



# ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ

Электронный журнал

№4 (25), декабрь 2015

[www.tn.esco.co.ua](http://www.tn.esco.co.ua)



## Тепловые насосы Waterkotte - эффективность и дизайн,

все от природы для энергонезависимого дома

стр. 28

**Главный редактор:**

**Степаненко Василий Анатольевич,**  
директор ЭСКО «Экологические Системы»  
г. Запорожье, Украина.

**Ответственный редактор:**

**Дзюба Ольга Викторовна,**  
ЭСКО «Экологические Системы»  
г. Запорожье, Украина.

**Редакционный совет:**

**Трубий Александр Владимирович,**  
директор «R-ENERGY»  
г. Киев, Украина.

**Басок Борис Иванович,**

зам. директора по научной работе ИТТФ НАНУ  
г. Киев, Украина.

**Горшков Валерий Гаврилович,**

главный специалист ООО «ОКБ Теплосибмаш»  
г. Новосибирск, Россия.

**Закиров Данир Галимзянович,**

профессор, главный научный сотрудник ФГБУ  
Горного института УрО РАН,  
г. Пермь, Россия.

**Уланов Николай Маранович,**

директор ОКБ ИТТФ НАНУ  
г. Киев, Украина.

**Редакция:**

Дзюба О., Ряснова Е., Кошевая К.

**Адрес редакции:**

Украина, 69035, г. Запорожье, пр. Маяковского 11

тел./факс: (+38061) 224-66-86

e-mail: [tn@esco.co.ua](mailto:tn@esco.co.ua)

e-mail: [tn.ecosys@gmail.com](mailto:tn.ecosys@gmail.com)

[www.tn.esco.co.ua](http://www.tn.esco.co.ua)



**О рекламных возможностях:**

Вид рекламы	Размер к странице А4	Стоимость в грн.
Информационная статья о проектах или продукции вашей компании	-	5 000
Реклама во внутреннем блоке	1/1	4 000
Реклама во внутреннем блоке	1/2	2 000
Размещение визитной карточки вашей компании	9 * 5 см	1 000
Спонсорство номера	-	10 000

За дополнительной информацией обращайтесь в редакцию журнала:

**тел./факс: (+38061) 224-66-86;**

**e-mail: [tn.ecosys@gmail.com](mailto:tn.ecosys@gmail.com), [tn@esco.co.ua](mailto:tn@esco.co.ua)**

# СОДЕРЖАНИЕ



## НОВОСТНАЯ РУБРИКА

Новости в мире	4
Новости технологий	9

## АНАЛИТИКА

Альтернативная система отопления на базе теплового насоса	12
Об использовании тепловых насосов в мире и что тормозит их широкомасштабное внедрение в Украине	15

## ПОЛЕМИКА

Тепловой насос или комбинированное производство тепла и электроэнергии – какая технология экологичнее?	25
--	----

## ТЕПЛОНАСОСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Тепловые насосы Waterkotte—эффективность и дизайн, все от природы для энергонезависимого дома	28
Тепловые насосы «воздух-вода» Panasonic Aquarea— революция на рынке отопительной техники	31
Использование пропана в качестве хладагента в тепловом насосе – опыт компании AITDEUTSCHLAND	37
Влияние полифункциональности на энергоэффективность геотермальных тепловых насосов	38

## ИНТЕРВЬЮ

Тепловые насосы - экономия, свобода и независимость для вашего дома	43
Затратил киловатт – получил три	45

## ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ В МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ

«Умный дом» бережёт ресурсы и деньги. Как внедряют новые технологии?	47
--	----





# Новости в мире

## ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ – САМАЯ ОБСУЖДАЕМАЯ ТЕМА НА BIG ENERGY SAVING WEEK

**Big Energy Saving Week организовывается уже в пятый раз. Главной целью проведения выставки является стремление организаторов помочь пользователям сократить свои расходы на отопление и подогрев воды. В этом году выставка прошла главным образом при поддержке AOS Heating. Одной из самых обсуждаемых категорий продукции во время её проведения стали тепловые насосы.**



Тепловые насосы являются инновационным способом отопления помещений, базирующемся на использовании энергии, которую в достаточном количестве можно получать из воздуха. В его основе лежит технология извлечения энергии из воздуха снаружи дома, её концентрации до нужной температуры и дальнейшего использования в целях поддержания комфортной температуры в помещении. Полученная энергия может использоваться в разных целях – для отопления дома, обеспечения работы системы «тёплый пол» или подогрева резервуара с тёплой водой.

Директор AOS Heating Энтони Оуэн (Anthony Owen) сообщил, что представители их компании чувствуют гордость, что они поддерживают такое событие, как Big Energy Saving week. Тепловые насосы, представленные на выставке в том числе и самой AOS Heating, являются, по их мнению, не только отличным способом сэкономить деньги, но и ещё одним примером использования для домашних целей возобновляемых источников энергии. Так, по подсчётам экспертов, использование в быту тепловых

насосов способно сократить выбросы углерода на 30-50%. С учётом приближающейся зимы – сезона, во время которого отопительные приборы используются особенно активно, данная тема является во всех смыслах актуальной.

Источник: <http://aquagroup.ru/>

## КРУПНЕЙШИЕ ЦОДЫ ВЫБИРАЮТ НОВЕЙШИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

Пока Climaveneta смакует победу на очередном тендере по обеспечению крупного дата-центра системами охлаждения, исследование рынка демонстрирует появление новых трендов.

Новое исследование фирмы BSRIA обнаружило, что новейшие мега-ЦОДы переходят на новые комбинации охладительного оборудования, чтобы справиться с растущим тепловыделением. Повышение числа IP-соединений, трафика данных и размеров хранилища влечет повышенные требования к охлаждению на крупнейших площадках, и это требует нестандартных решений.

Новый мега-ЦОД склонен развернуть не просто охлаждение, а комбинацию систем: фрикулинг, жидкостное охлаждение и водяные чиллеры. Если это станет тенденцией (а пока это лишь небольшое число экспериментальных проектов), то рынок охлаждения столкнется с существенными изменениями.

Climaveneta только что выиграла тендер на охлаждение мощностью 28 МВт для китайского супервычислительного центра (Wuxi). Wuxi появился в результате СП, созданного в 2006 году Министер-



ством науки и технологий и правительством Вукси. Считается, что это одна из наиболее продвинутых платформ для высокопроизводительных вычислений в мире.

### Мега-ЦОДы открыты для новых технологий

Поскольку новый суперкомпьютер работает на скорости 100 петафлопс, ему требуется мощнейшее охлаждение весьма специфических параметров.

В исследовании BSRIA говорится, что «крупномасштабные дата-центры, такие как Apple, Google, Facebook, Amazon, AWS и Yahoo! очень открыты к развертыванию «новых» технологий, например, модульных, внешних воздушных установок и испарительного охлаждения».

Это привело к сильным изменениям и позволило таким традиционным производителям воздушного охлаждения как McQuay, Trane, Carrier, JCI, Daikin и другим поучаствовать на рынке охлаждения для ЦОДов. Вообще, дата-центры развиваются весьма быстро.

Стандартные проект, используемый на протяжении 20 лет, уступает более гибким конфигурациям, которые лучше подходят для все усложняющихся требований скупрулезных и все более информированных клиентов.

Лоун Хансен, управляющий I.T. Cable Group, говорит: «Большинство мега-ЦОДов располагают центральной командой специалистов, которая разрабатывает требования в отношении IT-оборудования, сети, охлаждения и энергоснабжения».

«Эти спецификации обычно развертываются на глобальном уровне и включают несколько (часто три-четыре) одобренных вендоров по каждой категории продукта. Глобальное присутствие – важный критерий отбора. Многие ценят наличие разносторонних источников поставок. Некоторые продукты приобретаются прямо у производителя для снижения затрат, другие – через дистрибьюторов».

### Просто охладить недостаточно, нужно собрать и использовать тепловые отходы

В дата-центре Wuxi фрикулинг начинается при наружной температуре 15 °C и ниже, что позволяет еще больше экономить энергию. Тепло, отдаваемое чиллерами, собирается в тепловые насосы и затем направляется для отопления офиса площадью 20 000 м<sup>2</sup> вблизи дата-центра, при полном отсутствии вредных выбросов.

Другими словами, установив систему тепловых насосов Climaveneta или ее чиллеров, вы сможете охладить дата-центр, затем собрать тепловые отходы и направить их на обеспечение комфортного климата в холодный период в близлежащих помещениях, или для нагрева воды в целях горячего водоснабжения.

Таким образом можно значительно сократить расход энергии, при этом улучшив экологические показатели и повысив шансы на получение отличных «зеленых» рейтингов, а ваша годовая отчетность покажет значительную экономию.

Источник: <http://www.alldc.ru/>

## КАЗАХСТАН ГОТОВИТ К «ЭКСПО-2017» СЮРПРИЗ

В 2016 году в Казахстане появится первый уникальный жилой комплекс. Его полностью построят из натуральных и экологически чистых материалов, передает «МИР 24».



Установка тепловых насосов и энергосберегающих окон позволит снизить затраты на тепло, а сэкономить на электричестве планируют за счет интегрированных солнечных батарей и энергоэффективных осветительных приборов.

**«По жилому фонду есть небольшое увеличение себестоимости по сравнению со строительством обычного жилья. Сейчас средняя себестоимость жилья – тысяча долларов. Процентом 15-20 увеличение есть», - отметил представитель строительной компании Ерболат Мукашев**

Экологически чистый дом строят к международной выставке «Экспо-2017». Стоимость объекта составит около 160 миллионов долларов.

Источник: <http://mir24.tv/>

## В КРАСНОЯРСКЕ РАЗРАБОТАЛИ КРУГЛОГОДИЧНУЮ КЛИМАТИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ

Изобретение красноярских учёных может запросто, как в популярной песне, сделать погоду в доме. И не только. Согреть или охладить можно и дачу, и целый магазин. Разработчики утверждают, главное преимущество системы в том, что она легко переносит суровые сибирские морозы.

«Уникальность данного проекта заключается в том, что в отличие от других мировых лидеров по производству воздушных тепловых насосов это единственная установка, способная работать при температуре наружного воздуха -45 °C Это делает её уникальной для России, стран Скандинавии», - пояснил заместитель исполнительного директора КГАУ «КРИТБИ» Александр Токарев.

Климатическая система проста и одновременно очень прочна: алюминиевые профили подвергаются закалке, искусственному старению и покрываются защитным слоем.



«Сама система запустилась и закрылась, и вы про неё забыли. Когда в помещении стало достаточно тепло по термостату, он отключится сам; когда будет прохладно, он сам себя включит. Т.е. какого-то дополнительного обслуживания система не требует», - пояснил руководитель проекта Иван Пентелейчук

Принцип работы данного устройства - холодильник наоборот: одна часть расположена на улице, внутри помещения - блок управления и компрессор. Данная установка изготовлена из алюминиевого профиля особой конфигурации, что позволяет существенно повысить теплоотдачу. По словам разработчиков, устройство не только удобно, но и экологично.

«Я думаю, вот эта долина - Дрокино, Емельяново, где все топят углём, они все придут к нам, когда на уровне правительства края будет решено не дымить на город», - уверен главный инженер Алексей Телегин.

Создатели технического чуда уверены - в Сибири почитателей у новинки будет немало.

*Источник: <http://krasnoyarsk.rfn.ru/>*

## АНАЛИЗ РЫНКА ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В РОССИИ

В октябре 2015 года маркетинговое агентство DISCOVERY Research Group завершило исследование российского рынка тепловых насосов для обогрева жилых и нежилых помещений.

Объем производства рассматриваемой продукции в России за период с 2011 г. по 2014 г. составил 197 229 тыс. руб. В 2014 году объем производства, по данным Федеральной службы государственной статистики РФ, составил 51 000 тыс. руб.

При анализе динамики объема рынка можно отметить снижение показателя с 2013 г. В объеме рассматриваемой продукции превалирует импортная продукция, однако, производство также занимает значительную долю. Экспорт продукции незначителен.

Тепловые насосы находят широкое применение на Западе, где используются с 1970-х годов в следствии энергетического кризиса. Наибольшей популярностью среди покупателей пользуются тепловые насосы геотермального типа, получающие тепловую

энергию из грунта или воды. Данный тип тепловых насосов обладает наилучшим сочетанием цены и потребительских качеств. Лидерами по установке насосов данного типа являются США, Швеция, Япония, Германия и Швейцария. В последние годы тепловые насосы геотермального типа внедряются на китайский рынок.

Опыт использования тепловых насосов в России невелик, однако существуют условия для их внедрения. Во-первых, в стране наблюдается рост цен на электроэнергию и топливо, происходит увеличение экологических требований. Во-вторых, активно развивается малоэтажное строительство, доля которого в последние годы в общем объеме сдаваемого жилья составляет порядка 40-47% и имеет тенденцию к росту. Кроме того, данная техника обладает рядом преимуществ: простотой в эксплуатации, экономичностью, повышением уровня пожарной безопасности, компактностью и бесшумностью. Несмотря на это, по мнению экспертов, сдерживает распространение данной техники отсутствие поддержки со стороны государства, в то время как в странах Запада, для компаний, использующих тепловые насосы, предлагаются налоговые льготы, а для частных лиц - субсидии, дотации и льготные кредиты.

*Источник <http://www.holodunion.ru/>*

## PANASONIC РАСШИРЯЕТ БИЗНЕС КОММЕРЧЕСКОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

Panasonic Air-Conditioning Company построила один из крупнейших стендов площадью 132м<sup>2</sup> на выставке MCE Asia и выставила свою систему FSVEX VRF, запланированную к выпуску в декабре этого года, как и Интеллектуальное облачное расширенное управление удаленного доступа для систем кондиционирования воздуха (Smart Cloud advanced remote access management), а также широкий выбор полупромышленных кондиционеров (PACs), бытовых кондиционеров (RACs), и другие продукты. Компания продвигала свои продукты и услуги для посетителей с концепцией комфортного, здорового, и надежного кондиционирования воздуха.



2 сентября, в день открытия MCE Asia, Panasonic Air-Conditioning Company провела пресс-конференцию, чтобы представить систему FSV-EX VRF и пригласила около 230 человек из дистрибью-

торов, монтажников, дизайнерских фирм, подрядчиков, консалтинговых фирм и других партнеров по кондиционированию воздуха с 16 рынков Азиатско-Тихоокеанского региона, а также Ближнего Востока и Европы в дополнение к 10 представителям прессы. В начале пресс-конференции, Мамору Йошида, президент Panasonic Air-Conditioner Company Japan, обрисовал видение компанией бизнеса кондиционирования воздуха и усилия по расширению бизнеса компании по коммерческим и промышленным кондиционерам, а затем представил FSV-EX и услугу управления Smart Cloud.

Хорошо встреченная FSV-EX экспонировалась с использованием проекционного отображения для визуального объяснения лидирующих в отрасли энергосберегающих технологий и оригинальной технологии возврата масла в компрессор.

При демонстрации Smart Cloud эта система управления была связана через Облако с реальным оборудованием для кондиционирования воздуха, установленным в здании Panasonic Сингапур и в здании Panasonic R&D Center Germany, и позволила посетителям поработать с этим оборудованием с использованием сенсорного экрана, чтобы показать, как система управления удаленным доступом компании Панасоник предложила передовое и удобное управление и эксплуатацию кондиционера.

Panasonic Air-Conditioning Company стремится укрепить свои отношения с партнерами по отрасли и расширить свой бизнес коммерческих и промышленных кондиционеров вместе с бытовыми компаниями на каждом рынке.

Источник <http://www.c-o-k.ru/>

## FUJITSU GENERAL LTD ПЛАНИРУЕТ УВЕЛИЧИТЬ ПРОДАЖИ НА 79% К 2020 ГОДУ

Японский производитель систем кондиционирования Fujitsu General Ltd к 2020 году планирует увеличить объем продаж на 79%, до 300 млрд иен (2,5 млрд долларов) в год за счет более активного освоения зарубежных рынков.



Долю экспорта рассчитывают нарастить с 77 до 80%. Ставку при этом, в первую очередь, делают на рынки Европы, США, Ближнего Востока и Австралии.

Кроме того, компания Fujitsu General Ltd заявила

об усилении направления промышленного и полупромышленного оборудования, которое должно занять 70% в структуре продаж. Сейчас эта доля составляет 50%, наравне с бытовым сегментом. Для увеличения доли сегмента PAC и VRF уже анонсирован ряд конкретных мер, в том числе, и открытие нового центра исследований и разработок в Таиланде.

За дополнительной информацией обращайтесь в офисы компании «Планета Климата», официального дилера Fujitsu General.

Источник <http://planetaklimata.com.ua/>

## DAIKIN ОТМЕЧАЕТ УСТАНОВКУ МИЛЛИОННОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСА ВО ФРАНЦИИ

Компания DAIKIN празднует одно из наиболее знаковых своих достижений: установку своего миллионного теплового насоса во Франции. По случаю такого события компания объявила о своих двух специальных предложениях.



Первое предложение: для покупателей, которые запрашивают стоимость покупки и установки теплового насоса DAIKIN в период с 15 сентября по 15 декабря 2015 года. Покупатели могут принять участие в конкурсе и побороться за главный приз. Победитель в качестве приза получит бесплатное отопление на протяжении одного года, а компания DAIKIN компенсирует наибольшую часть всех затрат потребителя по покупке теплового насоса.

Второе предложение: касается клиентов, установивших тепловой насос марки DAIKIN в период с 1 октября по 31 декабря 2015 года. Десятерым участникам-победителям возместят наибольшую часть всех затрат по покупке теплового насоса класса «воздух-вода» или теплового насоса класса «воздух-воздух», а ещё 990 покупателей получат вознаграждение в размере 100 Евро. Жеребьевка пройдет 29 января 2016 года.

Источник: <http://www.ejarn.com/>  
Перевод: Компания ЛИКОНД

**«ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ – ТЕПЛОТРАНСФОРМАТОРЫ НА СЛУЖБЕ ЭКОЛОГИИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ»**



Западного Урала д.т.н., профессор Закиров Данир Галимзянович.

В издательстве «Печатный салон «Гармония» вышла в свет книга «Тепловые насосы - теплотрансформаторы на службе экологии и энергоэффективности», автор главный научный сотрудник Государственного бюджетного учреждения науки Горный институт УрО РАН, генеральный директор Ассоциации энергетиков

Рецензию о книге написал профессор, д-р естественных наук, Член Европейской академии естественных наук, Председатель правления «Бранденбургского института по поддержке и развитию инноваций и технологий» Эдгар О. Клозе.

В книге рассматриваются экологические и энергетические проблемы, приводятся основные источники и виды техногенного воздействия на окружающую среду при добыче, транспортировке, переработке, сжигании энергоносителей и потреблении энергии, анализируются существующие источники низкопотенциальной теплоты, актуальность использования их с применением тепловых насосов. Целью данной работы являлось обобщить и систематизировать опыт создания передовых решений в использовании низкопотенциальной теплоты в угольной, горнорудной, промышленных предприятиях и жилищно-коммунальной сфере, на этой базе решение экологических и энергетических проблем. Рассматриваются экологические и энергетические проблемы, приводятся основные источники и виды техногенного воздействия на окружающую среду при добыче, транспортировке, переработке, сжигании энергоносителей и потреблении энергии, анализируются существующие источники низкопотенциальной теплоты, актуальность использования их с применением тепловых насосов.

Представлены результаты многолетних исследований, роль тепловых насосов в решении экологических проблем и повышении энергетической эффективности. Принцип действия тепловых насосов, виды, классификация, устройство, теплообменники и технологические схемы для утилизации низкопотенциального тепла тепловыми насосами, опыт их эксплуатации, передовые разработки и внедрение новых энергосберегающих теплонасосных технологий.

Представлена экологическая, энергетическая и экономическая эффективность использования тепловых насосов, методика расчета технико-экономической эффективности использования ТНУ в сфере ЖКХ.

Пособие предназначено для студентов технических вузов энергетических и экологических специальностей, специалистов занимающихся вопросами энергосбережения и повышение энергетической эффективности, энергетиков промышленных предприятий, жилищно-коммунальной и бюджетной сферы.

Источник: <http://www.feeder.ru/>

**НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ПОДСТРАИВАЕТСЯ ПОД ЭНЕРГОНУЖДЫ ЗДАНИЯ**

**Компания «Данфосс», ведущий мировой производитель энергосберегающего оборудования, представила новое поколение тепловых насосов DHP-M. Устройства отличаются повышенным уровнем энергоэффективности. Инновационная инверторная технология непрерывно подстраивает производительность теплового насоса под текущие потребности системы, покрывая при этом 100% энергетических нужд здания.**



Важной особенностью инверторной технологии является то, что она обеспечивает работу по добыванию и подаче энергии в необходимом системе объеме. При критическом снижении или избытке энергии устройство автоматически отрегулирует свою работу для соответствия заданным параметрам. Стандартные насосы по умолчанию работают на свою полную мощность независимо от того, нуждается ли здание в конкретный момент в энергии. В итоге использование DHP-M позволяет владельцам недвижимости экономить до 75% денежных средств, тратящихся на энергию.

«Тепловой насос DHP-M полностью обеспечивает здание энергией. Это означает, что потребителю не придется использовать дополнительные источники энергии и тратить время и деньги на их установку и техническое содержание» – комментирует Нина Горшкова, ведущий специалист направления «Тепловые насосы» Danfoss.

Промышленный геотермальный тепловой насос DHP-M черпает энергию из скал, грунта или озерной воды. Устройство использует полученную её для охлаждения, отопления и нагрева горячей воды в здании. При этом электрическая мощность, потребляемая установкой, примерно в 4,5 раза меньше ее тепловой мощности. Установка DHP-M возможна для любых типов зданий.

«Большое количество сэкономленной энергии делает DHP-M отличным решением для самых разных вариантов промышленных и административных зданий. Он идеально подходит для отелей, апартаментов, жилищных кооперативов и крупномасштабных проектов» - говорит Андреас Йохансон, бренд-менеджер тепловых насосов Danfoss.

Среднегодовой коэффициент энергоэффективности DHP-M – 5,3, что на единицу выше показателей предыдущих поколений данных устройств. Насос представлен тремя моделями с большой мощностью от 11 до 84 кВт. Соединив 16 насосов DHP-M мощностью 84 кВт, пользователь может достигнуть общей производительности тепла до 1344 кВт.

Источник: <http://aquagroup.ru/>

# Новости технологий

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В КОНСТРУИРОВАНИИ ЧИЛЛЕРОВ С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

В Японии на долю холодильных машин с воздушным охлаждением конденсатора — как работающих только на холод, так и способных функционировать в режиме теплового насоса — приходится почти половина рынка чиллеров.



Действующие в Японии строгие требования к мощному холодильному оборудованию, где газы находятся под высоким давлением, предписывают принимать дополнительные меры безопасности при установке чиллеров мощностью свыше 120 л.с.

По этой причине основу парка чиллеров с воздушным охлаждением в Японии составляют устройства мощностью от 40 до 120 л.с., укомплектованные винтовыми компрессорами мощностью до 60 л.с. Основным хладагентом в данном сегменте является R134а. Лишь чиллеры небольшой мощности (до 30 л.с.), сконструированные на базе спиральных или ротационных компрессоров, являющиеся частью полупромышленных систем кондиционирования, используют R410A.

Около 10 лет назад холодильные машины с воздушным охлаждением мощностью 40–120 л.с. стали использоваться в составе модульных чиллеров. Объединение нескольких холодильных машин-модулей позволило добиться максимальной холодопроизводительности в 1500 л.с. При этом относительно небольшая мощность каждого отдельного модуля позволяла обойти строгие требования к мощному оборудованию, использующему газы под высоким давлением. Еще одно преимущество модульных систем — возможность индивидуального управления производительностью каждого модуля, что позволяет добиться высокой эффективности при неполной нагрузке.

В первых модульных чиллерах применялись поршневые компрессоры, работающие на хладагенте R407C. Затем появились устройства с мощными

спиральными и ротационными компрессорами и DC-инверторным управлением, использующие R410A. Сегодня модульные чиллеры выпускают и продают практически все японские производители холодильных машин.

Изначально модульные чиллеры предназначались для замены существующего оборудования. Позже развитие технологий позволило увеличить максимальную холодопроизводительность модульных систем до 6 400 л.с., что соответствовало мощности центробежных и абсорбционных чиллеров. Кроме того, со временем модульные чиллеры сравнялись с центробежными и по эффективности. Сегодня модульные системы применяются в самых разных областях: от кондиционирования объектов коммерческой недвижимости до тепло- и холодоснабжения производственных процессов.

### Модульные конструкции

На сегодняшний день модульные чиллеры, представленные на японском рынке, — это системы, состоящие из модулей мощностью 30–60 л.с. Каждый модуль имеет несколько холодильных контуров и укомплектован несколькими спиральными или ротационными компрессорами. Кроме того, каждый модуль может управляться с помощью инвертора постоянного тока (DC-инвертора), что существенно повышает интегральный показатель эффективности при частичной нагрузке (IPLV) всей системы.

В отличие от винтовых чиллеров, модульные системы используют хладагент R410A, термодинамические характеристики которого позволяют уменьшить диаметр труб фреоновой магистрали и габариты теплообменников.

Одной из проблем, с которой сталкиваются конструкторы модульных чиллеров, стало обеспечение однородного воздушного потока через несколько соединенных теплообменников. Для решения этой проблемы используются теплообменники необычных форм.

Модульная технология позволяет значительно сократить площадь, занимаемую чиллером. Как правило, для установки модульной системы требуется на 30–60% меньше места, чем для традиционных отдельно стоящих чиллеров той же совокупной мощности. Для производителей изготовление стандартных модулей позволяет значительно сократить затраты. Кроме того, в некоторых модулях используются те же компоненты, что и в полупромышленных системах кондиционирования, что позволяет еще более снизить производственные расходы за счет унификации комплектующих.

### Гибкость

В случае модульных систем требуемая производительность обеспечивается объединением не-

скольких модулей небольшой мощности (до 60 л.с.). Такая конструкция позволяет при необходимости наращивать холодильную мощность уже установленных систем. Модульность также дает большую свободу при размещении оборудования. Кроме того, комбинируя в одной системе модули, работающие только на охлаждение и способные функционировать в режиме теплового насоса, производители могут создавать системы, наилучшим образом удовлетворяющие потребности заказчиков в охлаждении и обогреве.

### Интегрированное управление

В модульных чиллерах используются контроллеры для обеспечения интегрированного управления всей системой. Эти контроллеры управляют производительностью каждого модуля и в случае модулей-тепловых насосов используются для организации разморозки. Результат такого подхода — высокая энергоэффективность и надежность системы.

В качестве стандартного или дополнительного оборудования каждый модуль может оснащаться водяным насосом, управляемым с помощью контроллера. Это еще более снижает энергопотребление всей системы за счет реализации схемы с переменным объемом воды.

### Простота монтажа и обслуживания

Отдельные модули имеют небольшие габариты, что серьезно упрощает их транспортировку и монтаж. Так как модульная система, как правило, занимает меньше места, чем традиционный чиллер такой же производительности, при замене традиционного чиллера модульным высвобождается полезная площадь. Возможность оснащения каждого модуля индивидуальным насосом для охлаждаемой воды дает возможность существенно сэкономить на установке насосного оборудования и прокладке трубопроводов.

Так как модульная схема предполагает наличие множества отдельных блоков с независимыми холодильными контурами, выход одного модуля из строя не приводит к остановке всей системы. Кроме того, такая компоновка позволяет организовать ротацию модулей для равномерной выработки ресурса, что существенно повышает надежность системы.

### Перспективные направления

Благодаря возможности создания чиллеров, точно соответствующих требованиям к производительности и занимаемой площади, модульная компоновка представляется весьма перспективной для использования не только для кондиционирования воздуха, но и для промышленного охлаждения. Дополнительные преимущества обеспечивает возможность реализации режима теплового насоса.

В 2014 году в Японии было продано 9885 холодильных машин с воздушным охлаждением, из них около 6700 машин представляли собой модульные чиллеры. В настоящее время основным рынком для таких машин является Япония, однако производители рассматривают возможность освоения зарубежных, прежде всего — азиатских рынков.

Источник: <http://planetaklimata.com.ua/>

## НОВАЯ VRF-СИСТЕМА MIDEA V5 SUB-COOLER

Midea представила вероятно наиболее значимую в этом году для марки новинку: центральную систему кондиционирования нового поколения Midea V5 Sub-Cooler. Система обладает рекордными техническими показателями по целому ряду параметров.



Технологические и конструкторские инновации позволили Midea значительно повысить сезонную энергоэффективность новой системы. Этот показатель достигает 7,6 у базового модуля 8 HP. В модельном ряду представлены 8 базовых наружных блоков производительностью от 8 до 22 HP. Суммарная производительность комбинации из 4 модулей достигает рекордных для отрасли 88 HP.

Наибольшая эквивалентная длина трубопровода от наружного до внутреннего блока увеличена до 225 м. Возросшая производительность привела к уменьшению затрат на монтаж коммуникаций и снизила занимаемую наружными блоками площадь.

Максимальное количество подключаемых внутренних блоков (88), возможность коэффициента загрузки 200% по отношению к индексу производительности наружных блоков — также на сегодня являются максимальными в отрасли.

В системе предусмотрены внутренние блоки 4 типов. Кассетные блоки представлены компактным блоком 600x600 (2,2-4,5 кВт) и стандартным кассетным блоком (2,8-14 кВт). Представлены также модельные ряды настенных блоков со встроенным ЭРВ (2,2-5,6 кВт) и средненапорных канальных блоков (1,5-14 кВт).

Источник: <http://www.c-o-k.ru/>

## НОВАЯ VRF-СИСТЕМА TOSHIBA SMMS-E

Компания Toshiba анонсировала запуск новых VRF-систем SMMS-e, которые имеют показатели энергоэффективности ESEER более 7 и предназначены для продажи в европейском регионе.

В новых VRF-системах Toshiba применен двухходовой роторный компрессор, который обеспечивает двухступенчатое сжатие для повышения эффективности и производительности. Эта последняя версия компрессоров Toshiba для мультizonальных систем, в которых применено углеродное покрытие лопаток и камер, что дает значительную прибавку в скорости вращения компрессора. Компрессор также оснащен

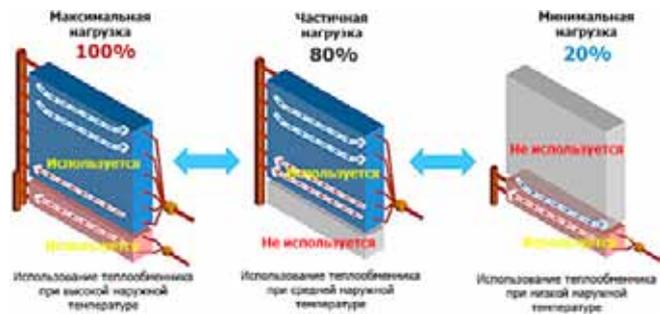
контроллером последнего поколения от компании Toshiba для управления скоростью работы компрессора с шагом в 0.1 Гц.



Теплообменник новой VRF-системы Toshiba SMMS-e был полностью переработан: производитель применил трубы меньшего диаметра, которые расположены в три ряда, по сравнению с двумя рядами в предыдущей модели. Это дало прирост площади теплообменника 13%. Производительность нового поколения теплообменников теперь может быть скорректирована для того, чтобы соответствовать текущей нагрузке и условиям окружающей среды.

В VRV-системах Toshiba SMMS-e производитель наконец-то отказался от остановки системы при размораживании наружного теплообменника в режиме отопления. Данная технология уже давно применяется в VRF-системах лидеров отрасли (Mitsubishi Electric и Daikin) и сейчас она стала доступна для покупателей мультизональных систем Toshiba.

В новых мультизональных системах Toshiba сохранились все основные параметры построения VRF-систем (общая длина магистралей, расстояние от наружного блока до самого дальнего внутреннего блока и т.д.). При этом увеличилась общая возможная мощность мультизональной системы, которая теперь составляет 60HP по сравнению с 48HP в предыдущей модели.



Подтянулись к лидерам отрасли и температурные показатели работы VRF-систем Toshiba. Применение компрессора новой конструкции и улучшенная система управления позволила производителю достичь рабочих температур от -5 °C до 46 °C в режиме охлаждения и от -25 °C до 15,5 °C в режиме обогрева.

Из нововведений можно отметить новый дизайн вентилятора наружного блока и применение 3-х фазного двигателя вместо 1-но фазного в предыдущей модели. Это сказалось на энергопотреблении наружных блоков, а также позволило немного снизить уровень шума при работе VRF-систем Toshiba.

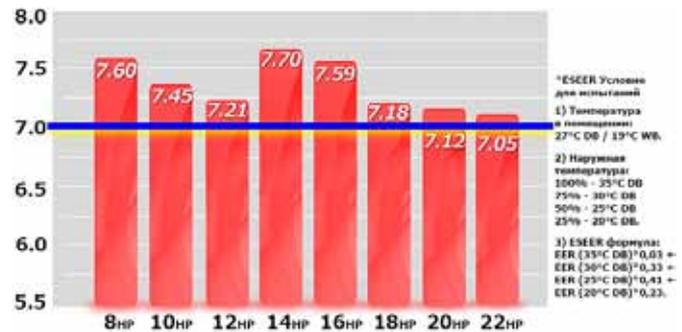
Резюмируем. Компания Toshiba - последний японский производитель, который представил на рынке модель VRF-системы, которые смогли бы продаваться в Европе после введения с 1 января 2016 года новых требований Евросоюза к энергоэффективности VRF-систем.

**Из плюсов:**

- применение трехрядного теплообменника;
- прогрессивная конструкция компрессора;
- технология непрерывного обогрева без отключения при разморозке теплообменника.

**Из минусов:**

- устаревшая схема секционного регулирования мощности теплообменника (лидеры отрасли уже давно применяют регулирование температуры кипения хладагента);
- отсутствие микроканальных полностью алюминиевых теплообменников (применяются медно-алюминиевые теплообменники);
- недостаточное снижение уровня шума наружных блоков



С 1 января 2016 года в Европе будут запрещены продажи VRF-систем с показателями энергоэффективности ESEER ниже 7. Компания Toshiba с выпуском новых VRF-систем SMMS-e выполнила программу минимум - весь модельный ряд теперь удовлетворяет новым требованиям Европейской комиссии по энергоэффективности. Нам кажется, что данная система, в которой намешаны и достаточно новые и несколько устаревшие технологии, является переходной моделью, и скоро мы увидим действительно передовую VRF-систему Toshiba, которая будет соответствовать громкому званию японского производителя

Источник: <http://planetaklimata.com.ua/>



# Альтернативная система отопления на базе теплового насоса

## Перспективы теплонасосных технологий

Сегодня в мире успешно работают десятки миллионов теплонасосных установок (ТНУ) различного функционального назначения. Продажа ТНУ уже в 2004 г. превысила сумму продаж вооружения в мире. В США эксплуатируется около 19 млн ТНУ, из них 60% в жилищно-коммунальном секторе. В Японии ежегодно продается до 500 тыс. ТНУ в год, в основном это реверсивные установки типа «воздух-воздух» мощностью от 2 до 16,5 кВт. Еще только развивающийся рынок Китая за двенадцать лет достиг объема 18 млн работающих тепловых насосов, обогнав Японию и страны Европы.

В Швеции - стране теплонасосных технологий, на сегодняшний день из коммунальных систем отопления и горячего водоснабжения практически полностью вытеснены теплогенераторы, сжигающие органическое топливо, и более 50% отопления жилищного фонда осуществляется с помощью ТНУ. К 2020 г. по прогнозам Международного энергетического агентства (IEA) до 75% отопительных установок в развитых странах мира будут работать на базе энергосберегающей теплонасосной технологии.

Если в развитых и развивающихся странах счет эксплуатируемых ТНУ ведется на сотни тысяч и миллионы, то, к сожалению, в Украине внедрены лишь единичные образцы. Трудно указать какое-либо другое направление развития новой и перспективной техники и технологии, которое находилось бы в столь разительном противоречии, как со своими потенциальными возможностями, так и в сравнении с количеством работающих установок в других странах мира.

Кроме объективных причин, не способствовавших внедрению энергосберегающих технологий в прошлом веке (развитие теплоэнергетики по пути теплофикации и централизованного теплоснабжения, низкая стоимость газа и казавшаяся безграничностью его запасов, финансирование децентрализованного теплоснабжения по остаточному принципу и др.), не последнюю роль сыграли и сегодня продолжают играть субъективные причины. Прежде всего, это противодействие, оказываемое производителями и сторонниками традиционных теплогенераторов, а также настороженность пользователя к новым непривычным установкам, отбирающим энергию у среды, температура которой может быть даже отрицательной, и использующим эту энергию для нагрева теплоносителя до температуры 60-80 °С. Преодолеть такое недоверие у потребителя можно только одним способом - продемонстрировав работающий образец ТНУ в натуральных условиях.

## Проект реконструкции системы теплоснабжения вокзала железнодорожной станции

Целью настоящей статьи является описание демонстрационного объекта, реализованного на базе системы теплоснабжения вокзала типовой пригородной железнодорожной станции. Вокзал включает зал ожидания для пассажиров и прилегающие к нему служебные помещения. До 2006 г. вокзал отапливался от котельной, оборудованной двумя

угольными котлами суммарной установленной мощностью около 50 кВт. Ни горячего водоснабжения, ни кондиционирования помещений в летнее время не было предусмотрено. Помимо обычных проблем, связанных с доставкой и хранением угля, с загрязнением окружающей территории продуктами сгорания, с организацией посменной работы истопников и др., существовавшая система отопления в морозные зимние дни не обеспечивала комфортную температуру в помещениях станции, поэтому дополнительные работники пользовались в качестве дополнительных тепловых доводчиков электрическими конвекторами. Поскольку работающее теплотехническое оборудование было уже морально устаревшим и физически изношенным, встал вопрос о его модернизации или замене новым технически более совершенным.

Предварительно был выполнен энергоаудит теплового состояния объекта, который позволил выявить слабые места в утеплении помещений вокзала, без устранения которых не имело смысла приступать к внедрению энергосберегающей технологии любого типа. Был проведен ремонт ограждающих конструкций помещений и устранены недопустимо избыточные инфильтрации в пассажирском зале и служебных помещениях, уменьшены потери тепла через потолочные перекрытия.

Были рассчитаны отопительные нагрузки всех помещений для периода отопления и холодильные нагрузки служебных помещений для летнего кондиционирования, а также комфортные температуры внутреннего воздуха помещений зимой и летом.

Проектом предусмотрено автономное отопление зала для пассажиров и служебных помещений в холодный период, кондиционирование служебных помещений в летнее время и круглогодичное горячее водоснабжение, выполненные на базе грунтового теплового насоса.

Система отопления выполнена по бивалентной схеме (ТНУ с дополнительным источником тепла). Номинальная мощность теплового насоса выбрана 38,6 кВт, мощность электрического котла-доводчика - 12 кВт. Максимальная холодильная мощность системы кондиционирования 40 кВт.

В бивалентной системе мощность теплового насоса выбирают, как правило, равной 70-85% от максимальной потребности в зимнее время. Это позволяет обеспечить отопление объекта практически при температуре наружного воздуха до -15 °С и за отопительный сезон выработать до 90-95% потребного тепла за счет энергии, отбираемой от грунта. Недостающая энергия (5-10%) в холодные дни покрывается электрическим котлом-доводчиком.

**Горячее водоснабжение вокзала обеспечивается** этим же тепловым насосом. В баке-аккумуляторе горячей воды объемом 300 л автоматически поддерживается температура воды 45-50 °С. Кроме того в баке предусмотрен дополнительный сани-

тарный электронагреватель, предназначенный для периодического (обычно раз в две-три недели) повышения температуры воды в баке до 70 °С с целью уничтожения и предотвращения размножения возможных микроорганизмов.

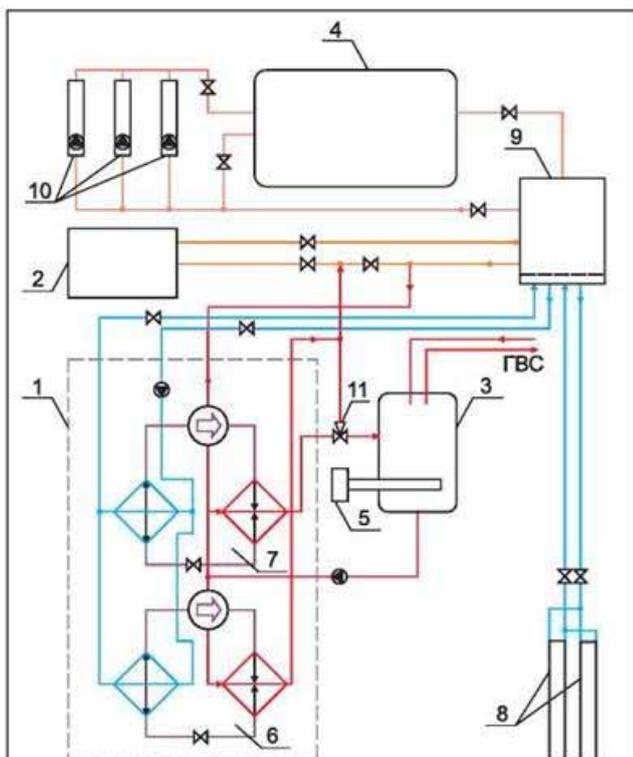


Рис. 1. Принципиальная схема системы тепло- и хладоснабжения здания станции на базе теплового насоса:

1 – ТНУ; 2 – бойлер-доводчик; 3 – бак горячей воды; 4 – бак-аккумулятор системы отопления; 5 – санитарный электронагреватель; 6, 7 – модули теплонасосной установки (модуль А и модуль В); 8 – грунтовый теплообменник; 9 – климатический модуль; 10 – фанкойлы; 11 – трехходовой клапан.

Примечание: в ТНУ стрелками черного цвета условно обозначены процессы сжатия и расширения рабочего тела.

Принципиальная схема внедренной системы отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования помещений пригородного вокзала представлена на рис. 1. Система работает в автоматическом режиме, параметры которого устанавливаются в компьютере теплового насоса при его производстве и корректируются при выполнении пуско-наладочных работ в зависимости от особенностей функционирования объекта.

Основными параметрами автоматического режима, которые вводятся в компьютер теплового насоса, являются:

- график мощности отопления станции;
- температура горячей бытовой воды;
- температура в помещениях станции, выше которой летом включается система кондиционирования.

В проекте использован тепловой насос производства шведской фирмы, оснащенный двумя компрессорами, которые могут работать независимо друг от друга. Тепловой насос при необходимости может производить одновременно два потока тепла с разными температурами, а также может управлять работой бойлера-доводчика.

Тепловой насос предусматривает приоритетный подогрев горячей воды. Тепловая мощность подогрева воды, обеспечиваемая модулем В (рис. 1), равна половине общей выходной мощности. Модуль А во время подготовки горячей воды работает на систему отопления. Когда бак-аккумулятор горячей воды заполнится, трехходовой клапан переключает модуль В на систему отопления. Если потребность в тепле в системе отопления превосходит мощность, вырабатываемую тепловым насосом, автоматически включается электрический бойлер-доводчик. Дополнительный подогрев воды возможен также в баке горячей воды при помощи санитарного электронагревателя.

В качестве отопительных приборов в служебных помещениях станции выбраны напольные фанкойлы с возможностью использования горячего или холодного теплоносителя. В пассажирском зале используются аппараты воздушного отопления (с водяным обогревом и встроенным вентилятором). Применение приборов этого типа позволяет для отопления помещений использовать теплоноситель с температурой 45-55 °С, что удачно согласуется с уровнем температур теплоносителя, генерируемого в конденсаторе теплового насоса.

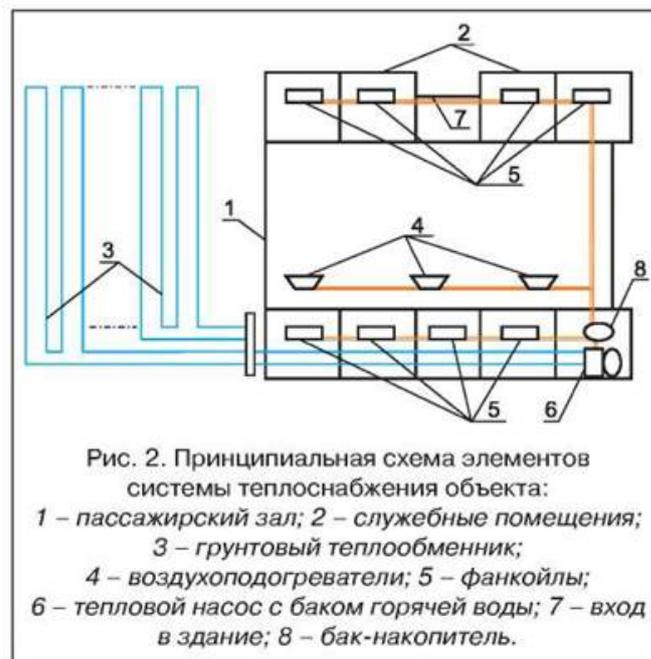


Рис. 2. Принципиальная схема элементов системы теплоснабжения объекта:

1 – пассажирский зал; 2 – служебные помещения; 3 – грунтовый теплообменник; 4 – воздухоподогреватели; 5 – фанкойлы; 6 – тепловой насос с баком горячей воды; 7 – вход в здание; 8 – бак-накопитель.

### Выбор источника низкопотенциальной теплоты

При выборе источника низкопотенциальной теплоты были проанализированы возможности использования энергии воздуха, воды и грунта.

Атмосферный воздух был исключен из числа низкопотенциальных источников, благоприятных к использованию, вследствие того, что со снижением температуры окружающего воздуха, когда требуется повышенная отопительная мощность объекта, мощность теплового насоса (генератора тепла) снижается для рассматриваемых условий в 3-4 раза, что требует применение доводчика повышенной мощности. Большую часть рабочего времени, к сожалению, эта дополнительная мощность была бы не востребована.

Поверхностные, грунтовые воды или сбросные воды технологических установок, так же как и вентиляционные выбросы, которые при стабильной



температуре теплоносителя могли бы обеспечить высокую годовую энергетическую эффективность системы, в данном случае в количестве, достаточном для нормальной работы системы, отсутствуют.

В результате в качестве низкопотенциального источника теплоты в проекте использован грунт.

Следует заметить, что использование теплоты грунта является одним из наиболее динамично развивающихся в мире направлений использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии в теплонасосной технологии.

Аккумулированное грунтом тепло с определенным температурным уровнем передается рабочему телу теплового насоса, как правило, через промежуточный теплоноситель (рассол), температура заморозки которого принимается примерно равной  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Грунтовые теплообменники выполняются обычно из пластиковых труб и бывают горизонтальными (коллекторы) или вертикальными (грунтовые зонды). Гарантийный срок службы грунтовых теплообменников составляет 50 лет и более.

При укладке горизонтального теплообменника в траншеи глубиной 1,2-2 м, площадь занимаемой им территории в 3-4 раза превосходит отапливаемую площадь объекта, что является одним из главных недостатков грунтового коллектора.

Вертикальные грунтовые теплообменники-зонды - это система длинных труб, опускаемых в глубокие скважины (50-200 м). Для их установки необходима значительно меньшая площадь земельного участка, однако требуется выполнение дорогостоящих буровых работ. Уровень температур вдоль зонда считается постоянным и поэтому эксплуатация теплового насоса с таким теплообменником более эффективна по сравнению с горизонтальным коллектором. Однако, зачастую по технико-экономическим показателям и технологической простоте организации теплосъема предпочтение, как и в рассматриваемом проекте, отдается горизонтальным грунтовым теплообменникам.

Коллектор горизонтального теплообменника, выполненный по проекту, размещен на соседней со зданием вокзала территории (рис. 2), в траншее глубиной 1,5-1,8 м. Общая длина пяти петель пластиковой трубы диаметром 42 мм составила 1200 м.

### **Опыт эксплуатации ТНУ**

Проектирование, монтаж и наладка всей системы заняли два месяца, и с ноября 2006 г. система находится в промышленной эксплуатации. Площадь, занимаемая тепловым насосом и баком-аккумулятором горячей воды, установленными в помещении вокзала, не превышает  $2\text{ м}^2$ .

За время эксплуатации системы в полностью автоматическом режиме не было отмечено никаких сбоев в комплексной системе тепло- и хладоснабжения. Температура в отапливаемый период поддерживалась системой автоматически на заданном уровне: в служебных помещениях  $18\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в зале ожидания для пассажиров  $16\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В летний период при температуре наружного воздуха  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  теплонасосная установка работала в режиме кондиционирования, поддерживая температуру в служебных помещениях на уровне  $23-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Плюсом грунтовых теплонасосных систем является возможность использования пассивного кондиционирования, когда компрессор теплового насоса не включается и электроэнергия затрачивается только на перекачивание воды, охлажденной в грунтовом теплообменнике по фанкойлам. При этом на затраченный киловатт электроэнергии можно получить до 30 кВт холода, что в 10 раз превышает эффективность обычного кондиционера. Если мощности пассивного кондиционирования недостаточно, то включается компрессор и тепловой насос работает в режиме обычного кондиционера, и охлаждение помещений становится «активным».

По результатам эксплуатации теплонасосной системы за отопительный сезон 2006-2007 гг. общие эксплуатационные затраты не превысили 12 тыс. грн. (2380 долл. США), в то время как за отопительный сезон 2005-2006 гг. при использовании котельной они были более 60 тыс. грн. (11800 долл. США)

Кроме отопления система обеспечивала дополнительно кондиционирование воздуха и производство горячей воды для бытовых нужд.

Температура поверхности грунтового массива в зоне расположения грунтового теплообменника, оцененная косвенно по изменению температуры теплоносителя на входе в испаритель теплового насоса, изменилась за отопительный сезон на  $3-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  и полностью восстановилась в летнее время. Явления «запоздалой весны» не замечено.

### **Заключение**

Необходимо отметить, что помимо снижения эксплуатационных затрат, получен опыт создания систем грунтового теплосъема и намечены пути снижения капитальных затрат при реализации подобных теплообменников. Имеются также предложения по упрощению схемы комплексной системы и по ряду других технических и эксплуатационных решений. Все это позволит уменьшить суммарные затраты и сделать систему отопления на базе тепловых насосов с грунтовыми теплообменниками еще более конкурентоспособной.

Хотелось бы также особо подчеркнуть, что перечисленные выше достоинства применения тепловых насосов еще не означают абсолютную целесообразность замены ими традиционных способов производства теплоты для объектов коммунальной энергетики. В каждом конкретном случае на основании технико-экономических расчетов и анализа вариантов проработок определяется целесообразность внедрения и срок окупаемости конкретного типа ТНУ в качестве источника теплоты для конкретного потребителя. Упрощенный непрофессиональный подход к выбору схемных решений систем на базе теплонасосных технологий и оборудования для ТНУ, к подбору приемлемого низкопотенциального источника теплоты, к монтажу и сервисному обслуживанию, может привести к условиям нерациональной эксплуатации такого оборудования и дискредитации самой идеи применения тепловых насосов в глазах потребителя. Поэтому внедрение теплонасосной техники должно производиться исключительно высокопрофессиональными специалистами, глубоко понимающими процессы, происходящие в ТНУ, и умеющими находить оптимальные решения в конкретных случаях. Слепое тиражирование зарубежных проектов здесь недопустимо.

Источник: <http://www.rosteplo.ru/>

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

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

**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.**

## Введение

Сегодня, когда человечество начинает осознавать, что проблема нарастающего дефицита невозобновляемых природных энергоресурсов реально существует, а цены на них неуклонно 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 пароконденсационной 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. Десятки миллионов успешно работающих в мире теплонасосных установок различного функционального назначения сделали сегодня эту технологию производствеплоты 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 всеобостряющихся проблем технического, экономического и экологического характера

Широкомасштабное использование тепловых насосов является стержнем энергосберегающей политики большинства стран ЕС, Америки, Азии, Австралии. Стабильно увеличивающееся 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 со-



жалению, 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 и важно грамотно сориентировать отечественного потребителя в этом многообразии и вправильности 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), издаётся 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 даёт 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».

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.

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.

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.

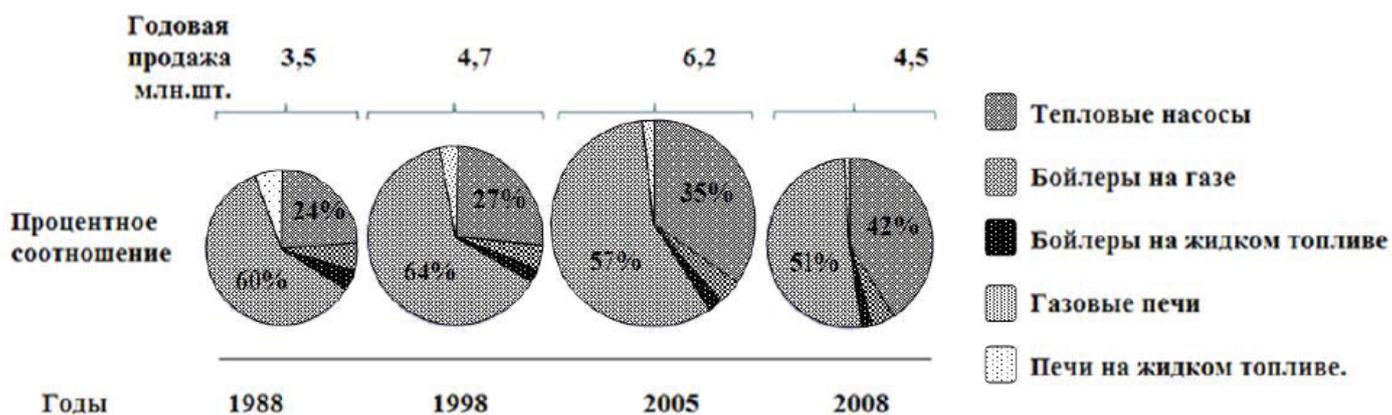


Рисунок 1. Доля внедренных тепловых насосов на фоне внедрения традиционных систем отопления в США

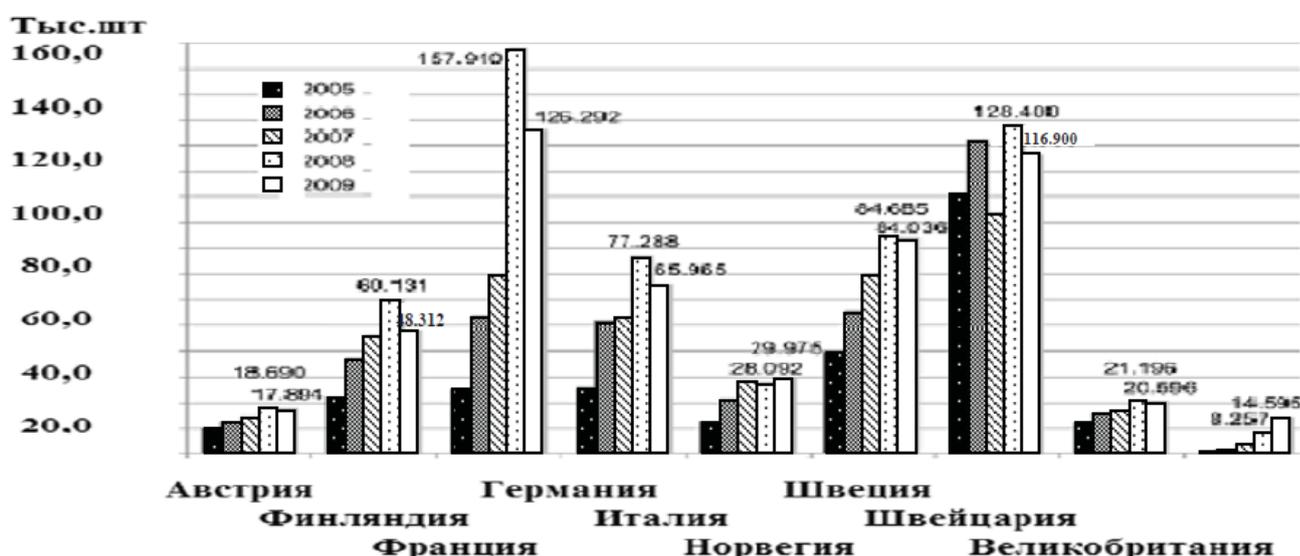


Рисунок 2. Рост внедренных тепловых насосов в странах ЕС

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 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 Groundsource 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 %.

В последние 5–7 лет большое внимание уделяется изучению вопросов эксплуатации, совершенствованию конструкции ТН и систем отбора низкопотен-

циального 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 °С, теплопроизводительность теплового насоса снижается на 40% от номинального значения, указанного в спецификации прибора и измеренного при тестовой температуре +7 °С. 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 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

°С, а работоспособность до минус 23 и даже, в ряде случаев, до минус 30 °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 °С. Английская компания Gledhill Building Products предложила новую серию Slimline HP.

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 °С, 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).

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.

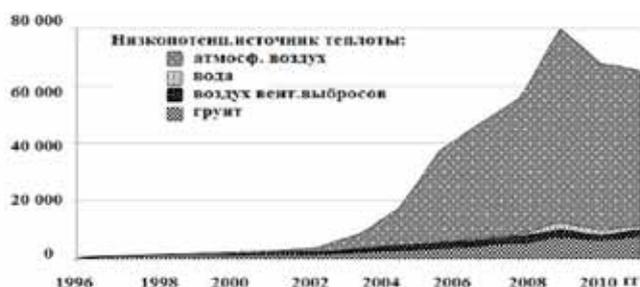


Рисунок 3. Тепловые насосы установленные в Финляндии 1996 -2010 годах

Первый тепловой насос «воздух-вода» (ATW), поставленный на европейский рынок в 2004 г. японской компанией Sanyo, был разработан для природного хладагента CO<sub>2</sub>.

Преимуществами использования CO<sub>2</sub> являются возможность обеспечения более высокой температуры нагрева воды (65 °С – 90 °С) и высокой эффективности установки при низких наружных температурах (ниже -6 °С). 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 °С – 59 °С), среднетемпературные (60 °С – 69 °С) и высокотемпературные (выше 70 °С). В установках, работающих на хладагенте R-410A, температура выходящей горячей воды может быть 50 °С 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 °С до 90 °С за счёт уникальных свойств хладагента R744 (CO<sub>2</sub>), используемого в парокompрессионном 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 низкопотенциально-го 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). 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)	F1145-12	5,1
NIBE (KNV*) (Швеция)	F1140-6	5,0
NIBE (KNV*) (Швеция)	F1240-10	5,0
HELIOTHERM (Австрия)	HP16S18W -M-WEB	4,9
WATERKOTTE (Германия)	Ai1+5009.3	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 низко-температурных 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).

В материалах конференций МЭА 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 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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.

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.

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 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 250 000–300 000 многоэтажных отечественных зданий. А тёплым зданиям XXI века уже не будут нужны ТЭЦ

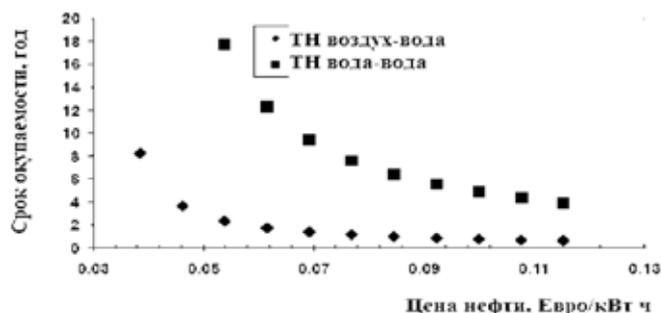


Рисунок 3. Срок окупаемости тепловых насосов для семейного дома

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 широко масштабное 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 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 широко масштабного внедрения тепловых насосов не происходит.

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

К субъективным причинам, тормозящим внедрение ТНУ, можно отнести противоречия между стратегическими интересами энергопроизводящих компаний, которые заинтересованы в максимальном увеличении объёма продаж энергетических ресурсов и интересами потребителя, заинтересованного в минимизации закупок последних. Массовая установка тепловых насосов приведёт к снижению потребляемой генерирующей теплоты за счёт сжигания органического топлива из 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 го-



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.	

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

родов Украины из 450. Широкое внедрение тепловых насосов усугубит нарушение этого баланса, и предприятия теплокоммуэнерго 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 теплокоммуэнерго Украины, т. е. дотации шли не населению, а их получали энергетики. При такой бюджетной политике не может возникнуть 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.

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 °С. Для работы при более низких температурах имеется резервный электродвигатель 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 электродвигатели «Скат» чешского производства. Средняя стоимость потреблённых удельных энергоресурсов по результатам эксплуатации системы отопления в 2012–2013 гг. оказалась ниже тарифов отпущающего 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 электродвигатель. Низкопотенциаль-

ная энергия отбиралась из 24 скважин глубиной по 100 м каждая. Система приёма теплоты генерируемой тепловыми насосами комбинированная: теплые полы, фанкойлы и внутрипольные 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. 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. Технико-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 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 технологии сдерживается из-за перекоса цен на тепловую и 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.



# Тепловой насос или комбинированное производство тепла и электроэнергии – какая технология экологичнее?

Тепловой насос и комбинированное производство тепла и электроэнергии (когенерация) – это две низкоуглеродные технологии, которые используются для обогрева зданий. Обе технологии снижают эксплуатационные затраты и выбросы CO<sub>2</sub>. Снижение выбросов CO<sub>2</sub> будет зависеть от коэффициента выбросов парниковых газов энергосистемы (КВПГЭ). В этой статье автор сравнил ТН и когенерацию, принимая во внимание коэффициент выброса парниковых газов энергосистемы. Результаты показывают, что существует точка равновесия для коэффициента выбросов парниковых газов энергосистемы, выше которой выброс CO<sub>2</sub> когенерационной установкой меньше, тогда как ниже этой точки меньше CO<sub>2</sub> производит тепловой насос.

Ключевые слова: система отопления здания, возобновляемые источники энергии, комбинированное производство тепла и электроэнергии, тепловой насос, выбросы CO<sub>2</sub>, коэффициент выброса парниковых газов энергосистемы.

На здания приходится 40% общего объема выбросов CO<sub>2</sub> в мире. При сжигании ископаемого топлива выделяется CO<sub>2</sub> – основной парниковый газ, вызывающий глобальное потепление. Существуют серьезные намерения сократить выбросы CO<sub>2</sub> в строительном секторе, что может быть достигнуто повышением энергоэффективности зданий и использованием нулевых и низкоуглеродных энергетических технологий для тепло- и электроснабжения зданий.

Тепловой насос и когенерация – это две низкоуглеродистых технологии, которые были предложены для использования в зданиях. Эти технологии рассматриваются в Европейской директиве 2009/28/ЕС – основной директиве по продвижению возобновляемых источников энергии в строительном секторе Евросоюза. Правительством Великобритании были рассмотрены Зеленый тариф (The Feed in Tariff) и льготная система оплаты, стимулирующая развитие возобновляемых источников тепла (Renewable Heat Incentive).

Для извлечения тепла электрические ТН используют сетевое электричество. Для производства тепла и электроэнергии большинство когенерационных установок в качестве топлива используют природный газ. Генерируемая электроэнергия используется для потребностей дома и в какой-то мере замещает сетевое электричество.

Другим источником больших выбросов CO<sub>2</sub> является энергетический сектор. В рамках Киотского протокола, 37 промышленно развитых стран и ЕС обязались ограничить выбросы парниковых газов до оговоренных уровней. В Великобритании, в соответствии с докладом Комитета по изменению климата (КИК), для достижения в 2050 году целевых значений уровней выбросов, намеченных Актом КИК (снижение, по крайней мере, на 80% от уровня 1990 года), необходимо как можно скорее провести де-

карбонизацию всей экономики. В частности, комитет предложил ряд сценариев для инвестиций в низкоуглеродные генерирующие мощности и сценарий планирования, в котором выбросы сокращаются от нынешних уровней приблизительно 500 г CO<sub>2</sub>/кВт-ч до 50 г CO<sub>2</sub>/кВт-ч к 2030 году (Рисунок 1). Это может быть достигнуто путем добавления около 35 ГВт базисной эквивалентной низкоуглеродной мощности в течение 2020-х годов в дополнение к планируемым инвестициям в возобновляемые источники энергии, улавливание и хранение углерода и в атомную генерацию в течение следующего десятилетия.

## Выбросы CO<sub>2</sub> газовым котлом

Там, где газовый котел используется для отопления здания, годовой показатель интенсивности выбросов  $e_h$  может быть рассчитан по следующей формуле:

$$e_h = F_b k_g = \frac{H}{\eta_b} k_g \quad (1)$$

где  $F_b$  – энергия топлива на входе в котел,  $H$  – потребности здания в тепле,  $\eta_b$  – термальная эффективность котла и  $k_g$  – коэффициент выброса сетевого природного газа. Из уравнения (1) интенсивность выбросов газовым котлом будет равна:

## Выбросы CO<sub>2</sub> тепловым насосом

Там, где тепловой насос используется для отопления здания, годовой показатель интенсивности выбросов  $e_n$  может быть рассчитан по следующей формуле:

где  $E_{hp}$  – электроэнергия на входе в ТН,  $k_e$  – ко-

$$\frac{e_h}{H} = \frac{k_g}{\eta_b} \quad (2)$$

эффициент выброса парниковых газов энергосистемы,  $H$  – потребности здания в тепле и COP – коэффициент производительности ТН. Из уравнения (3) интенсивность выбросов тепловым насосом будет равна:

$$e_h = E_{hp} k_e = \frac{H}{COP} k_e \quad (3)$$

## Выбросы CO<sub>2</sub> когенерационной установкой

Там, где когенерационная установка, работающая на природном газе, используется для отопления здания, годовой показатель интенсивности выбросов  $e_h$  может быть рассчитан по следующей формуле:

$$\frac{e_h}{H} = \frac{1}{COP} k_e \quad (4)$$

где  $F_{chp}$  – энергия топлива на входе в когенерационную установку,  $E_{chp}$  – электроэнергия генерируемая установкой,  $H$  – потребности здания в тепле,  $\eta_h$  и  $\eta_e$  – тепловая и электрическая эффективность соответственно,  $k_g$  и  $k_e$  – коэффициент выброса сетевого природного газа и коэффициент выброса парниковых газов энергосистемы соответственно. Из уравнения (5) интенсивность выбросов когенерационной установкой будет равна:

$$e_h = F_{chp}k_g - E_{chp}k_e = \frac{H}{\eta_h}k_g - \frac{H}{\eta_h}\eta_e k_e \quad (5)$$

**Коэффициент выброса парниковых газов энергосистемы в точке равновесия**

Из уравнений (4) и (6) видно, что с уменьшением коэффициента выброса парниковых газов энергосистемы интенсивность выбросов тепловым насосом снижается, а интенсивность выбросов когенерационной установкой увеличивается. Для того, чтобы определить, при каком значении коэффициента выброса парниковых газов энергосистемы интенсивность выброса одинакова для этих устройств, мы приравняли правые части уравнений (4) и (6):

$$\frac{e_h}{H} = \frac{k_g}{\eta_h} - \frac{\eta_e}{\eta_h} k_e \quad (6)$$

$$\frac{1}{COP} k_{eb} = \frac{k_g}{\eta_h} - \frac{\eta_e}{\eta_h} k_{eb}$$

$$k_{eb} = \frac{k_g}{\left(\frac{\eta_h}{COP} + \eta_e\right)}$$

Полученное значение ( $k_{eb}$ ) мы назвали коэффициентом равновесия выбросов. Интенсивность выбросов ТН и когенерационной установки и ко-

эффициент равновесия выбросов графически изображены на рисунке 2. На этом же рисунке изображена интенсивность выброса газового бойлера. Эта интенсивность выбросов постоянна и не зависит от коэффициента выброса парниковых газов энергосистемы. Есть еще 3 любопытных точки на рисунке 2. В точке а интенсивность выбросов для ТН и газового бойлера одинакова:

$$k_e = \frac{COP}{\eta_b} k_g$$

Там, где  $k_e$  выше этого уровня, газовый бойлер производит меньше  $CO_2$ , чем тепловой насос. В точке b интенсивность выбросов бойлера и когенерационной установки одинакова:

$$k_e = \frac{k_g}{k_e} \left(1 - \frac{\eta_h}{\eta_b}\right),$$

и где  $k_e$  меньше этого уровня, бойлер производит меньше  $CO_2$ . Наконец, в точке с

$$k_e = \frac{k_g}{\eta_e},$$

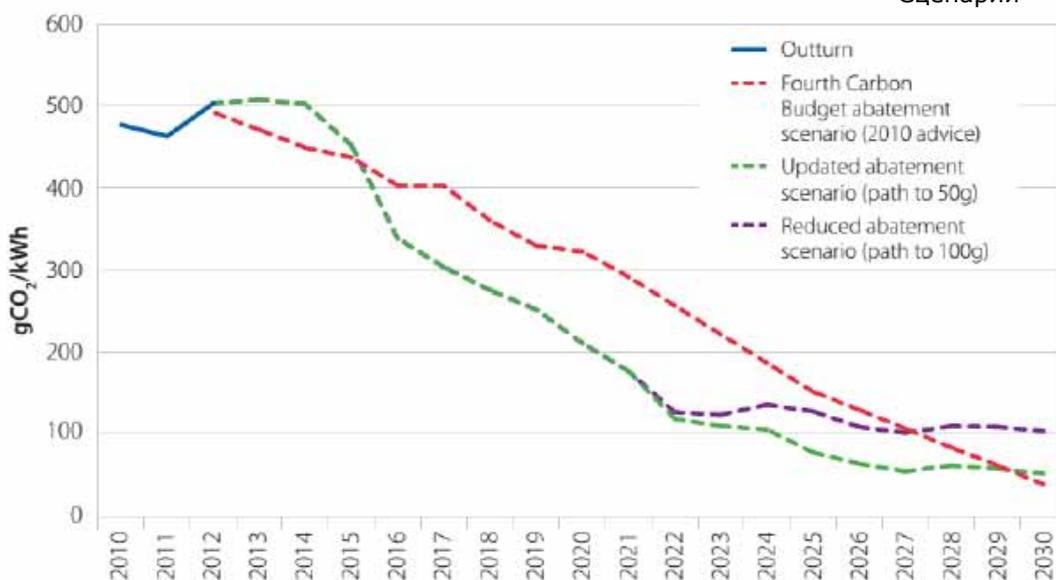
общая интенсивность выбросов когенерационной установки равна нулю.

**Результаты**

Уравнение (6) показывает, что коэффициент равновесия выбросов не зависит от потребности здания в тепле и электричестве, и то, что он зависит от COP теплового насоса и термальной и электрической эффективности когенерационной установки.

В этом статье мы подсчитали точку равновесия для интенсивности выбросов электросети для ТН и микро-когенерационной установки в Великобрита-

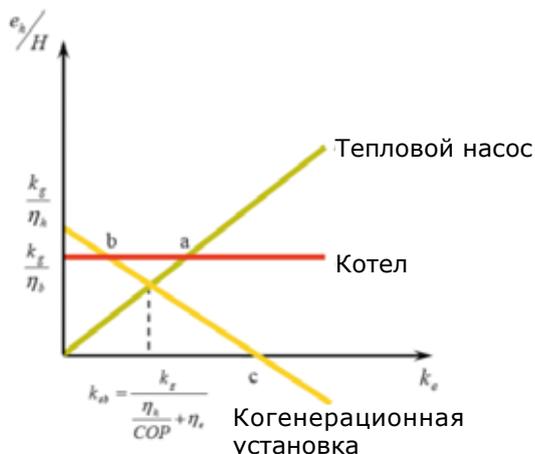
Сценарии



Source: CCC calculations (2010 Fourth Carbon Budget advice); CCC calculations based on Redpoint (2012 & 2013) modelling  
Notes: Intensity is based on energy supplied from major power producers and all renewable generators and is net of transmission and distribution losses.

Рисунок 1. Снижение выбросов CO<sub>2</sub> в Великобритании в соответствии с тремя сценариями развития (2010-2030)

нии. Мы выбрали ТН с COP 2,4 и микро-когенерационную установку с электрической и термальной эффективностью 0,13 и 0,79 соответственно. В соответствии с SAP 2012 интенсивность выбросов газовой сетью равняется 0,502 кг CO<sub>2</sub>/кВт-ч и импортированная (подразумеваемая? выраженная?) и перемещенная (замещенная?) интенсивность выбросов электросетью – 0,466 кг CO<sub>2</sub>/кВт-ч.



Сейчас интенсивность выбросов энергосистемы составляет 0,502 кг CO<sub>2</sub>/кВт-ч, то есть выше коэффициента равновесия выбросов. Если жилой дом имеет годовую потребность в тепле и электричестве 20 000 и 4 000 кВт-ч соответственно, интенсивность выбросов тепловым насосом и общая интенсивность выбросов составит 0,209 кг CO<sub>2</sub>/кВт-ч и 6 191 кг CO<sub>2</sub>/кВт-ч соответственно. Для когенерационной установки эти значения будут 0,188 кг CO<sub>2</sub>/кВт-ч и 5 774 кг CO<sub>2</sub>/кВт-ч.

В соответствии с рисунком 1, в 2020 году коэффициент выбросов энергосистемы будет 0,33 кг CO<sub>2</sub>/кВт-ч. Если предположить, что интенсивность выбросов газовыми сетями будет постоянной, интенсивность выбросов, связанная с отоплением, и общая интенсивность выбросов теплового насоса будет 0,138 кг CO<sub>2</sub>/кВт-ч и 4 070 кг CO<sub>2</sub> соответственно. Для когенерационной установки эти цифры будут 0,217 кг CO<sub>2</sub>/кВт-ч и 5 652 кг CO<sub>2</sub>. Рисунок 3 показывает точку равновесия и Таблица 1 показывает краткое описание расчетов.

### Обсуждение

Из уравнения (6) мы видим, что точка равновесия коэффициента выбросов энергосистемы зависит от интенсивности выбросов газовыми сетями, COP теплового насоса и электрической и термальной эффективности когенерационной установки. Таким образом, точку равновесия коэффициента выбросов энергосистемы следует рассчитывать отдельно для ТН и когенерационной установки. Кроме того, можно увидеть, что при увеличении COP, коэффициент равновесия выбросов смещается в сторону больших значений. Более высокие значения COP могут быть достигнуты за счет снижения температуры теплоносителя на выходе из теплового насоса. Также за счет увеличения электрической эффективности когенерационной установки коэффициент равновесия выбросов может быть смещен вниз.

Таблица 1. Интенсивность выбросов в 2014 и 2020 году

	2014		2020	
	ТН	КУ	ТН	КУ
eh, кгCO <sub>2</sub> /кВт-ч	0,209	0,188	0,138	0,217
et = eh+ ee, кгCO <sub>2</sub>	6191	5774	4070	5652

Традиционно в Европе тепловые насосы чаще используются в странах с развитой возобновляемой энергетикой (ветровая и гидроэнергетика в скандинавских странах (Дания и Норвегия с 0,374 и 0,002 кг CO<sub>2</sub>/кВт-ч), ядерная энергия во Франции (0,0709 кг CO<sub>2</sub>/кВт-ч) или все эти виды энергии в Швеции (0,023 кг CO<sub>2</sub>/кВт-ч)). Снижение цены электроэнергии, достигнутое использованием возобновляемых источников энергии, позволяет в этих странах эффективно использовать тепловые насосы. В Великобритании, которая имеет не дорогое ископаемое топливо, микро-когенерационные установки, в основном работающие природном газе, используются чаще тепловых насосов. Дерегуляция рынка электроэнергии и декарбонизация энергетики может изменить тенденцию в использовании тепловых насосов и когенерационных установок в разных странах.

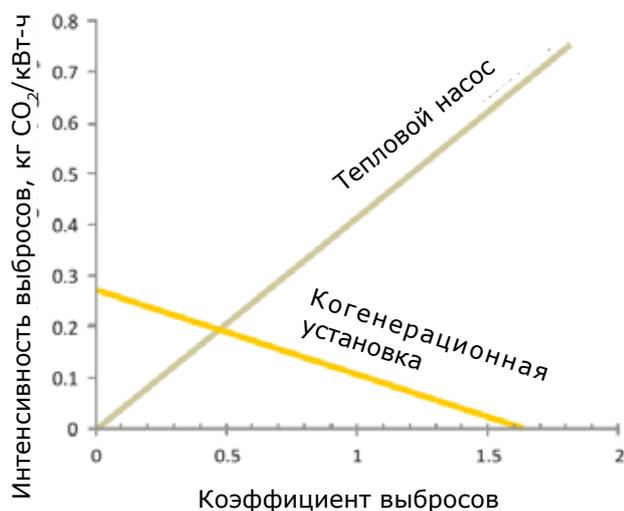


Рисунок 3. Точка равновесия ТН и когенерационной установки

Автор статьи:



FARAMARZ SADR  
PhD  
fasadr@yahoo.com

# Тепловые насосы Waterkotte - эффективность и дизайн,

## все от природы для энергонезависимого дома

Компания Waterkotte была основана в 1976 году, но еще в 1969 году основатель фирмы г-н Клеменс Ватеркотте разработал и установил первый геотермальный тепловой насос в Германии, который до сих пор обогревает собственный дом основателя фирмы.

При разработке этой инновационной технологии он использовал свой теоретический и профессиональный опыт инженера по холодильным установкам, кондиционированию воздуха и технологическим процессам, также в этом ему помогла его непоколебимая вера в экологичные, а также экономично выгодные системы отопления.

Эта идея пробилась себе путь на рынке теплотехнического оборудования и по-прежнему является основой успеха компании WATERKOTTE. Путем разных измерений, изучения специальной литературы и опыта из горнодобывающей промышленности г-н Ватеркотте пришел к выводам о постоянной температуре грунта. Из опыта климатизации парников ему пришла идея распределять тепло по низкотемпературной системе отопления «теплый пол».

Многие годы и усилия были вложены в развитие эффективного теплового насоса. Он стал прототипом модели для системы отопления новейшего

поколения. Новаторское достижение из 70-х годов не только является основой успеха компании, но и сегодня это остается значительным ноу-хау преимуществом фирмы WATERKOTTE.

В 2013 году фирма WATERKOTTE презентовала новую серию тепловых насосов уровня High End, которые отличаются от аналогов на европейском рынке не только высоким коэффициентом эффективности до 5,1, но и строгим дизайном в стиле High Tech. Тепловые насосы из этой серии завоевали многие престижные европейские премии в области дизайна и высоких технологий.

Для новой серии EcoTouch производитель Waterkotte сделал ряд усовершенствований, н-р для снижения уровня мощности шума внешнего блока в Split-системе, а также для удобства управления тепловым насосом через смартфон или планшет.

Уровень шума воздушных тепловых насосов во время работы является одним из важнейших факторов качества наряду с эффективностью. По уровню шума воздушные тепловые насосы часто не оправдывают ожиданий своих



Рис. 1 Линейка продукции от компании Waterkotte, программное обеспечение EasyCon- новый вид управления

пользователей. Для компании Waterkotte на первом месте всегда находится разработка идеального технического решения.

Вентилятор является одним из важнейших компонентов воздушного теплового насоса. При конструировании нового вентилятора для внешнего блока серии EcoTouch инженеры использовали знания, полученные из природы. За образец была взята сова, птица, которая благодаря большим крыльям и их сильному изгибу при полете практически не издает шума и на низких скоростях имеет по сравнению с другими птицами, большую подъемную силу. По этой причине лопасти вентилятора внешнего блока ES 7018 имеют большие размеры, чем у блоков с аналогичной мощностью.

На концах крыльев сов есть бахрома. Благодаря этому воздушные потоки на верхней и нижней сторонах крыла сталкиваются мягче и тише на задней кромке. В соответствии с этим принципом лопасти вентилятора снабжены зубцами. Кроме того, используется еще один эффект. Иногда птицы поднимают отдельные перья, что снижает аэродинамическое сопротивление крыла, поэтому лопасти вентилятора во внешнем блоке ES 7018 имеют изгиб по краю. Следующим усовершенствованием является улучшенное распределение агрегатов между внутренним и внешним блоками. Так, новое расположение компрессора во внешнем блоке позволяет дополнительно снизить уровень мощности шума. После долгих расчетов между расходом воздуха и поперечным сечением вентиляционной решетки, была сконструированная новая шумоснижающая решетка. Теперь уровень мощности шума на расстоянии 4 м от внешнего блока составляет 34 дБ(А). Все это позволило также снизить расход тока и повысить эффективность приблизительно на 18% по сравнению с обычными моделями воздушных тепловых насосов, и достичь коэффициента эффективности на уровне 5,1.



Рис.2 Сипуха, вентилятор из внешнего блока ES7018

На последней отраслевой выставке ISH 2015 во Франкфурте-на-Майне, Германия, этот воздушный тепловой насос из серии EcoTouch, к уже имеющимся наградам, завоевал премию за дизайн от профессионального жюри выставки.



**DESIGN PLUS**

powered by: **ISH**

Рис.3 Премия Design Plus от ISH2015

Также на этой выставке компания Waterkotte представила свою концепцию по автаркии - концепцию энергонезависимого дома, на 70% обеспечивающего себя из обновляемых источников энергии, таких как солнечная энергия для обеспечения электроэнергией, воздух или грунт для теплоснабжения и приготовления горячей воды.

Компания Waterkotte для концепции автаркии предлагает различные пакетные предложения, включающие в себя солнечные панели, аккумулятор для солнечной электроэнергии, тепловые насосы, тепловой насос для приготовления горячей воды и вентиляционную установку. Всеми компонентами «умного дома» управляет специально разработанное программное обеспечение EasyCon, позволяющее также расширить функции контроллера на управление жалюзи, светом и пожароповещением.



Рис. 4 Стенд компании Waterkotte на ISH2015, системный дом от Waterkotte

Для экономного приготовления горячей воды компания Waterkotte разработала специальный тепловой насос EcoWell, покрывающий 70% потребляемой энергии из излучаемого тепла от н-р, электроприборов, котельного оборудования, а 30% потребляемой энергии покрываются электроэнергией.



Рис.5 Тепловой насос EcoWell6, объемом 250 и 300 л, контроллер

Немаловажной составляющей корректной работы этого теплового насоса является, правильное размещение его в доме. На практике, тепловой насос EcoWell может быть установлен не далеко от кухни, в помещении котельной, или в гараже - в любой комнате, где возникает достаточно тепловыделений. Таким образом, прибор имеет высокий коэффициент эффективности до 4,16, не зависимо от наружной температуры. Когда тепловой насос производит нагрев воды, он понижает как температуру, так и влажность воздуха в помещении, кроме того он охлаждает помещение и его можно применять для притока свежего воздуха.

В комплект теплового насоса EcoWell входит электронагревательная вставка мощностью 1,5 кВт, для догрева воды до 70 °С. Проточный принцип подогрева воды позволяет нагреть макс. Объем 500 л при номинальном объеме бака 300 л. Опционально возможна установка дополнительного теплообменника для подключения к гелиоустановке или газовому котлу, что дополнительно уменьшает электропотребление теплового насоса EcoWell.

Одним из приоритетов маркетинговой политики Waterkotte, кроме продаж оборудования для бытового сегмента, является продвижение промышленной линейки тепловых насосов на европейском рынке. Промышленная линейка представлена воздушными тепловыми насосами с технологией Zubadan, мощностью от 22-56 кВт и геотермальными насосами, мощностью от 128-492 кВт.



Рис.7 Промышленный тепловой насос DS 6500, закрытый тип конструкции

Все тепловые насосы из промышленной линейки, как и бытовые тепловые насосы из серии EcoTouch, серийно оснащены контроллером с Touch-дисплеем и программным обеспечением EasyCon.

В 2005 году компанией Waterkotte была установлена первая каскадная установка из тепловых геотермальных насосов 3x200 кВт. За последующие 10 лет было установлено более 1000 тепловых промышленных насосов разной мощности. Одним из показательных объектов является установка каскада геотермальных тепловых насосов из серии DS6500 2x325 кВт в здании, с площадью обогрева 60 000 м<sup>2</sup>, в г. Гамбург, Германия. Источник тепла - грунт, первичный контур -1 600 шт. энергетических свай с системой труб RAUGEO от Rehau.



Рис. 8 Городское управление по развитию, экологии и защите окружающей среды г.Гамбург, тепловой насос DS 6500

На украинском рынке компанию Waterkotte представляет компания **Унитех БауТМ**, работающая уже 23 года на рынке отопительной техники и построившая более 10 000 объектов в бытовом и промышленном секторе. Референтные объекты этой компании включают в себя многие небоскребы и именитые гостиницы в Киеве, промышленные предприятия в регионах и частные резиденции.

За последние пять лет компанией Унитех БауТМ было реализовано множество проектов с использованием возобновляемых источников тепла, в том числе с использованием разных видов тепловых насосов. Установлено более 1000 тепловых насосов. Компания Унитех БауТМ выполняет проекты с тепловыми насосами «под ключ», начиная от подготовки проекта со всеми тепловыми расчетами, подбора и поставки оборудования, монтажа системы отопления и ГВС, и заканчивая сервисным обслуживанием. В выставочном зале в офисе компании в Киеве представлены некоторые модели воздушных и геотермальных тепловых насосов компании Waterkotte.

Источник: <http://unitechbau.kiev.ua>  
office@bau.kiev.ua

# Тепловые насосы «воздух-вода» Panasonic Aquarea — революция на рынке отопительной техники

## По результатам эксплуатации 2010-2015 годов.

*В Латвии цены на энергоносители уже давно практически сравнялись с мировыми. Соответственно, резко выросла стоимость отопления. Затраты на отопление дома занимают заметную часть семейного бюджета средней латвийской семьи.*

Вот почему сейчас так важен правильный выбор отопительной системы. Ведь от этого выбора зависит в какие суммы Вам обойдется уют и комфорт в Вашем доме.

Разница в стоимости отопления при использовании различных систем может быть весьма значительной (особенно, с учетом многих лет эксплуатации).

О каких суммах может идти речь? Как расходы на отопление зависят от вида источника тепла? Насколько важен правильный выбор? Попытаемся ответить на эти вопросы на конкретном примере реального дома.

Рассмотрим результаты реальной эксплуатации (сезон 2013/2014 г.) дома 200 м<sup>2</sup> типичной для Латвии конструкции — фибро блоки + 100 мм пенопласт под штукатурку. Дом двухэтажный, первый этаж — теплые полы, второй — радиаторы (рис.1.) Местоположение — Кекава. В доме проживает молодая семья с маленьким ребенком. Отопление и горячую воду обеспечивает тепловой насос воздух-вода Panasonic AQUAREA T-CAP SXF12. Тепловой насос оборудован отдельным электросчетчиком и теплосчетчиком. Это позволяет оценить количество тепловой энергии, произведенной для отопления дома и подготовки горячей воды (теплосчетчик), а также реальные затраты электроэнергии (соответственно и денег) на производство этого количества тепла.

Дом эксплуатируется с октября 2013 года. Результаты эксплуатации представлены на рис.2. На отопление и подготовку горячей воды в течении года (с ноября 2013 до октября 2014 г.) этому дому потребовалось 27833 кВтч тепла (см.показания теплосчетчика).

На выработку этого тепла тепловым насосом воздух-вода Panasonic AQUAREA было затрачено за год 8118 кВтч электричества (см.показания электросчетчика), которые обошлись 1234 EUR (1 кВтч = 0,152 EUR) или в среднем 103 EUR/мес. Для дома 200 м<sup>2</sup> с большим расходом горячей воды это само по себе очень неплохой результат! (По новым тарифам 1 кВтч = 0,16 EUR (тариф 600) эти расходы увеличились бы на 5 EUR/мес. (или на 5 %), что, на наш взгляд, не принципиально.)

А если бы это количество тепла — 27833 кВтч произвести при помощи других источников тепла, сколько бы это стоило владельцу дома?

Альтернативными источниками тепла для этого дома могли быть:

- магистральный газ;
- LPG (сжиженный газ);
- гранулы;
- дизельное топливо;
- электричество;
- геотермальный тепловой насос.

Твердотопливный котел (уголь, дрова, брикеты) не рассматриваем, ввиду явного нежелания владельца такого современного дома работать 6 месяцев в году кочегаром.

Результаты расчетов представлены в табл.1 и на рис.3.

Возьмем действующие сейчас тарифы. Оценку стоимости отопления для разных видов топлива произведем по известной формуле:

$$\text{стоимость тепла} = Q \times \frac{c}{A \times \eta}, \quad (1)$$



Рисунок 1.



	Нбр.	Дек.	Янв.	Фев.	Мрт	Апр.	Май	Июн	Июл	Авг.	Сен.	Окт.	Итого
Электро счетчик, kWh	798	1138	1831	1233	791	420	405	175	111	180	341	695	8118
Теплосчетчик, kWh	3094	3963	4852	4205	2802	1522	1601	676	433	714	1338	2633	27833
<b>SPF</b>	3,9	3,5	2,6	3,4	3,5	3,6	4,0	3,9	3,9	4,0	3,9	3,8	3,43

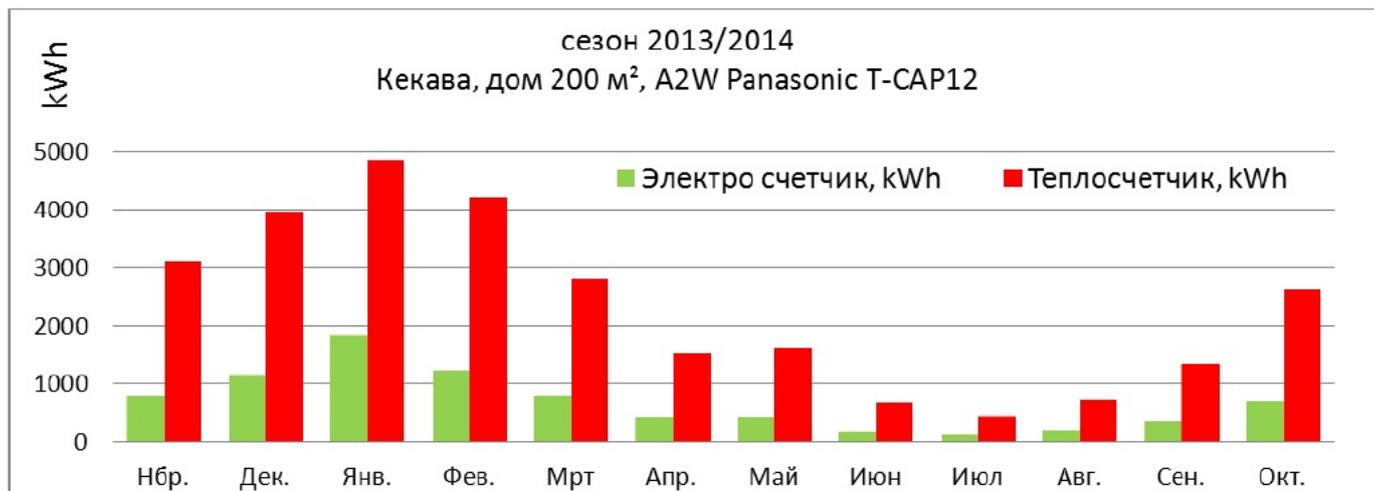


Рисунок 2.

Таблица 1. Эксплуатационные расходы. (Результаты расчета по формуле (1))

Вид топлива	Ед. Измерения	Теплотв. способность, кВтч / ед.изм.	Цена топлива, EUR / ед.изм.	Средний кпд, %	Цена тепла, EUR / 1 кВтч	Потр. тепло, кВтч	Стоимость отопл. + гор. вода, EUR
Магистральный газ	м <sup>3</sup>	9,45	0,519	90	0,0610	27833	1698
L.P.G.(сжиженный газ)	кг	12,87	0,835	90	0,0721	27833	2006
Гранулы (10 % вл.)	т	4767	171	80	0,0448	27833	1246
Дизельное топливо	л	9,83	0,75	90	0,0848	27833	2360
Panasonic AQUAREA 30/35	kWч	3,429	0,16	100	0,0467	27833	1299
Электричество	kWч	1	0,16	100	0,1600	27833	4453
Геотерм. т.н. (SPF = 3,8)	kWч	3,8	0,16	100	0,0421	27833	1172



Рисунок 3.

где  $Q$  — необходимое количество тепла, в нашем случае 27833 кВтч (показания теплосчетчика);

$c$  — стоимость единицы топлива. При этом используем действующие на сегодняшний момент (февраль 2015 г) тарифы;

$A$  — рабочая теплотворная способность единицы топлива;

$\eta$  — полный КПД котла;

где  $\eta = \eta_1 \times \eta_2$ ;

где  $\eta_1$  — КПД сгорания топлива;

$\eta_2$  — КПД передачи тепла теплоносителю.

Еще раз подчеркнем: реально владелец Panasonic AQUAREA за отопление и горячую воду в 2013/2014 г. заплатил 1234 EUR, но с учетом нового тарифа на электричество эта сумма стала бы 1299 EUR.

Если бы владелец дома решил вместо теплового насоса использовать другие источники тепла, то его потери (дополнительные затраты из-за увеличения стоимости отопления) составили бы существенную величину (таблица 2).

Цифры говорят сами за себя — нужно быть очень большим энтузиастом таких систем, чтобы согласиться на столь значительный перерасход средств в процессе эксплуатации (по сравнению с Panasonic AQUAREA).

С гранулами, на первый взгляд, ситуация несколько иная, так как имеет место символическая экономия — 53 EUR в год (4.40 EUR в месяц). Но эти цифры получены в предположении, что весь объем горячей воды готовится на гранулах, в том числе и летом.

Однако производители гранульных котлов рекомендуют только в отопительный период подготавливать горячую воду от котла, а летом использовать электронагреватель в бойлере, потому что не следует летом оставлять котел в длительном режиме ожидания, только для приготовления небольшого количества горячей воды. Так и поступает большинство владельцев гранульных котлов, чтобы продлить их срок службы. А это дополнительные расходы.

Оценим эти дополнительные расходы:

Для нашего дома за летний период для приготовления горячей воды затрачено примерно 2400 кВтч тепла (см. теплосчетчик, рис.2.). Если обеспечить подогрев воды летом электротэном, то необходимо 2400 кВтч электричества или 384 EUR за лето! И общая сумма затрат за год возрастет до 1520 EUR!

В результате, гранульное отопление для этого конкретного дома получается дороже чем у Panasonic AQUAREA на 221 EUR/год. И потребовалось бы 6,5 тонн гранул — это 430 мешков по 15 кг! Гранулы необходимо привезти, складировать, регулярно загружать в бункер котла, а также вычистить и вынести золу.

В дополнение к этому не реже чем раз в 2 недели чистить горелку, постоянно следить, чтобы вместе с гранулами в бункер не попали инородные предметы и не заклинили шнеки, раз в три месяца чистить воздушный канал котла, следить за герметичностью бункера (иначе дымовые газы могут попасть в помещение) и т.д. И за все это «увлекательное» занятие надо еще приплачивать более чем 220 EUR каждый год?!

Напомним, что отопление Panasonic AQUAREA дешевле на 220 EUR/год. При этом также важно, что тепловые насосы Panasonic AQUAREA работают полностью в автоматическом режиме и не требуют вмешательства человека!

Так что и гранулы — это на любителя.

Для тех же, у кого уже установлен гранульный котел, Panasonic выпускает комбинированные бойлеры с тепловым насосом. В отопительный период бойлер работает от котла, а летом использует встроенный тепловой насос, который позволяет уменьшить затраты на подогрев воды в 3,5 раза! То есть вместо 384 EUR за лето (электроподогрев) затраты можно уменьшить до 110 EUR, сэкономив 274 EUR за год, то есть выйти примерно на один уровень с Panasonic AQUAREA. При цене 200 л бойлера 1880 EUR он окупится бы за пять с половиной лет, а за 15 лет эксплуатации экономия составит 2600 EUR.

Расчеты показывают что более экономичным в эксплуатации чем Panasonic AQUAREA является из всех сравниваемых систем только геотермальный (земельный) тепловой насос. Однако при современном уровне характеристик земельный насос эффективнее Panasonic AQUAREA всего на 10-15 % (полученный реальный SPF Panasonic AQUAREA за 2013/2014 год — 3,4 (см.рис.2); средний реальный SPF земельных насосов по данным последних немецких исследований — 3,8 — 3,9). То есть экономия от установки земельного насоса составила бы только 127 EUR/год. Но стоимость геотермального насоса выше как минимум на 4-5 тыс. EUR, что дает грустный срок окупаемости такого насоса в 30 — 40 лет!

В случае использования:	Потери за год, EUR	Потери за 15 лет, EUR
- магистрального газа	400	6000
- LPG (сжиженного газа)	708	10620
- дизельного топлива	1061	15915
- электричества	3155	47325

Таблица 2.

2014/2015	Ноябрь	Дек.	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Итого
Электро счетчик, kWh	1182	1258	1651	1219	951	706	190	141	120	125	375		7918
Теплосчетчик, kWh	4006	3992	5279	4115	3440	2683	747	507	443	461	1462		27135
SPF	3,4	3,2	3,2	3,4	3,6	3,8	3,9	3,6	3,7	3,7	3,9		3,43

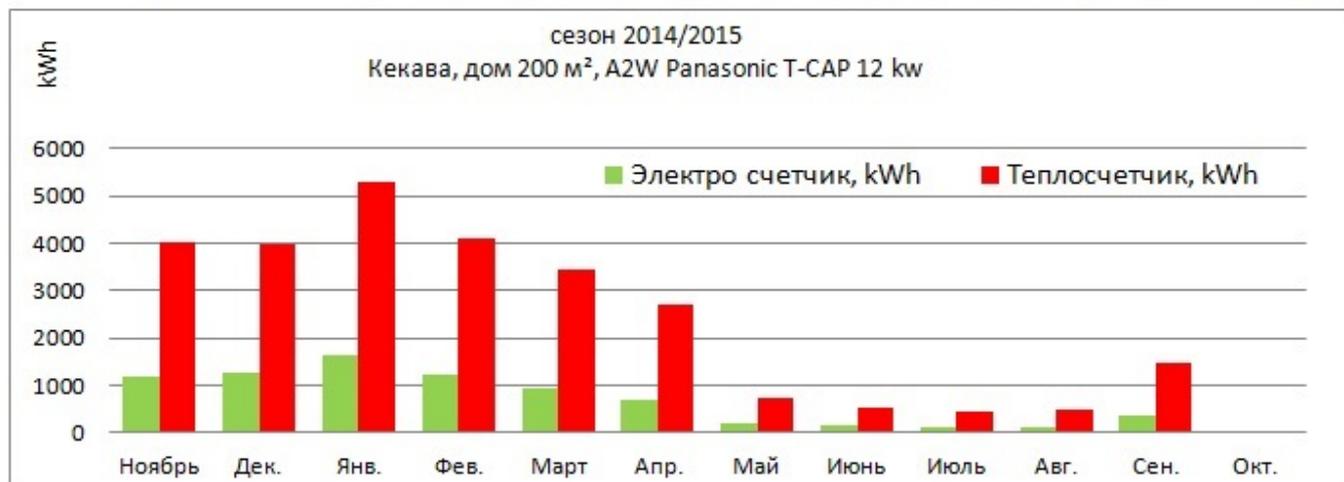


Рисунок 4.

На рис. 4 представлены данные по этому дому за следующий сезон 2014/2015 года. Можно отметить хорошую повторяемость результатов (средняя наружная температура за эти две зимы примерно одинакова). За 11 месяцев с ноября 2013 года по сентябрь 2014 года отопление и горячая вода обошлась в  $7423\text{kWh} \times 0.016 \text{ EUR/kWh} = 1188 \text{ EUR}$  (108 EUR в месяц), за 11 месяцев с ноября 2014 года по сентябрь 2015 года обошлась в  $7918\text{kWh} \times 0.016 \text{ EUR/kWh} = 1266 \text{ EUR}$  (115 EUR в месяц).

В качестве иллюстрации высокой экономичности тепловых насосов Panasonic AQUAREA по сравнению с обычными типами отопления можно привести 2 реальных примера. (см. пример 1, рис. 5 и пример 2, рис. 6).

Сравним расходы на отопление и горячую воду в доме 95 м<sup>2</sup>, оборудованном тепловым насосом Panasonic AQUAREA и расходы на отопление в типичной 3-х комнатной квартире 71 м<sup>2</sup> (119 серия) в г.Рига (ул.Виршу) за период с ноября 2014 по май 2015 года (квитанции на фото). Необходимо отметить, что центральное отопление в Риге считается одним из самых недорогих по Латвии, так как используются прошедшие реновацию когенерационные тепло-станции, новые теплоузлы и т.д.

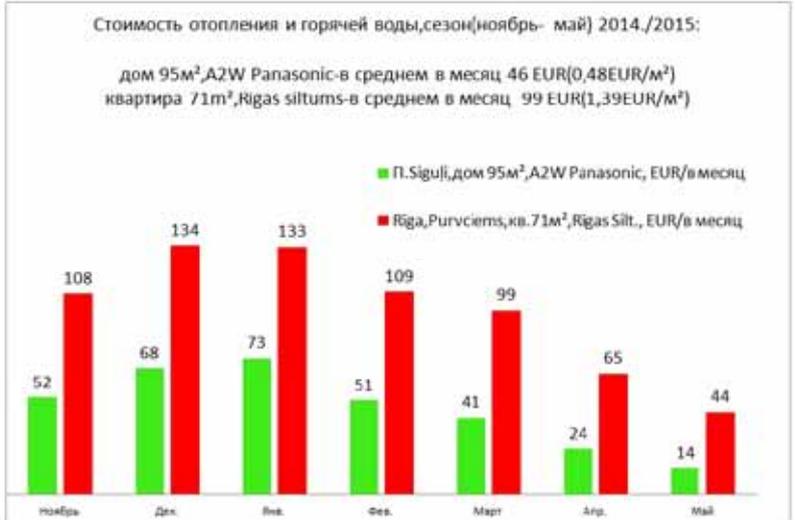
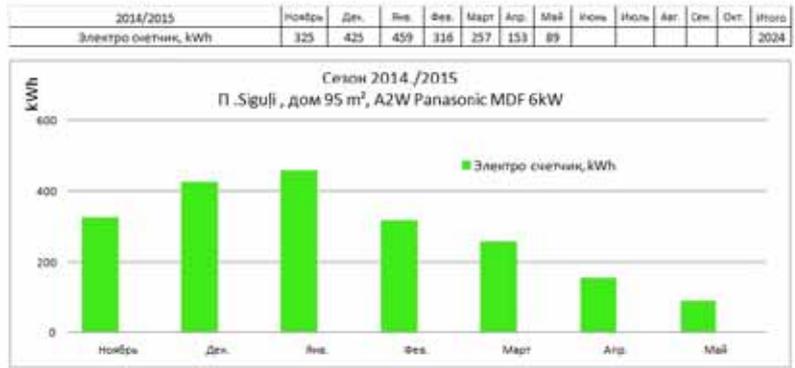
Тем не менее, средняя стоимость отопления и горячей воды в доме оснащенном тепловым насосом составила всего 46 EUR в месяц, а в квартире 71 м<sup>2</sup> = 99 EUR в месяц, то есть в 2 раза больше! Если же учесть разницу в размерах, то на м<sup>2</sup> эта разница становится еще больше — 0,48 EUR/м<sup>2</sup> в доме с Panasonic AQUAREA против 1,39 EUR/м<sup>2</sup> в квартире (отличие в 3 раза)! Подчеркиваем, это реальные данные! На наш взгляд, весьма убедительное подтверждение эффективности Panasonic AQUAREA.

За тот же период (ноябрь 2014 — май 2015) сравним стоимость отопления и подготовки горячей воды в двух отдельных домах, один из которых (135 м<sup>2</sup>) оснащен Panasonic AQUAREA, а другой (120 м<sup>2</sup>) использует магистральный газ (владелец записывает показания газового счетчика каждый месяц).

Средняя стоимость отопления и подготовки горячей воды в доме с тепловым насосом Panasonic AQUAREA составила 72 EUR в месяц, или 0,53 EUR/м<sup>2</sup>. Для дома с газом расходы за этот период составили в среднем 130 EUR в месяц, или 1,1 EUR/м<sup>2</sup>! Конечно это на 21% дешевле, чем в типовой квартире, но и в два раза дороже, чем в доме с тепловым насосом Panasonic AQUAREA!



Рисунок 5.



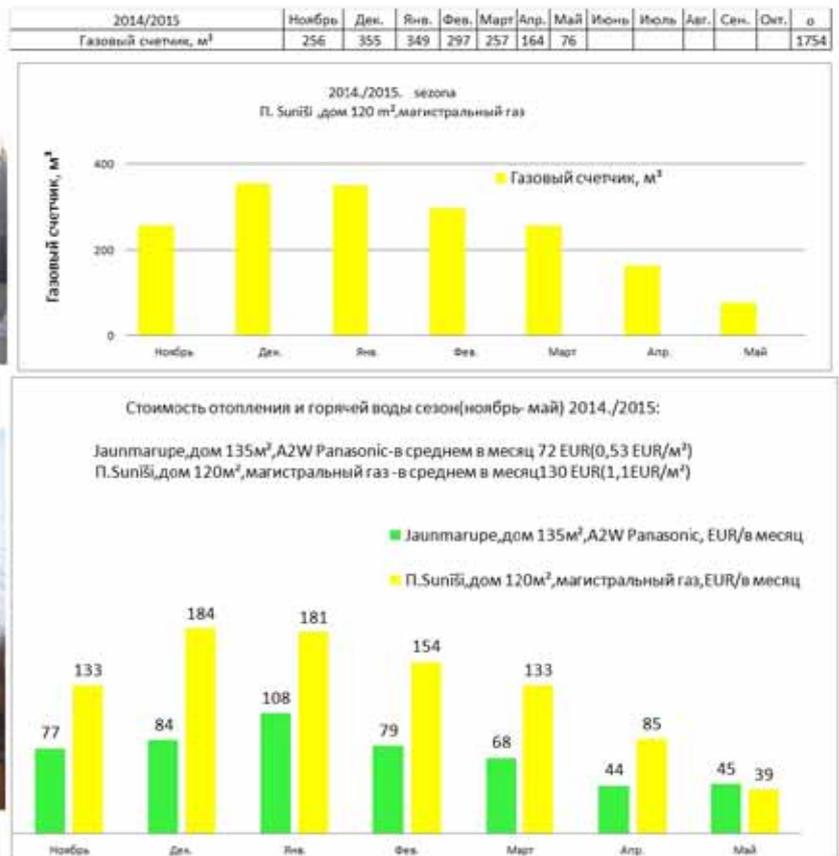
	Ноябрь	Дек.	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Итого
П. Sigiļi, дом 95 м <sup>2</sup> , A2W Panasonic, EUR/в месяц	52	68	73	51	41	24	14						324
Ква. Purvciems, кв. 71 м <sup>2</sup> , Rīgas Silt., EUR/в месяц	108	134	133	109	99	65	44						692
В том числе: отопление	79	98	97	75	66	42	3						460
Гор. вода + циркуляция	29	36	36	34	33	23	41						232



120m<sup>2</sup>



135m<sup>2</sup>



	Ноябрь	Дек.	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Итого
Jaunpagure, дом 135 м <sup>2</sup> , A2W Panasonic, EUR/в месяц	77	84	108	79	68	44	45						505
П. Sigiļi, дом 120 м <sup>2</sup> , магистральный газ, EUR/в месяц	133	184	181	154	133	85	39						910

Рисунок 6.

За тот же период (ноябрь 2014 — май 2015) сравним стоимость отопления и подготовки горячей воды в двух отдельных домах, один из которых (135 м<sup>2</sup>) оснащен Panasonic AQUAREA, а другой (120 м<sup>2</sup>) использует магистральный газ (владелец записывает показания газового счетчика каждый месяц).

Средняя стоимость отопления и подготовки горячей воды в доме с тепловым насосом Panasonic AQUAREA составила 72 EUR в месяц, или 0,53 EUR/м<sup>2</sup>. Для дома с газом расходы за этот период составили в среднем 130 EUR в месяц, или 1,1 EUR/м<sup>2</sup>! Конечно это на 21% дешевле, чем в типовой квартире, но и в два раза дороже, чем в доме с тепловым насосом Panasonic AQUAREA!

Аналогичные результаты получены и на других тестируемых домах (см. статьи Отопление. Воздушные тепловые насосы Panasonic. Практическая эксплуатация, сезон 2013/2014 и Отопление. Воздушные тепловые насосы Panasonic. Практическая эксплуатация, сезон 2013/2014. Часть II)

Как видим, реальная эксплуатация показала убедительное преимущество тепловых насосов Panasonic AQUAREA над всеми традиционными системами отопления! Конечно, эти революционные достижения стали возможны благодаря новейшим технологиям, которые реализованы в тепловых насосах Panasonic AQUAREA.

#### **Немного истории:**

Высоко эффективные инверторные тепловые насосы воздух-воздух Panasonic NORDIC появились в 2000-2002 годах.

Они сразу завоевали широкое признание в Скандинавских странах — Норвегии, Швеции и Финляндии. Дело в том, что в этих странах было традиционно распространено электроотопление. А установка теплового насоса Panasonic NORDIC позволяло уменьшить расходы на отопление (которые, с ростом тарифов, постоянно росли) в 2,5 — 3 раза.

В результате, экономные скандинавы на протяжении последних 10 лет приобретают по 120000 шт. Panasonic NORDIC в год. Сейчас в Скандинавии более 1000000 домохозяйств оснащены тепловыми насосами Panasonic.

В Латвии масштабы, конечно, не те, но с 2002 в Латвии уже продано и успешно эксплуатируется более 3500 тепловых насосов Panasonic данного типа.

В 2010 году, опираясь на богатейший опыт (в Японии тепловые насосы воздух-вода Panasonic продает с 1973 г. и занимает первое место на этом рынке!), компания предложила европейским потребителям принципиально новые тепловые насосы типа воздух-вода AQUAREA: более 60 моделей мощностью от 7 до 16 кВт. Эти воздушные тепловые насосы обеспечивают горячую воду для нужд домохозяйства круглый год. Данные тепловые насосы эффективно и надежно работают при температуре

наружного воздуха -20 °С. Для этих суровых условий Panasonic на свои тепловые насосы дает 5-летнюю гарантию.

В 2012 году Panasonic, используя опыт разработки низкотемпературных воздушных тепловых насосов NORDIC и AQUAREA для Скандинавии, представил новые модели воздух-вода AQUAREA T-CAP (Total capacity) — специально разработанные модели для холодного климата.

В этих моделях реализован комплекс инновационных разработок, для повышения эффективности работы при низких температурах:

1. Высокоэффективные двухроторные компрессоры с увеличенной мощностью и степенью сжатия, оптимизированными для работы при низких температурах.

2. Микропроцессорная система управления оборотами компрессора Inverter+, позволяющая значительно увеличить мощность при пониженных температурах.

3. Сабкулер с электронной системой управления, для повышения эффективности термодинамического цикла при низких температурах.

4. Интеллектуальная система оттайки (по состоянию), учитывающая температуру и влажность окружающего воздуха, оптимизирующая потери на оттайку при низких температурах.

5. И, конечно, традиционное качество и надежность техники Panasonic.

Благодаря этим инновациям тепловые насосы AQUAREA T-CAP сохраняют максимальную тепловую мощность до -15°, а диапазон эффективности работы расширен до -28 °С!

Именно эти насосы были установлены в тестируемых домах и показали отличные результаты!

Все вышеперечисленное позволяет сделать важный вывод:

5 лет эксплуатации тепловых насосов воздух-вода Panasonic AQUAREA в Латвии и Литве убедительно доказали их надежность и эффективность во всем диапазоне наружных температур, характерных для латвийского климата. (В настоящий момент установлено и успешно работают в Латвии и Литве более 400 Panasonic AQUAREA.)

Практикой доказано, что инновационные системы Panasonic AQUAREA благодаря новейшим технологиям по сумме всех своих характеристик, и, прежде всего экономичности, вышли в несомненные лидеры отопительного рынка, так как являются на сегодняшний день для условий Латвии самой экономичной и удобной системой отопления.

*Материал подготовила фирма «RIKON AC», официальный дилер воздушных тепловых насосов и кондиционеров Panasonic в Латвии и Литве, а также авторизованный сервис центр.*

*Источник: <http://www.gaiss-udens.lv/>*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОПАНА В КАЧЕСТВЕ ХЛАДАГЕНТА В ТЕПЛОВОМ НАСОСЕ – ОПЫТ КОМПАНИИ AIT-DEUTSCHLAND



Переведено энергосервисной компанией «Экологические Системы»

Рано или поздно, использование фторированных хладагентов уменьшится после введения в действие новых стандартов, а затем они и вовсе исчезнут с рынка. Новая директива Европейского парламента (F-Gas Regulation) ограничит использование фторсодержащих газов, а в некоторых случаях даже запретит их применение.

Такое развитие событий предугадала компания Ait-deutschland. Несколько лет тому назад вместе с разработчиками тепловых насосов она начала исследование применения природных хладагентов. Результатом этого исследования стало появление на рынке теплового насоса нового поколения, в котором в качестве хладагента используется пропан (R290). В дополнение к экологически чистому отоплению, такой тепловой насос стал менее шумным, имеет высокий COP и рабочие температуры.

Хладагент R290 относится к классу безопасности А3. В соответствии с существующими международными стандартами, тепловые насосы с R290 можно использовать только на открытом воздухе. Мощность таких теплонасосов может быть 5,7 и 9 кВт. В комплект входит компактный моноблок с трубопроводами, которые проводятся в здание.

На первых этапах исследования компания Ait-deutschland проанализировала характеристики всех доступных природных хладагентов. Анализ показал, что использование R290 имеет большие преимущества:

- имея ПГП=3,3, он соответствует требованиям новой директивы.
- температура потока в 70 °С достигается без дополнительного электрического подогрева; R290 в качестве альтернативы можно использовать в проектах модернизации.

- даже при низких температурах наружного воздуха (ниже -20 °С), температура воды может достигать значения 60 °С и выше.
- R290 будет доступен в течение длительного времени, то есть у производителей и их покупателей будет возможность спланировать покупку оборудования.
- R290 подходит для серийного производства и не требует сложного сервисного обслуживания.

Одной из главных проблем при эксплуатации оборудования, в котором используется пропан, является возможность воспламенения хладагента при попадании его на горячую поверхность или внутрь конструкции. Решением этой проблемы стало применение дополнительных герметизирующих материалов, которые прошли многочисленные тестирования в немецкой компании TÜV. Также для оптимального смазывания механизмов оборудования применяется специальное масло.

При использовании R290 потребуются дополнительные меры предосторожности, такие как установка датчиков утечки пропана в производственных и испытательных помещениях.

Результаты исследования показали, что R290 подходит для серийного производства тепловых насосов. К тому же, такие ТН просты в эксплуатации. Капитальные затраты на установку теплового насоса с пропаном соответствуют затратам на установку подобных тепловых насосов, использующих ГФО. Так же как и при использовании других хладагентов, для работы с пропаном необходимо проводить обучение обслуживающего персонала и потребителей.



Рисунок 1. Модель LWD warmepomp



Рисунок 2. Модель AIT Alpha Innotec



# Влияние полифункциональности на энергоэффективность геотермальных тепловых насосов

Ю.С. СЕРЕГИНА,  
инженер-проектировщик систем отопления и вентиляции II-й категории,  
магистр по направлению «Строительство»;  
Т.В. ЩУКИНА,  
к.т.н., доцент, профессор кафедры жилищно-коммунального хозяйства;  
И.И. КОВАЛЁВ,  
студент института инженерных систем и сооружений,  
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет (ВГАСУ)

**Геотермальные парокомпрессионные тепловые насосы, как правило, могут из всех нагрузок на инженерные сети полностью обеспечить потребность здания в горячем водоснабжении. При этом достигается достаточный уровень в замещении используемых энергоресурсов данным возобновляемым экологически чистым источником. Но значительные затраты на установки по извлечению теплоты грунта предполагают поиск прогрессивных технических решений, сокращающих сроки окупаемости оборудования.**

Поэтому, отдавая предпочтение геотермальной энергии, в том числе и с низкой ресурсной обеспеченностью, как наиболее доступной для большей части густонаселённых территорий, необходимо проектировать новые прогрессивные системы полифункционального назначения. Такие установки имеют выход энергоносителей различных параметров и наряду с теплоснабжением инженерных систем способны осуществлять и холодоснабжение соответствующего оборудования.

Включение самой дорогой из систем обеспечения микроклимата кондиционирования воздуха в общую схему теплового насоса позволяет получить не только требуемые параметры воды для холодоснабжения фактически без дополнительных затрат, но и повышает общую эффективность парокомпрессионного цикла посредством снижения потребления электроэнергии компрессором.

Полифункциональность утилизации геотермальных ресурсов может быть организована по двум схемам, представленным на рис. 1 и 2.

Первая схема (рис. 1) наряду с холодоснабжением предполагает получение горячей воды, впоследствии направляемой либо на отопление, либо на горячее водоснабжение, что предпочтительней по получаемому температурному режиму. Вторая (рис. 2) подразумевает отпуск тепловой энергии, как в систему горячего водоснабжения, так и на отопление [1].

**Включение самой дорогой из систем обеспечения микроклимата кондиционирования воздуха в общую схему теплового насоса позволяет получить не только требуемые параметры воды для холодоснабжения фактически без дополнительных затрат, но и повышает общую эффективность парокомпрессионного цикла посредством снижения потребления электроэнергии компрессором.**

Полифункциональность достигается установкой оборудования, которое условно подразделяет схемы на следующие ступени:

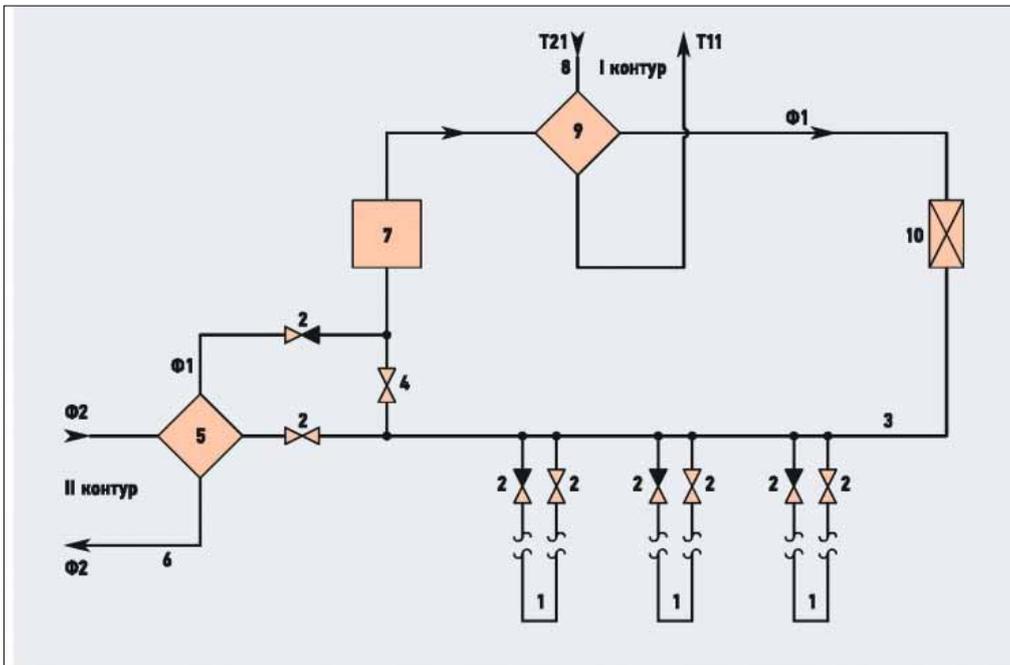
- I-й контур теплонасосной установки служит для первичного подогрева воды за счёт

осуществления парокомпрессионного цикла фреона, включающего кипение последнего в геотермальном теплообменнике 1 с последующим сжатием в компрессоре 7, фазовым переходом в конденсаторе 9 и дросселированием в клапане 10;

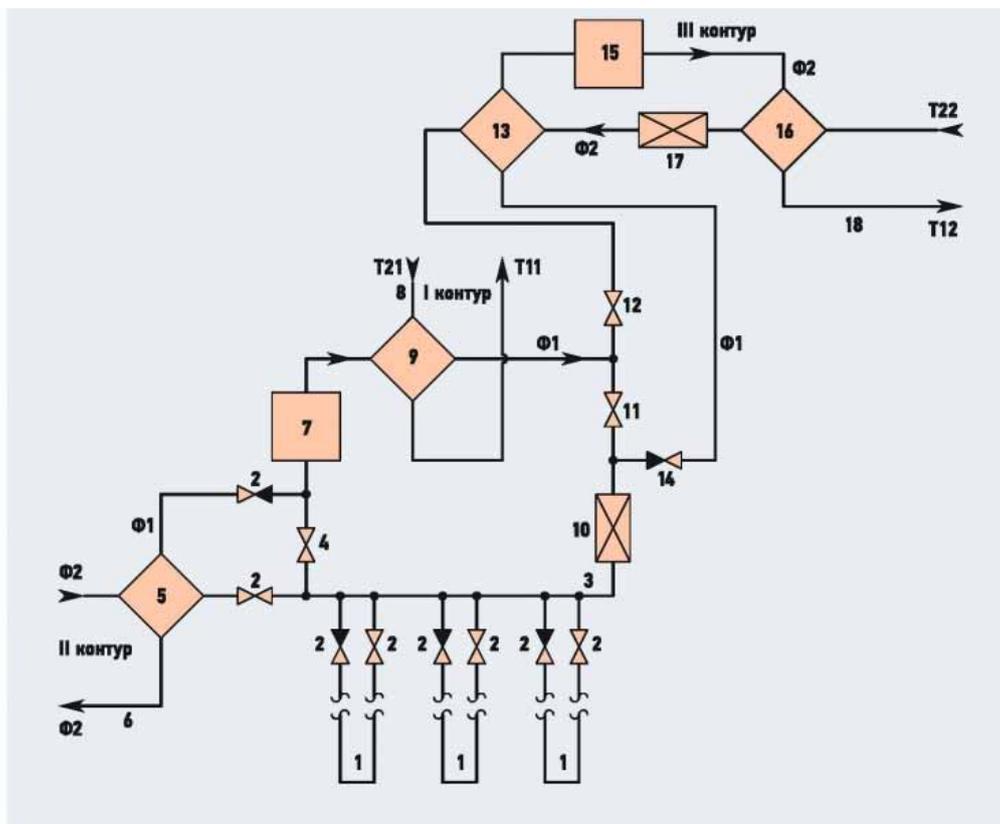
- II-й контур воспроизводит рабочие параметры хладагента, впоследствии направляемого во внутренние блоки системы кондиционирования воздуха, фанкойлы, приточные камеры или в технологическое оборудование, требующее охлаждения (в качестве хладоносителя могут быть использованы фреон, вода или при необходимости какая-либо незамерзающая жидкость, причём процесс охлаждения происходит в первичном подогревателе 5 за счёт теплообмена с парами фреона, имеющими низкую отрицательную температуру на выходе из грунтового теплообменника 1);
- Ш-й контур служит для подогрева воды, циркулирующей в системе отопления (рис. 2), и поэтому он содержит дополнительную парокомпрессионную установку для производства более высокотемпературного теплоносителя [1] (после конденсатора 9 фреон первого контура обладает достаточной для возможного использования тепловой энергией, теряемой при дросселировании, введение вторичного контура позволит утилизировать её при минимальных затратах на электроэнергию за счёт испарения фреона и последующей конденсации, которая сопровождается нагревом воды до температуры 70-90 °С, приемлемой для классического водяного отопления)

В летний период года, по мере снижения нагрузок на теплоснабжение и увеличения потребности в холоде, схемы позволяют полностью переключаться в круговой режим функционирования без задействования геотермального контура. Кроме того, приведённые схемы тепловых насосов обладают следующими преимуществами:

**1. Полифункциональность.** Данная комбинация может эксплуатироваться в различных режимах: горячее водоснабжение; отопление; горячее водоснабжение и отопление; теплоснабжение систем жизнеобеспечения зданий; теплоснабжение и холодоснабжение.



❖ Рис. 1. Принципиальная схема комбинированной геотермальной теплонасосной установки с теплообменником непосредственного испарения и контурами холодоснабжения и горячего водоснабжения [1 — геотермальный теплообменник испарения фреона; 2 — запорная арматура; 3 — геотермальный коллектор; 4 — регулирующий клапан; 5 — первичный подогреватель (охладитель II-го контура); 6 — контур хладоносителя для холодоснабжения здания; 7 — компрессор; 8 — контур горячего водоснабжения; 9 — конденсатор фреона; 10 — дроссельный клапан; Φ1 — фреон геотермального контура; Φ2 — фреон II-го контура; T21/T11 — параметры воды первого подогрева]



❖ Рис. 2. Принципиальная схема комбинированной геотермальной теплонасосной установки с теплообменником непосредственного испарения и содержанием оборудования для холодоснабжения, горячего водоснабжения и отопления [1 — геотермальный теплообменник непосредственного испарения; 2, 12 и 14 — запорная арматура; 3 — геотермальный коллектор; 4 и 11 — регулирующие клапаны; 5 — первичный подогреватель (охладитель II-го контура); 6 — контур хладоносителя для холодоснабжения здания; 7 и 15 — компрессоры; 8 — контур ГВС; 9 и 16 — конденсаторы фреона; 10 и 17 — дроссельный клапан; 13 — испаритель III-го контура; 18 — контур вторичного подогрева воды; Φ1 — фреон геотермального контура; Φ2 — фреон II-го и III-го контура; T21/T11 — параметры воды первого подогрева; T22/T12 — параметры воды второго подогрева]

**2. Регулируемость.** В зависимости от потребности в энергии, производительность установки можно изменять за счёт частичного задействования геотермальных теплообменников.

**3. Экономичность бинарных режимов.** Дополнительным бонусом использования геотермального теплового насоса становится отсутствие затрат на кондиционирование помещений. Более того, при включении кольца холодоснабжения в общую схему теплового насоса парообразный фреон перед компрессором переходит в перегретое состояние, что позволяет сократить затраты на сжатие в компрессоре, а значит, и снизить эксплуатационные расходы.

Включение отопления в общую структуру теплового насоса сопряжено с некоторыми трудностями. При использовании фреона эффективность теплового насоса тем выше, чем меньше затраты компрессора. В то же время высокотемпературная конденсация фреона достигается значительным повышением давления, а значит, и нагрузкой на компрессор. Наиболее экономичным будет организация цикла, нацеленная на выходную температуру в конденсаторе 40-55 °С. В данном случае тепловой насос может выступать в качестве первичного подогревателя теплоносителя для нужд отопления либо как основной, при возможности поддержания требуемого температурного режима в помещениях посредством тёплых полов.

**Включение отопления в общую структуру теплового насоса сопряжено с некоторыми трудностями. При использовании фреона эффективность теплового насоса тем выше, чем меньше затраты компрессора. В то же время высокотемпературная конденсация фреона достигается значительным повышением давления, а значит, и нагрузкой на компрессор**

Конкретная комбинаторика теплового насоса в каждом отдельном случае должна подбираться под условия эксплуатации индивидуального объекта. Введение дополнительных колец циркуляции и теплообменников сопряжено с увеличением капитальных затрат, поэтому каждая схема, в том числе её технические возможности и экономическая рациональность, должна подвергаться предварительному техническому и экономическому расчёту. В контексте рассмотрения эффективной схемы теплового насоса с непосредственным кипением теплоносителя в геотермальном контуре встаёт вопрос выбора наиболее подходящего для поставленной технической задачи теплового агента.

Чтобы достичь требуемых параметров цикла необходимо руководствоваться следующими положениями:

1. Пониженная температура кипения теплоносителя увеличивает тепловой напор в системе, тем самым способствуя интенсивности теплообмена, что в свою очередь значительно сокращает общие капитальные затраты на теплообменное оборудование.
2. Высокие показатели темпера-

туры и давления критической точки. Фреон может выполнять свои функции в тепловом насосе при параметрах, не превышающих уровень критической точки.

3. Соотношение температуры и давления конденсации. Закономерно при выборе стремление к максимально высокой температуре конденсации при минимальном давлении, так как чем выше температура, тем более эффективен процесс теплообмена, а минимальное давление конденсации снижает работу сжатия в компрессоре.

4. Высокая теплоёмкость позволяет единицей массы агента переносить больше теплоты, что во многом определяет металлоёмкость системы и размеры применяемого оборудования.

В силу возможной вариативности в вопросе выбора, к нему необходимо подходить комплексно: параметры фреона должны не только удовлетворять процессам эффективного использования, но он должен быть доступен, экономичен и безопасен, в том числе и по экологическим показателям.

Для систем утилизации низкопотенциальной теплоты грунта проведём сравнительный анализ озонобезопасных фреонов по основным термодинамическим параметрам. Критические параметры и скрытая теплота испарения (рис. 3 и 4) показывают, что наилучшим образом проявляет себя аммиак (R717). Его высокие критические значения позволяют варьировать пределы использования, а объёмная холодопроизводительность достигать максимальных значений коэффициента теплоотдачи по сравнению с другими фреонами.

В качестве альтернативного агента для аммиака можно рекомендовать R152a. Данный фреон имеет достаточную для эффективного термодинамического цикла объёмную теплоёмкость и характеризуется высокой критической температурой при средних показателях давления. Кривые энтальпии на диаграммах R152a имеют меньший угол наклона, что позволяет говорить о потенциальной экономичности сжатия в компрессоре.

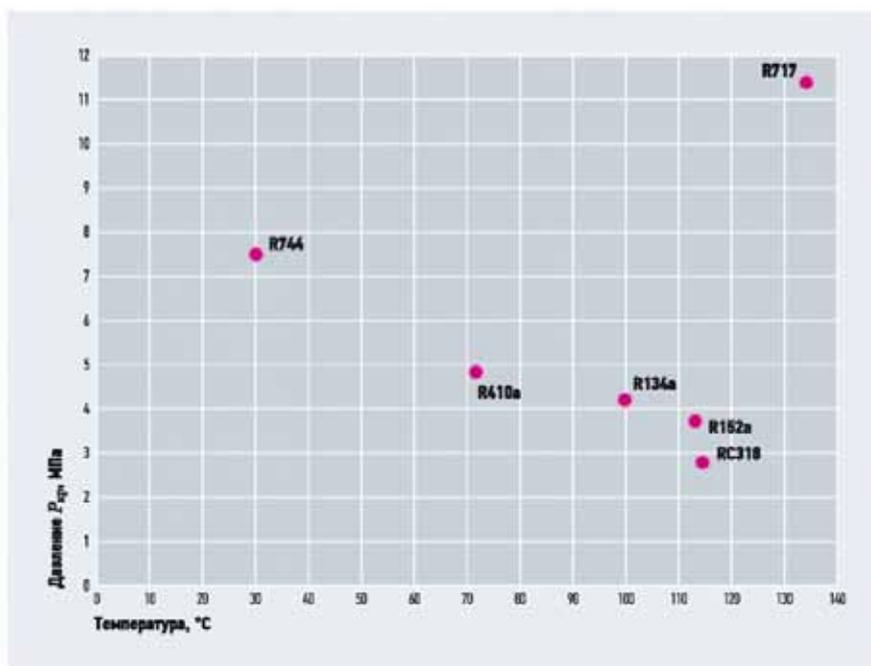


Рис. 3. График распределения критических термодинамических значений в зависимости от состава озонобезопасных фреонов [R134a — CH<sub>2</sub>FCF<sub>3</sub>; R152a — CH<sub>3</sub>CHF<sub>2</sub>; RC318 — C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>; R410a — R32/R125; R717 — NH<sub>3</sub>; R744 — CO<sub>2</sub>]

Для сравнения энергоэффективности двух предлагаемых схем утилизации теплоты грунта (рис. 1 и 2) при обоснованном выборе фреонов были приняты одинаковые рабочие теплотехнические условия протекания циклов: температура испарения хладагента составляет -20 °С, конденсации — 44 °С. Проведённый расчёт основных параметров (табл. 1) теплового насоса при различных схемах объединения потребляющего оборудования (рис. 1 и 2) позволил проанализировать эксергетические составляющие процессов. Для этого в соответствии с методикой [2] определялись следующие показатели по зависимостям.

$$e_n = t_n q_n, \quad (1)$$

$$e_b = t_b q_k, \quad (2)$$

где  $e_n$  — эксергия, отданная низкопотенциальным теплоносителем в испарителе;  $e_b$  — эксергия, полученная высокопотенциальным теплоносителем в конденсаторе;  $q_n$  и  $q_k$  — удельные тепловые нагрузки испарителя и конденсатора, соответственно, кДж/кг;  $t_n$  и  $t_b$  — эксергетические температуры низко- и высокопотенциального теплоносителя,

определяемые по формулам

де  $t_o$  — температура окружающей среды, °С;  $t_{n1}$

$$t_{n1} = 1 - \frac{t_o + 273}{t_{n1} - t_{n2}} \ln \left( \frac{t_{n1} + 273}{t_{n2} + 273} \right), \quad (3)$$

$$t_{b1} = 1 - \frac{t_o + 273}{t_{b1} - t_{b2}} \ln \left( \frac{t_{b1} + 273}{t_{b2} + 273} \right), \quad (4)$$

— температура низкопотенциального теплоносителя на входе в тепловой насос, °С;  $t_{n2}$  — температура низкопотенциального теплоносителя на выходе из теплового насоса, °С;  $t_{b1}$  и  $t_{b2}$  — температура высокопотенциального теплоносителя на входе и на выходе из теплового насоса, °С.

Для определения эксергии электроэнергии, потребляемой электродвигателем, использовалось соотношение:

$$e_3 = \frac{l_{сж}}{\eta_{сж} \eta_3}, \quad (5)$$

### ❖ Технические характеристики парокомпрессионных циклов\*

табл. 1

Расчётные характеристики	R717		R152a	
	схема 1	схема 2	схема 1	схема 2
Удельная тепловая нагрузка испарителя, кДж/кг	1000	1060	217	237
Удельная тепловая нагрузка конденсатора (теплового насоса), кДж/кг	1435	1475	323	335
Работа сжатия в компрессоре, кДж/кг	435	415	106	98
Удельная энергия, потребляемая электродвигателем, кДж/кг	569	543	139	128
Коэффициент сжатия	10	10	6,3	6,3
Коэффициент преобразования теплоты	3,3	3,55	3,0	3,4
Коэффициент преобразования электроэнергии	2,52	2,72	2,3	2,62
Удельный расход первичной энергии	1,37	1,26	1,5	1,31

### ❖ Эксергетические характеристики парокомпрессионных циклов\*

табл. 2

Расчётные характеристики	R717		R152a	
	Схема 1	Схема 2	Схема 1	Схема 2
Термодинамическая температура низкопотенциального теплоносителя $t_n$ , формула (3)	0,093	0,093	0,093	0,093
Эксергия, отданная низкопотенциальным теплоносителем $e_n$ [кДж/кг], формула (1)	93	98,6	20,1	22,1
Термодинамическая температура высокопотенциального теплоносителя в конденсаторе $t_b$ , формула (4)	0,18	0,18	0,18	0,18
Эксергия, полученная высокопотенциальным теплоносителем в конденсаторе $e_b$ [кДж/кг], формула (2)	258,3	265,5	58,13	60,3
Эксергия потребляемой электроэнергии $e_3$ [кДж/кг], формула (5)	569	543	139	128
Эксергетический КПД $\eta_3$ , формула (6)	0,39	0,414	0,37	0,402

\* При работе на R717 и R152a.

где  $l_{сж}$  — работа сжатия компрессором, кДж/кг;  $\eta_{эм}$  — электромеханический КПД компрессора, как правило,  $\eta_{эм} = 0,9-0,95$ ;  $\eta_э$  — КПД электродвигателя, соответствует диапазону  $\eta_э = 0,7-0,95$ .

Эксергетический КПД  $\eta_э$  теплового насоса, демонстрирующий термодинамическое совершенство процессов, зависит от суммарной эксергии входных вех и выходных вех потоков

$$\eta_э = \frac{e_{вых}}{e_{вх}} = \frac{e_H}{e_H + e_B} \quad (6)$$

Расчётные характеристики рабочих сред, представленные в табл. 1 и 2, для схем включающих контур холодоснабжения показывают безусловное лидерство аммиака в качестве хладагента. Причиной является его высокая удельная теплопроизводительность, которая превышает данный показатель фреона R152a в 4,5 раза. В конечном итоге достигается значительно большая тепловая мощность, а также энергетическая и эксергетические эффективности. Это обстоятельство приводит к снижению массового расхода, сокращению площадей поверхностей теплообменников, поперечного сечения труб и арматуры на 3050 %. Перечисленное в совокупности позволяет значительно удешевить систему. Недостатком фреона R717 является превышение работы сжатия в компрессоре в 4,2 раза, нежели чем на R152a. В свою очередь, это приводит к росту потребления электроэнергии.

Проведённое аналитическое исследование фреонов показывает, что для использования в геотермальных теплонасосных системах аммиак является одним из самых перспективных агентов. Данный вывод подтверждается при сравнении аммиака с иными фреонами: при одинаковых рабочих условиях энергетические характеристики аммиачных компрессоров оказываются выше. Для теоретического цикла одноступенчатого теплового насоса, работающего в диапазоне  $-5...+50$  °С с изотропическим адиабатическим сжатием, без перегрева или переохлаждения на всасывании, КПД аммиачного цикла на 7-11 % выше, чем циклов на R134a. В реальных

системах разница будет ещё больше благодаря благоприятным теплофизическим свойствам аммиака. К ним относятся более крутая кривая «температура насыщения — давление», более высокое значение коэффициентов теплоотдачи и КПД компрессора. При низких степенях сжатия аммиачные компрессоры существенно лучше компрессоров на HFC.

С точки зрения экологической безопасности аммиак не разрушает озоновый слой и не вносит прямого вклада в увеличение парникового эффекта, но в плане санитарно-гигиенического аспекта он вреден для организма человека.

Данный факт накладывает ряд ограничений на условия размещения оборудования, что вызывает необходимость в отдельно стоящем помещении с наличием нормативно организованной системы механической вентиляции.

**Проведённое аналитическое исследование фреонов показывает, что для использования в геотермальных теплонасосных системах аммиак является одним из самых перспективных агентов, однако в плане санитарно-гигиенического аспекта он вреден для организма человека**

Сравнивая технические показатели двух схем, одна из которых в дополнении содержит оборудование для подогрева теплоносителя, направляемого в систему отопления, можно сделать вывод о превышении её энергетической эффективности над более простыми структурными комбинациями, подтверждаемой эксергетическими расчётами данными. Затрачивая дополнительное оборудование, процесс утилизации теплоты грунта можно организовать в порядке возрастающей энергоэффективности по следующему схемам: термодинамические циклы с контуром горячего водоснабжения; системы, включающие горячее водоснабжение и охлаждение для кондиционирования воздуха, а также и схемы, предполагающие наиболее полное покрытие нагрузок здания, то есть предназначенные для горячего водоснабжения, отопления и кондиционирования воздуха.

Итак, посредством создания полифункциональных геотермальных тепловых насосов достигаются условия, повышающие эффективность утилизации низкопотенциальной теплоты грунта, которая впоследствии направляется во все системы жизнеобеспечения зданий, снижая потребление традиционных ресурсов. В условиях тенденций современного строительства наиболее перспективной является схема организации теплонасосной системы с возможностью эксплуатации в различных режимах: теплоснабжение, отопление, кондиционирование.

Источник: <http://www.c-o-k.ru/>

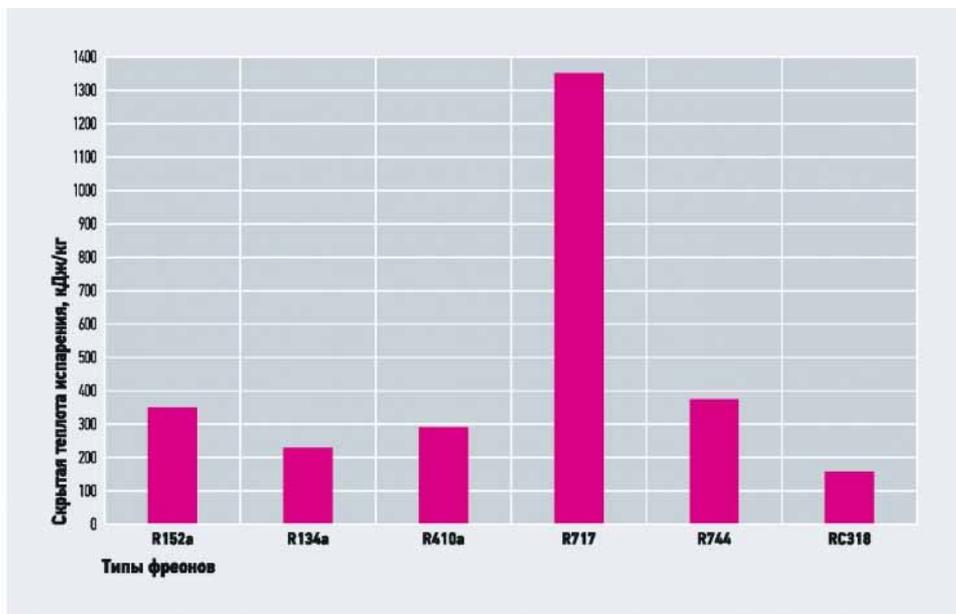


Рис. 4. Скрытая теплота испарения для указанных фреонов

# Тепловые насосы

- экономия, свобода и независимость для вашего дома

*Руководитель калининградской компании «АЭС-центр» Виктор Фетисов рассказал о том, как перестать платить лишнее монополистам и начать экономить на отоплении при помощи тепловых насосов.*



— Давайте начнём с азов. Что такое тепловой насос, на каком топливе он работает, за счёт чего обогревает дом?

— Самый главный плюс теплового насоса — как раз-таки никакого топлива в нём нет. Точнее, он обогревает дом за счёт разницы температур на поверхности земли и в почве, на глубине. Создав систему без расходуемого топлива, производитель радикально сократил расходы на эксплуатацию оборудования, упростил его обслуживание и увеличил срок службы.

— Погодите, но зачем все эти новшества, если регион активно газифицируется, существуют какие-то государственные программы...

— Несомненно, за последние годы обеспеченность жителей Калининградской области природным газом серьёзно улучшилась, построены магистральные газопроводы и газопроводы распределительных сетей. Но не всё так просто. Во-первых, вам необходимо оплачивать за свой счёт отвод от трубы к вашему дому — а это серьёзные деньги, зачастую стоимость работ превышает 100 тыс рублей.

Но и это ещё не всё. Сегодня лимиты газа, который «Газпром» отпускает региону, вовсе не избыточные, а потребление понемногу растёт. Расширение каналов поставки сжиженного природного газа и строительство регазификационного терминала официально запланированы лишь на 2020 год. Однако мы живём в непростое время: «Газпромбанк», участвующий в проекте «Балтийского СПГ», попал под американские санкции, прогнозировать ситуацию надолго вперёд непросто. А обогревать дома нужно уже сегодня.

В конце концов, при всём уважении к «Газпрому», нам кажется, что лучше иметь свою собственную автономную систему отопления, чем зависеть от какой бы то ни было монополии. Да и свободы в выборе участка, если вы только планируете строить себе дом, в случае использования нашей технологии, у вас будет куда больше.

— Хорошо, тогда давайте поподробнее о тепловых насосах. Что требуется для того, чтобы обогревать дом посредством этой технологии?

— В сущности, немного. Чаще всего в России применяются грунтовые насосы. Для них на глубине, где температура в среднем не меняется в течение года, прокладывается контур с теплоносителем. Он циркулирует по контуру и попадает в сам насос, который охлаждает антифриз и передаёт тепло дому. Звучит всё на первый раз непросто, но по сути трубопровод вы увидите один раз, когда наши специалисты будут закладывать его в грунт. А современные тепловые насосы — это изящные устройства размером с холодильник, которые вполне уместно будут смотреться как в подвале, так и в любой другой комнате вашего дома. Кстати, и принцип работы насоса очень похож на принцип работы холодильника, только наоборот.

В насосах, работающих по технологии «воздух-вода», источником тепла служит воздух, а получателем тепла служит вода, циркулирующая в системе отопления. При определённой комбинации температуры и давления фреон, используемый в системе, фреон закипает при весьма низких температурах и делает это с поглощением тепла. Такие насосы могут производить тепло из окружающего воздуха при температуре до -28 градусов. Эта технология хоро-

Таблица 1. Сравнительные характеристики.

	Цена единицы энергоносителя	Расход в месяц	Затраты в месяц	Расходы на обслуживание	Затраты за сезон
Электрическая система	3,5 руб. кВт/час	4500 кВт/час	15 750 руб.		110 250 руб.
Дизтопливо	33 руб/литр	600 литров	19 800 руб.	4000 руб.	142 600 руб.
Газ	5,8	650 м.куб.	3770 руб.	2500 руб.	28 890 руб.
Тепловой насос	3,5 руб. кВт/час	1000 кВт/час	3500 руб.		24 500 руб.

шо работает в нашем мягком климате, ведь морозов ниже 20 градусов у нас не бывает. Разница в температурах поглощается при кипении и выделяется при сжатию — и используется для нагрева помещения.

**— Поговорим о цифрах, ведь обогрев дома — одна из самых значительных статей расходов на содержание собственного жилья. Каким образом тепловой насос поможет мне сэкономить, а главное — каким будет размер этой экономии?**

— Конечно, в любом случае окончательные параметры, в том числе — и экономия зависят от конкретного дома. Но если говорить об общих принципах, то в первую очередь вы экономите на топливе: расходуется лишь электроэнергия в объеме более чем в четыре раза меньшем, чем если бы вы обогревали дом электрической системой. Вам не нужно закупать и доставлять расходуемое топливо, как пришлось бы в случае с дизельной, газовой или угольной системой. Наш партнёр из Подмосквья даже рекламировал пару лет назад своё оборудование при помощи слогана «Отапливаете дом деньгами?».

Второй ключевой источник экономии — обслуживание отопительного оборудования. За счёт того, что топливный насос ничего не сжигает, значительно увеличивается срок работы от профилактики до профилактики, плюс вам не нужно регулярно заменять части, которые неизбежно выходят из строя при сжигании расходуемого топлива. А до капитального ремонта тепловой насос прослужит вам верой и правдой в среднем 25–30 лет.

**— На словах звучит отлично. Но можно сделать примерный расчёт экономии, если взять какой-либо типовой вариант дома?**

— Конечно, давайте попробуем. Возьмём усреднённый дом площадью 200 кв.м, для обогрева которого понадобится 15 кВт тепловой мощности, предположим, что отопительный сезон продлится 7 месяцев. Если сравнить затраты на отопление при помощи электрической системы, котла на дизельном топливе и теплового насоса, последний уверенно выигрывает. Выгода по сравнению с газовым топливом не так радикальна, но также ощутима. (Табл.1)

**— В чём тогда подвох?**

— Подвоха нет, но есть несколько нюансов. Первый, и мы никогда не стараемся его скрыть, — довольно высокая по сравнению с иными отопительными системами начальная стоимость. Инвестиции в самом деле немалые, стоимость оборудования вме-

сте с монтажными работами начинается примерно от трёхсот тысяч рублей. Правда, этим перечень недостатков исчерпывается. И вы вкладываете эти средства не в ежемесячную оплату услуг монополиста, а в оборудование, которое становится вашей собственностью и даёт вам свободу и независимость.

При этом то, что рядом с вашим домом или участком проходит газовая труба, вовсе не означает автоматического и бесплатного подключения. Затраты на газификацию дома также могут неприятно удивить. Кроме платы за подключение к трубе, вам необходимо будет заказать проект газификации дома, приобрести и установить газовый котёл, а также ежемесячно оплачивать не только газ, который вы будете сжигать, но и техническое обслуживание. В итоге нередки ситуации, когда обеспечение дома газовым отоплением оказывается вполне сходным по расходам, сравнивая его с топливным насосом.

**— Всё это звучит довольно сложно, справлюсь ли я с этим высокотехнологичным оборудованием?**

— Отдельный и немалый плюс заключается именно в простоте эксплуатации. Повторю, в тепловом насосе ничего не горит, потому температура теплоносителя в нём не превышает 60 градусов. Вам не нужно подбрасывать уголь или дрова, вы не должны постоянно следить за огнём и можете уходить из дома, не опасаясь за его сохранность. Если вы забудете выключить насос, то не случится ровным счётом ничего — ведь вы же не выключаете, уходя, холодильник?

Кроме того, мы предлагаем широкий спектр автоматического оборудования, которое может программироваться под ваши персональные нужды практически на весь отопительный сезон, и вы сможете буквально забыть о проблеме отопления на год вперёд. А если вы легко управляетесь с современными технологиями, то наверняка оцените возможность контролировать отопительную систему прямо с вашего мобильного телефона.

**— Всё это звучит очень интересно, куда обращаться за более подробной информацией?**

— Всю возможную информацию о тепловых насосах, наших предложениях и специальных выгодных условиях работы с нами вы найдёте на нашем сайте. До встречи!

Автор статьи директор ГК "АЭС-Центр"  
Фетисов Виктор Валерьевич.

Источник <http://aes-center.ru/>

# Затратил киловатт – получил три



*Александр Коноплин,  
начальник топливно-энергетического центра Юго-Восточной дороги*

**– Самый актуальный вопрос зимой – о температуре в производственных помещениях. Какие новые технологии применены на дороге в этом отопительном сезоне?**

– Мы успешно реализовали инвестиционный проект по установке четырёх тепловых насосов

для отопления помещений на станции Ржава. В него было вложено 27,5 млн руб.

**– Сложная была задача?**

– Начали проектно-изыскательские работы буквально за несколько недель до наступления первых холодов. В короткие сроки подготовили техническое задание и прошли ценовую комиссию. После решения всех процедурных вопросов оперативно приступили к монтажу оборудования и вступили в зиму уже с тепловыми насосами.

**– Немногие знают, что собой представляет тепловой насос, как работает эта технология?**

– Принцип действия теплового насоса основан на передаче в систему отопления здания тепла, собранного из почвы или воды. В этом смысле он работает как холодильная установка, только наоборот. Тепловая энергия есть у любого предмета с температурой выше  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$  – так называемого абсолютного нуля. То есть тепловой насос может отобрать тепло у любого предмета – земли, водоёма, льда, скалы и т.д. Срок окупаемости такого насоса составляет от 7 до 12 лет.

**– По каким критериям определяется эффективность работы этого инновационного оборудования?**

– По простому соотношению полученной потребителем тепловой энергии к затраченной электрической. Основными параметрами, определяющими эффективность, становятся температуры грунта и системы отопления. Так, при температуре грунта  $8^{\circ}\text{C}$  и температуре горячего теплоносителя в системе отопления  $65^{\circ}\text{C}$  на один киловатт затраченной электроэнергии потребитель получит три киловатта тепла. При повышении температуры грунта эффективность работы теплового насоса возрастает.

**– Какие существуют планы на дороге по внедрению технологий, позволяющих снизить расход топливно-энергетических ресурсов?**

– В этом году в рамках уже названного инвестиционного проекта запланировано выделение 65 млн

руб. на мероприятия, позволяющие снизить энергоёмкость технологических процессов в нетяговой энергетике. Среди них установка приборов учёта, внедрение энергоэффективного освещения складов, а также пилотный проект по запуску стационарного путевого рельсосмазывателя SKF Lincoln.

*Беседовал: Валерий Осипов*

*Источник: <http://www.gudok.ru/>*



# ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ OCHSNER

**OCHSNER**  
WÄRMEPUMPEN

Отопление и горячее водоснабжение ещё никогда не было таким выгодным.



 **ГЕОТЕПЛО**

© 2006-2015, ООО "ГЕО ТЕПЛО". Тепловые насосы от 2 кВт до 1 МВт.  
Компания "ГЕО ТЕПЛО" является системным партнером и официальным представителем австрийской компании OCHSNER Wärmepumpen GmbH на территории Украины - мирового лидера в производстве тепловых насосов.

+380 (44) 332-46-26

+380 (50) 526-46-26

[www.geoteplo.com.ua](http://www.geoteplo.com.ua)

 +OchsnerUA

## «Умный дом» бережёт ресурсы и деньги. Как внедряют новые технологии?

**Платить за коммуналку в два раза меньше — возможно ли это? Оказывается, возможно, если переехать в «умный дом».**



Председатель наблюдательного совета Фонда ЖКХ Сергей Степашин приехал в городское поселение Решетниково Клинского района Подмосковья, чтобы разделить с новосёлами радость переезда в «умный дом».

### Горячую воду приготовим сами

В городском поселении Решетниково Клинского района Московской области появился «умный дом». В нём 53 квартиры, куда минувшим летом переехали люди из аварийного жилья. У него своя автономная система отопления. Тепло и горячую воду подают тепловые геотермальные насосы из специально оборудованных скважин. Стены, построенные из поризованного кирпича (тёплая керамика), дополнительно утеплены неопором — смесью цемента и пенопласта. Пол в квартирах тёплый. В окнах — энергосберегающие стеклопакеты, работает система рекуперации воздуха, т.е. возврата части тепловой энергии. А система диспетчеризации, подключенная к Интернету, даёт возможность дистанционно контролировать и диагностировать оборудование и, если надо, — регулировать параметры. На строительство этого дома, который вырос на месте двух снесённых бараков, из средств Фонда содействия реформированию ЖКХ и областного бюджета потратили более 60 млн руб.



В другом «умном доме», который построили в городе Собинка Владимирской области, в каждой из 18 квартир жильцы могут сами регулировать подачу горячей воды — там установили поквартирные мини-

атюрные станции её приготовления. На кровле разместили солнечные коллекторы, а в качестве возобновляемых источников энергии применили тепловые насосы системы воздух-вода. Насколько эффективно такой дом экономит ресурсы, легко понять, если выразить экономию в рублях. Так вот, плата за тепло и горячую воду здесь составляет в среднем 700 руб. на одну квартиру — при том, что в других домах города платят около 3 тыс. руб.

Именно поэтому такие дома называют энергоэффективными. Государственная корпорация — Фонд содействия реформированию ЖКХ, которая в том числе занимается продвижением инновационных технологий в строительстве, постоянно отслеживает, как эксплуатируются «умные дома», а также сравнивает коммунальные платежи их жильцов с платежами тех, кто живёт в домах с аналогичными параметрами, но построенных без применения энергоэффективных технологий. И результаты мониторинга — в пользу новых технологий строительства. Экономия на оплате тепла, горячей воды и электроэнергии составляет 25-40% по сравнению с обычными домами, а если применяются возобновляемые источники энергии — до 50%. Получается, что дополнительные затраты на установку таких технологий окупаются достаточно быстро — через 5-8 лет. А при этом жильцы получают дополнительные комфортные условия проживания.

### Из аварийного жилья — в энергоэффективное

По всей стране всё чаще по программе переселения из аварийного жилищного фонда люди переезжают не просто в новые, а в энергоэффективные дома. Как сообщил Андрей Савранский, начальник Отдела энергоэффективных проектов Фонда, реализация пилотных проектов строительства энергоэффективных домов с участием средств Фонда стартовала в 2010 г. Применяются современные энергоэффективные технологии, позволяющие в значительной степени сократить потребление энергоресурсов и уменьшить размер коммунальных платежей. Основное их преимущество — сохранение энергии за счёт конструктивных особенностей дома и использование доступных возобновляемых источников энергии. Чаще всего используется геотермальная энергия, воздушная, солнечная.

### Как сэкономить на энергии в период холодов и темени

В 37 регионах страны уже ввели в эксплуатацию 95 таких домов, ещё 17 в 7 регионах — строят. В 2014 г. в «умные дома» из аварийных переехали жители Чеченской Республики, Мурманской, Липецкой, Тверской областей, Ставропольского края и Ямало-Ненецкого автономного округа. В этом году 4 дома ввели в эксплуатацию в Республике Коми, по одному — в Подмосковье и на Ямале.

В Республике Саха (Якутия) появился целый энергоэффективный квартал — в городском округе Жатай. В 7 домах с классом энергоэффективности «А» люди уже живут, ещё один должны сдать до конца этого года. А всего в нём будет 10 домов. Это второй в стране такой квартал — первый построили в городе Бийске Алтайского края.



«Строительство энергоэффективных кварталов даёт экономию стоимости строительства по сравнению с точечной застройкой на 25-30% за счёт комплексного освоения территории. Плюс — дополнительный эффект за счёт применения оборудования отечественного производства, генерирующего возобновляемую энергию», — поясняет Андрей Савранский. В Фонде ЖКХ считают, что технологии, уже доказавшие свою эффективность, нужно распространять на всё жилищное строительство, особенно социальное.

### Что дальше?

Существующую программу переселения граждан из аварийного жилья должны завершить до конца 2017 г., а некоторые регионы планируют раньше — уже к 1 января 2016 г. Означает ли это, что аварийного жилья в стране не останется? Нет. Дело в том, что в программу попали те дома, что признаны аварийными на 1 января 2012 г. Поэтому сейчас в правительстве страны решают вопрос о следующем этапе переселения — из домов, признанных аварийными позже, а также разрабатывают соответствующие механизмы.

### Как уменьшить расходы ЖКХ на воду?

Сергей Степашин, председатель наблюдательного совета Фонда ЖКХ, недавно сказал, что есть планы разработать и меры по стимулированию тех инвесторов, которые строят энергоэффективное жильё. Принципы строительства такого жилья, по его словам, заложены в Стратегии развития ЖКХ до 2020 г., и теперь необходимо закрепить их законодательно, просчитать финансовую часть, найти источники финансирования и стимулирования.

А совсем скоро состоится экспертное обсуждение дальнейшего строительства энергоэффективных домов в регионах страны. В программе IV Международного форума по энергоэффективности и энергосбережению ENES 2015, который пройдёт в Москве с 19 по 21 ноября 2015 г., запланировано Всероссийское совещание Фонда ЖКХ по вопросам повышения эффективности реализации региональных программ и расширения внедрения энергоэффективных практик, на которое и соберут экспертов.

Источник: <http://gkh64.ru/>



**РЕЗУЛЬТАТ  
МНОГОЛЕТНЕГО ОПЫТА  
ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ **УКЗТН****



**ИНВЕРТОРНЫЙ  
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ  
ТЕПЛОЙ НАСОС  
«ГРУНТ-ВОЗДУХ-ВОДА»  
DROID-SDU-INV**