

# ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ

Дайджест

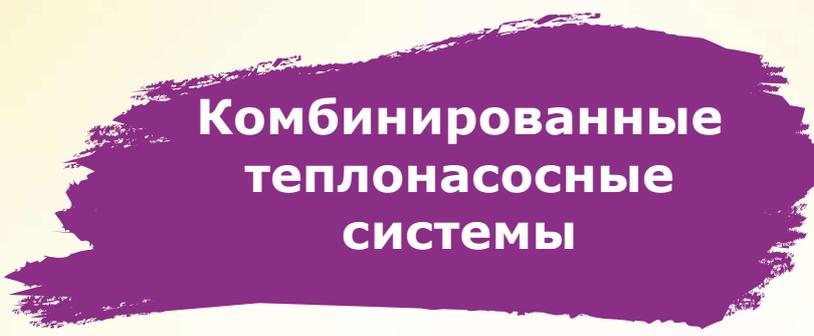
№ 3 / 2011



**Новости**



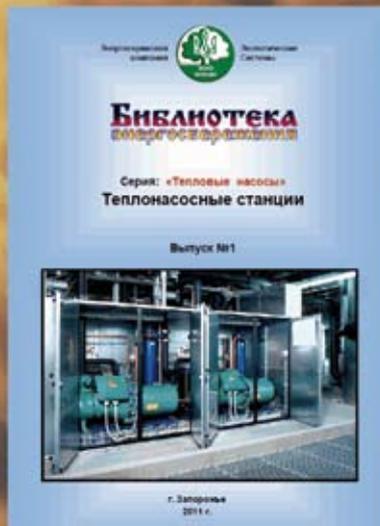
**Обзор рынка тепловых  
насосов**



**Комбинированные  
теплонасосные  
системы**

# 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

Дайджест № 3/2011

## Учредитель и издатель:

ООО ЭСКО «Экологические Системы»

## Главный редактор:

Василий Степаненко

## Ответственный редактор:

Елена Ряснова

## Редакционный совет:

**Александр Викторович Сулов**,  
ведущий специалист GreenBuild, Москва, РФ.

**Александр Владимирович Трубий**,  
специалист ООО «Сантехник ЛТД и К»,  
Киев, Украина.

**Виктор Федорович Гершкович**,  
к.т.н., член-корреспондент Украинской Академии  
Архитектуры, директор  
ЧП «Энергоминимум», Киев, Украина.

**Николай Маранович Уланов**,  
к.т.н., начальник КБ института теплофизики АНУ,  
Киев, Украина.

**Константин Константинович Майоров**,  
главный редактор журнала «Энергосбережение»,  
Донецк, Украина.

**Сергей Викторович Шаповалов**,  
главный редактор журнала «Энергоаудит»,  
Тольятти, РФ.

**Виталий Дмитриевич Семенко**,  
генеральный директор Центра внедрения энер-  
госберегающих технологий «Энергия планеты»,  
заслуженный энергетик Украины, почетный энер-  
гетик Украины, почетный энергетик СНГ,  
Киев, Украина.

**Юрий Маркович Петин**,  
генеральный директор ЗАО «Энергия», Новоси-  
бирск, Россия.

**Валерий Гаврилович Горшков**,  
главный специалист ООО «ОКБ Теплосибмаш»,  
Новосибирск, Россия.

## Редакция:

Виктория Артюх, Алина Ждамирова,  
Александр Пруцков.

## Адрес редакции:

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

тел./факс: (+38061) 224-66-86

e-mail: tn@esco.co.ua

www.tn.esco.co.ua

За достоверность информации и рекламы ответ-  
ственность несут авторы и рекламодатели.

Редакция может не разделять точку зрения  
авторов статей.

Редакция оставляет за собой право редактировать  
и сокращать статьи.

Все авторские права принадлежат авторам  
статей.

## Новости

Коммуночиствод будет использовать тепло- вые насосы	4
В Германии тепловые насосы становятся аль- тернативой газовому отоплению	4
Воздушные тепловые насосы от Mitsubishi Heavy Industries стали доступны в России	4
В «Активном доме» установили экономичный тепловой насос	5
Вокруг света с тепловыми насосами на хла- дагенте CO <sub>2</sub>	5
Рынок кондиционирования воздуха на разо- греве	6
Новые технологии Danfoss для тепловых на- сосов	6
Новые гранты для тепловых насосов в Вели- кобритании	7
15 проектов по установке тепловых насосов в Киеве проходят экспертизу	7
Киев на энергосбережение выделяет поряд- ка 400 млн. гривен	7

## Аналитика

Всегда ли эффективен тепловой насос	9
Тепловые насосы - за и против	13

## Обзор рынка тепловых насосов

Рейтинг геотермальных тепловых насосов в Австрии	15
---	----

## Комбинированные теплонасосные системы

И. И. Мацко. Разработка методики расчета энергетической эффективности комбини- рованных теплонасосных станций в системах теплоснабжения	16
--	----

## Коммуночиствод будет использовать тепловые насосы

КП КХ «Харьковкоммуночиствод» начинает второй этап реализации проекта отопления административных зданий предприятия по вул.Моисеивска, 32 тепловыми насосами.

Об этом на заседании техсовета Департамента коммунального хозяйства сообщил и.о. гендиректора КП Александр Коваленко.

Он отметил, что на данный момент здание уже утеплено (заменены окна, утеплен фасад), в двух зданиях заменена система отопления под трубы нужного диаметра. Следующая цель - закупка и монтаж необходимого оборудования. «Для отопления зданий тепловыми насосами нужны крупные стартовые вложения. «Коммуночистводу» нужны 3 млн грн. для покупки оборудования», - сообщил Александр Коваленко.

Директор предприятия рассказал, что «Харьковкоммуночиствод» намерен с данным проектом принять участие в государственной программе энергоэффективности и получить финансирование из государственного бюджета. В настоящее время КП КХ «Харьковкоммуночиствод» направило в Кабинет министров Украины пакет документов и ждет рассмотрения вопроса.

Для справки

Проект «Внедрение технологий использования тепловых насосов в целях теплоснабжения комплекса сооружений по вул.Моисеивский, 32 службы сетей КП КХ «Харьковкоммуночиствод» находится на стадии реализации.

Стоимость проекта 4,1 млн грн.  
Ежегодная экономия средств 540 тыс.грн.  
Сокращение выбросов CO<sub>2</sub> - 269,85 т / год  
Срок окупаемости - 5 лет.

Ввод в эксплуатацию теплового насоса позволит перевести в резерв существующую газовую котельную и сократить потребление газа на 134,8 тис. м<sup>3</sup> в год. В качестве низкопотенциального тепла при работе теплового насоса использоваться тепло неочищенных канализационных стоков.

Источник: [www.1562.kharkov.ua](http://www.1562.kharkov.ua)

## В Германии тепловые насосы становятся альтернативой газовому отоплению

В Германии для отопления новых домов вместо газа все чаще используются тепловые насосы. Доля газового отопления упала до 58,4 процента, а мазут вообще практически не используется.

Все больше строителей в Германии выбирают для отопления домов тепловые насосы. К этой опции прибегает уже каждый пятый строитель в стране, сообщает газета Financial Times Deutschland,

ссылаясь на пока не опубликованные данные Федерального статистического ведомства.

Тепловые насосы извлекают тепло из почвы, грунтовых вод или воздуха и затем используют его для обогрева квартир и нагревания воды.

Согласно газете, доля газа, применяемого для отопления новых домов, в прошлом году сократилась до 58,4 процента. Это самый низкий уровень за последние более чем 10 лет. Еще в 2004 году эта доля составляла 75 процентов. Что же касается мазута, то он для отопления новых зданий уже практически не используется.

По мнению автора статьи в газете Financial Times Deutschland, одна из главных причин такой тенденции в государственные программы по стимулированию перехода на альтернативные источники энергии. Многие потребители в ФРГ также задаются вопросом, насколько надежно газовое снабжение их страны. Почти 37 процентов импортируемого Германией газа поступает из России, пишет Deutsche Welle.

Источник: [max-energy-saving.info](http://max-energy-saving.info)

## Воздушные тепловые насосы от Mitsubishi Heavy Industries стали доступны в России

Торговая марка HM-Hydrolution теперь будет представлять тепловоздушные насосы (ТВН) от компании Mitsubishi Heavy Industries в России.

В модельный ряд ТВН вошли 3 инверторные наружные блока (FDCW71, 140VNX, 100), имеющих номинальную производительность тепла 8,9 и 16,5 кВт; 2 внутренние блока (HMS140V и HMA100V); и 3 типа баков-аккумуляторов (MT500, HT30 и MT300), объемом 500, 30 и 300 литров соответственно.

Модели наружных блоков FDCW100 и FDCW71 можно использовать в сочетании с внутренними блоками HMA100V, при чём у внутренних блоков иметься свой, вмонтированный бак-аккумулятор на 270 литров. Наружный блок модели FDCW140 сочетается с моделью HMS140V внутреннего блока, не имеющей собственного бака-аккумулятора. К такой комбинации можно подключить один из представленных отдельных баков-аккумуляторов нужного потребителю объёма. Объём рассчитывается из личных потребностей потребителя. В целом, система ТВН MHI чем-то напоминает конструктор, части которого можно собирать, исходя из личных предпочтений потребителя.

Рабочий материал системы – фреон R410a, который может, как нагревать, так и охлаждать воду в довольно большом диапазоне температур. Вода может нагреваться постоянно, если систему планируется использовать, как источник тепла в помещении. Система «тёплый пол» может быть с успехом реализована с помощью ТВН MHI, кроме того, к ней могут быть подключены радиаторы или фанкойлы. Система «холодный потолок», целью которой явля-

ется охлаждение воздуха, в помещении может быть также реализована при помощи ВТН МНІ.

Система, только сейчас поступившая в продажу на рынке России, уже давно и с успехом эксплуатируется по всей Европе. Её основные преимущества – универсальность, простота установки и высокая отдача тепла – позволяет ей занимать лидирующие позиции среди систем горячего водоснабжения и отопления. Система ВТН МНІ достаточно экономна, что особенно важно в условиях постоянного роста цен на электроэнергию.

Оптимальным применением системы ВТН МНІ будет её установка в коттеджах и небольших частных домах. И дело не в возможности системы отопить большое помещение – возможность как раз имеется. Просто большие особняки, как правило, имеют собственное централизованное отопление, и потребность в такой системе просто отпадает сама собой.

Поставки новых систем в Россию уже идут полным ходом, приобрести такие системы можно у компании «Биоконд», которая является официальным представителем МНІ на территории России.

*Источник: www.imperial.kiev.ua*

## **В «Активном доме» установили экономичный тепловой насос**

Реализация первого в России «Активного дом» вошла в заключительную стадию строительства. На данном этапе закончен монтаж геотермального теплового насоса, который является экологически чистым источником тепловой энергии с рекордно низким потреблением электричества.

Геотермальный тепловой насос в значительной степени обеспечивает отопление, охлаждение и горячее водоснабжение в доме, потребляя на 75% меньше электричества по сравнению с обычным электрическим котлом. При его использовании в воздух не попадают токсичные продукты сгорания природного газа, солярки или мазута. Использование такого оборудования сводит к минимуму платежи за электроэнергию. За каждый отопительный сезон платежи за электроэнергию составят порядка 12,5 тыс. рублей при использовании электрического котла и около 3 тыс. рублей, если в доме установлен геотермальный тепловой насос.

В экономически развитых странах геотермальный тепловой насос является одним из наиболее популярных и востребованных инструментов обеспечения отопления, охлаждения и горячего водоснабжения. Геотермальные тепловые насосы работают бесперебойно в среднем 25 лет. При этом геотермальная часть теплового насоса (скважины, коллекторы и т.п.), которая составляет значительную часть стоимости всего оборудования, не меняется.

«Задача тестирования работы геотермального теплового насоса – испытать на практике эффективность и экономичность нового для нашей стра-

ны инженерного оборудования. По результатам тестирования можно будет говорить о перспективах использования геотермальных тепловых насосов в загородном строительстве», - говорит Андрей Васильев, генеральный директор компании «Загородный Проект».

«Активный дом» - первый в России проект, разработанный на основе концепции Active House и реализуемый компаниями «Загородный Проект» и VELUX. В рамках проекта представлены современные архитектурные решения, тестируются энергосберегающие технологии, а также проводится их технико-экономический анализ.

*Источник: www.cottage.ru*

## **Вокруг света с тепловыми насосами на хладагенте CO<sub>2</sub>**

*Переведено энергосервисной компанией «Экологические Системы»*

От Ирландии до Китая и от Японии до Дании тепловые насосы для нагрева воды на CO<sub>2</sub>, установленные в коммерческих, жилых и промышленных зданиях, показывают исключительно положительные результаты.

Водогрейные тепловые насосы на CO<sub>2</sub> устанавливаются в жилых, коммерческих зданиях и системах централизованного теплоснабжения по всему миру с целью покрытия потребности с горячей воде. В то же время проводятся исследования по разработке систем и компонентов, адаптированных к местным условиям рынка. Имеется ли возможность повторить успех тепловых насосов на CO<sub>2</sub> в Японии в других странах мира?

Последние проекты и политические новости о рынке тепловых насосов:

- Проект строительства социального жилья в Ирландии: около 130 тепловых насосов на CO<sub>2</sub> SANYO ECO были установлены в социальных жилых зданиях Дублина в Ирландии, для того, чтобы снизить затраты на отопление, горячее водоснабжение и эмиссию парниковых газов;

- Моделирование прототипов тепловых насосов на CO<sub>2</sub> типа «рассол/вода» в Норвегии и Австрии. В Норвегии и Австрии в рамках совместного проекта IEA Heat Pump Programme «Экономные системы отопления и охлаждения в низкоэнергетических домах» был разработан и протестирован прототип теплового насоса на CO<sub>2</sub> типа «рассол/вода» только для производства горячей воды и для работы в комбинированном режиме отопления и горячего водоснабжения. В настоящее время проекты уже завершили, и заключительные отчеты были опубликованы;

- Модернизированный тепловой насос Eco Cute: гибридные системы, дополнительные функции и рыночные прогнозы. Гибридные системы, сочетающие в себе тепловые насосы Eco Cute и котлы, становятся все более популярными в Японии. Chubu

Electric Power Corporation разработала одну из таких систем и планирует начать ее продажи в этом году. Кроме того, эта компания разработала специальное устройство обогащения воды водородом, которое рекомендуется использовать как дополнение к Eco Cute. По данным исследовательской компания Fuji Keizai, прогнозируется увеличение рынка продаж воздушных тепловых насосов и тепловых насосов типа «грунт/воздух» почти до 17 млрд. евро к 2020 году;

- Эксклюзивное интервью с профессором J. Chen о тепловых насосах на CO<sub>2</sub> в Китае (4 Августа 2011). Доктор Jiangping Chen, профессор института холода и криогеники Шанхайского университета Цзяо Тун (the Institute of Refrigeration and Cryogenics at Shanghai Jiao Tong University) рассказал о водогрейных тепловых насосах на CO<sub>2</sub>, специальных условиях на Китайском рынке, основных препятствиях и путях их преодоления, перспективах успеха технологии в стране;

- Новые производственные мощности для изготовления CO<sub>2</sub> тепловых насосов во Франции (3 августа 2011 года). Компанией Sanden Manufacturing Europe было объявлено о производстве водогрейных тепловых насосов на CO<sub>2</sub> с учетом европейских условий во Франции. После продолжительных испытаний продукта в реальных условиях с конца 2008 года было решено создать производственную линию во Франции, а позже и в других европейских странах;

- Тепловые насосы на CO<sub>2</sub> в Ирландии (1 августа 2011 года). Потребность в энергетической эффективности и использовании 100% возобновляемых источников энергии для нагрева воды способствовали установке транскритических тепловых насосов в отеле и доме престарелых в Ирландии;

- Инициативы, поощряющие использование тепловых насосов и ЕС и Великобритании (2 августа 2011 года). Европейский союз призывает к исследованию предложений «Новое поколение тепловых насосов и» и «Теплонасосные системы большой мощности для централизованного отопления и охлаждения», в которых предусматривается использование низкотемпературного тепла сточных вод. Между тем, Великобритания опубликовала более подробную информацию о схеме предоставления грантов на установку тепловых насосов в жилых зданиях без использования газа;

- SUNSTORE 4 - инновационный датский проект централизованного теплоснабжения, который предусматривает использование CO<sub>2</sub> тепловых насосов (15 июля 2011 года). Широкомасштабный проект использования 100% энергии из возобновляемых энергетических ресурсов заключается в обеспечении датского города Marstal централизованной отопительной системой большой мощности. Система была разработана благодаря выделенному гранту EU's Seventh Framework Programme (FP7). Инновационный проект направлен на демонстрацию эффективности и надежности системы возобновляемых источников энергии, включая тепловые насосы на CO<sub>2</sub>;

- Новый китайский стандарт по тепловым насосам на CO<sub>2</sub> (14 июля 2011 года). 1 июня 2011 года формально вступил в силу новый китайский стандарт по тепловым насосам на CO<sub>2</sub>. Стандарт GB/T26181-2010 для герметичных двигателей-компрессоров для бытового назначения и водогрейных тепловых насосов на CO<sub>2</sub> ускорит поступление новых продуктов на китайский рынок;

- Инновационный пакистанский проект нагрева воды с использование солнечной энергии и CO<sub>2</sub> в качестве рабочей жидкости (5 июля 2011 года). Цель проекта - внедрение альтернативной гибридной энергетической системы в городе Gilgit-Baltistan, Пакистан, использующей солнечную энергию и CO<sub>2</sub> в качестве рабочей жидкости. Проект является результатом программы совместного сотрудничества Пакистана и США в вопросах науки и техники (Pakistan-US Science and Technology Programme (USAID)), а также Комиссии по высшему образованию Пакистана (the Higher Education Commission (HEC) of Pakistan);

- Применение гибридной системы Eco Cute в условиях холодного климата (4 июля 2011). Основным недостатком системы Eco Cute является трудность работы в условиях холодного климата. Эту проблему можно решить путем применения гибридной системы, в которой используется резервный электрический нагреватель. Предлагается ознакомиться с опытом эксплуатации такой гибридной системы, установленной в школьной столовой на севере Японии.

*Источник: www.R744.com*

## Рынок кондиционирования воздуха на разогреве

*Переведено энергосервисной компанией «Экологические Системы»*

Всемирный рынок систем воздушного кондиционирования восстанавливается после спада и достигнет 144 300 000 проданных единиц в 2017 году. Рост будет обеспечен продажами энергоэффективных моделей, использующих инвертор в системах кондиционирования, прогнозирует американская компания Global Industry Analysts (GIA).

*Источник: www.acr-news.com*

## Новые технологии Danfoss для тепловых насосов

*Переведено энергосервисной компанией «Экологические Системы»*

Этой осенью компания Danfoss расширит диапазон мощностей компрессоров, используемых в системах жилых и коммерческих тепловых насосов от 5 до 240 кВт. Это означает, что компания Danfoss является крупнейшим поставщиком компрессоров на мировом рынке.

*Источник: www.ejarn.com*

## Новые гранты для тепловых насосов в Великобритании

*Переведено энергосервисной компанией «Экологические Системы»*

Домовладельцы Англии, Шотландии и Уэльса могут получить от 1250 £/1430 евро из государственного бюджета на установку систем отопления, использующих возобновляемые источники энергии, такие как котлы на биомассе, воздушные и грунтовые тепловые насосы, солнечные панели.

Воздушные тепловые насосы: 850£/972 евро  
Грунтовые тепловые насосы: 1250£/1430 евро

Для того, чтобы получить грант, необходимо выбрать тепловой насос и монтажную организацию из перечня Microgeneration Certification Scheme.

Участникам будет необходимо поддерживать обратную связь, предоставляя данные о работе теплового насоса, что позволит правительству собрать информацию и лучше понять технологию использования возобновляемых источников.

*Источник: www.ehpa.org*

## 15 проектов по установке тепловых насосов в Киеве проходят экспертизу

У 2012 році в навчальних закладах Оболонського району столиці розпочнеться реалізація пілотного проекту із заміни теплових насосів та впровадження енергозберігаючих технологій. Про це сказав голова Київської міської державної адміністрації під час робочої поїздки до загальноосвітньої школи № 18, що в Оболонському районі.

«Зараз п'ятнадцять проектів зі встановлення теплових насосів у закладах бюджетної сфери проходять експертизу. Після її завершення ми розпочнемо їхнє фінансування», – сказав Олександр Попов.

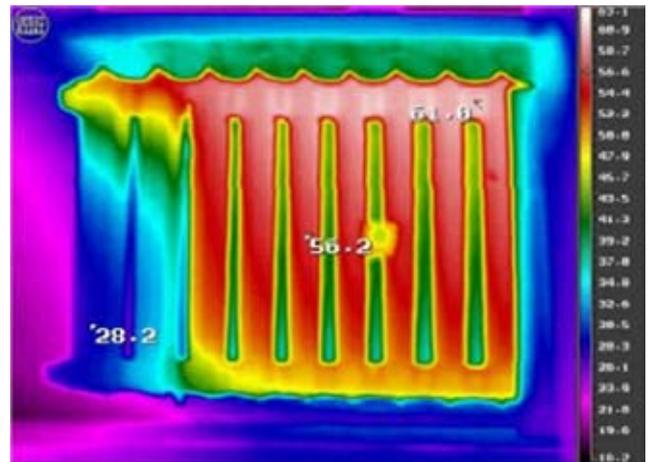
Також він зазначив, що вартість одного такого проекту становить 2-2,5 млн грн., а окупність приблизно 4-5 років.

Окрім того, голова КМДА додав, що до кінця року Київська міська державна адміністрація внесе на затвердження сесії Київради програму із запровадження енергозберігаючих технологій на 2011-2015 роки, яка передбачає скорочення витрат на енергоносії до 20%.

«Якщо цього року наші витрати становитимуть близько 700 млн. грн., то після впровадження енергозберігаючих технологій міський бюджет економитиме приблизно 140 млн грн. щороку», – сказав Олександр Попов.

*Источник: eeg-ua.com*

## Киев на энергосбережение выделяет порядка 400 млн. гривен



Из бюджета украинской столицы на программу энергосбережения в текущем году намерены выделить порядка 400 млн. гривен.

Как сообщает Александр Мазурчак, 1-й заместитель главы Киевской горгосадминистрации, в мае текущего года предполагается утвердить программу, касающуюся действий горвластей по энергосбережению на ближайшие несколько лет.

По словам Александра Мазурчака, каков будет весь объем финансирования этой программы, сегодня сказать трудно, но на цели, которые связаны с энергосбережением, в том числе и тепловые насосы для отопления, израсходуют лишь из горбюджета порядка 400 млн. гривен.

Как утверждает чиновник, если программу утвердят, это поможет значительно сохранить энергию. В программу будут входить различные проекты, к примеру, предлагающие купить тепловые насосы, реконструировать котельные, центральные тепловые пункты, заменить сети. Как отметил Александр Мазурчак, при помощи ремонта котла можно сэкономить энергозатраты приблизительно на 15%. Еще 12-20% можно будет сэкономить при транспортировке, если появятся новые сети.

Начнут воплощать программу в жизнь с бюджетной сферы Киева, а не с жилых зданий. Поскольку в бюджетной сфере стоимость энергоресурсов выше в 2-3 раза, нежели для населения.

*Источник: fnews.com.ua*

## Всегда ли эффективен тепловой насос

### 1. Сколько стоит?

Многие заказчики, знающие о тепловом насосе понаслышке, не имеют представления о его реальной стоимости, полагая, что затраты на его устройство будут сопоставимы с затратами на покупку привычного газового котла. В таких случаях их желание установить тепловой насос может исчезнуть тотчас же после того, как он узнает, во что это ему примерно обойдется.

Разумеется, точную цену на предпроектной стадии никто определить не сможет, потому что цена эта зависит от множества факторов, численные значения которых станут известными в процессе проектирования. Тем не менее, порядок цифр уже известен, и потому рекомендуется на самом начальном этапе проектирования предупредить заказчика, что в результате применения отопительного теплового насоса стоимость здания увеличится примерно на 0,7... 1,1 доллара на каждый Ватт тепловой мощности теплового насоса. Понятно, что чем здание больше, тем этот удельный показатель меньше.

После получения этой информации заказчик, который всегда желает знать, во что ему обойдется квадратный метр строящегося здания, начнет вычислять удорожание строительства, вызванное применением теплового насоса. Если тепловая защита дома не выполнена должным образом, и удельная тепловая мощность отопительной системы, отнесенная к одному квадратному метру общей площади дома, составляет, например, 80 Вт/м<sup>2</sup>, то и удорожание будет выражаться примерно тем же числом, но уже в единицах измерения долл./м<sup>2</sup>. Таким образом, в дом площадью 400 м<sup>2</sup> с отопительным тепловым насосом придется дополнительно вложить (80 x 400) около 30 тыс. долларов. Если этот дом хорошо утеплить и довести удельную тепловую мощность системы отопления до 40 Вт/м<sup>2</sup>, то и дополнительные затраты на установку теплового насоса можно сократить почти вдвое.

Утеплить дом тоже недешево, но выполненное в процессе строительства утепление экономит деньги в течение многих лет эксплуатации, в то время как дорогой тепловой насос в работе обойдется еще дороже. Поэтому устанавливать отопительный тепловой насос в плохо утепленном доме не рекомендуется.

### 2. От чего зависит эффективность эксплуатации

#### 2.1. Коэффициент преобразования

Коэффициент преобразования теплового насоса [1] выражается через отношение величины теплового потока  $Q$ , полученной в конденсаторе тепловой энергии к затраченной в компрессоре электрической мощности  $N$ .

$$\varepsilon = Q/N. (1)$$

Чем больше коэффициент преобразования, тем эффективнее тепловой насос. Обычно отопительные тепловые насосы работают с коэффициентом преобразования, значения которого лежат в интервале 3,5...5. Тепловые насосы, работающие с коэффициентом преобразования 3 и ниже, считаются неэффективными, и такая работа, если в этом есть необходимость, допустима лишь в течение относительно короткого промежутка времени, несмотря на то, что при этом получено в три раза больше тепла, чем затрачено электрической энергии. На самом деле, сопоставлять расходы тепловой и электрической энергии только по их количеству некорректно, потому что их качественные характеристики неадекватны, и для выработки одного киловатт-часа электроэнергии на тепловой электростанции нужно втрое больше топлива, чем на производство такого же количества тепла в котельной.

На рис. 1 показано, что при коэффициенте преобразования теплового насоса, равном 2,5, количество тепловой энергии, поступающей в дом для его отопления, меньше энергии топлива, которое сжи-

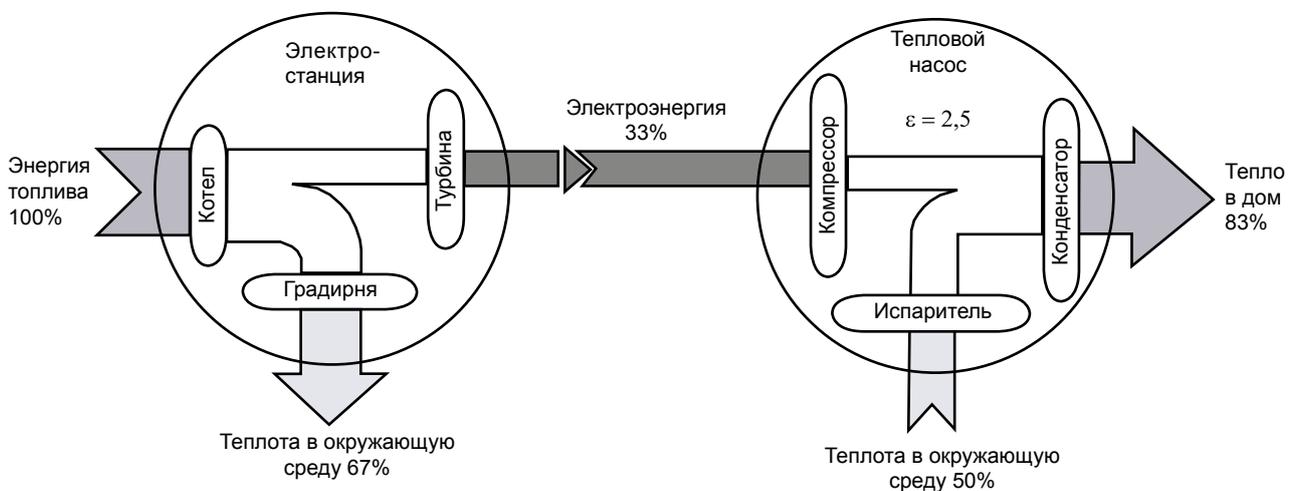


Рисунок 1. Схема потоков энергии на электрической станции и в тепловом насосе, иллюстрирующая неэффективность теплового насоса при коэффициенте преобразования, равном 2,5

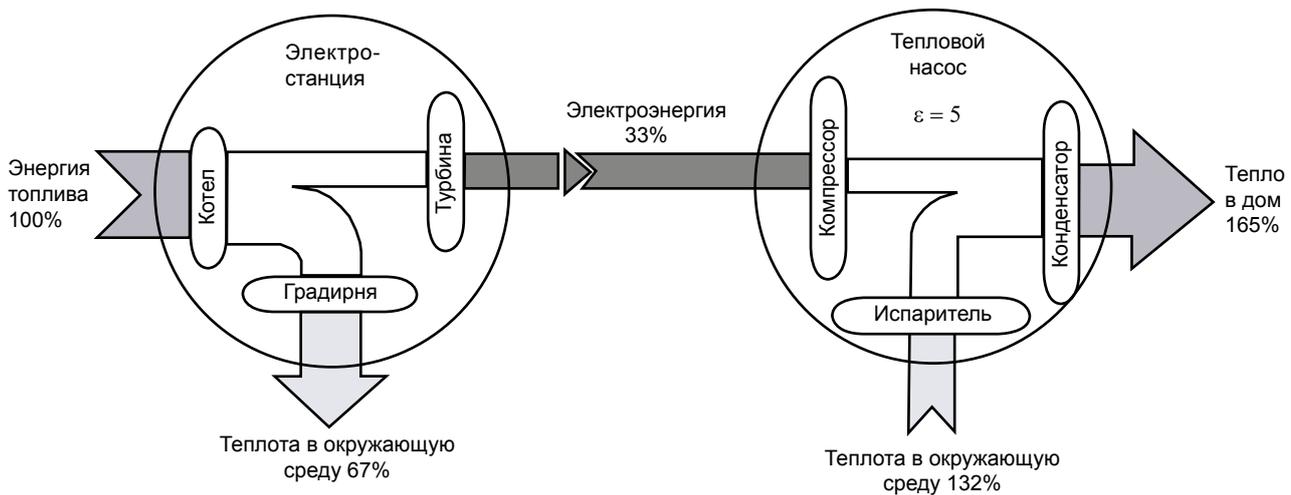


Рисунок 2. Схема потоков энергии на электрической станции и в тепловом насосе, иллюстрирующая высокую энергетическую эффективность теплового насоса при коэффициенте преобразования, равном 5

гают на электростанции, чтобы получить нужное для теплового насоса количество электроэнергии. В этом случае тепловой насос не может считаться энергосберегающим оборудованием, потому что его применение приводит к увеличению расхода топлива в энергетической системе. Любой котел с КПД более 83% будет энергетически более эффективен.

При работе теплового насоса с коэффициентом преобразования, равном, например, 5, удастся получить намного больше тепла, чем содержится в топливе (рис.2).

С учетом всех этих особенностей преобразования энергии в тепловых насосах, в декабре 2008 года Европейским парламентом принята Директива по использованию возобновляемых источников энергии (Directive on the Use of Renewable Energy Sources), которая не допускает использования тепловых насосов с коэффициентом преобразования, равном 2,875 и ниже. Величина коэффициента преобразования теплового насоса зависит от разности температур кипения хладагента в испарителе и его конденсации в конденсаторе. Чем меньше эта разность, тем выше коэффициент преобразования.

Температура кипения зависит от температуры окружающей среды, используемой в качестве источника теплоты для теплового насоса, и, проектируя систему теплоснабжения с тепловым насосом, инженер не имеет возможности изменить эту температуру. Зато, выбирая температуру конденсации, проектировщик должен задаться достаточно низкой температурой. Поэтому обычные для водяных отопительных систем температуры теплоносителя 95-70°C никогда не применяют в системах с тепловыми насосами. Наиболее экономичными по расходу энергии являются отопительные системы, например, системы с обогревом пола, в которых циркулирует вода с температурой ниже 40°C.

Теоретический коэффициент преобразования идеального теплового насоса вычисляется по формуле Карно:

$$\varepsilon = T_2 / (T_1 - T_2), \quad (2)$$

где  $T_1$  - температура конденсации;  
 $T_2$  - температура кипения хладагента, выраженные в градусах Кельвина.

Если бы тепловой насос был вполне совершенным, то при температуре кипения +5°C ( $T_2 = 278$  K) и при температуре конденсации 55°C ( $T_1 = 358$  K) он мог бы работать с коэффициентом преобразования, равным 5,56.

На самом деле, коэффициент преобразования будет меньше, потому что вполне совершенных машин не бывает, и степень отклонения реального коэффициента преобразования от теоретически возможного зависит от множества факторов. К ним относятся физические размеры теплообменных аппаратов, свойства хладагента, особенности процесса сжатия в компрессоре и многое другое.

В литературе имеется немало формул для расчета коэффициента преобразования теплового насоса, но все они неточны, и пользоваться ими в практических расчетах затруднительно, да и не имеет смысла, поскольку в полных каталогах производителей тепловых насосов всегда можно найти величины тепловой и электрической мощности любого серийного агрегата при различных температурных условиях. Отношение этих величин и есть коэффициент преобразования.

Знать температуры кипения и конденсации хладагента для проектировщика отопительной системы не столь важно, как располагать информацией о температурах теплоносителя, охлажденного в испарителе или нагретого в конденсаторе. Поэтому в каталогах тепловых насосов «вода-вода» приводятся значения тепловых и электрических мощностей тепловых насосов с учетом именно этих температур.

На рис.3 в качестве примера приведён график, составленный на основе анализа каталожных характеристик одной из серийных моделей теплового насоса. На графике отображена зависимость коэффициента преобразования от температур теплоносителей на выходе из испарителя и конденсатора.

Другой график (рис. 4), построенный на основе каталожных характеристик конкретного модельного ряда тепловых насосов «воздух-вода», отражает зависимость коэффициента преобразования тепло-

вого насоса от температуры теплоносителя на выходе из конденсатора и от температуры наружного воздуха.

Коэффициент преобразования теплового насоса является важнейшим критерием его энергетической эффективности, но для владельца здания важно знать о том, как эта эффективность отразится на его финансовых затратах. И здесь уже главную роль будут играть тарифы.

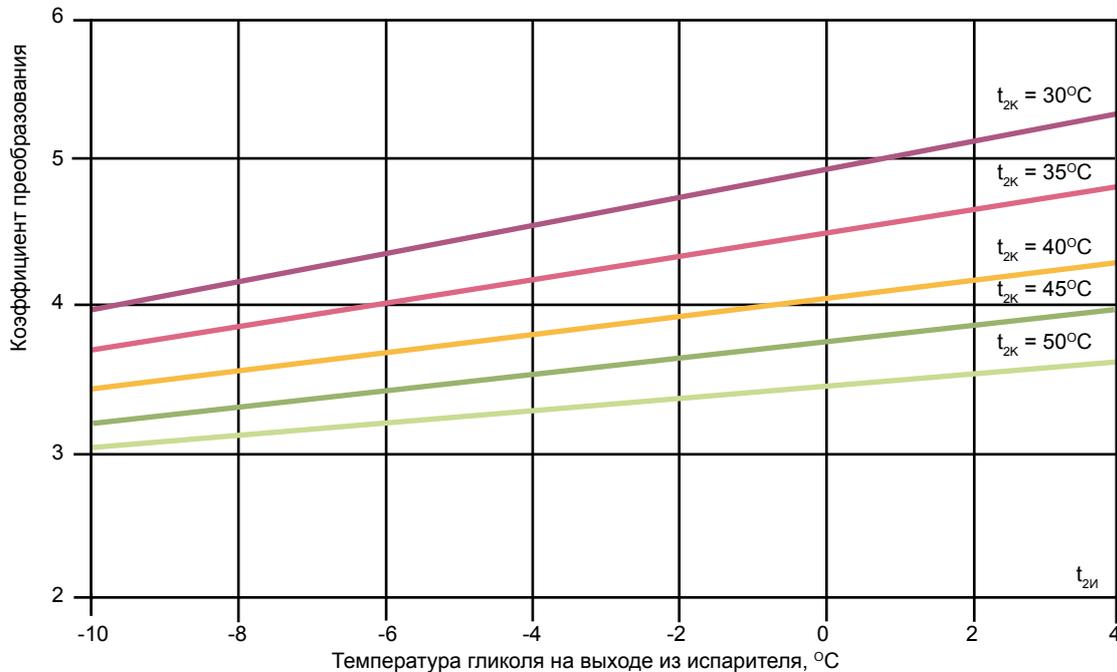


Рисунок 3. Зависимость коэффициента преобразования одной из моделей теплового насоса «вода-вода» от температуры гликоля на выходе из испарителя  $t_{2И}$  и температуры теплоносителя на выходе из конденсатора  $t_{2К}$

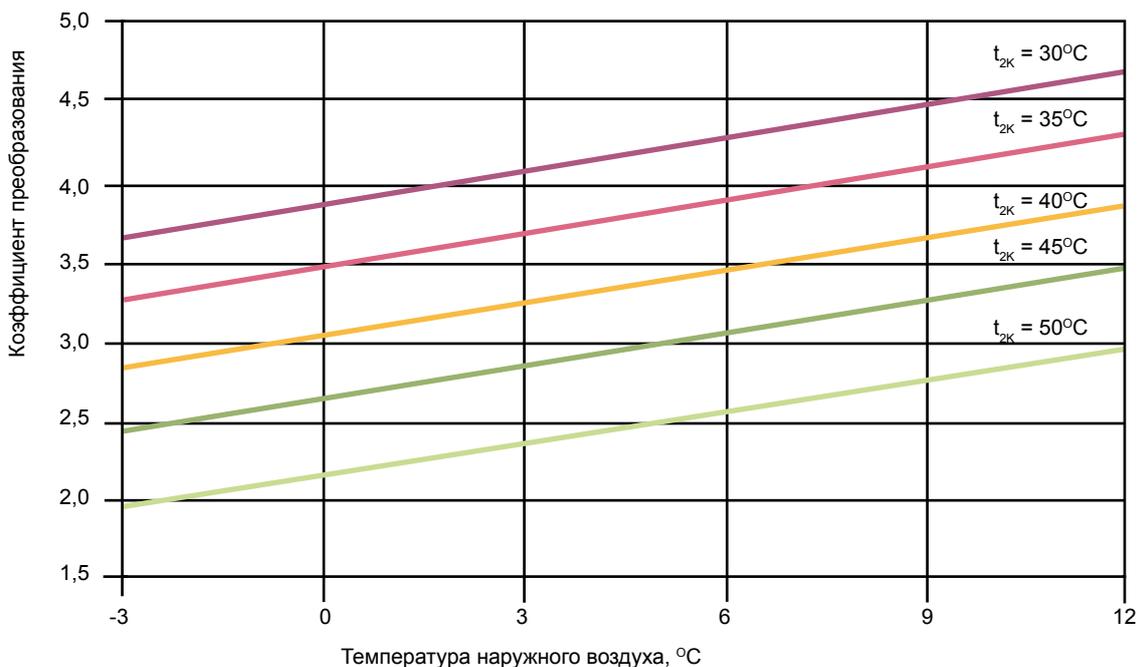


Рисунок 4. Зависимость коэффициента преобразования одной из моделей теплового насоса «воздух-вода» от температуры воды на выходе из конденсатора  $t_{2К}$  и от температуры воздуха, в объеме которого расположен воздушный испаритель

## 2.2. Тарифы на энергоносители

Каким бы эффективным ни был тепловой насос, степень его привлекательности для заказчика зависит не столько от степени его технического совершенства или схемы использования, сколько от тарифной политики государства.

Затраты на электрическую энергию, необходимую для работы теплового насоса, будут меньше, чем затраты на покупку природного газа или тепловой энергии, которые могли бы применяться для традиционных отопительных систем, если соблюдается неравенство:

$$T_{\varepsilon} < (\varepsilon / \eta) \cdot T_t, (3)$$

где  $T_{\varepsilon}$  - тариф на электрическую энергию;

$T_t$  - тариф на один из традиционных энергоносителей;

$\varepsilon$  - коэффициент преобразования теплового насоса;

$\eta$  - коэффициент полезного действия традиционного генератора тепла.

Для того, чтобы можно было применить формулу 3, нужно, чтобы тарифы  $T_{\varepsilon}$  и  $T_t$  были выражены в одинаковых единицах измерения. Обычно тариф на газ выражают в грн/м<sup>3</sup>, а тариф на тепловую энергию в грн/Гкал, в то время как тарифы на электрическую энергию всегда выражают в грн/кВт • ч. Для возможности сопоставления тарифов удобно пользоваться следующими зависимостями:

$$1 \text{ грн/м}^3 = 0,106 \text{ грн/кВт*ч [2]};$$

$$100 \text{ грн/Гкал} = 0,086 \text{ грн/кВт*ч}.$$

### Пример 1

В односемейном доме система отопления получает тепло от газового котла, работающего с КПД $\eta$ =0,9. Выгодно ли применить в этом доме тепловой насос, который будет работать с коэффициентом преобразования 3,5, если действующий тариф на электроэнергию составляет 0,7 грн/кВт\*ч, а на газ - 1,5 грн/м<sup>3</sup>?

Пересчитаем тариф на газ:

1,5 грн/м<sup>3</sup> = 1,5\*0,106 = 0,159 грн/кВт\*ч) и вычислим правую часть неравенства 3:  
(3,5/0,9)\*0,159 = 0,168.

Сопоставим теперь левую и правую части неравенства 3:

$$0,7 > 0,168.$$

Поскольку неравенство 3 не выполняется, замена газового котла тепловым насосом при указанных тарифах невыгодна и приведет к увеличению затрат на энергоносители.

### Пример 2

Ожидается, что через несколько лет тариф на газ удвоится и составит 3 грн/м<sup>3</sup>, а тариф на электрическую энергию увеличится на 20% и составит 0,84 грн/кВт\*ч. Выгодна ли будет эксплуатация теплового насоса, описанного в примере 1, в новых условиях?

Да выгодна, потому что неравенство 3 будет выполняться:

$$(3,5 / 0,9) * (3 * 0,106) = 1,24;$$

$$0,84 < 1,24.$$

### Пример 3

В здании школы система отопления получает тепло из городской тепловой сети по тарифу 200 грн/Гкал, причем к показаниям теплосчетчика теплоснабжающая организация добавляет 15% на неучтенные потери тепла на участке тепловой сети, принадлежащем абоненту. Уменьшатся ли расходы школы на теплоносители после установки теплового насоса, который будет работать с коэффициентом преобразования 3,2, если тариф на электроэнергию составляет 0,25 грн/кВт\*ч?

Пересчитаем тариф на тепловую энергию:

$$200 \text{ грн/Гкал} = 2 * 0,086 = 0,172 \text{ грн/кВт*ч}$$

и вычислим правую часть неравенства 3, полагая, что дополнительные 15-процентные потери адекватны условному значению КПД $\eta$  = 0,85:

$$0,25 < 0,648.$$

Неравенство 3 выполняется, а это означает, расходы школы на теплоносители после установки теплового насоса уменьшатся.

Примеры показывают, что при отсутствии тарифных перекосов затраты на энергоносители при использовании эффективных тепловых насосов будут меньше, чем при применении обычных источников тепла. Но заказчика обычно интересует, сможет ли снижение эксплуатационных расходов со временем компенсировать дополнительные единовременные затраты, связанные с приобретением и установкой теплового насоса, а, если сможет, то как скоро.

## 3. Срок окупаемости

Срок окупаемости дополнительных капитальных затрат определяется, как правило, в результате технико-экономического расчета, выполняющегося на основе проектных проработок объекта, на котором предполагается использование теплового насоса. Но в данном случае, речь не идет о конкретном объекте, и потому здесь уместен самый общий анализ, в результате которого заказчик сможет оценить возможный срок окупаемости на предпроектной стадии.

Экономия эксплуатационных расходов на энергоносители  $\varepsilon$ , грн/год, при применении теплового насоса может быть вычислена по формуле:

$$\varepsilon = q * (T_{\varepsilon} / \eta - T_{\varepsilon} / \varepsilon), (4)$$

где  $q$  - количество кВт • часов тепловой энергии, необходимое для отопления здания л течение одного отопительного периода, а значение остальных символов в формуле такое же, как и в неравенстве 3.

Величину  $q$  можно определить по формуле:

$$q = 10^{-3} * 24 * N * S / (t_B - t_H), (5)$$

где  $N$  - тепловая мощность, Вт, отопительной системы;

$S$  - число граду со- суток отопительного периода;

$t_B - t_H$  - разность температур внутреннего и наружного воздуха.

Часть уравнения 5, а именно  $10 \cdot 3 \cdot 24 \cdot S / (t_B - t_H)$  характеризует климат района, и для Украины эта величина близка к 2. Для нашего самого общего анализа допустимо не уточнять это значение, и тогда:

$$q = 2 \cdot N. (6)$$

Единовременные капитальные затраты  $K$ , грн, на приобретение и установку теплового насоса в соответствии с рекомендациями раздела 2.1 могут быть предварительно оценены по формуле:

$$K = 0,9 \cdot V \cdot N. (7)$$

где  $V$  - валютный курс, грн/USD;

$N$  - тепловая мощность, Вт, отопительной системы.

Простой срок окупаемости  $C$ , лет, может быть определен по формуле:

$$C = K/\dot{Q} = 0,9 \cdot V \cdot N / [q \cdot (T_i/\eta - T_o/\epsilon)]. (8)$$

Подставив вместо величины  $q$  ее приближенное значение из формулы 6, получим:

$$C = 0,45 \cdot V / (T_i/\eta - T_o/\epsilon). (9)$$

Эта формула для приблизительного срока окупаемости теплового насоса, привязана к его коэффициенту преобразования и к чисто экономическим показателям, а именно к тарифам и валютному курсу гривны.

Пользуясь этой формулой, определим на примерах сроки окупаемости некоторых тепловых насосов.

#### Пример 4

Определить приблизительный срок окупаемости теплового насоса из примера 2, если валютный курс составляет 7,7 грн/USD.

Срок окупаемости рассчитывается по формуле 9:

$$C = 0,45 \cdot 7,7 / (3 \cdot 1,06 / 0,9 - 0,84 / 3,5) = 14,4 \text{ года.}$$

#### Пример 5

Определить приблизительный срок окупаемости теплового насоса из примера 3, если валютный курс составляет 6,5 грн/USD.

$$C = 0,45 \cdot 6,5 / (0,172 / 0,85 - 0,25 / 3,2) = 23,6 \text{ года.}$$

Примеры 4 и 5 показывают, что сроки окупаемости оказались не слишком привлекательными для инвестора, для которого пятилетний период возврата вложенных средств является предельно большим отрезком времени.

Но вдумчивый инвестор с помощью преобразованной формулы 9 может решить обратную задачу:

#### Пример 6

Несмотря на продолжительный срок окупаемости затрат в тепловой насос, владелец односемейного дома, описанного в примерах 1, 2 и 4, понимая, что цены на топливо постоянно растут, решил определить, при каком тарифе на газ срок окупаемости не превысит 5 лет, если все прочие показатели из примера 4 останутся неизменными.

Преобразованную формулу 9 можно представить в виде:

$$TT = \eta \cdot (0,45 \cdot V / C + T_o / \epsilon).$$

Подставив в нее  $C = 5$  и исходные данные из примера 4, получим:

$$TT = 0,9 \cdot (0,45 \cdot 7,7 / 5 + 0,84 / 3,5) = 0,839 \text{ грн/кВт} \cdot \text{ч} = 7,9 \text{ грн/м}^3.$$

Результаты расчета, выполненного в примере 6, весьма показательны. С учетом валютного курса гривны полученная величина тарифа соответствует стоимости газа около 1000 долларов за 1000 м<sup>3</sup>. Примерно по такой цене покупают газ граждане Дании и многих других европейских стран [3]. Уже упомянутый вдумчивый инвестор быстро сообразит, что европейские цены очень скоро придут в Украину, и, при наличии необходимых средств, вероятно, все же примет решение применить в своем доме тепловой насос.

## 4. Некоммерческая выгода

Не одними только деньгами порою определяется выбор того или иного технического решения. Если говорить о тепловом насосе, то, по крайней мере, три обстоятельства, прямого отношения к коммерческим выгодам не имеющие, могут послужить причиной благосклонного к нему отношения.

Первое из них - это более высокая степень энергетической независимости объекта. Можно было бы говорить здесь об автономном отоплении, если бы этот термин апологеты газовых котлов не присвоили совершенно безосновательно системам, привязанным к газопроводу. На самом деле, полностью автономные отопительные системы не существуют, и даже так называемые «пассивные» дома, утепленные столь тщательно, что для поддержания внутри них комфортной температуры зимой достаточно внутренних тепловыделений, не могут считаться вполне автономными, потому что источниками тепла в них является бытовое оборудование, работающее от системы электроснабжения.

Вместе с тем, тепловой насос, использующий энергию окружающей среды, способен обеспечить более высокую степень энергетической независимости здания по сравнению с газовым котлом, получающим топливо из месторождений, расположенных за много тысяч километров от потребителя. Конечно, остается зависимость от системы электроснабжения здания, но электрическая энергия, в отличие от природного газа, будет существовать пока не исчезнет цивилизация, а проблемы, связанные с возможностью временного отключения энергии, могут быть при необходимости устранены установкой резервных источников, например, дизель-генераторов.

Еще одна некоммерческая выгода от применения теплового насоса состоит в более высокой степени комфорта, который может быть создан в здании, где установлено это оборудование, при помощи которого можно не только обогревать помещения зимой, но и охлаждать их летом. Впрочем, в данном случае, выгоду от дополнительного комфорта вполне можно выразить, и в денежных единицах. В зданиях с кондиционированием удорожание, связанное с использованием теплового насоса, можно определить по формуле 7, если дополнительно ввести в нее понижающий коэффициент. Великое разнообразие систем кондиционирования не позволяет однозначно определить величину этого коэффициента, но можно предположить, что в любом случае он будет не больше 0,6, и тогда сроки окупаемости, рассчитанные по формуле 9, окажутся гораздо более привлекательными.

И наконец, нельзя не упомянуть о таком важном некоммерческом факторе, каким является престижность. Тепловой насос стал модным в наше время, а поклонники современной моды, в том числе и технологической, как известно, готовы тратить любые деньги, чтобы удержаться на гребне модной волны. Можно лишь пожелать им удачи на этом попри-

ще, потому что их удача в этом случае идеально впишется в реализацию государственной стратегии эффективного использования энергии.

Источник: журнал «С-О-К».

[1] В англоязычных изданиях, в том числе и в тех, которые переведены на русский язык, коэффициент преобразования теплового насоса обозначают английской аббревиатурой COP -coefficient of performance, что дословно означает «коэффициент эксплуатационных качеств».

[2] При условии, что теплотворная способность природного газа равна 8000 ккал/м<sup>3</sup>.

[3] Нет ничего удивительного в том, что Украина пока отстает от Европы в области применения тепловых насосов. В этом отставании виновата не наша косность. Если бы в Европе был дешевый газ, тепловые насосы и там до сих пор, как и у нас, оставались бы полем деятельности немногих энтузиастов.

Источник: [www.ivik.ua](http://www.ivik.ua)

## Тепловые насосы - за и против

Тепловые насосы с воздушным источником теплоты часто считаются низкоэнергетической альтернативой традиционным бойлерным системам. Kevin Pennycook, главный инженер авторитетной Британской Ассоциации Маркетинговых Исследований и Информации в области Строительства BSRIA, приводит доводы в пользу и против данной технологии, а также ключевые моменты, на которые спецификаторам следует обращать особое внимание, пишет ЛИКОНД.

Тепловые насосы с воздушным источником сходны по своему функциональному принципу с геотермальными тепловыми насосами, с той лишь разницей, что вместо грунта, теплота извлекается из наружного воздуха. Тепловые насосы с воздушным источником подразделяются на системы типа воздух/воздух и воздух/вода, в зависимости от того, какая среда используется для распространения тепла в здании – воздух или вода.

Основным преимуществом тепловых насосов с воздушным источником перед геотермальными системами является значительно более низкая стоимость установки. Для геотермального теплового насоса необходима прокладка подземных теплообменных элементов, используемых для извлечения теплоты из почвы. Для сравнения, воздушные тепловые насосы пользуются непосредственно теплотой наружного воздуха и исключают, таким образом, потенциальные проблемы.

### Типы систем

Тепловые насосы воздух/воздух предназначены для прямого нагрева воздуха внутри помещения. Теплота извлекается из окружающего воздуха посредством испарительного блока наружного разме-

щения и направляется в помещение, где внутренний воздух нагревается при помощи конденсатора системы. В случае необходимости отопления нескольких помещений или сравнительно большого внутреннего объема, используются различные системы подачи и распределения воздуха, а для нагрева отдельных областей, возможно применение нескольких внутренних блоков.

Тепловой насос типа воздух/воздух может работать как выделенное устройство, обеспечивая только отопление, в то время как системы сплит, мульти-сплит и с переменным расходом хладагента (VRF), предназначенные для комфортного охлаждения, также могут рассматриваться в качестве тепловых насосов, если они способны реверсировать холодильный цикл и переходить в режим нагрева.

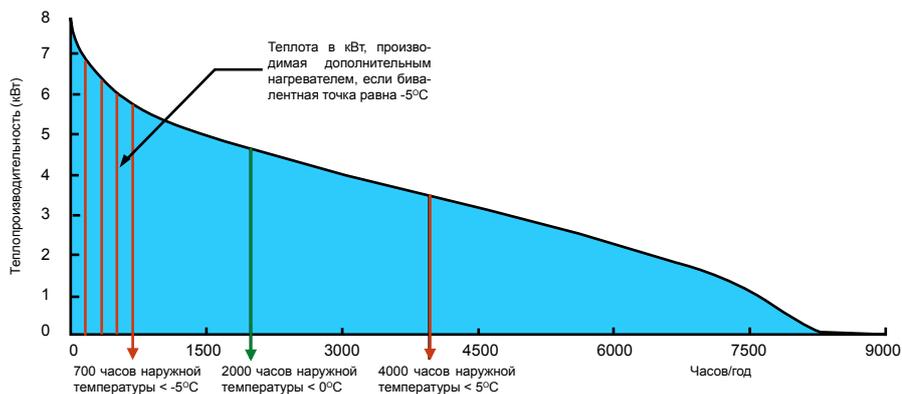
Сплит-системы состоят из одного или нескольких внутренних блоков и наружного блока, извлекающего тепло из наружного воздуха при работе устройства в режиме нагрева. Внутренние и наружные блоки соединены посредством трубной разводки для циркуляции хладагента между ними. Системы VRF, по сути, являются более сложными сплит-системами – разница заключается в способности каждого блока обеспечивать охлаждение и обогрев на индивидуальном принципе.

Сплит-системы не способны одновременно охлаждать и нагревать, за исключением установки двух систем для каждой зоны. Системы VRF обеспечивают рекуперацию тепла – при этом, тепло, отводимое внутренними блоками в режиме охлаждения, направляется блокам, работающим на нагрев. Преимущество теплового насоса типа воздух/воздух над системами типа воздух/вода заключается в

более низкой температуре стока (температуре воздуха, проходящего через теплообменник конденсатора), что обеспечивает повышенное значение коэффициента производительности COP и более высокий уровень теплоотдачи. Значения коэффициента производительности COP увеличиваются при уменьшении разницы между температурой источника и стока.

Тепловой насос типа воздух/вода использует воду как теплопоглощающую среду. Нагретая вода предназначена для отопления помещений или подготовки бытовой горячей воды.

При известной тепловой нагрузке здания, построенный график отображает количество часов (в течение года) пребывания наружной температуры ниже определенного уровня, а также соответствующие тепловые потребности. Область под кривой указывает на требуемую энергию, а красная область – на производительность (в кВт) дополнительного нагревателя. Директива BS EN 15450 обуславливает генерацию – посредством дополнительных источников теплоты – не более 5% от общего количества энергии, вырабатываемой воздушным тепловым насосом.



### Вопросы производительности

Потенциальный недостаток использования воздуха в качестве источника тепла – коэффициент производительности COP теплового насоса. В течение отопительного сезона, температура наружного воздуха зачастую ниже температуры грунта, на глубине извлечения теплоты геотермальным тепловым насосом, что и является причиной снижения коэффициента COP.

Некоторые производители воздушных тепловых насосов публикуют значения коэффициента COP равные 4 и более, однако, к данной информации следует относиться осторожно. Соответствующим тестовым стандартом для большинства блочных тепловых насосов является BSEN 14511. Для теплового насоса типа воздух/вода, стандарт предписывает – как тестовое условие – температуру наружного воздуха (температуру источника), равную 7°C. При температурах наружного воздуха ниже указанной, значение COP будет снижаться, как впрочем, и теплопроизводительность теплового насоса. В зависимости от приложения, данное снижение может стать существенным, как например холодным зимним утром, когда требуется предварительный нагрев помещения.

Другим фактором, влияющим на значение коэффициента COP теплового насоса, является температура стока – температура подогреваемого воздуха или циркулирующей воды внутри здания. Для теплового насоса типа воздух/вода, стандарт BSEN 14511 указывает температуру возврата и подачи воды 40°C и 45°C соответственно. При более высоких температурах – в отличие от указанных выше – значения COP, а также теплопроизводительность системы, будут падать. Это означает, что тепловые насосы, будучи потенциально пригодными в качестве низкотемпературных систем обогрева, таких как подпольное отопление, обладают низкими значениями COP при их использовании с традиционными жидкостными системами отопления с температурами циркуляции 60°C и выше. Повышенные значения температуры воды на выходе приводят к пониженному коэффициенту COP теплового насоса, в то время как более низкая температура подачи воды требует большей поверхности радиатора.

Тестовые условия и, следовательно, значения COP, заявленные производителями, могут существенно отличаться от фактических расчетных и рабочих условий. Воздушные тепловые насосы имеют достаточное количество экологических и эксплуатационных преимуществ. Для начала, здание получает больше теплоты, чем потребляется тепловым насосом количество электроэнергии. Воздушный тепловой насос со значением коэффициента производительности COP 3 обеспечивает 3 кВт тепловой энергии на 1 кВт потребления электроэнергии. Если тепловой насос заменяет электрическое отопление помещений или используется в качестве альтернативы таковому, применение теплового насоса обеспечивает значительные сбережения углеродных единиц.

Если тепловой насос используется вместо современного газоконденсатного бойлера, сбережение углеродных единиц может быть не таким ярко выраженным. Электроэнергия от Национальной Сети не является эффективной с углеродной точки зрения, учитывая низкую термоэффективность электростанции, а также потери при распределении энергии по сети.

Другие преимущества тепловых насосов с воздушным источником теплоты перед традиционными бойлерными системами включают отсутствие выхлопных или взрывоопасных газов внутри здания, а также необходимости установки вытяжных труб и вентиляционных установок, нулевой уровень загрязнения местности, хотя шум вентилятора наружного блока может стать причиной проблемы, а также продолжительный срок службы и низкая стоимость обслуживания.

Источник: [www.gree.com.ua](http://www.gree.com.ua)

## Рейтинг геотермальных тепловых насосов в Австрии

Австрийское энергетическое агентство провело исследование более 30 популярных в Европе моделей тепловых насосов с рассольным контуром - так называемых «геотермальных, или грунтовых тепловых насосов». От каждого популярного производителя тепловых насосов в рейтинге рассматривалось ограниченное количество топовых моделей. При этом основным критерием оценки выступила эффективность теплового насоса согласно современным европейским стандартам EN14511 и EN255.

Наивысшую оценку получили: австрийский тепловой насос OCHSNER-GMSW10 plus S, и шведские теплонасосы NIBE(KNV\*) - F1145-12, NIBE(KNV\*) - 1140-6 и NIBE(KNV\*) - 1240-10\*. Причем первая пара имеют одинаковую эффективность COP=5,1. А вторую пару моделей сам производитель NIBE относит к предыдущему поколению, и уже снял эти модели с производства, обновив серии 1140 и 1240 на, соответственно, серии 1145 и 1245.

Коэффициент полезного действия лидеров составляет 5,1 — это максимальное значение в рейтинге. Что касается затрат на их приобретение - тепловые насосы NIBE весьма конкурентоспособны по сравнению с теплонасосами других производителей.

Жители Австрии могут купить данную модель NIBE за 8 069 евро, в то время как стоимость тепловых насосов других марок, также попавших в рейтинг, достигает 10 000 евро. Примечательно, что льготная ценовая политика производителя в странах СНГ позволяет приобрести, например, лидер рейтинга тепловой насос NIBE F1145-12 в Украине за 7920 евро.

### Десятка лидеров рейтинга:

Производитель	Модель	Эффективность
OCHSNER	GMSW 10 plus S	5,1
NIBE(KNV*)	1145-12	5,1
NIBE(KNV*)	1140-6	5,0
NIBE(KNV*)	1240-10	5,0
HELIOTHERM	HP16S18W-M-WEB	4,9
WATERKOTTE	Ai1+5009.3	4,9
OCHSNER	GMSW 10 plus	4,8
HOVAL	Thermalia® 15HP	4,7
WEIDER	SW 90	4,7
VISSMANN	Vitocal 300-G BW 106	4,7

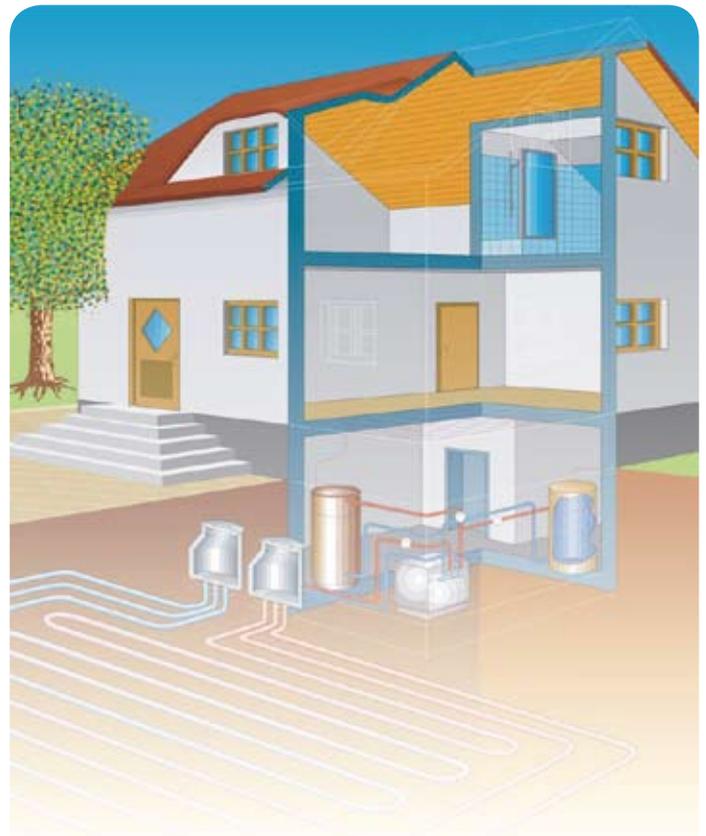
Также рассматривались тепловые насосы производства DIMPLEX, VAILLANT, IDM, OCHSNER, STIEBEL ELTRON, BOSCH, ELCO.

\* Реализуются в Австрии под местной торговой маркой KNV, принадлежащей концерну NIBE AB.

NIBE AB — европейский концерн, специализирующийся на производстве теплового оборудования. Технологии NIBE позволяют создавать наиболее экономичные, безопасные и надежные отопительные приборы. Производитель оборудования NIBE AB является лидером на рынке изделий для отопления в Скандинавских странах, Польше и Чешской Республике. Материнская компания NIBE Industrier AB расположена в Швеции, там же находится и производство тепловых насосов. В 2009 году продажи компании составили 600 миллионов евро, или, в пересчете на победившие в рейтинге тепловые насосы NIBE F1145-12 – семьдесят пять тысяч теплонасосов по розничной цене.

Австрийское энергетическое агентство — некоммерческая научная ассоциация, действующая с 1977 года. Поддерживает интернет-портал topprodukte.at, который регулярно проводит исследования потребительских товаров, помогая выбрать наиболее безопасные и энергосберегающие продукты для дома и офиса.

Источник: [teplonasos.ua](http://teplonasos.ua)



## Разработка методики расчёта энергетической эффективности комбинированных теплонасосных станций в системах теплоснабжения

**И. И. Мацко**

В системах теплоснабжения требуется теплота с небольшим значением эксергии [1]. При этом приходится сжигать топливо, химическая энергия которого практически целиком представляет собой эксергию. Эта эксергия теряется в процессах горения топлива и теплообмена при больших разностях температур, превращаясь в анергию и не совершая при этом работы. Получение эксергетически менее ценного тепла для систем теплоснабжения возможно с помощью тепловых насосов. В этом заключается термодинамический смысл применения тепловых насосов в системах теплоснабжения.

Для Республики Беларусь, в связи с высокой степенью централизации теплоснабжения и наличия концентрированных потоков отходящей тепло-

ты, наиболее перспективными являются крупные комбинированные теплонасосные станции, состоящие из парокompрессионных водоводяных теплонасосных установок, водогрейных котлов и баков-аккумуляторов. Назначение водогрейных котлов – обеспечить идентичные с ТЭЦ и районными котельными параметры сетевой воды. Назначение баков-аккумуляторов тепловой энергии – обеспечить возможность работы комбинированной теплонасосной станции не только по свободному, но и по принудительному графику энергопотребления: в часы провалов суточных графиков электрической нагрузки энергосистем, что будет способствовать выравниванию таких графиков.

Принципиальная схема комбинированной теплонасосной станции для закрытой системы теплоснабжения изображена на рисунке 1.

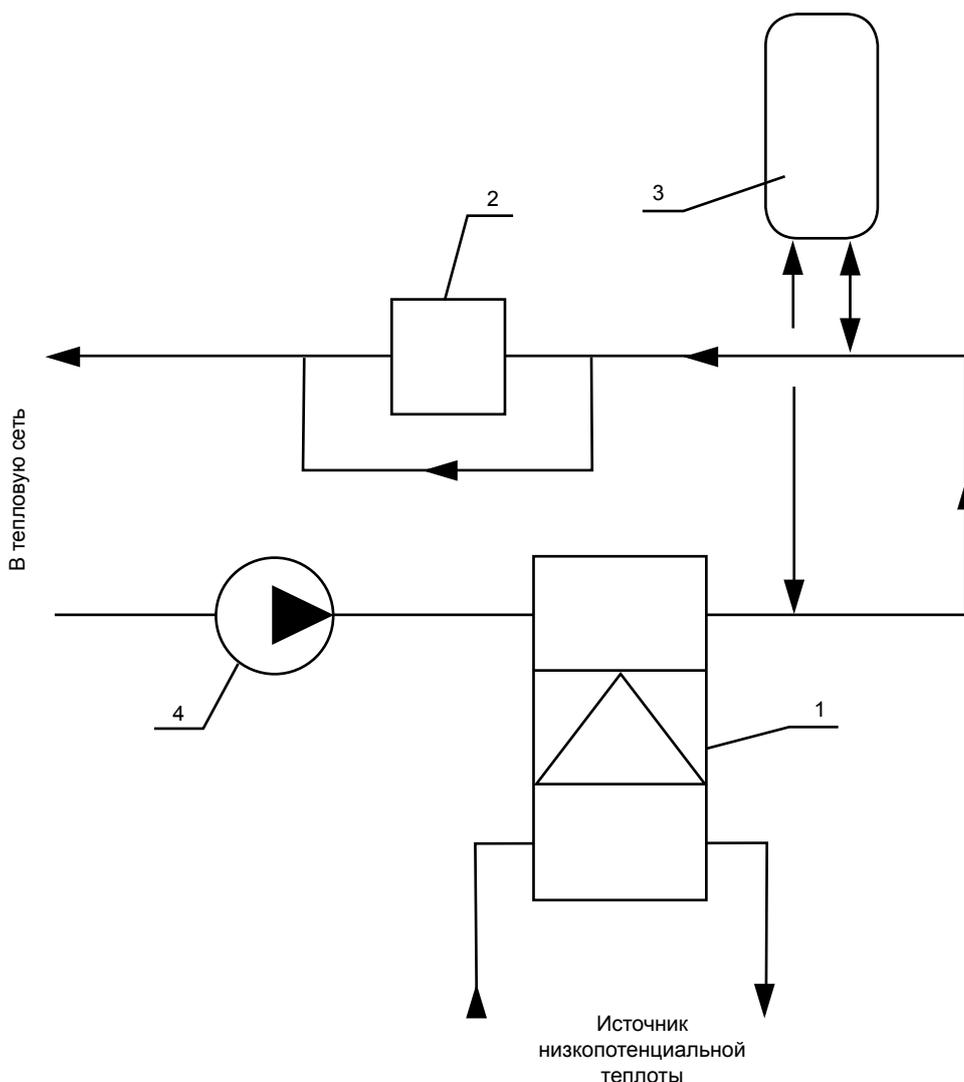


Рисунок 1. Схема комбинированной теплонасосной станции для закрытой системы теплоснабжения: 1 – тепловой насос с электроприводом, 2 – водогрейный котёл, 3 – бак-аккумулятор тепловой энергии, 4 – сетевой насос

Сетевая вода, вернувшись по обратной тепломагистрале из систем теплоснабжения подаётся сетевым насосом 4 в конденсаторы параллельно включённых парокompрессионных тепловых насосов с электроприводом 1 и далее, уже нагретая, - в бак-аккумулятор 3 при его зарядке. При работе комбинированной теплонасосной станции по принудительному графику электропотребления, способствующему выравниванию суточного графика нагрузки энергосистемы бак-аккумулятор позволяет запастись тепловой энергией для централизованного теплоснабжения в часы провала электрической нагрузки. Аккумулятор тепловой энергии используется для краткосрочного хранения энергии. При этом запас воды в баке по весу является постоянным, не зависящим от запаса тепловой энергии. При загрузке аккумулятора горячая вода подаётся в верхнюю часть резервуара одновременно с отбором такого же количества холодной воды с нижней. При разгрузке происходит отбор горячей воды из верхней части с одновременной подачей холодной сетевой воды в нижнюю. Аккумулятор тепловой энергии подключается между тепловыми насосами и водогрейными котлами 2, в которых осуществляется догрев согласно температурному графику сетевой воды в подающей тепломагистрале.

Для обеспечения единообразия систем теплоснабжения и возможности включения комбинированных теплонасосных станций в действующие системы температура воды, подаваемой от них в тепловые сети, должна соответствовать температурному графику утверждённому для конкретной централизованной системы теплоснабжения.

Каждая комбинированная теплонасосная станция характеризуется суммарной тепловой мощностью установленных тепловых насосов и водогрейных котлов, коэффициентом преобразования теплового насоса  $\mu_{тн}$ , коэффициентом полезного действия водогрейного котла  $\eta_k$ . Данные параметры, кроме последнего, зависят от температур теплоприёмника и источника теплоты.

Для исследования энергетической эффективности комбинированной теплонасосной станции в качестве теплоисточника централизованного теплоснабжения необходимо выбрать оптимальные параметры и разработать тепловую схему.

Определение оптимальных параметров комбинированной теплонасосной станции производится с помощью интегрального графика тепловой нагрузки в безразмерных координатах. Этим графиком удобно пользоваться в том случае, когда тепловая нагрузка района обеспечивается теплотой

из различных источников, для определения степени их участия в покрытии годового расхода теплоты. Интегральный график  $\alpha_{год} = f(\alpha_c)$  строится на основе графика продолжительности тепловой нагрузки. Здесь  $\alpha_c = Q/Q_p$  - отношение тепловой нагрузки источника Q к расчётной нагрузке района  $Q_p$ ;  $\alpha_{год} = Q_{год}/Q_p^{год}$  - отношение количества теплоты, отпускаемой за отопительный сезон источником  $Q_{год}$ , имеющим расчётную производительность Q, к суммарному расходу теплоты за сезон  $Q_p^{год}$ . Такой график обладает свойствами универсальности. Построенный для одного какого-либо географического пункта график можно использовать с достаточной для практических целей точностью для всего климатического региона. С его помощью легко установить необходимую подачу теплоты потребителям за отопительный сезон от входящих в состав комбинированной теплонасосной станции отдельных теплоисточников.

Сетевая вода для нужд теплоснабжения характеризуется переменными температурами в подающей  $\tau_1$  и обратной  $\tau_2$  магистралах тепловой сети. Расчёт текущих значений  $\tau_1$  и  $\tau_2$  производится в соответствии с [2] по формулам:

$$\tau_1(\dot{Q}_{OT}) = t_{BH} + \Delta t_{MAX\_PP} * \dot{Q}_{OT}^{-0.8} + (\Delta t_{MAX\_C} - \Delta t_{MAX\_O}/2) * \dot{Q}_{OT}$$

$$\tau_2(\dot{Q}_{OT}) = t_{BH} + \Delta t_{MAX\_PP} * \dot{Q}_{OT}^{-0.8} - \dot{Q}_{OT} * \Delta t_{MAX\_O}/2$$

где

$t_{BH} = 18$  - расчётная усреднённая температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, °C;

$\Delta t_{MAX\_PP} = 64,5$  - температурный напор отопительного прибора в системе отопления при расчётной температуре наружного воздуха, °C;

$\Delta t_{MAX\_C}$  - разность температур теплоносителя в тепловой сети при расчётной температуре наружного воздуха, °C;

$\Delta t_{MAX\_O} = 25$  - разность температур теплоносителя в системе отопления при расчётной температуре наружного воздуха, °C;

$\dot{Q}_{OT}$  - относительная отопительная нагрузка.

Текущие значения  $\tau_1$  и  $\tau_2$  при различных значениях  $\dot{Q}_{OT}$  для климатических условий Гомеля приведены в таблице 1 для характерных температурных графиков систем теплоснабжения - 150/70°C, 130/70°C, 95/70°C с температурой нижней срезки 65°C (по аналогии с утверждённым температурным графиком для теплоисточников РУП «Гомельэнерго» [3]) - представленных на рисунке 2.

Таблица 1. Текущие значения температур прямой  $\tau_1$  и обратной  $\tau_2$  сетевой воды в зависимости от относительной отопительной нагрузки для характерных температурных графиков

Температурный график	$\Delta t_{MAX\_C}$ , °C	$\dot{Q}_{OT}$				
		1,0	0,8	0,6	0,4	0,24
150/70 °C	80	150/70	126/62	101,5/53,5	76/44	65/36
130/70 °C	60	130/70	110/62	89,5/53,5	68/44	65/36
95/70 °C	25	95/70	82/62	68,5/53,5	65/44	65/36

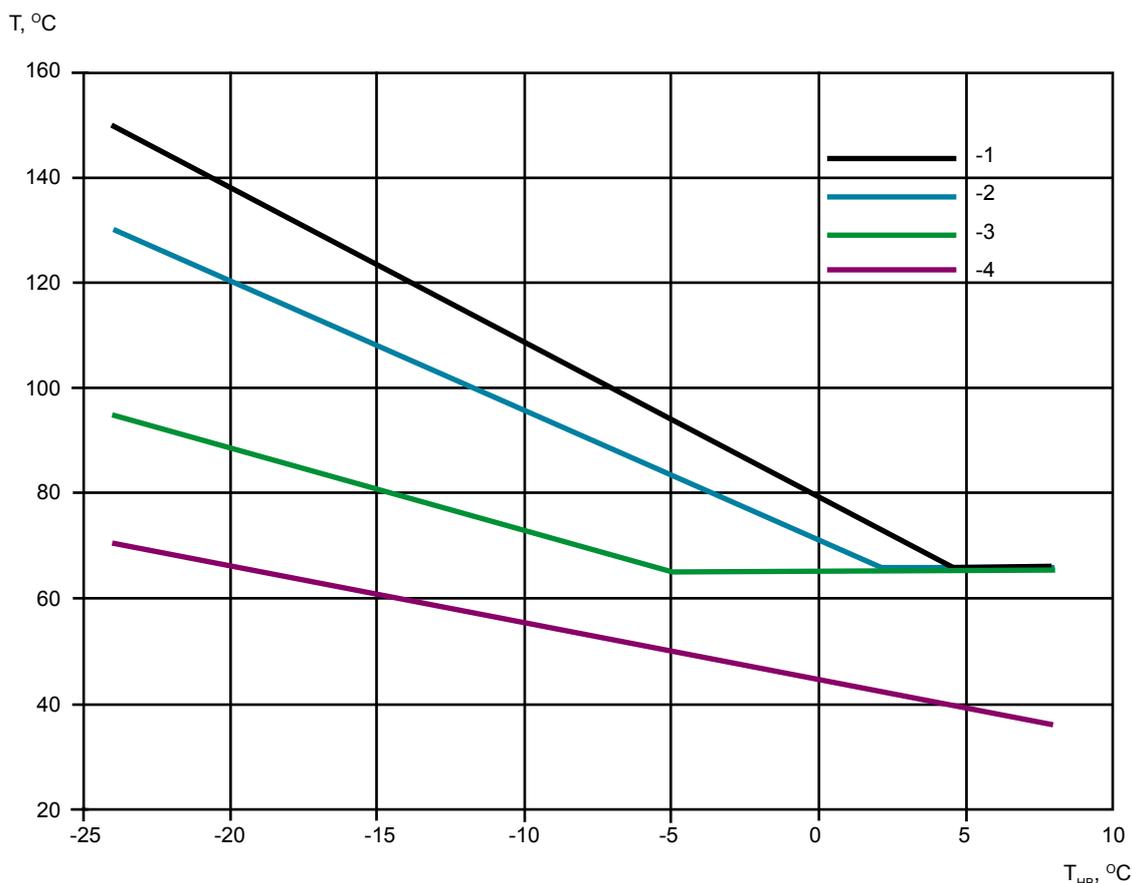


Рисунок 2. Характерные температурные графики отечественных систем теплоснабжения: 1 – температура теплоносителя в подающей тепломагистрали при графике 150/70 °C; 2 – то же при графике 130/70 °C; 3 – то же при графике 95/70 °C; 4 – температура теплоносителя в обратной тепломагистрали для каждого из графиков.

Следующим шагом при исследовании энергетической эффективности комбинированной теплонасосной станции в качестве теплоисточника централизованного теплоснабжения является определение максимальной температуры воды после конденсатора теплового насоса  $t_{\text{ТНУ\_МАХ}}$ . Главным образом значение  $t_{\text{ТНУ\_МАХ}}$  зависит от термодинамических свойств рабочего тела, конструкции теплового насоса и температурного уровня источника низкопотенциальной теплоты. При дальнейшем рассмотрении используются энергетические характеристики тепловых насосов производства ЗАО «Энергия» (Новосибирск, Россия), так как эта продукция наиболее качественно адаптирована для применения в отечественных системах теплоснабжения и способна обеспечить  $t_{\text{ТНУ\_МАХ}} = 80^\circ\text{C}$  [4].

Температура низкопотенциального источника теплоты  $t_{\text{НПТ}}$ , используемого тепловым насосом, может колебаться в широких пределах (от 5 до 40 °C). Кроме того, источник теплоты может иметь практически постоянную температуру в течение отопительного периода или её значение может изменяться в ходе эксплуатации тепловых насосов. При разработке и расчёте тепловой схемы комбинированной теплонасосной станции это необходимо учитывать. В нашем случае, рассмотрим в качестве источника низкопотенциальной теплоты воду станции аэрации с  $t_{\text{НПТ}} = 15^\circ\text{C}$ .

При выборе максимальной температуры воды после конденсатора теплового насоса  $t_{\text{ТНУ\_МАХ}}$  необходимо отслеживать соответствующее этой температуре значение коэффициента преобразования теплового насоса  $\mu_{\text{ТН}}$  для конкретного температурного уровня источника низкопотенциальной теплоты. Величина коэффициента преобразования теплового насоса  $\mu_{\text{ТН}}$  в этом случае не должна быть меньше значения, обеспечивающего равенство расходов первичной энергии на производство тепловой энергии от комбинированной теплонасосной станции и традиционного источника.

В случае сопоставления с районной котельной:

1. Удельный расход первичной энергии на производство единицы тепловой энергии для районной котельной:

$$q_{\text{ТНУ}} = \frac{1}{\eta_{\text{к}}} \quad (3)$$

Для высокоэффективных котлов  $\eta_{\text{к}}$  достигает 92%.

2. Удельный расход первичной энергии на производство единицы тепловой энергии для теплового насоса:

$$q_{\text{ТНУ}} = \frac{p}{\eta_{\text{кЭС}} * \eta_{\text{ЛЭП}}} = \frac{1}{\eta_{\text{кЭС}} * \eta_{\text{ЛЭП}} * \mu_{\text{ТН}}} \quad (4)$$

где:  $p$  - удельный расход электроэнергии на получение единицы тепловой энергии от теплового насоса;

$\eta_{кэс} = 0,4$  - коэффициент полезного действия замыкающей КЭС, %;

$\eta_{лэп} = 0,92$  - коэффициент полезного действия электрической сети, %.

Приравнивая правые части выражений (3) и (4) определяем минимальный допустимый коэффициент преобразования теплового насоса  $\mu_{тн\_мин}$ :

$$\mu_{тн\_мин} = \frac{\eta_{кэс}}{\eta_{кэс} * \eta_{лэп}} = \frac{0,92}{0,40 * 0,92} = 2,5 \quad (5)$$

В случае, если в качестве замыкающей КЭС рассматривать блок ПГУ Минской ТЭЦ-5 электрической мощностью 450 МВт, вводимый в эксплуатацию в ближайшее время [5], значение минимально допустимого коэффициента преобразования теплового насоса  $\mu_{тн\_мин}$  составит порядка 1,7. Таким образом, меры, направленные именно на удешевление производства электрической энергии определяют условия экономичности внедрения парокомпрессионных теплонасосных установок.

В нашем случае, при  $t_{нпт} = 15^{\circ}\text{C}$  значение  $\mu_{тн\_мин} = 2,5$  согласно [4] достигается при  $\tau_{тн\_макс} = 70^{\circ}\text{C}$ ; при  $\mu_{тн\_мин} = 1,7$  - т превышает  $80^{\circ}\text{C}$  (примем  $80^{\circ}\text{C}$  в связи с конструктивными ограничениями тепловых насосов).

При  $\tau 1 > \tau_{тн\_макс}$  в тепловом насосе поддерживается  $\tau_{тн} = \tau_{тн\_макс} = \text{const}$ , при  $\tau 1 > \tau_{тн\_макс} - \tau_{тн} = \tau 1 = \text{var}$ . Со снижением температуры наружного воздуха  $t_{нб}$  растёт  $\tau 2$  и уменьшается разность между  $\tau_{тн\_макс}$  и  $\tau 2$ . Поэтому доля тепловой энергии, производимой тепловыми насосами в общей теплопроизводительности комбинированной теплонасосной станции падает.

Решение уравнения (1) относительно  $Q_{от}$  при  $\tau_{тн\_макс}$  позволяет определить долю расчётной отопительной тепловой нагрузки, покрываемую работой тепловых насосов  $Q_{от\_тн}$  комбинированной теплонасосной станции. Для климатических условий Гомеля рассчитанные таким образом значения  $Q_{от\_тн}$  при работе на различных характерных температурных графиках отечественных систем теплоснабжения приведены в таблице 2.

Таблица 2. Доля расчётной отопительной тепловой нагрузки, покрываемая работой тепловых насосов  $Q_{от\_тн}$  в зависимости от температурного графика и  $\tau_{тн\_макс}$ .

Температурный график	$\tau_{тн\_макс} \text{ } ^{\circ}\text{C}$	
	70	80
150/70 $^{\circ}\text{C}$	0,35	0,43
130/70 $^{\circ}\text{C}$	0,42	0,51
95/70 $^{\circ}\text{C}$	0,62	0,77

Как видно из таблицы 2, на долю расчётной отопительной тепловой нагрузки, покрываемую работой тепловых насосов  $Q_{от\_тн}$  существенно влияет

температурный график системы теплоснабжения. Снижение расчётных температур теплоносителя в сети увеличивает долю  $Q_{от\_тн}$ .

При относительной отопительной нагрузке  $Q_{от} > Q_{от\_тн}$  совместно с тепловыми насосами функционируют водогрейные котлы. Данный режим работы приводит к наибольшей экономии топлива за отопительный сезон.

Используя интегральный график тепловой нагрузки для Гомеля, построенный по данным [6], определим степень участия тепловых насосов в покрытии годового расхода теплоты.

Полученные данные (рис. 3, рис. 4) позволяют предположить, что тепловые насосы мощностью значительно меньше расчётной тепловой нагрузки, работающие в базовом режиме эксплуатации, способны покрыть значительную часть годовой отопительной нагрузки. Например, при  $\tau_{тн\_макс} = 70^{\circ}\text{C}$  и температурном графике 95/70 $^{\circ}\text{C}$  81 % годового потребления тепловой энергии системами отопления будет обеспечен тепловыми насосами установленной мощностью  $0,62 * Q_p$  ( $\alpha_{с} = 62$  % от расчётной отопительной нагрузки). Оставшаяся часть годового потребления (19 %) будет покрыта за счёт водогрейных котлов.

Работа тепловых насосов в составе комбинированной теплонасосной станции предполагает в первую очередь максимально полное на протяжении отопительного периода использование их установленной мощности, соразмерной с возможностями утилизации для нужд отопления низкопотенциальной теплоты местных возобновляемых и вторичных источников. Таким образом, благодаря эффективной загрузке установленной мощности тепловых насосов в процессе эксплуатации удаётся в полной мере реализовать преимущества теплонасосных технологий. Акцент всегда делается на повышение энергетических, экономических и экологических показателей комбинированного теплоисточника при малых первоначальных капиталовложениях. В случае установки относительно малых по мощности тепловых насосов в помещениях действующих котельных вопрос о резервировании мощности и новом строительстве не является актуальным.

Описанные мероприятия позволяют с помощью тепловых насосов заместить энергию ископаемых видов топлива низкопотенциальной теплотой возобновляемых и вторичных источников. Годовое потребление первичной энергии  $W_{ктнс}$  на выработку теплоты в комбинированной теплонасосной станции представляет собой сумму годовых затрат первичной энергии для входящих в её состав теплоисточников:

$$W_{ктнс} = W_{к} + W_{тн} \quad (6)$$

где:  $W_{к}$  - годовой расход первичной энергии котлами комбинированной теплонасосной станции;

$W_{тн}$  - годовой расход первичной энергии на выработку электроэнергии с учётом доставки, потребляемой тепловыми насосами комбинированной теплонасосной станции.

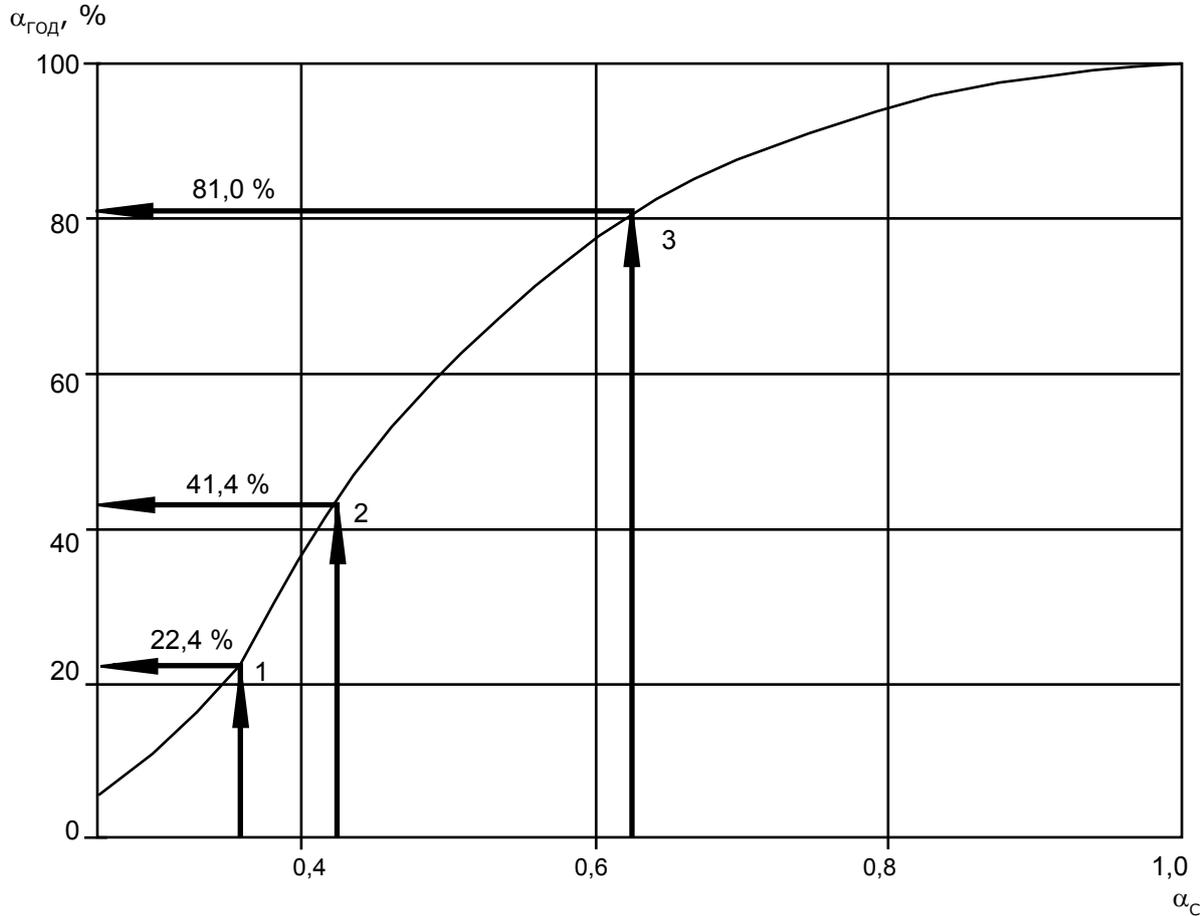


Рисунок 3. Доля годового расхода теплоты, покрываемая тепловыми насосами комбинированной теплонасосной станции при  $\tau_{\text{ТН\_МАХ}} = 70^\circ\text{C}$  для температурных графиков: 1 – 150/70°C; 2 – 130/70°C; 3 – 95/70°C.

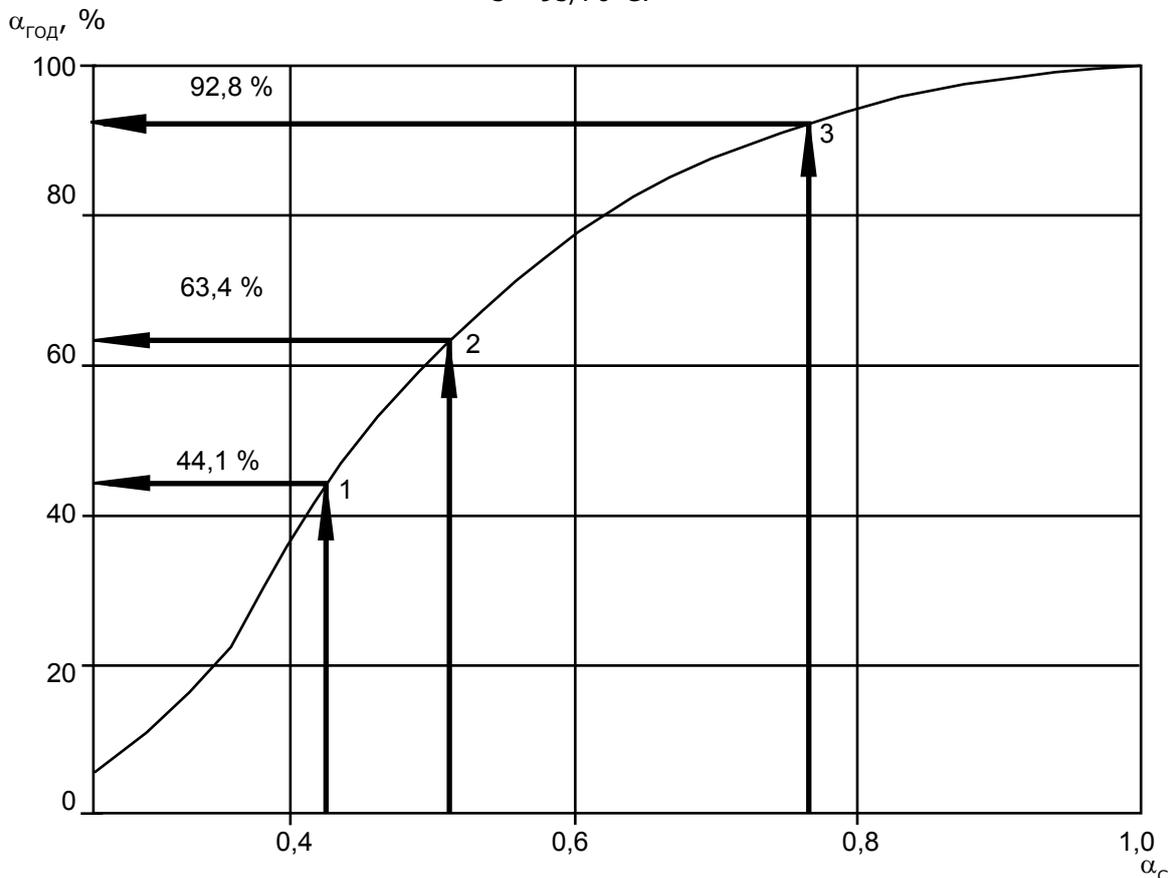


Рисунок 4. Доля годового расхода теплоты, покрываемая тепловыми насосами комбинированной теплонасосной станции при  $\tau_{\text{ТНУ\_МАХ}} = 80^\circ\text{C}$  для температурных графиков: 1 – 150/70°C; 2 – 130/70°C; 3 – 95/70°C.

С учётом затрат первичной энергии для обеспечения работы водогрейных котлов и тепловых насосов выражение (6) можно представить в виде:

$$W_{ктис} = \frac{Q_k}{\eta_k} + \frac{N_{тн}}{\eta_{кэс} * \eta_{лэп}} = \frac{Q_k}{\eta_k} + \frac{Q_{тн}}{\eta_{кэс} * \eta_{лэп} * \mu_{тн}^{год}} \quad (7)$$

где:  $Q_k$  - годовая выработка теплоты водогрейными котлами;

$Q_{тн}$  - годовая выработка теплоты тепловыми насосами;

$N_{тн}$  - годовое потребление электроэнергии тепловыми насосами;

$\mu_{тн}^{год}$  - средневзвешенный годовой коэффициент преобразования тепловых насосов.

Сокращение расхода первичной энергии по сравнению с высокоэффективной водогрейной котельной составит:

$$\Delta W = W_{вк} - W_{ктис} \quad (8)$$

где:  $W_{вк}$  - годовой расход первичной энергии на выработку теплоты в водогрейной котельной.

С учётом формулы (7):

$$\Delta W = \frac{Q^{год}}{\eta_k} - \left( \frac{Q_k}{\eta_k} + \frac{Q_{тн}}{\eta_{кэс} * \eta_{лэп} * \mu_{тн}^{год}} \right) \quad (9)$$

Определим, например, сокращение расхода первичной энергии на единицу отпускаемой теплоты при  $\tau_{тн, макс} = 70^\circ\text{C}$  и работе системы теплоснабжения по температурному графику 95/70 $^\circ\text{C}$

$$\Delta W = \frac{Q^{год}}{Q^{год}} = \frac{1}{\eta_k} - \left( \frac{Q_k / Q^{год}}{\eta_k} + \frac{Q_{тн}}{\eta_{кэс} * \eta_{лэп} * \mu_{тн}^{год}} \right) \quad (10)$$

Для рассматриваемого варианта, с учётом полученных значений  $\alpha_{год}$  (рис. 3), получим:

$$\Delta W = \frac{1}{\eta_k} - \left( \frac{0,19}{\eta_k} + \frac{0,81}{\eta_{кэс} * \eta_{лэп} * \mu_{тн}^{год}} \right) \quad (11)$$

Величина средневзвешенного годового коэффициента преобразования тепловых насосов  $\mu_{год}$  зависит от температуры источника низкопотенциальной теплоты, температурного графика системы теплоснабжения и определяется с учётом продолжительности стояния температур наружного воздуха для конкретного климатического региона [6] и зависимости коэффициента преобразования теплового насоса конкретного производителя от преодолеваемой разности температур [4].

В нашем случае, при  $t_{нтт} = 15^\circ\text{C}$  и установленной мощности тепловых насосов  $0,62 * Q_p$  ( $\alpha_c = 62\%$ ) значение  $\mu_{тн}^{год} = 3,7$ .

Тогда:

$$\Delta W = \frac{1}{0,92} - \left( \frac{0,19}{0,92} + \frac{0,81}{0,4 * 0,92 * 3,7} \right) = 0,285 \quad (12)$$

Определим соответствующее этому относительное сокращение расхода первичной энергии при теплоснабжении от комбинированной теплонасосной станции вместо водогрейной котельной:

$$\Delta = \frac{\Delta W}{1/\eta_k} = \frac{0,285}{1/0,92} = 0,262 \quad (13)$$

Таким образом, в рассматриваемом примере годовой расход топлива на нужды отопления потребителей при замене водогрейной котельной на комбинированную теплонасосную станцию сократится на 26,2 %. Для реализуемых на практике диапазонов изменения показателей энергоэффективности теплоисточников создание комбинированных теплонасосных станций с применением работающих в базовом режиме эксплуатации тепловых насосов с электроприводом позволяет снизить общее потребление ископаемых видов топлива за счёт использования низкопотенциальной теплоты местных возобновляемых и вторичных источников. Это создаёт условия для оздоровления окружающей среды и повышает инвестиционную привлекательность теплонасосных технологий. Данный расчёт был выполнен без учёта тепловой нагрузки на горячее водоснабжение, которая полностью будет покрываться за счёт работы тепловых насосов комбинированной теплонасосной станции. Это позволит ещё больше сократить расход топлива на нужды теплоснабжения. При этом сокращение расхода топлива в данном случае будет пропорционально доле нагрузки горячего водоснабжения от общего теплопотребления.

Положительным фактором, влияющим на эффективность внедрения комбинированных теплонасосных станций является сокращение расхода первичной энергии на выработку электроэнергии. В белорусской энергосистеме этому способствуют намеченный на ближайшее время ввод блока ПГУ Минской ТЭЦ-5 электрической мощностью 450 МВт и строительство атомной электростанции. Дополнительными стимулами развития комбинированных теплонасосных станций являются относительное снижение вредных выбросов в окружающую среду, применение дешёвых ночных тарифов на электроэнергию для выработки теплоты, повышение общей надёжности теплообеспечения и расширения возможностей регулирования тепловой энергии.

#### Литература

1. Бродянский, В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа / В.М. Бродянский. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.
2. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для ВУЗов / Е.Я. Соколов. 7-е изд., стереот. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
3. Температурный график настройки систем регулирования на отопление от теплоисточников РУП «Гомельэнерго», 2008 г.
4. Петин, Ю.М. Опыт производства тепловых насосов предприятием ЗАО «Энергия» / Ю.М. Петин // Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Часть 2 / Ю.М. Петин; под ред. П.П. Безруких. – М.: Амипресс, 2002 – С. 54–56.
5. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28.02.2008 г. № 261 «О мероприятиях по выполнению в 2008 году Государственной комплексной программы модернизации основных производственных фондов Белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения доли использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов на период до 2011 года».
6. Строительная климатология: СНБ 2.04.02-2000. – Введ. 01.07.2001. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2001. – 40 с.

# 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	
Страна	
Город	
Почтовый индекс	
Адрес доставки	
Контактное лицо	
Контактный телефон (с кодом города)	
Факс	
E-mail	

## На отдельные номера

Варианты издания	Отметить	Номер	Год выхода	Кол-во	Стоимость ед.			Итого
					грн.	руб.	\$	
печатное электронное		№ _____			260 70	910 250	35 10	
печатное электронное		№ _____			260 70	910 250	35 10	
печатное электронное		№ _____			260 70	910 250	35 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.

## Тестирование тепловых насосов

Marek Miara. Результаты проекта полевого испытания эффективности теплового насоса или резервный нагреватель под подозрением 6

Bernd Klein. Влияние качества теплового насоса на эффективность его работы 8

## Применение тепловых насосов в низкоэнергетических и пассивных зданиях

Frederic Genest, Vasile Minea. Низкоэнергетическое коммерческое здание, оборудованное грунтовыми тепловыми насосами 9

Jorn Stene. Интегрированные теплонасосные системы на хладагенте CO<sub>2</sub> в низкоэнергетических и пассивных домах 15

## Обзор рынков тепловых насосов

Wilko Planje. Подземные системы становятся более популярными в Нидерландах 22

## Тепловые насосы в жилых зданиях

Н. М. Уланов. Теплоснабжение коттеджей и квартир с помощью тепловых насосов с электротеплоаккумуляторами 25

А. В. Суслов. Специфика российского рынка тепловых насосов и перспективы его дальнейшего развития 31

## Теплонасосные станции

А. А. Потапова, И. А. Султангузин, Т. П. Шомова, П. А. Шомов. Применение тепловых насосов в системе теплоснабжения промышленного предприятия и города 39

## Приложение к журналу ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ - информационный бюллетень

Технические данные и проектирование General VRF- система Серия J

Инструкция по проектированию тепловой насосной установки Viessmann Vitocal 300/350

Технические решения. Кондиционирование жилого комплекса «Ближняя дача». Mitsubishi electric

Методические указания по проектированию мультизональных VRF-систем City Multi G4 Mitsubishi electric

Программа семинара обучения. Руководство преподавателя. Vaillant



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

- Модернизация систем энергоснабжения, в том числе систем электроснабжения, тепло- и холодоснабжения, оборотного водоснабжения, пневмоснабжения
- Проектирование теплонаносных станций
- Разработка энергетических планов и стратегий повышения энергоэффективности предприятия
- Разработка и внедрение системы промышленного энергоменеджмента
- Создание систем мониторинга фактической экономии финансовых и энергетических ресурсов

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

- Разработка муниципальных энергетических планов и стратегий модернизации систем энергоснабжения городов и территорий
- Разработка энерго- и экологоэффективных схем теплоснабжения и водоснабжения городов и населённых пунктов
- Разработка системы энергоменеджмента для муниципалитетов.
- Разработка инвестиционных проектов термомодернизации жилых и бюджетных зданий
- Проектирование теплонаносных станций

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

#### **ПРОМЫШЛЕННОСТЬ:**

- Финансирование проектов энергоэффективной модернизации с использованием собственных средств
- Финансирование проектов энергоэффективной модернизации с использованием заемных средств
- Финансирование проектов энергоэффективной модернизации с использованием «зеленых» средств
- Комбинированное финансирование, лизинг, аренда и товарный кредит

#### **МУНИЦИПАЛИТЕТЫ:**

- Финансирование проектов энергоэффективной модернизации коммунальных предприятий с использованием бюджетных и внебюджетных средств
- Финансирование проектов энергоэффективной модернизации коммунальных предприятий с использованием заемных средств
- Комбинированное финансирование, лизинг, аренда и товарный кредит

#### **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 E-mail: ecosys@zp.ukrtel.net