

# ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ

2 / 2011

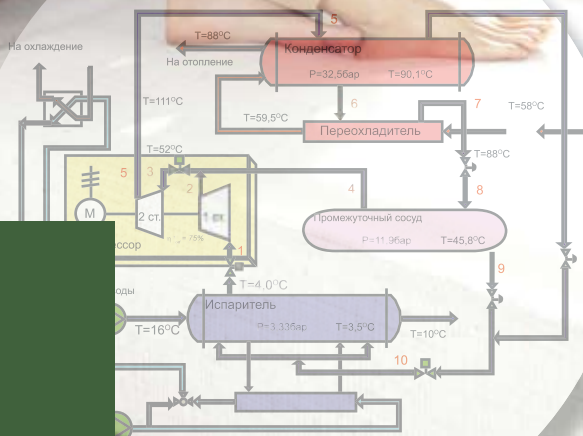


Новости

Аналитика

Воздушные тепловые насосы

Теплонасосные станции



# БИБЛИОТЕКА ЭНЕРГОСВЕРЖЕНИЯ

Энергосервисная компания «Экологические Системы»  
представляет свой информационный проект -  
сборники серии: «Тепловые насосы».



Подробная информация:  
[www.es-library.narod.ru](http://www.es-library.narod.ru)  
[www.library.esco.co.ua](http://www.library.esco.co.ua)  
e-mail: [es-library@narod.ru](mailto:es-library@narod.ru)

Издатель:  
ООО Энергосервисная компания  
«Экологические Системы»  
Украина, 69035, г. Запорожье, пр. Маяковского, 11  
тел. (38 061) 224-68-12,  
факс (38 061) 224-66-86,  
[www.ecosys.com.ua](http://www.ecosys.com.ua)  
[inform@ecosys.com.ua](mailto:inform@ecosys.com.ua)

# ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ

2/2011

Учредитель и издатель:

« »

Главный редактор:

Ответственный редактор:

Редакционный совет:

Александр Викторович Суслов,  
GreenBuild,

Александр Владимирович Трубий,  
« »,

Виктор Федорович Гершкович,

« »,

Николай Маранович Уланов,

Константин Константинович Майоров,

« »,

Сергей Викторович Шаповалов,

« »,

Виталий Дмитриевич Семенко,

« »,

Петин Юрий Маркович,

« »,

Горшков Валерий Гаврилович,

« »,

Редакция:

Адрес редакции:

, 69035,  
11.

/ : (+38061) 224-66-86

e-mail: tn@esco.co.ua

www.tn.esco.co.ua

## Полемика

В. Ф. Гершкович. Газовый котел или тепловой насос? 5

## Аналитика

Австрийский рынок тепловых насосов 8  
Roger Hitchin, Christine Pout. Тенденции на европейском рынке воздушных тепловых насосов 9

## Воздушные тепловые насосы

А. В. Суслов. Предварительная оценка коммерческого потенциала российского рынка воздушных тепловых насосов 12

## Тепловые насосы большой мощности

И. А. Султангузин, А. А. Потапова. Высокотемпературные тепловые насосы большой мощности для теплоснабжения 16

В. А. Степаненко. И. А. Лайтерман. Проект строительства теплонасосной станции мощностью 17.4 МВт на сбросном тепле сточных вод в Запорожье 23

## Модернизация зданий с использованием тепловых насосов

Sami Barbouchi. Высокотемпературные тепловые насосы для рынка модернизации систем теплоснабжения Франции 34

H.-J. Laue, R. M. Jakobs. Модернизация жилого сектора тепловыми насосами 40

## Технологии

Энергетические системы Японии на подземных сваях 46

Система теплового насоса, управляемая газовым двигателем 57

## Уважаемые читатели!



Наш журнал «Тепловые насосы» - это новое профессиональное издание о теплонасосной технике и технологиях для стран СНГ, издаваемое энергосервисной компанией «Экологические Системы». Периодичность издания - один выпуск в 2 месяца, каждый выпуск включает три части - сам журнал, новостной дайджест и информационный бюллетень.

Журнал издаётся в бумажном и электронном виде и распространяется, преимущественно, по подписке. Наша небольшая редакция вместе с редакционным советом подбирают наиболее интересные материалы отечественных и зарубежных авторов, формируют новостное поле и библиотеку практических материалов о применении тепловых насосов.

В нашем журнале содержится свежая новостная информация, статьи о применении тепловых насосов авторов из стран СНГ, а также переводы интересных статей зарубежных авторов, впервые публикуемых в русскоязычном пространстве, результаты испытаний и сравнительного анализа тепловых насосов, мнения экспертов, обзоры рынков теплонасосной техники разных стран и новых технологий.

Каждый выпуск включает:

- Журнал «Тепловые насосы» - новости о реализованных и будущих проектах на территории Российской Федерации и Украины; статьи зарубежных авторов; мнения экспертов рынка, публикации о проектах внедрения тепловых насосов и теплонасосных станций, новые разработки и испытания.
- Дайджест «Тепловые насосы» - это новостное зеркало источников информации из среды ИНТЕРНЕТ. Это свободно распространяемое электронное издание, его основной состав – короткие сообщения и новости, события и комментарии, ранее опубликованные актуальные статьи отечественных авторов, рекламные материалы.
- Информационный бюллетень «Тепловые насосы» - это практические материалы для проектантов, инженеров, строителей - для всех, кто внедряет тепловые насосы в ЖКХ, промышленности и в энергетике. Это книги, пособия, каталоги, справочники - все материалы только в электронном виде. В бумажном издании бюллетень находится на оптическом диске на последней странице журнала.

Каждый выпуск - это более 300 страниц материалов об новой экологической технологии получения тепловой энергии, которая приходит на смену технологиям прямого сжигания углеводородного топлива, технологиям, использующим традиционные энергоресурсы.

Традиционные энергоресурсы обеспечили человечеству промышленную революцию и инновационный скачок. Борьба за нефть и газ принесла войны и бедствия для многих стран. Цены на ископаемые энергоресурсы продолжают расти по мере истощения их источников. Сегодня даже по самым оптимистичным расчетам ископаемых углеводородных источников топлива может хватить лишь на несколько десятков лет.

В начале 21 века стало ясно, что будущее энергетики планеты за возобновляемыми источниками энергии. Они неисчерпаемы и это является залогом устойчивого развития, мировой стабильности и энергетической безопасности для всех стран.

В то время как в развитых странах тепловые насосы уже повсеместно применяются в системах отопления, вентиляции и кондиционирования, в Украине их незаслуженно обходят вниманием, хотя потери энергии и денег в нашей стране по-прежнему огромны. Сферы тепло- и энергоснабжения поделены между монополистами, с которыми очень трудно конкурировать малому и среднему инновационному бизнесу. Тем не менее, несмотря на множество препятствий, я уверена, что до конца следующего десятилетия произойдут кардинальные изменения - тепловые насосы станут основой развития отечественного теплоэнергетического комплекса в нашей стране.

Рождающийся рынок теплонасосной техники в нашей стране ждёт большое будущее, он находится на пороге крупной рыночной экспансии. Теплонасосные технологии как магнит притягивают внимание инвесторов и это ещё одно доказательство неизбежности перемен.

Надеюсь, наш труд будет для вас интересен и полезен. Может быть, именно здесь вы найдете то, что искали и скажете: «Это мне нужно...».

До встречи на страницах журнала, читатель!

Ответственный редактор

Елена Ряснова

## Газовый котёл или тепловой насос?

**В. Ф. Гершкович, канд. техн. наук,  
лауреат премии НП «АВОК»,  
ЧП «Энергоминимум», Киев**

« - »  
15 3

Если рассматривать наружный воздух как единственный источник тепла, то использование воздушного теплового насоса для отопления в климатических условиях, например Украины, неэффективно: во время сильных морозов тепловые насосы «воздух-вода» работают с низкими коэффициентами преобразования. В то же время в течение большей части года температура наружного воздуха вполне пригодна для использования теплового насоса в системах теплоснабжения. В [1] приведен график (рис. 1) подтверждающий, что при положительных температурах наружного воздуха коэффициент преобразования воздушного теплового насоса в большинстве случаев больше 3, а это свидетельствует о возможности его эффективной работы.

Техническая возможность частичного замещения установок, работающих на природном газе, воздушными тепловыми насосами еще не означает экономической целесообразности такого решения. Пока цена на природный газ была приемлемой, никому в голову не приходила мысль об установке дорогого теплового насоса вместо дешевого газового котла. Однако газ постоянно дорожает: на Украине за пять лет цена выросла в пять раз, и эта тенденция сохраняется. Рано или поздно наступит время, когда стоимость теплового насоса уже не покажется столь высокой по сравнению с ежегодными затратами на покупку природного газа.

Чтобы подкрепить эти абстрактные соображения конкретными цифрами, была выполнена технико-экономическая оценка целесообразности частичного замещения природного газа тепловым насосом на примере теплоснабжения современной теплицы, где круглый год по самым последним технологиям выращивают помидоры.

Существующая схема теплоснабжения теплицы (рис. 2) состоит из газового котла с экономайзером и четырех независимых друг от друга отопительных контуров. Красным цветом на схеме показано, как в нее можно встроить тепловой насос «воздух-вода».

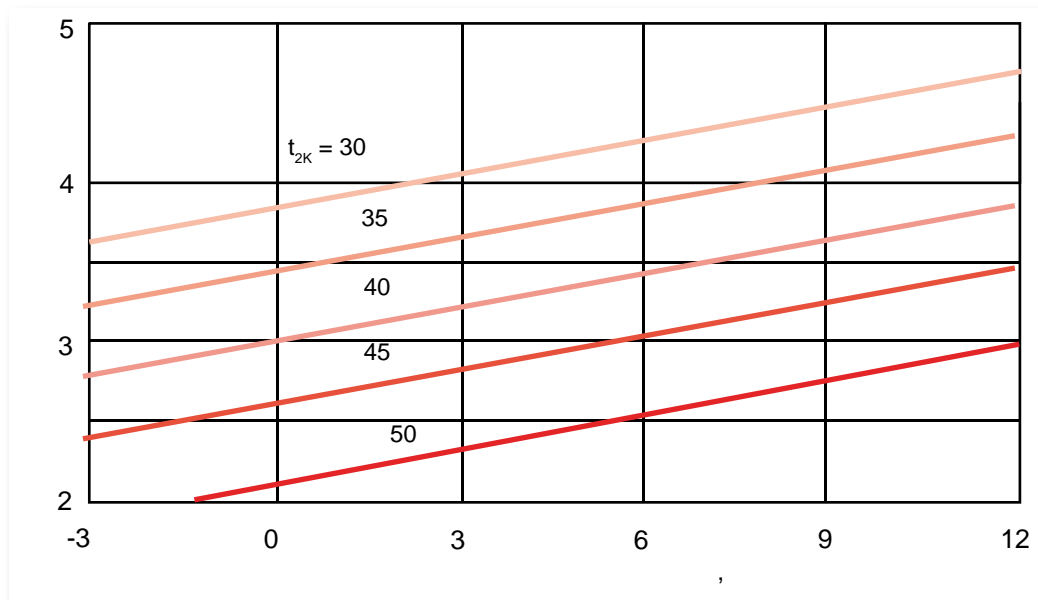


Рисунок 1.

Зависимость коэффициента преобразования одной из моделей теплового насоса «воздух-вода» от температуры воды на выходе из конденсатора  $t_{2к}$  и от температуры наружного воздуха.

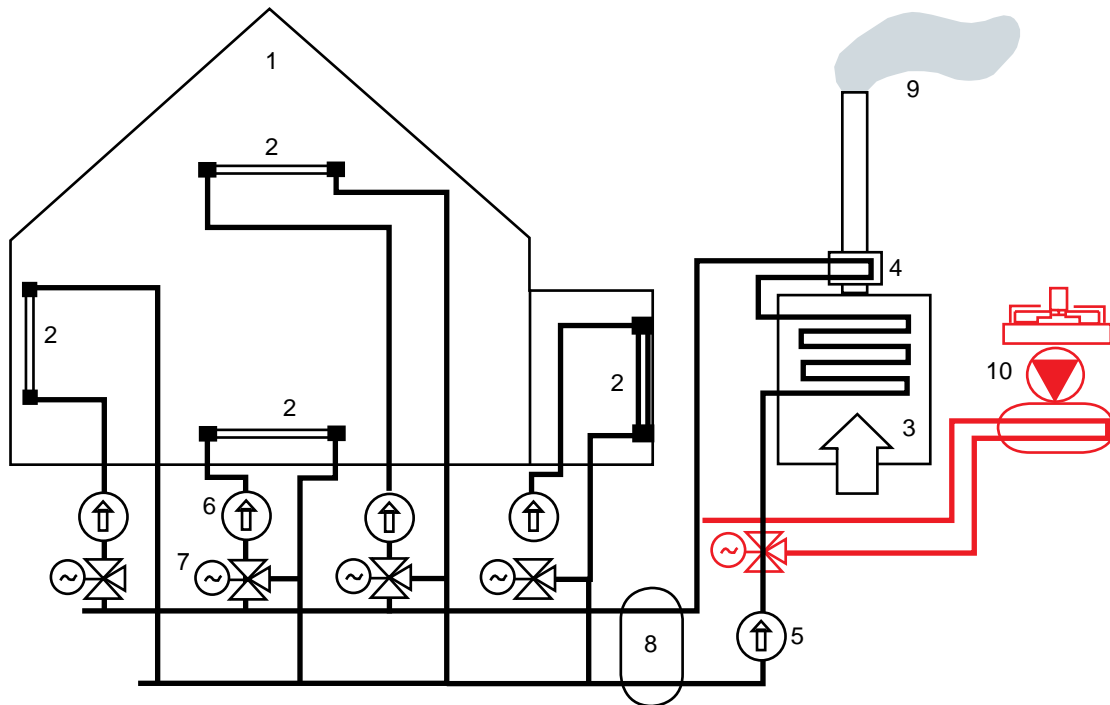


Рисунок 2.

Схема теплоснабжения теплицы

- 1 – контур теплицы; 2 – отопительные контуры различных зон теплицы;  
 3 – газовый котел; 4 – экономайзер; 5 – насос контура котла;  
 6 – насосы отопительных контуров; 7 – регулирующие клапаны;  
 8 – гидравлическая стрелка; 9 – дымовая труба;  
 10 – тепловой насос «воздух-вода»

Существующая система отопления рассчитана на температуру теплоносителя  $90^{\circ}\text{C}$  при расчетной температуре наружного воздуха  $-22^{\circ}\text{C}$ . Тепловой насос во время морозов работать не будет, а в период относительно теплой погоды температура  $40\text{--}50^{\circ}\text{C}$  в подающем трубопроводе системы отопления будет вполне достаточна для поддержания необходимой внутренней температуры без изменения отопительной системы. Как видим, технически несложно привязать тепловой насос «воздух-вода» к котельной тепличного хозяйства.

Рассмотрим теперь экономические параметры такого рода модернизации.

По данным, полученным от эксплуатационной службы теплицы, в котельной было сожжено  $7\,700\text{ м}^3$  природного газа за самые холодные январские сутки, что соответствует средней тепловой мощности котлов  $2\,700\text{ кВт}$ . Годовая выработка тепла в этой котельной составляет  $4\,680\text{ Гкал}$  при потреблении  $650\text{ тыс. м}^3$  газа в год.

Для частичного замещения природного газа был выбран тепловой насос «воздух-вода», тепловая мощность которого при температуре наружного воздуха  $0^{\circ}\text{C}$  составляет  $1\,400\text{ кВт}$  (примерно  $52\%$  от мощности котла).

В [2] представлена зависимость выработки тепловой энергии котлом от коэффициента расчетной тепловой мощности теплового насоса, построенная

для климатических условий большей части Украины (рис. 3). На рисунке показано (пунктирными линиями), что при коэффициенте расчетной тепловой мощности теплового насоса  $0,52$  в котле будет выработано  $55\%$  тепловой энергии за год и тепловой насос такой мощности будет работоспособен при температуре наружного воздуха  $-0,6^{\circ}\text{C}$  и выше.

Данные технико-экономического сопоставления вариантов теплоснабжения теплицы сведены в таблицу. Срок окупаемости инвестиций, равный  $12$  годам, слишком велик для того, чтобы владелец теплицы решил уже сейчас потратить деньги на устройство теплового насоса, даже понимая, что цены на газ будут и дальше стремительно расти и уже через четыре года сроки окупаемости этой же установки сократятся вдвое.

Если бы владельцы предприятий с газовыми котельными имели какие-либо гарантированные государством стимулы к развитию энергосберегающей техники, то не стали бы ждать дальнейшего увеличения цены на газ, а уже сейчас начали бы вкладывать средства в устройства, сокращающие расходы газа. Среди таких устройств тепловые насосы «воздух-вода» при котельных, возможно, стали бы самыми популярными, потому что потенциал уменьшения потребления природного газа на Украине от их применения оценивается примерно в  $15\text{ млрд м}^3$  в год.

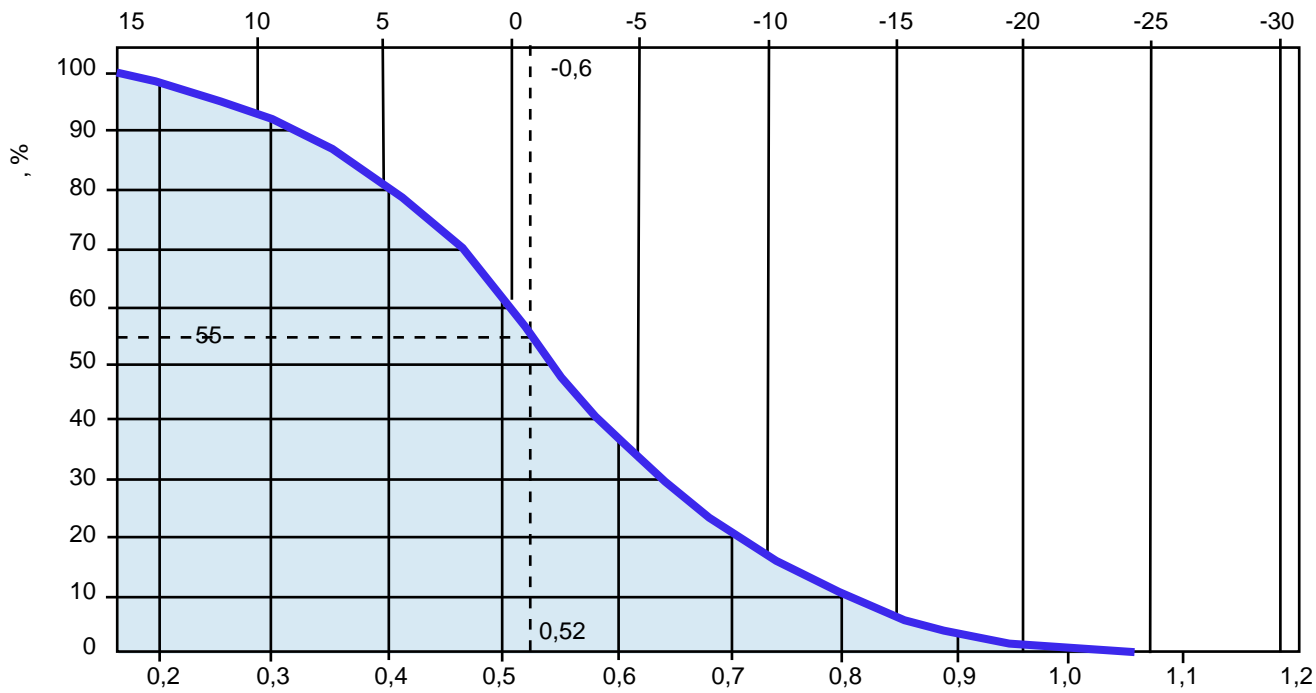


Рисунок 3.  
Расчет коэффициента выработки тепла газовым котлом за год

Таблица  
Сопоставление вариантов теплоснабжения теплицы

		4680	4680
		650	357
		-	786
1,	2	211	116
	3	-	54
		211	170
	1,	-	42
	1,	-	488
		-	12

<sup>1</sup> Пересчитано в долл. США по курсу 1 долл. США = 8 грн.

<sup>2</sup> Тариф 2010 года равен 2,6 грн/м<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Тариф 2010 года равен 0,7 грн/кВт•ч (льготный ночной тариф– 0,175 грн/кВт•ч).

**Литература**

1. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами. Киев, 2009.
2. Оптимальная мощность отопительного геотермального теплового насоса // Энергосбережение в зданиях. 2010. № 2 (51).

: [www.abok.ru](http://www.abok.ru)

## Австрийский рынок тепловых насосов

Австрия

Основные факты	
Население	8 336 549 человек
Площадь	83 871 км <sup>2</sup>
Столица	Вена
Количество домов для одной/двух семей	2 252 900
Среднее количество электроэнергии для одной/двух семей	20-25 МВт*ч/год
Количество офисных, промышленных и административных зданий	282 257
Новое построенное жилье на одну/две семьи	16 052
Количество используемой энергии из возобновляемых источников энергии	23,3%

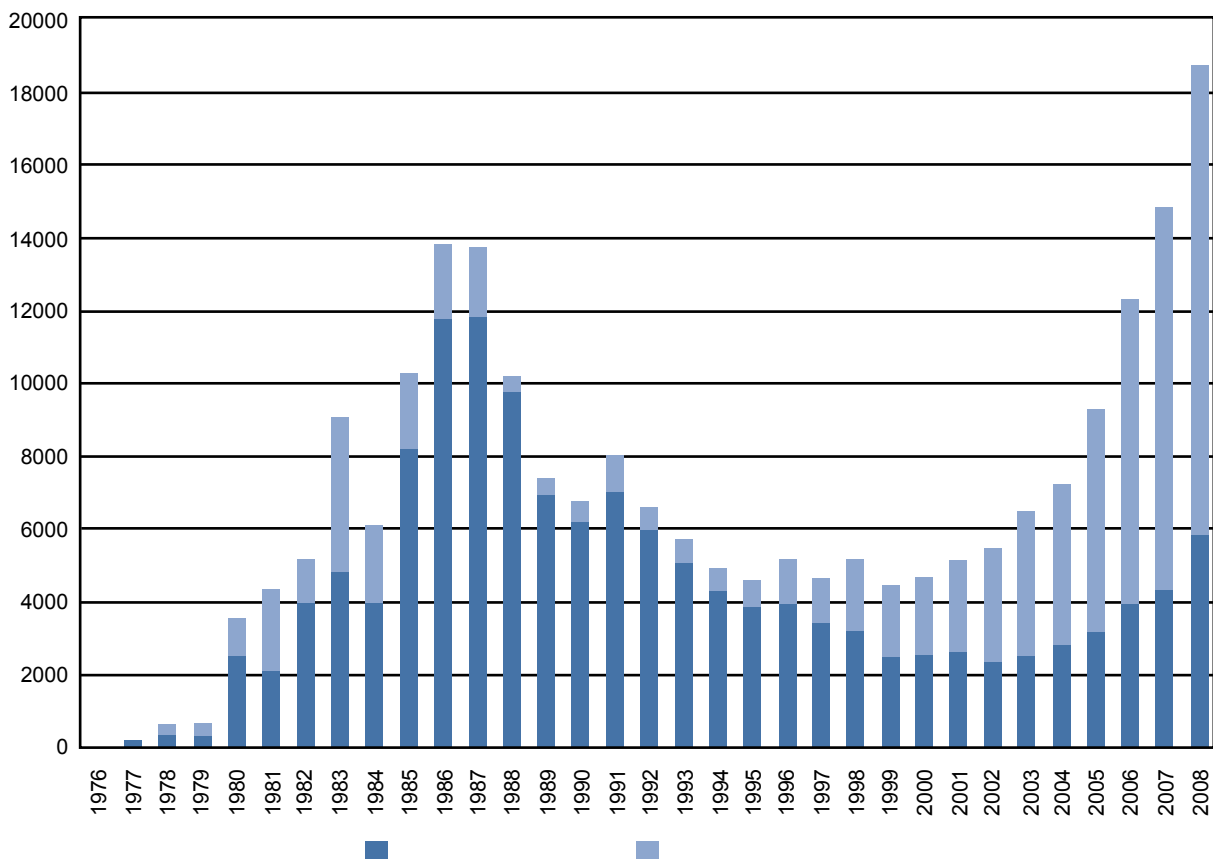
В Австрии тепловые насосы используются как для отопления жилых помещений, так и в промышленном секторе. Особенно актуально использование тепловых насосов в пассивных зданиях. Тепловые насосы используются в системах вентиляции для нагрева холодного, подаваемого в здание наружного воздуха.

Технические возможности тепловых насосов позволяют осуществлять охлаждение и кондиционирование зданий. Это тоже способствует популяризации и росту рынка тепловых насосов.

Новое применение тепловые насосы могут найти там, где в качестве источника тепла можно использовать высокую температуру тоннелей и канализации. В качестве источника тепла целесообразно использовать избыток тепла в промышленных, коммерческих зданиях и офисах.

Средние потребительские цены включая транспортировку и налоги	
Пеллеты	4,1 - 4,7 евро центов/кВт*ч
Электроэнергия	17,5 евро центов/кВт*ч
Электроэнергия для отопительных целей	15,2 евро центов/кВт*ч
Домашний газ	6,9 евро центов/кВт*ч
Дизельное топливо	6,1 евро центов/кВт*ч
Тепло от теплоцентрали	9,2 евро центов/кВт*ч

В Австрии наблюдается стремительный рост сектора тепловых насосов, который начался с 2000 года и который продолжался в 2008. В 2009 году количество проданных тепловых насосов различного типа составляет 18 690ед. Это на 23,4% больше по сравнению с 2007, когда было продано 15 241 тепловых насосов. Диаграмма показывает число тепловых насосов для нагрева воды и помещений, проданных в Австрии за 1976—2008.



: [www.santeh.kiev.ua](http://www.santeh.kiev.ua)



# Тенденции на европейском рынке воздушных тепловых насосов

Статья взята из IEA Heat Pump Centre Newsletter Volume 26 - No. 1/2008

« »

**Roger Hitchin, Christine Pout**

В статье приводится сравнение тенденции европейского и японского рынков воздушных тепловых насосов, а также описывается технология воздушно-водяных тепловых насосов. В настоящее время на европейском рынке растет интерес именно к этой технологии.

## Введение

В Великобритании более 500 000 зданий отапливаются тепловыми насосами. Они более известны как реверсивные комнатные воздушные кондиционеры. Их численность в Европе достигает 6 млн единиц. По сравнению с количеством установленных теплонасосных систем отопления (несколько сотен единиц в Великобритании и полмиллиона по всей Европе), может показаться, что реверсивные комнатные воздушные кондиционеры занимают значительную часть рынка, но по сравнению с сегментом рынка, занимаемым отопительными котлами он сравнительно мал. В Великобритании эксплуатируются более 20 миллионов котлов, а в Европе их в 3 раза больше. Поэтому существует значительный потенциал для роста доли тепловых насосов на отопительном рынке. Рынок реверсивных кондиционеров обычно рассматривается как подмножество рынка охлаждающего оборудования, хотя несмотря на это, он является частью рынка отопительного оборудования тоже. А это, как мы видим, совпадение в сходных технологиях, а также в клиентской базе.

## Европейский рынок реверсивных комнатных кондиционеров

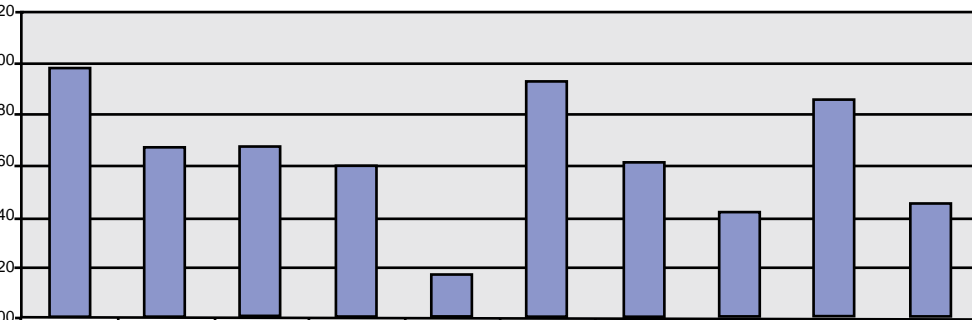
По сравнению с рынками других стран мира, европейский рынок кондиционирования воздуха находится на ранней и незрелой стадии развития. Произошла замена только 18% однокомнатных воздушных кондиционеров. Большинство продаж (54%) приходится на новое оборудование для установки в существующих зданиях (на зрелом рынке большинство продаж идет на замену существующего оборудования).

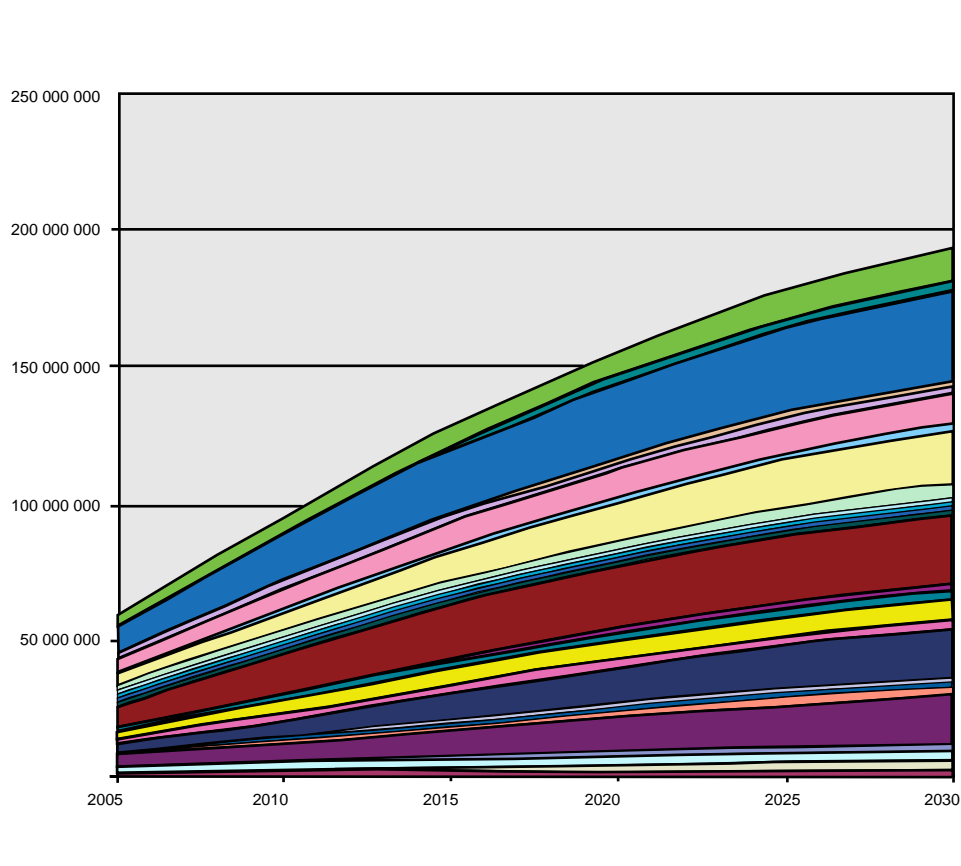
Было проведено изменение динамики рынка в рамках Европейского исследования<sup>1</sup> (European study). Мы оценили будущие продажи тепловых насосов в каждой стране ЕС. Для 27 стран были созданы модели рынка тепловых насосов с разбивкой по годам (ранее использовались показатели американского рынка воздушных кондиционеров). Это позволило нам спрогнозировать будущий годовой объем продаж и установить показатели

рынка для различных типов зданий. Данные также использовались для экологической оценки тепловых насосов при различных сценариях производительности оборудования. Подробности можно найти на веб-сайте проекта[2].

Тепловыми насосами является только небольшая часть комнатных воздушных кондиционеров, но во многих странах большая их часть - реверсивные тепловые насосы, доля которых в общем объеме рынка непрерывно растет. В настоящее время около половины реверсивных систем (измеряется суммарная мощность охлаждения) установлены в жилых зданиях, а другая половина - в коммерческих зданиях. В странах с холодным климатом, здания, как правило, уже оснащены системами отопления. И поэтому, потребность в теплоснабжении с помощью реверсивных тепловых насосов незначительна. Для новых зданий, установка тепловых насосов для отопления экономически эффективна и уменьшает количество выбросов CO<sub>2</sub>. В более теплых странах без централизованного теплоснабжения, применение реверсивных тепловых насосов в целях отопления зданий достаточно перспективно.

Предыдущие исследования[3] показали, что рынок воздушных кондиционеров (в жилом секторе) развивается до тех пор, пока страна не достигнет определенного уровня национального дохода. Затем он продолжает расти, пока не достигнет определенного уровня насыщения, который чаще всего определяется климатическими условиями данной страны<sup>4</sup>. Исходя из вышесказанного, все страны ЕС обладают достаточным количеством национального дохода, чтоб развивать этот рынок. Мы оцениваем долю насыщения тепловыми насосами европейского рынка недвижимости от 2% для Германии и до 53% для Греции. Это означает, что в большинстве стран может непрерывно поддерживаться текущее количество продаж единиц тепловых насосов в течение нескольких десятилетий, прежде, чем будет достигнут эффект насыщения. Однако, эти показатели могут недооценивать потенциал рынка. Это связано с тем, что уровни насыщения были взяты из американских данных (доля установленных воздушных кондиционеров в домашних хозяйствах), а данные по количеству проданных кондиционеров учитывают только однокомнатные комплекты оборудования. В Японии на одно домашнее хозяйство





приходится более двух установленных кондиционеров. Это вполне возможно, хотя сегодняшние тенденции на рынке соответствуют широкому распространению мультисплит систем.

### Сравнение с Японией

В Японии много лет существует развитый и многолетний рынок воздушных кондиционеров, который дает яркий пример потенциала развития европейскому рынку. Японский рынок (бытовых кондиционеров) характеризуется покупателями, приобретающими кондиционеры во второй и третий раз. Они, по большому счету, не задаются вопросом «Купить ли мне кондиционер?», а интересуются - «Какой кондиционер мне купить в настоящее время?» Первая покупка – это всегда проблема, но она не единственная. В этом смысле рынок воздушных кондиционеров более похож на европейский автомобильный рынок. Рынок характеризуется наличием ряда крупных, авторитетный и конкурирующих между собой производителей, работающих в рамках строгих правил по энергоэффективности. Это приводит к существенному увеличению развития конкурентоспособных технологий, и, как следствие, соблюдение высокого уровня эффективности энергоиспользования.

Достигнутые уровни энергоэффективности показывают, что технология стремительно снижают потребление энергии многими существующими европейскими продуктами (многие из которых японских марок). Хотя на рисунках показана эффективность охлаждения, существуют схожие признаки и в производительности системы отопления (большинство продуктов реверсивные). Основные критерии - это компрессор с переменной скоростью, надежно управляемая система размораживания и тщательно

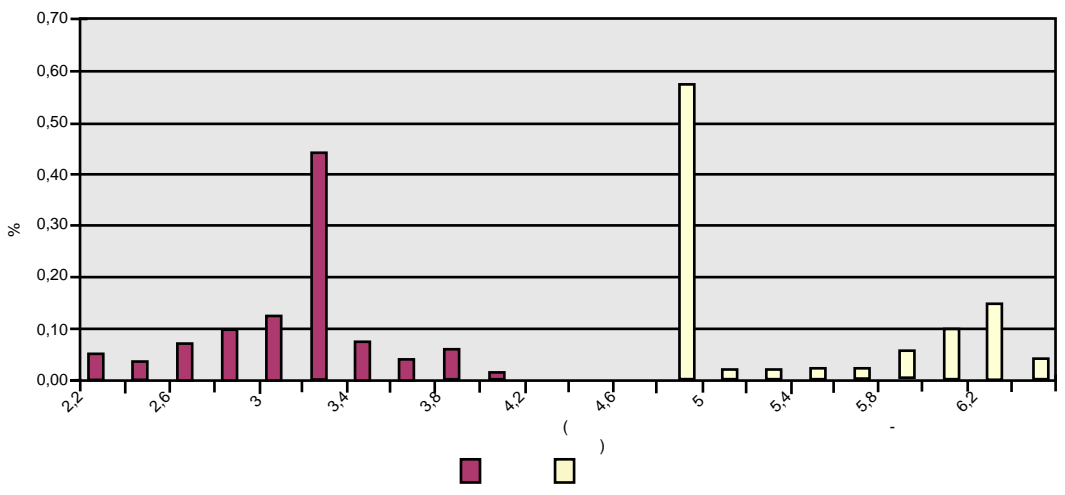
разработанные теплообменники и вентиляторы. Однако, повышение эффективности приводит к увеличению стоимости теплового насоса. Для моделей одинакового размера тепловой насос с наиболее дорогими энергоэффективными составляющими стоит в два раза дороже. Повышение стоимости оборудования не всегда связано с вопросами эффективности. «Верхушка рынка» характеризуется другими особенностями повышения стоимости – установка так называемых самоочистных фильтров. Koizumi<sup>5</sup> подсчитал, что 20% - 25% стоимости теплового насоса приходится на дополнительные показатели, не связанные с энергетической эффективностью.

### Технология передачи тепловой энергии

Какое отношение имеет тепловая энергия к рынку тепловых насосов? Производители воздушных кондиционеров и потребительских товаров признали, что использование методов повышения энергоэффективности воздушно - водяных тепловых насосов приводит к равновесию баланса стоимости и цены, что делает их более привлекательными для потребительского рынка. Особенно эффективна установка тепловых насосов в странах с климатом, сходным с климатом Великобритании, характерным достаточно мягкими зимами, благодаря которым возникает меньше проблем с воздушными системами (хотя влажность воздуха не означает, что энергия необходимая для размораживания должна тщательно контролироваться).

### Вопросы рынка

Чтобы продукт был конкурентоспособным, необходимо согласовать техническую осуществимость проекта с возможностями рынка. Основным фактором рынка в краткосрочной перспективе является требования по выбросам CO<sub>2</sub> новыми домами, пред-



логаемые Директивой ЕС по энергоэффективности зданий. Это означает, что, хотя тепловые насосы могут быть более дорогими, чем системы газового отопления, они также могут быть экономичным способом сокращения углеродных выбросов (при условии хорошей производительности). Воздушные системы изначально дешевле, чем грунтовые системы и, хотя им присуща более низкая эффективность, производители считают, что на практике, они могут предложить достаточно конкурентоспособный комплекс. Также совместно используют воздушные теплонасосные системы с грунтовыми системами.

Однако существует несколько проблем. Одной из них является эффективное горячее водоснабжение (HWS- hot water service) при адекватных температурах. В новостройках Великобритании (в частности), годовая потребность в горячем водоснабжении такая же, как в отоплении. Хотя температура около 55°C и ниже вполне достаточна для реального использования в целях водоснабжения, температура около 60°C необходима для того, чтоб избежать риска появления легионеллы. Производители нашли способ, чтобы избежать этого риска и в тоже время добиться достаточной эффективности – они при повышении температуры воды, скажем, с 55°C до 60°C, время от времени используют технологию прямого нагрева. Еще одной проблемой является необходимость отведения определенного пространства под наружный блок и под бак с горячей водой. Ограниченное пространство ведет к использованию небольших настенных нагревателей, обеспечивающих мгновенную подачу горячей воды (комбинирование нагревателей).

Использование напольного отопления намного эффективнее, но благодаря способности тепловых насосов обеспечивать более высокую температуру горячей воды, оно может работать совместно с радиаторами.

В долгосрочной перспективе возможна замена котла на тепловой насос (особенно если радиаторы были небольших размеров), или на более низко-

температурные излучатели. За пределами Великобритании существует рынок бивалентных систем, на котором воздушные тепловые насосы работают наряду с существующими системами отопления на жидком топливе.

Доверие потребителей является еще одним ключевым фактором на рынке тепловых насосов. Хотя считается, что появление известного бренда должно способствовать продажам, также играет роль независимое мнение о продукте и монтажных организациях. В Великобритании этот вопрос решается путем развития добровольных стандартов. Подразумевается, что нет общих обязательств, которые необходимо систематически выполнять, но их соблюдение будет поддерживаться правительственными программами. Так как они были разработаны совместно с ассоциацией торговли, ожидается, что они будут общепризнанны. Обязательства охватывают все типы тепловых насосов: воздушные, грунтовые и водяные.

Преимущество в сокращении выбросов углекислого газа тепловыми насосами будет признаваться только в том случае, если нормативные процедуры расчета правильно отражают их производительность. В настоящее время в Великобритании существует программное обеспечение для жилого сектора, которое содержит общие факторы производительности системы для различных типов тепловых насосов, но они не учитывают показатели производительности конкретного продукта. Производители считают, что обобщенные показатели недостаточно отражают производительности их инновационных продуктов. Для того, чтобы внедрить конкретные показатели сезонной производительности, необходимо найти надежный способ их определения.

Европейский стандарт PrEN 15316-4-2, разработанный на основе исследований, проведенных EA Heat Pump Programme Приложением 28, предлагает основу для таких расчетов. Но существуют сомнения: будет ли достаточно полевых испытаний

для последних видов продукции. В частности, есть сомнения по поводу воспроизводимости тестов по эффективности частичной нагрузки (особенно с переменной скоростью компрессора), а также чувствительности производительности системы горячего водоснабжения при выборочных оценках. Эти вопросы могут быть рассмотрены в предлагаемом Приложении «Метод расчета SPF для проектирования и маркировки результатов (целей)», а также сравнение лабораторных результатов измерений с полевыми (например, в предлагаемом Приложении «Полевые испытания»).

### Выводы

Переход к более жестким требованиям контроля выбросов CO<sub>2</sub> новыми зданиями в Европе существенно увеличивает потенциал рынка тепловых насосов. Производители реагируют на развивающиеся новые продукты класса «воздух-вода», которые могут предложить клиентам лучшее соотношение цена/качество, чем существующие системы. Это послужило толчком к техническому развитию энергоэффективных технологий на японском рынке воздушных кондиционеров. Еще остались некоторые нерешенные вопросы последовательного и надежного тестирования и исследования производительности продукции, решение которых будет подготовлено к рассмотрению приложением IEA HPP.

### Литература

- 1 Preparatory study on the environmental performance of residential room conditioning appliances (airco and ventilation): Market and Economic Analysis. www.ecoaircon.eu
- 2 www.ecoaircon.eu (as above)
- 3 Macneil and Letschert, 2007, Michael A. McNeil, Virginie E. Letschert, Future Air Conditioning Energy Consumption in Developing Countries and what can be done about it: The Potential of Efficiency in the Residential Sector, in the proceedings of ECEEE 2007 Summer Study.
- 4 Sailor, D.J., Pavlova, A.A., 2003, Air conditioning market saturation and long-term response of residential cooling energy demand to climate change, Energy 28, 941–951.
- 5 IEA, 2006, Satoru Koizumi, Energy Efficiency of Air Conditioners in Developing Countries and the Role of CDM, Information Paper, April.2007, © OECD/IEA, 2006.
- 6 “MCS 007 Product Certification Scheme Requirements: Heat Pumps” and “MIS 3005 Requirements for Contractors Undertaking the Supply, Design, Installation, Set to Work Commissioning and Handover of Micro-generation Heat Pump Systems” www.microgenerationcertification.eu

## Предварительная оценка коммерческого потенциала российского рынка воздушных тепловых насосов

**А. В. Сулов**

С появлением современных низкотемпературных воздушных тепловых насосов – НВТН, предназначенных для теплоснабжения в условиях холодного климата в Европе с середины 2000-х годов наблюдается настоящий бум этих замечательных продуктов климатической отрасли. При этом наибольший успех НВТН наблюдается в Северных Странах и причём – именно с началом нынешнего кризиса (1).

И если ещё совсем недавно даже разговоры о самом существовании НВТН, пригодных для теплоснабжения в России, воспринимались как mauvais ton даже в около-профессиональных кругах, сегодня они, наконец, становятся вполне полноценной темой профессионального обсуждения на наиболее авторитетных отечественных форумах (2). Более того - на каждой очередной профессиональной выставке сегодня уже анонсируется по нескольку новых НВТН как от уже известных в России, так и от неизвестных у нас ранее брендов.

Хотя представители этих брендов пока ещё чувствуют себя несколько неуверенно, предубеждения, окружавшие ранее НВТН, постепенно развеиваются (3) и на повестку дня выходит вопрос о потенциале российского рынка.

Становится очевидным, что продвижение НВТН в состоянии если не вовсе нейтрализовать влияние нынешнего кризиса, то практически полностью компенсировать соответствующий спад продаж. Так, например, Daikin Europe NV сообщает (4), что в 2009 году за счет усиления на европейском рынке отопительного направления падение продаж оборудования для кондиционирования и вентиляции удалось компенсировать всего до 9%.

Поскольку падение продаж за этот год и в Украине (5), и в России (6) составило 50-70%, получается, что НВТН на европейском рынке буквально за пару лет смогли достичь оборота, сопоставимого с оборотом отрасли в целом, культивируемым до этого десятилетиями. Поэтому в России, где актуальность теплоснабжения выражена ещё более значительно, НВТН даже при спаде продаж традиционного оборудования могут обеспечить общий прирост.

Изучение вопроса о рыночном потенциале сегодня как нельзя более актуально, но поскольку речь идёт об абсолютно новом для рынка продукте и об абсолютно новом направлении, следует понимать, что хотя ни о каких однозначных подходах и неоспоримых методиках речи пока идти не может, но какой-то опосредованный анализ всё-таки возможен.

Ввиду крайнего дефицита, если не сказать – практически полного отсутствия пригодной для анализа достоверной информации, но в то же время – и понимания коммерческой значимости задачи, необходимо использовать любые источники и все хоть сколько-нибудь приемлемые подходы. При этом следует понимать, что наиболее реалистичное представление о перспективе развития исследуемой ситуации будет соответствовать среднему между наиболее оптимистичным и достаточно скромным сценариями.

### 1. Анализ ресурса существующего смежного направления

Интерес к тепловым насосам стал появляться в России с середины 2000-х годов – с либерализацией условий дачного строительства и началом освоения привлекательных для индивидуального домостроения территорий, ранее для этого не предназначенных. Поскольку на таких территориях на момент прокладки коммунальных сетей перспектива удобного освоения не предусматривалась, многие заповедные и живописные уголки к началу свободного оборота недвижимости оказались энергодефицитны, что, разумеется, осложняло начинавшийся коммерчески перспективный процесс.

Возможность сокращения необходимой выделенной мощности за счёт использования теплового насоса существенно расширяет выбор наиболее привлекательного места для будущего домостроения.

Надежды на неотвратимость повсеместной газификации и электрификации «по потребности», как не были бы они близки к реальности, рассеиваются с пониманием ограниченности диаметра пролегающей рядом трубы и сечения подведённого провода. При осознании отсутствия всякой надежды на подведение газа и электричества в нужном количестве тепловые насосы стали реальной альтернативой для преодоления отмеченного дефицита. Начало процесса удивительным образом совпало с появлением на европейском рынке НВТН, что и послужило дополнительным толчком для вытеснения теряющих свою популярность грунтовых тепловых насосов (1) – ГТН на зарождавшийся тогда российский рынок. В результате сегодня мы не только имеем сам этот рынок, но и подходящие данные (7) для предметного анализа.

По данным исследования маркетинговой группы «Текарт» объем российского рынка ГТН за период с 2004 по 2007 год увеличился с 46 шт. до 627 шт. совокупной тепловой мощностью 15,65 МВт. В процессе кризиса выяснилось, что, несмотря на столь успешное начало, рынок ГТН, в отличие от НВТН, не обладают абсолютным иммунитетом к стагнации. Но, несмотря на спад – в 2008 году объем рынка составил 298 шт. (7,7 МВт), за 10 месяцев 2009 года – в январе-октябре года было установлено 183 шт. (4,69 МВт). Поскольку в конце года финансовая ситуация была скорее стабильной, ожидаемый итоговый результат 2009 года:  $183 \times 1,2 = 220$  шт. ( $4,69 \times 1,2 = 5,628$  МВт). Таким образом, суммарная мощность ГТН, установленных за 6 лет, равняется:

$$15,65 + 7,7 + 5,628 = 28,978 \text{ МВт}$$

Для оценки объема этого рынка в денежном исчислении можно воспользоваться официальными данными для средних геологических условий Московской области (8). Как видно из примера, типичная стоимость установки «под ключ» грунтового теплового насоса производительностью 17,1 кВт до кризиса составляла в Подмосковье 1 743 100 рублей. Что означает около 102 000 руб/ кВт<sup>1</sup>. Данная вводная выводит нас на объём в 573 693 965 рублей за последний 2009 кризисный год и почти на 3 миллиарда рублей (2 953 891 918) за шесть лет ведения статистики. Поэтому есть все основания для того, чтобы в 2010 году ожидаемый оборот российского рынка ГТН оценивать не менее 15-16 млн евро.

Поскольку из опыта Северных Стран известно, что отсутствие предубеждений на использование НВТН уже сократило долю ГТН до 19% – в Швеции и Эстонии, до 12,5% – в Финляндии и всего до 4% – в Норвегии (1), аналогичной ситуации мы вправе ожидать и у нас. Тем более что успешнее сложится общественное мнение сильно преувеличивает энергетическое превосходство ГТН над НВТН. По данным последних исследований на базе практических данных полевых испытаний под научным руководством Фраунгоферовского Института выяснилось, что на самом деле порядок этого превосходства находится на уровне 10-15% (3).

Окупаемость ГТН по отношению к НВТН воздуха дольше почти в 4 раза, а к НВТН воздух-воздух вообще – в 9 раз (9). Поэтому, кстати, из двух миллионов тепловых насосов, устанавливаемых ежегодно в Соединенных Штатах, откуда, по сути, и берёт начало вся эта технология, только чуть более 2 процентов приходится на грунтовые (10).

И если ориентироваться хотя бы на некий средний показатель, такой, допустим, как в Финляндии, при правильной постановке дела, уже в 2010-2011 году не менее 13 млн евро отойдёт с уже раскрученного рынка ГТН на рынок НВТН. Притом, что этот резерв достаточно реален, поскольку обоснован очевидными доводами, определённую поправку в сторону увеличения, количественно учесть которую сейчас достаточно сложно, но ориентироваться на которую вполне имеет смысл, даст и разница в цене ГТН и НВТН.

Хотя потенциальным потребителям уже хорошо известно о высокой стоимости затрат на установку ГТН, число нуждающихся это не убавляет. По сведениям фирм, занимающихся этой установкой, реальным обладателем ГТН становится только один из нескольких десятков соискателей. Претендовать на ГТН отечественных потребителей заставляет элементарная неосведомлённость в отношении возможностей НВТН. И когда хотя бы только несколькими из десятков соискателей станет понятна приемлемость альтернативы НВТН<sup>2</sup>, наиболее оптимистический прогноз в отношении ожидаемого объёма продаж НВТН уже на первые годы кампании мог бы составить 30-40 млн евро.

1 – буквально совпадает с официальным верхним пределом стоимости подключения к энергосетям МОЭСК в соответствии с действовавшим на тот момент ПОСТАНОВЛЕНИЕМ РЭК № 121 от 22 декабря 2008 года

2 – нет никаких объективных препятствий к тому, чтобы это стало понятно всем желающим

Если на первых порах апеллировать хотя бы только к потенциальным потребителям из наиболее населённых и вполне благополучных российских регионов с заведомо приемлемым для эффективного использования НВТН климатом – это означало бы доступ к аудитории с общей численностью в два с половиной раза большей, чем население рассмотренных выше стран:

Таблица 1

Субъект РФ	Население
Москва	10527000
Московская область	6712582
С.Петербург и Лен. область	6199947
Краснодарский край	5141900
<b>Итого</b>	<b>28581429</b>

По сути, этот резерв представляет собой довод в пользу того, чтобы воспринимать приведённые выше прогнозы как в меру оптимистичные (табл.1).

## 2. Анализ опыта соседей по бывшему СНГ

Для первого представления о перспективе продвижения НВТН вполне подходит буквальная аналогия на основании опыта наших ближайших соседей. Начнём с анализа опыта одной из фирм и перейдём затем к опыту одной из стран.

а) Рижская климатическая фирма SIA Zinātniski-Tehniska Firma «RIKON», продвигает НВТН только одного единственного бренда – Panasonic и только типа воздух-воздух. По информации фирмы (11) ею установлено уже 1630 НВТН на более чем 870 объектах. Достоверность этой информации подтверждается галереей референций этих инсталляций (12). Если воспользоваться средней величиной стоимости тепловых насосов, принятой в официальной отчётности Финской Ассоциации Тепловых Насосов SULPU (13) - по 2 000 евро за НВТН воздух-воздух, получим, что при населении 2,253 млн человек на октябрь 2009 года ориентировочный объём продаж фирмы составил около 3,26 млн евро.

Спроецировав ситуацию на отечественную реальность, можно получить первое представление об ожидаемой перспективе продвижения НВТН, допустим, в Московской области. Учитывая, что население Подмосковья в 3 раза больше населения Латвии - что выше приведены данные только одной фирмы из 5, продвигающих НВТН на этом рынке,

вошедших в официальный каталог (14) и, наконец - что возможность комплектации систем НВТН воздух-вода усиливает привлекательность предложения, фактически подтверждает первый вывод предыдущего пункта о том, что **ожидаемый оборот** НВТН в России уже в первый год компании можно прогнозировать в размере не менее нескольких миллионов евро.

б) Эстония – единственная страна постсоветского пространства, входящая в Европейскую Ассоциацию Тепловых Насосов (European Heat Pump Association - ЕНРА), членство в которой подразумевает как обязательное условие предоставление подробной информации о сбыте тепловых насосов. При численности населения в 5 раз меньше населения Подмосковья, мы видим ещё более впечатляющую статистику:

Анализ эстонского опыта (население 1 344 684 человек) даёт основания скорректировать предыдущий вывод в сторону увеличения:

- ..., а может и десяти миллионов...

## 3. Анализ ситуации в Северных Странах

Здесь мы имеем уже сложившийся рынок с объективным потребительским восприятием, поэтому следует оговориться, что дальнейший анализ даст нам сведения не для прогнозирования ситуации на начало кампании, а скорее – для представления о структуре и динамике рынка, а главное - о перспективе его развития в ближайшие годы.

Поскольку при всех своих отличиях от Скандинавских стран и стран Балтии Россия также является северной страной, определённые аналогии всё же вполне приемлемы для анализа, по крайней мере, в отношении европейской части России с не сильно отличающимся от остальной Европы климатом (1), особенно – при наличии абсолютно точных и достоверных данных:

Мы видим, что оптимальное удовлетворение спроса подразумевает наличие НВТН как воздух-вода, так и воздух-воздух, причём рынок более «бюджетных» НВТН воздух-воздух существенно больше, но зато рынок НВТН воздух-вода прогрессирует в Северных Странах гораздо стремительнее. В итоге:

- за четыре года в трёх Северных Странах с населением 11 399 516 человек было продано НВТН без малого на миллиард евро. (€ 921,916 млн);

- доля НВТН воздух-вода в общей структуре бу-

Таблица 2

	2005	2006	2007	2008
Воздух-вода*	2	87	199	343
Объем, евро	20 000	870 000	1 990 000	3 430 000
Воздух-воздух	461	1 476	3 867	3 747
Объем, евро	922 000	2 952 000	7 734 000	7 494 000
Итого млн евро	0,942	3,822	9,724	10,924

\* НВТН воздух-вода SULPU в своей статистике оценивает по 10 000 евро за штуку.

Таблица 3. Поштучная динамика рынка НВТН Северных Стран Европы

Тип Тн	Страна, население, темпы роста продаж			
	2005	2006	2007	2008
Финляндия, население 5 255 580 человек				
Воздух-вода	7	400	450	2500
Воздух-воздух	17 000	30 000	38 000	48 000
Норвегия, население 4 799 252 человек				
Воздух-вода	388	2 383	3 318	3 985
Воздух-воздух	32 754	73 301	65 210	76 832
Эстония, население 1 344 684 человек				
Воздух-вода	2	87	199	343
Воздух-воздух	461	1 476	3 867	3 747

Таблица 4. Динамика общего объема рынка Северных Стран Европы, евро

Тип Тн		Темпы роста объемов продаж по региону с населением 11 399 516 чел.			
		2005	2006	2007	2008
Воздух-вода	ед.	397	2 870	3 967	6 828
	евро	3 970 000	28 700 000	39 670 000	68 280 000
Воздух-воздух	ед.	50 215	104 777	107 077	128 579
	евро	100 430 000	209 554 000	214 154 000	257 158 000
Итого, млн. евро		104, 400 000	238, 254 000	253, 824 000	325, 438 000

душего рынка на уровне 20%;

- общий объем рынка за три года увеличился более, чем втрое.

В Великобритании ежегодный рост продаж НВТН воздух-вода первые два года вообще составлял 300% (15). Поэтому имеющийся сегодня в России рыночный потенциал НВТН:

- от нескольких миллионов до нескольких десятков миллионов евро в год на момент начала кампании;

- до сотен миллионов евро в обозримом будущем более чем достаточен для начала активных действий по продвижению.

#### 4. Текущая ситуация и рекомендации по её изменению

Пока общественному мнению присуще сугубо отрицательное отношение к перспективе использования у нас НВТН: от скептически-ироничного - со стороны климатического сообщества в целом до негативно-уничжительного - со стороны немногочисленного, но достаточно амбициозного и пока довольно влиятельного клана специалистов по грунтовым тепловым насосам. При этом доводы, используемые для столь категорических обоснований и обобщений, при более подробном рассмотрении серьезной критики не выдерживают (3).

В этой связи следует понимать и учитывать, что применительно к России никакие обобщения на основе будь то климатической, социальной, эконо-

мической специфики или специфики, касающейся отечественного менталитета не могут восприниматься как абсолютно безусловные, не подразумевающие достаточно понятных и очевидных исключений. Существование естественных исключений позволило бы фиксировать пусть хоть и не массовый, но как-то заметный для официальной статистики интерес к НВТН, если бы причины его массового отсутствия были бы на самом деле объективными. Отсутствие же малейших признаков этого интереса даже в ситуациях, подразумевающих указанные исключения, свидетельствует только о том, что сформировавшийся скептицизм приобрел характер перманентного и абсолютного запрета.

Ситуация идентична той, что была свойственна Украине буквально три года назад и которая стала кардинально меняться по мере проникновения в общество достоверных сведений о функциональных возможностях и технических особенностях НВТН. Популярность НВТН стала расти, а общественный нигилизм - рассеиваться по мере роста уровня общественной осведомленности (16). И сегодня нет ни одной украинской теплонасосной фирмы, не продвигающей НВТН.

Поэтому и для изменения ситуации в России требуются те же меры и средства<sup>3</sup> и от того, насколько полно и качественно удастся их мобилизовать, и будет зависеть то, насколько успешно можно будет освоить выявленный коммерческий потенциал.

3 - более подробно - см. 3

**Источники информации:**

1. Суслов А.В. О востребованности, работоспособности и окупаемости воздушных тепловых насосов в условиях России// Холодильная Техника. 2009. № 12
2. Доклад на симпозиуме «Мир Климата-2010», 10.03.2010, Мультизональные системы General Climate DV-max D4 EVI с эффективным тепловым насосом до -25С наружного воздуха. Кутдюсов Т.А. <http://www.climatexpo.ru/>
3. Суслов А.В. Проблемы маркетинга воздушных тепловых насосов в России
4. <http://www.hvacnews.ru/>

5. <http://leacond.com.ua/n>
6. <http://www.m-2.ru/>
7. <http://www.vashdom.ru/>
8. <http://www.komtekc.ru/>
9. <http://www.eheatgroup.com/>
10. <http://www.geothermalheatpumpmarket.com/>
11. <http://www.siltumpumpis.lv/>
12. <http://www.siltumpumpis.lv/>
13. <http://www.sulpu.fi/>
14. <http://www.viss.lv/>
15. <http://www.building.co.uk/>
16. <http://subscribe.ru/>

## Высокотемпературные тепловые насосы большой мощности для теплоснабжения

*И. А. Султангузин, д.т.н., профессор;  
А. А. Потапова, инженер*

### Актуальность применения тепловых насосов большой мощности для систем централизованного теплоснабжения

Тепловые насосы позволяют переносить тепло от более холодного тела к более горячему посредством испарения и конденсации, использовать теплоту практически всех окружающих сред: воды, воздуха, грунта. Теплонасосные установки давно доказали свою эффективность благодаря тому, что передают потребителю в 3 – 5 раз больше энергии, чем затрачивают сами на ее передачу [1-3]. Кроме того, в тепловых насосах используются экологически чистые технологии практически без выбросов вредных веществ в окружающую среду [4,5].

Тепловые насосы малой мощности (до 100 кВт) получили широкое распространение в высокотехнологичных странах мира. Они компактны, надежны, экологичны, работают при низких температурах наружного воздуха зимой, а также способны осуществлять кондиционирование помещений в теплый период года.

Но если бурно развивается рынок маломощных тепловых насосов, то необходимо оценить перспективы применения тепловых насосов большой мощности (до 30 МВт и более) для модернизации и развития систем теплоснабжения. Их преимущества по сравнению с тепловыми насосами малой мощности заключаются в следующем:

- более низкие удельные капиталовложения (на 1 кВт тепловой мощности);
- меньшая занимаемая площадь по сравнению с большим количеством маломощных тепловых насосов;
- более высокие технико-экономические показатели отдельных элементов (например, изотропный КПД компрессора) и теплового насоса в целом.

В нашей стране наиболее крупные парокомпрессионные тепловые насосы с винтовыми компрессорами производят в Новосибирске (ЗАО «Энергия»

тепловой мощностью 500 – 3000 кВт (большая мощность достигается за счет объединения блоков по 500 кВт) [3,6], с центробежными компрессорами – в Казани (НПО «Казанькомпрессормаш») тепловой мощностью до 8.5 – 11.5 МВт [7].

В мире наиболее крупные парокомпрессионные тепловые насосы имеют тепловую мощность до 30 МВт с двухступенчатыми центробежными компрессорами [3,7-10]. Для теплоснабжения Стокгольма (Швеция) построена и работает станция тепловых насосов с 6-ю агрегатами общей мощностью 180 МВт. В качестве источника теплоты используется морская вода, в зимний период температура которой опускается до +2 - +4°C [10,11]. В Хельсинки (Финляндия) и Осло (Норвегия) работают тепловые насосы на сточных водах [9,10,12]. В летний период они производят одновременно тепло для горячего водоснабжения и холод для кондиционирования крупных торговых и бизнес-центров.

Реализация тепловых насосов большой мощности наиболее эффективна в крупных городах, где большие тепловые и холодильные нагрузки в течение длительного периода, где остро стоит проблема утилизации отходов, в том числе и тепловых, таких как сточные воды [4].

Климатические условия в Санкт-Петербурге, Калининграде являются наиболее близким к скандинавским странам. Также температурные условия атмосферного воздуха в зимний период в северных странах Европы близки к значительной части территории России. В связи с этим географические области применения тепловых насосов в России могут быть существенно расширены [4].

На первом этапе развития систем теплоснабжения на основе тепловых насосов необходимо выделить наиболее перспективные направления:

- крупные мегаполисы, где остро стоят экологические проблемы (Москва, Санкт-Петербург) [4];
- города, где нет природного газа, где относительно дешевая электроэнергия и используются электрические котлы (Красноярск);



- южные города с круглогодичной потребностью в тепловой энергии (ГВС, отопление, вентиляция) и в холоде (в т.ч. для кондиционирования) (Краснодар, Сочи).

В качестве источников энергии для тепловых насосов могут быть использованы различные среды: морская и речная вода, грунт и грунтовые воды, сточные воды, обратная сетевая вода систем теплоснабжения, уходящие газы котлов и т.д. Необходимо разработать концепцию применения оптимальных систем с тепловыми насосами для каждого из этих регионов.

В традиционной системе теплоснабжения температура воды в подающем трубопроводе теплового ввода составляет 150°C, во вторичной сети 95°C, а в сети ГВС 60-70°C [1]. Чем выше температура в подающем трубопроводе, тем большее количество тепловой энергии переносится к потребителям тепловой энергии меньшим количеством перекачиваемой воды на большие расстояния.

Но если при сжигании ископаемого топлива в водогрейных котлах с температурой 1000 - 1500°C нагревается вода до 100 - 150°C, то эксергия топлива снижается в 10 раз. При отоплении жилых и общественных зданий необходимо поддерживать внутреннюю температуру на уровне 20 - 22°C

[1,13]. В тепловых насосах реализуется идея перекачки теплоты от низкотемпературного источника, в пределе соответствующем температурным параметрам окружающей среды. В этом случае разность температур источника и потребителя тепловой энергии будет минимальной.

В последние годы достигнут большой прогресс в получении новых строительных материалов с повышенными теплоизоляционными свойствами, разработаны технологии утепления существующих зданий. Во многих странах, включая Россию, пересматриваются нормы потерь теплоты от ограждений и оконных стекол в окружающую среду [4,13], соответственно, снижается требуемая температура теплового источника, например, при отоплении через пол температура подающей воды может составлять 40 - 45°C, что выгодно для применения тепловых насосов.

Однако наличие дешевого природного газа в условиях России делает тепловые насосы дорогими и малодоступными из-за относительно высоких капитальных вложений. Это приводит к большим срокам окупаемости. В ближайшей перспективе цены на газ будут расти, и могут выйти на уровень, близкий к мировым ценам, что существенно повысит конкурентоспособность тепловых насосов [2].

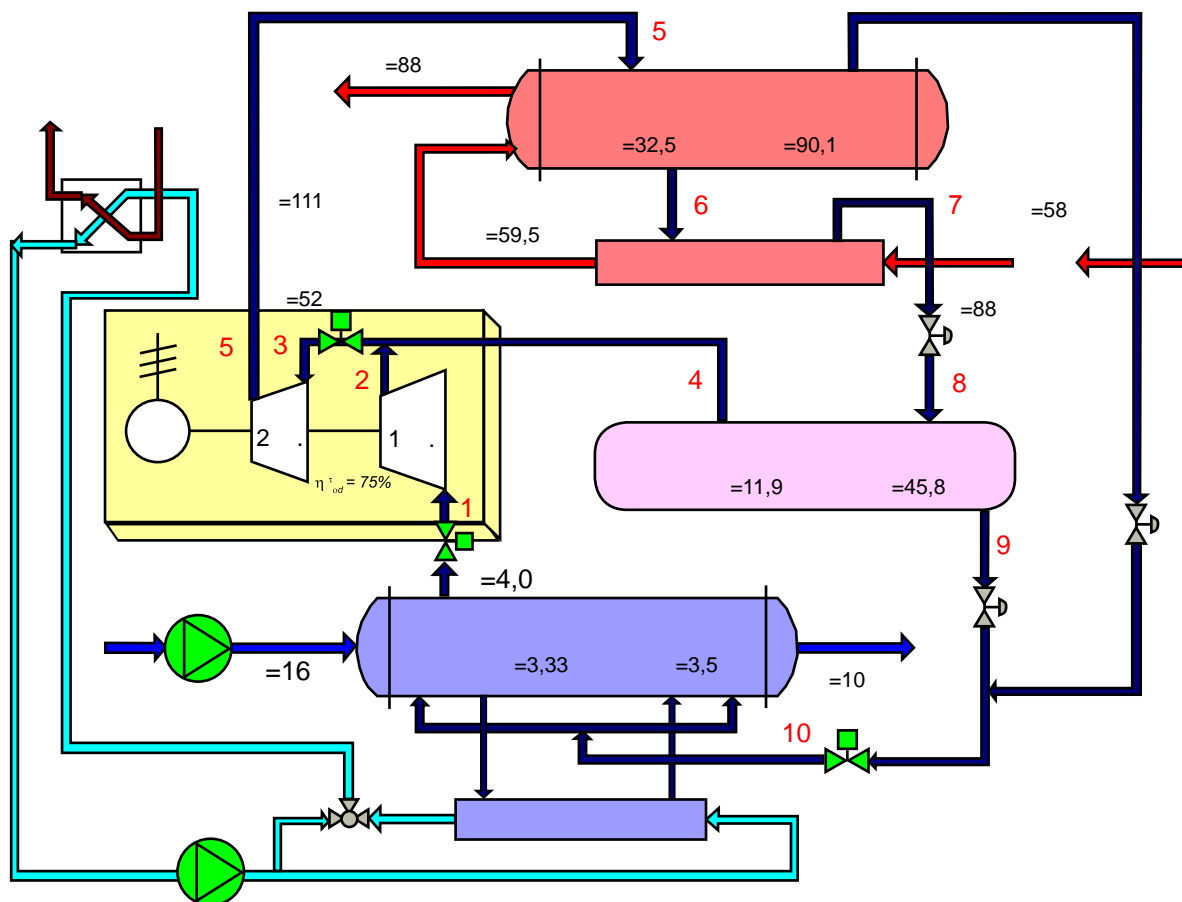


Рисунок 1. Тепловая схема высокотемпературного теплового насоса при использовании тепла сточных вод

Таким образом, развитие систем централизованного теплоснабжения с применением тепловых насосов требует разработки новых принципов и новых нормативов. Достоинство тепловых насосов заключается также в том, что они могут быть встроены и в существующие системы теплоснабжения. Крупные теплонасосные установки могут «перекачивать» тепло от источника с температурой 0 – +15°C до 70 – 90°C. Одноступенчатые тепловые насосы хорошо работают при нагреве рабочей среды до 60°C [6], что ограничивается степенью повышения давления в ступени компрессора не более 7-12 [1]. Для обеспечения более высоких температур нагрева используются двухступенчатые [9,12] или каскадные схемы теплонасосных установок [6]. Переход к более сложным тепловым схемам позволяет повысить коэффициент трансформации тепла теплонасосных установок, но при этом возрастают капитальные затраты.

### Расчет теплового насоса на сточных водах

В качестве примера рассмотрим работу теплового насоса с 2-х ступенчатым центробежным компрессором и промежуточным сосудом с тепловой мощностью 17 МВт. На рис. 1 представлена схема такого теплового насоса с температурой в испарителе 3,5°C и в конденсаторе 90,1°C. В качестве рабочего тела в тепловом насосе используется хладагент R-134a (1,1,1,2-тетрафторэтан CH<sub>2</sub>F-CF<sub>3</sub>) с температурой 101,08°C и давлением 40,603 бар в критической точке, не оказывающий влияния на озоновый слой. Для выявления взаимосвязи термодинамических параметров во всех точках рабочего процесса (давления P, температуры T, молярного объема V, теплоемкости с<sub>p</sub>, энтальпии H и энтропии S) исследуемого хладагента, как реального газа, было применено уравнение состояния Пенга-Робинсона, являющееся одним из наиболее точных в области, близкой к критической точке [14]:

$$P = \frac{RT}{V - b} - \frac{aa}{V(V + b) + b(V - b)}$$

где P – давление (МПа), T – температура (К), V – молярный объем (м<sup>3</sup>/кмоль), R = 0,0083144 МПа·м<sup>3</sup>/кмоль·К [кДж/(моль·К)], a, b, α – коэффициенты, определяемые на основе термодинамических свойств хладагента в критической точке [15]. Коэффициент сжимаемости Z входит в уравнение состояния реального газа вещества в виде

$$Z = \frac{PV}{RT}$$

Изменения значений энтальпии H<sub>p,T</sub> [Дж/моль] и энтропии S<sub>p,T</sub> [Дж/(моль·К)] для давления P и температуры T при последовательном переходе от одной точки рабочего процесса к другой определялись на основе термодинамических расчетов, алгоритм которых представлен в [15]. Погрешность определения термодинамических параметров в соответствии с указанными алгоритмами по сравнению с табличными данными [16] не превышала 2%. При расчете двухступенчатого теплового насоса с промежуточным сосудом и двухступенчатым дросселированием расходы хладагента в контурах низкого G<sub>L</sub> и высокого давления G<sub>H</sub> определяются из энергетического баланса для промежуточного сосуда в адиабатных условиях:

$$G_H \cdot (h_4 - h_9) = G_L \cdot (h_4 - h_9)$$

где h<sub>4</sub>, h<sub>8</sub> и h<sub>9</sub> – удельные энтальпии [кДж/кг] в рабочих точках процесса 4, 8 и 9 (см. рис.1). Откуда вытекает отношение расхода хладагента в контуре высокого давления G<sub>H</sub> к расходу в контуре низкого давления G<sub>L</sub>

$$\frac{G_H}{G_L} = \frac{(h_4 - h_9)}{(h_4 - h_8)} = \frac{1 + \delta}{1} = \frac{(422,7 - 262,5) \text{ кДж/кг}}{(422,7 - 340,7) \text{ кДж/кг}} = 1,954$$

где δ – доля пара из промежуточного сосуда по отношению к пару из 1-ой ступени компрессора, тогда 1 + δ – расход пара во 2-ой ступени компрессора. Получаем δ = 0.954. Энтальпия пара в точке 3, поступающего во 2-ую ступень компрессора высокого давления, определяется из уравнения смешения пара, выходящего из промежуточного сосуда (точка 4) и из 1-ой ступени компрессора низкого давления (точка 2) [17]:

$$h_3 = \frac{h_2 + \delta \cdot h_4}{1 + \delta} = \frac{439,8 + 0,954 \cdot 422,7}{1,954} = 431,4 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

В расчетах процессов сжатия в ступенях компрессора при определении удельных энтальпий h<sub>2</sub> и h<sub>5</sub> изоэнтропный КПД принимался равным 0.75 [11]. Тепловой насос на конденсаторе и охладителе может выдавать тепловую мощность Q<sub>конд</sub> = 17000 кВт и нагревать воду с t<sub>гв1</sub> = 58°C до t<sub>гв2</sub> = 88°C. Расход хладагента в верхнем контуре равен:

$$G_H = \frac{Q_{\text{конд}}}{h_5 - h_7} = \frac{17000 \text{ кВт}}{(462,5 - 340,7) \text{ кДж/кг}} = 139,6 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 502,5 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

Расход хладагента в нижнем контуре:

$$G_L = \frac{G_H}{1 + \delta} = \frac{136,6 \text{ кг/с}}{1,954} = 71,44 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 257,2 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

Потребление механической энергии на привод 1-ой, 2-ой ступени и компрессора в целом равно:

$$N_{K1} = G_L \cdot (h_2 - h_1) = 71,44 \text{ кг/с} \cdot (439,8 - 403,5) \text{ кДж/кг} = 2593 \text{ кВт}$$

$$N_{K2} = G_H \cdot (h_5 - h_3) = 139,6 \text{ кг/с} \cdot (462,5 - 431,4) \text{ кДж/кг} = 4341 \text{ кВт}$$

$$N_{K\Sigma} = N_1 + N_2 = 2593 \text{ кВт} + 4341 \text{ кВт} = 6934 \text{ кВт}$$

Электромеханический КПД электродвигателя на валу компрессора принимается равным η<sub>эм</sub> = 0.98. Потребление электрической энергии на привод компрессора равно:

$$N_3 = \frac{N_{K\Sigma}}{\eta_{\text{эм}}} = \frac{6934 \text{ кВт}}{0,98} = 7075 \text{ кВт}$$

Коэффициент трансформации тепла определяется по формуле:

$$\mu = \frac{Q_{\text{конд}}}{N_3} = \frac{17000 \text{ кВт}}{7075 \text{ кВт}} = 2,40$$

При подаче в испаритель охлаждаемой воды в летний период вместо сточных вод, тепловой насос помимо тепла может производить холод для систем кондиционирования, при этом его холодопроизводительность будет равна:

$$Q_{\text{хл}} = G_L \cdot (h_1 - h_{10}) = 71,44 \text{ кг/с} \cdot (403,5 - 262,5) \text{ кДж/кг} = 10073 \text{ кВт}$$

На основе результатов расчета построены диаграммы тепловых процессов (давление P – энтальпия H) и (температура T – энтропия S) и представлены на рис. 2 и 3.

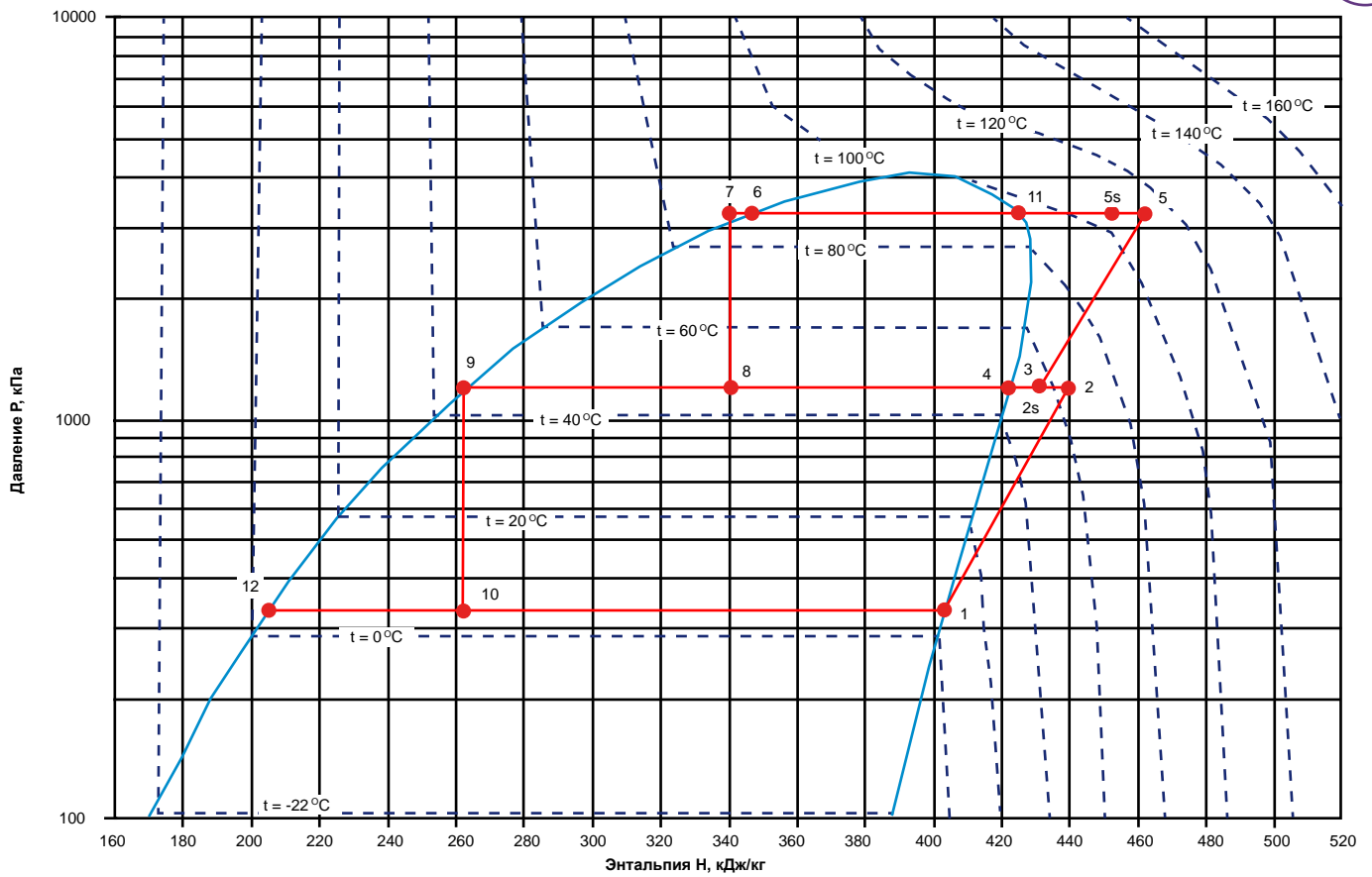


Рисунок 2. PН-диаграмма тепловых процессов работы двухступенчатого теплового насоса на хладагенте R-134а на сточных водах

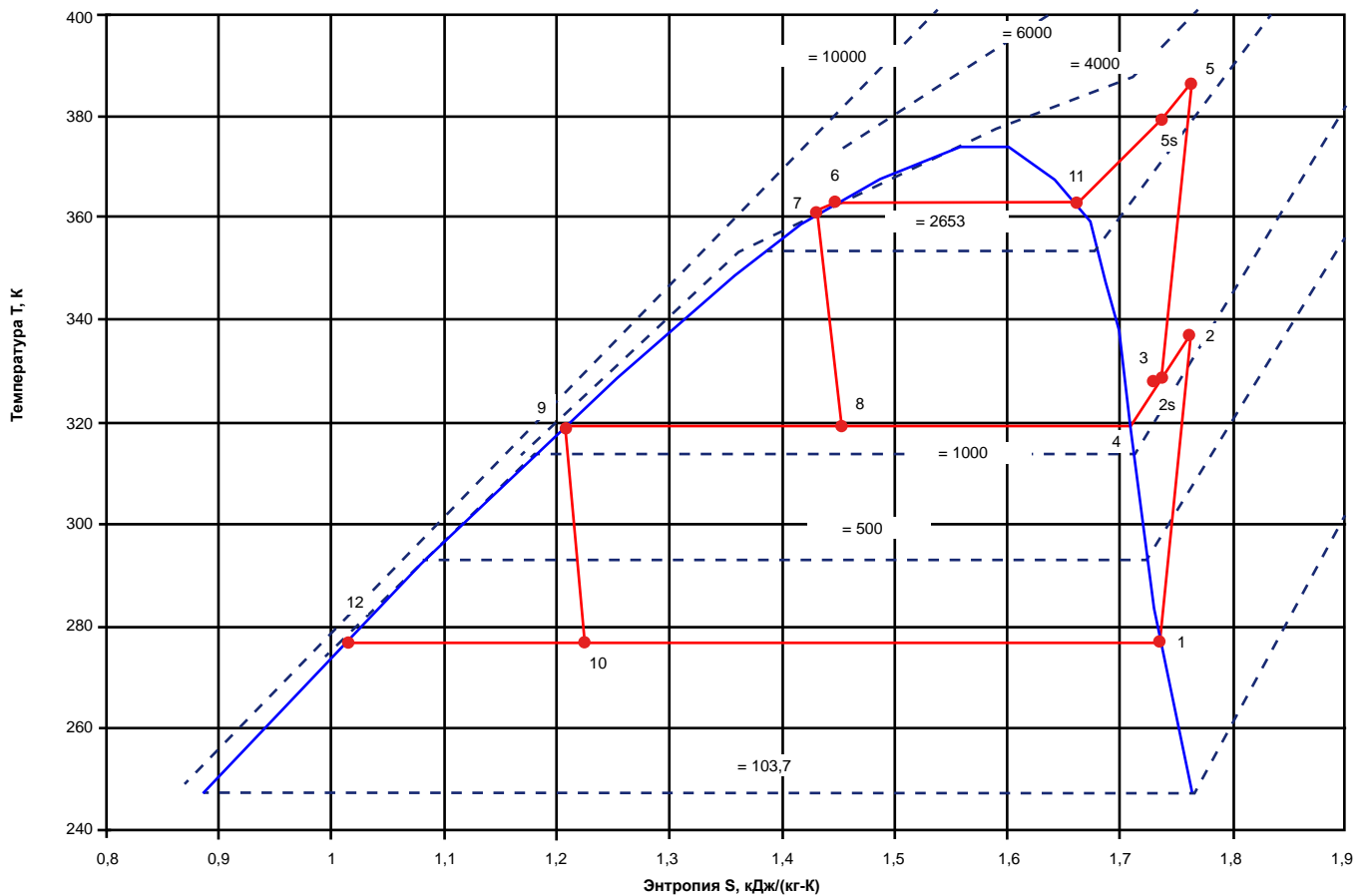


Рисунок. 3. TS-диаграмма тепловых процессов работы двухступенчатого теплового насоса на хладагенте R-134а на сточных водах

Коэффициент трансформации тепла  $\mu = 2.4$  получился недостаточно большим, однако нужно учитывать, что специально выбирался вариант расчета теплового насоса с большим диапазоном разности температур хладагента в испарителе и конденсаторе недоступный для большинства других типов тепловых насосов [6].

$$\Delta t = t_{\text{конд}} - t_{\text{исп}} = 90,1 - 3,5 = 86,6^{\circ}\text{C},$$

### Результаты расчета теплового насоса на обратной сетевой воде

В статье [18] рассматривается возможность применение тепловых насосов, использующих теплоту обратной сетевой воды в непосредственной близости от потребителей (на ЦТП, пиковой котельной и т.д.), которая возвращается на ТЭЦ из системы централизованного теплоснабжения [2].

Одним из важных достоинств такой тепловой схемы является снижение температуры обратной воды, что позволит повысить комбинированную выработку электроэнергии на ТЭЦ на тепловом потреблении. Это тем более актуально в связи с тем, что температура обратной сетевой воды постоянно завышается, чему много разных причин, и не только технических. В двух таких разных городах, как Краснодар на юге и Красноярск на северо-востоке, было отмечено превышение температура воды в обратной линии систем теплоснабжения в зимний период над нормативной по тепловому графику на 5-8 $^{\circ}\text{C}$ .

Для сравнения был проведен расчет рассмотренного выше теплового насоса на тепле обратной сетевой воды. Было принято, что температура хладагента в конденсаторе равна тем же 90,1 $^{\circ}\text{C}$ , а в испарителе 40 $^{\circ}\text{C}$ . Часть сетевой воды, поступающая из обратного трубопровода системы теплоснабжения, направляется в испаритель, где охлаждается с 58 до 46 $^{\circ}\text{C}$  и затем возвращается на ТЭЦ. Вода из обратной линии внутреннего контура системы отопления локального потребителя, направляется в конденсатор теплового насоса и нагревается с 58 до 88 $^{\circ}\text{C}$  для возврата потребителю.

На рис. 4 представлена РН-диаграмма тепловых процессов, происходящих при работе теплового насоса на обратной сетевой воде. При тепловой мощности конденсатора  $Q_{\text{конд}} = 17000$  кВт потребление электрической энергии на привод компрессора составит  $N_{\text{э}} = 4050$  кВт, а коэффициент трансформации тепла –  $\mu = 4,20$ .

При определении мест для установки и наиболее эффективной работы тепловых насосов в системе централизованного теплоснабжения необходимо определить приоритетную шкалу их энергетической и экономической эффективности. Для определения такой шкалы наиболее интересной представляется работа [19], согласно которой тепловые насосы должны в первую очередь замещать электрические котлы и водогрейные котлы на органическом топливе и не снижать комбинированную выработку электроэнергии ТЭЦ на тепловом потреблении.

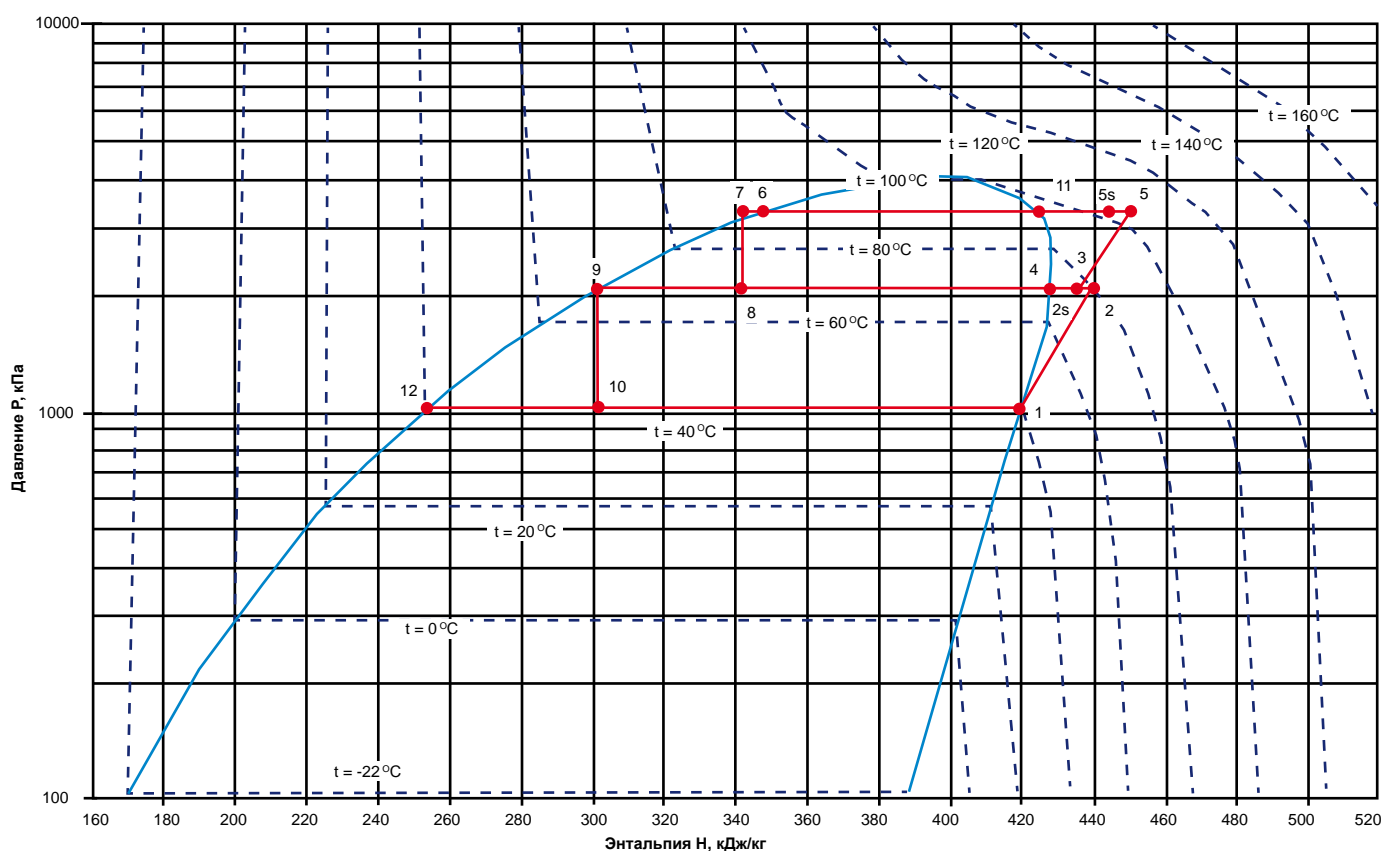


Рис. 4. РН-диаграмма тепловых процессов работы двухступенчатого теплового насоса на хладагенте R-134a на обратной сетевой воде

## Проблемы разработки и применения тепловых насосов большой мощности

Более 30 лет в нашей стране обсуждается вопрос о целесообразности производства крупных тепловых насосов [5,7,8,20]. Тепловые насосы НТ-8500 и НТ-11500, созданные в 1987 – 1992 годах Казанским заводом компрессорного машиностроения на основе разработок ВНИИХолодмаша [7], не нашли широкого применения по ряду экономических, экологических и технических причин.

Для создания современных тепловых насосов большой мощности необходимо несколько сопутствующих факторов: государственная программа целевого финансирования; законодательство, стимулирующее применение энергосберегающего и экологически чистого оборудования; уровень цен на энергетические ресурсы, вынуждающий потребителей внедрять энергосберегающую технику.

Другим вариантом (не альтернативным) является закупка зарубежного теплового насоса большой мощности для демонстрационного проекта теплоснабжения (например, в Москве, Санкт-Петербурге, Красноярске или Сочи). В условиях относительно низких цен на природный газ эффективным может стать проект создания теплового насоса с газотурбинным приводом [7,8] и утилизацией тепла в котле-утилизаторе.

Сложность регулирования тепловых нагрузок в течение суток и сезона предъявляет повышенные требования к системам управления тепловым насосом. Современные тепловые насосы позволяют регулировать тепловую нагрузку в диапазоне 10 – 100% благодаря изменению положения регулирующих аппаратов перед ступенями компрессора.

Также могут быть разработаны различные высокоэффективные тепловые схемы теплоснабжения с тепловыми насосами [2,4,6,9,12,18,19] с учетом конкретных условий региона. В отопительный период тепловому насосу выгодно покрывать базовую часть тепловой нагрузки, а кратковременную пиковую нагрузку оставлять электрическому или водогрейному котлу на газе. Эффективность теплового насоса возрастет, если в летний период он будет покрывать одновременно холодильную нагрузку (например, для кондиционирования) и тепловую нагрузку для горячего водоснабжения.

## Проблема разработки хладагентов для тепловых насосов, не влияющих на глобальное потепление и озоновый слой

R-134a является хладагентом третьего поколения не влияющим на озоновый слой ( $ODP = 0$ ), но воздействующим на парниковый эффект с потенциалом глобального потепления  $GWP = 1340$  по сравнению с  $CO_2$ . В настоящее время идут разработки хладагентов 4-го поколения с  $GWP < 150$ . Получен хладагент R-1234yf ( $CF_3-CF=CH_2$ ) [21], являющийся изомером фтористых пропиленов (3,3,3,2-тетрафторпропилен) с  $GWP = 4$  и  $ODP = 0$ , основное назначение которого является применение в автомобильных кондиционерах.

Разработана директива ЕС [22], согласно которой с 2011 года все новые модели автомобилей

должны использовать хладагенты с минимальным воздействием на глобальное потепление. С 2017 года абсолютно все автомобили должны иметь такие кондиционеры и хладагенты. Можно предположить, что вслед за хладагентами 4-го поколения для кондиционеров автомобилей перейдут к экологичным хладагентам для стационарных систем кондиционирования, тепловых насосов и холодильных машин.

Хладагент R-1234yf не обеспечивает всех потребностей систем, основанных на принципе трансформации тепла. Для сравнения его критическая температура  $96^\circ C$  на 5 градусов ниже, чем у R-134a, следовательно в условиях работы высокотемпературного теплового насоса выбор R-1234yf не будет оптимальным. Необходимо искать новые хладагенты и доказывать, что они имеют  $GWP < 150$ , а также являются нетоксичными, невзрывоопасными.

Таким образом, необходимо найти новые хладагенты 4-го поколения, спрогнозировать и подтвердить их термодинамические свойства, разработать технологии их производства, оценить их энергетическую и экологическую эффективность, как заменителей хладагентов 3-го поколения.

## Выводы

1. Расчеты показывают, что высокотемпературные тепловые насосы большой мощности с двухступенчатыми центробежными компрессорами могут обеспечить нагрев горячей воды до  $85 - 90^\circ C$  и иметь коэффициент трансформации тепла  $\mu = 2.3 - 2.6$  на сточных водах, морской и речной воде,  $\mu = 4.0 - 5.0$  на обратной сетевой воде в зависимости от температуры хладагента в испарителе.

2. Необходимо определить наиболее эффективные тепловые схемы с высокотемпературными тепловыми насосами для систем централизованного теплоснабжения в различных регионах России.

3. Необходимо разработать новые хладагенты для высокотемпературных тепловых насосов, не влияющие на глобальное потепление и озоновый слой.

## Литература

- Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. – М.: Энергоиздат, 1981. – 320 с.
- Фролов В.П., Щербаков С.Н., Фролов М.В., Шелгинский А.Я. Эффективность использования тепловых насосов в централизованных системах теплоснабжения // Новости теплоснабжения. - 2004. - N 7.
- Горшков В.Г. Тепловые насосы. Аналитический обзор // Справочник промышленного оборудования. 2004, сентябрь-октябрь №2. С. 47-80.
- Васильев Г.П. Эффективность и перспектива использования тепловых насосов в городском хозяйстве Москвы // Энергосбережение. - 2007. - N 8. - С.63-65.
- Накоряков В.Е., Елистратов С.Л. Экологические аспекты применения пароконденсационных тепловых насосов // Изв. РАН. Энергетика. - 2007. - N 4. - С.76-83.
- Бурдуков А.П., Петин Ю.М. Технология использования геотермального и сбросного тепла предприятиями // Проблемы нетрадиционной энер-

гетики. Материалы научной сессии Общего собрания Сибирского отделения СО РАН.– Новосибирск, 13 декабря 2005 г.-11 с.

7. Калнинь И.М., Савицкий И.К. Тепловые насосы: вчера, сегодня, завтра // Холодильная техника. - 2000. - N 10. - С. 2-6.

8. Проценко В.П. Проблемы использования теплонасосных установок в системах централизованного теплоснабжения // Энергетическое строительство. - 1994. - N 2. - С.29-34.

9. Bailer P., Pietrucha U. District heating and district cooling with large centrifugal chiller – heat pumps // Proc. 10th International Symposium on District Heating and Cooling. 3-5 September 2006, Hanover, Germany. – 8 p.

10. Zogg M. History of Heat Pumps. Swiss Contributions and International Milestones. -Oberburg: Process and Energy Engineering CH-3414, Switzerland. 2008. – 114 p.

11. Gabriellii C., Vamling L. Drop-in replacement of R22 in heat pumps used for district heating – influence of equipment and property limitations // International Journal of Refrigeration. – 2001. - Vol. 24. - P. 660-675.

12. Unitop 50FY Type Heat Pump from FrioTherm is Upgrading Untreated Sewage of 9.6°C to Heating Energy of 90°C in Oslo. FrioTherm, 2003. [www.frioTherm.com/downloads/skoeyen\\_e11.pdf](http://www.frioTherm.com/downloads/skoeyen_e11.pdf).

13. Дмитриев А.Н., Монастырев П.В., Сборщиков С.Б. Энергосбережение в реконструируемых зданиях. М.: Издательство АСВ, 2008. – 208 с.

14. Брусиловский А.И. Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа. - М.: Грааль, 2002. - 575 с.

15. Уэйлес С. Фазовые равновесия в химической технологии: В 2-х ч. Ч. 1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 304 с.

16. Thermodynamic Properties of HFC-134a (1,1,1,2-tetrafluoroethane) // DuPont Suva refrigerants. Technical Information T-134a-SI. – 2004. – 30 P.

17. Холодильные компрессоры. Справочник / Бежанишвили Э.М., Быков А.В., Гуревич Е.С. и др. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 280 с.

18. Николаев Ю.Е., Бакшеев А.Ю. Определение эффективности тепловых насосов, использующих теплоту обратной сетевой воды ТЭЦ // Промышленная энергетика. - 2007. - N 9. - С.14-17.

19. Богданов А.Б. Применение тепловых насосов в «большой» энергетике // X всероссийская научно-практическая конференция «Эффективность систем жизнеобеспечения города». Красноярск. 25-26 ноября 2009 года.

20. Быков А.В., Калнинь И.М., Цирлин Б.Л. Перспективы создания крупных турбокомпрессорных машин для теплонасосных установок // Теплоэнергетика. - 1978. - N 4. - С. 25-28.

21. Calm J.M. The next generation of refrigerants – Historical review, consideration, and outlook // International Journal of Refrigeration. – 2008. - Vol. 31. - P. 1123-1133.

22. Directive 2006/40/EC of The European Parliament and of the Council of 17 May 2006 relating to emissions from air-conditioning systems in motor vehicles and amending Council Directive 70/156/EC, 2006. Official Journal of the European Union. <http://tinyurl.com/lxw8nm>.

## Новое теплоснабжение в 21 веке

Схемы теплоснабжения  
городов:

- Алушта
- Запорожье
- Полтава
- Кременчуг
- Феодосия



Энергосервисная компания  
«Экологические Системы»

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



## Проект строительства теплонасосной станции мощностью 17.4 МВт на сбросном тепле сточных вод в Запорожье

**Василий Степаненко, директор энергосервисной компания «Экологические Системы»**

**Игорь Лайтерман, зам. генерального директора концерн «Городские тепловые сети», Запорожье**

В настоящее время в мировой практике накоплен достаточный опыт строительства теплонасосных станций с утилизацией сбросного тепла сточных вод. В Украине к началу 2009 года семь городов уже приступили к обоснованию экономической эффективности проектов теплонасосных станций различной мощности для использования в системах городского теплоснабжения.

В Украине системы канализации с очисткой сточных вод эксплуатируются в 427 городах, 515 поселках городского типа и в 856 селах, общий годовой объем коммунально-бытовых стоков составляет близко 3200 млн м<sup>3</sup>. В таблице 1 приведены данные о потенциале сбросного тепла сточных вод в Украине (1).

Одной из первых теплонасосных станций в мире была небольшая станция в Наффилд-Колледже (Оксфорд, Англия) мощностью 150 кВт на сточных водах, компрессор 31 кВт, построена в 1961 году. Особенно эффективным стал опыт Швеции (таб. 2), где с использованием сбросного тепла сточных вод было внедрено более трёх десятков теплонасосных станций с суммарной мощностью более 700 МВт.

Таблица 1. Оценка объёмов низкопотенциальной тепловой энергии сточных вод

№ п/п	Области	Общий потенциал тыс. МВтч/год	Технический потенциал	Целесообразно-экономический потенциал
1	Винницкая	1170	636	239
2	Волынская	761	383	144
3	Днепропетровская	9398	4825	1809
4	Донецкая	8550	4089	1533
5	Житомирская	1155	499	187
6	Закарпатская	903	378	142
7	Запорожская	3091	1535	576
8	Ивано-Франковская	1869	912	342
9	Киевская	9608	5086	1907
10	Кировоградская	836	451	169
11	Луганская	2971	1329	498
12	Львовская	4979	2616	981
13	Николаевская	1232	653	245
14	Одесская	3879	1735	651
15	Полтавская	1683	853	320
16	Ровенская	1701	523	196
17	Сумская	1024	456	171
18	Тернопольская	744	376	141
19	Харьковская	5273	2825	1059
20	Херсонская	870	448	168
21	Хмельницкая	1135	542	203
22	Черкасская	2229	774	290
23	Черновицкая	487	264	99
24	Черниговская	924	478	179
25	АР Крым	3312	1273	477
	ВСЕГО	69781	33939	12726

Таблица 2. Данные о строительстве ТНС на стоках в городах Швеции

№ п/п	Города	Мощность, МВт	Год
1	Гётеборг	2 x 29.0	1983
2	Карлстад	1 x 15.0	1984
3	Евле	1 x 14.0	1984
4	Эстерсунд	1 x 10.0	1984
5	Стокгольм Лидингё	1 x 11.0	1984
6	Эребру	2 x 20.0	1985
7	Умео	2 x 17.0	1985
8	Эслоу	1 x 80.0	1986
9	Гётеборг	2 x 42.0	1986
10	Стокгольм	4 x 30.0	1986
11	Стокгольм	2 x 20.0	
12		+ 2 x 30.0	1986

Идея проекта для Запорожья заключается в заплемении природного газа для горячего водоснабжения 136 тысяч человек, проживающих в Коммунарском районе, сбросным теплом сточных вод местного происхождения. Потенциал сбросного тепла сточных вод на центральных очистных сооружениях (ЦОС-1) Запорожья при суточных объемах сброса 140 000 м<sup>3</sup> составляет в среднем 40 МВт зимой и более 90 МВт тепловой мощности летом. Суммарные потребности в тепловой мощности для горячего водоснабжения жилых микрорайонов Коммунарского района Запорожья, прилегающих к ЦОС-1, составляют в среднем максимально 31 МВт. Таким образом, потенциал сбросного тепла сточных вод достаточен для работы теплонасосной станции в базовом режиме в составе централизованной системы горячего водоснабжения, источником пиковой мощности для обеспечения прохождения максимумов нагрузки ГВС являются существующие котельные.

#### Краткое описание современного состояния ЦОС-1

Центральные очистные сооружения (ЦОС-1) входят в состав системы канализации левобережной части Запорожья и расположены на левом берегу Старого Днепра. ЦОС-1 были значительно модернизированы в результате реализации проекта Европейского банка реконструкции и развития в период 2005-2008 гг. На ЦОС-1 поступают сточные воды от населения и предприятий левобережной части Запорожья. Перспективная проектная мощность очистных сооружений ЦОС-1 составляет 280 000 м<sup>3</sup>/сутки. В среднем на ЦОС-1 в 2008 г. поступало 140 000 м<sup>3</sup>/сутки сточных вод. На рис. 1 приведена фотография сооружения ЦОС-1.

Годовые колебания температуры сточных вод на выходных годовых колебания температуры сточных вод на выходе ЦОС-1 находятся в интервале 14-24°C, годовой объем сброса очищенных сточных вод в реку Днепр в среднем составляет 50.88 млн тонн. На рис. 2 показана фотография открытой части лотка сброса сточных вод. Длина открытой части лотка – 200 м, профиль – 2500\*2000 мм, высота столба воды в лотке – 1400 мм. Средняя скорость потока сточных вод в лотке составляет 0.3 м в секунду.



Рисунок 1. Сооружений на ЦОС-1

Значительная протяженность открытой части лотка позволяет использовать его конструкцию для отбора сбросного тепла сточных вод погружными теплообменниками блочного типа без изменения геометрии потока и лотка. Резерв территории площадки ЦОС-1 позволяет осуществить строительство ТНС в непосредственной близости к месту установки погружных теплообменников в открытой части лотка сточных вод.



Рисунок 2. Открытая часть лотка сброса сточных вод

На графиках 1,2 показаны суточные профили объема сбрасываемых стоков для рабочего и выходного дня.



График 1. Профиль рабочего дня

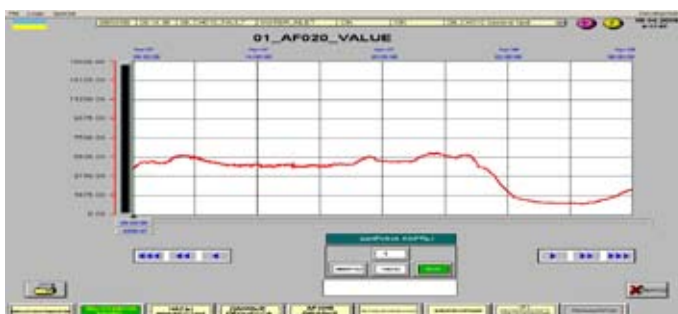


График 2. Профиль выходного дня



Потребление тепловой энергии на цели ГВС в Коммунарском районе составляет 182 000 Гкал по базе 2008 года. При этом, среднегодовая тепловая мощность ГВС составила 22.3 Гкал/час, а средняя пиковая мощность составила 31 Гкал/час. В дальнейшем возможно обеспечить поэтапное наращивание мощности ТНС до 45 МВт максимальной мощности. С выходом мощностей ЦОС-1 до планового уровня обработки 280 000 м<sup>3</sup> в сутки мощность ТНС может быть увеличена вдвое.

Для оптимальной рентабельности проекта ТНС необходимо обеспечить работу станции в базовом режиме потребления с коэффициентом использования мощности не ниже 0.9. Таким образом, базовая мощность ТНС составляет 17.4 МВт (5 блоков тепловых насосов по 3 МВт и 2.4 МВт тепловой мощности

от когенерационной установки, обеспечивающей электроснабжение ТНС).

Данные оценки потенциала тепловой энергии, которую можно извлечь из стоков, приведены в таблице 3. Данные о количестве стоков получены из отчетных данных ЦОС-1.

Объемы сброса стоков в месяц составляют в среднем более 4 000 тыс.м<sup>3</sup>.

Объемы сброса стоков в час составляют в среднем 5500 - 5 800 м<sup>3</sup>/час.

Минимальные значения расходов, зафиксированные на суточном графике на ЦОС-1, составляют 1000 м<sup>3</sup>/час.

Таблица 3. Потенциал тепловой энергии в сточных водах

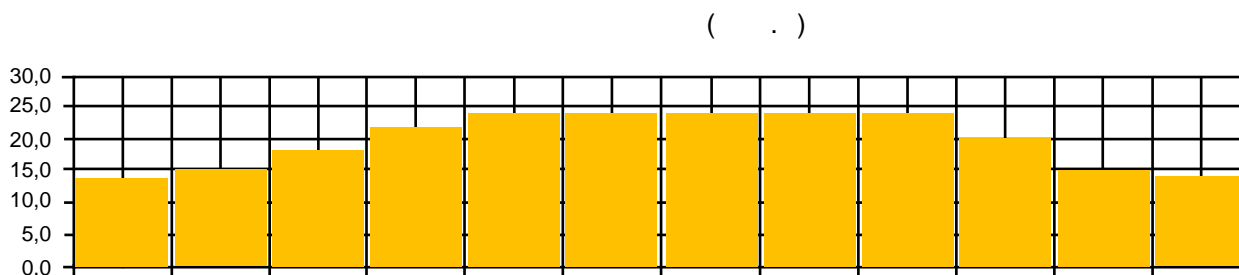
	Наименование	ед.изм	мин	средн.
1	Количество воды (час)	м <sup>3</sup> /час	2000,0	5500,0
2	Удельная теплоемкость	ккал/кгхК	1	1
3	Температура до	гр.С	18	18
4	Температура после	гр.С	8	8
5	Перепад температур	гр.С	10	10
6	Количество энергии ( час)	Гкал/час	20,00	55,0

Данные расчёта площади теплообменного аппарата (ТА), необходимой для обеспечения заданной мощности приведены в таблице 4.

Таблица 4. Данные расчёта площади теплообменного аппарата

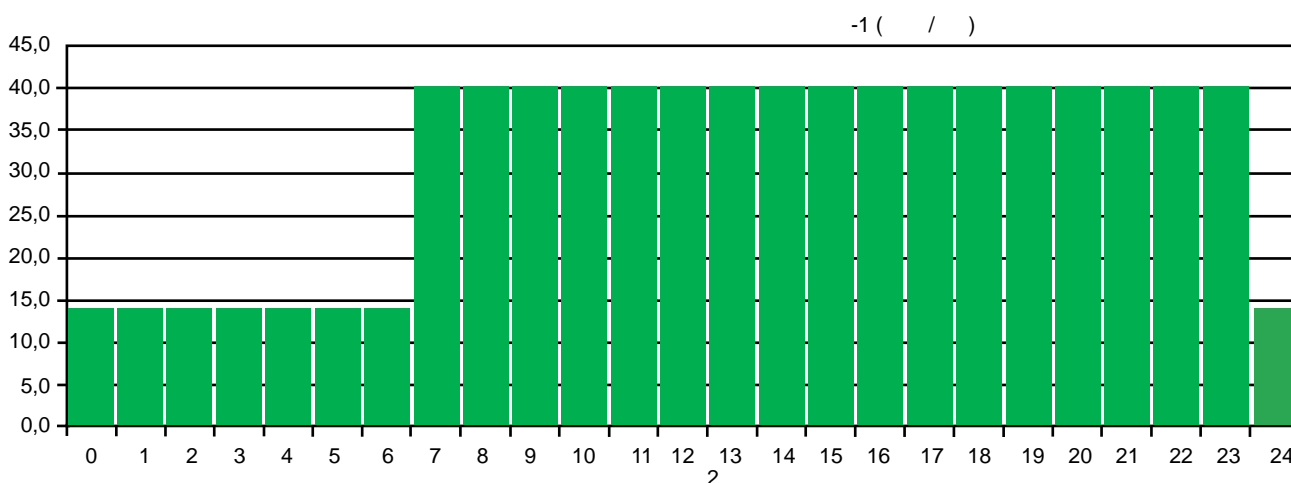
	Наименование	ед.изм	2
1	Площадь ТА	м <sup>2</sup>	2400,0
2	Перепад температуры воды	°С	10,0
3	Перепад температуры ТН	°С	7,0
4	Коэфф. теплопередачи	Вт/(м <sup>2</sup> хК)	1112
5	Коэфф. теплоотдачи ТН	Вт/(м <sup>2</sup> хК)	4000
6	Коэфф. теплоотдачи вода	Вт/(м <sup>2</sup> хК)	1600
7	Теплопроводность стенки ТА	Вт/мхК	52
8	Толщина стенки ТА	м	0,001
9	Теплопроводность накипи	Вт/мхК	2,00
10	Толщина накипи	м	0,000
11	T1 Температура воды до ТА	°С	18
12	T2 Температура воды после ТА	°С	8
13	T4 Температура ТН после	°С	8
14	T3 Температура ТН до	°С	1
15	дТ б (T2-T3)	°С	7
16	дТ м (T1-T4)	°С	10
17	Температурный напор	°С	8,411
18	Мощность	МВт	22,447

На гистограмме 1 приведено распределение температуры сточных вод на выходе ЦОС-1 на годовом интервале.



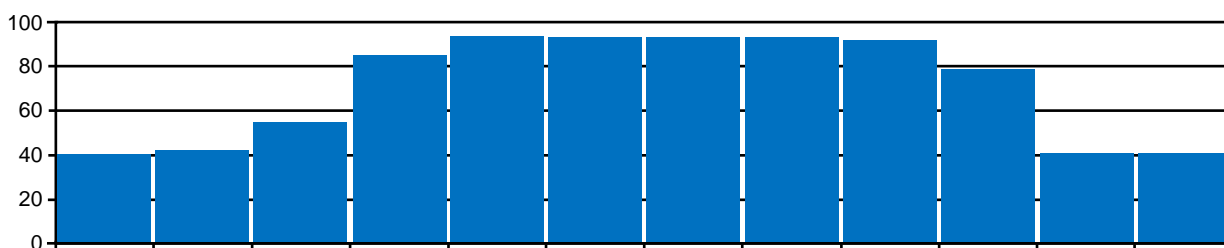
1

На гистограммах 2, 3 приведено распределение потенциала утилизации сбросного тепла ЦОС-1 с почасовым и помесечным шагом для базового дня и для базового года.



2

-1 ( / )



3

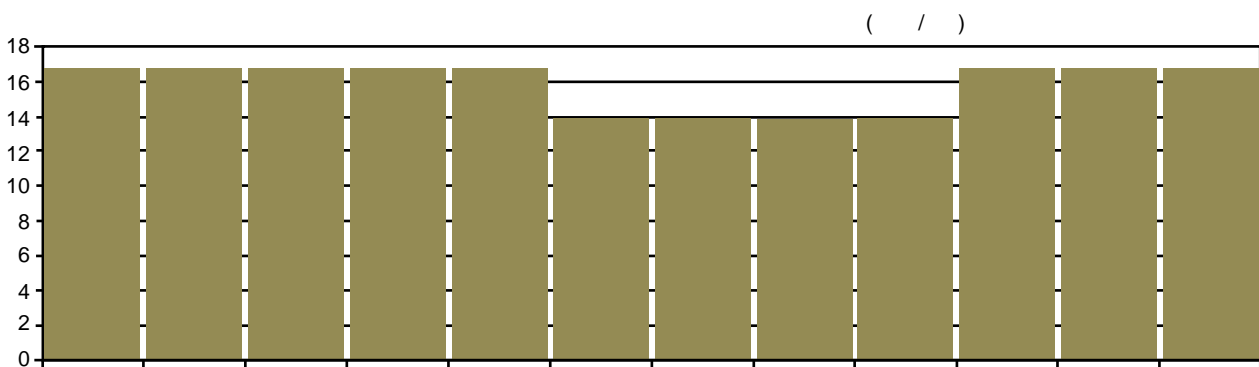
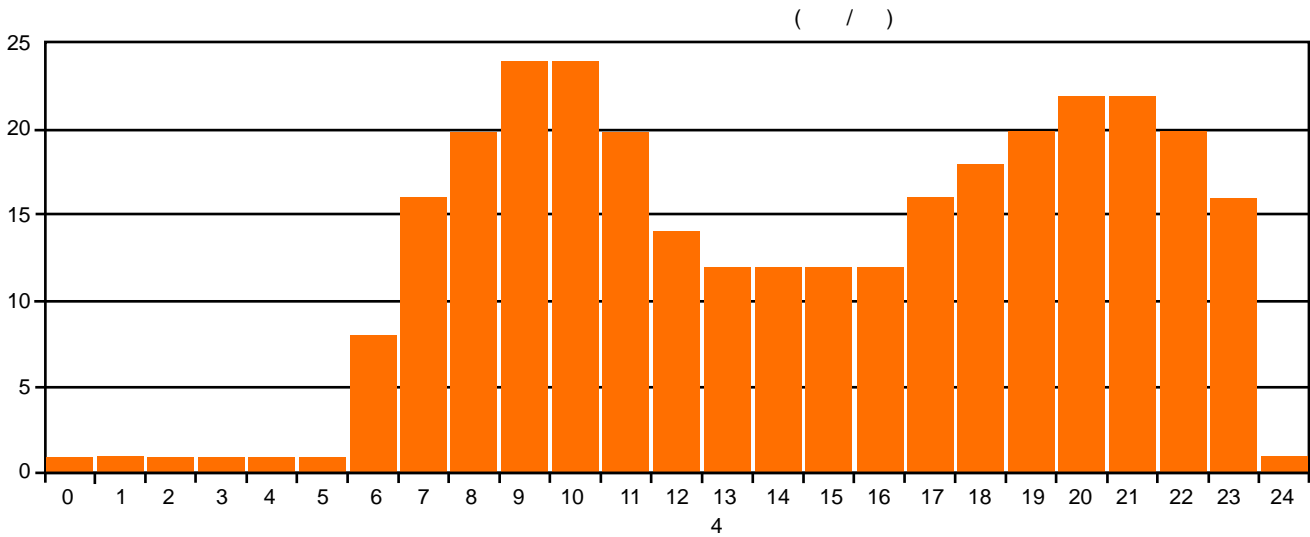
### Выбор площадки размещения ТНС

Структура ТНС включает блоки погружных испарителей, помещаемые в открытой части железобетонного лотка сточных вод, баки – аккумуляторы горячей воды, а также здание энергоблока, где будут размещены модули тепловых насосов, пиковый (или догревающий) электродкотёл, газопоршневая ТЭС собственных нужд, трансформаторный пункт, помещение для персонала и дополнительное оборудование. Максимальное удаление энергоблока от блоков погружного испарителя не должно превышать 300 – 400 м.

В непосредственной близости от открытой части железобетонного лотка сточных вод и прилегающих сооружений ЦОС-1 планируется строительство цеха

СС целью снижения стоимости электроэнергии и повышения рентабельности проекта основным режимом работы когенерационной установки предполагается манёвренный режим с использованием преимуществ тарифов на электроэнергию, дифференцированных по зонам суток. В этом режиме предполагается полное отключение КГУ в пиковые зоны суток с обеспечением разбора горячей воды в нагрузки из баков - аккумуляторов.

На гистограммах 4, 5 (ниже) приведено ожидаемое распределение передачи тепловой энергии ТНС в сеть на суточном и годовом интервалах времени с почасовым и помесечным шагом с учётом реального графика потребления в сети ГВС Коммунарского района.



5

утилизации иловых осадков. На проектом рубеже целесообразно рассматривать оба объекта как два отдельных энергоблока с общей инфраструктурой и энергетикой.

Предполагаемое размещение блока погружных теплообменников-испарителей - вдоль лотка сточных вод, соединение хладопроводами с основным зданием ТНС через эстакаду. Основное здание ТНС размещается на площадке рядом с существующей компрессорной.

Предполагается, что теплоснабжение ЦОС-1 будет осуществляться от ТНС. Существующий газопровод будет реконструирован и будет использоваться для газоснабжения когенерационной установки, входящей в состав ТНС .

Два бака - аккумулятора объёмом 3 000 м³ каждый предлагается расположить за территорией ЦОС-1 на площадке теплового пункта вдоль дороги на расстоянии 400 метров от здания ТНС. Вопросы энергоснабжения (электроснабжения и водоснабжения) в основном, предлагается решать на проектом рубеже с использованием резерва сетей и установленных мощностей ЦОС-1.

На рисунке 3 показано примерное расположение объектов ЦОС-1 на фрагменте спутниковой съёмки площадки ЦОС-1.

Отдельной планировкой показано размещение объектов цеха сжигания иловых остатков и энергоблока по производству тепловой и электрической энергии, планируемых к строительству в рамках отдельного проекта компании "Ресурс-Инжиниринг".

Эстакады, здание ТНС и баки-аккумуляторы находятся в непосредственной близости к открытой части лотка сточных вод возле существующей компрессорной станции. На рисунке 4 показана схема тепловых участков системы ГВС Коммунарского района Запорожья на базе ТНС на сточных водах.



Рисунок 3. Схема расположения ТНС на площадке ЦОС-1



Рисунок 4. Схема тепловых участков системы ГВС Коммунарского района Запорожья на базе ТНС на сточных водах

Погружные теплообменники-испарители предполагается устанавливать блоками в открытом бетонном лотке ЦОС-1, по которому протекают очищенные стоки. К каждому тепловому насосу подключены теплообменные блоки из батарей плоских теплообменников типа «Плейткойл» или «Экономкойл» с мощностью 5 МВт.

Конструкция теплообменного блока позволяет погружать его в лоток и поднимать для проведения профилактических работ по очистке поверхности блоков. Блок теплообменников на основе пластинчатых теплообменников типа «Экономкойл» показан на рисунке 5.

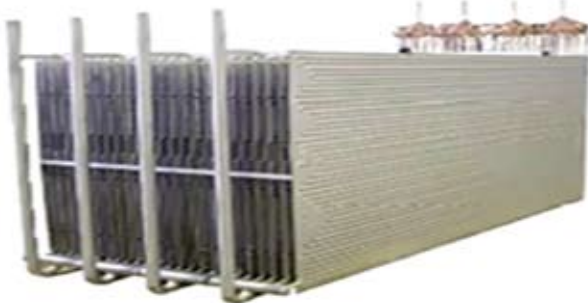


Рисунок 5. Блок теплообменников на основе пластинчатых теплообменников

«Экономкойл» состоит из двух металлических пластин, образующих серию каналов, по которым течет охлаждающая жидкость (фреон). В отличие от других типов пластинчатых теплообменников «Экономкойл» штампуется с каналами специальной

формы, которая обеспечивает малое падение давления при достаточно высокой эффективности.

Конструктивно блок теплообменников представляет собой батарею из одиночных теплообменников общей длиной 2 метра. Площадь теплообменного блока шириной 2 метра и с высотой 1 метр (34 элемента в батарее) составляет 136 м<sup>2</sup>. Для одного теплового насоса с мощностью 3 мВт необходима суммарная площадь поверхности теплообменника - испарителя 480 м<sup>2</sup> (при скорости потока 0.3 м в секунду и перепаде температур 8°C) или 4 блока длиной 2 метра.

Таким образом, необходимая рабочая длина открытого лотка для размещения одного комплекта погружных теплообменников - испарителей для ТН с мощностью 3 МВт составляет 10-12 метров. Суммарная длина лотка для отбора мощности 15 МВт составит 50-55 метров.

#### Схема ТНС с использованием когенерационной установки

Дальнейшее снижение стоимости потребляемой электроэнергии для ТНС может обеспечить применение когенерационной КГУ собственных нужд. В схеме ТНС по варианту 2 производство электроэнергии для работы тепловых насосов осуществляется когенерационной газопоршневой установкой мощностью 2.4 МВт. Одновременно, высокопотенциальное тепло КГУ также используется для приготовления горячей воды.

Эта схема показана на рисунке 6, где питание 5-ти высокотемпературных ТН мощностью 3 МВт каждый осуществляется от КГУ мощностью 2.4 МВт, работающей на природном газе. Суммарная мощность энергоблока по производству горячей воды составит 14,98 Гкал.

Передача тепловой энергии от ТНС в нагрузки также осуществляется по двум схемам:

- Схема 1. ТНС в отдельном контуре подогревает до 85°C химводоочищенную воду из обратного контура котельной по ул. Парамонова и по отдельному трубопроводу подаёт подогретую воду на площадку котельной. Движение теплоносителя обеспечивается сетевыми насосами котельных. При этом экономия природного газа обеспечивается за счёт снижения нагрузки на действующую котельную.

- Схема 2. ТНС в отдельном контуре подогревает до 75°C сырую холодную воду и по отдельному трубопроводу подаёт подогретую воду в сеть ГВС Южного жилмассива. При этом ТНС подпитывает сеть ГВС, а экономия природного газа обеспечивается за счёт снижения нагрузки на действующую котельную. Сетевой напор обеспечивает насосная станция с регулируемым приводом, позволяющая поддерживать оптимальный напор в сети, независимо от водоразбора. Баки - аккумуляторы горячей воды обеспечивают буферное накопление горячей воды в периоды минимального разбора и поддержку необходимых расходов в пиковые периоды. В данной схеме устанавливаются 2 бака по 1000 м<sup>3</sup> с общей емкостью 2000 м<sup>3</sup>. Установленный объем баков может поддерживать бесперебойную подачу горячей воды в нагрузки в течение 10 часов при отключенной ТНС.

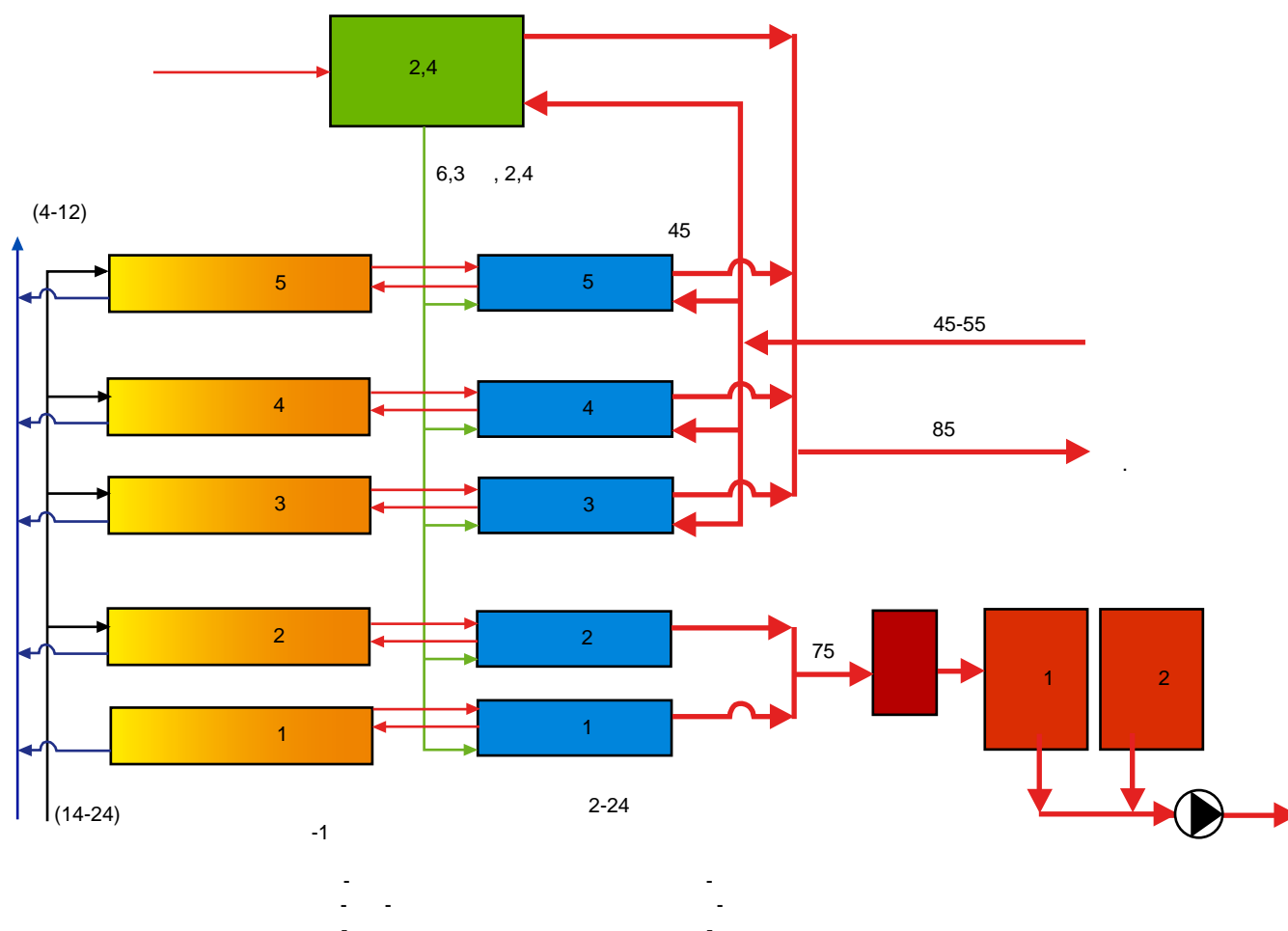
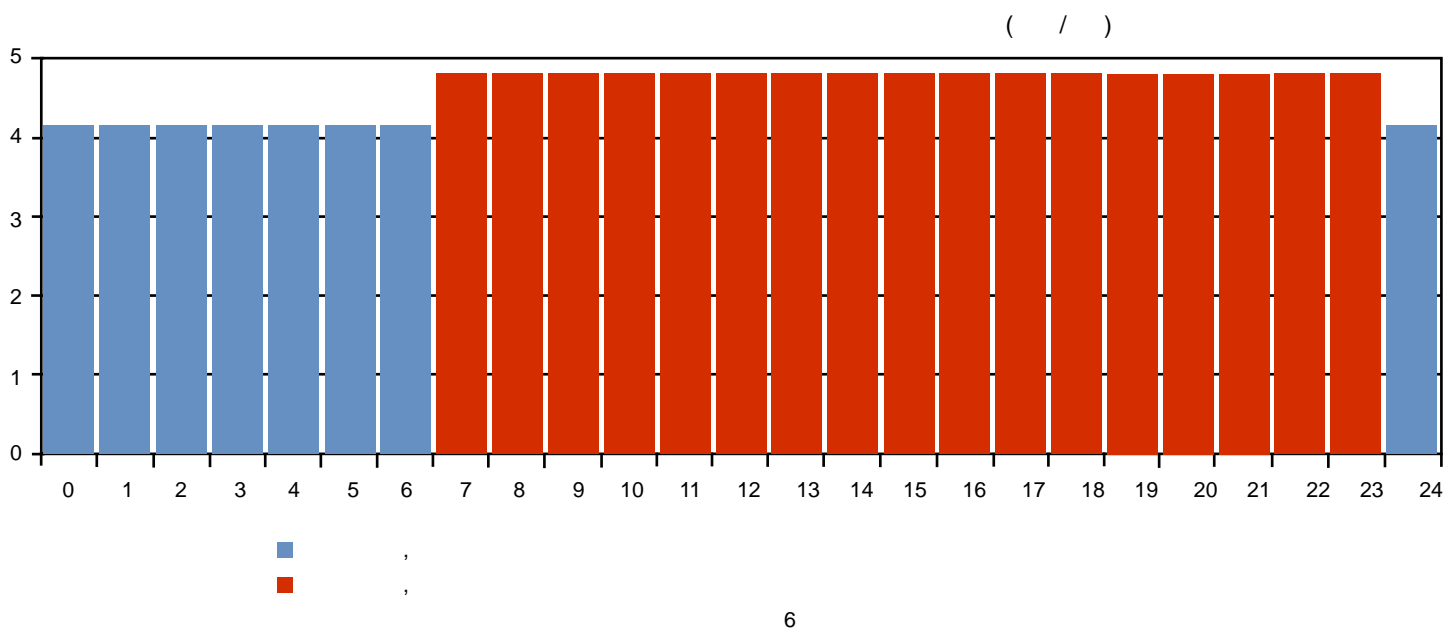


Рисунок 6. Схематичное изображение ТНС с использованием КГУ

Снижение стоимости потребляемой электроэнергии обеспечивается применением когенерационной ТЭС собственных нужд для ТНС. Производство электроэнергии для работы тепловых насосов осуществляется когенерационной газопоршневой установкой мощностью 2.4 МВт. Одновременно, высокопотенциальное тепло КГУ используется для приготовления горячей воды. Сетевой напор обеспечивает насосная станция с регулируемым приводом, позволяющая поддерживать оптимальный напор в сети, независимо от водоразбора.

ТНС осуществляет маневренный режим накопления запасов горячей воды в баках – аккумуляторах в ночной период времени, что позволяет отключить или снизить до предельных отметок потребление электроэнергии в зонах полупика, утреннего и вечернего максимумов. На гистограмме 6 показано суточное распределение потребления электроэнергии ТНС от КГУ и от энергосистемы.



### Оценка возможностей софинансирования за счёт привлечения средств инвесторов по механизмам зелёных инвестиций

Исходные данные	
Среднегодовая мощность замещения	14.5 Гкал/час
Годовой отпуск тепла в сеть ГВС от концерна ГТС	115 848 Гкал
Годовой расход природного газа до модернизации	17377 нм <sup>3</sup>
Годовой расход природного газа после модернизации	3723 нм <sup>3</sup>
Калорийность газа принята	8000 ккал/нм <sup>3</sup>

Строительство ТНС позволяет снизить годовое потребление природного газа на горячее водоснабжение Коммунарского района Запорожья на 13 654 000 кубометров.

#### Расчёт объёмов дополнительного безвозвратного финансирования строительства ТНС за счёт углеродного инвестора

В расчётах принято, что усреднённая стоимость ЕСВ на европейском углеродном рынке в 2009 году будет составлять 15 долларов за тонну. Расчётным периодом для оценки объёмов дополнительного инвестирования принят период первых десяти лет эксплуатации ТНС, до 2020 г. включительно.

Также, в расчётах принято, что проектные затраты на разработку PIN, PDD, менеджмент сопровождения и прочие затраты до начала фактического финансирования составят 180 000 долларов.

Также, в расчётах принято, что выделение средств углеродным инвестором осуществляется в 2 этапа:

- Авансовый платёж в объёме 30% от суммы по договору после заключения договора на передачу ЕСВ и начала эксплуатации ТНС, с подтверждением сокращения проектных объёмов парниковых газов.
- Выплата 70% суммы по договору после 3 лет эксплуатации ТНС.

Итого, снижение стоимости капитальных вложений при строительстве ТНС на величину углеродных инвестиций составит:

(28 826 т \* 15 дол. \* 10 лет) – 180 000 долларов = 4 323 900 долларов.

#### Прогноз роста цен на газ и электроэнергию

За последние 3 года рост тарифов на электроэнергию составил около 100%, а на природный газ более 300%.

Рост тарифов на тепловую энергию в этот период также составил более 300% и можно предположить, что и в дальнейшем рост тарифов на тепло будет соответствовать росту цен на газ.

В таблице 5 и на рисунке 7 прогноз компании ЭСКО ЭКОСИС по росту тарифов на газ и электрическую энергию в период 2008 – 2022 гг. При разработке прогноза учитывались спад цен на российский и азиатский газ в период 2009 - 2010 гг, обусловленные окончанием пятилетним переходного периода льготных цен, а также рост цен на газ в период после 2011 года, обусловленный подъёмом мировой экономики и ростом спроса на нефть и газ в этот период.

Таблица 5. Прогноза роста тарифов за тепловую энергию, электроэнергию и природный газ в период 2009-2022 гг.

			1	2	3	4	5	6	7
№	Строка		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	Тариф на электроэнергию	грн/т.кВт.ч	71,00	81,7	93,9	108,0	124,2	142,8	164,2
2	Тариф на тепловую энергию	грн/Гкал	37,00	46,3	57,8	72,3	90,3	112,9	141,1
3	Тариф на газ	грн/т.м <sup>3</sup>	199	238,8	310,9	388,7	485,8	607,3	759,1

Таблица 5. (продолжение) Прогноз роста тарифов за тепловую энергию, электроэнергию и природный газ в период 2008-2022 гг.

8	9	10	11	12	13	14	15
2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
188,9	198,3	208,2	218,6	229,6	241,0	253,1	265,7
176,4	185,3	194,5	204,2	214,5	225,2	236,4	248,3
948,9	996,4	1 046,2	1 098,5	1 153,4	1 211,1	1 271,6	1 335,2

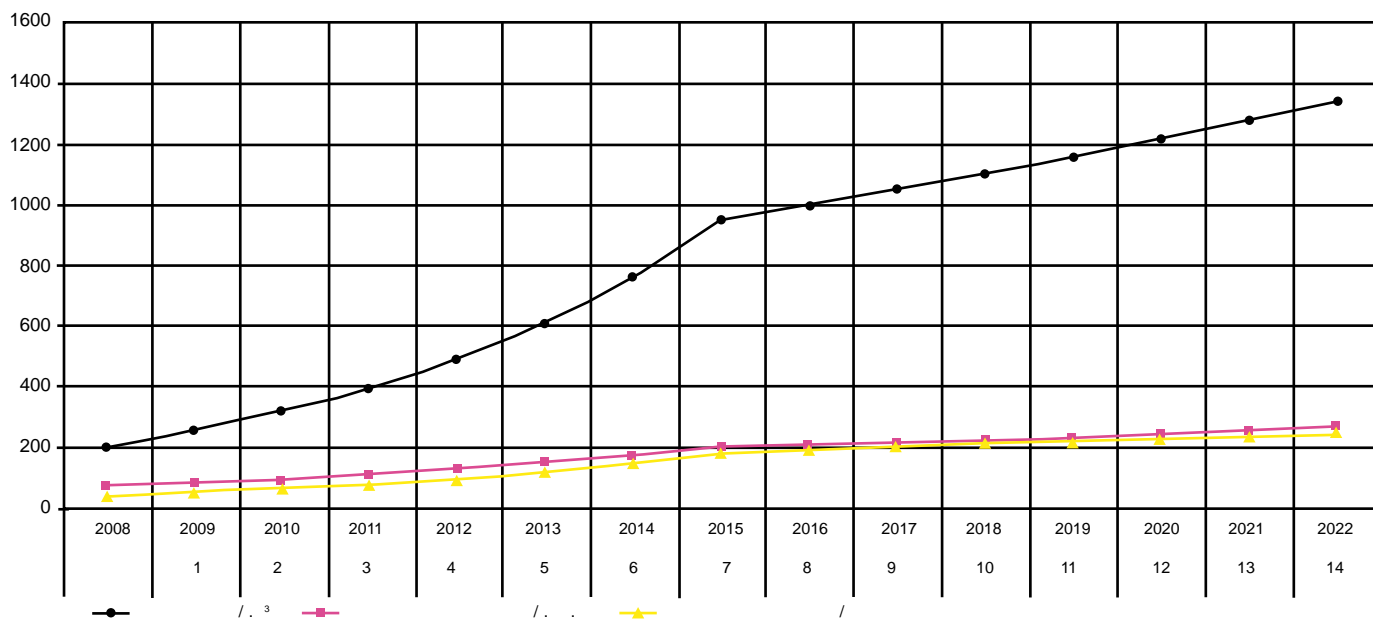


Рисунок 7. График прогноза роста тарифов на природный газ и электроэнергию

### Исходные данные для расчёта экономической эффективности проекта ТНС

Структурная схема теплонасосной станции для варианта 3 аналогична схеме, приведенной на рисунке 6. Отличие заключается в наличии второй когенерационной установки. В состав ТНС входят 5 модифицированных высокотемпературных тепловых насосов мощностью по 3 МВт каждый и когенерационная установка Енбахер G612. Суммарная тепловая мощность ТНС составляет 16,21 Гкал/час.

Краткая характеристика теплового насоса - температура горячей воды на выходе - 85°C, Ртепл. - 2580 Гкал/час, COP - 4,0. Краткая характеристика когенерационной установки Енбахер G612 - электрическая мощность - 2,002 МВт, тепловая мощ-

ность - 1,925 МВт/час, потребление природного газа - 0,239 м<sup>3</sup>/кВт.

В таблице 6 приведены исходные данные для расчета экономической эффективности проекта, в том числе технические данные по проекту, объемы выработки тепловой энергии, затраты энергоресурсов. Стоимость тарифов на электрическую и тепловую энергию приведена по данным последнего месяца отчетного периода - апрель, 2009 года.

В таблице 7 приведены итоговые характеристики экономической эффективности проекта ТНС.

Таблица. 6 Исходные данные к расчету

	Наименование	ед. изм	1	2
	<b>Существующие тарифы</b>			
	Электроэнергия	грн./т.кВт.ч	584	818
	Газ (среднее значение)	грн/т.м <sup>3</sup>	984	1 771
	<b>Производительность ТН станции</b>			
	Производительность одного ТН	Гкал/час	2,58	2,58
	Количество ТН в станции		5	5
	Выработка ТНС в час	Гкал/час	12,90	12,90
	Выработка в год	Гкал/год	102 942	102 942
	Годовой фонд времени работы	час	8 400	8 400
	Коэффициент использования мощности		0,95	0,95
	Мощность электрооборудования ТНС	МВт	3,751	3,751
	Удельный расход электроэнергии на ТНС	МВт.ч/Гкал	0,250	0,250
	<b>Производительность КГУ</b>			
	Тепловая мощность одной КУ	МВт	1,925	1,925
	Электрическая мощность одной КУ	МВт	2,002	2,002
	Количество КУ	шт	2	2
	Выработка тепловой энергии в час	Гкал/час	3,310	3,310
	Выработка электроэнергии в час	МВт	4,004	4,004
	Годовой фонд времени работы (только дневные часы)	час	6 205	6 205
	Выработка тепловой энергии в год	Гкал/год	20 541	20 541
	Выработка электроэнергии в год	МВт/год	24 845	24 845
	Удельный расход газа на КГУ	м <sup>3</sup> /кВт	0,239	0,239
	Потребление газа в год	т.м <sup>3</sup> /год	5 938	5 938
	<b>Производительность ТНС + КГУ</b>			
	Мощность в ночные часы	Гкал/час	12,90	12,9
	Мощность в дневные часы	Гкал/час	16,21	16,21
	Средняя мощность	Гкал/час	15,24	15,24
	Выработка тепловой энергии всего (ТНС+КГУ) в год	Гкал/год	123 483	123 483
	Прочее			
	Коэффициент преобразования ТНС (COP)		4,0	4,0
	Удельный расход газа на сущ. котельных	м <sup>3</sup> /Гкал	150,1	150,1



Таблица 7. Итоговые характеристики экономической эффективности проекта ТНС

№	Наименование	Единицы измерения	а	б
<b>1</b>	<b>Экономические характеристики проекта</b>			
1,1	Срок жизни проекта	лет	15	15
1,2	Капитальные затраты	тыс.грн.	159 275	159 275
1,3	Величина необходимых кредитных ресурсов	тыс.грн.	159 275	125 555
1,4	"Зеленые инвестиции"	тыс.грн.	0	33 720
	<b>Технические характеристики проекта</b>			
2,1	Тип теплового насоса		HT-3000	HT-3000
2,2	Тепловая мощность теплонасосной части	Гкал/час	12,9	12,9
2,3	Количество тепловых насосов	шт	5	5
2,6	Мощность электрооборудования ТНС	МВт	3,751	3,751
2,5	Тип когенерационной установки (КГУ)		G612-2,0	G612-2,0
2,6	Мощность электрическая КГУ	МВт	2,002	2,4
2,7	Мощность тепловая КГУ	МВт/час	1,925	2,08
2,8	Количество КГУ	шт	2	2
2,9	Удельный расход газа на КГУ	м <sup>3</sup> /кВт	0,239	0,25
2,10	Суммарная тепловая мощность ТНС	Гкал/час	16,21	16,21
	<b>Эксплуатационные характеристики</b>			
3,1	Количество произведенной тепловой энергии	Гкал/год	123 483	123 483
3,2	Количество потребленной электроэнергии	тыс. кВт.ч	27 416	27 416
3,3	Количество электроэнергии от центральной сети	тыс. кВт.ч	7 506	7 506
3,4	Производство тепловой энергии на КГУ	Гкал/год	20 541	20 541
3,5	Производство электроэнергии на КГУ	тыс. кВт.ч	24 845	24 845
3,6	Потребление природного газа на КГУ за год	тыс.м <sup>3</sup>	5 938	5 938
3,7	Загрузка по тепловой мощности	%	0,95	0,95
3,8	Себестоимость производства тепловой энергии	грн/Гкал	143,3	143,3
3,9	Тариф на электроэнергию (2 кл.)	грн/т. кВт.ч	584	584
3,10	Тариф на газ (для населения)	грн/т.м <sup>3</sup>	984	984
	<b>Показатели эффективности</b>			
4,1	Коэффициент дисконтирования		7%	7%
4,2	Чистый интегральный доход (NV)	тыс.грн.	262 569	299 469
4,3	Простой срок окупаемости инвестиций (PP)	лет	8,6	7,5
4,4	Чистый интегральный дисконтируемый доход (NPV)	тыс.грн.	100 919	131 747
4,5	Дисконтируемый срок окупаемости (DPP)	лет	9,6	8,1
4,6	Индекс прибыльности (PI)		1,634	1,827
4,7	Внутренняя норма рентабельности (IRR)		1,75	1,88

### Бібліографія

1. НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ, ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ, ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ УКРАЇНИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, АТЛАС ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ТА НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ: Енергія вітру, сонячна енергія, енергія малих рік, енергія біомаси, геотермальна енергія, енергія доквілля, енергія скидного енерготехнологічного потенціалу, енергія нетрадиційного палива. КИЇВ -2001.

## Высокотемпературные тепловые насосы для рынка модернизации систем теплоснабжения Франции

Статья взята IEA Heat Pump Centre Newsletter Volume 24 - No. 4/2006

« »

**Sami Barbouchi,  
Jean-benoit Ritz**

Рынок модернизации систем теплоснабжения во Франции обладает большим потенциалом. В настоящее время, высокотемпературные тепловые насосы - существенная альтернатива котлам, благодаря очевидным преимуществам: сокращению выбросов CO<sub>2</sub>, увеличению энергетической и экономической эффективности. Главное преимущество тепловых насосов - возможность экономии энергии в течение года. Таким образом, HSPF (фактор сезонной теплопроизводительности) является наиболее подходящим параметром для фактических расчетов тепловой энергии. HSPF - это отношение общего количества произведенной тепловой энергии, подаваемой за отопительный сезон, к суммарному количеству потребляемой электроэнергии за отопительный сезон. В статье описываются результаты полевых тестовых испытаний тепловых насосов, установленных в односемейном доме во Франции, а также представлены результаты расчетного моделирования показателя HSPF.

### Введение

EDF (Électricité de France - крупнейшая электрическая компания Франции) занимается энергосбережением и уменьшением негативного воздействия на окружающую среду в процессе производства энергии. Использование тепловых насосов является реальным преимуществом в вопросе сокращения эмиссии CO<sub>2</sub> и повышении энергетической эффективности. Эта статья впервые описывает полевые испытания тепловых насосов в жилом доме во Франции, и, в заключение, приводится описание метода расчета показателя HSPF.

### Модернизация систем теплоснабжения односемейного дома во Франции

Предположительно, во Франции насчитывается 28 миллионов домов, из которых 14 млн - односемейные дома. По новым технологиям строительства построено всего 1-2% от новых односемейных домов, в то время как более 300 000 владельцев в настоящее время обновляют свои системы отопления в старых домах. Это означает, что примерно 180 000 котлов в год можно заменить на тепловые насосы (8,4 млн котлов, работающих на нефтяном топливе или на газе). Очевидно, что потенциал рынка тепловых насосов для старых зданий значительно выше, чем для зданий новой постройки.

### Система теплоснабжения

Более 60% односемейных домов во Франции оснащены водяной системой отопления, использующей радиаторы или напольные нагреватели, где

жидкое топливо и газ обеспечивают соответственно 20% и 40% выработанной тепловой энергии. В большинстве случаев, из-за особенностей систем теплоснабжения и стандартов теплоизоляции зданий, температура подаваемой воды должна быть более 65°C (при максимальной мощности равной 12 кВт для самого холодного дня). Современные низкотемпературные тепловые насосы нецелесообразно использовать в зданиях без модернизации инженерных систем и улучшения тепловой изоляции. Новое поколение тепловых насосов - высокотемпературные тепловые насосы - это то, что нужно для старых зданий без модернизации инженерных систем.

### Полевые испытания

EDF R&D установила высокотемпературный тепловой насос (рис. 1) в старинный дом по улице Флерс, на севере Парижа.

Характеристики здания:

- Построен в 1770 году
- Тепловые требования, 12 кВт при -15°C
- Площадь 125 м<sup>2</sup>
- Отопление помещений (65°C), горячее водоснабжение (55°C) (параллельная линия для горячей воды)
- Для подогрева используется холодная водопроводная вода
- Проектное значение температуры холодной воды T = -6°C



Рисунок 1. Дом, в котором проводились полевые испытания теплового насоса

Для тестовых испытаний использовался тепловой насос марки Viessman AWH110 [1], оснащенный компрессором со специальным штуцером инъекции. После установки теплового насоса были измерены показатели потребления и тепловая мощность (рис 2).

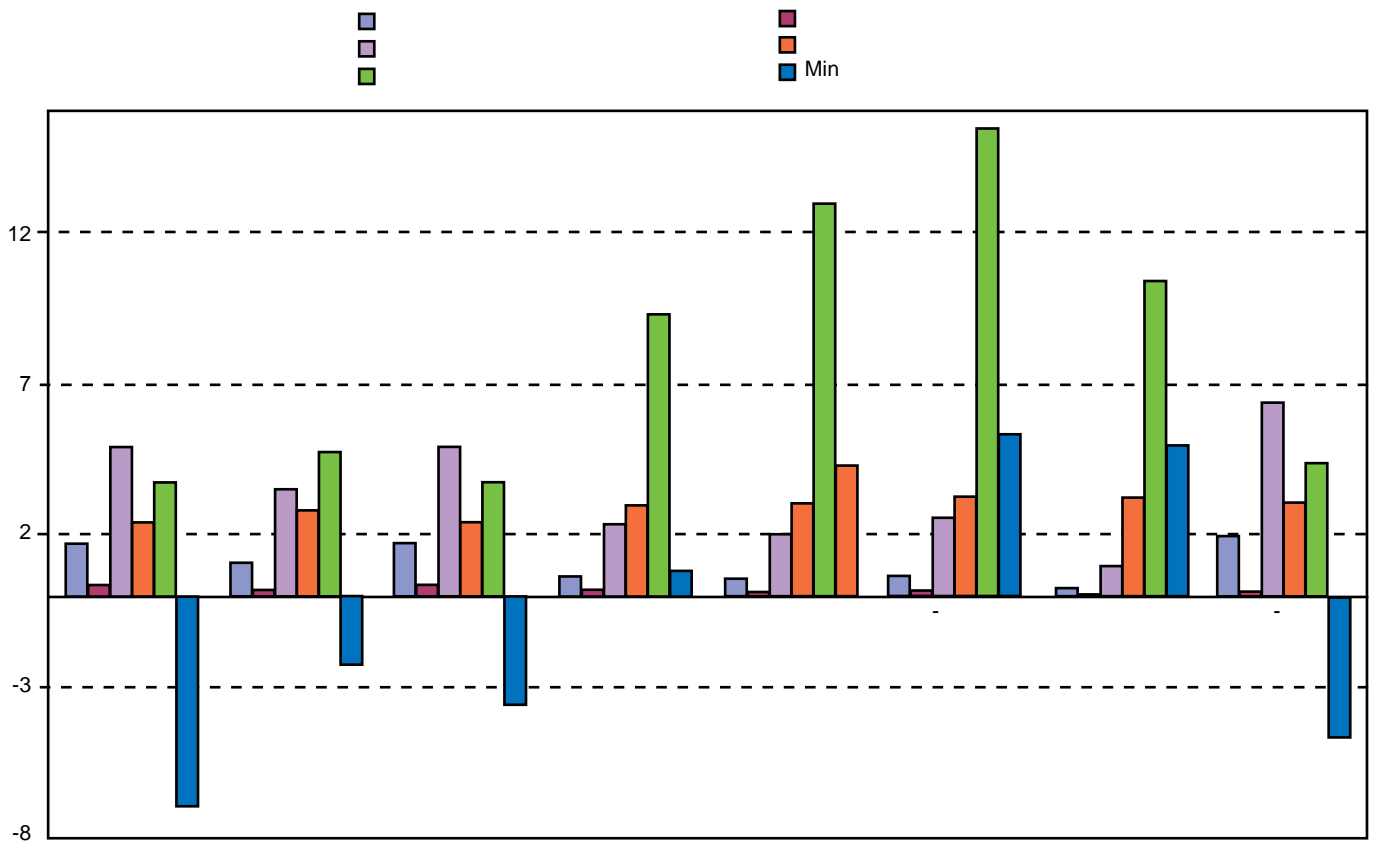


Рисунок 2. Показатели полевых тестовых измерений за год

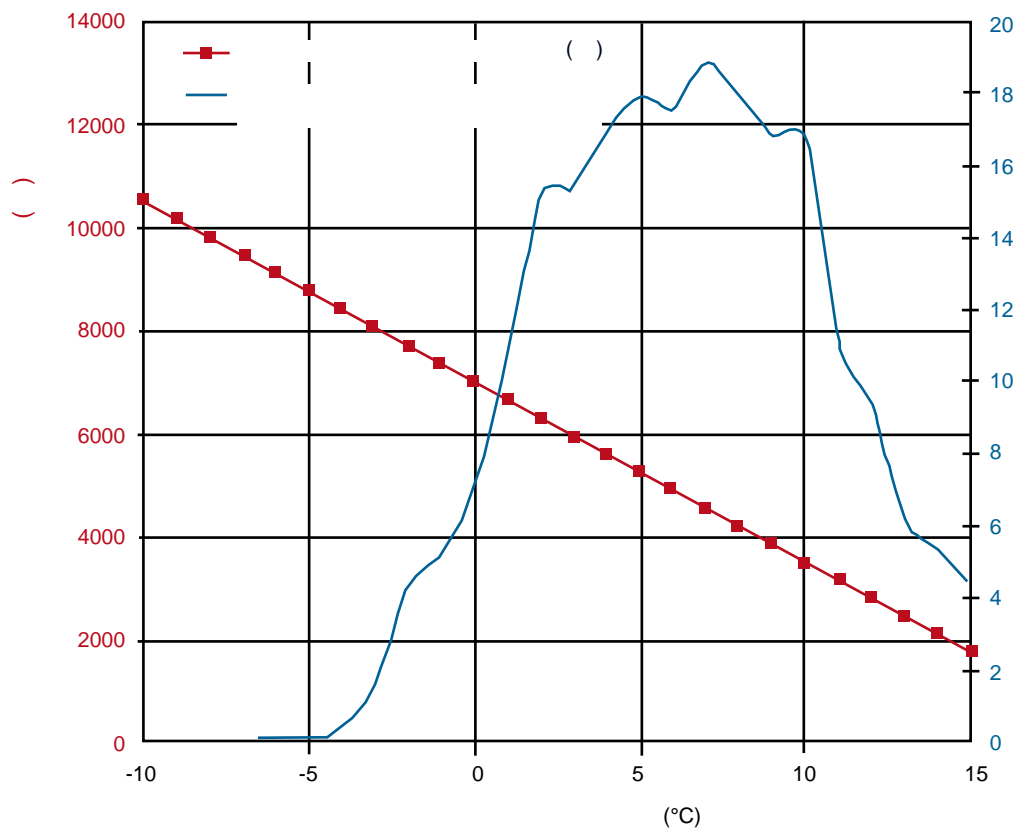


Рисунок 3. Тепловые потери в помещении GV=351 W/K

### Результаты полевых испытаний.

Во время отопительного сезона показатель HSPF равнялся 2,95 единиц. Температура воздуха в помещении поддерживалась постоянной, на уровне 20°C. Самая низкая температура наружного воздуха зимой равнялась -6°C. Расходы на энергию сократились вдвое, по сравнению с предыдущей системой отопления (пропановый котел).

Клиент был удовлетворен тепловым комфортом и снижением затрат на энергию, благодаря тому, что тепловой насос был выбран и установлен правильно (не было обнаружено ни проблем с компрессором, ни с другими узлами теплового насоса). Мы можем сказать, что высокотемпературный тепловой насос – это хорошее оборудование, как для отопления, так и горячего водоснабжения, эффективное и надежное.

### Моделирование показателя HSPF

Целью данного раздела является описание моделирования конструкции дома и его отопительной системы, а также моделирование режимов работы теплового насоса на протяжении отопительного сезона: с 1 октября по 20 мая. Погодный режим соответствует городу Траппес (Trappes), который расположен недалеко от Парижа (рис. 3).

Используя данные производительности теплового насоса, можно вычислить тепловую мощность и потребляемую электроэнергию в зависимости от температуры наружного воздуха и температуры на входе в тепловой насос [2].

Модель также предполагает, что температура наружного воздуха ниже 5°C, система отопления подстраховывается трехступенчатым электрическим нагревателем, который включают при необходимости.

Коэффициент производительности (COP - The Coefficient of Performance) и тепловая мощность, следовательно, могут быть рассчитаны из тепловой характеристики (рис. 4 и рис. 5). Тепловая характеристика показывает температуру на входе или выходе теплового насоса, как функцию от температуры наружного воздуха (рис. 6).

Моделирование производилось с помощью программы Matlab. Данные были взяты из библиотеки Simbad. Эта библиотека разработана French Scientific Centre for Building Science (CSTB) и включает различные вариации зданий и источников. Это дало возможность смоделировать поведение теплового насоса за весь отопительный период. Расход водопроводной воды не учитывался.

На рис. 8 представлено влияние инерции на гидравлическое распределение тепла в системе. Когда тепловой насос выключают, температура на входе в конденсатор продолжает расти, а когда тепловой насос включают, начинает снижаться. В этом случае объем воды в радиаторной системе составляет 70 литров при расходе 850 л/ч. Результаты исследований представлены в таблице 1.

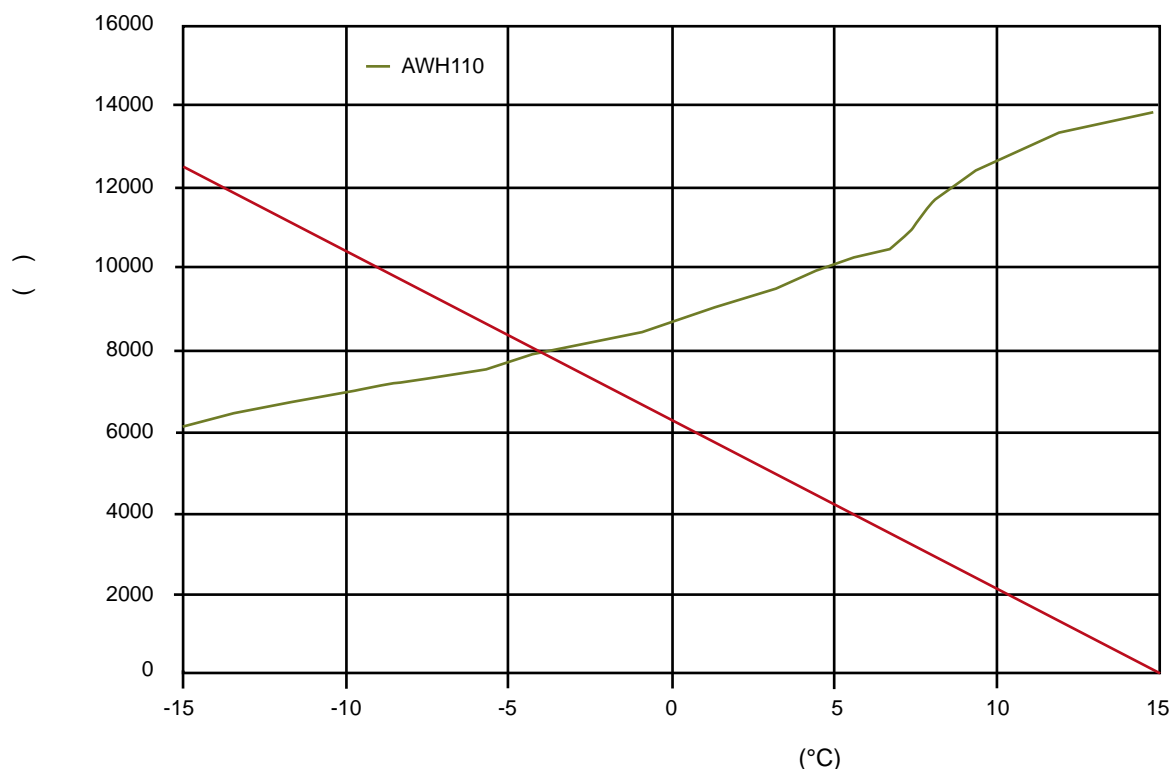


Рисунок 4. Тепловая мощность

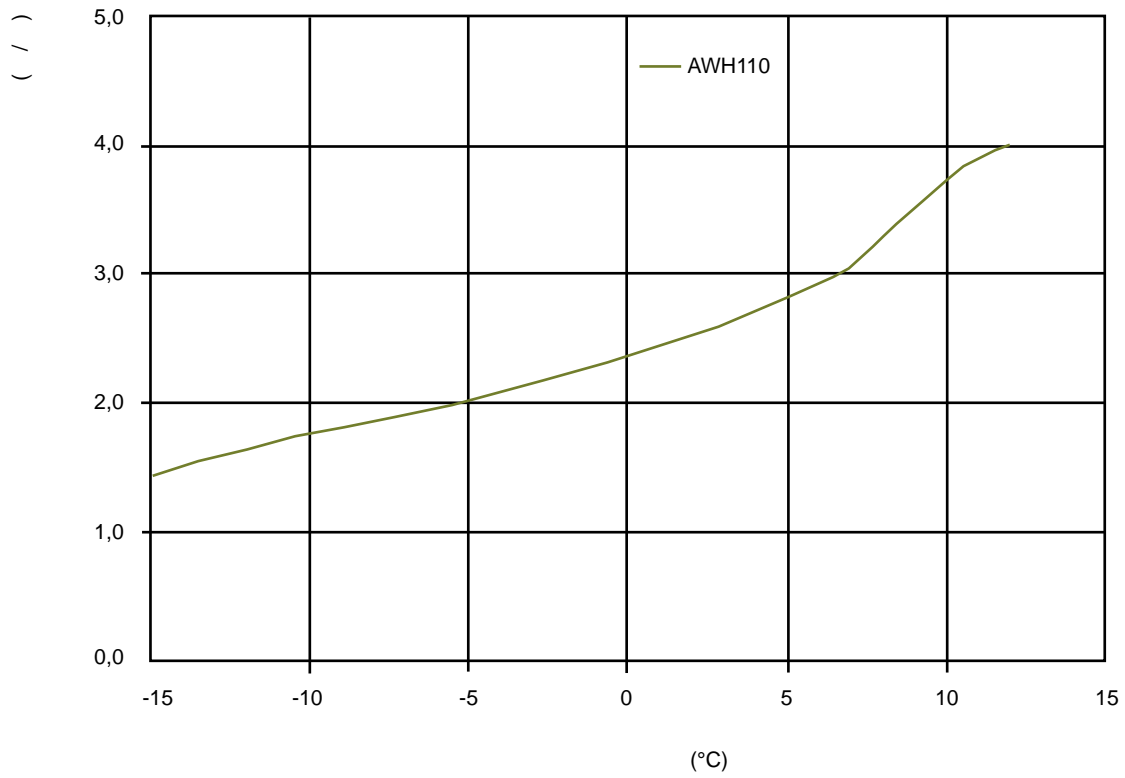


Рисунок 5. Зависимость коэффициента COP от температуры наружного воздуха

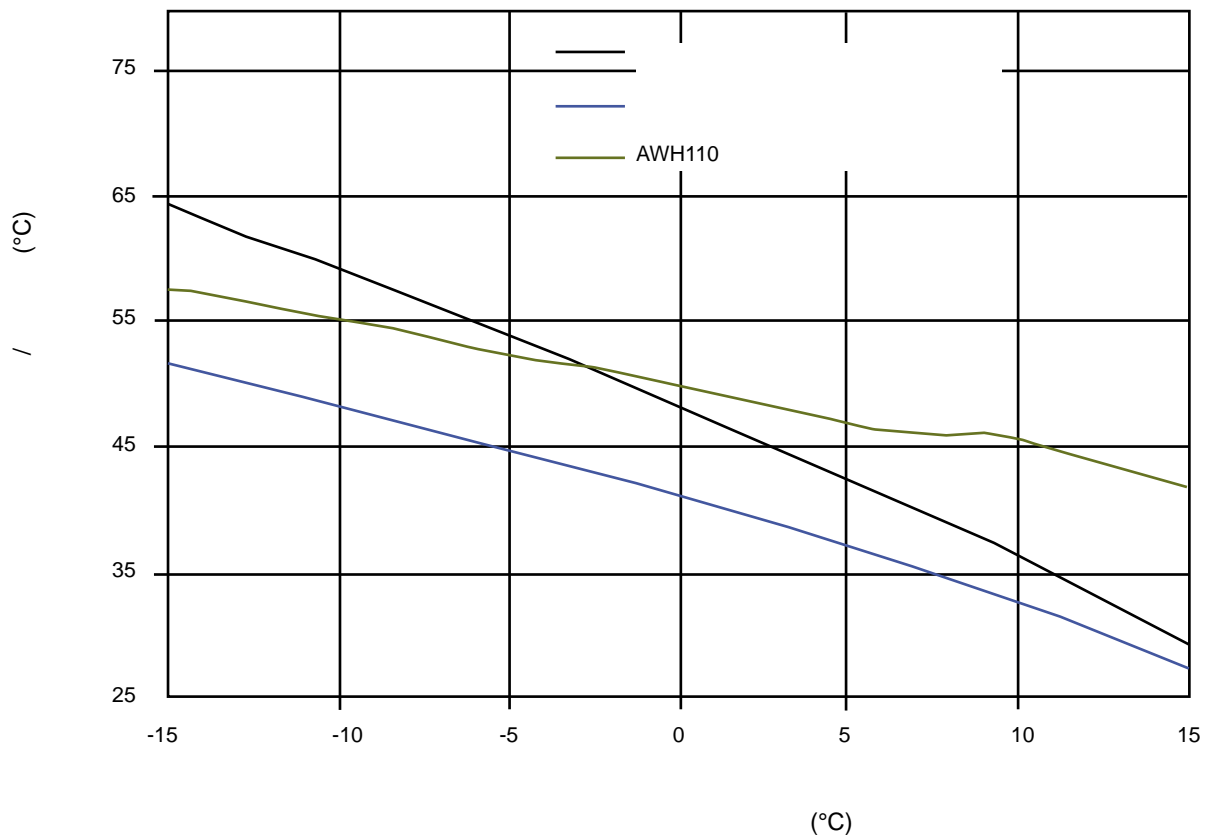


Рисунок 6. Тепловая кривая. Температура на входе и на выходе из конденсатора теплового насоса

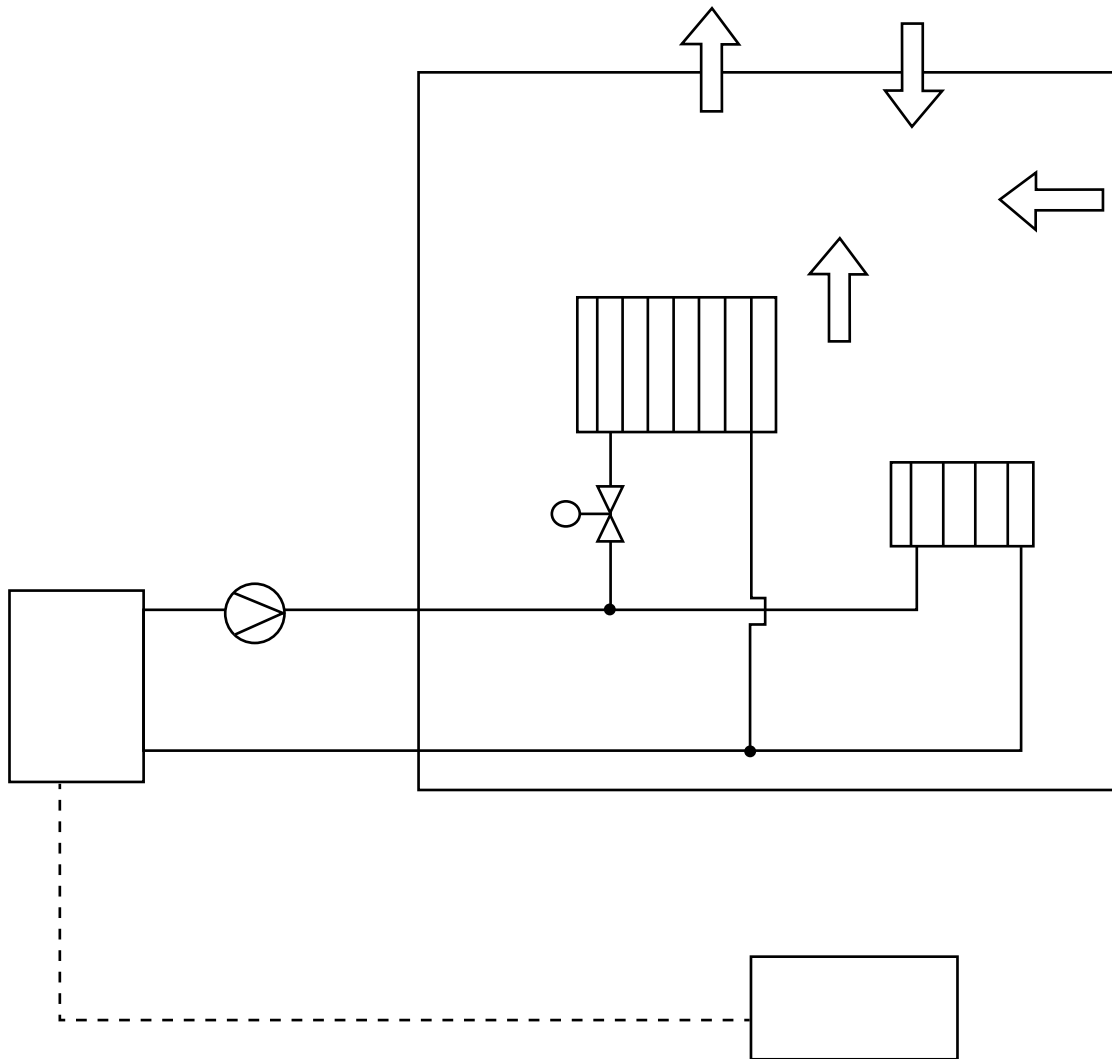


Рисунок 7: Схема моделирования

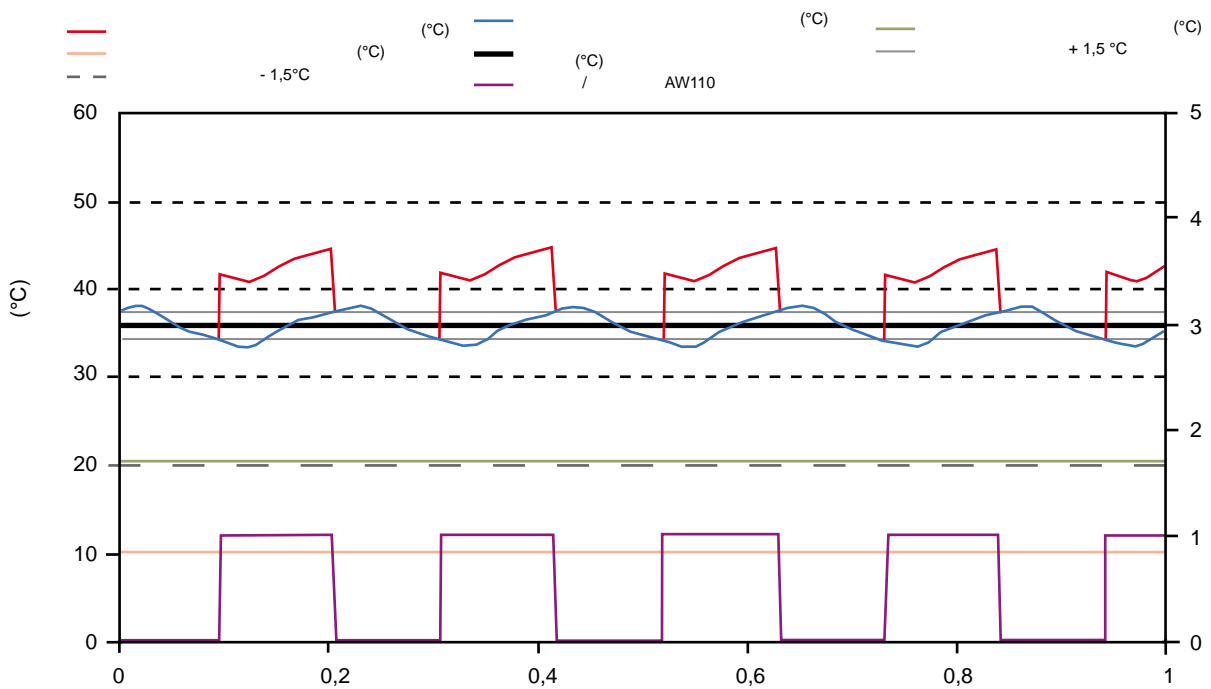


Рисунок 8. Входные и выходные температура воды на входе и выходе теплового насоса в течение часа

Таблица 1. Результаты моделирования для отопительных сезонов

	HSPF	Тепловая мощность в течение отопительного сезона	Средняя температура воздуха в помещении
AW110	2,91 ±0.5%	27,3 МВт	20,14 ±0,4 °C

Оценка выбросов CO<sub>2</sub> тепловыми насосами по сравнению с обычными котлами

TEWI (total environment warning impact – суммарное эквивалентное тепловое воздействие) – отображение глобального воздействия парниковых газов на окружающую среду. TEWI показывает количество выбросов парниковых газов. Этот фактор учитывает во внимание косвенные и прямые выбросы CO<sub>2</sub> от охлаждающих систем. Косвенные выбросы обусловлены выбросами CO<sub>2</sub>, от работы охлаждающей системы в течение ее жизненного цикла, а прямые выбросы, главным образом, зависят от количества хладагента непосредственно выброшенного в атмосферу.

Оценка TEWI теплового насоса

$$TEWI = GWP[\dot{L}n_{year} + m(1 - \alpha)] + n_{year} E_{input} \beta$$

- $GWP[\dot{L}n_{year} + m(1 - \alpha)]$  – прямые выбросы парниковых газов;
- $n_{year} E_{input} \beta$  – косвенные выбросы парниковых газов;
- $\dot{L}$  – коэффициент утечки кг, год<sup>-1</sup>;
- $n_{year}$  – жизненный цикл устройства, количество лет;
- $m$  – количество хладагента в устройстве, кг;
- $\alpha$  – процент восстановления охладителя в конце жизненного цикла;
- $\beta$  – эмиссия CO<sub>2</sub> на кВт электроэнергии;
- $E_{input}$  – электрическая мощность в год, кВт.

Предположительно, существует возможность оценить TEWI теплового насоса. Эта гипотеза предполагает расчет TEWI:

- Тепловая энергия за год 27300 кВт;
- Сезонный фактор отопления: 2,9;
- Масса хладагента: 5 кг;
- Жизненный цикл теплового насоса: 20 лет;
- Процент утечки: 1%;
- Процент восстановления после окончания жизненного цикла: 70%;
- Хладагенты: R-407C, GWP: 1520;
- Эмиссия CO<sub>2</sub> на 1 кВт электроэнергии во Франции: 0,18кг / кВт;

Результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2. TEWI

Эмиссия CO <sub>2</sub> кг/кВт	0,18
TEWI за 20 лет	36474
TEWI за год	1824
TEWI прямые/косвенные	7,1%/92,9%

Эмиссия CO<sub>2</sub> на 1 кВт топлива, газовые котлы и энергия на отопление представлены в таблице 3, сведенья взяты из отчетов французского правительства.

Таблица 3. Эмиссия CO<sub>2</sub> г/кВт [3]

	Эффективность технологии	Эмиссия CO <sub>2</sub> г/кВт
Топливный котел	70% 88%	333
Газовый котел	70% 92%	250
Тепловой насос	1 кВт электроэнергии = 3-6 кВт тепловой энергии	180

Таким образом, можно сравнивать количество выбросов CO<sub>2</sub> в год от различных систем отопления (рис. 9). По сравнению с газовыми котлами, эмиссия CO<sub>2</sub> тепловыми насосами в 6 раз меньше. Важно подчеркнуть, что коэффициент эмиссии CO<sub>2</sub> на кВт\*час электроэнергии во Франции достаточно мал, так как большую долю электроэнергии получают из атомной энергии.

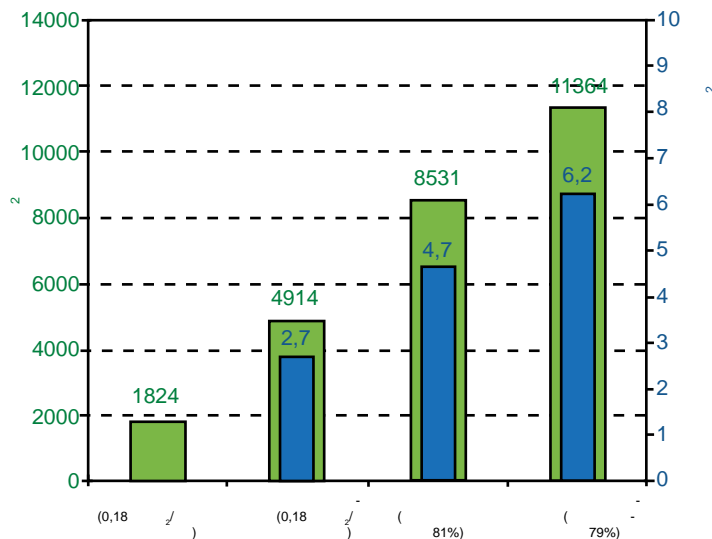


Рисунок 9. Эмиссия CO<sub>2</sub> (кг) для различных систем отопления

### Заключение

Результаты полевых испытаний высокотемпературных тепловых насосов показали эффективность их использования вместо обычных газовых котлов. Более того, расчетный коэффициент HSPF близок по значению к показателю, измеренному при полевых испытаниях. В моделировании не принимался во внимание расход водопроводной воды, а погодные изменения были незначительны. Таким образом, мы получили инструмент для расчета коэффициента HSPF.

### Литература

- [1] Hafner, B., Heikrodt, K., 2005, Heat pump with high outlet temperatures, 8th IEA Heat Pump conference proceedings.
- [2] Barbouchi, S., Ritz, J-B., Clodic, D. 2006, HSPF calculation of a system allowing switching between a single-stage to a two-stage compression system, International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue.
- [3] Chambolle, T., Meaux, F., 2004, Rapport gouvernemental sur les nouvelles technologies de l'énergie.

## Модернизация жилого сектора тепловыми насосами

Статья взята IEA Heat Pump Centre Newsletter Volume 28 - No. 2/2010

« »

**H.-J. Laue**  
**R. M. Jakobs**

Чтобы достигнуть поставленных энергетических целей, необходимо решить одну из наиболее важных проблем человечества - использование энергии в антропогенной среде. В Европе около 40% первичной энергии потребляется жилым сектором. Тепловые насосы являются одной из самых экологически чистых и энергетически эффективных технологий. Модернизация является средством улучшения плохой энергоэффективности существующих зданий за счет совершенствования, тепловой изоляции и/или замены старой системы кондиционирования помещений на более эффективную. Основное внимание Приложения 30 направлено на модернизацию всех видов жилых зданий и сооружений. Эта статья дает обзор таких работ.

### Введение

Европа сталкивается с беспрецедентными энергетическими проблемами в результате растущей стоимости энергоресурсов и их импорта, и четко выраженных изменений климата. В Европе теряется 20% энергии из-за неэффективности технологий. Поэтому необходимо продолжать путь снижения неэффективного потребления энергии, используя все доступные политические инструменты на разных уровнях власти и общества. Усовершенствование технологии имеет жизненно важное значение для достижения всех вышеперечисленных задач. Поэтому ЕС планирует принять ряд и мер по обязательному сокращению выбросов парниковых газов на 20%, обеспечению 20% выработки энергии за счет возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе Европы, сокращению Европейским Союзом мирового потребления первичной энергии на 20% к 2020 году.

Чтобы достигнуть поставленных энергетических целей к 2020 году, необходимо решить одну из наи-

более важных проблем человечества - использование энергии в антропогенной среде. В Европе около 40% первичной энергии потребляется жилым сектором. В настоящее время спрос на отопление помещений и производство горячей воды составляет почти 80% от общего спроса на энергию в жилом секторе, несмотря на то, что спрос на энергию для охлаждения помещений растет с каждым годом. В Европе более 150 млн жилых домов. Около 30% из них были построены до 1950 года, около 45% в период между 1950 и 1980, и только 25% после 1980 года. Высокий коэффициент спроса на тепловую энергию жилыми зданиями Германии показан на рис. 1.

Модернизация является одним из средств улучшения плохой энергоэффективности существующих зданий за счет усовершенствования стандартов и тепловой изоляции и/или замены старой системы кондиционирования помещений на энергосберегающие и экологически безопасные системы отопления и охлаждения.

Если мы желаем достичь целей по снижению потребления первичной энергии и уменьшению выбросов CO<sub>2</sub>, необходимо рассмотреть использование возобновляемых источников энергии для существующего жилого сектора. Это возможно и реалистично, так как существуют новые технологии и знания, которые можно применить для новых и модернизации старых зданий.

Тепловые насосы являются одними из самых экологически чистых и энергетически эффективных технологий. Директива ЕС по энергоэффективности зданий акцентирует внимание на одно- и двух- семейных домах. Существует, однако, значительно больший потенциал внедрения тепловых насосов и других конкурирующих технологий, как в существующий жилой фонд, так и в отдельные внутренние помещения.



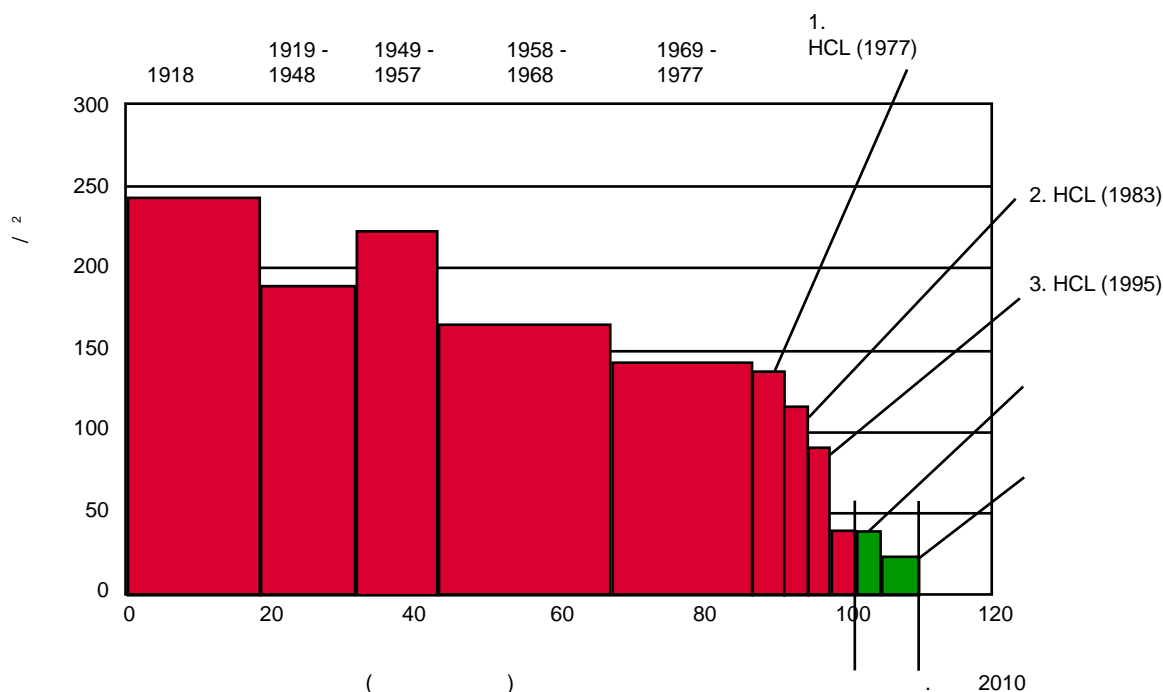


Рисунок 1. Спрос на тепловую энергию жилыми зданиями в Германии

### Программа Приложения 30

С момента появления Программы энергетического агентства тепловых насосов (Energy Agency's Heat Pump Program (HPP)), рынки различных стран ЕС были связаны с разработкой и применением тепловых насосов для новых зданий. IEA-HPP начало международное сотрудничество по вопросу «Тепловые насосы для модернизации зданий».

Основное внимание в этом Приложении сосредоточено на жилых домах:

- применение улучшенных тепловых насосов в типовых зданиях приводит к сокращению спроса на тепловую энергию;
- разработка и внедрение новых высокотемпературных тепловых насосов в существующих зданиях;
- использование реверсивных (нагрев/охлаждение) тепловых насосов (воздушных) в зданиях без централизованной системы распределения тепла.

### Программа состоит из четырех частей:

#### Задача 1: Обзорный анализ ранка Европы

Разработка Приложения началась со сбора и анализа статистической и другой информации о нынешнем состоянии жилых зданий, существующем рынке тепловых насосов, и потенциале экономически применимой технологии модернизации для существующих зданий в различных климатических зонах отдельных европейских стран. Результаты показали, что общий объем рынка тепловых насосов Европы для отопления помещений в Европе растет.

Например, в Швейцарии в 2006 году 75% всех новых односемейных домов были оборудованы тепловыми насосами. Рынок модернизации жилых зданий в 2002 и 2006 годах, составил около 25% от общего объема. На рис. 2 показано количество проданных тепловых насосов в Швейцарии в 2007 году. Впервые количество проданных тепловых насосов больше, чем систем отопления на нефтяном топливе и газовых котлов. В Швейцарии работает более 125 000 тепловых насосов которыми оборудовано более 70% новых жилых домов.

#### Задача 2: Матрица тепловых насосов (Тематические исследования, R & D проекты)

В задаче 2 описывает практическое применение тепловых насосов в существующих зданиях, анализируется нынешнее поколение тепловых насосов и возможное улучшение компонентов и систем, а также показаны исследовательские (R & D) проекты, непосредственно связанные с целями Приложения.

#### Стандартные системы теплового насоса

В том случае, если здание хорошо изолировано, герметично, имеет двойное остекление и низкотемпературную систему распределения тепла, экономически целесообразно применять существующие стандартные теплонасосные системы.

#### Бивалентная системы теплового насоса

Современные стандартные теплонасосные системы могут использоваться в целях модернизации существующей системы отопления, а для покрытия пиковых нагрузок тепловой энергии может использоваться котел.

Тепловые насосы

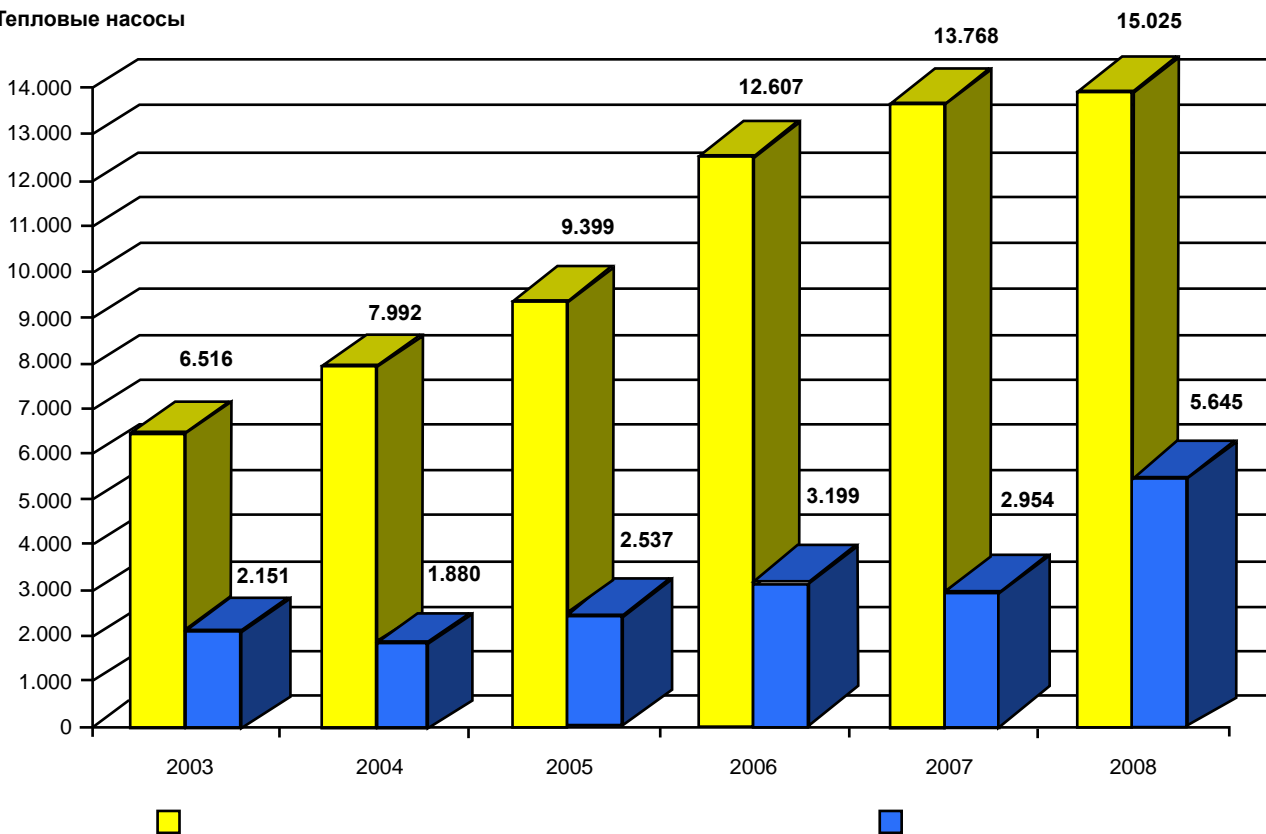


Рисунок 2 Тепловые насосы, проданные в Швейцарии для новых и модернизированных зданий (Источник FWS)

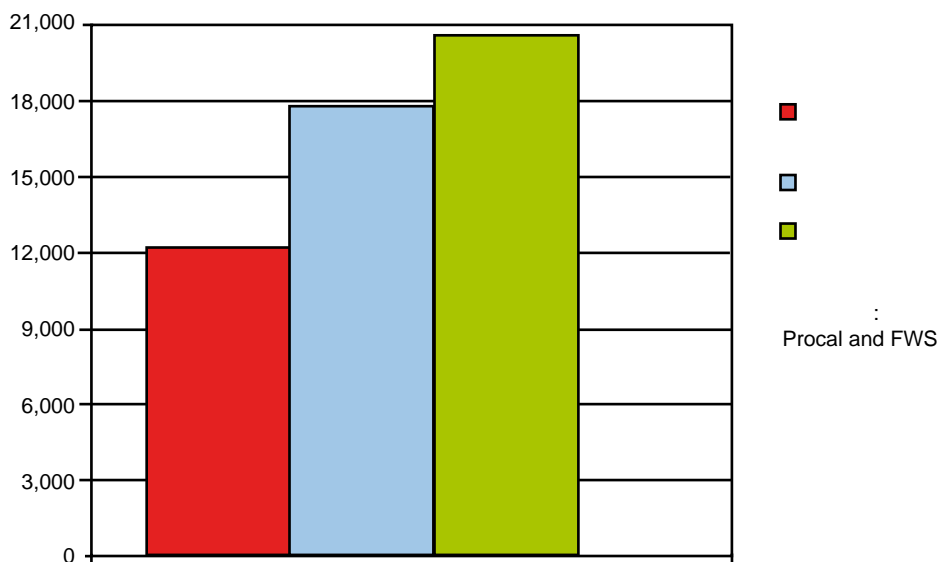


Рисунок 3. Отопительные системы, проданные в Швейцарии в 2008 году

Высокотемпературные тепловые насосы

Для замены обычных систем отопления в существующих жилых домах с централизованным распределением тепла (70°C - 90°C) требуется разработка и внедрение новых высокотемпературных насосов. Так же считается идеальным использование высокотемпературных тепловых насосов для горячего водоснабжения.

Прямое отопление теплонаносной системой (воздушный тепловой насос)

Стандартные здания без централизованной системы распределения тепла являются прекрасным рынком использования современных воздушных реверсивных (нагрев/охлаждение) стандартных тепловых насосов.

### Задача 3: Преодоление экономических, экологических и правовых барьеров

Целью Задачи 3 является сравнение экономической и экологической стороны (энергоэффективности и выбросов парниковых газов) систем тепловых насосов с обычной системой отопления и охлаждения. Предоставление рекомендаций для государственных или организационных программ поощрений и поддержки, а также проведение информационных и просветительских проектов.

Во многих случаях высокая стоимость начальных инвестиций является существенным барьером покупки теплонасосной системы, несмотря на тот факт, что общая стоимость жизненного цикла системы удовлетворительна. Опыт показывает, что самый дорогой элемент систем тепловых насосов для индивидуальных и двухквартирных домов - на грунтовые зонды.

Высокие инвестиционные затраты компенсируются низкими эксплуатационными расходами. Как показывает сравнение, операционные расходы водяных тепловых насосов, установленных в 80-летних зданиях, ниже, чем стоимость природного газа в период с 2005 до 2006 года и фактических затрат на электроэнергию в период с 2006 до 2009 года. Срок окупаемости около десяти лет. Сравнение с фактической стоимостью природного газа за период с 2006 год по 2009 год приводит к увеличению разницы почти до 65%. Недостаточное понимание или нереальные ожидания, вызванные некомпетентными продавцами и монтажными организациями, иногда оказывают пагубное влияние на рынок модернизаций тепловыми насосами.

### Задача 4: Успешные факторы маркетинга для рынка модернизаций тепловыми насосами

В Задаче 4 проанализирована ситуация на рынке теплонасосных систем в различных европейских странах. Не существует общей тенденции на спрос и предложение энергии в целом, или, в частности, в отдельных отраслях. Не существует также и общей энергетической политики содействия и поддержки внедрению тепловых насосов. Другими словами, каждая страна должна разработать свою собственную концепцию маркетинга. Основным рынком для тепловых насосов является односемейные дома, для которых наиболее подходящей является мощность от 1 кВт до 10 кВт, но не более 25 кВт.

В Европе, Швеция является единственной страной, с большим опытом использования тепловых насосов для модернизаций зданий. Ее теплонасосный рынок является крупнейшим и, возможно, наиболее динамично развитым. Строгое выполнение строительных норм и правил и высокий уровень осведомленности в области энергетики означает, что новые здания, построенные в Швеции нуждаются в очень высоком уровне изоляции. Шведские системы отопления можно резюмировать следующим образом:

- 80% домов оснащены водяной (гидравлической) системой отопления;
- Остальные - системой электрического отопления с электрическими радиаторами;
- В старых домах установлены водяные радиаторы, нормальная температура которых составляет 55-65°C;
- Котлы, использующие нефтяное топливо, являются доминирующим способом отопления;
- Газ в качестве теплоносителя не используется, за исключением южной части Швеции;
- Новые дома в основном оснащены напольными обогревателями;
- Новые дома оборудованы тепловыми насосами или централизованным теплоснабжением.

В Швеции 9 миллионов жителей и 1,744 млн жилых зданий. На данный момент тепловые насосы используются в большинстве односемейных жилых домов. Как видно на рисунка 5, тепловые насосы доминируют на рынке отопления, от 550,000 до 600,000 шведских зданий в настоящее время отапливаются тепловыми насосами. Более 85% всех тепловых насосов используются в жилом фонде, а рынок модернизации зданий тепловыми насосами в Швеции гораздо стабильнее, чем в других частях Европы.

Причины успеха модернизации зданий тепловыми насосами в Швеции и движущие силы установки тепловых насосов приведены ниже:

- Подходящая система отопления;
- Температурный уровень ниже 65°C;
- Низкие цены на электроэнергию;
- Высокие цены на нефть;
- Благоприятные геологические условия;
- Не сосредоточены на достижении наивысшего коэффициента производительности COP;
- Простота и оперативность высокотемпературных тепловых насосов;
- Простота и надежность систем («однодневная установка»);
- Сеть буровых компаний;
- Умеренные инвестиции, 10-12000 евро, цены соответствуют уровню 1985 года;
- Низкие эксплуатационные расходы;
- Ежегодная экономия на эксплуатационных расходах составляет 1500 евро для недавно построенных домов, и 2500 евро в домах средней старости;
- Разумные сроки окупаемости, 5-8 лет;
- Конечные потребители имеют дело только с одним подрядчиком;
- Эффект «соседа»;
- Использование возобновляемых источников энергии

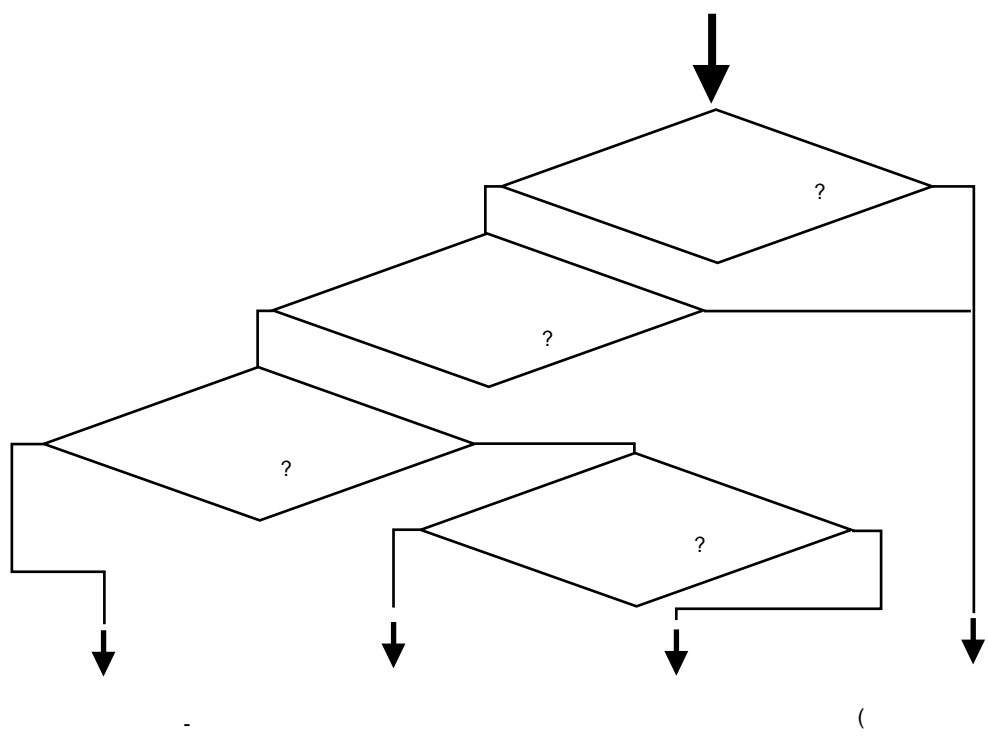


Рисунок 4. Четыре типа тепловых насосов для целей модернизации

08.07.05 - 07.07.06	(	2005 - 2006)	3.637
20.07.06 - 19.07.07	(	2006 - 2007)	1.569
08.07.07 - 07.07.08	(	2007 - 2008)	2.030
08.07.08 - 07.07.09	(	2008 - 2009)	2.254,60
(	2006 - 2009)		1.951,20 = - 46 %

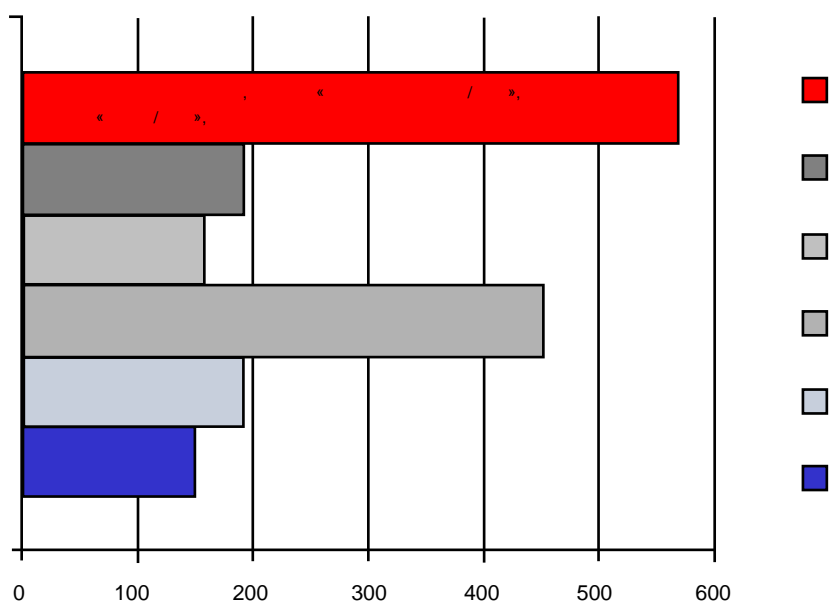


Рисунок 5. Отопительные системы в Швеции 2007 год

До сих пор Европа была сосредоточена на получении тепловой энергии от тепловых насосов с гидравлической системой распределения воды и рекуперации тепла, но в настоящее время непрерывно растут продажи воздушных тепловых насосов с двумя режимами работы: на отопление и охлаждение.

### Заключение

Для удовлетворения поставленных целей, необходимо уже сегодня решить вопросы о сокращении потребления первичной энергии и увеличении использования возобновляемых источников энергии в существующем жилом фонде. Это возможно и реалистично благодаря существующим базовым технологиям и знаниям, которые можно применить для модернизации зданий с использованием тепловых насосов.

Приложение 30 сосредоточено на всех видах жилых домов. Для достижения целевых показателей ЕС рекомендуются следующие решения:

- Применение современных тепловых насосов в типовых зданиях в целях снижения спроса на тепловую энергию;
- Дальнейшее развитие технологии высокотемпературных тепловых насосов (60-75°C) для существующих зданий;
- Использование реверсивных (нагрев/охлаждение) тепловых насосов (воздушных) в зданиях без централизованной системы распределения тепла, в целях достижения простоты использования аэротермических источников энергии;
- Использование «бивалентной» системы тепловых насосов для модернизации суще-

ствующих систем отопления, сохраняя существующие котлы для покрытия пиковых нагрузок;

- Исключение возможности установки одного радиатора для всего здания.

Сочетание различных тепловых насосов и теплообменников в одном доме:

1. Различные тепловые насосы для различных температурных требований:

Один стандартный тепловой насос для отопления помещений, и один для горячего водоснабжения.

2. Устранение узких мест:

Дополнительный тепловой насос (воздушный) для, например, жилых помещений.

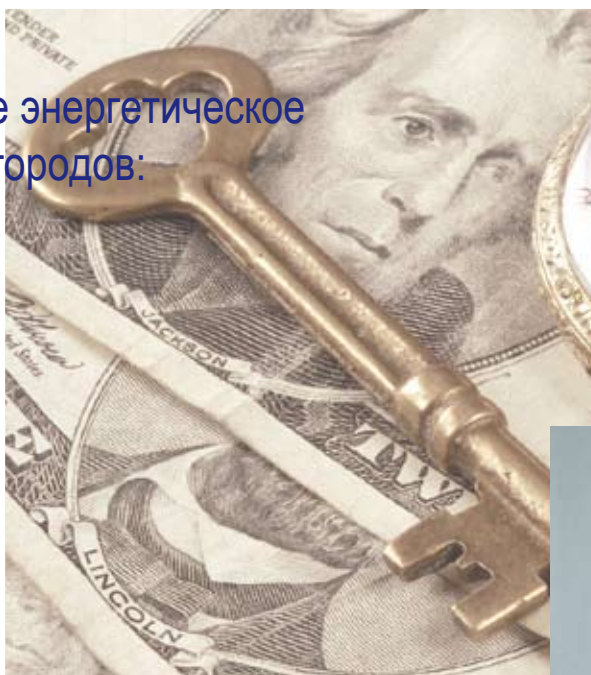
3. Распределение низкой температуры

Сочетание существующих радиаторов и замена конвекторов с вентиляторами на фанкойлы и, по возможности, подогрев пола в одноместных номерах.

Огромное значение для рынка тепловых насосов играют опытные монтажные и буровые компании, которые способны обеспечить высокое качество установки и подготовить необходимых специалистов. Производители тепловых насосов совместно с монтажными организациями должны обеспечивать надежное обслуживание клиентов и своевременный ремонт тепловых насосов. Это гарантирует надежную и стабильную работу теплового насоса.

## Муниципальное энергетическое планирование городов:

- Херсон
- Павлоград
- Краматорск
- Купянск



Энергосервисная компания  
«Экологические Системы»

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

## Энергетические системы Японии на подземных сваях

Статья взята IEA Heat Pump Centre Newsletter Volume 28 - No. 1/2010

« »

*Katsunori Nagano*

### Использование строительных свай как грунтовых теплообменников, «Энергетические подземные сваи»

Сваи фундамента здания могут применяться в роли грунтовых теплообменников, что приведет к снижению стоимости их установки, которая являются одним из рыночных барьеров применения грунтовых тепловых насосов (GSHP). Сваи фундамента здания предназначены для подземного хранения тепловой энергии. Этот метод в европейских странах получил название «Система на подземных сваях». Рыночный спрос на такие системы постоянно растет. Например, австрийская инженеринговая компания Enercret GmbH [1] использовала более 5000 свай с трубками в 2004 году. Однако, если оглянуться назад, в первые такой метод предложил Такаши в 1962 году в журнале Японской ассоциации холода [2]. В этой статье он описал принцип работы энергетических свай фундамента здания, которые в 2,5 раза превышали высоту здания. Примечательно к японским климатическим условиям, эта система могла сбросить все отходящее тепло от воздушных кондиционеров в землю.

В этой статье приводится описание трех категории свай (табл. 1). Первый тип свай отливается из бетона на месте. Это основной метод строительства свай для крупных зданий в Японии, и он широко используется для всех типов зданий в европейских странах. Как правило, две из десяти полиэтиленовых труб высокой плотности в соответствии с диаметром сваи крепятся на усиленный каркас на поверхности земли. Усиленный каркас с пластиковыми трубами затем вставляется в просверленное буровой машиной отверстие. Наконец, пробуренное отверстие заливается свежесмешанным бетоном, и таким образом на определенном месте создается новая свая.

Второй метод заключается в изготовлении свай из сборного железобетона. Это полая свая с конически закрытым концом. Существует два метода использования железобетонных свай в роли теплообменников (рис. 1). Первый - метод прямого теплообмена, суть которого заключается в том, что вода в полостях сваи циркулирует непосредственно к тепловому насосу или по вторичному контуру. Такая система называется открытой. Вторым методом - это косвенный метод теплообмена, согласно которому теплообмен происходит с помощью множества U-образных трубок, размещенных в полостях (аналогичен системе со стандартными скважинами). Эта система называется замкнутой. В некоторых случаях вместо воды заливают цементный раствор, чтобы в долгосрочной перспективе свести к минимуму

риск утечки воды в результате изменения уровня грунтовых вод вокруг сваи. Прямая система имеет преимущество с точки зрения передачи тепла, но все же существуют определенные риски, например, утечка воздуха из-за разницы распределения. С другой стороны, косвенный метод с применением U-образных труб, заполненных водой (закрытая циркуляционная система), лучше для длительной эксплуатации.

Последний тип сваи - это стальные сваи. Конечная часть стальной сваи заострена как лезвие и погружение в землю происходит поворотным способом. Этот метод известен как «винтовой метод погружения фундаментных свай». Он применяется в Японии с 1999 года. Когда стальные сваи стали использоваться в качестве грунтовых теплообменников, методология осталась приблизительно такой же, как и для сборных свай, но появились некоторые отличия. Когда стальные сваи начали использоваться в качестве косвенных грунтовых теплообменников, тепловое сопротивление стальной стенки снизилось из-за высокой теплопроводности. Очевидно, что эффективность теплообмена повышается за счет естественного потока грунтовых вод.

Кроме того, вода, циркулирующая в свае, роль буферной емкости для тепловой системы. Исходя из масштабов эксперимента, автор сделал вывод, что количество тепла, полученного при использовании косвенных теплообменников с более чем двумя U-трубками в стальной свае приблизительно равно количеству тепла, полученному от использования одного теплообменника прямого действия, через несколько недель после начала непрерывного отвода тепла [3].

### Некоторые проекты систем с подземными энергетическими сваями в Японии. Сваи, отливаемые из бетона на месте

Существует два метода крепления U-образных трубок к сваям, которые отливаются из бетона в Японии. Одним из них является метод крепления U-образных трубок к усиленному каркасу, расположенному на поверхности земли. На фотографии 1 показана строительная площадка Высшей частной школы в городе Fukuoka, спроектированная компанией Nihon Sekkei Inc. [4]. Всего были вылиты 65 свай, каждая из которых длиной 8,0 м и диаметром 1000 мм - 1200 мм. Четыре U-образные трубы диаметром 20 мм крепились к сваям на поверхности земли (Фото 1 (б)). К этим энергетическим сваям подключался тепловой насос мощностью 60 кВт (для напольного отопления и охлаждения прихожей). Это здание находится в эксплуатации с апреля 2009 года.

	Принцип циркуляции	Примеры свайных работ на поверхности земли	Примеры установки U-образных трубок
Сваи, отливаемые из бетона на месте	Закрытая система (4-10 U-образных трубок)		
Сборные сваи	Открытая система (2 U-образных трубки)		
Стальные сваи	Открытая система (2 U-образных трубок)		

Таблица 1. Классификация энергетических строительных свай, используемых в Японии

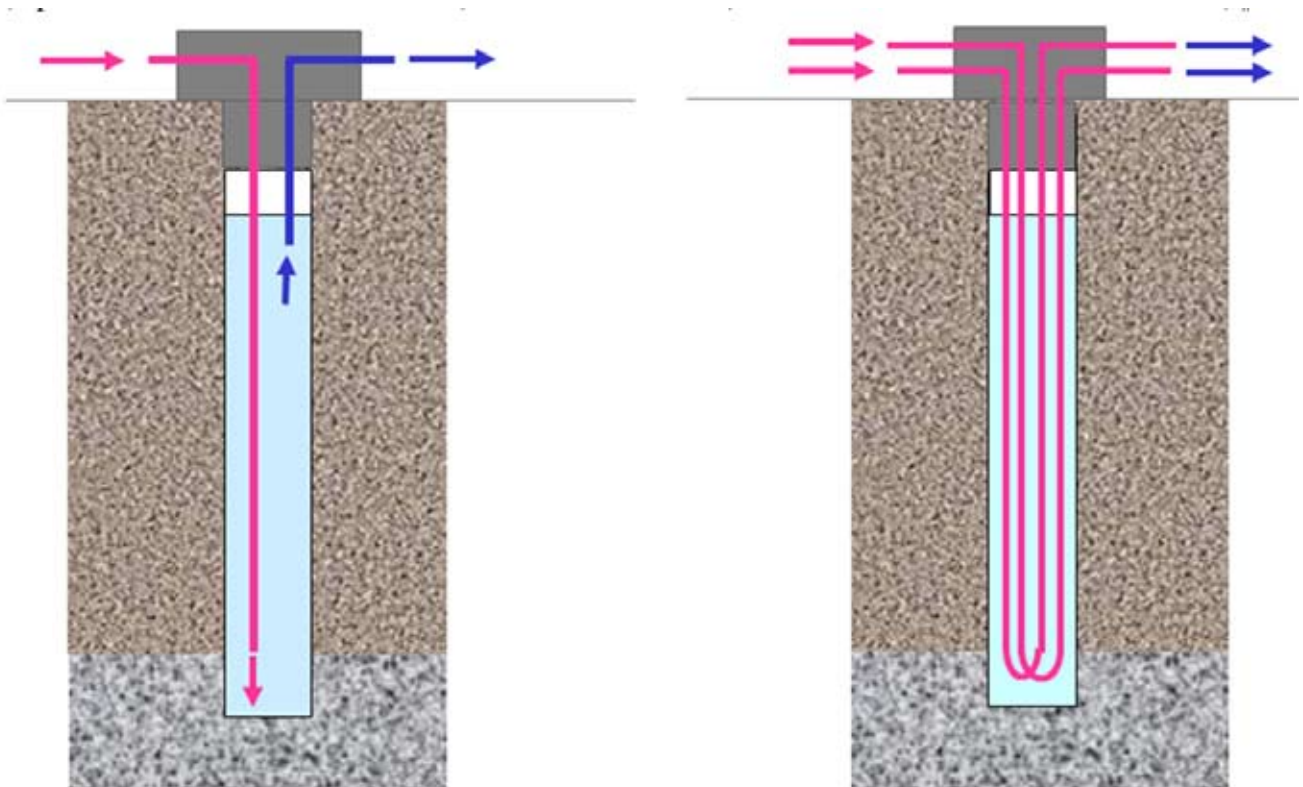


Рисунок 1. Использование строительных свай для фундамента здания в роли теплообменников



Фото 1. Энергетические сваи, отливаемые из бетона. Слева: Четыре U-образных трубы, закрепленные на усиленный каркас. Справа: Установка четырех U-образных труб для бетонных свай

Другой метод - это вставка многочисленных U-образных трубок в усиленный каркас, уже установленный в земле. Этот метод был разработан корпорацией Taisei. Крупнейшим примером использования этого метода является строительство нового офиса Maekawa Manufacturing Industry, Co., Ltd. в центральном районе Токио в 2008 году [5]. Общая площадь - 9304 м<sup>2</sup>. 20 свай со средней длиной 37 м, средним диаметром 2000 мм используются в качестве грунтовых теплообменников. Для поддержания необходимого расстояния до внешней поверхности используются восемь U-образных трубок, зафиксированных специальной прокладкой, связанной с усиленным каркасом. Сваи установлены с интервалом 6,4 м по горизонтали и с интервалом 13,7 м по вертикали. Эта система использует уникальный аммиачный тепловой насос винтового типа, мощностью 140 кВт. Он может снабжать тепловой энергией до 14% в период пикового спроса и 31% суточной потребности в тепловой энергии.



### Сборные сваи

Открытые системы были разработаны Институтом технологии строительства города Fukui [6]. Эта система называется «труба в свае» [7]. Впервые она была применена в системах таяния снега общественной парковки жилого дома без применения теплового насоса [6]. Вода, заполненная в бетонные сваи на парковочной площадке, нагнетается с помощью циркуляционного насоса. Одной из самых больших систем на сборных сваях является система HVAC GSHP Городской библиотеки города Fukui, которая была введена в эксплуатацию в 2002 году [6]. Её общая площадь составляет 18 486 м<sup>2</sup>. Тепловой насос с мощностью охлаждения отопления 170 кВт и 205 кВт подключается к 210 сваям, средняя длина которых 16 м, а диаметр от 450 мм до 600 мм. Он производит 1480 кВт тепловой энергии и объединен с резервуаром для нагретой воды объемом 1000 м<sup>3</sup>. Эта система снабжает необходимой тепловой энергией систему таяния снега, состоящую из трубок, размещенных под тротуаром перед этим зданием. На фотографии 2 показано, как две трубки начинают с верхней части свай, проходят через усиленный каркас у подножья колонны здания Городской библиотеки города Fukui.

Популярность закрытых систем с использованием сборных свай постоянно растет. Пример использования системы GSHP - напольное отопление и охлаждения главного вестибюля Городской реабилитационной больницы Funabashi (Фотография 3 (вверху)), которая была введена в эксплуатацию в 2008. [8]. Общая площадь составляет 14158 м<sup>2</sup>. В качестве грунтовых теплообменников установлены 39 сборных железобетонных свай, средней длиной 25 м и средним диаметром 800 мм. В полости каждой сваи установлено две U-образных трубы (Фотография 3 (снизу, слева и справа)). В этом случае полые пространства в бетонной свае были заполнены цементным раствором. Система оборудована тепловым насосом с мощностью охлаждения 57 кВт и отопления 66 кВт. Это соответственно 3 и 4% от общей мощности охлаждения и нагрева всей HVAC системы.



Фото 2. Прокладка трубы с открытой системой с использованием сборной железобетонной сваи и крышка сваи в здании образовательного центра города Fukui. Справа: две трубы проходят через усиленный каркас к основанию. Слева: Крышка сваи



### Стальные сваи

Самая большая энергетическая система, в которой использовались стальные сваи, была применена в системе таяния снега на мосту городского шоссе в городе Сакаи, префектура Фукуи в 2006 году (рис. 2) [9]. Длина моста составляет 240 м, а площадь 1810 м<sup>2</sup>. 36 стальных сваи образуют базу моста и используются в качестве грунтовых теплообменников. Средняя длина и средний диаметр сваи 38 м и 550 мм соответственно. Они расположены на расстоянии 2,0 м друг от друга. Стальные трубы, служащие для таяния снега на бетонных дорожных полотнах, работают как солнечный коллектор в течение лета. Поглощенное трубами тепло передается малым циркуляционным насосом воде в сваях. Затем тепло возвращается в окружающий грунт и сохраняется в течение сезонов. Зимой сохраненное тепло земли посредством малых циркуляционных насосов (без теплового насоса), передается дорожному полотну моста и используется для таяния на нем снега. Металлургические компании заинтересованы в развитии энергетических систем с использованием стальных сваи. Примером является система, установленная в новом здании школы Sapporo City University Sapporo (Фотография 4) [10]. Автор в 2005 году выступил ответственным лицом по проектированию и вводу в эксплуатацию этой системы, которая была введена в эксплуатацию в 2006 году.

### Инструменты для проектирования и прогноза производительности энергетических систем на подземных сваях

Nagano и Katsura разработали инструмент для проектирования и прогнозирования производи-

тельности систем на энергетических подземных сваях [11], [12]. Ознакомится с этой технологией можно на веб-сайте (Рисунок 3, слева) [13]. Преимуществом этой разработки в том, что можно вычислить температуру жидкого теплоносителя в энергетических сваях большого диаметра при случайном расположении свай в фундаменте здания (рис. 3, справа). Схема свайного фундамента здания зависит от структуры здания и геологические условий. Это означает, что в большинстве случаев не существует закономерности расположения свай. Многие существующие разработки программного обеспечения используют так называемую «G-функцию». Однако, она не подразумевает использование нестандартных схем. Группа во главе с автором статьи разработала новое GSHP приложение для проектирования и прогнозирования производительности энергетических свай, которое учитывает случайное расположение грунтовых теплообменников и имеет высокоскоростной алгоритм расчета. Программа также принимает во внимание показатели теплоемкости грунтовых теплообменников. Тепловая реакция небольшого грунтового теплообменника с большим диаметром рассчитывается с помощью теории цилиндрического источника тепла, аналогична методу Eskilson [14]. Алгоритм рассчитан на почасовое отопление и охлаждение. Кроме того, эта программа включает в себя данные эксплуатационных характеристик тепловых насосов, включая температуру на выходе из первичного контура и на входе во вторичный контур, цены на энергоносители и количество выбросов CO<sub>2</sub>. Следовательно, эта программа может вычислить почасовое потребление энергии и затраты. Дополнительно к оценке стоимости жизненного цикла (LCC) оцениваются



Фото 3. Закрытая система, использующая сборные сваи в фундаменте реабилитационной больницы города Funabashi. Вверху: Внешний вид больницы. Слева: вставка двух U-образных трубок в полость сборной сваи. Справа: Вывод U-образных трубок сборных свай над конструкцией

энергетический жизненный цикл (LCE) и жизненный цикл выбросов CO<sub>2</sub> (LCCO<sub>2</sub>). Графический ввод и вывод на экран обеспечивают удобный интерфейс работы. В качестве примера, расчет занимает всего несколько минут для нескольких грунтовых теплообменников, работающих в течение двух лет.

### Энергетическая система, на подземных сваях в городе Sapporo

#### Проектирование энергетических систем на подземных сваях для Sapporo City University

В новом здании школы медсестер Sapporo City University с 2006 года функционирует система вентиляции и кондиционирования закрытого типа. Во всем мире она является первым примером использования стальных свай, заполненных водой. Общая площадь составляет 2800 м<sup>2</sup>. Схема расположения стальных свай и грунтовых теплообменников показана на рис. 3 (справа). Принцип построения стальной сваи и схема установки U-образной трубы были недавно опубликованы в HPC Newsletter (issue 1/2009, p 47, рис. 13). В общей сложности была установлена 51 свая, которая ввинчивалась в землю под фундаментные плиты на глубину 4,0 м. Диаметры стальных свай от 600 мм до 800 мм. Как показано на рис. 4, на глубине 10 м в этой области появляется слой твердого гравия и гальки. Сваи в среднем длиной 6,2 м. Но если вычесть 1,0 м, необходимый для основания сваи, то 0,5 м на грунт, то средняя эффективная длина каждого грунтового теплообменника будет равной 4,7 м. Общая эффективная длина теплообменника составит 240 м. Общий объем 115 м<sup>3</sup> заполнен водой. Было принято решение установить косвенную циркуляционную закрытую систему. В каждую сваю были помещены два комплекта U-образных труб, необходимое количество которых определялось в результате реальных экспериментов. Использовали стальную крышку с четырьмя отверстиями в целях предотвращения опадания бетонного фундамента. Во время строительных работ в целях защиты U-образных труб, их накрывали пластиковыми крышками.



Фото 4. Sapporo City University Городской Университет Саппоро

#### Прогнозирование производительности энергетических систем на подземных сваях

С помощью разработанного инструмента проектирования GSHP оценивали максимальную возможность теплоснабжения энергетической системы на подземных сваях в соответствии с почасовой нагрузкой на отопление и вентиляцию. Авторы использовали граничные условия - минимальная до-

пустимая температура на выходе из теплового насоса -1°C.

Средняя расчетная эффективная производимая тепловая мощность 2,2 Вт / (м · К) измерялась тестом местной тепловой чувствительности. Результаты показали, что энергетические сваи, оборудованные дополнительными тремя скважинами длиной 75 м, могут обеспечить ежедневные 50 кВт мощности на отопление и охлаждение внешнего воздуха кондиционерами, оборудованными на каждом этаже. Извлекаемое из земли естественное охлаждения поступает в течение лета.

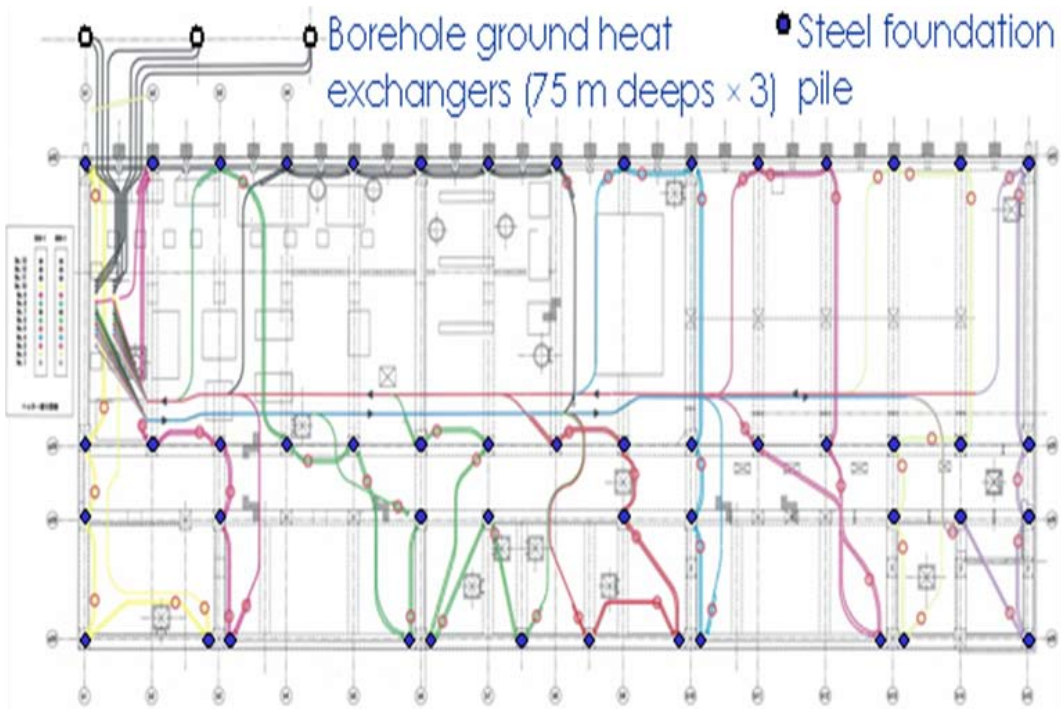
Расчет временных изменений температуры на выходе, как в первичном, так и во вторичном контуре теплового насоса для пятого года работы показаны на рис. 5. Минимальная температура на выходе из первичного контура составляет - 0,8 °C. Температура хладагента после окончания летнего сезона возвращается к начальной температуре в начале пятого года работы. Это означает, что может быть налажена устойчивая работа системы на подземных сваях.

Рис. 6 показывает сопоставление сметных ежегодных выбросов CO<sub>2</sub> и ежегодных эксплуатационных расходов по системе GSHP с системой, оборудованной газовым котлом без чиллера или без охлаждения газа и отопительного оборудования. Ежегодные эксплуатационные расходы GSHP составляет 3500 долларов США. Это только половина стоимости газового котла и 42% стоимость газовой системы охлаждения и отопления. Ежегодные выбросы CO<sub>2</sub> системы GSHP составляют 12 тонн. По сравнению с газовым котлом эмиссия CO<sub>2</sub> уменьшилась на 3,8 тонн и 7,4 тонны.

#### Результаты двух лет эксплуатации

Был установлен тепловой насос с мощностью нагрева 50 кВт и COP равном 4,0. Температура на входе первичного контура составила 5°C и 40°C на выходе из вторичного контура. Ввод в эксплуатацию состоялся летом 2006 года. Рис. 7 и рис. 8 показывает обобщенный тепловой баланс и производительность системы в течение летнего и зимнего времени первого (2006) и второго (2007) года. Кроме того, средние изменения температуры воды в свайном фундаменте для первого и второго года указаны на рис. 9.

На рисунке 7 показана оценка естественного охлаждения в течение лета 2006 года. Циркуляционные насосы потребляют достаточно много энергии по сравнению с естественным охлаждением, поскольку мощность насоса определяется исходя из пика спроса на отопление. Таким образом, потребление энергии естественным охлаждением было неоправданно велико, так что SPF<sub>c</sub> естественного охлаждения был достаточно низкий - 2,36 единиц. SPF<sub>c</sub> определяется как отношение суммарного спроса на энергию охлаждения кондиционером Q<sub>c</sub> к величине потребления энергии циркуляционным насосом E<sub>пнтр</sub>. С июня по сентябрь 2007 года охлаждение воды осуществлялось тепловым насосом, оснащенным внешним кондиционером. В этом случае тепло от теплового насоса передавалось земле, и средняя температура воды свайно-

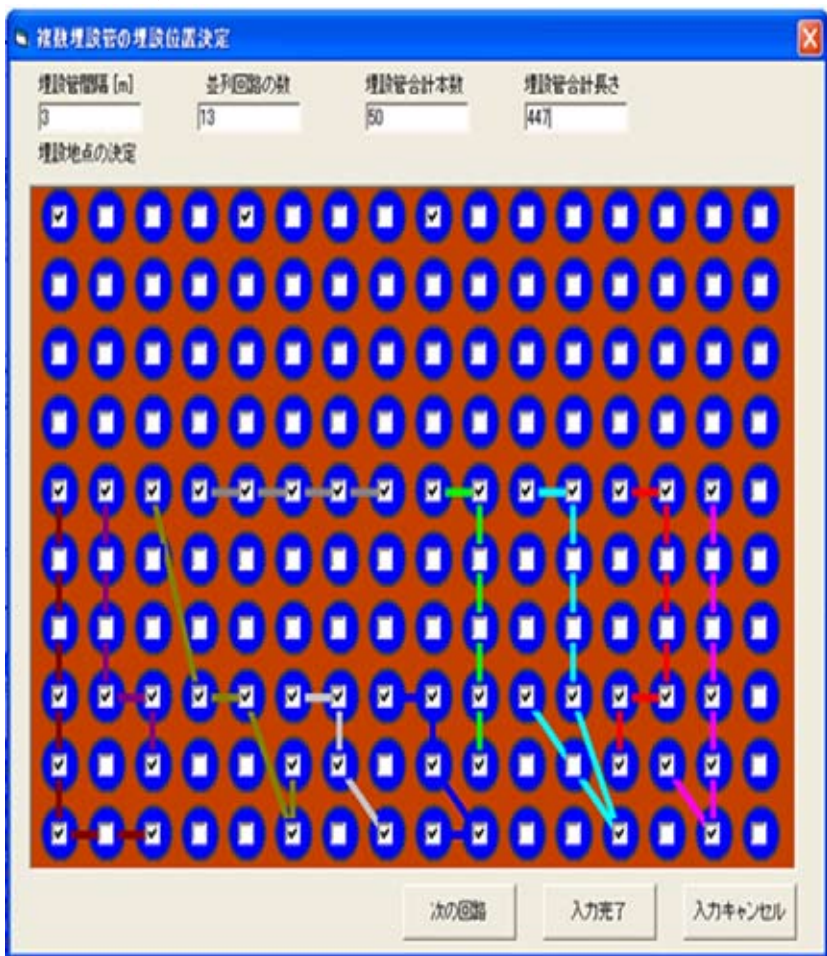


- Входящие параметры:
- строительные данные;
  - регион и климат;
  - радиатор;
  - спецификация теплового насоса;
  - спецификации грунтовых теплообменников;
  - количество грунтовых теплообменников;
  - состояние почвы;
  - LCA data

Borehole ground heat exchangers (75m deeps\*3) – Скважины грунтовых теплообменников (3 шт. 75 м глубиной; Steel foundation pile – стальные сваи



Позиция ввода согласно расположения сваи и цепи трубопровода



- Выходящие параметры:
- температурные зависимости каждой части;
  - производительность грунтовой теплонасосной системы;
  - ежегодное потребление электрической энергии;
  - ежегодное потребление энергии и эмиссия CO<sub>2</sub>;
  - текущие расходы;
  - результат ;

Рисунок 3. Инструмент для проектирования и прогнозирования производительности энергетических свай, разработанный авторами

го фундамента превысила 26°C. Однако в начале октября температура вернулась к уровню прошлого года. Этот факт предположил эффект буферизации естественного потока грунтовых вод, находящихся под влиянием чувствительности температуры воды в свае после периода охлаждения.

С другой стороны, предполагаемый коэффициент COP теплового насоса (рис. 8), как и ожидалось, зависит от уровня производительности. Здесь, значение SPFH за второй год было существенно лучше по сравнению с первым годом благодаря наладке старт - стоп контроля работы циркуляционных насосов в зависимости от результатов ввода в эксплуатацию. Это показывает, что ввод в эксплуатацию важен в целях повышения производительности и уменьшения потребления и расхода энергии, хотя это требует дополнительных усилий и затрат. Полное восстановление температуры к исходному состоянию к началу отопительного сезона обеспечивает устойчивое функционирование системы на протяжении многих лет (рис. 9), хотя количество выделяемого тепла на 25% больше, чем тепла, отведенного от земли.

### Выводы

Применение подземные энергетических сваи в помещениях школ и других общественных зданий

и сооружений в Японии приобретают все большую популярность. В последнее время несколько всемирно известных объектов, таких как новые Токийское международное здание терминала аэропорта и новая башня TV Токуо, известный как «Токуо Sky Tree», использовали системы на подземных энергетических сваях [16]. Этот факт доказывает, что разработчики и инженеры в центральной части Японии осознали потенциал HVAC систем в целях снижения потребления первичной энергии и выбросов CO<sub>2</sub>. Чтобы привести к широкому распространению этой технологии, мы должны показать архитекторам и политикам истории успеха и доказательства эффективного сбережения энергии и снижение воздействия на окружающую среду. Кроме того, снижение расходов на монтаж имеет важное значение, особенно при работе трубопровода после установки труб в сваи. Высокую эффективность показала стандартная процедура установки оборудования с помощью равномерного распределения сборных систем. С другой стороны, требуется гибкость проектирования гибридных систем, в сочетании с малыми градиентами и воздушными тепловыми насосами для крупных объектов в Японии. Для дальнейшего успешного развития этой технологии необходимо всем инженерам и проектировщикам получить техническое образование.

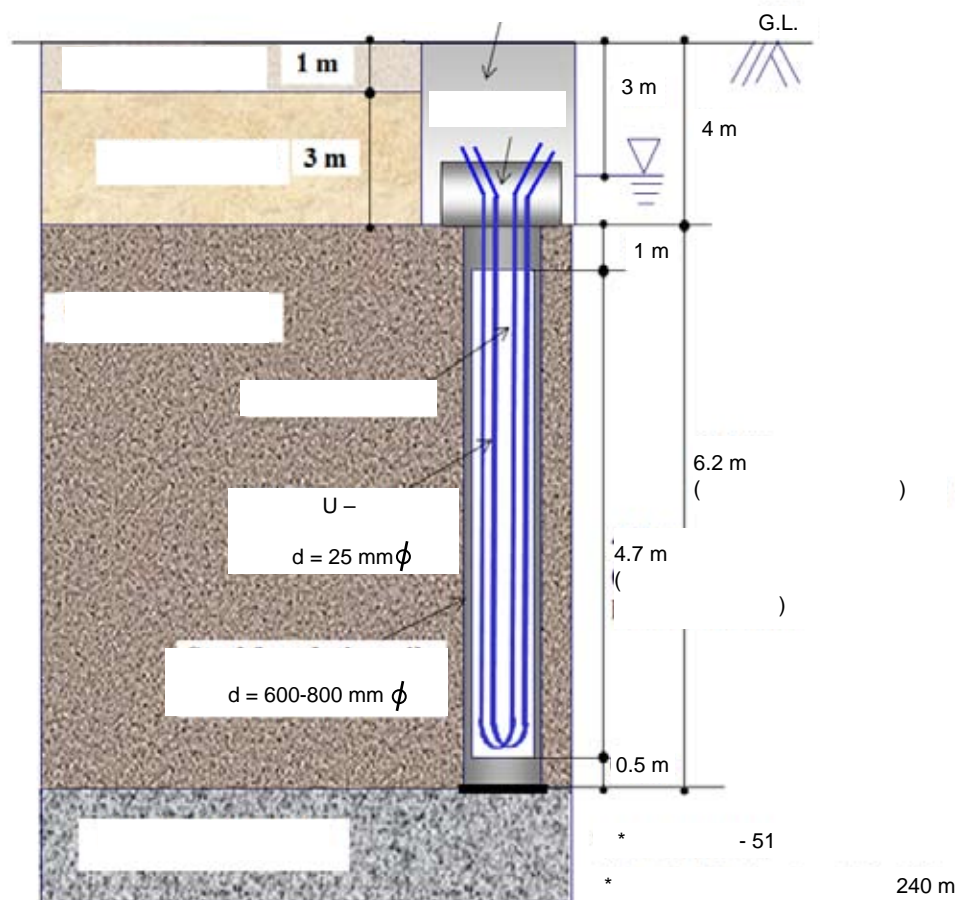


Рисунок 4. Схема энергетической сваи и геологических условий

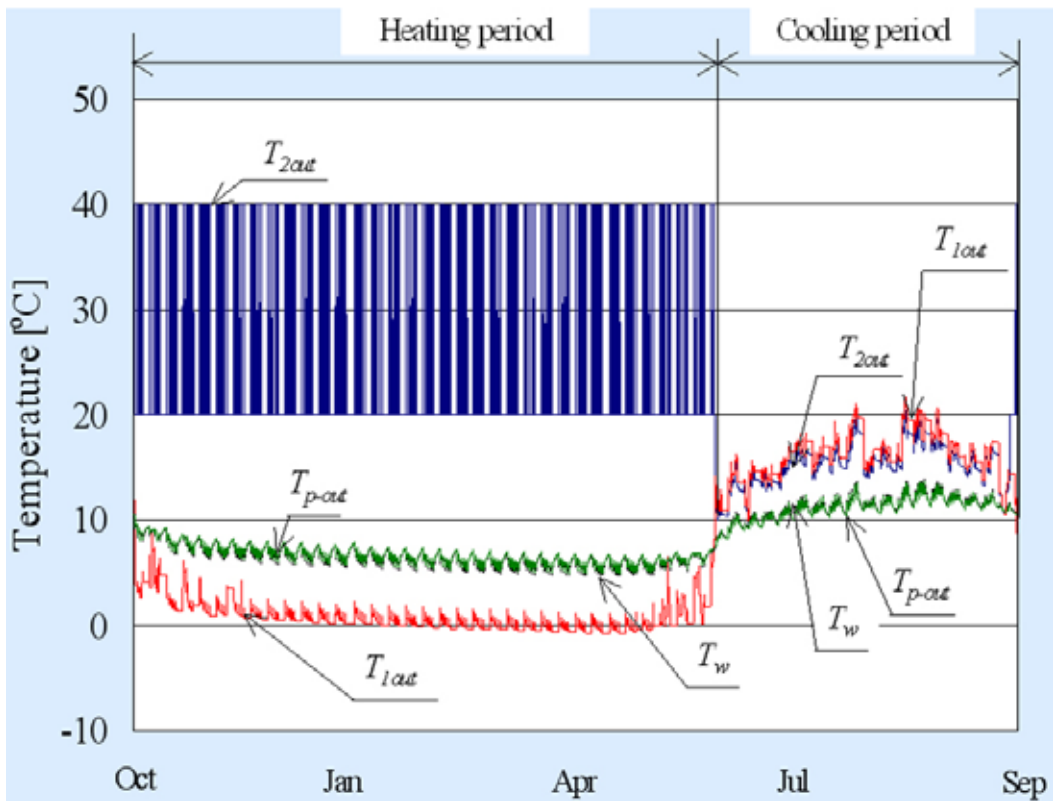


Рисунок 5. Расчетные данные по ежегодным колебаниям температуры в течении 5 лет.  
 - T1out: Температура на выходе из первого контура теплового насоса (входящая в сваи температура);  
 - T2out: Температура на выходе из второго контура теплового насоса (Входная температура вентиляционной системы) Tw: Средняя температура воды в свае, Tр-out: Средняя наружная температура стенки сваи.

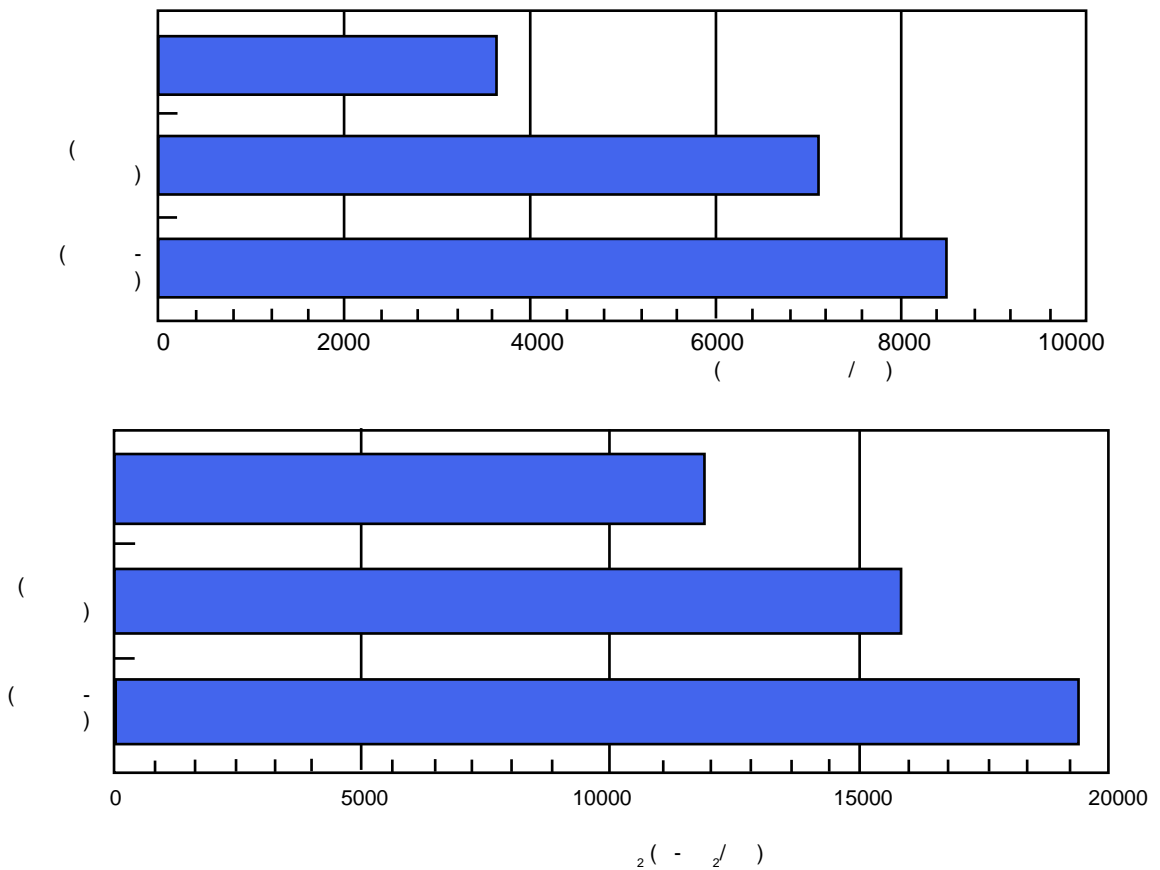


Рисунок 6. Сравнение ежегодных эксплуатационных расходов и ежегодных выбросов CO<sub>2</sub>

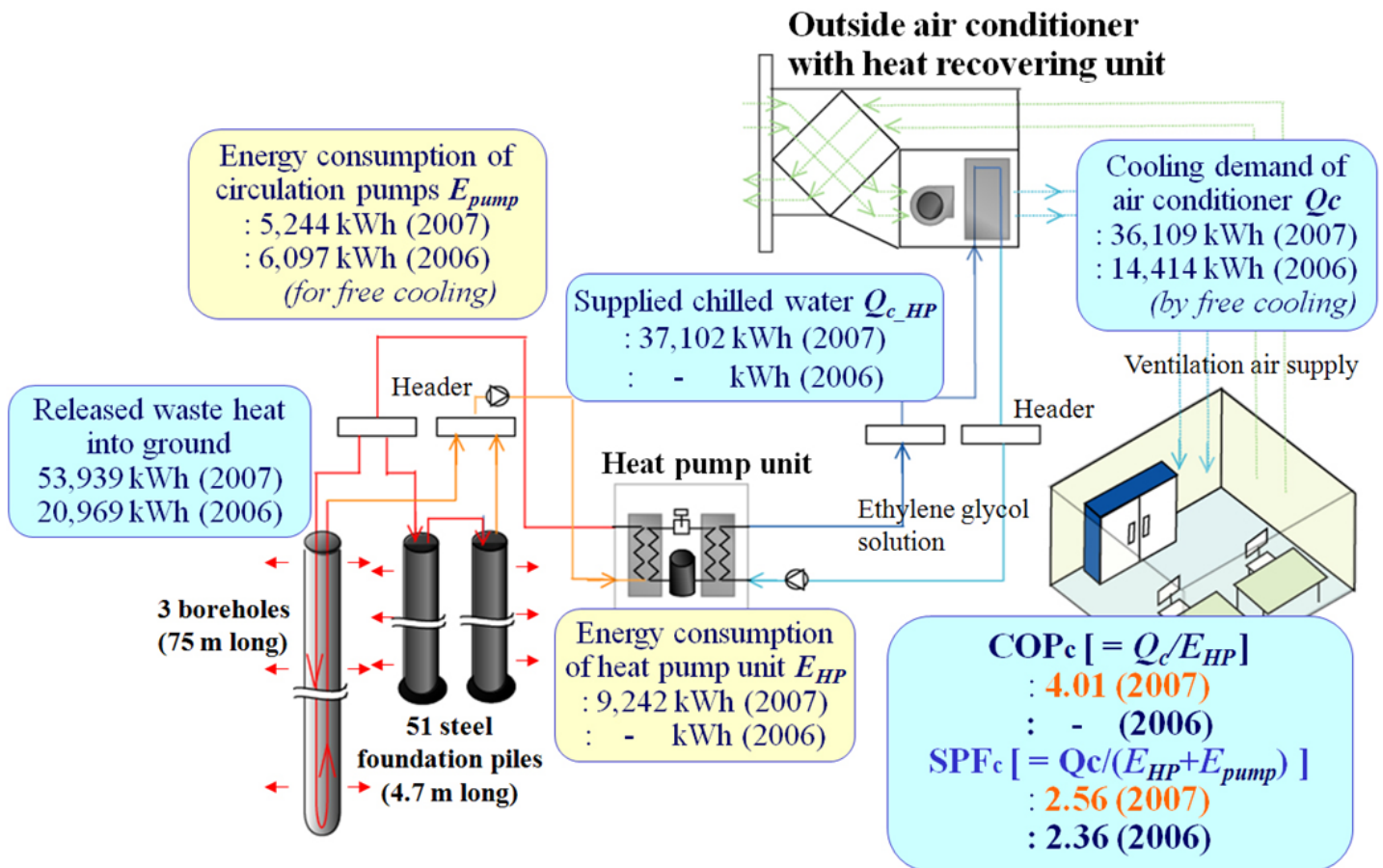


Рисунок 7. Тепловой баланс и производительность системы в течении лета первого года (2006) и второго года (2007)

Energy consumption of circulation pump  $E_{pump}$  – потребление энергии циркуляционными насосами  $E_{pump}$ ;  
 Outside air conditioner with heat recovering unit – внешний кондиционер воздуха с утилизатором тепла;  
 Released waste heat into ground – сброс сточного тепла в землю;  
 Supplied chilled water  $Q_{c\_HP}$  – поставляемая охлажденная вода  $Q_{c\_HP}$ ;  
 Cooling demand of air conditioner  $Q_c$  – спрос воздушного кондиционера на охлаждение  $Q_c$ ;  
 Header – коллектор;  
 Heat pump unit – тепловой насос;  
 3 boreholes (75m long) – 3 скважины (длина - 75м);  
 51 steel foundation piles (4.7 m long) – 51 стальная свая (длина 4.7 м);  
 Energy consumption of heat pump unit  $E_{HP}$  – потребление энергии тепловым насосом  $E_{HP}$ ;  
 Ethylene glycol solution – этилен гликоль;  
 Ventilation air supply – вентиляция воздуха.

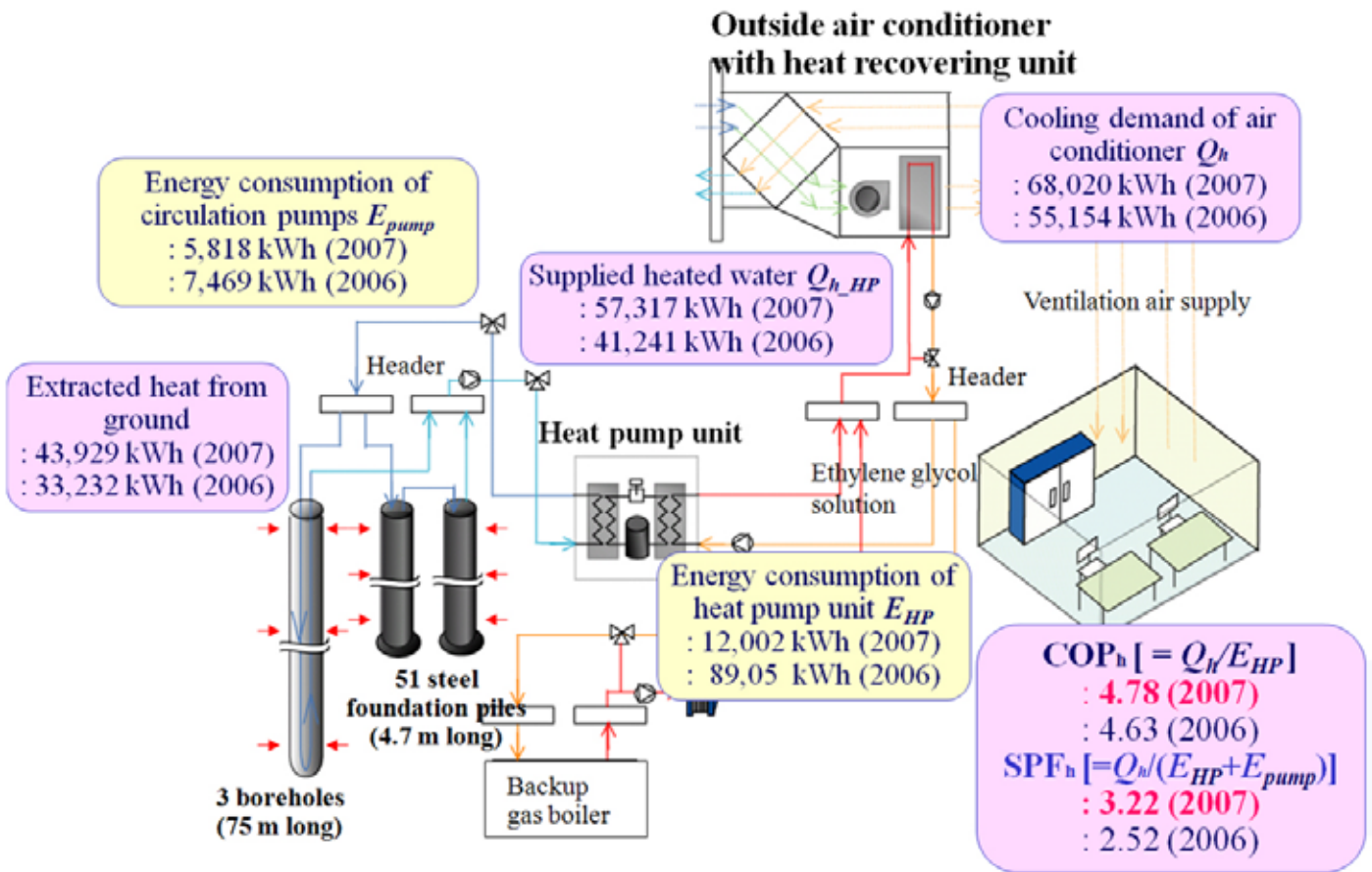


Рисунок 8. Тепловой баланс и производительность системы в течении зимы первого года (2006) и второго года (2007)

Energy consumption of circulation pump  $E_{pump}$  - потребление энергии циркуляционным насосом  $E_{pump}$ ;  
 Outside air conditioner with heat recovering unit - внешний кондиционер воздуха с утилизатором тепла;  
 Supplied heated water  $Q_{h\_HP}$  - поставка подогретой воды  $Q_{h\_HP}$ ;  
 Extracted heat from ground - тепло, извлекаемой из земли;  
 Cooling demand of air conditioner  $Q_h$  - спрос воздушного кондиционера на охлаждение  $Q_h$ ;  
 Header - коллектор;  
 Heat pump unit - тепловой насос;  
 3 boreholes (75m long) - 3 скважины (длина 75м);  
 51 steel foundation piles (4.7 m long) - 51 стальная свая (длина 4.7м);  
 Energy consumption of heat pump unit  $E_{HP}$  - потребление энергии тепловым насосом  $E_{HP}$ ;  
 Ethylene glycol solution - этилен гликоль;  
 Ventilation air supply - вентиляция воздуха;  
 Backup gas boiler - резервный газовый котел.

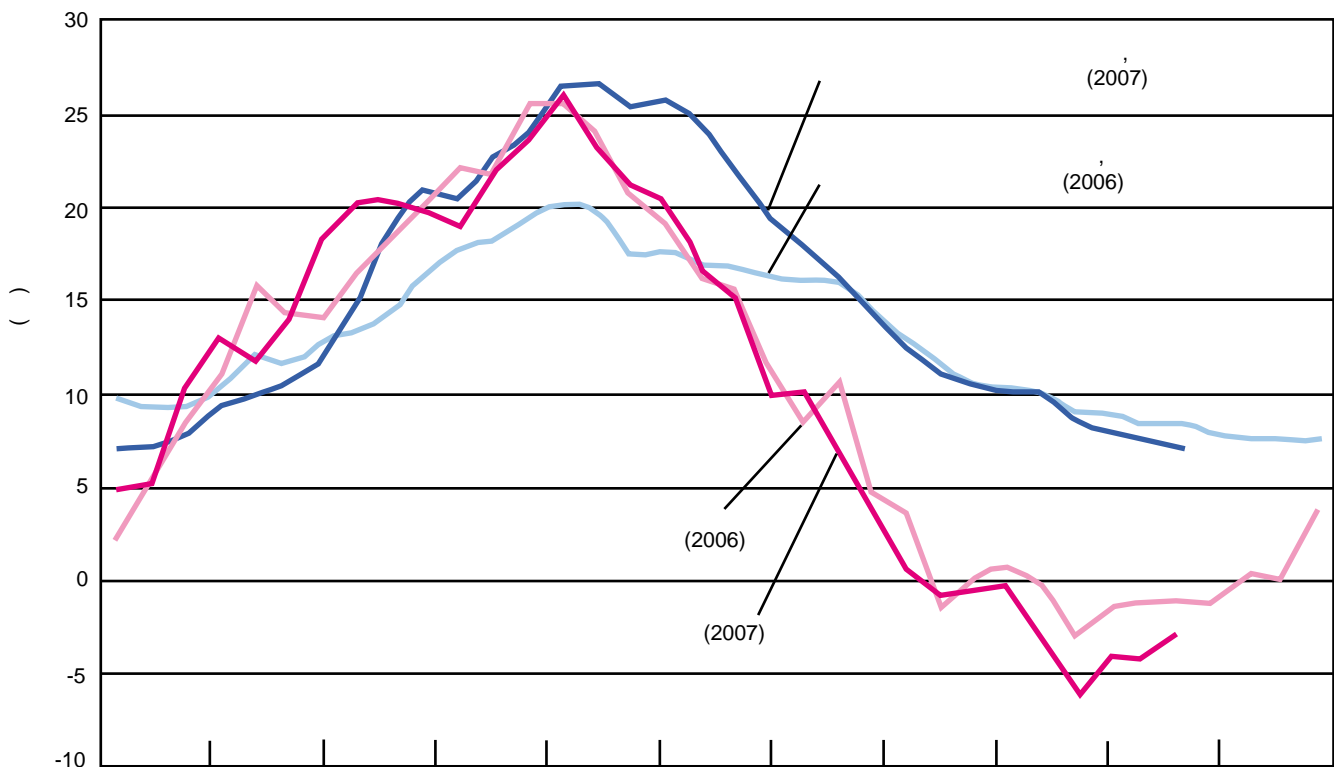


Рисунок 9. Среднее изменение температуры воды в сквае и среднее изменение температуры наружного воздуха

### References

- [1] ENERCRET GmbH: <http://www.enercret.com/page/index2.html> (2010);
- [2] T. Takashi, Reconsideration of the use of ground heat as a heat source of the heat pump, Refrigerating, 37, 419 pp.1-12 (1962) ( in Japanese);
- [3] K. Nagano, T. Katsura et. al.: Thermal characteristics of steel foundation piles as ground heat exchangers, Proceedings of 8th International Energy Agency Heat Pump Conference, P6-12.1-9 (2005);
- [4] K. Nagano: <http://www.pref.nagano.jp/kankyo/kansei/chikanetsu/nagano.pdf> (2010);
- [5] K. Sekine: <http://www.pref.nagano.jp/kankyo/kansei/chikanetsu/taisei.pdf> (2010);
- [6] The snow and construction technology institute of Fukui prefecture: <http://www.fklab.fukui.fukui.jp/yk/> (2010);
- [7] Pipe in pile snow melting association: <http://www.pip-kyokai.jp/> (2010);
- [8] Wakayama; <http://www.geohpaj.org/information/doc/wakayama.pdf> (2008);
- [9] S. Miyamoto: <http://www.npo-eeenet.jp/gyoji/news070713fukui.pdf> (2007);
- [10] K. Nagano, Energy Pile System in new building of Sapporo City University, Thermal Energy Storage

for Sustainable Energy Consumption, Springer, ISBN-1402052898(2007);

[11] K. Nagano, T. Katsura, S. Takeda: Development of a design and performance prediction tool for the Ground Source Heat Pump System, Applied Thermal Engineering, 26(14-15), 1578-1592 (2006);

[12] T. Katsura, K. Nagano, S. Takeda: Method of Calculation of the Ground Temperature for Multiple Ground Heat Exchangers, Applied Thermal Engineering, 28, 14-15, 1995-2004 (2008);

[13] Zeneral Heat Pump Industry, Co., Ltd.: GSHP design and performance prediction program, Ground Club, [http://shop.vector.co.jp/service/servlet/Catalogue.Detail.Top?ITEM\\_NO=SR087561](http://shop.vector.co.jp/service/servlet/Catalogue.Detail.Top?ITEM_NO=SR087561) (2008);

[14] Eskilson, P. Thermal Analysis of Heat Extraction Boreholes. Doctoral Thesis, University of Lund, Department of Mathematical Physics. Lund, Sweden (1987);

[15] Katsura T., K. Nagano et. al.: Analysis of a ground source heat pump system operation utilizing steel foundation piles as ground heat exchangers, 9th IEA Heat Pump Conference (2008);

[16] Tokyo Sky Tree: <http://www.tokyo-skytree.jp/english/> (2010).



## Тепловые насосы с газовым двигателем

IEA Heat Pump Centre Newsletter Volume 24 - No. 1/2006

« »

### *Toshihiko Fujita*

«Газовые тепловые насосы (GHP)» оснащены компрессором с двигателем, работающем на природном или сжиженном газе (бензине), для управления сжатием пара в охладительном цикле. Рынок газовых тепловых насосов постоянно растет с тех пор, как они появились в продаже. За последний год количество проданных внешних блоков в Японии составило 40 000 единиц. Основопологающим фактором их роста стали экономия энергии и низкие эксплуатационные расходы по сравнению с «электрическими тепловыми насосами (EHP)». В этой статье представлены технология и тенденции на рынке газовых тепловых насосов в Японии.

#### **Введение**

Системы GHP делятся на две основные категории: индивидуальные воздушные кондиционеры и водяные чиллерные обогреватели. Воздушные GHP кондиционеры были разработаны и представлены в 1987 году консорциумом трех главных газовых компаний и несколькими предприятиями в Японии. Тепловые насосы широко используются последние 18 лет благодаря большому разнообразию моделей и мощностей, а также благодаря улучшению энергетической эффективности. В настоящее время поступили в продажу водяные чиллерные обогреватели GHP с мощностью 56 кВт. Что касается водяных чиллерных обогревателей GHP большой мощности, несколько десятков единиц появилось в течении 1980-х годов для использования в централизованном кондиционировании и/или в системах горячего водоснабжения, но впоследствии они не получили широкого применения из-за снижения стоимости энергии.

#### **Особенности «газовых тепловых насосов»**

Как показано на рис. 1, базовая конфигурация GHP сходна с EHP: внешние и внутренние теплообменники, испаритель либо конденсатор, компрессор и расширительный клапан (клапаны). Сначала в качестве хладагента использовали HCFC22, но в 1998 году его заменили на HFC407C, а в 2004 на HFC410A. Системы GHP более энергоэффективны, чем электрические тепловые насосы. Основные преимущества:

- Эффективное использование энергии благодаря рекуперации тепла от охладительной системы двигателя и выхлопных газов;
- Высокая тепловая эффективность при частичной нагрузке с простым контролем скорости двигателя компрессора.

До настоящего времени развитие технологии GHP было сконцентрировано на улучшении эффективности двигателей, компрессоров, теплообменников, снижении требований к техническому обслуживанию, созданию микрокомпьютерного контроля и удаленной системы мониторинга. Прогресс тех-

нологии GHP снизил потребление топлива на 40% по сравнению с прошлыми десятилетиями (рис. 2). Особенности воздушного GHP кондиционера представлены ниже:

- Высокоскоростное и мощное отопление без замораживания;
- Удобное кондиционирование и сбережение энергии благодаря работе с переменной скоростью;
- Экономия электроэнергии, путем сокращения потребления примерно в 10 раз по сравнению с электрическими тепловыми насосами. Таким образом, это снизит спрос на энергию в течение летнего периода;
- Сбережение денежных средств благодаря снижению цен на газ для газовых воздушных кондиционеров.

#### **Разнообразие кондиционеров GHP**

На рынке представлено два типа GHP кондиционеров, которые отличаются расположением внутреннего и внешнего блоков, трубопроводов и систем контроля: «Building multi» - для использования в нескольких домах» и комплексный тепловой насос «Packaged». «Building multi» может подключить до 32 внутренних блоков различных типов и мощностей к внешнему блоку, охладительной мощностью от 22,4 до 84 кВт. Этот вид подключения обеспечивает подвижность спроектированных систем отопления. «Packaged» может подключить около 10 внутренних блоков к внешнему блоку с охладительной мощностью от 14 до 84 кВт. Внутренние блоки могут быть одинарного или двойного исполнения, 4-6 внутренних блоков могут иметь одновременный рабочий цикл. Система Store Multi оснащена несколькими внутренними блоками. Новинки технологии GHP кондиционеров представлены ниже:

- The Ultra High-Efficiency Multitype (ультра эффективная мультисистема) со средним коэффициентом COP охлаждения и нагрева 1,60 (рассчитывается по высшей теплотворной способности (HHV- Higher heating value ));
- The High-Power Multi type (мультисистема большой мощности) содержит несколько внутренних блоков с генератором, который потребляет 1/100 электроэнергии аналогичного «электрического теплового насоса»;
- The W Multi or Dual Multi type представляет собой упрощенное сочетание двух и более внешних блоков;
- The Simultaneous Heating and Cooling Multi type (мультисистема с одновременным отоплением и охлаждением);
- The Renewal Multi and Packaged Renewal types (Обновленная мультисистема и комплексная обновленная система) которая может использовать существующую трубопроводную систему для циркуляции хладагента;
- The Building Multi type (мультисистема здания) с функцией горячего водоснабжения.

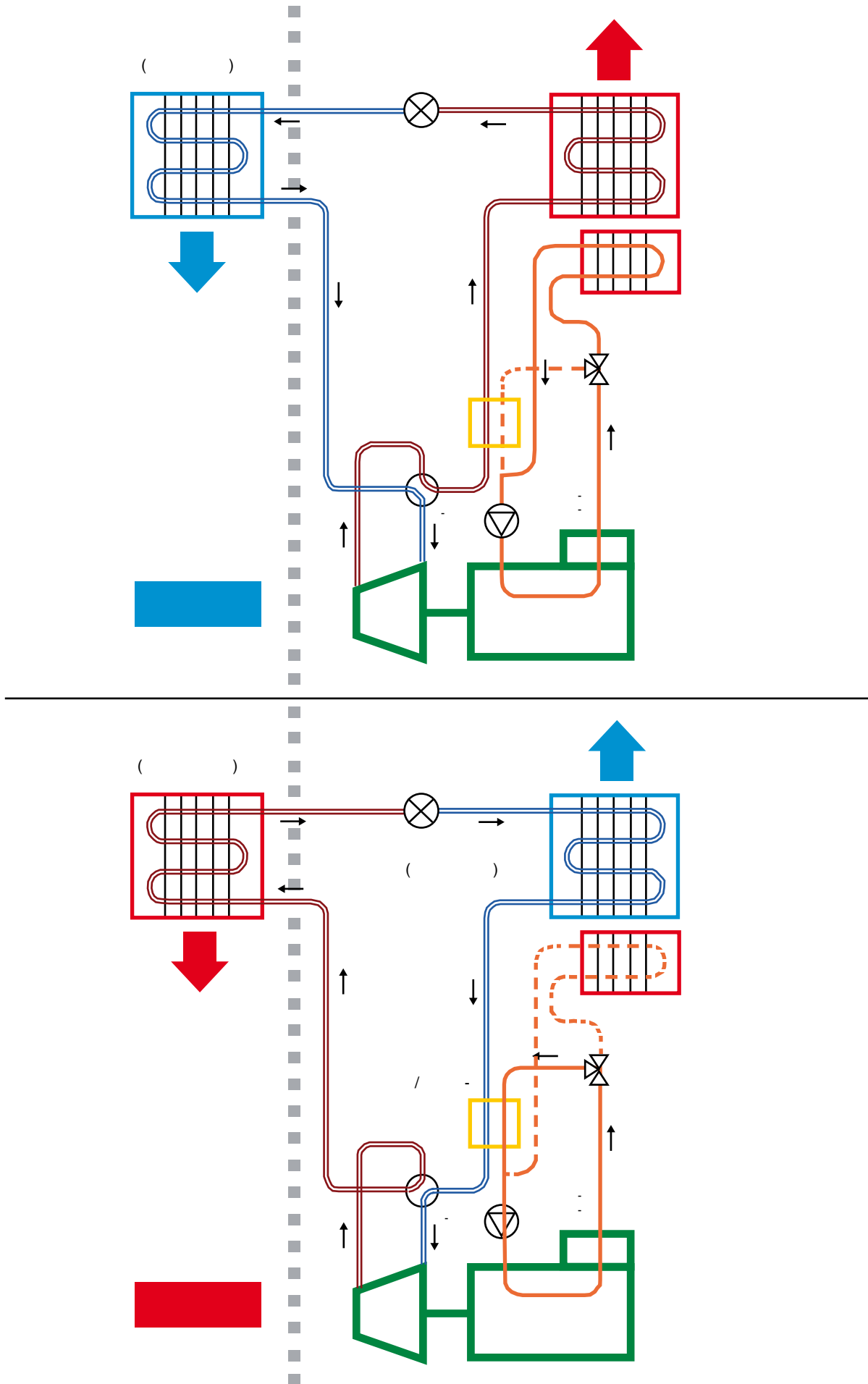


Рисунок 1. Схематические изображение системы газового теплового насоса

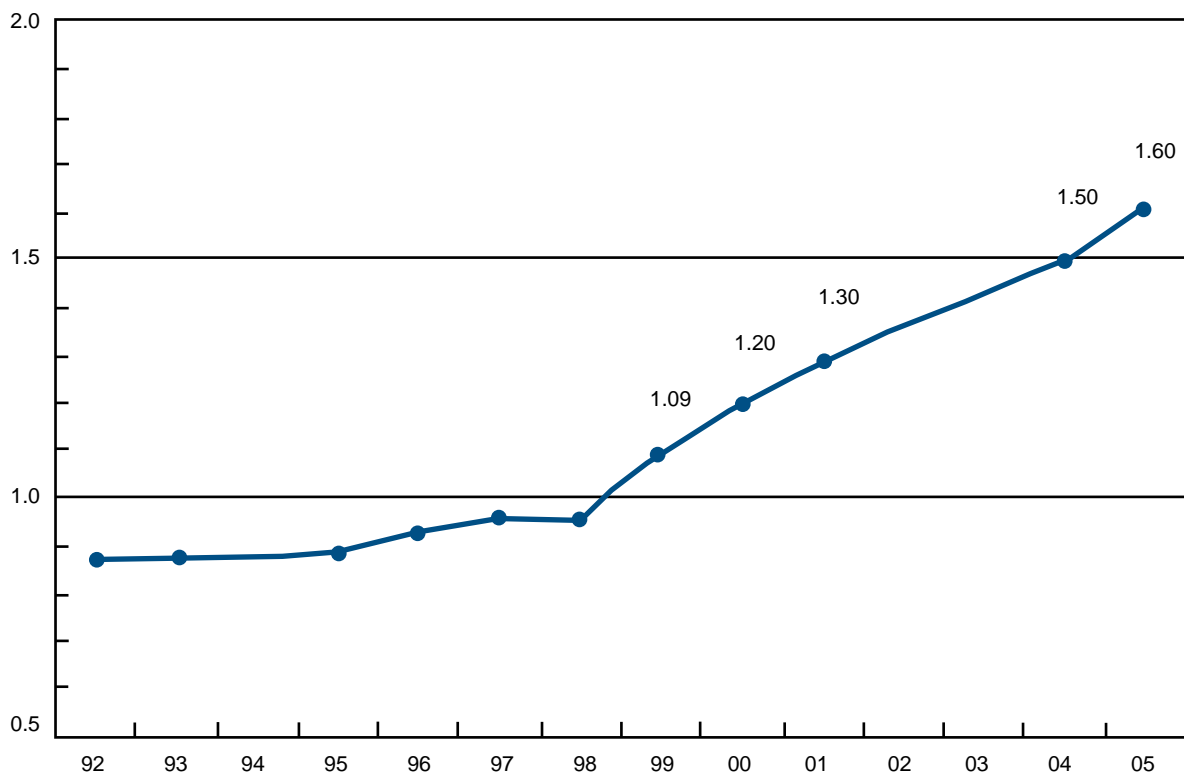


Рисунок 2. Зависимость коэффициента COP от усовершенствования технологии GHP систем

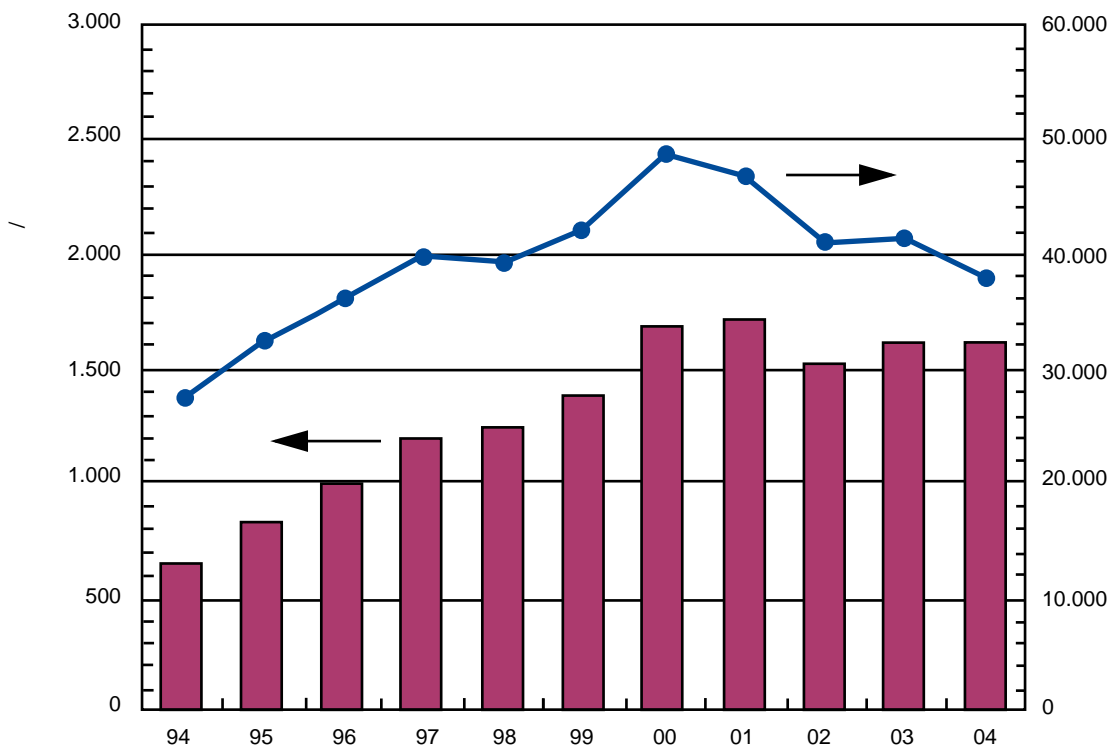


Рисунок 3. Внутренние поставки систем GHP (согласно данным GHP консорциума Японии)

### Тенденции на рынке GHP

На рис. 3 показана статистика продаж GHP кондиционеров, работающих на природном и сжиженном газе, на внутреннем рынке Японии с 1994 по 2004 год. Доля GHP кондиционеров, работающих на природном газе, существенно возросла, достигнув 67% в 2004 году. В последние несколько лет снижается количество поставок внешних блоков GHP кондиционеров с эффектом выравнивания общей мощности, что сигнализирует о увеличении спроса на крупные внешние блоки. В действительности, the Building Multi-type GHP systems устанавливается в больших офисных зданиях с площадью не менее 10 000 м<sup>2</sup>. На рис. 4 показано процентное распределение общей мощности GHP кондиционеров, работающих на природном газе за 2004 год.

### Заключение

Ожидается, что спрос на GHP системы будет увеличиваться. Существует общая тенденция применения индивидуальных воздушных кондиционеров на крупных сооружениях. В Японии GHP системы считаются экономически выгодными, а также на сегодняшний день они способны удовлетворить общественные потребности при этом экономя энергию летом и сокращая потребление первичной энергии.

Кроме того, вскоре будет пересмотрен японский промышленный Стандарт (JIS) В 8627 – 2000 «Тепловые насосы с газовым двигателем», для того, чтобы отразить увеличение номинальной мощности охлаждения до 85 кВт, ввести новые критерии тестирования и оценки сезонного потребления.

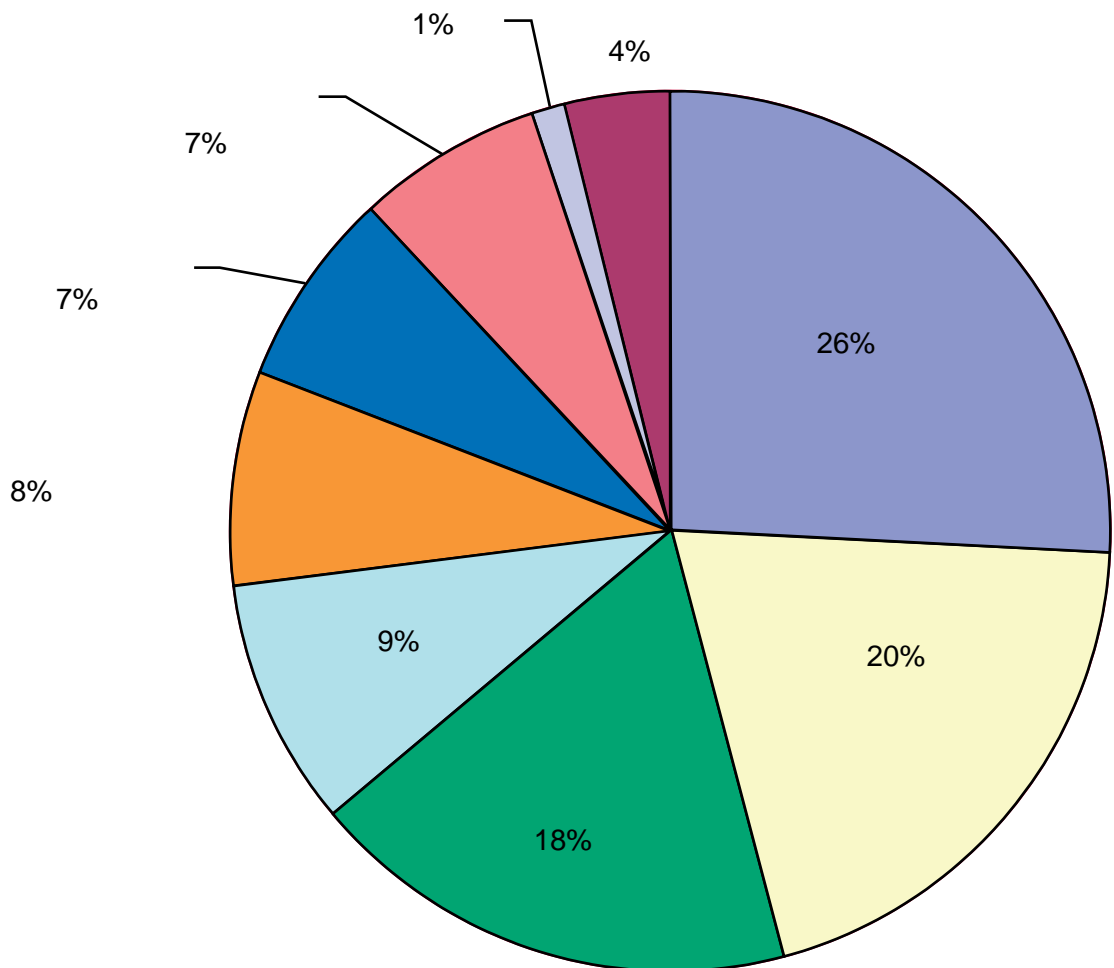


Рисунок 4. Распределение общей мощности GHP по применению (согласно данным Японской газовой ассоциации - The Japan gas association, JGA)

# ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ

**Адрес:** ООО ЭСКО «ЭкоСис»  
69035 г. Запорожье, пр.  
Маяковского,11  
Журнал «Тепловые насосы»

**Тел./факс:** (+38 061) 224 - 66 - 86  
**e-mail:** tn@esco.co.ua  
**Веб:** tn.esco.co.ua

## Форма заявки

Заполните, пожалуйста, купон подписчика и перешлите на его e-mail: tn@esco.co.ua или по факсу (+38 061) 224 - 66 - 86, или вышлите в редакцию по адресу: Украина, 69035, г. Запорожье, проспект Маяковского, 11, ЭСКО «ЭкоСис»

Купон подписчика	
Название организации	
Сфера деятельности организации	
Почтовый индекс	
Страна	
Город	
Адрес доставки	
Должность	
Контактное лицо	
Телефон (с кодом города)	
Контактный телефон	
Факс	
E-mail	
http://:	

## На отдельные номера

Варианты издания	Отметить	Номер	Год выхода	Кол-во	Стоимость ед.			Итого
					грн.	руб.	\$	
печатное	<input type="checkbox"/>	№ _____			260	910	35	
электронное	<input type="checkbox"/>				70	250	10	
печатное	<input type="checkbox"/>	№ _____			260	910	35	
электронное	<input type="checkbox"/>				70	250	10	
печатное	<input type="checkbox"/>	№ _____			260	910	35	
электронное	<input type="checkbox"/>				70	250	10	

## Полугодовая и годовая подписка

Версии журнала	Отметить вариант	Стоимость		
		Грн.	Руб.	\$
Печатная версия журнала:				
• 6 месяцев (3 номера)		780	2750	100
• 12 месяцев (6 номеров)		1560	5500	200
Электронная версия журнала:				
• 6 месяцев (3 номера)		210	740	28
• 12 месяцев (6 номеров)		420	1470	55

\* - Подписка начинается с текущего издания, если не оговорены другие варианты.



### **РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И КОРПОРАЦИЙ**

- 
- 
- 
- 
- 
- 

### **РЕШЕНИЯ ДЛЯ МУНИЦИПАЛИТЕТОВ И КОММУНАЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

- 
- 
- 
- 
- 
- 

### **ПОДГОТОВКА ПРОЕКТОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ К ФИНАНСИРОВАНИЮ**

#### **ПРОМЫШЛЕННОСТЬ:**

- 
- 
- 
- « »
- 
- 
- 

#### **МУНИЦИПАЛИТЕТЫ:**

- 
- 
- 
- 
- 
- 

**ООО ЭСКО «Экологические Системы»**  
Украина, 69035, г. Запорожье, пр. Маяковского 11  
тел. (061) 224 68 12, тел./факс (061) 224 66 86  
[www.ecosys.com.ua](http://www.ecosys.com.ua) E-mail: [ecosys@zp.ukrtel.net](mailto:ecosys@zp.ukrtel.net)

