

# ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАГОРОДНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

**Суслов А.В.**

Наиболее ликвидным энергоносителем, свободно конвертируемым во всевозможные коммунальные блага, а поэтому и наиболее востребованным в домашнем хозяйстве, безусловно, является электроэнергия. Однако, несмотря на все удобства использования для бытовых нужд, электрическое теплоснабжение, во-первых, считается не самым дешёвым, а во-вторых, практически всегда проблематично из-за нехватки имеющейся на объекте необходимой электрической мощности.

Поскольку для теплоснабжения тепловым насосом электроэнергии требуется в несколько раз меньше, такой способ практически всегда реализуем и при этом весьма экономичен. Теплоснабжение тепловым насосом позволяет не только в несколько раз сократить эксплуатационные затраты, но и снизить электрическую мощность, необходимую для организации комфортного теплоснабжения. Важно отметить, что для индивидуального домостроения последнее преимущество гораздо более значимо, поскольку снижает зависимость потребителя электроэнергии от поставщика, расширяя тем самым выбор подходящего места для комфортного обитания. Преимущества тепловых насосов постепенно усваиваются обществом, однако уровень общественной осведомлённости, необходимый для начала практических действий по их массовому внедрению, пока не достигнут ввиду недостатка необходимой достоверной информации.

Хотя сегодня на российском рынке стали появляться низкотемпературные воздушные тепловые насосы (НВТН), с заявленным пределом эксплуатации вплоть до минус 20 °С и даже до минус 25 °С, перспектива их использования для теплоснабжения пока что не воодушевляет отечественного потенциального потребителя. НВТН же, позиционированные производителем всего лишь до минус 15 °С, которые составляют сегодня большую часть рынка, вообще даже не обсуждаются. Понятно, что происходит это из-за того, что зимой у нас бывает гораздо прохладнее указанных значений, а нижний предел эксплуатации НВТН, указанный в представительской документации, воспринимается буквально в качестве предела работоспособности или близкого к этому понятию.

Данные обстоятельства, по мнению аналитиков фирм, в распоряжении которых уже оказались НВТН, лишают всякого смысла какие-либо попытки по их продвижению. Поэтому те из потенциальных потребителей, кому всё же довелось узнать о существовании НВТН, уверены, что предназначены они исключительно для Европы, а в Россию попали случайно – в результате маркетингового эксперимента и использование их здесь если, в принципе и возможно, то наверняка будет малоэффективно. Как первые, так и вторые искренне считают, что появление НВТН на российском рынке не более чем недоразумение вследствие недостаточной осведомлённости производителей об особенностях местного климата и после прояснения этих особенностей тема тихо закрывается сама по себе.

В данной статье поясняется: в чём основное преимущество использования тепловых насосов в индивидуальном загородном строительстве, как и по каким параметрам, следует подбирать НВТН, пригодные для теплоснабжения в России и насколько современные НВТН экономически доступны отечественному потенциальному потребителю.

Относительно недавно абсолютно достоверно стало известно (1), что:

- минимальная температура, приводимая в спецификациях, фактически всего лишь нижний предел наиболее эффективного использования НВТН,
- предел экономической целесообразности использования НВТН (когда коэффициент энергоэффективности  $COP > 1$ ) находится на уровне  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а
- предел работоспособности НВТН практически вообще не установлен.

Ввиду отмеченных обстоятельств использование НВТН вплоть до *минус*  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  можно считать предпочтительнее обычного электрообогрева.

Примечательно то, что хотя массовое использование тепловых насосов у нас пока не началось, общественность уже проинформирована о том, что с уменьшением температуры источника тепла уменьшается и тепловая мощность теплового насоса. Поэтому то, что источником тепла для НВТН является наружный воздух, температура которого уменьшается зимой более основательно, чем температура грунта, стало причиной общественного скептицизма в отношении возможности использования НВТН для теплоснабжения в России. На этом же основано и заблуждение о том, что у нас в качестве тепловых насосов имеет смысл использовать только грунтовые тепловые насосы (ГТН).

На этот счёт интересен рисунок 1 корпорации *Daikin* (2), с указанием средних значений сезонного коэффициента энергоэффективности *SPF* (*Seasonal Performance Factor*) НВТН для наиболее крупных европейских стран.

### Среднее значение SPF

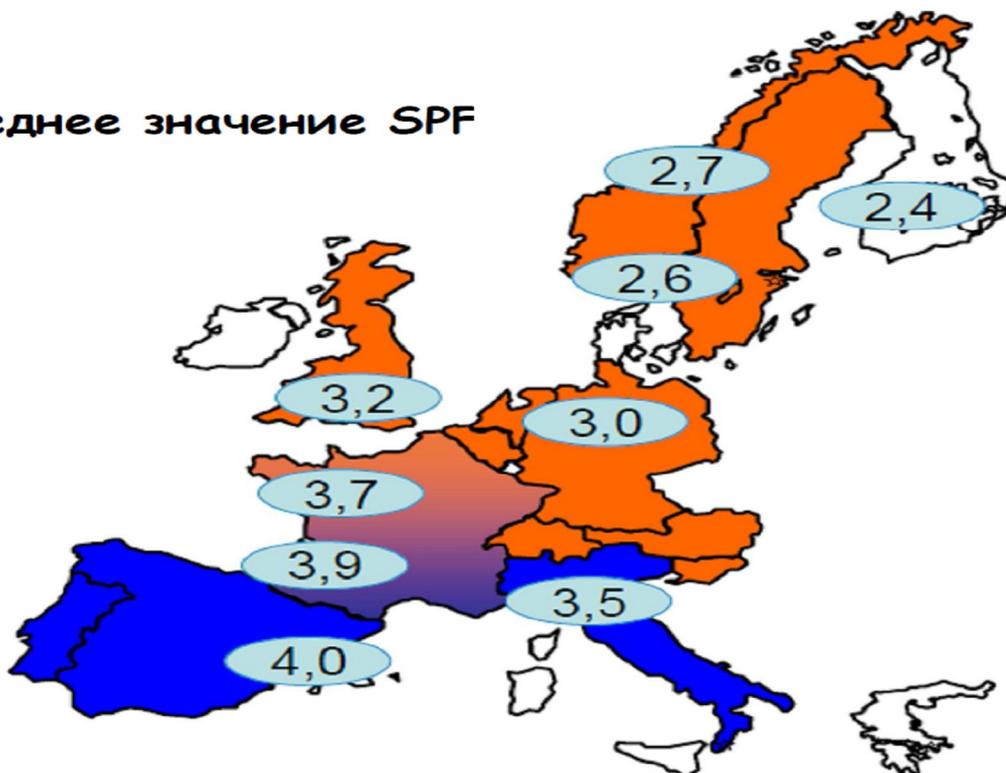


Рис. 1. Сезонный коэффициент энергоэффективности SPF НВТН для Европы

Поскольку большая часть населения России проживает в пределах широт центральной и северной Европы, мы можем ориентироваться и на SPF НВТН, в диапазоне от 2,4 до 3,2 - присущий не менее чем пол-Европы. При этом известно, что наиболее активный спрос на НВТН наблюдается в странах именно северной Европы (3), поскольку, несмотря на более скромный SPF, отопительный сезон, а соответственно и период использования НВТН там длится дольше, что делает выгоду от использования НВТН более значительной.

Наиболее заметный интерес к тепловым насосам обозначился сегодня в секторе индивидуального загородного строительства, т.е. – на относительно небольших объектах. В распоряжении застройщиков индивидуального загородного жилья имеется, как правило, всего несколько киловатт выделенной электрической мощности, что явно недостаточно для организации электрического теплоснабжения. Приобретение же дополнительной электрической мощности часто невозможно либо просто из-за отсутствия нужного количества киловатт у самого поставщика, либо ввиду чрезвычайно высоких расценок на обеспечение технической возможности такого приобретения (расценки на подключение превышают уже 100 000 руб/кВА (4)). Тогда-то наиболее приемлемой альтернативой и становится теплоснабжение с использованием теплового насоса.

Возможность обеспечения максимально комфортного проживания в условиях идеального микроклимата рассматривается сегодня как главное преимущество, а экономичность такого проживания воспринимается уже в качестве дополнительного бонуса. Но достижение этого главного преимущества возможно только при условии строго регламентированного подхода к выбору теплового насоса, учитывающего данные строительной климатологии. Для тех, кто сегодня оценивает возможность использования НВТН для сокращения необходимой электрической мощности, актуален вопрос, *насколько значения нижних пределов температуры, встречающиеся сегодня в рекламных буклетах НВТН, приемлемы для теплоснабжения в России.*

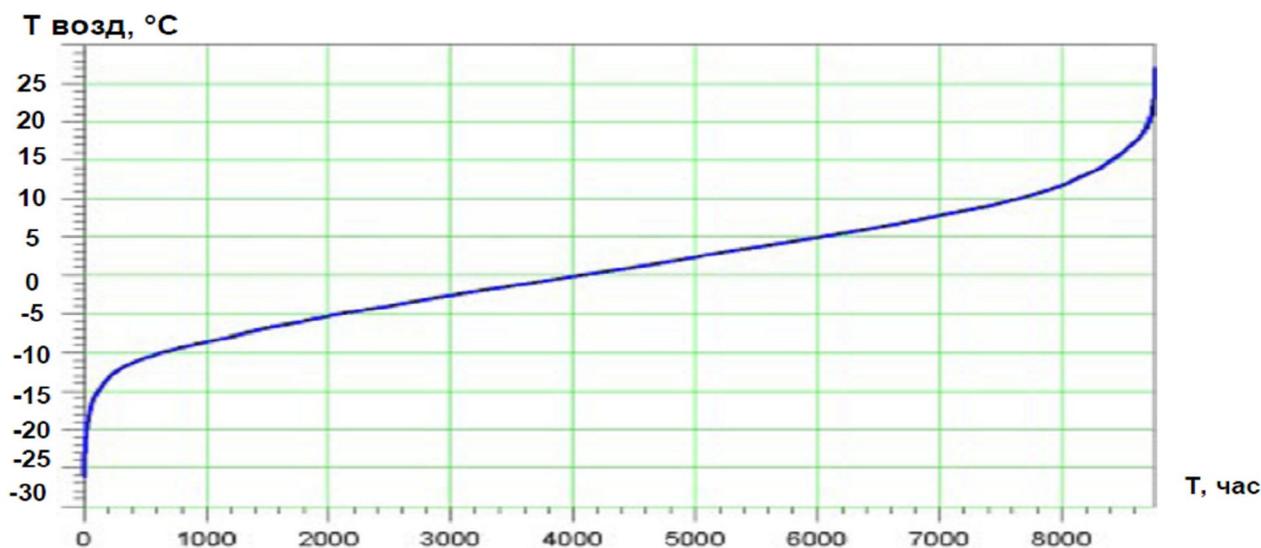


Рис. 2а. Температурная статистика окружающего воздуха в течение года

Как видно из графика на рисунке 2а, где приведена годовая температурная статистика наружного воздуха, типичная для центральной России, большую часть года (вся средняя часть графика) преобладают относительно умеренные значения температуры и лишь по краям - кратковременно наблюдаются экстремальные. График потребности здания в тепле практически зеркально отражает график необходимой отопительной

нагрузки – рисунок 26. Горизонтальный участок – потребность в тепле для ГВС при отсутствии потребности в отоплении. На вертикальной оси графика обозначен процент покрытия годовой потребности в тепле.

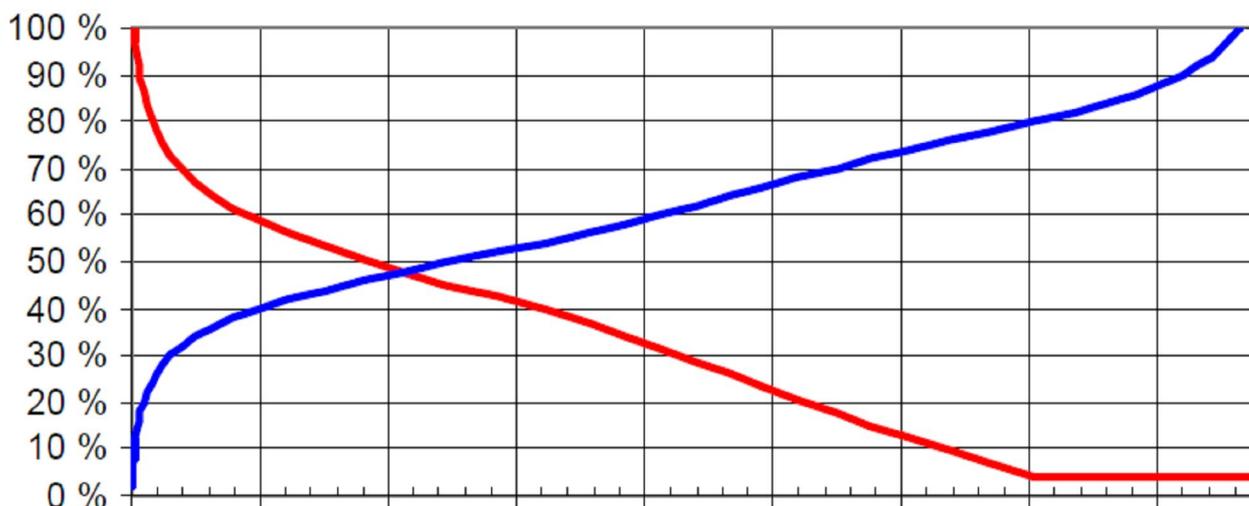


Рис. 26. **— Потребность здания в тепле** **— График отопительной нагрузки**

Для дальнейших рассуждений важно то, что суммарная продолжительность стояния экстремально низких температур у нас крайне незначительна. Такой характер изменения температуры позволяет оптимизировать теплоснабжение с учётом длительности стояния температурных градаций – что, собственно, нам и необходимо. Для этого требуемую тепловую нагрузку имеет смысл подразделять на *базовую* – присущую объекту большую часть отопительного периода и *пиковую* – необходимую в течение всего лишь нескольких самых холодных дней в году.

*При организации теплоснабжения тепловым насосом, причём безразлично – грунтовым или воздушным, максимальная экономия достигается только при использовании дополнительного источника тепла – как для покрытия пиковой нагрузки, так и при необходимости – в качестве резервного.*

Характер совместного производства тепла будет отображаться *интегральным графиком* отопительной нагрузки – рисунок 3. Задаваясь на горизонтальной оси интегрального графика процентом покрытия расчётной отопительной нагрузки базовым источником тепла, на вертикальной оси мы находим долю тепла, производимого этим источником за год.

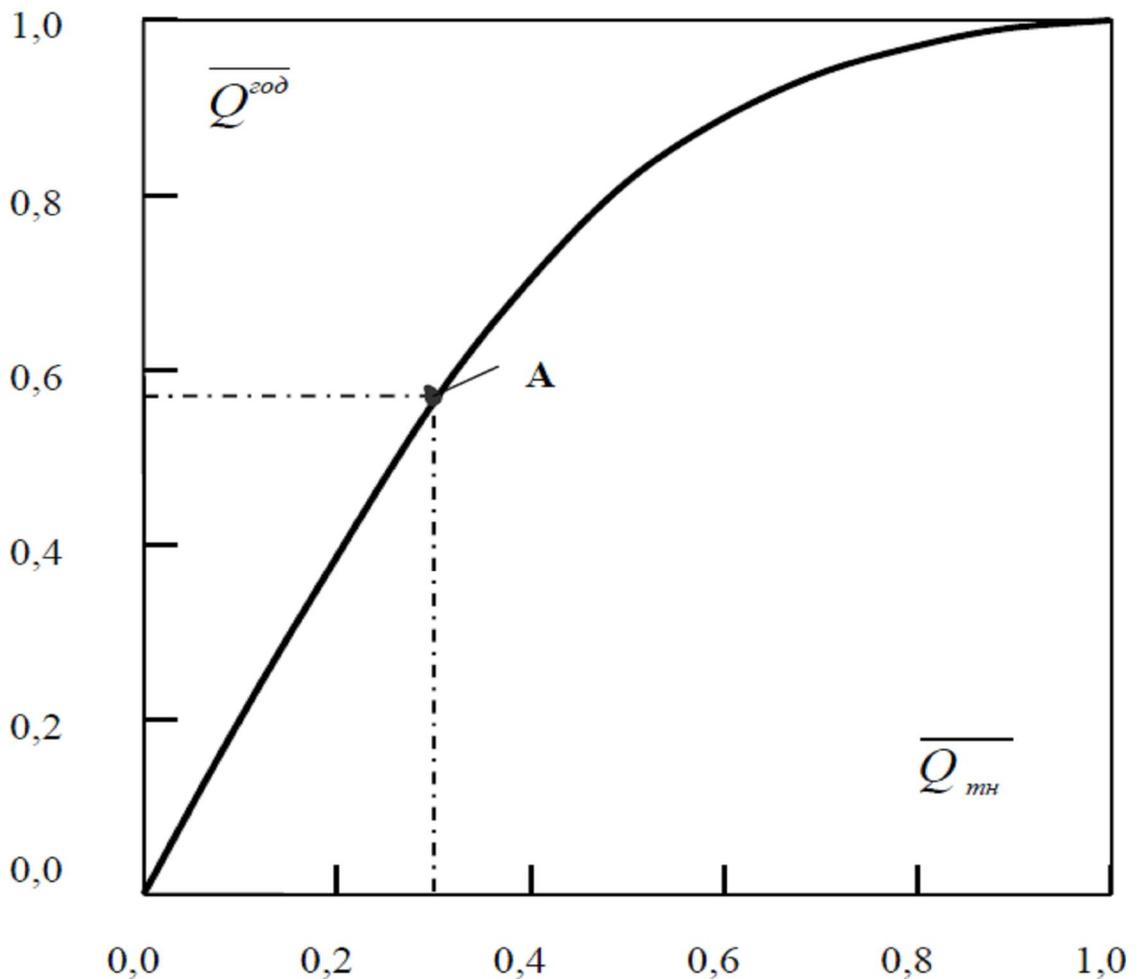
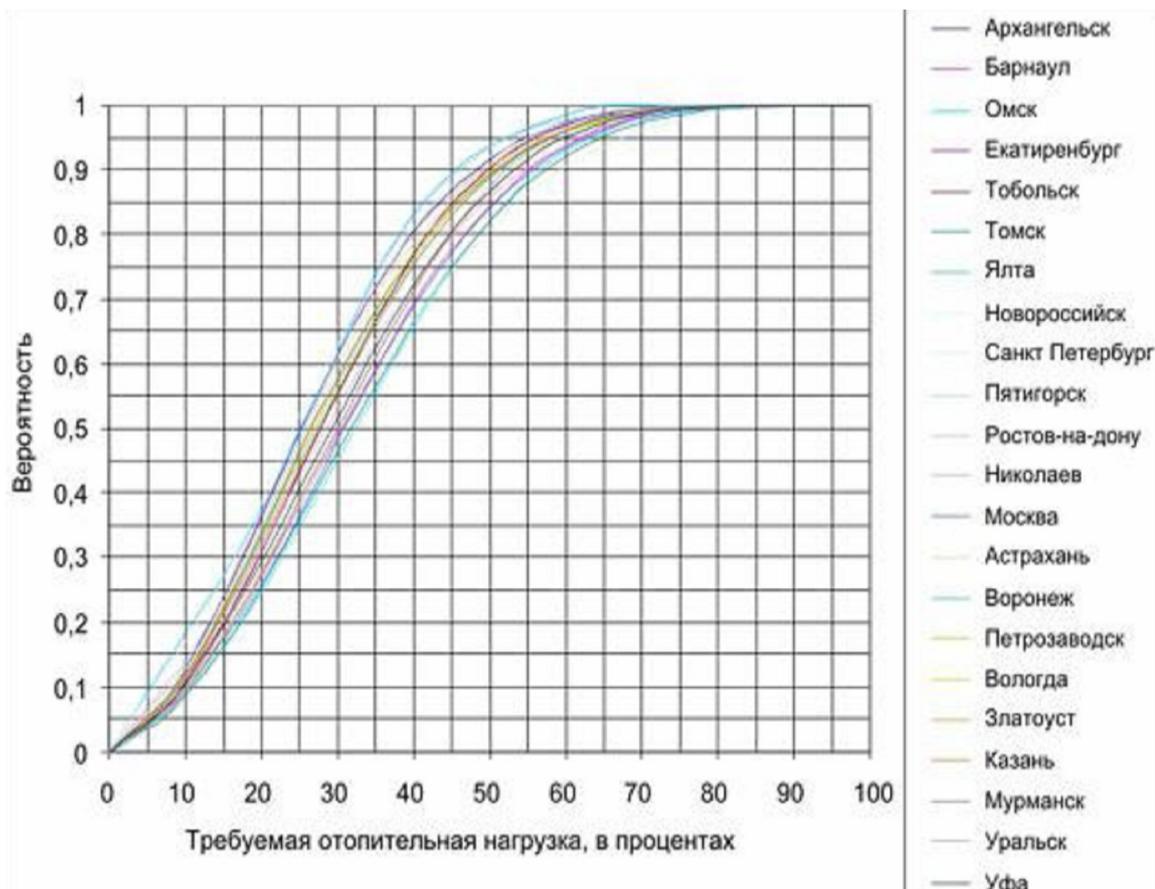


Рис. 3. Интегральный график отопительной нагрузки

Так, ввиду отмеченной неравномерности стояния различных температурных градаций, базовый источник тепла мощностью, например 30% от расчетной отопительной нагрузки, позволяет покрыть более половины - 56% всей годовой потребности в тепле (5). Базовый источник тепловой мощностью 60% от расчётной нагрузки обеспечит в среднем 92% годовой потребности в тепле, а мощностью 65% - примерно, 99%. Поэтому при выборе теплового насоса в качестве базового источника тепла оптимальной считается номинальная мощность теплового насоса в диапазоне 55-65% от расчётной нагрузки.

Интегральный график особенно полезен тем, что обладает свойством универсальности. Построенный для одного географического пункта, он может быть использован для всего климатического пояса с достаточной для практических целей точностью. Например, построенный для Москвы, он может быть использован для всей средней полосы европейской части России (6). В исследовании (7) – рисунок 4 приводятся интегральные графики, построенные по данным многолетних наблюдений для 22 городов бывшего СНГ с различными климатическими условиями. Как видно из рисунка, разброс тепловых нагрузок для этих городов весьма незначителен.

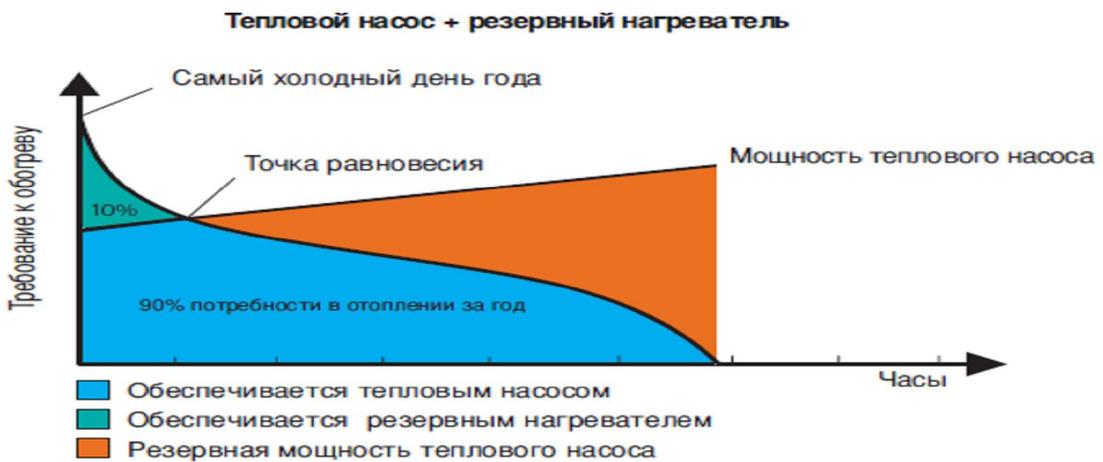


**Рис.4. Интегральные графики различных городов бывшего СНГ (по данным многолетних наблюдений)**

Поскольку график потребности здания в тепле - рисунок 26 повторяет, в сущности, график температурной статистики наружного воздуха рисунок 2а, зная расчётную температуру и исходя из того, что физиологическая потребность в отоплении возникает при  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , можно выяснить и при какой температуре потребность объекта в тепле будет соответствовать тем самым 60% от расчётной. Температура, при которой к теплоснабжению тепловым насосом целесообразно привлекать пиковый источник тепла, называется *температурой или точкой баланса или равновесия*.

При использовании теплового насоса с тепловой мощностью в точке равновесия, равной 60 % от расчётной нагрузки, доля пиковых источников с учетом круглогодичной нагрузки горячего водоснабжения в реальных ситуациях не превышает 4–12% в годовом производстве тепла. Если для НВТН это оптимальное соотношение достижимо без особых технических и материальных проблем, то для ГТН оптимизация в большей степени зависит от минимизации капитальных затрат. Рациональное соотношение тепла, вырабатываемого пиковым источником, в общем годовом балансе системы теплоснабжения ГТН с вертикальной системой теплосбора варьируется, в зависимости от региона России, от 5 до 40 % (8).

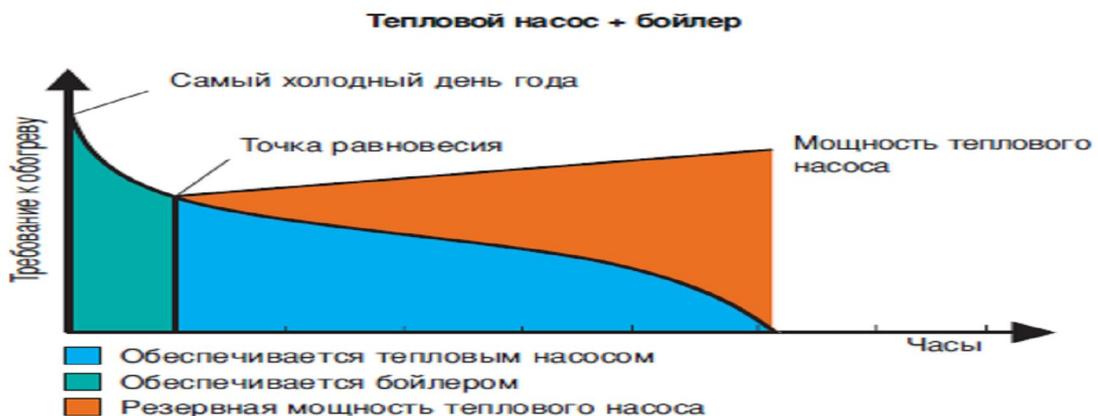
Процесс оптимально организованного теплоснабжения тепловым насосом совместно с пиковым источником тепла – *моноэнергетический режим* - представлен на графике рисунка 5а. Резервный нагреватель участвует только в покрытии пиковой нагрузки. Такой режим используется для вновь проектируемых систем и гарантирует наилучшее соотношение между суммой капиталовложений и эксплуатационными расходами.



**Рис. 5а. Оптимально организованное теплоснабжение тепловым насосом – моноэнергетический режим**

Следует отметить, что ГТН «грунт-вода» и НВТН «воздух-вода» оборудованы ТЭНами, которые можно привлекать к теплоснабжению, задействуя в экстремальных ситуациях резерв электроэнергии посредством реле приоритета. У НВТН же «воздух-воздух» ТЭНы встречаются реже, поскольку воздушное отопление позволяет беспрепятственное использование любого дополнительного источника тепла. Любая дровяная печь, без которых в России практически не строят загородных домов, позволит сохранить резерв электроэнергии неприкосновенным, а при желании и исключить, кстати, использование и самого теплового насоса. НВТН же, разумеется, исключает необходимость растапливания печи для поддержания желаемого комфорта в течение летнего полугодия.

Такое теплоснабжение реализует *бивалентный режим* рисунок 5б, рекомендуемый для модернизации существующих систем.



**Рис. 5б. Теплоснабжение тепловым насосом совместно с бойлером на традиционном топливе – бивалентный режим работы**



*Использование же теплового насоса с тепловой мощностью равной расчётной, нецелесообразно, поскольку это потребует почти в два раза больше выделенной электрической мощности для привода теплового насоса - график рисунка 5в, что существенно уменьшает желаемый практический выигрыш. Такое теплоснабжение реализует моновалентный режим, используемый только для тёплого климата, преимущественно - южной Европы и исключительно для домов с очень низкой потребностью в тепле, из чего следует, что для России это - абсолютно не подходит.*



**Рис. 5в. Теплоснабжение тепловым насосом без резервного источника тепла - моновалентный режим работы. Наименее эффективное использование теплового насоса**

При проектировании теплоснабжения расчет мощности необходимых источников тепла производится из условия покрытия ими отопительной нагрузки в наиболее холодный период года. Исходными данными для такого расчета служит температура воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92. При этом следует понимать, что хотя кратковременные эпизоды с температурой ниже расчётной в пределах абсолютных температурных минимумов теоретически и вероятны, но непродолжительность таких эпизодов не позволяет им влиять на тепловой режим зданий, поэтому учитывать их в расчётах практического смысла не имеет.

В *таблице 1* приведены значения абсолютных температурных минимумов –  $t_{\text{мин}}$ , расчётных температур –  $t_{\text{расч}}$  для нескольких городов европейской части территории России и предпочтительные значения точек баланса  $t_6$ , определённых из условия:

$$t_6 = (t_{\text{расч}} - 15) \times 0,6 + 15,$$

при котором потребность в отоплении возникает при температуре  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Таблица 1**

№п/п	Город	$t_{\text{мин}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{\text{расч}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_6, \text{ }^\circ\text{C}$
1	Архангельск	-45,2	- 31	-12,6
2	Мурманск	-39,4	- 27	-10,2
3	Петрозаводск	-41,6	- 29	-11,4
4	Нижний Новгород	-41,4	-31	-12,6
5	Санкт- Петербург	-35,9	-26	-9,6
6	Москва	-42,2	-28	-10,8

На основании результатов из *таблицы 1* можно сформулировать вывод о том, что

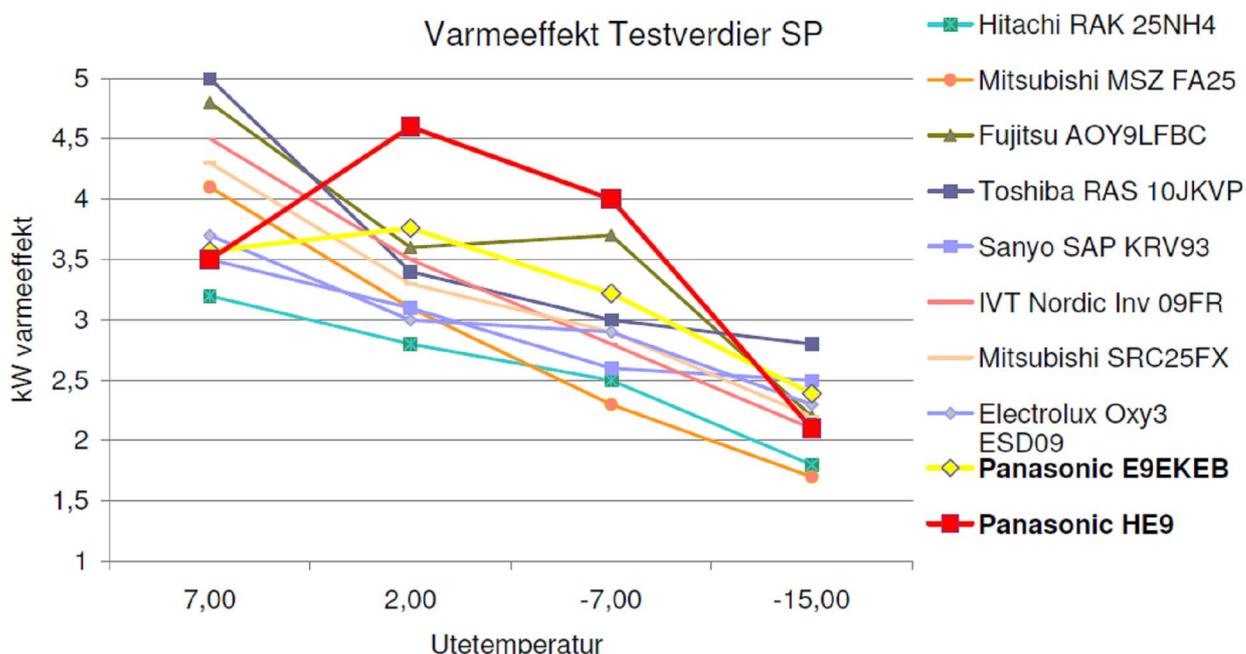
*Для максимально эффективного теплоснабжения тепловым насосом любого типа в любом из рассмотренных городов пиковый источник тепла целесообразно подключать при температуре выше минус  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ .*

Поскольку для этого вывода использовались лишь данные строительной климатологии и никак не учитывался тип теплового насоса, ничто не мешает

использовать этот вывод и применительно к НВТН с нижним пределом эксплуатации *минус 15 °С*. Очевидно, что территориям, для которых предпочтительное значение точки равновесия лежит ниже *минус 15 °С*, свойственны значения расчётной температуры ниже *минус 45 °С*, что характерно всего лишь для некоторых регионов Восточной Сибири. Поэтому

*НВТН с диапазоном работы до минус 15 °С вполне пригодны для максимально экономичного теплоснабжения на большей части территории России.*

Чем ближе точка равновесия будет к *минус 15 °С* тем, разумеется, использование НВТН будет более оптимально. Заметим, что эффективность большинства современных НВТН при *минус 15 °С*, а следовательно и тепловая мощность как раз и составляет примерно 60% от номинальной – рисунок 6 (9), что позволяет в первом приближении ориентироваться на НВТН с номинальной тепловой мощностью равной расчётной. Для более тщательного подбора необходимо использовать технические данные конкретных тепловых насосов.



**Рис. 6 Характеристики современных НВТН**

Покажем, как будут выглядеть результаты теплоснабжения НВТН с минимальной температурой *минус 15 °С* с учётом конкретных климатических данных.

Для анализа годовой потребности здания в тепле в той или иной местности существует специальный климатический параметр *градусо-сутки отопительного периода: HDD (Heating Degree Day)*. Разработан этот показатель в США для удобства риелторов и известен ещё как *показатель теплового дефицита конкретной территории*. Фактически он характеризует сумму отклонений температуры наружного воздуха от расчетной температуры внутри помещений в течение всего отопительного периода в конкретном климатическом регионе и измеряется в *°С × сут.*

Если считать, что отопительный период это - период с температурой ниже  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а предпочтительная температура в помещении  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , можно рассчитать соответствующие показатели для рассмотренных выше городов. Используя данные строительной климатологии, рассчитаем  $HDD$  по формуле:

$$HDD = \frac{\sum \Delta t_i \times \Delta \tau_i}{24}, \text{ где:}$$

$\Delta t_i = (22 - t_i)$ ;  $t_i$  - численное значение температурной градации в  $^{\circ}\text{C}$ , а  $\Delta \tau_i$  - её продолжительность в часах

В *таблице 2* представлены градусо-сутки  $HDD$  и продолжительность  $T$  всего отопительного периода -  $t < 15$  и той его части, когда температура не опускается ниже *минус*  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $-15 < t < 15$ , а также процентное соотношение этих параметров для рассмотренных выше городов.

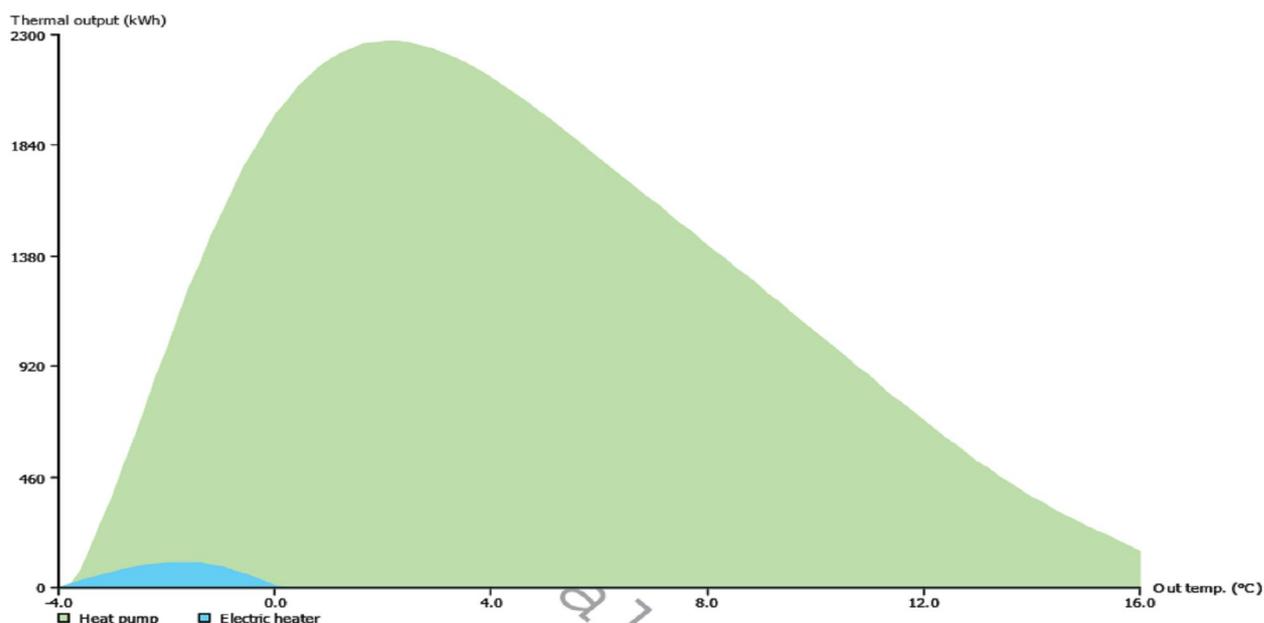
**Таблица 2**

№ п/п	Город	$t < 15$		$-15 < t < 15$		$(-15 < t < 15) / (t < 15)$	
		HDD, $^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$	T, час	HDD, $^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$	T, час	HDD, %	T, %
1	Архангельск	7858	7849	6069	6880	77	88
2	Мурманск	7992	8269	6727	7545	84	91
3	Петрозаводск	7012	7591	5897	6958	84	92
4	Нижний Новгород	6395	6868	5313	6250	83	91
5	Санкт-Петербург	6018	7043	5442	6709	90	95
6	Москва	6036	6864	5300	6438	88	94

Из *таблицы 2* видно, что в Москве, например,  $94\%$  времени отопительного периода НВТН с назначенным нижним пределом *минус*  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  можно использовать самостоятельно, что обеспечит за этот период  $88\%$  всей годовой потребности в тепле для теплоснабжения. Получается, что на временной интервал с температурой выше *минус*  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  приходится *от 88 до 95* % отопительного периода, причём за этот период *от 77 до 90* % годовой потребности в тепле может быть поставлено НВТН без использования какого-либо дополнительного источника тепла. Понятно, что при более низких температурах целесообразно совместно с НВТН использовать дополнительный источник тепла. В результате такого тандема суммарная доля участия НВТН в теплоснабжении будет выше значений, приведённых в столбце «HDD, %» и ближе к желаемому оптимуму:  $85-95\%$ . Расчетные данные свидетельствуют о том, что анализ на основе фактических данных:

- подтвердил сделанный ранее вывод и
- численно проиллюстрировал желаемые оптимальные параметры.

Для наглядности выбора в пользу удачно организованного максимально экономичного теплоснабжения НВТН корпорация *Daikin* приводит следующую схему (10), иллюстрирующую соотношения тепла, полученного от обоих источников – рисунок 7.



**Рис. 7. Соотношение тепла, поставляемого тепловым насосом и производимого резервным нагревателем**

Немаловажным сдерживающим фактором у нас является суждение о необходимости для теплоснабжения тепловыми насосами *значительных капитальных затрат*. Следует отметить, что справедливо это исключительно для ГТН, нашедших у нас, тем не менее, определённый сбыт (11) и не касается современных НВТН. Хотя современные НВТН особого интереса у потенциальных потребителей пока не вызывают, они, как это было показано ранее (12), только немногим менее эффективны ГТН, но зато дешевле в несколько раз.



Жарким летом 2010 года, когда по данным АССОЦИАЦИИ ТОРГОВЫХ КОМПАНИЙ И ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОБЫТОВОЙ И КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ *РАТЭК* в Москве было продано около 100 тыс. сплит-систем (12), выяснилось, что кондиционеры в России перестали быть предметом роскоши, а стали восприниматься в качестве стандартного инженерного оборудования, необходимого для нормального проживания в пределах средней полосы. Наиболее внимательные наблюдатели обратили на это внимание несколько раньше (13), а де-факто это зафиксировалось намерением Правительства Москвы официально внести в муниципальные градостроительные нормы соответствующие изменения, необходимые для *оборудования кондиционерами типовых жилых домов эконом-класса* (14). Одним из примеров таких домов является экспериментальный комплекс «АВАНГАРД» (15) Новочеремушкинская ул., 60.



*Под окнами каждой квартиры предусмотрены металлические корзины для внешних блоков сплит-систем. В наружных стенах имеются отверстия для труб и кабелей, в которые вставлены металлические гильзы, закрытые цветными заглушками...*



*... и с уже установленными кондиционерами.*

Ещё одним вариантом реализации данного решения является дом по адресу Коровинское ш. За, к. 1.



*Места для внешних блоков сплит-систем предусмотрены на застекленных лоджиях, где есть проемы на улицу, закрытые жалюзиными решетками*

Появившиеся в России в начале нынешнего тысячелетия НВТН представляют собой технически усовершенствованный вариант наиболее современных сплит-систем. Следует отметить, что многие владельцы сплит-систем при покупке ориентировались на те ультрасовременные опции высококачественной обработки воздуха, которые обеспечивают наивысший уровень комфорта внутри жилых помещений, но до сих пор были доступны исключительно владельцам кондиционеров. С появлением НВТН все эти преимущества ретранслируются и отоплению, которое в течение года в России востребовано на протяжении гораздо более длительного периода, чем кондиционирование.

*Таким образом, экономическое обоснование использования теплового насоса основано на возможности уменьшить в несколько раз электрическую мощность, необходимую для организации качественного теплоснабжения и комфортного отопления, а также сократить последующие эксплуатационные затраты.*

*Ощутимого сокращения электрической мощности за счёт использования теплового насоса можно добиться только при условии использования дополнительного источника тепла. Если дополнительный источник тепла привлекать к участию в таком комбинированном теплоснабжении при температуре, близкой к минус 15 °С, на его долю будет приходиться от 4 до 12 % годовой потребности в тепле.*

*Такой режим работы, безусловно, позволяет в качестве теплового насоса использовать НВТН с нижним пределом эксплуатации минус 15 °С. Если в качестве дополнительного источника тепла будет использоваться дровяная печь, то при удачно организованном теплоснабжении растапливать эту печь зимой потребуются не чаще, чем это потребовалось бы делать для поддержания необходимого комфорта в летний период при отсутствии НВТН.*

*Владельцам загородной недвижимости современные НВТН наверняка не менее доступны, чем жильцам многоэтажек эконом-класса и значительно более предпочтительны, чем ГТН. Использование же ГТН для теплоснабжения небольших объектов, какими являются односемейные загородные дома, не даёт никаких преимуществ перед теплоснабжением НВТН за исключением незначительной экономии текущих затрат (16).*

### **Источники информации:**

1. Суслов А.В. Проблемы маркетинга воздушных тепловых насосов в России// Холодильная техника. 2010. № 7.
2. Яценко С.Н. Altherma – энергосберегающая система отопления и кондиционирования котельной на базе высокоэффективного теплового насоса DAIKIN// XXIII Конференция «Москва – энергоэффективный город», 25–27 октября 2006 г.
3. Суслов А.В. О востребованности, работоспособности и окупаемости воздушных тепловых насосов в условиях России//Холодильная техника. 2009. № 12.
4. Постановление РЭК № 9 от 26 февраля 2010 г.
5. Елистратов С. Л. Новые возможности электроотопительных технологий// Конференция УГТУ-УПИ «Актуальные проблемы энергетики», Ноябрь 2007 г.
6. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. - М.: МЭИ, 1999.- 472 с. С.75, рис. 2,8

7. *Макаров К.В., Чистович С.А.* Продолжительность нагрузок пиковых источников систем теплоснабжения в течение отопительного периода// *Новости теплоснабжения.* 2005. № 1.
8. *Васильев Г.П.* Геотермальные теплонасосные системы теплоснабжения и эффективность их применения в климатических условиях России// *АВОК.* 2007. № 5
9. <http://www.leading-edge.no/klima/External/Svensk%20test%20av%20varmepumper%202007.pdf>
10. <http://www.thenaturalenergycompany.co.uk/files/Example%20Simulation%20survey.pdf>
11. [http://www.vashdom.ru/articles/research\\_20.htm](http://www.vashdom.ru/articles/research_20.htm)
12. <http://www.argumenti.ru/gorodm/n254/75619/>
13. <http://www.rgideal.ru/download/files/press/sok-01.2008.pdf>
14. [http://www.icmos.ru/news/detail/novosti/tipovye\\_proekty\\_zhilih\\_domov\\_budut\\_predusmatrivat\\_vozmozhnost/](http://www.icmos.ru/news/detail/novosti/tipovye_proekty_zhilih_domov_budut_predusmatrivat_vozmozhnost/)
15. <http://archvestnik.ru/ru/magazine/1040>
16. *Суслов А.В.* Предварительная оценка коммерческого потенциала российского рынка воздушных тепловых насосов// *Холодильная техника.* 2010. № 10