, совершенствованию конструкции ТН и систем отбора низкопотенциального тепла, вопросам дальнейшего повышения энергетической эффективности грунтовых ТНУ. Необходимо учитывать, что при многих достоинствах грунтовых тепловых насосов, помимо его собственной стоимости, заказчик оплачивает относительно дорогостоящие земляные работы, стоимость тысяч метров полиэтиленовых труб, укладываемых в землю и тонны незамерзающей жидкости используемой в качестве теплоносителя внешнего коллектора. Кроме того требуется территория для размещения системы отбора низкопотенциальной теплоты. В итоге часто стоимость работ по организации системы отбора низкопотенциального грунтового тепла соизмерима со стоимостью самого теплового насоса. Всё это делает применение грунтовых тепловых насосов мало подъёмным для рядового потребителя Украины.

Удобным источником низкопотенциального тепла являются естественные незамерзающие водоёмы, неглубоко залегающие термальные воды или сбросные воды техногенного характера. Тепловые насосы с водой в качестве источника энергии (Water-source heat pump - WSHP), по конструкции во многом аналогичны грунтовым тепловым насосам. При использовании

в качестве источника тепла воды водоёма контур полиэтиленовых труб укладывается на его дно. Коэффициент преобразования энергии тепловым насосом почти такой же, как при отборе тепла от грунта, но система отбора низкопотенциального тепла от воды менее затратная и более эффективная, хотя имеет ряд особенностей, и доверять её монтаж лучше специалистам с опытом.

В Норвегии тепловые насосы нового поколения Neat Pump, извлекая тепло из морской воды, обеспечивают централизованное теплоснабжение многих приморских городов.

В воздушных тепловых насосах (Air-source heat pump - ASHP) в качестве источника тепла низкого потенциала используют атмосферный воздух или сбросной воздух систем вентиляции и охлаждения. Использование атмосферного воздуха очень заманчиво в странах с мягким климатом, однако его применение в системах отопления Украины, за исключением Южного берега Крыма, до недавнего времени было проблематично. Со снижением температур наружного воздуха в зимнее время при требуемых возросших тепловых нагрузках эффективная работа теплового насоса не обеспечивалась. Так, при температуре минус 20°C, теплопроизводительность теплового насоса снижается на 40% от номинального значения, указанного в спецификации прибора и измеренного при тестовой температуре +7°C. Именно по этой причине воздушные тепловые насосы не применялись в странах с холодными зимами как полноценный нагревательный прибор. Появление на рынке новых низкотемпературных воздушных тепловых насосов серии ZubaDan Inverter Mitsubishi Electric [7] коренным образом изменило ситуацию и качественно повлияло на потребительские приоритеты и структуру европейского рынка. Тепловые насосы этой серии прошли успешные испытания в 2008–2012 годах в условиях сурового зимнего климата в самой Японии (остров Хоккайдо), в Финляндии, России (Волгоградская область). Теплопроизводительность теплового насоса поддерживалась стабильной до температур минус 15 0С, а работоспособность до минус 23 и даже, в ряде случаев, до минус 30 0 С. При этом среднесезонный коэффициент преобразования энергии (COP) достигал величины 3,5.

Основными факторами, сыгравшими решающую роль в получении таких высоких энергетических характеристиках воздушных тепловых насосов и стимулом увеличения их доли на рынке, явились использование фреона R410A и применение инверторной технологии.

Системы с инверторной технологией, широко применяемой в Японии, имеют на 30% более высокий COP по сравнению с неинверторными системами при полной нагрузке и на 40–50 % – при частичной нагрузке. Благодаря инверторному приводу программно реализуется стабильная производительность теплового насоса.

После появления на рынке тепловых насосов «воздух-воздух» серии ZubaDan Mitsubishi Electric, все ведущие мировые производители теплонасосного оборудования отреагировали на повышение потребительского спроса выпуском серии аналогичного оборудования. Фирма Daikin разработала центральную интеллектуальную систему VRV-III, гарантирующую COP = 3,3 при температурах наружного воздуха до минус 20 0С. Английская компания Gledhill Building Products предложила новую серию Slimline HP [8].

Если до 2005 года в Скандинавских странах с суровым климатом предпочтение отдавалось грунтовым тепловым насосам, то с появлением низкотемпературных сплит-систем, имеющих нижний предел эксплуатации на обогрев до минус 20 - минус 25 0С, отмечается буквально взрывной скачок спроса на тепловые насосы с воздухом в качестве низкопотенциального источника энергии. В связи с тем, что капиталовложения и установка воздушных тепловых насосов обходится в несколько раз дешевле, чем грунтовых, а эксплуатационная выгода от их правильного использования на рынке бытового сектора не хуже, ASHP активно вытесняют грунтовые тепловые насосы, причём, наиболее стремительно – в странах с холодным климатом. Фактор бескомпромиссного преобладания на рынке Финляндии воздушных тепловых насосов является наиболее впечатляющим (рис. 3).



Рис. 3. Тепловые насосы, установленные в Финляндии в 1996–2010 годах

За неполное десятилетие рост их продаж вырос более чем в 30 раз. А с появлением новой модификации «воздух-вода» есть основания ожидать более впечатляющих результатов.

Первый тепловой насос «воздух-вода» (ATW), поставленный на европейский рынок в 2004 г. японской компанией Sanyo, был разработан для природного хладагента  $\text{CO}_2$ . Преимуществами использования  $\text{CO}_2$  являются возможность обеспечения более высокой температуры нагрева воды ( $65\text{ }^{\circ}\text{C} - 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и высокой эффективности установки при низких наружных температурах (ниже  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). При высоких наружных температурах и малой разнице давлений в холодильном контуре тепловых насосов «воздух-вода» более эффективным может оказаться использование хладагента R-410A, хотя в Китае отдают предпочтение хладагенту R 22.

Первоначально тепловой насос «воздух-вода» был представлен двухблочной системой, объединяющей наружный блок собственно фреонового теплового насоса и внутренний гидравлический модуль. Не так давно в дополнение к двухблочной конструкции были разработаны моноблочные системы, содержащие в едином корпусе холодильную машину, гидравлические компоненты (в т.ч. циркуляционный насос и расширительный бак), резервный калорифер и систему управления. Монтаж такого теплового насоса не представляет трудностей, т.к. весь холодильный контур сосредоточен в наружном блоке заводского исполнения и требовалась только прокладка водяных трубопроводов.

Одной из наиболее важных его характеристик теплового насоса является температура горячей воды на выходе. В зависимости от ее значения тепловые насосы в применении к воздушному отоплению подразделяются на низкотемпературные ( $50\text{ }^{\circ}\text{C} - 59\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), среднетемпературные ( $60\text{ }^{\circ}\text{C} - 69\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и высокотемпературные (выше  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). В установках, работающих на хладагенте R-410A, температура выходящей горячей воды может быть  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  или несколько выше (в зависимости от параметров наружного воздуха). Такая температура теплоносителя пригодна для систем напольного и панельного отопления, но является недостаточной при производстве бытовой горячей воды.

Новейший воздушный тепловой насос «Q-ton», разработанный инженерами Mitsubishi Heavy Industries, Ltd способен подготовить горячую воду с температурой от  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  за счёт уникальных свойств хладагента R744 ( $\text{CO}_2$ ), используемого в парокомпрессионном цикле.

Рынок тепловых насосов ATW, несмотря на его короткую историю, имеет огромный потенциал и неуклонно растет.

Если количества теплоты, получаемой от контура теплового насоса, всё же недостаточно для отопления помещения в сильные морозы, практикуется бивалентная схема отопления, когда в работу включается второй генератор тепла, чаще всего это небольшой электронагреватель или газовый котёл.

Основным показателем целесообразности применения тепловых насосов является их

конкурентоспособность с традиционными теплогенераторами, зависящая от функционального назначения и большого числа факторов термодинамического, конструктивного, экономического характера, и фактора экологического воздействия на окружающую среду.

В каждом конкретном проекте только на основании технико-экономических расчетов определяется целесообразность внедрения ТНУ конкретного типа в качестве источника теплоты для конкретного потребителя с конкретным видом низкопотенциального теплоносителя. Упрощенный подход к подбору мощностей и комплектующих, к выбору схемных решений, к монтажу и сервисному обслуживанию относительно дорогих ТНУ может привести к дискредитации самой идеи использования теплонасосных технологий отечественным потребителем.

Борьба за рынок приводит к непрерывному совершенствованию эксплуатационных характеристик тепловых насосов, повышению их надёжности и долговечности. Совершенствование тепловых насосов в последние годы характеризовалось улучшением эффективности преобразования энергии и повышением температуры генерируемого теплоносителя, увеличением единичной мощности агрегатов и снижением первичных капиталовложений в ТНУ.

Эффективность преобразования энергии в тепловом насосе, оцениваемая тестовым коэффициентом COP, считается определяющей характеристикой его конкурентоспособности.

Австрийским энергетическим агентством проведена оценка 30 популярных в Европе моделей геотермальных тепловых насосов (табл. 1) [9]. Основным критерием эффективности теплового насоса была оценка согласно европейским стандартам EN14511 и EN255.

Таблица 1

## Рейтинг геотермальных тепловых насосов.

Производитель	Модель	Эффективность
OCHSNER (Австрия)	GMSW 10 plus S	5,1
NIBE (KNV*) (Швеция)	<u>F1145-12</u>	5,1
NIBE (KNV*) (Швеция)	<u>F1140-6</u>	5,0
NIBE (KNV*) (Швеция)	<u>F1240-10</u>	5,0
HELIOTHERM (Австрия)	HP16S18W-M-WEB	4,9
WATERKOTTE(Германия)	<u>Ai1+5009.3</u>	4,9
OCHSNER (Австрия)	GMSW 10 plus	4,8
NOVAL (Лихтенштейн)	Thermalia® 15HP	4,7
WEIDER (Австрия)	SW 90	4,7
VISSMANN (Германия)	Vitocal 300-G BW 106	4,7

Наивысшую оценку получили австрийский тепловой насос OCHSNER – GMSW шведские тепловые насосы NIBE F1145-12, 1140-6, 1240-10 (COP = 5,1–5,0)

Что касается эффективности воздушных низкотемпературных ТН нового поколения, то здесь тестовая величина COP находится на уровне 4,0. Согласно последнему представлению фирмы Daikin, новая модель теплового насоса Ururu Sarara благодаря использованию хладагента R32 обеспечивает очень высокую энергоэффективность. Сезонный показатель эффективности при отоплении (SCOP) аннотируется 5,9. С таким показателем это устройство может быть самым энергоэффективным на рынке теплонасосного оборудования. В 2014 году эти тепловые насосы должны появиться на европейском рынке.

На сегодняшний день себестоимость теплового насоса остаётся всё же выше, себестоимости традиционной отопительной системы, работающей на ископаемом топливе. Поэтому главным образом за счет энергетической эффективности тепловой насос обеспечивается выигрыш по сроку самоокупаемости, основное влияние на который оказывает цена на замещаемое топливо (рис. 4)



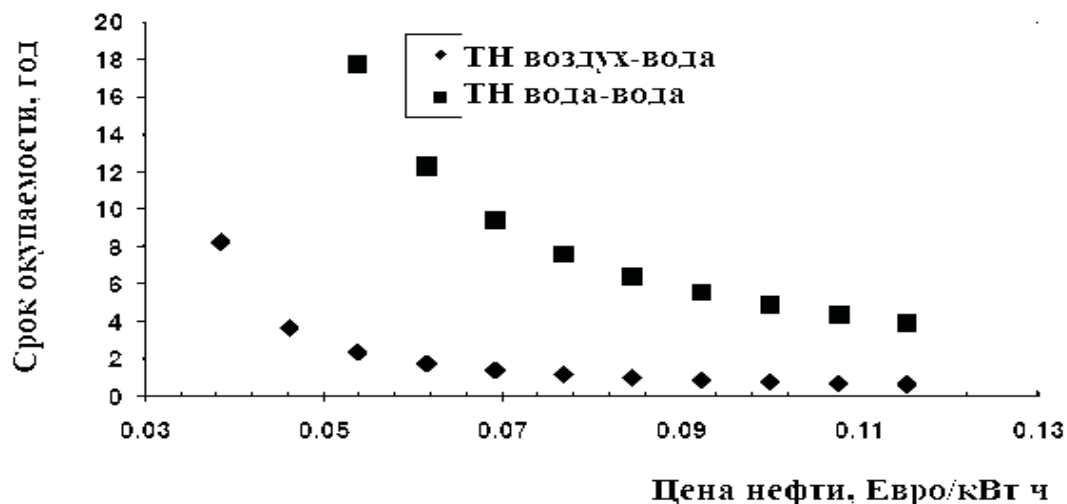


Рис. 4. Срок окупаемости тепловых насосов для семейного дома

В материалах конференций МЭА [3, 4, 5] и на страницах журнала Heat Pump Centre приводятся примеры внедрённых ТНУ со сроком окупаемости от 9 месяцев до 2 лет. Однако, далеко не все потенциальные потребители тепловых насосов владеют этой информацией.

Эксперты считают, что технологии тепловых насосов ещё находятся в стадии непрерывного совершенства [10] и можно ожидать 2–3 кратного повышения их эффективности в период до 2030 года.

В настоящее время насущной необходимостью является разработка и совершенствование энергетических технологий с низкими выбросами двуокиси углерода, которые помогут в решении глобальных мировых проблем, связанных с энергетической безопасностью, изменениями климата и, конечно, с экономическим развитием. Защита окружающей среды, снижение выбросов токсичных газов и  $\text{CO}_2$  благодаря применению теплонасосных технологий являются основными темами последних мировых конференций и прикладных Программ МЭА. По расчётам экспертов замена тепловыми насосами традиционных систем генерации коммунальной теплоты способствовало бы сокращению выбросов  $\text{CO}_2$  к 2050 году на 770 метрических мегатонн.

Целью сотрудничества стран-членов МЭА является содействие развитию и освоению ключевых технологий, которые позволят достичь 50 % сокращения выбросов углекислого газа в энергетике к 2050 г. Ведущая роль в этом отводится применению тепловых насосов.

Европейский Союз утвердил в 2008 г. Директиву (RES 2020), согласно которой воздушные и геотермальные тепловые насосы, как системы, использующие возобновляемую энергию, причислены по привилегиям к солнечным батареям и ветроустановкам. Это побудило многие страны к разработке и применению дополнительных дотационных и льготных программ и законодательных документов, стимулирующих применение теплонасосных технологий. Необходимо напомнить, что стимулирование на правительственном уровне было и остаётся главным фактором широкомасштабного внедрения теплонасосных технологий.

Государственная программа по энергосбережению в Великобритании (ECA Scheme) позволяет инвесторам получать налоговые льготы при условии внедрения энергоэффективного оборудования при COP не ниже 3,7.

В Бельгии на установку тепловых насосов даётся субсидия в размере 75 % от его стоимости. В Японии субсидия от 450 долларов США полагается на установку бытового теплового насоса и от 1500 до 2300 долларов США на установку коммерческого. Во Франции даётся налоговый кредит в размере 50 % стоимости ТН.

В табл. 2 приведены побудительные стимулы, предлагаемые потребителям тепловых насосов в Германии.

Таблица 2

## Рынок субсидий в Германии на установку ТН

	Тип ТН	Тепловая мощность	Ссубсидии
Для ТН в системах жилищного сектора	Воздух-вода с эл.приводом сезонный COP $\geq 5$	$\leq 20$ кВт	900 евро
		$\geq 20$ кВт	1200 евро
	Воздух-вода с газовым привод и рекуперац.	$\leq 10$ кВт	2400 евро
		$\geq 10$ кВт	2400 евро+ 120евро за каждый доп. кВт
	Вода-вода (раствор-вода) сезонный COP $\geq 3,8$	$\geq 20$ кВт	2400 евро+ 100евро за каждый доп. кВт уст. мощ.

Следует отметить, что поощряется только внедрение тепловых насосов высокой энергоэффективности.

Современные достижения в теплонасосостроении, квалифицированное проектирование и грамотная эксплуатация наряду с помощью государства, делают теплонасосные технологии рациональными и конкурентоспособными.

#### Украинская ситуация и проблемы

Новые стандарты строительства энергоэффективных и пассивных зданий, которые изменят лицо городов стран ЕС к 2020 году, конечно, затронут и Украину. Быстрый и постоянный рост цен на природный газ в течение многих лет сделал экономически несостоятельными системы централизованного теплоснабжения Украины. Основные изменения за 10–15 следующих лет, безусловно, произойдут в секторе жилых и бюджетных зданий [10].

На международной конференции «Тепловые насосы в странах СНГ», прошедшей в мае 2013 г. в Алуште (Крым) заявлено, что в секторе ЖКХ революционные преобразования будут связаны с многократным снижением потребности зданий в тепловой энергии и с переходом от отдельных унитарных инженерных систем к комплексным инженерным системам климатизации. Одним из путей в реализации этой цели в Украине является термомодернизация жилых зданий и, вытекающая отсюда, рациональность использования тепловых насосов. Оценено, что в период до 2030 года необходимо будет выполнить утепление примерно 250000–300000 многоэтажных отечественных зданий. А тёплым зданиям XXI века уже не будут нужны ТЭЦ и районные котельные. Для отопления, кондиционирования, вентиляции и горячего водоснабжения будут использоваться теплонасосные технологии, как более энергетически-, экологически- и экономически выгодные при производстве теплоты и холода по сравнению с существующими технологиями прямого сжигания углеводородного. Как двигатель внутреннего сгорания в своё время сменил паровой двигатель, так тепловые насосы сегодня вытесняют с рынка отопления тепловые котлы.

Модель синхронной термомодернизации зданий и инновационных систем теплоснабжения является для Украины наиболее предпочтительной и заслуживает серьёзного внимания. При этом широкомасштабное внедрение тепловых насосов наиболее простой, надёжный и главное проверенный путь, ведущий к полному отказу от использования природного газа в жилищно-коммунальном секторе и к существенному снижению тарифов на теплоснабжение. Однако, несмотря на громкие заявления от Правительства до районных администраций, о поддержке теплонасосных технологий в Украине, их внедрение проходит очень вяло.

Попытаемся проанализировать причины, по которым тепловые насосы оказываются невостребованными в условиях Украины. В наших ранних статьях [12, 13] отмечались объективные и субъективные факторы, обусловившие такую ситуацию. Казалось бы, сегодня устранён главный объективный фактор – низкая цена на замещающее углеводородное топливо, за прошедшие годы возросла информированность отечественного потребителя о достоинствах

ТН технологий, известна успешная работа сотен теплонасосных установок различного функционального назначения, однако широкомасштабного внедрения тепловых насосов не происходит.

По-прежнему, главным препятствием на пути широкомасштабного внедрения ТНУ остаются высокие первоначальные капиталовложения. Об этом говорит стоимость теплонасосного оборудования на украинском рынке и удельные капиталовложения на 1кВт установленной тепловой мощности, представленные в табл. 3.

Таблица 3

## Рыночная стоимость внедрения ТН

Диапазон мощностей кВт	Стоимость тыс.дол. США	Удельные капиталовложения тыс.дол.США/кВт
5-50	6,0-18,0	0,36-1,2
50-350	17,0-40,0	0,35-0,42
350-1500	50,0-200,0	0,18-0,35

К субъективным причинам, тормозящим внедрение ТНУ, можно отнести противоречия между стратегическими интересами энергопроизводящих компаний, которые заинтересованы в максимальном увеличении объема продаж энергетических ресурсов и интересами потребителя, заинтересованного в минимизации закупок последних. Массовая установка тепловых насосов приведет к снижению потребляемой генерирующих теплоту за счёт сжигания органического топлива энергии. Понятно, что на сэкономленную энергию производителю нужен покупатель. В бывшем Советском Союзе существовал баланс между потреблением и спросом, и ввод каждой новой мощности был обеспечен планом развития региона. Рост цен на теплоносители и интерес к применению автономных энергогенераторов приводит к нарушению этого баланса. Анализ систем теплоснабжения за последние 10 лет показывает, что сбыт тепловой энергии предприятий централизованного теплоснабжения, уменьшился в два раза по сравнению с 1990 годом, что избыток генерируемой тепловой мощности во многих городах превышает на 60–70 % её спрос, что централизованное горячее водоснабжение осталось лишь в десятке городов Украины из 450. Широкое внедрение тепловых насосов усугубит нарушение этого баланса, и предприятия теплокоммунэнерго не без оснований опасаются, что потребители перестанут нуждаться в их услугах, т. е. их доход сократиться. Энергосбережение у потребителей тепловой энергии разоряет предприятия коммунальных тепловых сетей, и чтобы покрыть издержки последние должны или повышать тарифы на тепло, или бороться с внедрением энергосберегающих теплонасосных технологий. Таким образом, энергосбережение у потребителя совершенно не нужно энергопроизводителю.

Совсем недавно в системах генерации коммунального тепла был совершен переход на более прогрессивную в энергетическом и экологическом плане технологию перевода котельных на газ. На это были потрачены огромные средства в Харькове, Киеве, Донецке, Луганске и других городах. Сегодня говорят, что для сокращения импорта газа нужно менять энергетическую стратегию Украины и делать обратный перевод котельных на уголь. Только на техническую сторону такого возврата в прошлое необходимо потратить дополнительно около десятка миллиардов гривен, и это без разрешения экологических проблем, связанных с низким качеством отечественного угля и качеством очистки дымовых газов. На отечественных угольных электрических станциях и крупных районных котельных очистка дымовых газов далеко не всегда соответствует требованиям европейских стандартов. А в мире и, особенно в странах ЕС, снижение угрозы катастрофических последствий изменения климата напрямую связывают со снижением сжигания угля. Перевод котельных с газа на уголь не уменьшает, а только увеличивает (за счет более низкого КПД угольных котельных) потери энергии первичного топлива. Потери тепла включены в коммунальные тарифы и оплачиваются деньгами налогоплательщиков. А государство дотирует крупных продавцов газа, чтобы они

продавали этого газа ещё больше. В то же время, проверенные и применяемые во всём мире энергосберегающие теплонасосные технологии игнорируются.

Ещё один парадокс украинского энергосбережения состоит в том, что за лозунгами и широкой пиарной компанией по поддержке энергосбережения, Кабмином и Национальным Агентством по энергоэффективности и энергосбережению, областными и муниципальными администрациями не созданы экономические стимулы и заинтересованность к экономии ресурсов непосредственно у субъектов хозяйствования. В 2013 году за каждые 1000 кубометров природного газа, потреблённого населением, госбюджет дотировал 2 846 гривен НАК Нафтогазу и теплокоммунэнерго Украины [14], т. е. дотации шли не населению, а их получали энергетики. При такой бюджетной политике не может возникать заинтересованность в экономии газа.

Недостатком украинского энергосбережения является также невозможность извлечь доход от внедрения энергосберегающих проектов. Период действия экономии на Западе определяется периодом действия проекта, а у нас от бывшего СССР унаследован принцип годовой экономии. Через год вводятся новые нормативы и экономия исчезает. Принцип «самоинвестирования» в настоящее время остается главной и нерешенной проблемой. Вместо увеличения объемов финансирования проектов из фактически получаемой экономии, они слабо финансируются по остаточному принципу из бюджетов различных уровней – от предприятия до государства.

Среди возможных путей решения проблемы широкомасштабного внедрения теплонасосных технологий, способных существенно снизить зависимость Украины от импорта газа, просматривается путь научно-критического изучения отечественными специалистами зарубежных достижений в области энергосбережения, применения теплонасосных технологий в коммунальном секторе и, при серьёзном объективном обосновании, их использование в отечественных разработках.

На пути к широкомасштабному внедрению достаточно чётко просматриваются следующие препятствия:

- недостаток целевых финансовых средств и инвестиций (государственные программы по энергоэффективности и по внедрения тепловых насосов практически не финансируются);
- неэффективное стимулирование участников энергорынка за разработку и внедрение энергосберегающих проектов и технологий;
- недостаточная заинтересованность руководителей предприятий в экономии энергии и неэффективная государственная (законодательная) поддержка энергосбережения;
- недостаточная информированность потенциальных потребителей о достижениях в области энергосбережения;
- отсутствие льготного тарифа на электроэнергию для пользователей ТН;
- отсутствие в достаточном объёме нормативной базы;
- низкая квалификация проектантов и монтажников ТН оборудования;
- непрогнозируемость цен на электроэнергию и топливо;
- устаревшая методика расчёта тарифов на тепловую и электрическую энергию;
- невыполнение таможенными и налоговыми службами государственных указаний по льготам на ввоз зарубежного энергосберегающего оборудования;
- существование налога на прибыль при внедрении энергосберегающих технологий.

Теплонасосная технология – это не очередная модернизация традиционных энергоисточников, а внедрение нового, прогрессивного, высокоэффективного и экологически чистого способа получения теплоты, позволяющего эффективно экономить органическое топливо, снижать загрязнение окружающей среды, улучшать социальные и бытовые условия работы и жизни населения.

Говорить о целесообразности внедрения тепловых насосов можно в случае, если на государственном уровне будут разработаны системные экономические меры и просчитаны риски для производителя тепловой энергии, распределяющих систем и конечного потребителя.

#### **Примеры рационального внедрения**

К сожалению, приходится констатировать, что реальное энергосбережение в Украине



осуществляется часто не благодаря, а вопреки усилиям государства. Практически все значимые внедрения теплонасосных систем выполнены на средства частных инвесторов или предприятий, поверивших в достоинства данной инновационной технологии. Одним из первых в этом списке находится ЮЖД, заменившая в 2006 году с помощью НПП «Инсолар» отопление угольными котлами пригородного вокзала в г. Харькове, отоплением с помощью грунтового теплового насоса Fighter 1320-40 производства NIBE Швеция [12].

Новое оборудование, помимо отопления, позволяет кондиционировать воздух в жаркое летнее время и обеспечивает круглогодично станцию горячей водой, чего не было до модернизации. Система успешно работает в автоматическом режиме уже более 7 лет. Годовые эксплуатационные расходы снижены со 140 тыс. грн. до 36 тыс. грн. Модернизация окупилась за 2 года и 6 месяцев. Проводится мониторинг эксплуатации системы.

Получив положительные результаты от применения теплонасосного оборудования на данном объекте, руководство ЮЖД в 2008 году установило тепловой насос для нагрева воды в одной из ведомственных столовых, где в качестве низкопотенциального источника использовался сбросной вентиляционный воздух из цеха приготовления пищи, а в 2011 году с помощью теплового насоса «вода-вода» осуществило отопление административного здания на ст. Основа. Все системы работают успешно.

ООО «Инсолар-Климат» (г. Харьков) выполнил систему отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и кондиционирования на базе воздушных чиллеров-тепловых насосов в торгово-офисном здании объёмом 17580 м<sup>3</sup>, расположенном в центральной части города Харькова, где лимиты получения тепла от городской теплоцентрали практически были исчерпаны. В системе вентиляции применена термодинамическая рекуперация теплоты вытяжного воздуха при помощи встроенных тепловых насосов. Работоспособность системы в моновалентном режиме возможна до наружной температуры минус 19 0С. Для работы при более низких температурах имеется резервный электродогреватель мощностью 100 кВт. Система полностью автоматизирована. Эксплуатационные затраты на теплоснабжение в сравнении с традиционной системой от теплоцентрали снижены на 47 %.

В течение 2012–2013 годов ООО «ВентКонд» (Харьков) установил более 20 тепловых насосов типа ZubaDan на частных коттеджах. Несмотря на то, что по субъективным причинам (отсутствие желания хозяев рекламировать установку) не удалось провести мониторинг эксплуатации теплонасосных установок в полном объёме, общее заключение заказчиков состоит в том, что при получении качественного и комфортного отопления эксплуатационные расходы уменьшились в 3–4 раза по сравнению с электрическим отоплением. В летнее время установленное оборудование может быть использовано для кондиционирования воздуха.

ПФ «ПромЭко» (г. Ровно) для отопления средней школы (834 ученика и 5386 м<sup>2</sup> отапливаемой площади) в п.г.т. Заречное применила тепловые насосы «воздух-вода» Optima шведской фирмы IVT и электродогреватели «Скат» чешского производства [15]. Средняя стоимость потреблённых удельных энергоресурсов по результатам эксплуатации системы отопления в 2012–2013 гг. оказалась ниже тарифов отпуска тепла от городской центральной тепловой сети в 2,5–3 раза.

ООО «Прогресс XXI» применила для отопления административного здания площадью 2700 м<sup>2</sup> в г. Киеве шведские грунтовые тепловые насосы Thermia Robust и пиковый электродогреватель. Низкопотенциальная энергия отбиралась из 24 скважин глубиной по 100 м каждая. Система приёма теплоты генерируемой тепловыми насосами комбинированная: теплые полы, фанкойлы и внутриспольные конвекторы. Система работает надёжно, эффективно, проводится мониторинг её эксплуатации.

В ИТТФ НАН Украины (г. Киева) выполнен проект отопления жилых микрорайонов Осокорки и Позняки при помощи теплонасосной станции, вместо строительства новой котельной [15]. На теплонасосной станции, планируется установить мощные тепловые насосы Unitop 50YFG (единичная мощность ТН 20 МВт). В проекте рассмотрены варианты использования для привода ТН противодавленческой турбины и электродвигателя. Техничко-экономические расчёты авторов показывают конкурентоспособность применения теплонасосной технологии.

Сегодня в Интернете можно встретить множество других примеров рационального применения ТНУ в инженерных системах объектов ЖКХ, промышленности, АПК.

Из исследований, выполненных в ИТТФ НАН Украины [16] и представленных на конференции «Тепловые насосы в странах СНГ» следует, что при применении тепловых насосов потенциал энергосбережения в Украине может быть оценён в 9,25 млн т у.т. в год.

### Выводы

1. Тепловые насосы, несмотря на более высокие первичные капитальные вложения, отбирают рынок у котлов по экономическим причинам – из-за более низких эксплуатационных затрат. Впервые энергетическая политика развития человечества связывается со снижением, а не с повышением потребления энергоресурсов.

2. Широкому распространению ТНУ в мире способствует рост цен на энергоресурсы, законодательства по энергоэффективности, экологические законодательства, требования по снижению выбросов парниковых газов. Компании, продающие эффективные и экологически чистые теплонасосные установки, пользуются налоговыми льготами, а организации и домовладельцы, приобретающие это оборудование, получают дотации, субсидии, льготные кредиты. В Украине, где внедрение теплонасосных технологий пока не является государственной политикой, их применение не подкрепляется никаким экономическим стимулированием.

3. Присутствие на украинском рынке большого числа импортёров теплонасосной техники ещё не даёт никаких гарантий по её надлежащему применению, особенно если мы будем черпать сведения об их эксплуатации лишь из красочных рекламных проспектов. С другой стороны нам не нужно начинать с того, что весь мир прошёл в течение последних 50 лет. Доступ к мировому опыту и его критический анализ специалистами, научно-техническое сопровождение пока ещё немногочисленных эксплуатируемых теплонасосных систем, обобщение полученных результатов по режимам работы, схемным решениям и выбору оборудования в отечественных условиях – обязательное условие успешного внедрения теплонасосных технологий в Украине.

4. Опыт и ошибки внедрения ТНУ показали пути их рационального использования. Решения проблемы энергосбережения в ЖКХ возможно лишь при синхронизации термомодернизация зданий и генерации тепловой энергии тепловыми насосами.

5. Примеры рационального применения теплонасосных технологий не только за рубежом, но и на объектах ЖКХ Украины показывает целесообразность их внедрения для гарантирования энергетической независимости и эффективности отечественной экономики.

6. Широкое внедрение теплонасосной технологий сдерживается из-за перекоса цен на тепловую/электрическую энергию, отсутствия необходимых нормативно-законодательной базы и инвестиционного климата, а самое главное из-за недостаточной поддержки государственных и региональных органов власти внедрения данной инновационной технологии.

### Список литературы

1. Эволюция тепловых насосов. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы», № 9, сентябрь, 2012.
2. Обзор рынка тепловых насосов. Электронный журнал энергосервисной компании «Города и здания», № 7, июль, 2013.
3. Reports at the 8th IEA Heat Pump Conference, Las Vegas, 2005
4. Reports at the 9th IEA Heat Pump Conference, Zurich, 2008
5. Reports at the 10th IEA Heat Pump Conference, Tokyo, 2011
6. Новое поколение геотермальных тепловых насосов Danfoss. <http://www.danfoss.com/>.
7. Климатические системы. Кондиционирование, вентиляция и отопление 2013. Mitsubishi Electric. Changes for the Better. [www.mitsubishi-aircon.com.ua](http://www.mitsubishi-aircon.com.ua).
8. Тепловой насос на смену бойлеру. <http://www.c-o-k.ru/>.
9. Рейтинг геотермальных тепловых насосов в Австрии. <http://www.pea.ru/>.
10. Степаненко В. А., Афанасьев А. С. «Тепловые насосы в системах теплоснабжения и кондиционирования городов и зданий Украины в 21 веке»// Международная конференции "Тепловые насосы в странах СНГ", 2013 г., г. Алушта (Крым, Украина).

11. Степаненко В. А. «Каким будет теплоснабжение Украины в 21 веке», //Международная конференция «Тепловые насосы в странах СНГ» , май 2013, Алушта, Крым.
12. Мацевитый Ю. М., Чиркин Н. Б., Остапчук В. Н., Богданович Л. С., Клепанда А. С. «Альтернативная система теплоснабжения на базе теплового насоса с грунтовым теплообменником» // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит, № 8, 2007 г.
13. Мацевитый Ю. М., Чиркин Н. Б., Богданович Л. С., Клепанда А. С. О рациональном использовании теплонасосных технологий в экономике Украины. // Энергосбережение • Энергетика • Энергоаудит, 2007, № 3.
14. Степаненко В. А. «Украина. Проблемы финансирования термомодернизации жилых многоквартирных зданий» // Портал-энерго. Эффективное энергосбережение. 2013.
15. Бенесюк И. А. «Опыт проектування та експлуатації систем опалювання з тепловими помпами в бюджетних установах» // Международная конференция «Тепловые насосы в странах СНГ» , 2013, Алушта, Крым.
16. Долинский А. А. «Теплонасосные технологии в Украине. Состояние и перспективы развития» // Международная конференция Тепловые насосы в странах СНГ, 2013. Алушта, Крым.

## REGARDING THE USE OF HEAT PUMPS IN THE WORLD AND PROBLEMS THAT HINDER THEIR WIDESPREAD INTRODUCTION IN UKRAINE

*This paper was prepared in association with the State Fund for Fundamental Research of Ukraine.*

Yu. M. Matsevityi, Academician of NAS of the Ukraine, IMEP of NAS of the Ukraine, Kharkiv

N. B. Chirkin, PhD(Eng), IMEP of NAS of the Ukraine, Kharkiv

A. S. Klepanda, PhD(Eng), LTD "Insolar-klimat", Kharkiv

*It considers the use of heat pump processes in the world, emphasizes advances in modern heat pump engineering. It analyzes the reasons hindering the widespread introduction of heat pumps in Ukraine and provides examples of their commercially viable application.*

- 1 . Evolution of thermal pumps. Electronic magazine of power service company "Ecological Systems" [ Evolyutsiya teplovyih nasosov. Elektronnyy zhurnal energoservisnoy kompanii «Ekologicheskie sistemyi»]. – No. 9, September, 2012.
2. Review of the market of thermal pumps. Electronic magazine of power service company "Cities and Buildings" [Obzor ryinka teplovyih nasosov. Elektronnyy zhurnal energoservisnoy kompanii «Goroda i zdaniya»]. – No. 7, July, 2013.
3. Reports at the 8th IEA Heat Pump Conference [Reports at the 8th IEA Heat Pump Conference] Las Vegas, 2005
4. Reports at the 9th IEA Heat Pump Conference [Reports at the 9th IEA Heat Pump Conference] Zurich, 2008
5. Reports at the 10th IEA Heat Pump Conference [Reports at the 10th IEA Heat Pump Conference] Tokyo, 2011
- 6 . New generation of geothermal Danfoss thermal pumps [Novoe pokolenie geotermalnyih teplovyih nasosov Danfoss]. <http://www.danfoss.com/>.
- 7 . Climatic systems. Conditioning, ventilation and heating 2013. Mitsubishi Electric. Changes for the Better [Klimaticheskie sistemyi. Konditsionirovanie, ventilyatsiya i otoplenie 2013. Mitsubishi Electric. Changes for the Better]. [www.mitsubishi-aircon.com.ua](http://www.mitsubishi-aircon.com.ua).
- 8 . The thermal pump on change to a boiler [Teplovoy nasos na smenu boyleru]. <http://www.c-o-k.ru/>.

9 . Rating of geothermal thermal pumps in Avstrij [Reyting geotermalnyih teplovyih nasosov v Avstrij]. <http://www.pea.ru/>.

10 . Stepanenko V.A. Afanasyev A.S. "Thermal pumps in systems of a heat supply and conditioning of the cities and buildings of Ukraine in 21 centuries"//International the "Thermal Pumps in CIS Countries" conferences [«Teplovyie nasosyi v sistemah teplosnabzheniya i konditsionirovaniya gorodov i zdaniy Ukrainyi v 21 veke»// Mezhdunarodnaya konferentsii "Teplovyie nasosyi v stranah SNG"]. – 2013, Alushta (the Crimea, Ukraine).

11 . Stepanenko V.A. "What will be a heat supply of Ukraine in 21 centuries",//the International conference "Thermal Pumps in CIS Countries" [«Kakim budet teplosnabzhenie Ukrainyi v 21 veke», //Mezhdunarodnaya konferentsiya «Teplovyie nasosyi v stranah SNG»]. May 2013, Alushta, the Crimea.

12 . Matsevity Yu.M. Chirkin N. B., Ostapchuk V. N., Bogdanovich L.S., Klepanda A.S. "Alternative system of a heat supply on the basis of the thermal pump with the soil heat exchanger". [«Alternativnaya sistema teplosnabzheniya na baze teplovogo nasosa s gruntovym teploobmennikom»] // Energy saving • Power engineering • Energy audit. - No. 8, 2007 of.

13 . Matsevity Yu.M. Chirkin N. B., Bogdanovich L.S., Klepanda A.S. About rational use of heatpump technologies in economy of Ukraine [O ratsionalnom ispolzovanii teplonasosnyih tehnologiy v ekonomike Ukrainyi] // Energy saving, power, energy audit, 2007, No. 3.

14 . Stepanenko V.A. "Ukraine. Problems of financing of thermomodernization of residential multystoried buildings"[«Ukraina. Problemyi finansirovaniya termomodernizatsii zhilyih mnogozhnyih zdaniy»] //Portal-power. Effective energy saving. 2013.

15 . Benesyuk I.A. "Experience of design and operation of systems otopeniy with thermal pumps in the budgetary establishments"//The International conference "Thermal Pumps in CIS Countries"[«Opit proektuvannya ta ekspluatatsiyi sistem opalyuvannya z teplovimi pompami v byudzhetnih ustanovah»//Mezhdunarodnaya konferentsiya «Teplovyie nasosyi v stranah SNG» ], 2013, Alushta, the Crimea.

16 . Dolinsky A.A. "Heatpump technologies in Ukraine. State and development prospects". // The international conference Thermal pumps in CIS countries [Teplonasosnyie tehnologii v Ukraine. Sostoyanie i perspektivy razvitiya»// Mezhd.konf.Teplovyie nasosyi v stranah SNG]. – 2013. Alushta, Crimea/

Поступила в редакцию 14.01 2014 г.