

УДК 621.577:628.84

ПРОБЛЕМЫ МАРКЕТИНГА ВОЗДУШНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В РОССИИ

А.В. СУСЛОВ
s_solar@mail.ru

Появившиеся в Европе в конце прошлого века низкотемпературные воздушные тепловые насосы (НВТН) принципиально изменили существовавшие ранее представления о технических возможностях воздушных тепловых насосов, что качественно повлияло на потребительские приоритеты и структуру европейского рынка. НВТН стали наиболее востребованным типом тепловых насосов, объемы их продаж на национальных европейских рынках измеряются сегодня сотнями тысяч штук (десятками миллионов евро в денежном выражении). Наиболее очевидно эта тенденция проявилась в Северной Европе – в странах с наиболее холодным климатом.

В процессе нынешнего кризиса НВТН показали абсолютный иммунитет к стагнации. Более того, на фоне общего спада в климатической отрасли в отношении НВТН стала очевидной поразительная закономерность – чем выше уровень рецессии, тем выше спрос на НВТН, а соответственно – и уровень их продаж [1].

В 2009 г. падение рынка чиллеров в России составило 50–55 % [3], а рынка сплит-систем, по предварительным оценкам, – в 2–3 раза [4]. Результаты вполне согласуются с прогнозами, сделанными еще в феврале для отрасли в целом [5]. Поскольку НВТН стали сегодня наиболее востребованным коммерческим продуктом отрасли, имеющим в России особенно многообещающую перспективу [1], компенсировать потери логично именно за счет освоения наметившегося уже нового сегмента рынка – теплоснабжения.

Однако ни со стороны поставщиков, ни со стороны потребителей эта столь актуальная для нас техника особого внимания до сих пор не удостоилась. Основная причина этого, по-видимому, кроется в недостаточной информированности потенциально заинтересованных субъектов.

Дефицит внятной информации о технических особенностях и возможностях НВТН успел породить в отношении них массу всевозможных версий преимущественно скептического толка. Поэтому в первую очередь необходимы конкретные сведения, позволяющие прояснить истинное положение дел. Этой цели и посвящена данная статья.

По мере насыщения европейского рынка сплит-системами к концу 1970-х годов появилась задача поиска новых сфер сбыта. Поскольку интерес к тепловым насосам наметился уже тогда, идея расширения области их применения за счет создания НВТН, отвечающих европейским требованиям, полностью соответствовала этой задаче.

Нужно было добиться гарантированной надежности и как можно меньшего падения теплопроизводительности при низких температурах. Для работы в условиях низких температур воздушному тепловому насосу необходимы опции, аналогичные опциям зимнего комплекта кондиционера:

- подогрев картера компрессора и надежные средства для удаления конденсата и наледи из внешнего блока;

- возможность регулирования интенсивности поглощения тепла теплообменником внешнего блока в зависимости от наружной температуры.

Поскольку оптимальное решение этих задач открывало путь на грандиозный европейский рынок теплоснабжения, идея с понятным энтузиазмом была подхвачена всеми наиболее мощными производителями. В результате появилось множество блестящих фирменных решений, часть из которых достаточно понятна и очевидна, а часть, явившаяся результатом основательных (и до сей поры ведущихся) исследований, защищена ноу-хау. Таким образом, вопреки бытующему мнению **НВТН появились не вследствие случайной удачи очередной предназначившейся для Хоккайдо разработки одной из фирм, а в результате многолетних целеустремленных усилий отрасли в целом. Свидетельством этому служат многообразие ассортимента НВТН на европейском рынке и продолжительность опыта их успешного применения.**

Решающую роль в становлении современных НВТН сыграли два фактора: использование в них хладагента, наиболее подходящего по совокупности характеристик – фреона R410A, и применение инверторов, которыми теперь оборудуются все без исключения НВТН. В 2000-х годах появление новых НВТН приобретает в Европе тотальный характер, все заметные производители включают НВТН в свою производственную программу.

Если в России сегодня доступны пока только несколько моделей НВТН — от двух-трех наиболее амбициозных представителей отрасли, на европейском рынке доступны уже десятки таких моделей от всех наиболее заметных мировых производителей. Только в одном из последних бюллетеней [6], регулярно публикуемых для сведения потребителей Шведским энергетическим агентством (*Swedish Energy Agency*), представлены официальные технико-экономические характеристики 30 различных моделей НВТН.

Помимо общей технической информации и установочной стоимости приведены полученные в процессе испытаний официальные данные по потенциально возможному ежегодному энергосбережению для типичных частных домов в различных климатических зонах Швеции, теплопроизводительности и коэффициенту преобразования при различных наружных температурах при полной и частичной (75 или 50 %) нагрузках. Указывается также и минимальная рабочая температура (т.е. температура наружного воздуха).

Для 16 моделей НВТН эта температура равна -20°C , для шести -30°C , по две имеют минимальную рабочую температуру -26 и -25°C , по одной -17 и -15°C , для двух моделей минимальная температура не была заявлена производителем.

В России появившиеся сегодня образцы НВТН подсознательно ассоциируются с традиционными сплит-системами 70-х годов прошлого века, с которыми внешне они максимально сходны. Использование этих систем на обогрев являлось тогда дополнительной опцией и ограничивалось так называемыми переходными периодами — непродолжительными промежутками времени перед началом и сразу после окончания отопительного сезона с соответственно не очень низкими температурами наружного воздуха.

Поэтому и от современных НВТН подспудно ожидают тех же неприятностей, которые возникали в случае эксплуатации традиционных сплит-систем при более низкой, чем это разрешалось производителями, температуре.

Это заблуждение усугубляется тем, что:

- ✓ во-первых, технические средства, обеспечивающие НВТН необходимыми им дополнительными опциями, визуально, как правило, никак не проявляются, и это существенно усложняет идентификацию НВТН по внешним признакам;

- ✓ во-вторых, появившиеся у нас сегодня НВТН анонсированы для работы на обогрев всего лишь до температур наружного воздуха -25°C . Однако на нашем рынке давно уже присутствуют *гораздо более низкотемпературные образцы воздушных тепловых насосов*, имеющие

значительно низший предел работы на обогрев: до -28°C (HP40 американской фирмы LENNOX, [7]) и даже до $-34,4^{\circ}\text{C}$ (38YCC американской фирмы Carrier, [8]). Таким образом, повода для возникновения опасений относительно «низкотемпературности» современных НВТН нет. Отсутствие у нас до сих пор должного интереса к машинам американских производителей является, по-видимому, следствием недостаточной осведомленности потребителей из-за слабого продвижения этих моделей. В странах Европы это совсем не так.

Так, в Норвегии на крупнейшем национальном портале www.hytte.no [9], посвященном коттеджам, размещены официальные рекомендации по выбору теплового насоса с указаниями, что для теплоснабжения следует выбирать непременно инверторный тепловой насос, работающий только на R410A. Здесь же приводится и обширная подборка из десятков конкретных таких моделей НВТН [10].

Характерно, что в данной подборке, взятой непосредственно с сайта Евровент [11] — исследовательского центра, где проходят обязательную сертификацию НВТН, попадающие на европейский рынок, — не указаны их параметры при предельно низких температурах, без которых никакое обсуждение темы у нас просто немыслимо. И здесь мы подходим к центральной проблеме обсуждения.

Хотя массовое использование НВТН в России практически еще не началось, тем не менее потенциальные заинтересованные соискатели уже хорошо осведомлены о том, что с понижением наружной температуры эффективность воздушных тепловых насосов падает, а само использование этой техники также ограничено неким температурным минимумом. Вот только реальные значения этих температур пока что никому не известны.

Поскольку у нас нигде официально не публиковались и никогда не озвучивались значения минимальных температур, при которых сохраняются работоспособность и целесообразность применения современных НВТН, в распоряжении потенциально заинтересованных потребителей до сих пор отсутствуют основные аргументы, необходимые для принятия обоснованного решения по установке этой совершенно новой и незнакомой техники.

Реальные графики зависимости коэффициента преобразования μ (COP) от наружной температуры для типичных современных НВТН, полученные в Центре прикладных научных исследований VTT (*Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus*) в Финляндии, представлены на рис. 1.

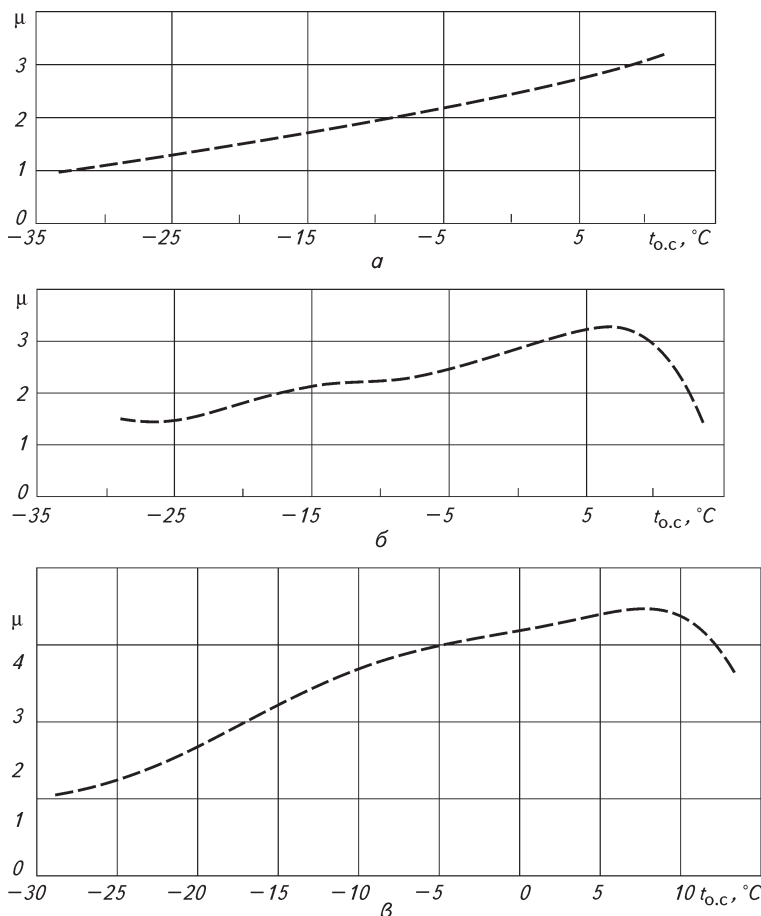


Рис. 1. Зависимость коэффициента преобразования μ современных НВТН от наружной температуры $t_{o,c}$:
 а – для ординарного европейского бренда AWI25AHL+AEI25AH китайской сборки (минимальная наружная температура не заявлена);
 б – для продвинутого японского бренда MSZ-FD25VA+MUZ-FD25VABH тайландской сборки (минимальная наружная температура $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$);
 в – для НВТН «воздух–вода» с внешним блоком AOYA24LALL (Япония) и гидромодулем WSYA080DA с двумя дополнительными электронагревателями (Франция), минимальная наружная температура $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Несмотря на индивидуальные различия, на всех трех графиках очевидна интересующая нас общая принципиальная закономерность:

нижняя граница использования современных НВТН, как и предел их энергетической целесообразности (значения $\mu \geq 1$), лежат в районе $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и даже ниже.

Достаточность этих параметров для успешного применения НВТН в климатических условиях России ранее была обоснована теоретически и после успешных натурных испытаний доказана практически [2]. Приведенные выше сведения позволяют резюмировать, что **инверторные НВТН на R410A вполне приемлемы для теплоснабжения в России.**

Пожалуй, наибольший ущерб объективной оценке наносит прямолинейное суждение о

том, что раз с понижением наружной температуры происходит уменьшение теплопроизводительности НВТН, использование их в России рационально только в регионах, близких к месту проведения Олимпиады-2014.

На самом деле справедливо абсолютно противоположное суждение, что наглядно подтверждает опубликованное в прошлом году в Норвегии исследование [12], в котором сравнивалась экономия, достигаемая теплоснабжением от НВТН «воздух–воздух» в наиболее теплом населенном пункте Норвегии – Бергене (*Bergen*) с расчетной температурой $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (как, например, в с. Псху, Абхазия) и в наиболее холодном – Рёрос (*Røros*) с расчетной температурой $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (как, например, в г. Красноярске). В качестве отопляемого объекта рассматривался деревянный дом с отопляемой площадью 115 м^2 и с окнами площадью 12 м^2 с двойным остеклением.

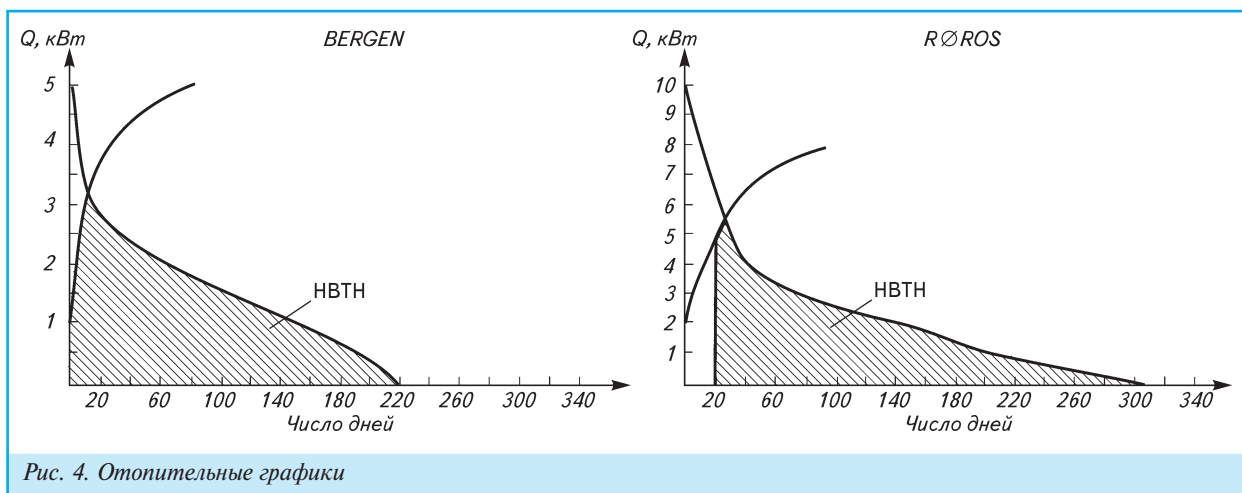
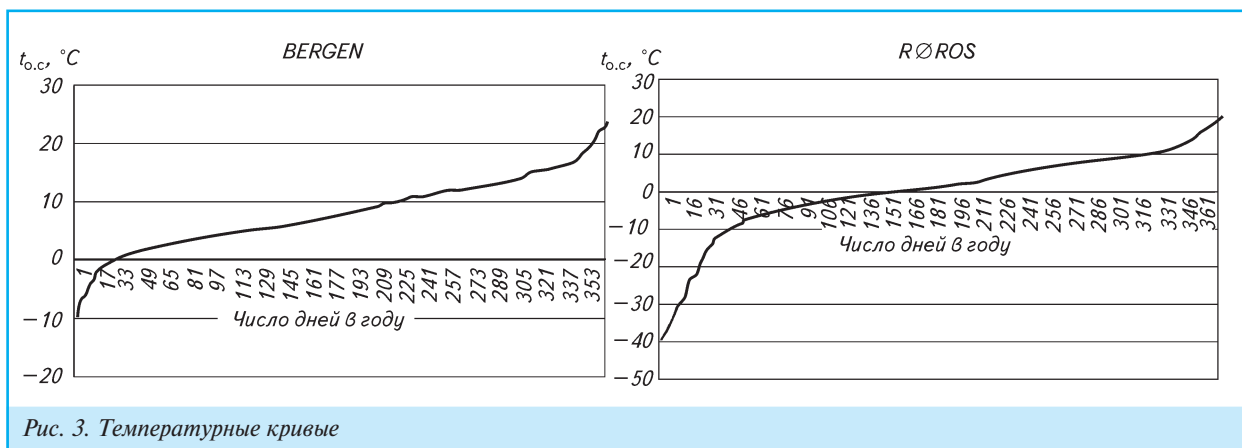
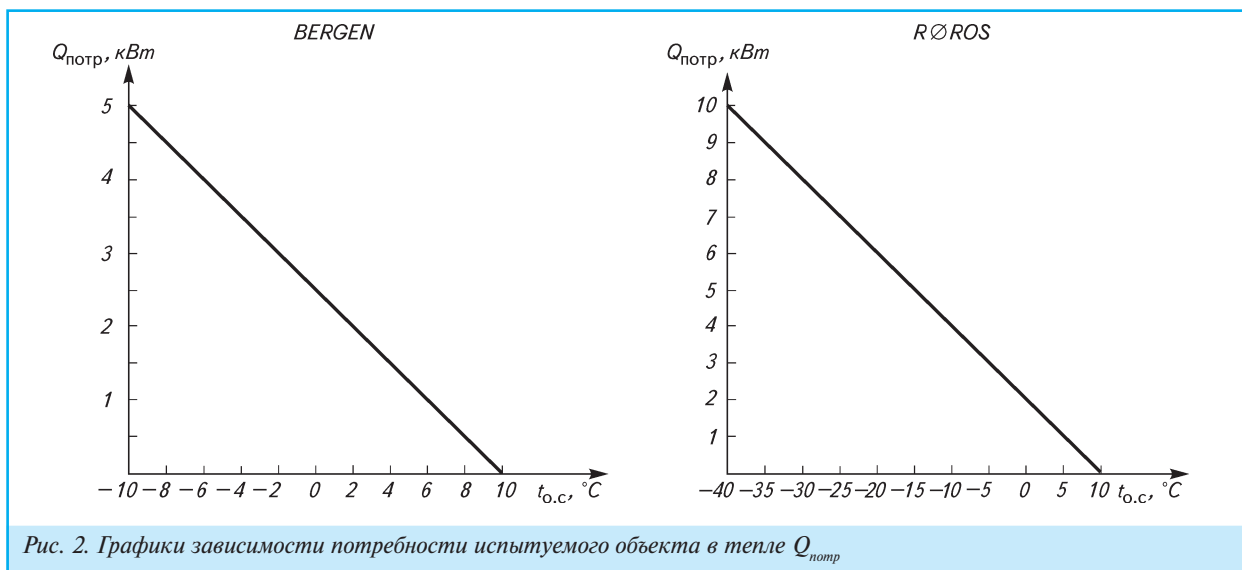
Отопительный сезон в Норвегии начинается осенью, когда температура воздуха опускается ниже $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ и длится до тех пор, пока весной температура не станет выше $9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для простоты расчетов считают, что отопи-

тельный сезон длится, пока температура воздуха ниже $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Графики тепловых потребностей рассматриваемого объекта для обоих регионов выглядят так, как показано на рис. 2.

Температурные кривые с указанием продолжительности температурных градаций, более детально характеризующие климат обоих регионов, представлены на рис. 3.

Отопительные графики теплоснабжения с использованием НВТН «воздух–воздух» даны на рис. 4.

Площадь окрашенной области под кривой отопительного графика соответствует количеству тепла, которое в состоянии поставить НВТН, неокрашенной – тепла, которое необходимо обеспечить дополнительным источником. Дополнительный источник тепла целесообразно



привлекать к теплоснабжению с момента, когда теплопроизводительность НВТН падает настолько, что перестает обеспечивать ощутимый вклад в теплоснабжение.

Для оценки эффективности теплоснабжения тепловым насосом существует параметр SPF (*Seasonal Performance Factor*) – сезонный коэффи-

циент энергоэффективности, или сезонный коэффициент преобразования, который представляет собой отношение общего количества тепла $Q_{\text{от}}$, полученного отапливаемым объектом за определенный период времени, к суммарным энергозатратам ΣP_w на получение этого тепла:

$$SPF = Q_{\text{от}} / \Sigma P_w.$$

Таблица 1

Показатели	BERGEN	RØROS
Средняя температура, °С	7,58	0,32
SPF	3,1	1,8
Энергопотребление, кВт·ч	8820,72	17489,65
Вклад теплового насоса, кВт·ч	7524,00	13740,00
Экономия энергии, кВт·ч	5096,90	6106,67

Экономия энергии ΔE_{tot} (кВт·ч) выразится следующим образом:

$$\Delta E_{\text{tot}} = Q_{\text{tot}} (1 - 1/SPF).$$

Для рассматриваемого случая результаты расчетов представлены в табл. 1.

Мы видим, что в гораздо более холодном регионе даже при гораздо меньшем SPF экономия энергии больше: $(6106,67 - 5096,9)/5096,9 \cdot 100\% = 19,8\%$ (почти на 20% по сравнению с более теплым регионом) из-за длительного отопительного периода, а соответственно и периода, подходящего для использования НВТН.

Расчет показывает, что наилучшим условием для использования НВТН, при котором они проявляют свои оптимальные преимущества, является более длительный отопительный период, свойственный регионам с более холодным климатом.

В связи со сказанным выше представляют интерес результаты расчета экономии энергии ΔE_{tot} при применении воздушного теплового насоса Zubadan модели PUNZ-HRP125YHA2 для теплоснабжения дома отапливаемой площадью 250 м² в различных регионах России. Зависимость периода использования НВТН от продолжительности отопительного сезона отражена в табл. 2.

И наконец, последний формальный аргумент, с которым приходится сталкиваться при обсуждении перспективы применения воздушного теплового насоса, — это якобы *недостаточная эффективность НВТН для теплоснабжения в России по сравнению с эффективностью грунтовых тепловых насосов (ГТН)*.

Статистика по рынку ГТН в России, ведущаяся с 2004 г., показывает, что за 6 лет его объем составил почти 3 млрд руб. (суммарная мощность установленных ГТН ≈ 29 МВт), и есть все основания оценивать рынок этих ТН в 2010 г. в 15–16 млн евро.

Приведенные цифры не в полной мере отражают потенциальный спрос на теплонасосные технологии в России, так как потребителей часто отпугивает высокая стоимость установки «под ключ» грунтового насоса. В 3–7 раз меньшая стоимость НВТН могла бы привлечь этих клиентов и увеличить оборот рынка ТН в России по крайней мере в несколько раз. Всего во всем мире с появлением современных НВТН доля ГТН на рынке стала снижаться. В России же этому препятствует распространенный миф о значительном энергетическом превосходстве ГТН.

Поскольку конкретных исследований на этот счет у нас пока не проводилось, для ориентировочной оценки можно воспользоваться данными грандиозного эксперимента «*WP-Effizienz*», проводимого в настоящий момент в Германии под техническим руководством Франгоферовского института.

С марта 2007 г. силами семи производителей: *Alpha-InnoTec*, *Bosch Thermotechnik*, *Hautec*, *NIBE*, *Stiebel Eltron*, *Vaillant* и *Viessmann*, двух сервисных компаний *EnBW* и *E.ON* и *Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie* (Федеральным министерством экономики и технологий Германии) — финансируются натурные испытания с целью выяснения реальной эффективности систем теплоснабжения с тепловыми насосами различных типов на более чем 100 объектах, практически равномерно расположенных по всей территории Германии.

Предметом исследований является скрупулезный подсчет SPF , который в этом случае в общем виде выражается как:

$$SPF = (Q_{\text{OT}} + Q_{\text{ГВС}}) / (E_{\text{компр}} + E_{\text{н/в}} + E_{\text{ЭН}}),$$

где Q_{OT} и $Q_{\text{ГВС}}$ — количество тепла на отопление и горячее водоснабжение;

Таблица 2

Город	Минимальная температура наружного воздуха, °С	Продолжительность отопительного сезона, ч	Время работы ТН, ч	Общее количество тепла на отопление, кВт·ч (Q_{tot})	Тепло, поставляемое тепловым насосом, кВт·ч	Энергия, потребляемая тепловым насосом, кВт·ч ($P_{\text{тн}}$)	Энергия дополнительного источника тепла, кВт·ч ($P_{\text{ЭН}}$)	Сезонный коэффициент энергоэффективности $SPF = Q_{\text{tot}} / (P_{\text{тн}} + P_{\text{ЭН}})$	Экономия энергии от использования ТН, кВт·ч $\Delta E_{\text{tot}} = Q_{\text{tot}} (1 - 1/SPF)$
Сочи	-4	5006	5006	18347	18347	4045	—	4,54	14306
Москва	-28	6874	6847	50045	47689	16510	2356	2,64	31089
Новосибирск	-44	7295	6706	75729	55358	22513	20371	1,77	32944
С.-Петербург	-28	7325	7303	52973	50762	17359	2210	2,71	33426
Казань	-36	7279	7047	65964	56308	22184	9656	2,07	34097
Екатеринбург	-38	7339	7125	66011	57036	22237	8975	2,11	34726

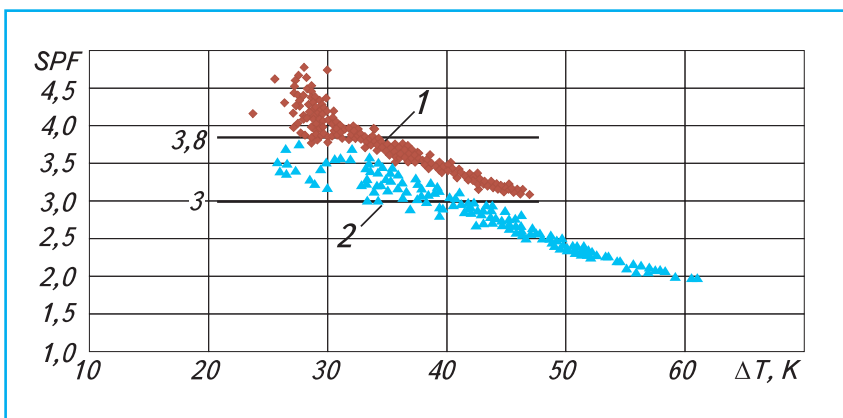


Рис. 5. Результаты испытаний тепловых насосов: зависимость сезонного коэффициента энергоэффективности (SPF) от разности температур источника и потребителя тепла (ΔT):
1 – тепловые насосы грунт (соляной раствор)–вода; 2 – тепловые насосы воздух–вода

$E_{\text{компр}}$ – энергозатраты компрессора;
 $E_{\text{н/в}}$ – энергозатраты насосов и вентиляторов контура испарителя;
 $E_{\text{ЭН}}$ – энергозатраты дополнительного электронагревателя.

С начала эксперимента SPF подсчитывается ежемесячно для каждого из исследуемых объектов. Окончание эксперимента и подведение окончательных итогов планируется летом 2010 г. Промежуточные результаты по итогам всех предварительных этапов испытаний регулярно публикуются. В одном из последних опубликованных отчетов [13] приведены средние значения SPF, подсчитанные почти за три года испытаний для систем теплоснабжения с тепловыми насосами «воздух–вода» и «соляной раствор–вода», т.е. грунтовыми.

Среднее за период испытаний значение сезонного коэффициента энергоэффективности для систем теплоснабжения с грунтовыми тепловыми насосами составило 3,8, а для систем с тепловыми насосами «воздух–вода» – 3 (рис. 5), что прекрасно согласуется с официальной статистикой [14], а также SPF НВТН для наиболее теплового населенного пункта в Норвегии (3,1). Процент экономии от эксплуатации таких систем выразится как:

$$\Theta = (1 - 1/SPF)100 \%,$$

что для грунтовых тепловых насосов составит

$$\Theta_{\text{гр}} = (1 - 1/3,8)100 \% = 73,68 \%,$$

а для тепловых насосов «воздух–вода»:

$$\Theta_{\text{возд}} = (1 - 1/3,0)100 \% = 66,67 \%.$$

При этом **выигрыш от выбора в пользу грунтовых тепловых насосов по отношению к воздушным в процентном отношении составляет**

$$(\Theta_{\text{гр}} - \Theta_{\text{возд}}) / \Theta_{\text{возд}} \cdot 100 \% = 10,53 \%.$$

Это и есть то значение, которое следует учитывать как при выборе типа теплового насоса, так и при расчете экономии и срока его окупаемости.

Ввиду отсутствия аналогичных отечественных данных можно в качестве ориентировочных рассматривать полученные с немецкой педантичностью данные «WP-Effizienz», по крайней мере, для той части европейской территории России, где уместна хотя бы формальная аналогия с климатом Германии.

Для особо холодных регионов – Крайнего Севера, да и Заполярья – для НВТН можно ориентироваться хотя бы на значение $SPF = 1,8$, полученное в описанном выше исследовании, а вот для грунтовых тепловых насосов, безусловно, требуются дальнейшие более тщательные уточнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сулов А.В. О востребованности, работоспособности и окупаемости воздушных тепловых насосов в условиях России// Холодильная техника. 2009. № 12.
2. Сулов А.В. Применение воздушных тепловых насосов в условиях холодного климата// Аква-Терм. 2009. № 3
3. http://www.mir-klimata.com/archive/number57/article/num_06/
4. <http://www.m-2.ru/news/03/08/2009/562949968310126.shtml?print>
5. <http://www.climatexpo.ru/files/science/pdf/2009/felix12.pdf>
6. [http://www.swedishenergyagency.se/WEB%5CSTEMFe01e.nsf/V_Media00/C12570D100377_20FC12574E5003D72B1/\\$file/luftluft.pdf](http://www.swedishenergyagency.se/WEB%5CSTEMFe01e.nsf/V_Media00/C12570D100377_20FC12574E5003D72B1/$file/luftluft.pdf)
7. <http://webmanuals.lennox europe.com/Out%20of%20Production/Rooftop/HP%20HS%20Series/EngineeringHandbookHP40.pdf>
8. <http://www.xpedio.carrier.com/idc/groups/public/documents/techlit/38ycc-c7pd.pdf>
9. <http://www.hytte.no/varmepumper.html>
10. http://www.hus.no/pdf/eurovent_inverter.pdf
11. <http://www.eurovent-certification.com/>
12. <http://www.ivt.ntnu.no/ept/fag/tep4150/innh09/Engan Authen Varmepumpe 2009.pdf>
13. http://www.wp-im-gebaeudebestand.de/download/wp-inbestandsgebaeuden_russ_090130.pdf
14. http://www.heatpumpcentre.org/About_heat_pumps/Heat_sources.asp