

# Гидравлика

ТЕХНИКО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ

3

сентябрь 2022г.

Системы на  
тепловом насосе  
воздух-вода



# CALEFFI XF

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ



**CALEFFI XF серии 577** – это магнитный фильтр грязеуловитель уровня экстрa. Фильтрующая сетка с очень тонкой очисткой и большой поверхностью позволяет проводить непревзойденную очистку системы. Новый съёмный магнит удерживает даже самые маленькие железосодержащие загрязняющие примеси. CALEFFI XF – самопромывное устройство: его механизм со щетками позволяет извлекать и удалять все загрязняющие примеси без демонтажа фильтра. **ГАРАНТИРОВАНО CALEFFI.**



# ОТ РЕДАКЦИИ

## СТАБИЛЬНОЕ БУДУЩЕЕ

20-20-20г. было знаковой датой, учитывая совокупность мер, разработанных ЕЭС с необходимостью их применения в соответствии с Протоколом Киото 1997г. Пакет Климата – содержание Директивы 2009/29/СЕ, вступивший в силу в июне 2009г. – предусматривал сокращение выбросов парниковых газов на 20% по сравнению со значениями 1990г., увеличение на 20% доли энергии, произведенной от обновляемых источников и доведение до 20% энергосбережение по отношению к развитию тренда.



Далее реально наступил 2020г. и все констатировали, что меры, введенные в действие, до этого момента, на самом деле были совсем недостаточны.

Во время встречи представителей стран «Большой Двадцатки» и COP26 мы стали свидетелями введенных в действие попыток с целью поиска синтеза между срочной потребностью и реальностью. Не так просто привести к соглашению все страны, промышленно развитые и находящиеся на пути развития по вопросу выбросов и экологической стабильности. На текущий момент закрепленные (или желаемые) цели являются более амбициозными по сравнению с прошлым: 30% снижения парниковых газов до конца 2030г., более 50% - до конца 2050г. Вертушка чисел, которая рискует вызвать путаницу и которая скрывает основной вопрос: как же нам когда-нибудь удастся сделать это?

Первыми, кто претерпит очень жесткую атаку, являются транспортные средства и бытовые отопительно-вентиляционные системы. Транспортные средства, от запрета старого и доброго двигателя внутреннего сгорания не позднее не такого уж далекого 2035г., бытовые отопительно-вентиляционные системы, от законодательных актов и стимулирующих мер, которые пытаются скомпрометировать котлы на ископаемых видах топлива, благоприятствуя их замене на тепловые насосы.

Агрегаты способные получать тепловую энергию из среды на низкой температуре и отдавать её другой среде на более высокой температуре уже стимулируются в нашей стране для почти всех зданий новой постройки. Основная проблема, однако, заключается в том, как суметь заменить большое количество уже установленных котлов на местном парке недвижимости на тепловые насосы.

Caleffi верит в эту революцию в среднесрочной перспективе и инвестирует в исследования, разработку и процессы для изготовления особых компонентов для данного типа систем, с целью упростить работу проектировщиков и инсталляторов во время переходного периода систем, естественно не такого простого, но определенно вдохновляющего.

В этом номере журнала «Гидравлика» мы попытались предоставить осмысленное рассмотрение систем на тепловом насосе, которые производятся в настоящее время, начиная с общего обзора нормативных актов до выбора отдельных компонентов. Это наше обращение к тем, кто ищет сравнения, разъяснения, помощи в решении этой новой проблемы. Как всегда, мы из Caleffi поможем вам в этом.

Доменико Маццетти

*Менеджер Маркетинга Продукции ОВВК и*

*Менеджер Отдела Гарантийного Обслуживания*

Руководитель проекта:  
Маттиа Томазони

Ответственный Редактор:  
Фабрицио Гуидетти

Над этим номером работали:

- Алессия Солдарини
- Клаудио Ардиццола
- Деннис Боэтто
- Доменико Маццетти
- Маттиа Томазони
- Ренцо Планка

Авторское право журнала  
«Гидравлика» Caleffi.

Все права принадлежат  
издателю.

Никакая часть данной  
публикации не может  
быть воспроизведена  
или распространена без  
письменного разрешения  
Издателя.

CALEFFI S.P.A.  
S.R. 229, N. 25  
28010  
Fontaneto d'Agogna (NO)  
TEL. 0322-8491  
FAX 0322-863305  
info@caleffi.com  
www.caleffi.com

Улица Приорова, д.30, кв.16  
125130 – г.Москва –  
Российская Федерация  
Тел. +7 499 1560587  
Моб. +7 985 9244237  
Email: caleffirusia@gmail.com

## Содержание

### **5 СИСТЕМЫ НА ТЕПЛОМ НАСОСЕ ВОЗДУХ-ВОДА**

### **6 СТРЕМЛЕНИЕ К ТЕПЛОМ НАСОСАМ**

- Нормативно-правовая база
- Парк недвижимости
- Рынок котлов
- Рынок тепловых насосов

### **10 ТИПЫ ТЕПЛОМ НАСОСА**

- Принцип работы
- Классификация тепловых насосов на основе типа сжатия
- Классификация тепловых насосов на основе типа теплового источника

### **14 ТЕПЛОМ НАСОСА ВОЗДУХ-ВОДА**

### **17 УГЛУБЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ: КОНТРОЛЬ УРОВНЯ ШУМА В ТЕПЛОМ НАСОСАХ**

### **18 ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДОСТУПНОСТЬ**

- Производительность генератора
- Энергосбережение
- Экономия
- Сравнение между энергосбережением и экономией
- Влияние на регулировку по эффективному среднему КП (Коэффициенту производительности)

### **27 УГЛУБЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ: ТЕПЛОМ НАСОСА И ИТАЛЬЯНСКИЙ КЛИМАТ**

### **28 УГЛУБЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ: ХЛАДАГЕНТЫ**

### **30 СИСТЕМЫ НА ТЕПЛОМ НАСОСЕ ВОЗДУХ-ВОДА**

- Расчет
- Параметры режима работы
- Цикл размораживания

### **38 ПРОИЗВОДСТВО ГОРЯЧЕЙ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ**

### **40 УГЛУБЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ: ЗАЩИТА ОТ ЛЕГИОНЕЛЛЫ В СИСТЕМАХ НА ТЕПЛОМ НАСОСЕ**

### **41 КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМЫ НА ТЕПЛОМ НАСОСЕ**

- Отопительные приборы
- Гидравлический разделитель
- Инерционный бак
- Водоподготовка
- Зонный 3-х ходовой клапан
- Устройства для поддержания циркуляции
- Расширительный бак
- Защита от замерзания

### **46 МАГНИТНЫЙ ФИЛЬТР-ГРЯЗЕУЛОВИТЕЛЬ CALEFFI XF**

### **48 УГЛУБЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ: ОДНОФАЗНАЯ ИЛИ ТРЕХФАЗНАЯ СИСТЕМА?**

### **53 ТРАДИЦИОННЫЙ КЛАПАН ЗАЩИТЫ ОТ ЗАМЕРЗАНИЯ И С ДАТЧИКОМ ВОЗДУХА**

### **54 ВЫСТАВКА 2022Г.**

# СИСТЕМЫ НА ТЕПЛОМ НАСОСЕ ВОЗДУХ-ВОДА

Энергоэффективность является одной из первостепенных целей данного исторического периода. Стратегия «Волны обновления» нацелена на глубокое энергетическое обновление целых 35 миллионов зданий к 2030г. в Европе.

Такая эффективность должна коснуться всех секторов, от производства до потребления, начиная с сырья, до метода обработки, транспорта и продажи, до применения и даже до переработки и утилизации.

Этот климат энергоэффективности затрагивает, естественно, также сектор отопительно-вентиляционных систем, в котором тепловые насосы (называемые далее аббревиатурой ТН) участвуют важным образом в достижении новых целей ЕЭС по обезуглероживанию: их технология – один из ключевых инструментов для обновляемой и умной энергетической системы.

Установить тепловой насос на замену старого генератора является

сегодня одной из самых эффективных работ и, иногда, даже особо выгодной, благодаря доступным государственным стимулирующим мерам.

Целью данного номера журнала «Гидравлика» является именно внесение небольшой ясности в мир тепловых насосов.

В первой части мы рассмотрим различные типы для выделения преимуществ и недостатков каждого из них и для содействия в понимании, какая система будет наиболее подходящей для отопительно-вентиляционной системы, которую мы проектируем. Далее, мы продолжим анализ тепловых насосов воздух-вода, которые, на сегодняшний день, представляют большое распространение среди гидравлических систем.

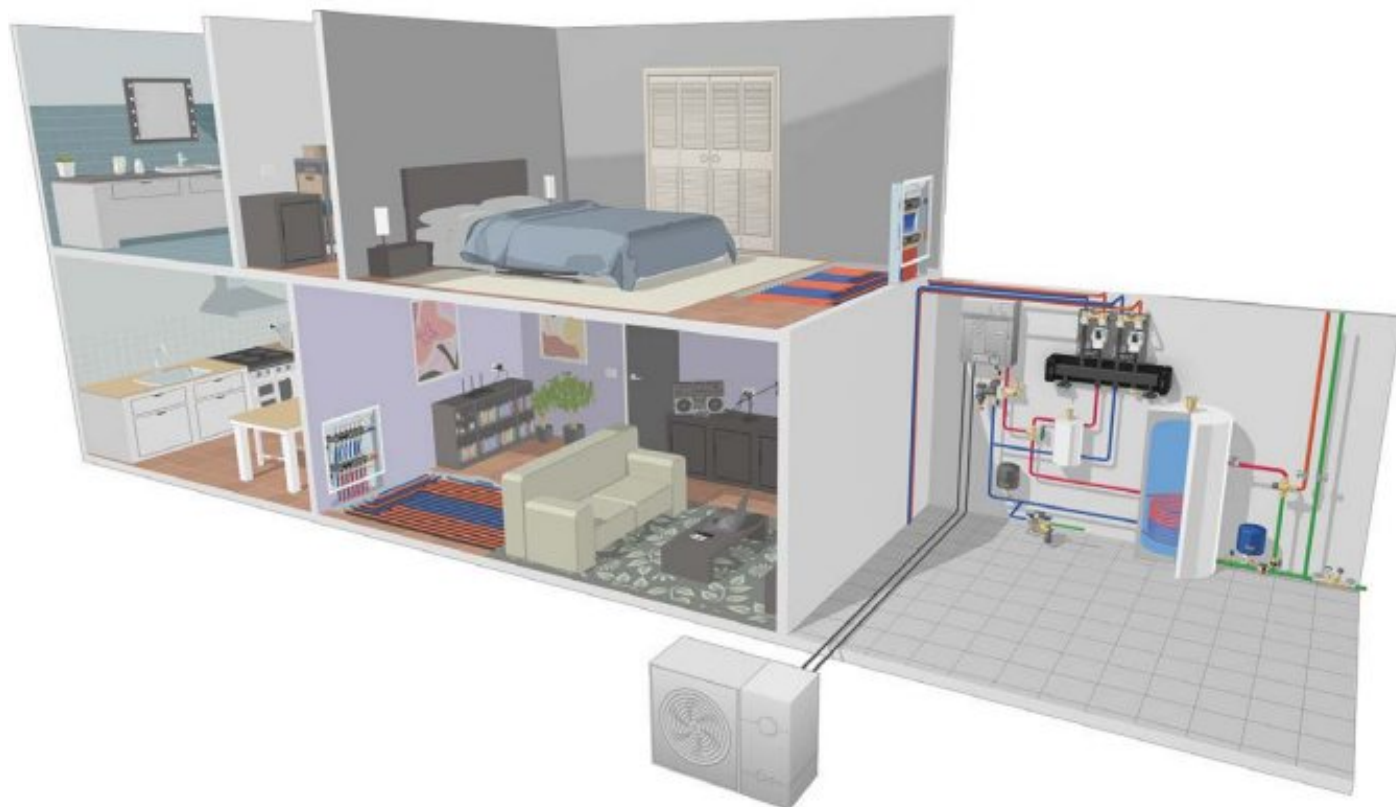
Во второй части мы займемся энергоэффективностью и экономическими преимуществами, чтобы попытаться ответить на часто повторяющийся вопрос «Но

насколько, на самом деле, выгодно устанавливать тепловой насос?». Зачастую, на самом деле, понять, можно ли реально сэкономить на таком выборе, можно не сразу.

Для определения объемов с большой возможностью выполнения работ необходимо учитывать распределение жилых помещений по климатической зоне, тип здания, в котором они размещены (на одну семью или несколько семей) и отопительно-вентиляционную систему (централизованную или автономную).

Последняя часть посвящена системам на тепловом насосе, их расчету и выбору параметров режима работы. На бумаге, в действительности, их преимущества остаются бесподобными. Но чтобы получить их реально, агрегат должен быть способен работать в оптимальных условиях.

Расчет компонентов также оказывается основополагающим для правильного режима работы системы.



# СТРЕМЛЕНИЕ К ТЕПЛОВЫМ НАСОСАМ

Инженеры Клаудио Ардиццоиа и Алессиа Солдарини

Роль тепловых насосов становится все более определяющей в экологическом переходе по предмету отопления и вентиляционного отопления. Их вклад в потребление от тепловых обновляемых источников предназначен к росту с течением лет, благодаря также национальным и общеевропейским стратегиям, принятым в разных странах. Мы представляем далее в краткой форме нормативно-правовую базу, которая будет благоприятствовать трендам роста тепловых насосов в последующие годы в Италии и в Европе.

## НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА

Протокол Киото, вступивший в силу в 2005г., представляет собой первое международное соглашение между Государствами с целью борьбы с глобальным потеплением. Евросоюз, применяя рекомендации протокола Киото, принял меры по защите климата и окружающей среды: Директиву По Энергозависимой Продукции (ErP) и Директиву По Энергетической Маркировке (ELD). Конечной целью является

улучшение общих рабочих характеристик отопительно-вентиляционных систем в странах, посредством нового способа для оценки эксплуатационных характеристик продукции и отопительно-вентиляционных систем.

Первая цель протокола Киото, называемая «20-20-20», должна была быть достигнута до окончания **2020г.** и представляла собой «Пакет по Климату и Энергетике». Ключевые же цели на **2030г.** были

собраны в «Рамочное соглашение по Климату и Энергетике», и сфокусированы на снижении парникового газа и на регламенте по использованию почвы. Однако, стратегическая долгосрочная перспектива Европейской Комиссии нацелена на **2050г.** в плане климатически независимой экономики с целью оставаться ниже 2°C увеличения мировой температуры, но с целью уменьшить такое ограничение до значения даже ниже 1,5 °C.

Эти цели будут достижимыми, только если будет определена и задействована стратегия энергетической реконструкции существующих строений с горизонтом 2050г. (Волна обновления), основанная на синергии между улучшением энергоэффективности и использованием обновляемых источников энергии: в этом контексте роль тепловых насосов будет основополагающей.

## ДИРЕКТИВА ERP ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

В 2015г. Директива ErP вводит обязательство минимальных эксплуатационных требований для всех устройств отопления и производства горячей санитарно-технической воды. Все изделия должны сопровождаться энергетической этикеткой, которая предоставляет потребителю точную и простую информацию для быстрого сравнения. Среди технических данных, приведенных на этикетке тепловых насосов, должны содержаться: производимая тепловая мощность и уровень шумообразования, а также класс энергетической эффективности (от A+++ до G).

С сентября 2019г. были удалены классы меньшей эффективности (от E до G), и самые эффективные тепловые насосы сделали еще более легко узнаваемыми, при введении класса A+++.

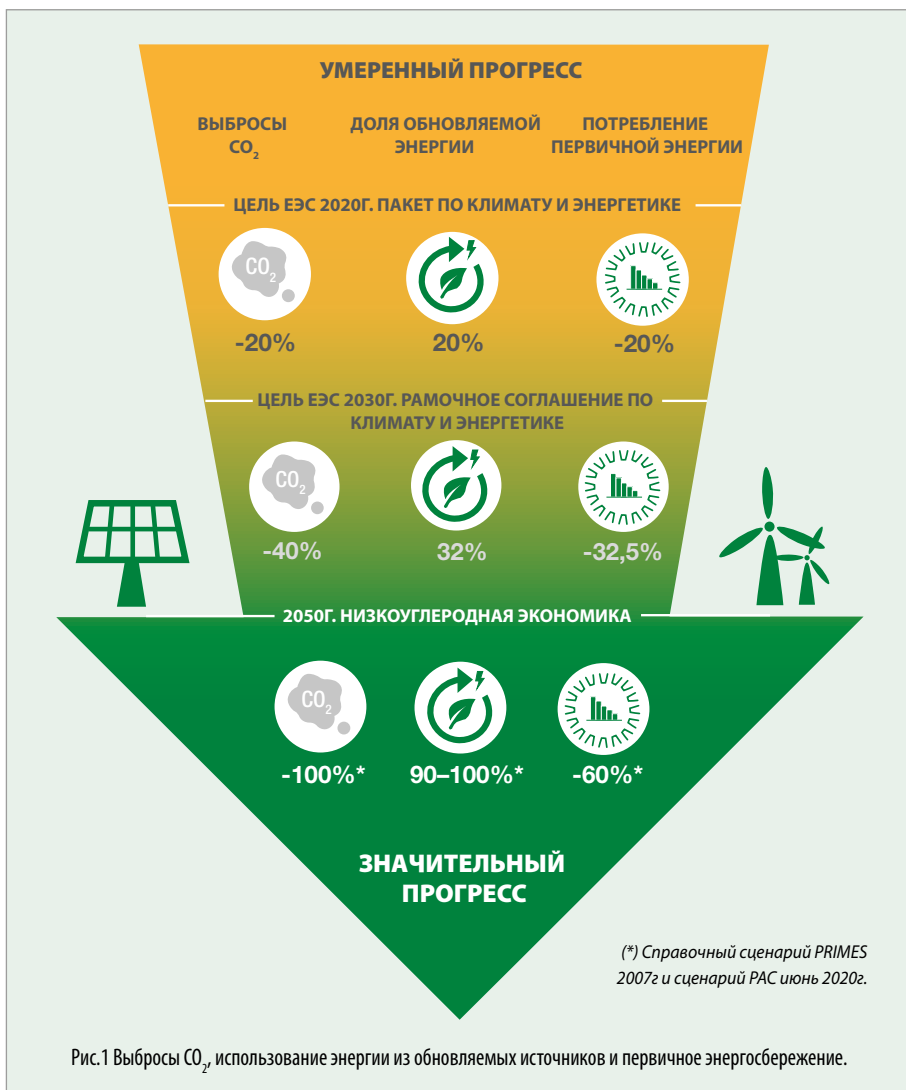


Рис.1 Выбросы CO<sub>2</sub>, использование энергии из обновляемых источников и первичное энергосбережение.

## ДИРЕКТИВА ECOLABEL

Если эксплуатационные требования к теплогенераторам и водонагревателям обозначены в Директиве ErP, Директива Ecolabel занимается прояснением, как подается информация потребителям по такой продукции, с предположением, что только ясная и понятная информация может стимулировать покупку более подходящей энергетически продукции.

С 2015г. теплогенераторы и водонагреватели для горячей санитарно-технической воды должны иметь этикетки энергоэффективности. На этикетке изделия (или системы, в случае сочетания нескольких изделий) должен быть указан

достигнутый энергетический класс, который заключен в пределах от A+++ до D.

## ДИРЕКТИВА EPBD

Строительный сектор является основополагающим для достижения целей, поставленных Евросоюзом. С связи с этим комиссия старого континента создала законодательную базу, которая включает директиву по энергоэффективности зданий, EPBD (Директива о Энергоэффективности Зданий). Данная директива продвигает политику, которая поможет правительствам стран, входящих в ЕЭС, улучшить энергоэффективность существующего строительного наследия до 2050г. Среди основных мер поддержки, продвигаемых EPBD, находим: необходимость

установления минимальных требований по энергоэффективности для замены или модернизации систем отопления и охлаждения, принятие интеллектуальных технологий, таких, как устройств автоматизации и контроля, которые регулируют температуру в каждом помещении, и применение систем, которые благоприятствуют целебному воздуху, таких, как механическая вентиляция. EPBD, в совокупности с иными мероприятиями, позволит разблокировать потенциал энергоэффективности существующего и будущего строительного парка: более эффективные жилищные строения обеспечивают энергосбережение для конечных потребителей и меньшее загрязнение окружающей среды, в которой живут.

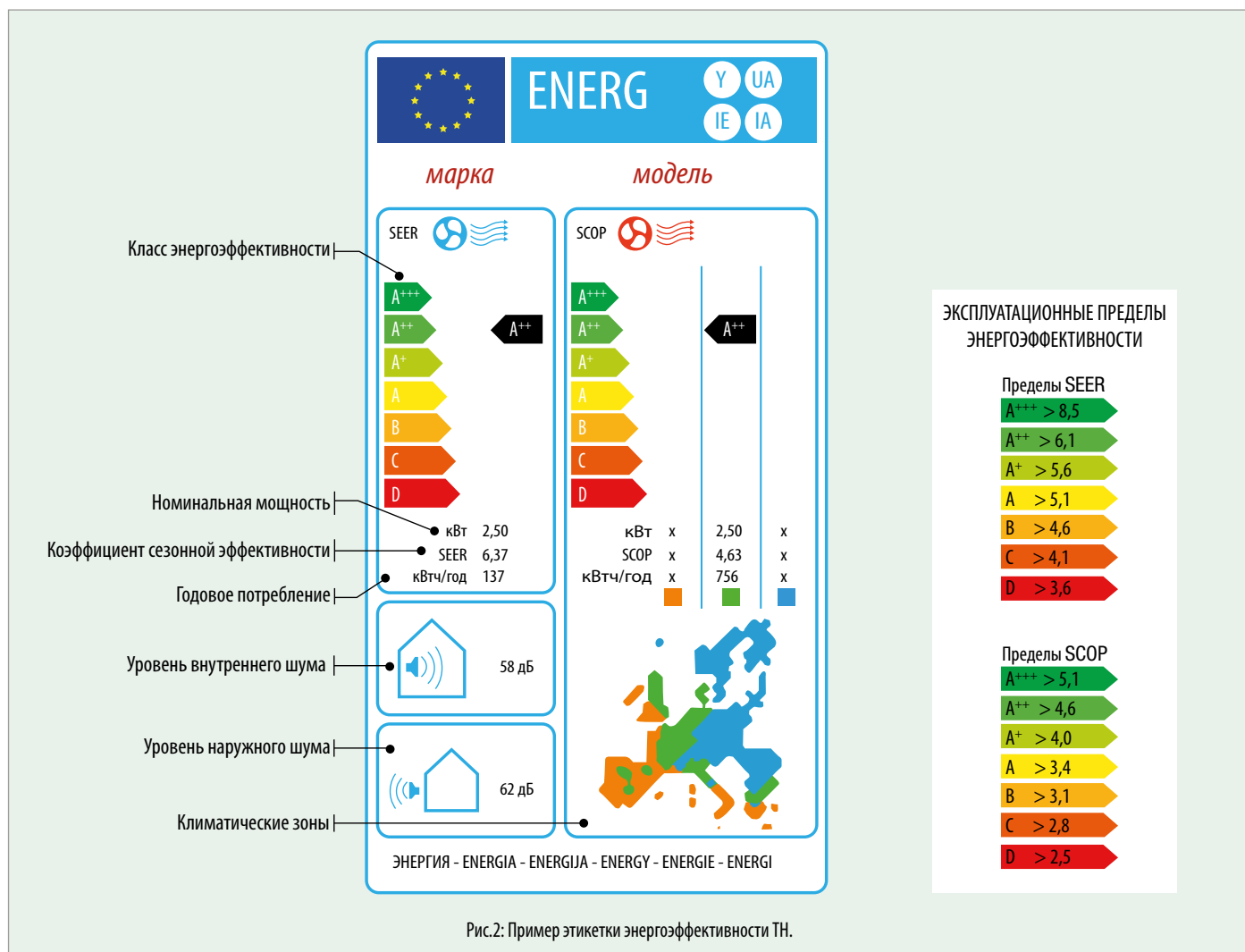


Рис.2: Пример этикетки энергоэффективности ТН.

## СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПАРК

В годовом отчете по энергоэффективности (RAEE) за 2020г., составленном ENEA, сообщается, что строительное наследие Евросоюза оказывается среди самых ответственных по выбросам парниковых газов, так как носит титул первого европейского потребителя энергии.

За последние годы был достигнут значительный прогресс, по большей части, благодаря положениям директивы EPBD по снижению потребления в данном секторе.



**40% энергопотребления исходит от зданий**



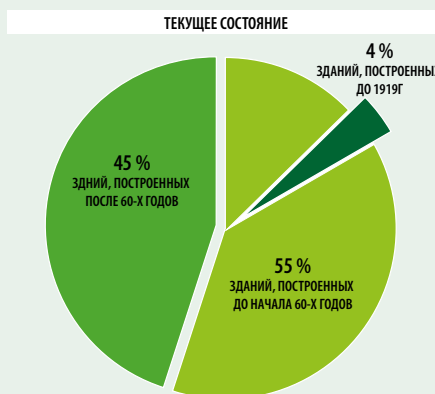
**36% выбросов CO<sub>2</sub> вызвано зданиями**



**75% зданий энергетически недостаточны**

Однако, сценарий, представленный на круговых диаграммах, обозначает, еще по сей день, высокий уровень неадекватности строительного парка, и свидетельствует, для самых старых зданий, о годовом потреблении, которое изменяется от минимального в 160 кВтч/м<sub>2</sub> до более 220 кВтч/м<sub>2</sub> в год. Учитывается, что жилое здание класса энергоэффективности С и в климатической зоне Е (зоне, в которой находится примерно половина итальянских

муниципалитетов) требует потребление от 60 до 80 кВтч/м<sub>2</sub> в год. Такое высокое энергопотребление оправдывается тем, что огромное большинство существующих систем производства тепловой энергии работают на ископаемом топливе. Все то, что только что было сказано, оправдывается следующим анализом рынка, относящимся/касающимся котлов и тепловых насосов Италии и всего Евросоюза.



Примерно на четверти зданий никогда не проводились реконструкционные работы или переквалификация энергии.

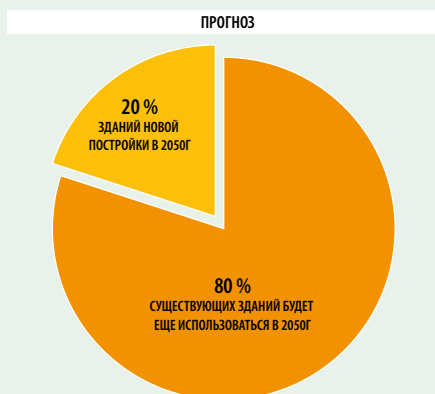
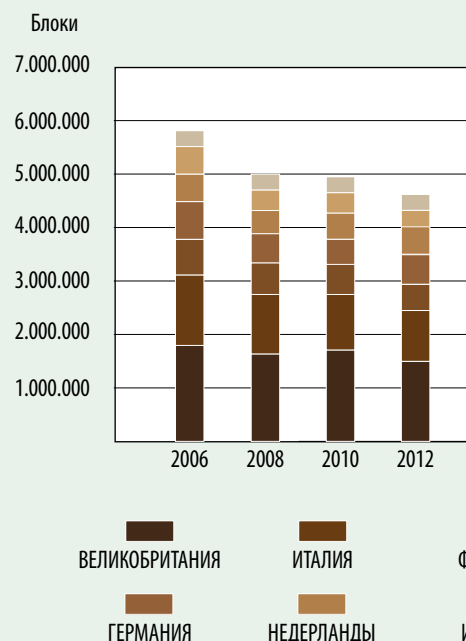


Рис. 3: Итальянский строительный парк – Источник: ENEA

## РЫНОК КОТЛОВ

Паркотлов, установленный в Италии, составляет более 19 миллионов блоков, как централизованных, так и автономных систем, состоящий, по большей части, из оборудования давнего срока производства с производительностью довольно низкой и высокими потреблением и выбросами.

По оценкам даже более 7 миллионов котлов предшествовали директиве 90/396/СЕ по газовому оборудованию, иными словами, им более 20 лет срока.



Согласно изучению BSRIA, в семи самых больших странах Европы, начиная с 2006г. и до сего дня, были проданы и установлены примерно 5 миллионов котлов в год. В частности, в Италии за последние годы было продано и установлено примерно 750.000 котлов в год.

Если, с одной стороны, конденсационные котлы постепенно заменяют менее эффективные традиционные котлы, с другой стороны, переходный тренд, направленный на тепловые насосы, оказывается единственным на начальном этапе.

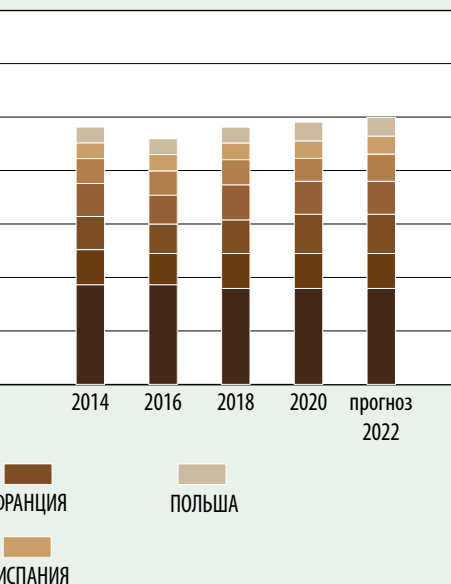


Рис. 4 Европейский рынок котлов – Источник: BSRIA

## РЫНОК ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Анализ рынка, проведенный BSRIA, показывает, как, начиная с 2017г., количество гидравлических тепловых насосов, установленных на европейском рынке, достигло постепенного годового увеличения примерно на 10 %.

Данный тренд подтвердился также и в 2022г., с прогнозом будущего установленного парка примерно на один миллион штук в год. Львиная доля в новых установках выпадает на тепловые насосы воздух-вода в исполнении как сплит, так и моноблочном, предназначенным для совмещенного производства для отопительно-вентиляционных систем и ГВС, либо только для ГВС.

Тепловые насосы вода-вода, то есть те, которые в качестве источника используют холодную грунтовую

воду, тепло почвы (геотермальные) и свежий воздух, представляют незначительный вклад и, в любом случае, стабильный на уровне цифр (смотрите «Классификацию тепловых насосов» на стр.12).

Несмотря на важное развитие рынка тепловых насосов, усиленно продвигаемое стимулирующими актами и национальными правилами, соотношение между ТН и установленными котлами ежегодно в европейской зоне остается сильно неуравновешенным. При актуальном уровне роста данного рынка (рис.5), и предположив, что количество проданных котлов будет с каждым годом уменьшаться на значение равное увеличению тепловых насосов (рис.4), потребуются еще 12-15 лет, прежде чем на двух рынках будут подобные количества.

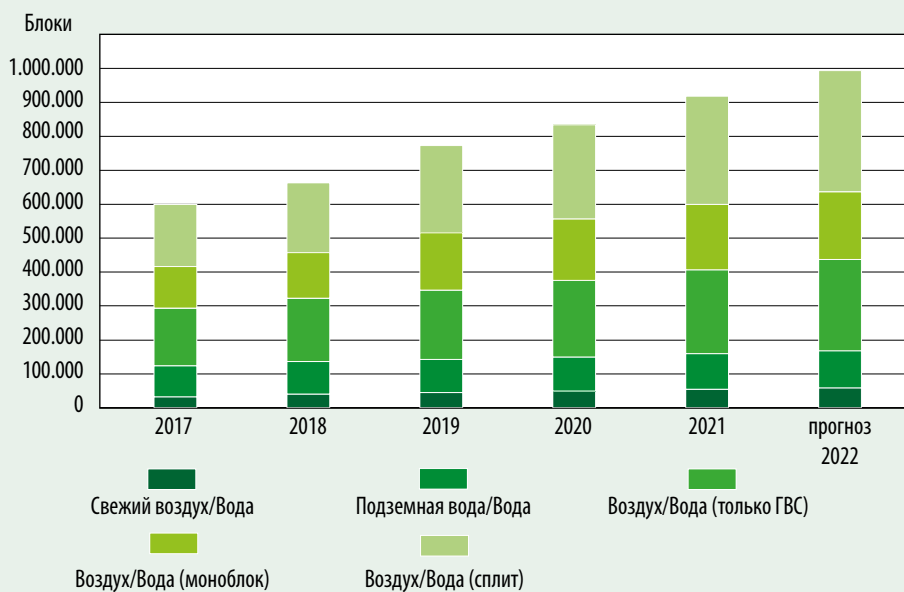


Рис.5: Европейский рынок тепловых насосов – Источник: BSRIA

# ТИПЫ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

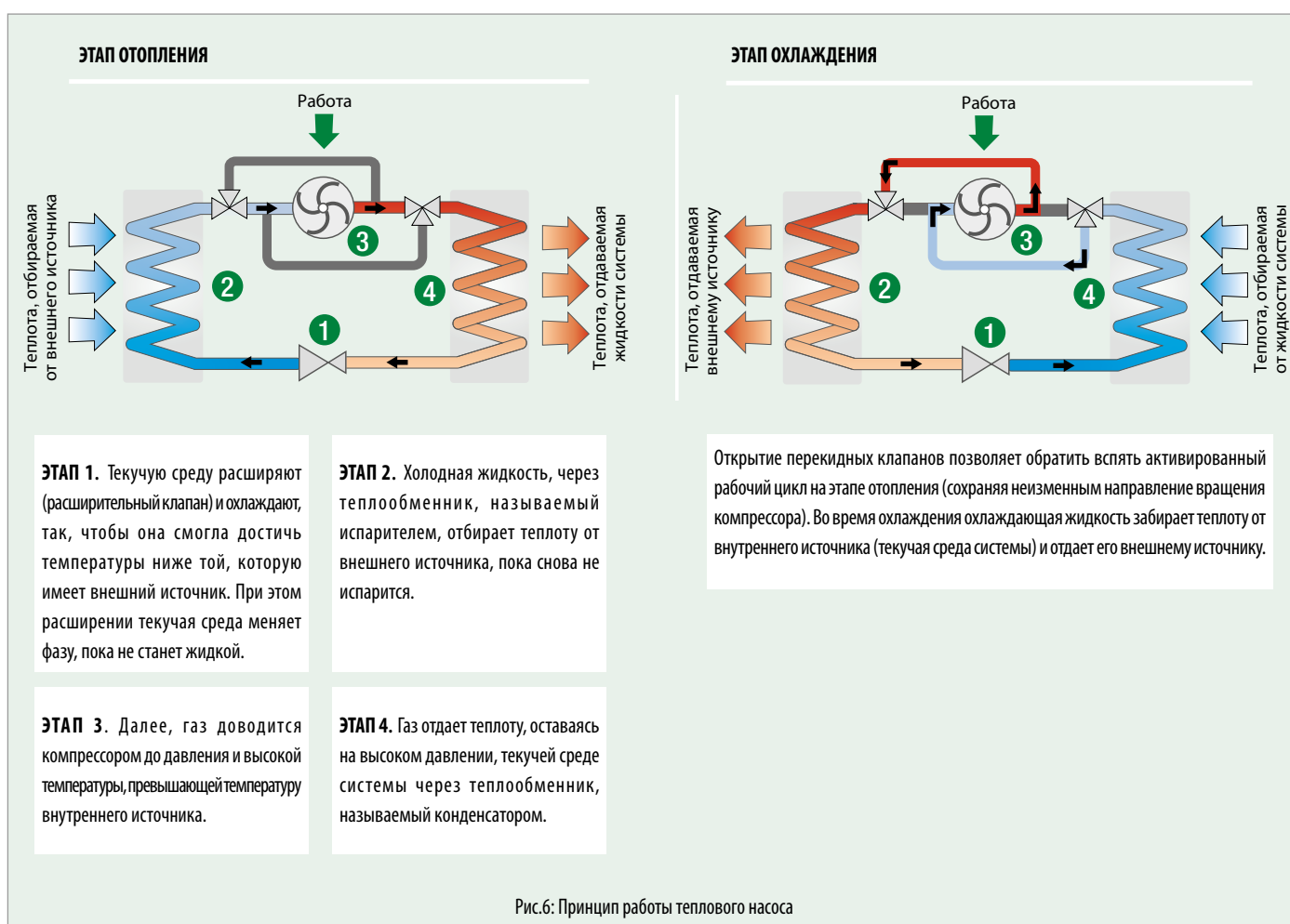
Инженеры *Маттиа Томазони* и *Алессиа Солдарини*

Тепловые насосы передают тепло от источника с более низкой температурой более высокой температуре, внешнему и внутреннему источнику. Тепловой насос использует примерно 75 % энергии в бесплатной форме, которая исходит от Солнца и накапливается воздухом, водой и почвой, и 25 % электрической энергии для обеспечения оптимального температурно-влажностного режима в летний и зимний период.

## ПРИНЦИП РАБОТЫ

Тепловой насос имеет режим работы подобный режиму обычного холодильника: он основывается на термодинамическом цикле текучей среды, называемой рефрижераторным газом или охлаждающей жидкостью, которая может быть представлена в форме жидкого или газообразного состояния, в зависимости от температуры и давления, при котором она находится в условиях использования.

Агрегат называется тепловым насосом или холодильной машиной, в зависимости от полезного эффекта, который требуется получить, то есть, отопление или охлаждение внутреннего источника (жилого помещения). Агрегаты, которые могут направлять горячую жидкость, как к внутреннему источнику, так и к внешнему источнику, через соответствующие клапаны, имеют способность работать как тепловой насос, так и как холодильная машина, на основании типа источника горячего или холодного. Такие агрегаты, называемые машинами на реверсивном холодильном цикле или просто реверсивными на сторону холодильника.



## КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ НА ОСНОВАНИИ ТИПА СЖАТИЯ

Этап, на котором повышается давление и температура охлаждающей жидкости (этап 3, рисунок 6), может осуществляться различными способами: все предусматривают передачу энергии текучей среде. Самым распространенным в настоящее время является метод компрессоров, включаемых от электродвигателей, однако, существуют также иные методы, которые, хотя и имеют ограниченные области применения, представляют структурные и выгодные особенности.

### КОМПРЕССОРНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ С ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

Это самые распространенные тепловые насосы по универсальности и экономности электродвигателей, а также возможности использования электричества, в качестве носителя энергии. Компрессоры различного типа, но самые используемые типа scroll, swing, на винтовой или магнитной левитации.

Среди преимуществ можем назвать бюджетность, минимальное техническое обслуживание и отсутствие вспомогательных систем (поскольку они обычно самоохлаждающиеся). Однако, температура на подаче оказывается ограниченной и может обнаружиться высокое потребление электроэнергии, вызванное сильными пусковыми токами (частично смягченные силовой электроникой).

### КОМПРЕССИОННЫЕ ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ С ДВИГАТЕЛЕМ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

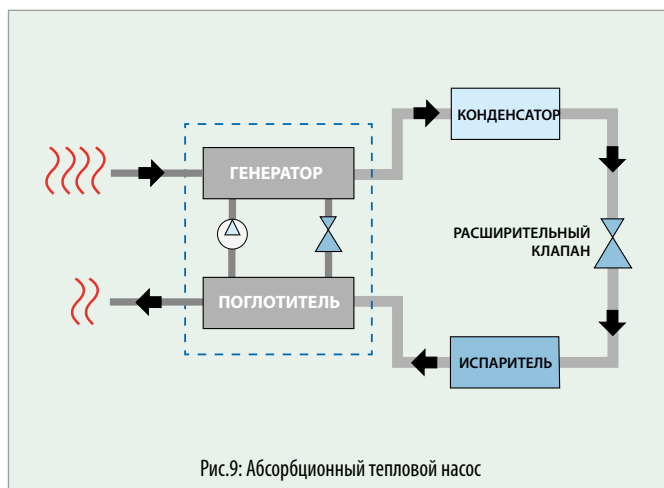
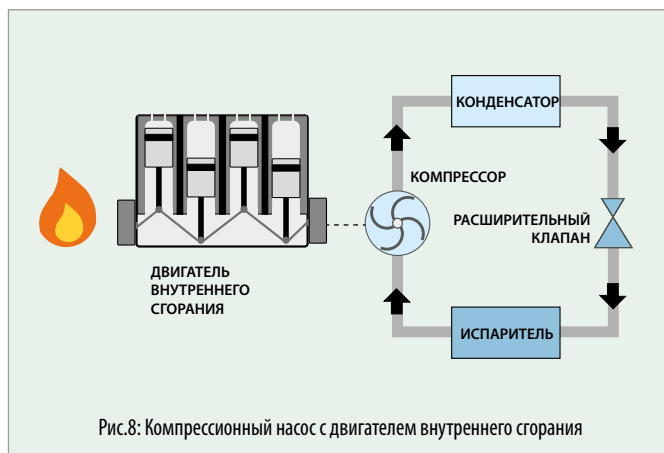
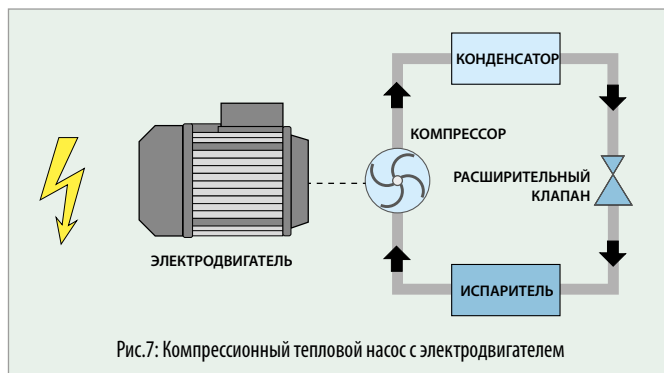
В этих тепловых насосах компрессор приводится в движение двигателем внутреннего сгорания, который обычно работает на газе и имеет автомобильное происхождение. Преимуществом данных агрегатов, называемых также ГТН (Газовый Тепловой Насос) или ТНГД (Тепловой Насос на Газовом Двигателе), является возможность увеличивать температуру на подаче, используя рассеянную теплоту от двигателя через выхлопные газы и контур охлаждения. По этим причинам они оказываются значимой альтернативой при реконструкции, которая предусматривает замену газовых котлов, прежде всего большой мощности.

Преимуществами являются потребление в основном газа и производство воды при высокой температуре. Инвестиционные затраты и расходы на техническое обслуживание высокие, но все же это применяемая система в тех случаях, когда имеются ограничения в плане способности электропитания.

### АБСОРБЦИОННЫЕ ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ

Самое актуальное отличие абсорбционных тепловых насосов от электрических (или газовых) тепловых насосов заключается в отсутствии этапа сжатия, которое полностью заменяют два отдельных этапа: генерация и абсорбция.

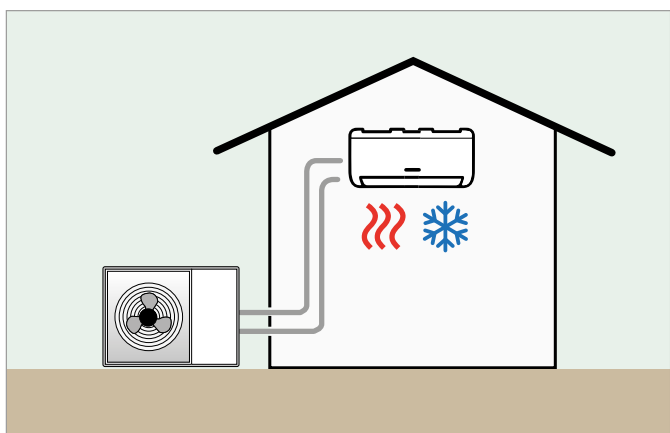
В поглотителе охлаждающая текучая среда, поступающая из испарителя в газообразном состоянии, поглощается жидкостью (называемой абсорбентом) и возвращается в жидкое состояние. После этого полученная жидкость (охлаждающая плюс абсорбент) закачивается в генератор, где, благодаря притоку внешней теплоты (поступающей, например, от когенераторов, сетей центрального отопления или промышленных процессов), снова выпускается охлаждающая жидкость на высоком давлении и температуре.



## КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ НА ОСНОВЕ ТИПА ТЕПЛОГО ИСТОЧНИКА

**Холодными источниками** (или внешними источниками) могут быть: **воздух**, наружный или, в некоторых случаях, воздух повторного использования (удаляемый вентиляционными системами или промышленными охлаждающими контурами), **вода**, которая может быть поверхностной, грунтовой или исходить из специальных контуров, таких как, конденсационные кольца, либо **почва**, где теплота поглощается с помощью специальных теплообменников, называемых геотермальными датчиками. **Горячими источниками** (то есть, текучей средой системы или внутренними источниками) могут быть: **воздух**, когда тепловой насос нагревает непосредственно воздух в помещениях, или **вода**, когда тепловой насос нагревает воду, используемую как теплоноситель в контурах отопления.

### ТЕПЛОВОЙ НАСОС ВОЗДУХ-ВОЗДУХ



Эти тепловые насосы снабжены теплообменниками воздух/охлаждающий газ. Холодный источник имеет переменную температуру, поскольку это наружный воздух, он всегда доступен. Поскольку они подвержены очень низкой температуре наружного воздуха, им требуется периодическое размораживание (смотрите «цикл размораживания» на стр. 35).

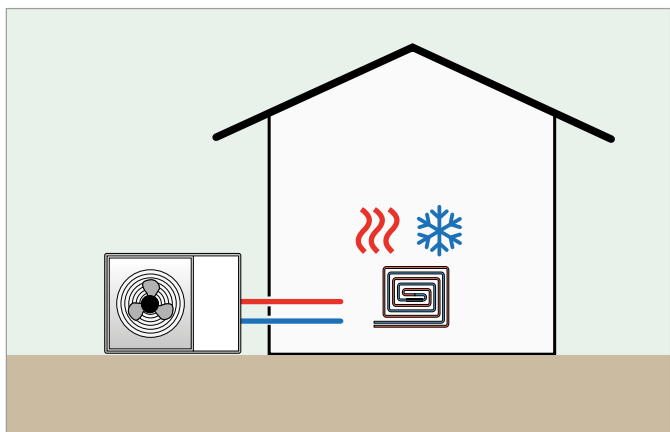
Существуют два типа этих насосов:

- **SPLIT.** Теплообменник обращен к холодному источнику, и прочие компоненты охлаждающего контура находятся снаружи, а теплообменник к холодному источнику размещен внутри отапливаемых помещений. Теплообменники соединены с помощью трубопроводов, в которых находится охлаждающий газ.
- **ROOFTOP.** Весь охлаждающий контур является единым агрегатом, и воздух подается внутрь жилых помещений с помощью воздуховодов.

Обычно системы воздух-воздух для небольших жилых и коммерческих помещений являются типом split, поскольку охлаждающий контур является бюджетным и имеет небольшие габаритные размеры.

А системы rooftop чаще используются в коммерческих центрах, театрах и производственных помещениях, где имеется возможность установить необходимые воздуховоды.

### ТЕПЛОВОЙ НАСОС ВОЗДУХ-ВОДА

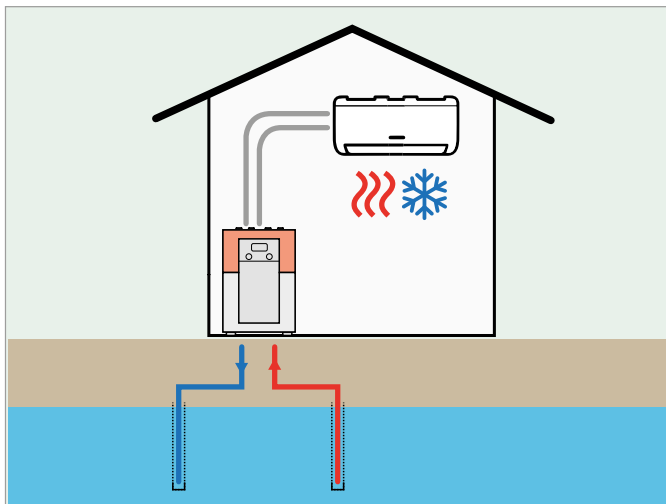


Тепловой насос воздух-вода позволяет извлекать бесплатную энергию, присутствующую в воздухе, и передавать её воде в форме теплоты. В отличие от тепловых насосов воздух-воздух, производство технической воды необходимой для гидравлической системы обеспечивает широкую универсальность в плане инженерных решений. В любом случае, можно использовать тепловые насосы воздух-вода как в секторе жилых зданий (с радиаторами, вентилконвекторами, напольным панельным отоплением, и т.д.), так и в секторе административных и промышленных зданий (с батареями калориферов для вентиляционных установок).

Кроме этого, высокая применимость в системах позволяет сохранять существующую систему разводки (и иногда также и существующую систему отопительных приборов) в системах, снабженных изначально газовыми генераторами, без необходимости реконструкции всей системы.

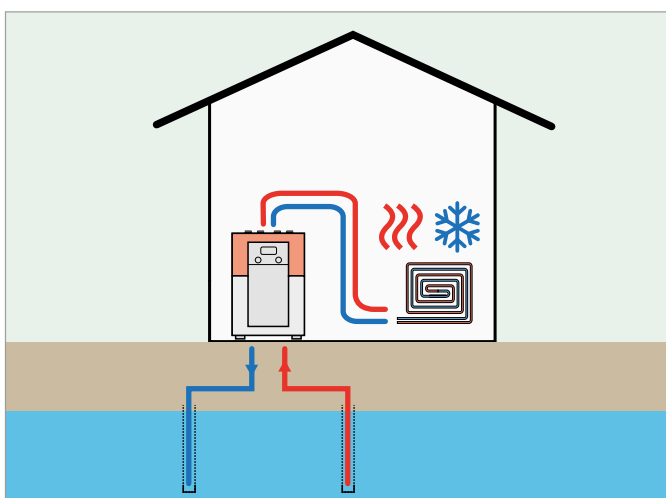
Ограничения связаны с переменной мощностью и производительностью и, прежде всего, с температурой на подаче.

## ТЕПЛОЙ НАСОС ВОДА-ВОЗДУХ



Используется в качестве холодного источника, воду, имеющуюся в подземном слое, которая выкачивается через колодцы, и, в качестве горячего источника, специальные гидравлические контуры, такие как, например, конденсационные кольца. Обычно он размещается на кровле (rooftop), но, в особенных случаях, по причинам наличия места или в силу эстетики, может размещаться внутри и сопрягаться со сплит-системами. Этот тип используется редко, поскольку требует изготовления водозаборных колодцев из холодного источника, которые зависят от геологического анализа и разрешений на использование грунтовых вод.

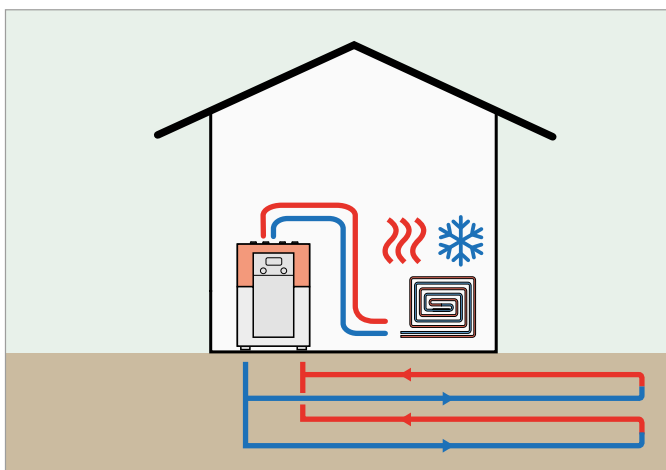
## ТЕПЛОЙ НАСОС ВОДА-ВОДА



Предоставляют оба вида теплообмена холодного и горячего источников с водой. Холодная сторона отбирает энергию у воды, забираемой из подземных слоев в недрах (в данном случае, речь идет о геотермальных ТН на грунтовых водах), либо у поверхностных вод, таких как озера, реки или море. Горячая сторона используется, как теплогенератор, в традиционных системах на воде. Стабильность режима работы и отличная производительность представляют собой преимущества этих агрегатов. Кроме этого, они могут достигать большой мощности в относительно небольших пространствах.

Их ограничение зависит от наличия или отсутствия воды, которую можно использовать в тепловых целях, и от соответствующих разрешений. Существуют также ограниченные области применения, где данные агрегаты используются для рекуперации тепла, такие как, например, контуры охлаждения промышленных процессов.

## ТЕПЛОЙ НАСОС ПОЧВА - ВОДА



Это ТН вода-вода, называемые также геотермальные тепловые насосы, где вода из холодного источника используется как промежуточная текучая среда для обмена теплом с почвой. Теплообменники изготовлены из глассмассовых трубопроводов, утопленных в почву, называемых «геотермальными датчиками»: они простираются в глубину (вертикальные датчики) или используют поверхность (горизонтальные датчики).

Геотермальные ТН, такие как вода-вода, работают в условиях стабильного теплового обмена с холодным источником и, следовательно, им не требуются циклы размораживания (смотрите «Цикл размораживания» на стр. 35).

Им не требуется наличие воды для теплообмена, в отличие от агрегатов вода-вода.

Затраты на установку датчиков являются очень высокими.

## ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ ВОЗДУХ-ВОДА

- Тепловые насосы воздух-вода являются самыми используемыми для бытового отопления. Их большое распространение по сравнению с другими системами охлаждающего цикла вызвано, главным образом, следующими причинами:
- **Универсальность.** Их можно подсоединять к традиционным гидравлическим распределительным системам, как новой постройки, так и существующим. Использование воздуха, в качестве холодного источника, делает их используемыми в любом контексте, где можно устанавливать наружный блок или прокладывать необходимые воздуховоды.
- **Низкие затраты.** По сравнению с другими типами ТН, они имеют небольшие затраты на установку, поскольку нет необходимости в сложных вспомогательных системах, таких как, работы, связанные с водозабором и возвратом воды, колодцами или геотермальными датчиками.
- **Непрерывное техническое развитие.** За последние годы они получили большое количество технических инноваций: оптимизированное управление производимой мощностью для повышения эффективности, увеличение максимальной достигнутой температуры и лучшая надёжность.
- Однако, у этих агрегатов имеются некоторые ограничения:
- **Высокое пиковое потребление электроэнергии.** Расчёт обычно связан с самыми неблагоприятными условиями (температура наружного воздуха), что приводит к избыточному подбору и, прежде всего, к большому пиковому потреблению электроэнергии по сравнению с другими типами тепловых насосов. Следовательно, обычно требуется большая электрическая мощность по сравнению с эквивалентными тепловыми насосами, которые используют иные технологии (обратитесь к углубленному исследованию «Однофазная или трёхфазная система?» на стр. 48).
- **Обязательные циклы размораживания.** В определенных условиях влажность, присутствующая в наружном воздухе, замерзает на теплообменнике агрегата, нарушая его теплообмен и регулировку режима работы. Для возобновления обычного режима работы выполняются инверсии цикла, которые разогревают теплообменник и растапливают слой образовавшегося льда. Эти циклы приводят к расходу энергии за счет производительности и затрат (обратитесь к разделу «Цикл размораживания» на стр. 35).
- **На производительность влияют температура воздуха и воды.** Производительность и расходы по управлению тепловыми насосами воздух-вода зависят от температуры, при которой производится горячая вода на подаче в систему, и от температуры наружного воздуха. Невнимательное проектирование систем, сопряжённых с этими агрегатами, или ошибочная регулировка могут привести к большому потреблению (обратитесь к разделу «Энергоэффективность и экономическая доступность» на стр. 18).
- **Шумообразование.** Наружным блокам требуется подходящее место, которое обеспечивало бы правильный обмен воздуха. Кроме этого, уровень шума этих блоков должен быть должным образом оценен, а, в некоторых случаях, необходимо предусмотреть соответствующие средства акустического экранирования (обратитесь к углубленному исследованию «Контроль уровня шума в тепловых насосах» на стр. 17).



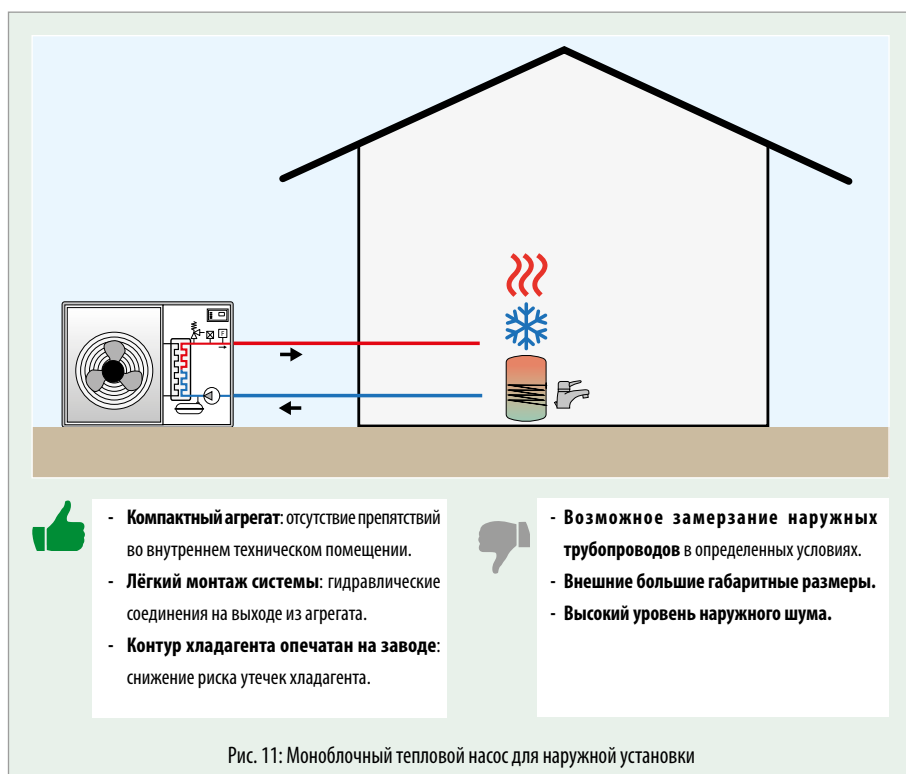
## МОНОБЛОЧНЫЙ ТН ДЛЯ НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ

Моноблочный тепловой насос состоит из единого оборудования, которое внутри содержит все элементы охлаждающего контура: пластинчатый теплообменник вода/хладагент, компрессор, расширительный клапан и вентилятор, который обеспечивает теплообмен воздух/хладагент в испарителе.

Вагрегат могут быть добавлены некоторые элементы гидравлического контура, такие как, циркуляционный насос, датчик потока, расширительный бак, воздухоудалитель и предохранительный клапан.

Блок, расположенный снаружи, напрямую соединен с системой с помощью трубопроводов, по которым подается техническая вода от агрегата к зданию.

Моноблочный агрегат оказывается преимущественным во всех тех ситуациях, при которых необходимо экономить техническое пространство внутри зданий.

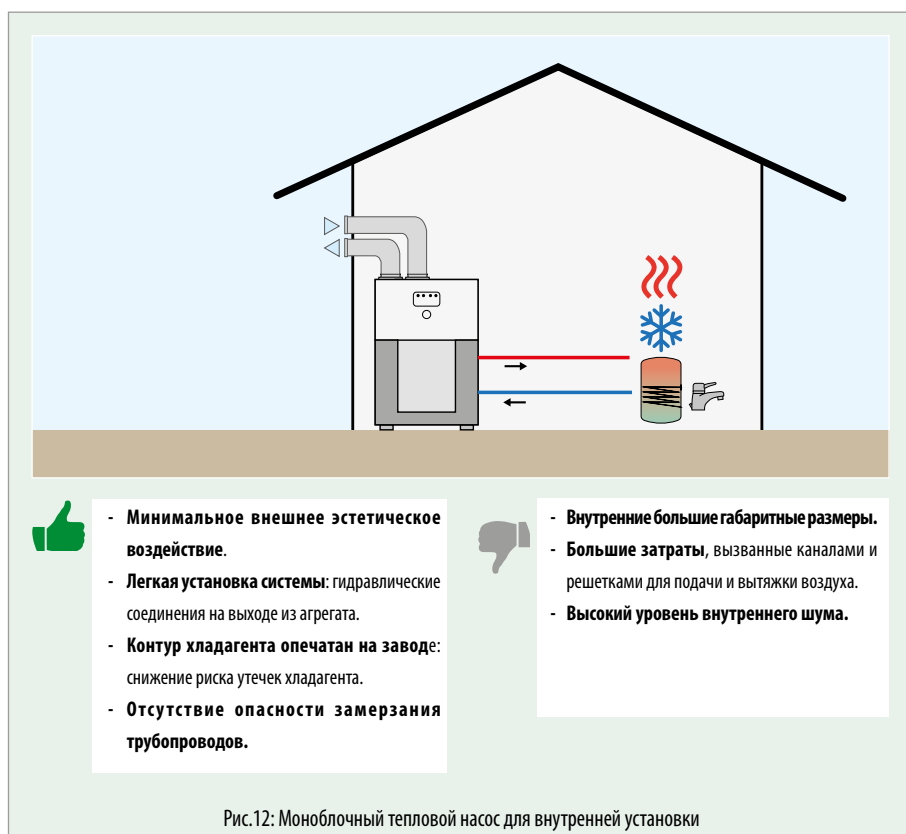


## МОНОБЛОЧНЫЙ ТН ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ

Это моноблочный тепловой насос, который снабжен вентиляторами (на воздушном теплообменнике) с таким напором, который позволяет ему быть канальным.

Некоторые модели могут быть канальными как на воздухозаборе, так и на подаче; а на других моделях каналы устанавливаются только на вытяжке, при заборе воздуха из помещения, в котором они установлены. Эти помещения должны быть снабжены необходимыми отверстиями для обеспечения нужного притока свежего воздуха, который использует агрегат.

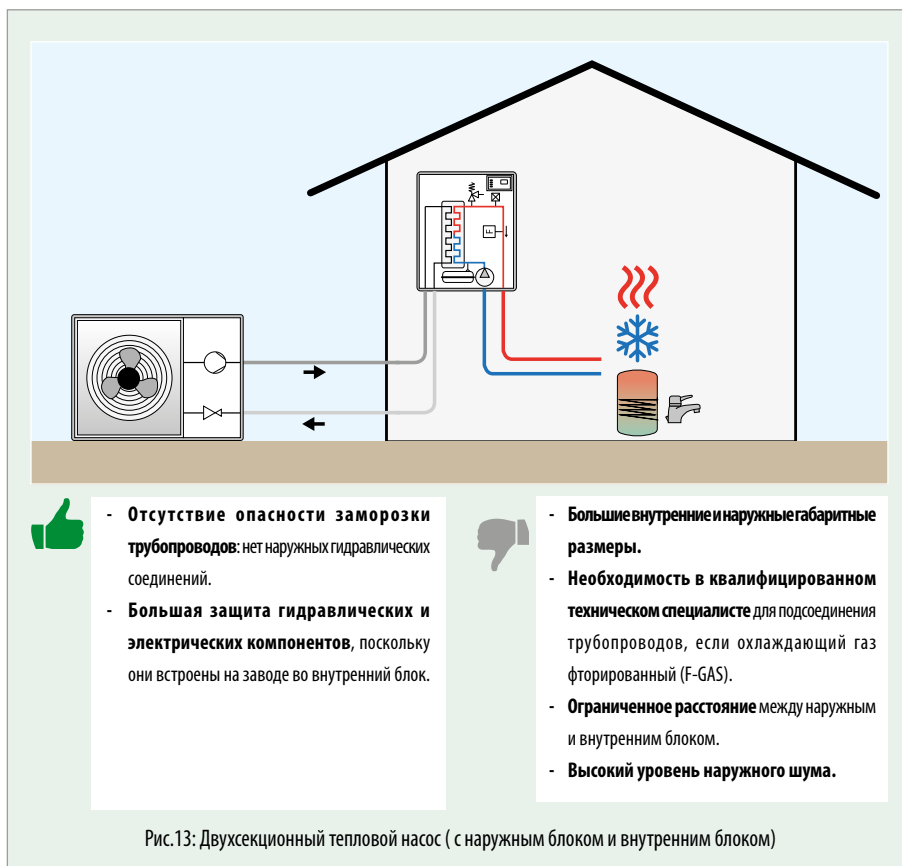
Они используются там, где невозможно установить наружные блоки, главным образом, по эстетическим соображениям.



## ДВУХСЕКЦИОННЫЕ ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ

Тепловой насос split (с английского «разделенный»), в отличие от моноблочного, состоит из гидравлического модуля, расположенного внутри здания, и из наружного блока, который обменивается теплом с воздухом. Основными компонентами, которые характеризуют внутренний блок, являются: пластинчатый теплообменник вода/хладагент, циркуляционный насос для первичного контура, датчик потока, расширительный бак, воздухоудалитель и предохранительный клапан. А в наружном блоке остаются компрессор, расширительный клапан и вентилятор, который обменивается теплом с охлаждающей жидкостью посредством наружного воздуха.

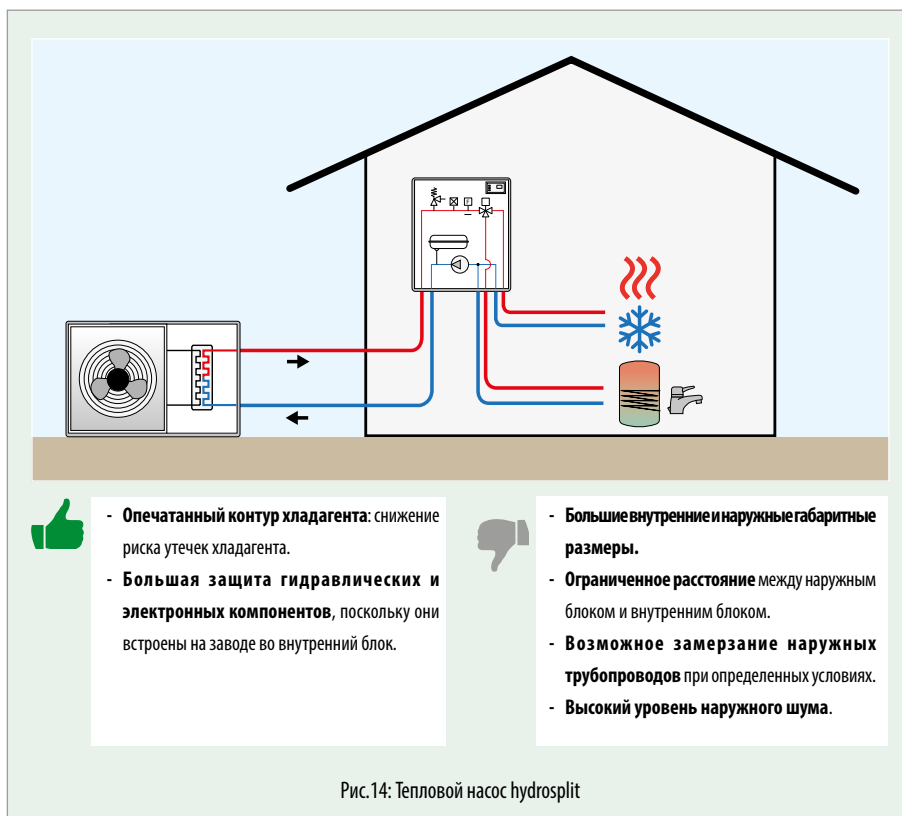
Тепловое соединение между двумя блоками изготовлено с помощью двух трубопроводов с хладагентом на высоком давлении.



## ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ HYDROSPPLIT

Тепловой насос Hydrosplit в основном очень похож на моноблочный ТН, сопряженный с внутренним гидравлическим модулем, который включает все гидравлические и электронные компоненты агрегата таким образом, чтобы содержать их в одном месте и сделать их более легкодоступными для технического обслуживания. Эти компоненты оказываются более защищенными по сравнению с наружным расположением.

Соединение между двумя блоками выполнено с помощью гидравлических трубопроводов.



# КОНТРОЛЬ УРОВНЯ ШУМА В ТЕПЛОВЫХ НАСОСАХ

Наружные блоки воздушных ТН могут представлять проблемы с образованием шума и вибраций, как для жилых помещений, обслуживаемых системой, так и для смежных с ними помещений. По этой причине необходимо уделить внимание их установке и их расположению.

Шум может передаваться:

- по твердым конструкциям: это шум, производимый вибрацией агрегатов, который распространяется через конструкции;
- по воздуху: это шум, который исходит от звукового источника по воздуху.

Для ограничения шума, который передается через твердые конструкции, необходимо:

- вставить соответствующие антивибрационные опоры для поддержки агрегатов, тех, которые, прежде всего, расположены на балконах или на кровле, над жилыми помещениями;

- устанавливать агрегаты на станины, которые структурно отделены от жилых помещений, например в палисадниках.

Для ограничения шума, который передается по воздуху, необходимо:

- устанавливать агрегаты в местах не находящихся в «поле зрения» рецепторов, таких как, двери и окна, и, в любом случае, как можно дальше от них;
- уделять внимание отраженному шуму;
- установить соответствующий акустический барьер или навес. Акустический барьер должен быть также звукопоглощающим, в том случае, если будут возникать явления отражений звуковой волны. Навес должен обеспечивать соответствующий проход воздуха для правильного режима работы агрегата.

## ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

Звуковая эмиссия регламентирована законом, а критерии проверки предусматривают:

**1. Абсолютную проверку:** она устанавливает ограничение как на значение эмиссии (измеренной в непосредственной близости с источником шума), так и на значение эмиссии (измеренной в непосредственной близости с точкой проверки). Эти ограничительные значения отличаются по типу площади, как жилые и промышленные площади, и по периоду, дневному или ночному. В случае жилых площадей в ночной период ограничение эмиссии закреплено на 40 дБ, а предельное значение эмиссии – на 45 дБ.

**2. Дифференциальная проверка:** ограничивает разницу между излучаемым шумом (измеренным в непосредственной близости с точкой проверки), когда источник шума активен и когда он выключен. Эта разница во время ночного периода не должна превышать 3 дБ.



# ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДОСТУПНОСТЬ

Инженеры *Маттиа Томазони* и *Алессиа Солдарини*

За последние годы тепловые насосы получили значительное распространение. Это вызвано различными факторами, а именно, например, строительством все более эффективных жилых зданий (которым требуются небольшие тепловые мощности, и, следовательно, они могут сочетаться с самыми распространенными коммерческими моделями этих агрегатов) и использованием излучающих систем, которые позволяют использовать низкую температуру разводки совместимую с температурой, которую достигают тепловые насосы.

Самым важным фактором является энергосбережение, которое обеспечивают эти агрегаты, по сравнению с традиционными системами, такими как газовые котлы. Это, в сочетании с разработкой все более ограничительных законодательных актов в плане воздействия на окружающую среду, сделало принятие таких систем стандартным для систем, установленных в новостройках и для важной реконструкции существующих зданий.

Обычно за энергосбережением следует экономия, поскольку, при равенстве произведенной энергии, самые эффективные агрегаты представляют меньшее потребление. Однако, если сравним традиционную систему, такую как, газовый котел, с тепловым насосом, величина энергосбережения не будет равна величине экономии.

## ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ГЕНЕРАТОРА

С целью сравнения энергопотребления генераторов, работающих от различных источников, берется, в качестве ссылки, потребление первичной энергии. Другими словами, сравнивается, сколько энергии присутствующей в природе будет потреблять генератор для производства тепловой энергии.

Соотношение между расходуемой первичной энергией и произведенной тепловой энергией, называемое также производительностью генератора (или генерации), выражается приведенной формулой 1.

$$\eta_{\text{ГЕН}} = \frac{E_{\text{ТЕПЛОВАЯ}}}{E_{\text{ПЕРВИЧНАЯ}}}$$

Формула 1

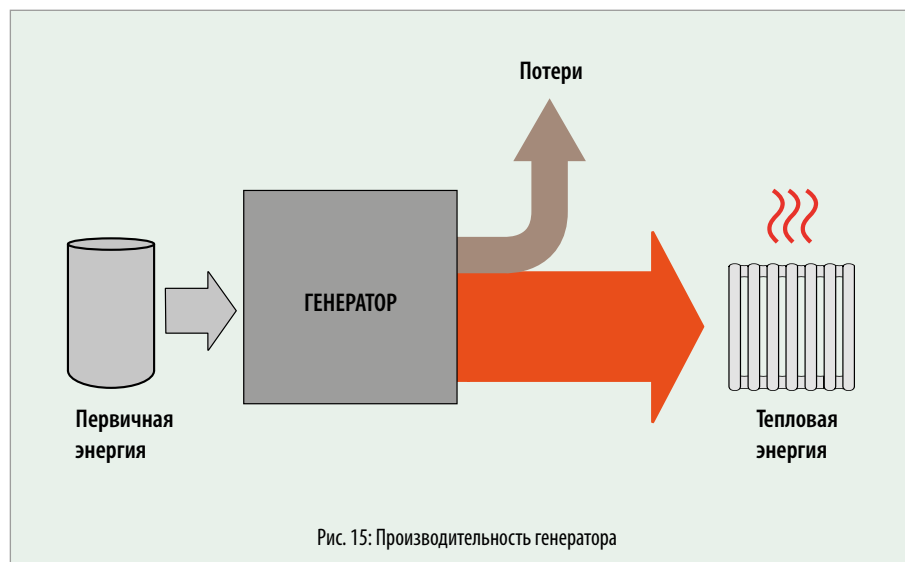
## ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРАДИЦИОННОГО КОНДЕНСАЦИОННОГО КОТЛА

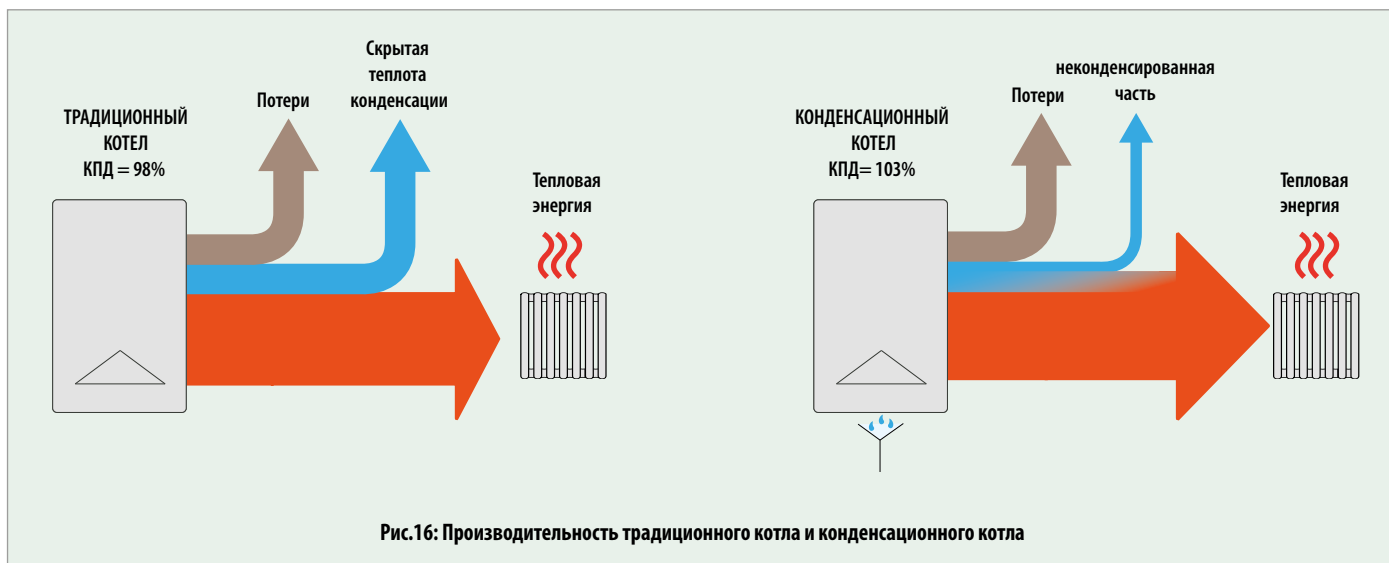
Котел преобразует энергию, содержащуюся внутри топлива, в тепловую энергию. Для простоты, поскольку это самые распространенные генераторы, мы сконцентрируем внимание на котлах, работающих на природном газе, даже если эти рассуждения легко применить к любому котлу на твердом или жидком топливе.

Тепловая энергия, содержащаяся в топливе, обозначается теплотой сгорания. Она, как известно, выражается двумя значениями: высшим (ВТС – Высшая Теплота Сгорания) и низшим (НТС – Низшая Теплота Сгорания), в зависимости от того, учитывается или

нет, как полезная энергия (которую можно использовать от сгорания), тепло необходимое для испарения части воды, произведенной сгоранием.

Генераторы, которые могут использовать энергию, содержащуюся в паре сгорания, называются конденсационными. Традиционно, поскольку не существовало широко масштабных технологий для использования конденсации, энергетическое содержимое разных видов топлива всегда обозначалось нижней теплотой сгорания, и, по аналогии, также и производительность генераторов всегда соотносилась с Нижней Теплотой Сгорания (НТС).



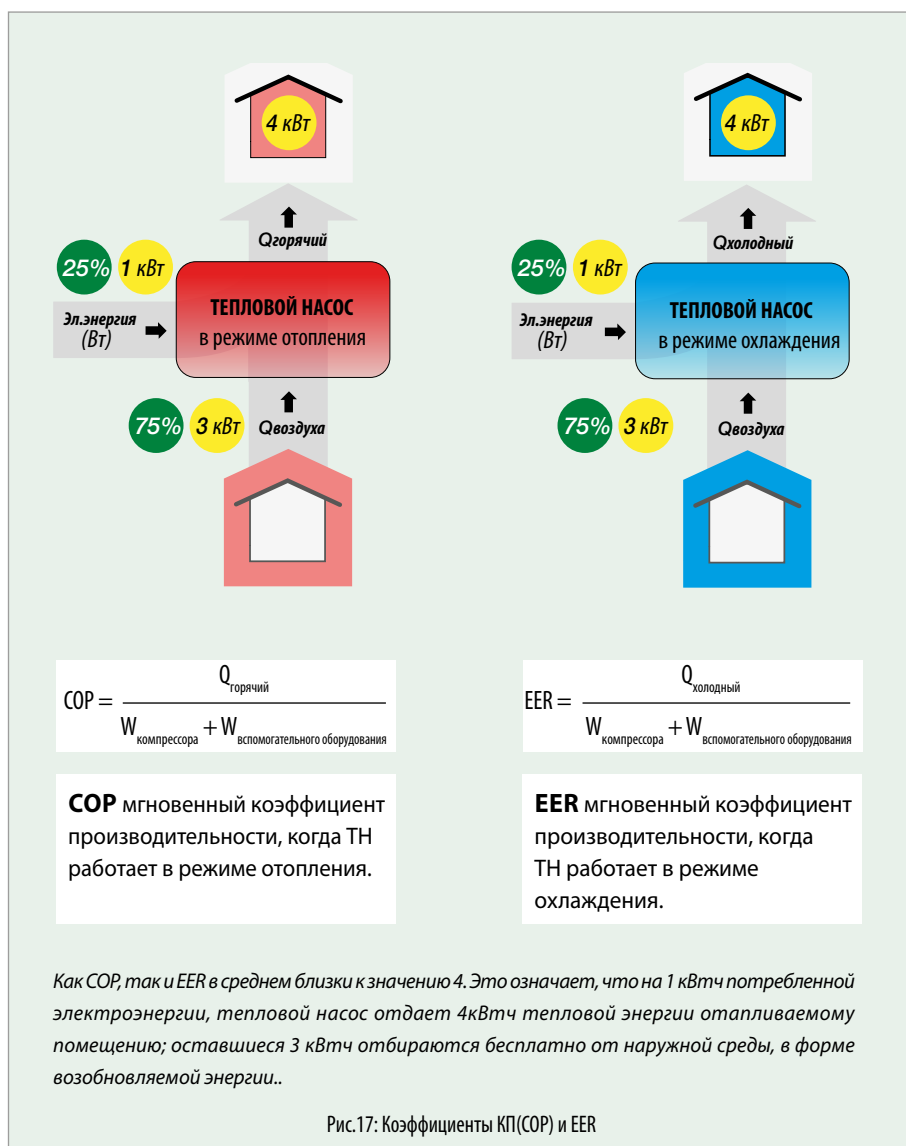


## ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТЕПЛООВОГО НАСОСА

Тепловой насос является агрегатом на охлаждающем цикле, который передает тепло от холодного источника к горячему с помощью использования электрической энергии.

Эффективность, с которой ТН передают тепло, определяется с помощью КП (COP) (Коэффициента Производительности). Его значение зависит от соотношения между теплом, отданным горячей текучей среде (тепловая энергия, поставленная потребителю), и общей потребленной электроэнергией (энергией, которая требуется как компрессору, так и вспомогательному оборудованию, встроенному в тепловой насос: устройства защиты от замерзания, оборудование регулировки и контроля, циркуляционные насосы, вентиляторы) (рис. 17).

Во время режима работы в охлаждении, параметр, который представляет производительность агрегата, обозначается аббревиатурой EER. Он рассчитывается как соотношение между тепловой энергией, вычтенной от потребителя, и общей потребленной электроэнергией (как в случае КП, потребленная электроэнергия является суммой энергии необходимой для компрессора и всего вспомогательного оборудования, встроенного в тепловой насос) (рис. 17).



Нормативный акт EN 14511 позволяет производителю определять рабочие характеристики теплового насоса (COP – КП), в зависимости от:

- режима работы при номинальной скорости;
- режима отопления;
- фиксированной наружной температуры;
- фиксированной температуры на подаче.

Рабочая точка при номинальной мощности, которой производитель идентифицирует агрегат на рынке, обычно рассчитывается при температуре наружного воздуха равной 7 °C и температуре на подаче воды равной 35 °C (A7W35). Например, ТН с заявленной номинальной мощностью 6кВт, производит примерно 6кВт тепловой мощности при A7W35.

Однако, это значение не соответствует фактическим условиям эксплуатации ТН во время их работы во время полного сезона отопления. КП-COP/EER не является постоянным значением и, прежде всего в тепловых насосах воздух-вода, может существенно изменяться, на основании:

- температуры наружного воздуха;
- температуры производства горячей или холодной воды;
- коэффициента загрузки агрегата;
- количества циклов размораживания.

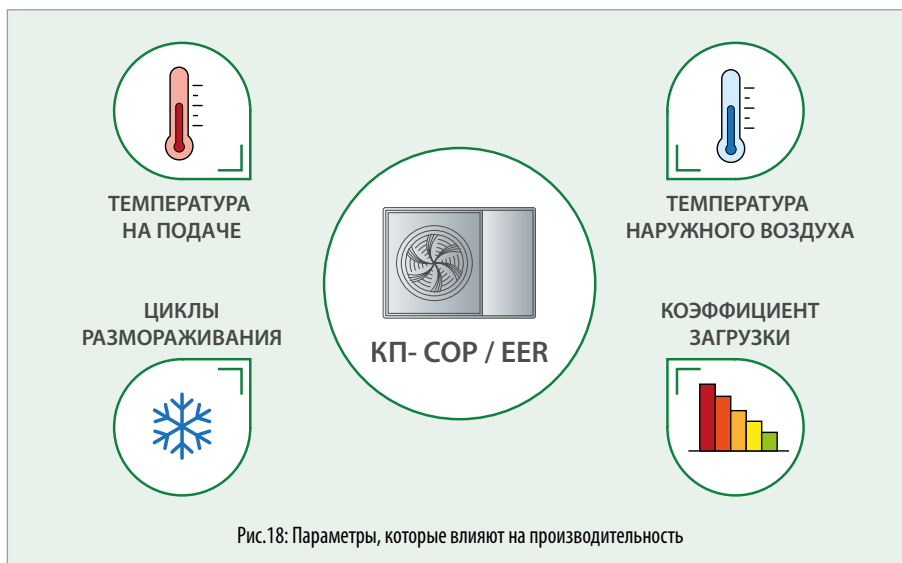


Рис.18: Параметры, которые влияют на производительность

В технических паспортах приводится, в действительности, несколько значений КП- COP (или EER), в зависимости от разной температуры как наружного воздуха, так и воды на подаче.

На рисунке 19 показано, в качестве примера, развитие коэффициента производительности (COP) при полной нагрузке теплового насоса воздух-вода, в зависимости от этих параметров.

Как можно заметить, рабочие характеристики:

- ухудшаются, в зависимости от наружной температуры: чем ниже наружная температура, тем меньше будет COP.
- уменьшаются, в зависимости от температуры на подаче: чем выше температура на подаче, тем меньше COP.

На этом примере, снижение температуры на подаче с 55 до 35 °C (для наружной температуры выше 7 °C) позволяет улучшить COP более, чем на один пункт.

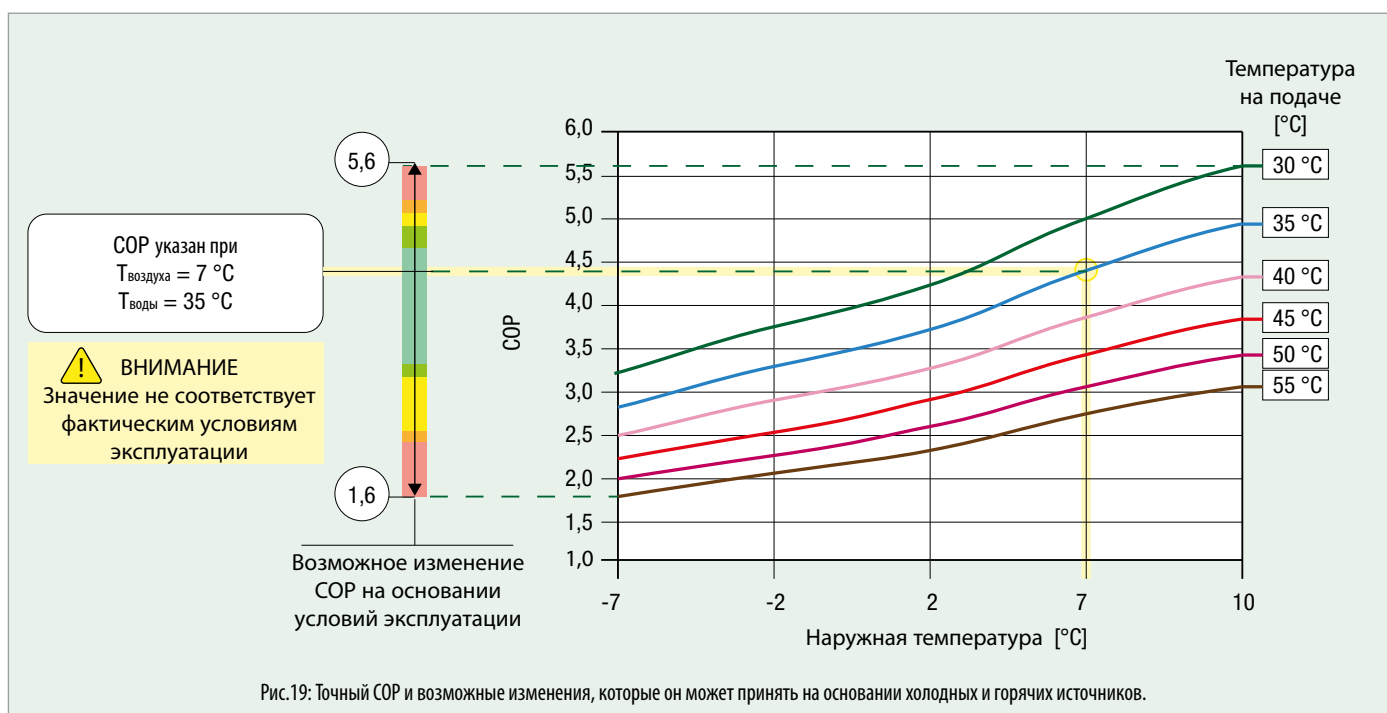


Рис.19: Точный COP и возможные изменения, которые он может принять на основании холодных и горячих источников.

## КП (COP) В РЕЖИМЕ ЧАСТИЧНОЙ НАГРУЗКИ

Кривые тренда КП (COP), приведенные в технических паспортах (рис.19), ссылаются на режим работы теплового насоса при полной нагрузке, то есть, когда агрегат производит максимальную полезную мощность (например, в условиях самой жесткой наружной температуры или время этапов запуска систем): режим работы не соответствующий реальным рабочим условиям. **Во время обычного режима работы мощность, имеющаяся у теплового насоса, зачастую выше мощности, которую нужно предоставить зданию.** Поэтому агрегаты работают при частичной нагрузке.

**КП (COP<sub>рх</sub>) при частичной нагрузке** представляет наилучшим образом реальную производительность агрегата, и рассчитывается при умножении COP<sub>max</sub> при полной нагрузке на поправочный коэффициент агрегата (f<sub>corr</sub>), который зависит только от коэффициента загрузки агрегата (FC), а не от условий режима работы. Коэффициент загрузки агрегата – это соотношение между необходимой мгновенной мощностью и максимальной выдаваемой мощностью при тех же самых условиях (Формула 2). На схемах (рис. 20) представлен пример тренда поправочного

COP при частичной нагрузке:

$$COP_{рх} = COP_{max} \times f_{corr}$$

f<sub>поп</sub> зависит от коэффициента загрузки FC

$$FC = \frac{\text{требуемая уст. мощность}}{\text{макс. вырабатываемая мощность}}$$

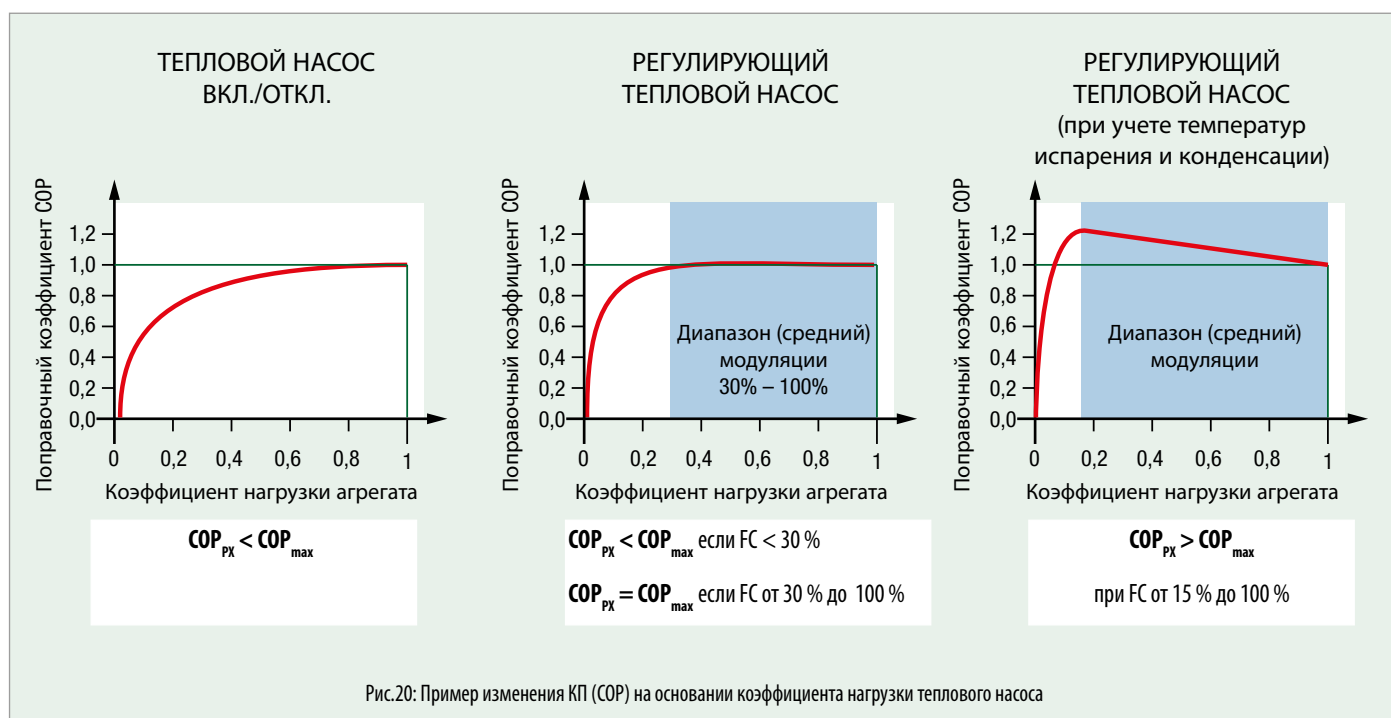
Формула 2

коэффициента (f<sub>corr</sub>) при изменении коэффициента загрузки агрегата (FC), в том случае, когда речь идет об агрегате ВКЛ./ОТКЛ. или модуляционном.

**Самые старые модели** теплового насоса, называемые ВКЛ./ОТКЛ., регулировали мощность с помощью циклов включения и отключения. Такие циклы ухудшали энергетические рабочие характеристики агрегата: каждое включение приводит к потерям по причине пускового тока электродвигателей и введении в режимные условия работы охлаждающего цикла. По этой причине поправочный коэффициент КП (COP) агрегатов ВКЛ./ОТКЛ. всегда ниже 1 (рис.20), для любого коэффициента загрузки агрегата. КП (COP) при частичной нагрузке оказывается всегда меньшим по сравнению с COP<sub>max</sub>.

**Более современные агрегаты**, напротив, изменяют обороты компрессора и вентилятора наружного теплообменника

для того, чтобы адаптироваться к уменьшенной нагрузке. Эта регулировка, обычно, может снизить нагрузку агрегатов до значения 25-30 % по сравнению с максимальным значением. Ниже этого значения тепловой насос, которому не удастся более регулировать, регулирует мощность способом, аналогичным агрегатам ВКЛ./ОТКЛ. В регулирующих тепловых насосах можно получить тренд КП (COP) при поправочном коэффициенте выше 1, в поле модуляции от 15 до 100 %. На тепловой насос оказывают влияние только температуры испарения и конденсации, которые определяют изменения давления охлаждающей жидкости, которая проходит через компрессор, и не зависит от наружной температуры или от температуры на обратной в систему. Когда тепловой перепад между хладагентом и наружной температурой снизится (при всех условиях работы при частичной нагрузке), разница давления между входом и выходом компрессора уменьшится, также как и потребление электрической мощности. На данном этапе агрегат работает при частичной нагрузке: снижается излученная тепловая мощность, но еще в большей степени снижается потребляемая электрическая мощность. По этой причине увеличивается КП (COP).





COP <sub>СРЕДНИЙ ФАКТИЧЕСКИЙ</sub>	Выход генерации
1,50	65 %
1,75	75 %
2,00	86 %
2,25	97 %
2,50	108 %
2,75	118 %
3,00	129 %
3,25	140 %
3,50	151 %
3,75	161 %
4,00	172 %
4,25	183%
4,50	194 %
4,75	204 %
5,00	215 %

В Таблице 1 приведены выходы генерации общего теплового насоса при COP<sub>СРЕДНИЙ ФАКТИЧЕСКИЙ</sub>

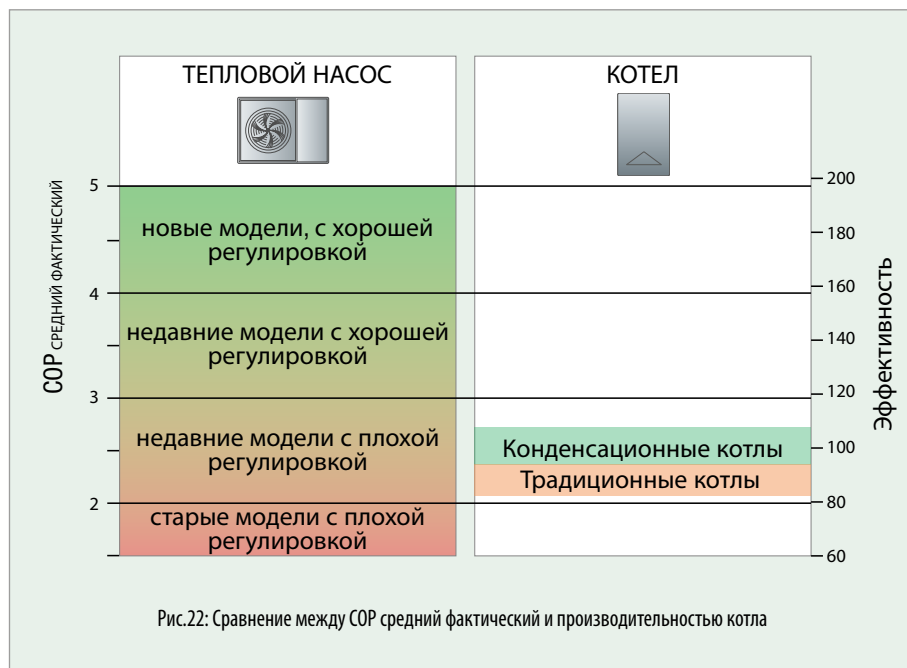
являются теплоэлектроцентрали), так и эффективность распределительной сети.

В Таблице 1 приведены выходы генерации общего теплового насоса при изменении (COP)<sub>СРЕДНИЙ ФАКТИЧЕСКИЙ</sub>.

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Энергосбережение, то есть сбережение энергии от первичных источников, присутствующих в природе, от использования традиционной системы отопления, которую снабжает газовый котел, до использования системы с тепловым насосом воздуха, может быть рассчитано при сравнении соответствующих выходов генерации. Если выход генерации котла (традиционного или конденсационного) легко рассчитывается, то выход генерации теплового насоса сильно зависит от его эксплуатационных условий. Учитывая значения COP<sub>СРЕДНИЙ ФАКТИЧЕСКИЙ</sub> режима работы, мы можем резюмировать выходы генерации теплового насоса в Таблице 1.

Выход генерации теплового насоса всегда высокий, если его сравнивать с выходом генерации газового котла, который всегда останавливается, например, на 106 %. Тепловой насос представляет большую производительность уже при значениях КП (COP), превышающих 2,5; значениях, широко достигнутых и



превышенных большей частью тепловых насосов, доступных в продаже, даже если таковые не используются в оптимальных условиях эксплуатации. Если с недавней моделью агрегата объединяется хорошая регулировка системы, то достигаются значения эффективности в диапазоне от 130 % до 170 %. Наконец, если устанавливается новая модель теплового насоса и системой управляет хорошая регулировка, то можно получить эффективность примерно 200 %.

## ЭКОНОМИЯ

Экономическое сравнение между традиционной системой, работающей от газового котла, и системой на тепловом насосе может оцениваться при расчете понесенных затрат на производство тепловой энергии для обеих систем генерации.

Затраты на кВт<sub>ТЕПЛОВОЙ</sub> произведенный с помощью газового котла, можно рассчитать по формуле 4. Учитывая среднее значение НТС газа, равное 9,7 кВтч/см<sup>3</sup>, мы можем резюмировать затраты на кВт<sub>ТЕПЛОВОЙ</sub> по Таблице 2. Аналогично всему тому, что рассчитано для систем, работающих от газового котла, можно рассчитать затраты на кВт<sub>ТЕПЛОВОЙ</sub> произведенный тепловым насосом, с помощью Формулы 5. При данном типе генераторов, на затраты

на производство тепловой энергии (Таблица 3) оказывают влияние затраты на приобретение электроэнергии и COP<sub>СРЕДНИЙ ФАКТИЧЕСКИЙ</sub>, который, как мы уже видели, в свою очередь, обусловлен многими факторами. В таблицах 2 и 3, в качестве примера, приведены типовые значения производительности генератора и затраты на энергоносители для бытового потребителя.

Например, в системе с газовым котлом, учитывая значения, указанные в таблице 2, затраты на кВтч<sub>ТЕПЛОВОЙ</sub> составляют 7,36 Евро/кВтч.

$$\text{Затраты на кВтч КОТЛА} = \frac{\text{Затраты на SMC}_{\text{ГАЗ}}}{\text{НТС}_{\text{ГАЗ}} \cdot \eta_{\text{КОТЛА}}}$$

Где:  
 Затраты на SMC<sub>ГАЗ</sub> = средние затраты на стандартный кубометр газа  
 НТС<sub>ГАЗ</sub> = низшая теплота сгорания газа  
 η<sub>КОТЛА</sub> = производительность котла

Формула 4

$$\text{Затраты на кВтч}_{\text{ТН}} = \frac{\text{Затраты на кВтч}_{\text{ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ}}}{\text{COP}_{\text{СРЕДНИЙ ФАКТИЧЕСКИЙ}}}$$

Формула 5

В системе на ТН со следующими данными:

- COP СРЕДНИЙ ФАКТИЧЕСКИЙ = 3,5
- стоимость электроэнергии = 0,24 Евро/кВтч эл

Получаем стоимость кВтч теплового, составляющую 6,86 Евро/кВтч (таблица 3). Сравнивая расходы на кВтч тепловой, обозначается экономия в 7%, если используется тепловой насос, а не газовый котел.

Аналогичным способом, если рассмотрим тепловой насос с COP СРЕДНИЙ ФАКТИЧЕСКИЙ равным 3,0, то получим стоимость кВтч теплового, составляющую 8,00 Евро/кВтч: выше по сравнению с 7,36 Евро/кВтч от газового котла. В данном случае, применение ТН невыгодно.

Учитывая много переменных величин, которые влияют на эти расчеты, прежде всего, затраты на энергию, можно построить графики (рис. 23) или таблицы, где, на основании затрат на стандартный кубометр соответственно газа и кВтч электроэнергии, можно получить COP минимальный удобный. Это значение указывает минимальный КП (COP), который нужен системе на тепловом насосе для производства тепловой энергии по более низкой стоимости по сравнению с газовым котлом.

В зависимости от стоимости газа (0.70 Евро/стандартный куб.м) и кВтч ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (0,24 Евро/кВтч эл) актуальной для итальянского рынка, ТН экономически более выгоден по сравнению с газовым котлом (то есть, производит тепло по более низкой стоимости), если его COP СРЕДНИЙ ФАКТИЧЕСКИЙ окажется более 3,5.

### СРАВНЕНИЕ МЕЖДУ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ И ЭКОНОМИЕЙ

Сравнивая полученные значения можно легко заметить, что, при равных COP СРЕДНИЙ ФАКТИЧЕСКИЙ, энергосбережение будет резко выше экономии.

Например, выход генерации ТН с COP СРЕДНИЙ ФАКТИЧЕСКИЙ равным 3,50, составляет 151% в отличие от 98% традиционного газового котла. Энергосбережение такой системы, следовательно, составит 54%.

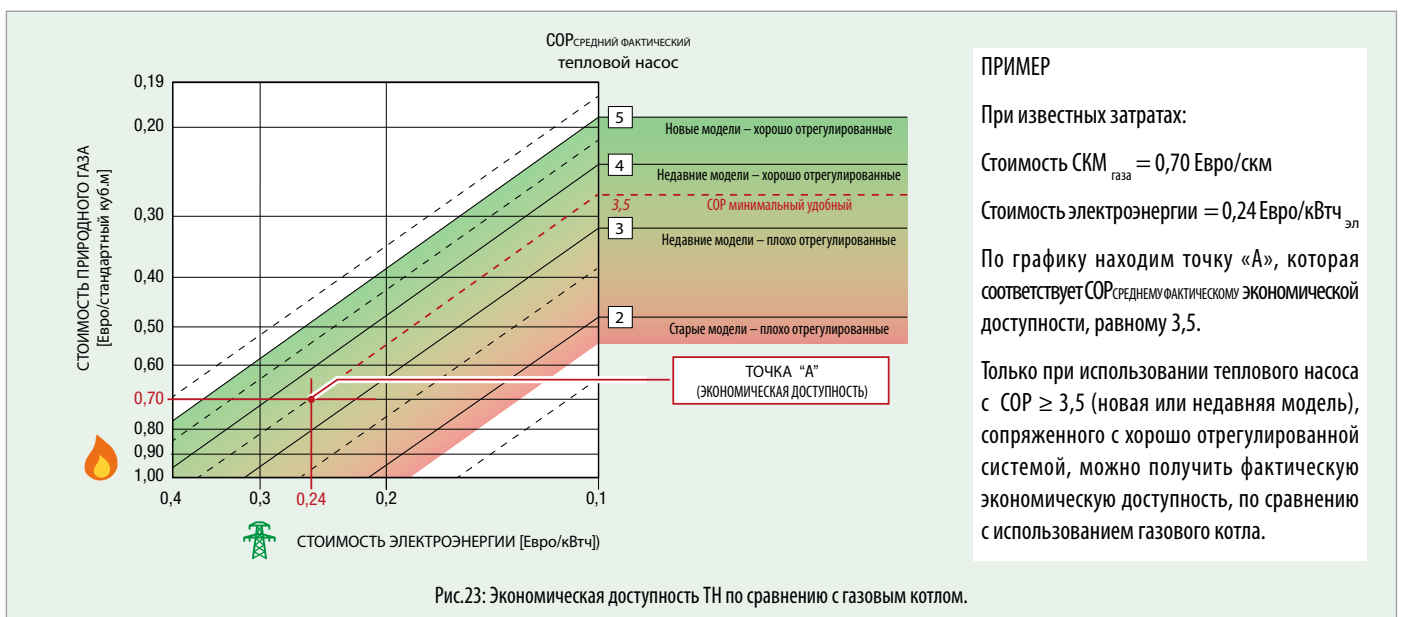
В той же самой системе на ТН, стоимость кВтч тепловой энергии равна 6,86 Евро/кВтч, по сравнению с 7,36 Евро/кВтч от традиционного газового котла, как было рассмотрено в предыдущих параграфах.

Следовательно, такая система оказывается экономически более эффективной только на 7%.

Аналогичным способом, если будем рассматривать COP средний фактический в диапазоне от 2,5 до 3,5, в любом случае, получим энергосбережение, но не экономию, поскольку стоимость кВт тепловой энергии, произведенного котлом, более выгодна, чем кВт тепловой энергии, произведенный с помощью теплового насоса.

Другими словами, достаточно просто заставить работать системы на тепловом насосе с энергоэффективностью выше той, которая есть у газовых котлов, при меньшем потреблении ископаемых видов топлива и при снижении выбросов CO<sub>2</sub>. С другой стороны, не так же очевидно заставить работать эти системы, получив экономию на годовых затратах на отопление.

Для получения экономии по расходам на управление системами на ТН, следовательно, необходимо внимательное проектирование, которое предусматривало бы рабочую температуру терминалов как можно более низкую, и соответствующую регулировку, чтобы максимизировать COP режима работы.



#### ПРИМЕР

При известных затратах:

Стоимость СКМ газа = 0,70 Евро/СКМ

Стоимость электроэнергии = 0,24 Евро/кВтч эл

По графику находим точку «А», которая соответствует COP СРЕДНЕМУ ФАКТИЧЕСКОМУ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДОСТУПНОСТИ, равному 3,5.

Только при использовании теплового насоса с COP ≥ 3,5 (новая или недавняя модель), сопряженного с хорошо отрегулированной системой, можно получить фактическую экономическую доступность, по сравнению с использованием газового котла.



СТОИМОСТЬ ГАЗА [Евро/скм]	ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КОТЛА										
	0,86	0,88	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98	1	1,02	1,04	1,06
0,20	2,40	2,34	2,29	2,24	2,19	2,15	2,10	2,06	2,02	1,98	1,95
0,25	3,00	2,93	2,86	2,74	2,74	2,68	2,63	2,58	2,53	2,48	2,43
0,30	3,60	3,51	3,44	3,29	3,29	3,22	3,16	3,09	3,03	2,97	2,92
0,35	4,20	4,10	4,01	3,84	3,84	3,76	3,68	3,61	3,54	3,47	3,40
0,40	4,80	4,69	4,58	4,39	4,39	4,30	4,21	4,12	4,04	3,97	3,89
0,45	5,39	5,27	5,15	4,94	4,94	4,83	4,73	4,64	4,55	4,46	4,38
0,50	5,99	5,86	5,73	5,48	5,48	5,37	5,26	5,15	5,05	4,96	4,86
0,55	6,59	6,44	6,30	6,03	6,03	5,91	5,79	5,67	5,56	5,45	5,35
0,60	7,19	7,03	6,87	6,58	6,58	6,44	6,31	6,19	6,06	5,95	5,84
0,65	7,79	7,61	7,45	7,13	7,13	6,98	6,84	6,70	6,57	6,44	6,32
0,70	8,39	8,20	8,02	7,68	7,68	7,52	7,36	7,22	7,07	6,94	6,81
0,75	8,99	8,79	8,59	8,23	8,23	8,05	7,89	7,73	7,58	7,43	7,29
0,80	9,59	9,37	9,16	8,77	8,77	8,59	8,42	8,25	8,09	7,93	7,78
0,85	10,19	9,96	9,74	9,32	9,32	9,13	8,94	8,76	8,59	8,43	8,27
0,90	10,79	10,54	10,31	9,87	9,87	9,66	9,47	9,28	9,10	8,92	8,75

Таблица 2: Стоимость кВтч тепловой энергии (кВтчт), произведенного газовым котлом, в евроцентах



СТОИМОСТЬ кВтч электроэнергии [Евро/кВтч <sub>эл</sub> ]	СРЕДНИЙ ФАКТИЧЕСКИЙ ТН										
	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
0,16	8,00	6,40	5,33	4,57	4,00	3,56	3,20	2,91	2,67	2,46	2,29
0,18	9,00	7,20	6,00	5,14	4,50	4,00	3,60	3,27	3,00	2,77	2,57
0,20	10,00	8,00	6,67	5,71	5,00	4,44	4,00	3,64	3,33	3,08	2,86
0,22	11,00	8,80	7,33	6,29	5,50	4,89	4,40	4,00	3,67	3,38	3,14
0,24	12,00	9,60	8,00	6,86	6,00	5,33	4,80	4,36	4,00	3,69	3,43
0,26	13,00	10,40	8,67	7,43	6,50	5,78	5,20	4,73	4,33	4,00	3,71
0,28	14,00	11,20	9,33	8,00	7,00	6,22	5,60	5,09	4,67	4,31	4,00
0,30	15,00	12,00	10,00	8,57	7,50	6,67	6,00	5,45	5,00	4,62	4,29
0,32	16,00	12,80	10,67	9,14	8,00	7,11	6,40	5,82	5,33	4,92	4,57
0,34	17,00	13,60	11,33	9,71	8,50	7,56	6,80	6,18	5,67	5,23	4,86
0,36	18,00	14,40	12,00	10,29	9,00	8,00	7,20	6,55	6,00	5,54	5,14
0,38	19,00	15,20	12,67	10,86	9,50	8,44	7,60	6,91	6,33	5,85	5,43
0,40	20,00	16,00	13,33	11,43	10,00	8,89	8,00	7,27	6,67	6,15	5,71
0,42	21,00	16,80	14,00	12,00	10,50	9,33	8,40	7,64	7,00	6,46	6,00
0,44	22,00	17,60	14,67	12,57	11,00	9,78	8,80	8,00	7,33	6,77	6,29

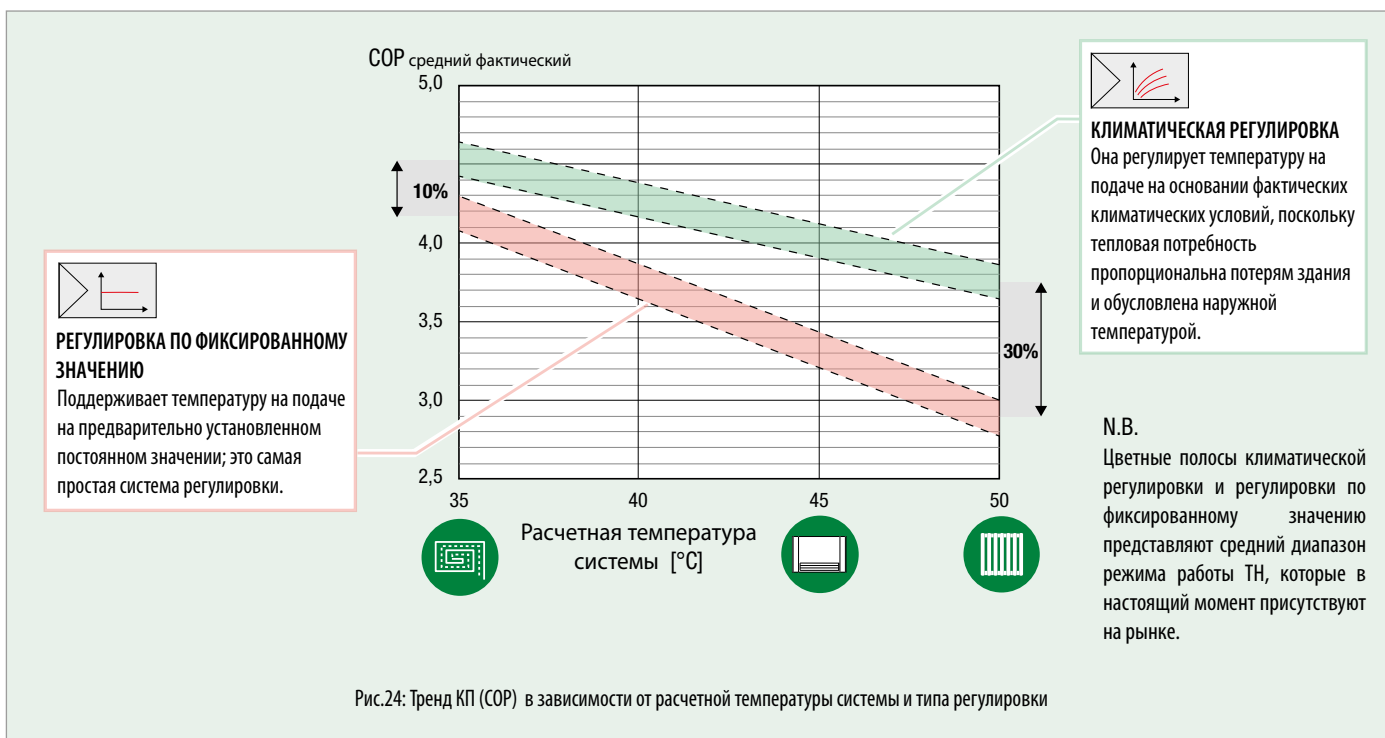
Таблица 3: Стоимость кВтч тепловой энергии (кВтчт), произведенной тепловым насосом в евроцентах (ц Евро/кВтч)

## ВЛИЯНИЕ РЕГУЛИРОВКИ НА КП (COP) СРЕДНИЙ ФАКТИЧЕСКИЙ

КП (COP) режима работы теплового насоса подвержен сильному влиянию температуры внутреннего источника, то есть температуры на подаче в систему отопления. Следовательно, имеет решающее значение проектирование систем, которые были бы способны работать при низкой температуре на подаче, сопряженные с системами регулировки, которые могут сохранять эту температуру как можно более низкой, на основании условий фактической загрузки системы. В итоге, оказывается целесообразным устанавливать температуру на подаче тепловых насосов на основании климатических кривых.

Экономия, которую можно получить, по сравнению с традиционной регулировкой, значительна. На рисунке 24 приведены значения  $COP_{\text{среднего фактического}}$  результаты численного моделирования, для системы на тепловом насосе воздух-вода, при изменении расчетной температуры на подаче и типа регулировки. Данные относятся к типовой климатической ситуации Севера Италии, и речь идет о примере. Как показано на графике, преимущества климатической регулировки по сравнению с регулировкой по фиксированной температуре теплоносителя, настолько более существенны, насколько более высокой будет температура на подаче к терминалам, в расчетных условиях.

Например, при применении тепловых насосов с радиаторами при средней температуре (примерно 50 °C), можно достичь экономии до 30 %; чаще всего без вложений, поскольку большую часть продаваемых тепловых насосов можно отрегулировать с помощью климатических кривых без приобретения дополнительных компонентов.



# ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ И ИТАЛЬЯНСКИЙ КЛИМАТ


Тепловые насосы воздух-вода представляют собой агрегаты с переменными эксплуатационными характеристиками: место, в котором они устанавливаются, определяет различную потребность по теплу и холоду, и влияет положительным или отрицательным образом на эффективность. Климат также влияет на количество потребленной энергии: более жесткий климат с продолжительным зимним периодом определяет большое потребление для отопления. И наоборот, более теплые зоны приводят к увеличению потребления, относящегося к кондиционированию.


Итальянская почва простирается разнородно с Севера на Юг, и можно выделить шесть различных климатических зон:


- A: очень жаркий климат
- B: жаркий климат
- C: мягкий теплый климат
- D: мягкий холодный климат
- E: холодный климат
- F: суровый климат


Различные климатические условия влияют на ряд факторов, которые оказываются определяющими при проектировании систем на ТН.

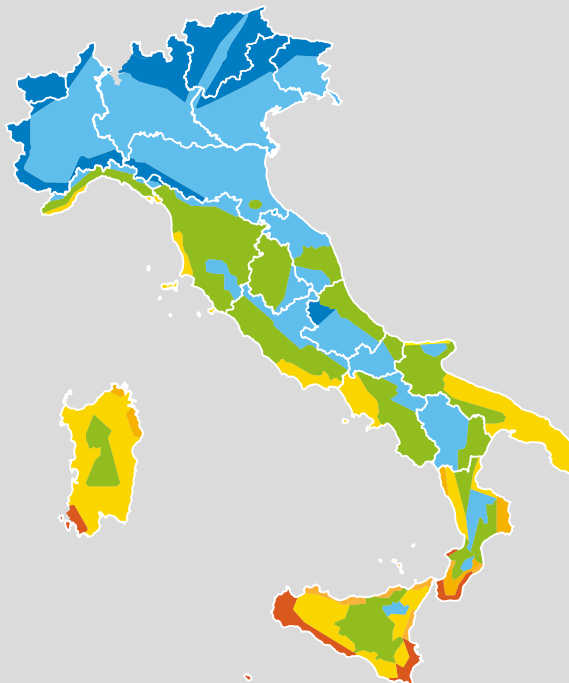
 **COP средний фактический (отопление)** В самых холодных климатических зонах средние эксплуатационные показатели в режиме отопления оказываются скудными, по причине очень низкой расчетной наружной температуры, которая опускается даже до  $-15^{\circ}\text{C}$  в климатической зоне F. И напротив, у тех же самых агрегатов будут намного лучшие эксплуатационные показатели в районе Юга Италии при расчетной температуре  $3-5^{\circ}\text{C}$ .

 **EER средний фактический (охлаждение)** В отличие от COP, на эффективность агрегатов в режиме охлаждения оказывается отрицательное влияние в более теплых местах, таких как те, которые расположены на Юге Италии.

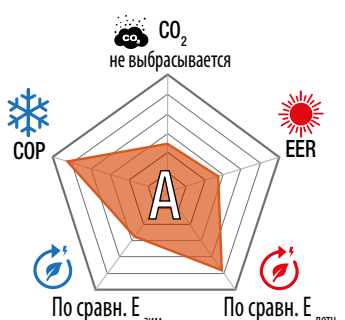
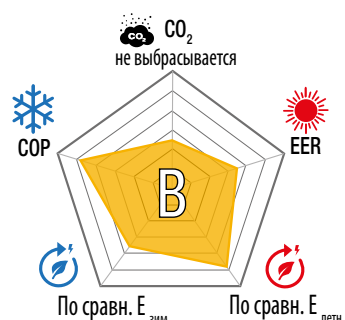
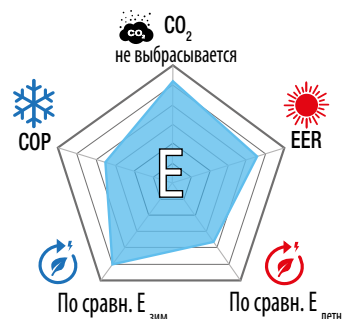
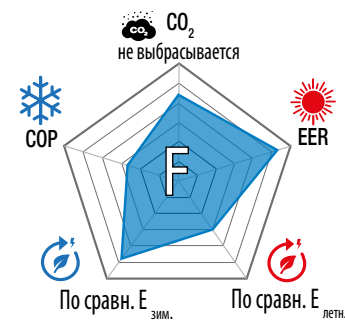
 **Энергоэкономия в режиме отопления** Холодный климат требует большого потребления электроэнергии, которое приводит к высокому энергопотреблению из-за большого количества часов в год, необходимых для отопления. При использовании систем на тепловых насосах воздух-вода, по сравнению с более традиционными системами, такими как котлы, энергосбережение оказывается еще более ощутимым, если данные системы будут включены дольше.

 **Энергосбережение в режиме охлаждения** Тем же самым образом, использование системы на ТН воздух-вода по сравнению с устаревшим ТН воздух-воздух (типовой кондиционер для жилых помещений, бывший в эксплуатации несколько лет назад), обеспечивает значительное энергосбережение, прежде всего, в самых горячих зонах, где они используются непрерывно в течение летнего периода.

 **CO<sub>2</sub> не выбрасывается в окружающую среду** Количество углекислого газа, который выбрасывается в окружающую среду, напрямую связано с использованием системы (время активности) и с его самой эффективностью. Большая концентрация загрязнителей, как CO<sub>2</sub>, обнаруживается зимой, когда системы находятся в режимных условиях работы: поэтому система на ТН воздух-вода, с большой производительностью по сравнению с системами, в которые входит котел, позволит существенно снизить выбросы.



Радиолокационные карты (сбоку): средние рабочие характеристики ТН воздух-вода в разных климатических зонах.



# ХЛАДАГЕНТЫ

Развитие сегмента отопительно-вентиляционных систем претерпело сильное ускорение за последние годы, вследствие введения минимальных ограничений, касающихся эффективности и воздействия на окружающую среду тепловых насосов. В связи с этим были введены особые правила, которые подвигли производителей оценить более экологичные хладагенты, рабочие показатели которых выше показателей хладагентов, применяющихся на текущий момент. В жилищном сегменте традиционно используемые хладагенты, такие как R410A и R134a, необходимо будет заменить на новые с низким воздействием на окружающую среду, такие как газ R32 (семейство фторированных газов) или на газ природного происхождения R290 (пропан).

На сегодняшний день нет явных запретов на тепловые насосы, которые используют R134a или R410A. **Однако, в моно сплит кондиционерах для жилых помещений с загрузкой газа менее 3 кг, будет запрещено использование хладагентов HFC со значениями потенциала глобального потепления (GWP) > 750, начиная с 1 января 2025г.**

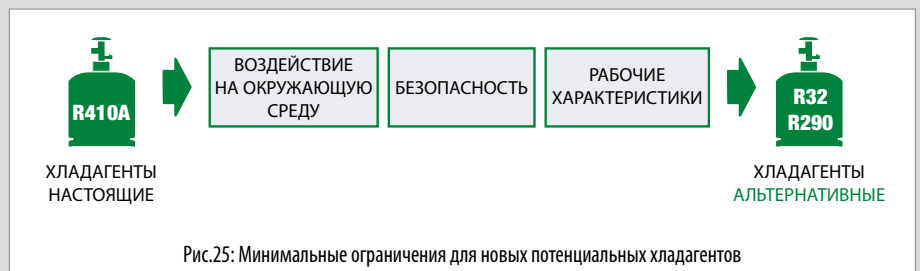
## ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Для оценки относительного воздействия различных парниковых газов на глобальное потепление используются значения Потенциала Глобального Потепления (GWP) (\*1) и значения Озоноразрушающего Потенциала (ODP) (\*2).

Первые холодильные машины были построены с использованием R717 (аммиака), в качестве промежуточной жидкости, в дальнейшем исключенного по причине его токсичности и коррозионной активности, несмотря на то, что он представлял высокую производительность, нулевой GWP и затраты, в некотором роде, низкие, поскольку был легко доступен. Кроме этого, в течение многих лет использовался HCFC (гидрохлорфторуглерод), называемый R22, в настоящее время запрещенный, поскольку его расценивают способным повредить озоновый атмосферный слой (ODP > 0). В настоящее время обращаются, прежде всего, к использованию HFC (гидрофторуглеродов). Однако, все еще открыт поиск новых текучих сред: целью является минимизировать их воздействие на окружающую среду и увеличение их рабочих термодинамических характеристик.

### ПОЛОЖЕНИЕ ЕЭС F-GAS 517/2014

Оно имеет цель обеспечить защиту окружающей среды при усилении и введении особых распоряжений, направленных на сокращение выбросов фторированных парниковых газов (F-gas). Настоящее положение устанавливает ограничения на применение фторированных хладагентов: **запрещает некоторые**



ХЛАДАГЕНТ	ПЛОТНОСТЬ (КГ/М <sup>3</sup> ПРИ 25°С)	ТИП	ПОТЕНЦИАЛ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ (*1)	ОЗОНОРАЗРУШАЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ (*2)
R22	1191	HCFC (ГХФУ)	1810	0,05
R717	603	Природный	0	0
R134a	1202	HFC (ГФУ)	1430	0
R410A	1061	HFC (ГФУ)	2088	0
R32	961	HFC (ГФУ)	675	0
R290	493	Природный	3	0

(\*1) Оценочный индекс, называемый Потенциал Глобального Потепления (GWP) – это безразмерное число, которое измеряет вклад в парниковый эффект хладагента по сравнению со вкладом справочного вещества (CO<sub>2</sub>).

(\*2) ODP (ОРП) – это индикатор, который определяет размер разрушающего эффекта на озон от вещества, в сравнении со справочным веществом (Газ R11).

Таблица 4: Характеристики охлаждающих газов для тепловых насосов в жилых помещениях

**HFC (ГФУ) для определенной продукции/областей применения, вводит систему национальных квот и устанавливает периодический контроль над утечками газа.**

Национальные квоты представляют количество эквивалентного CO<sub>2</sub> (рассчитанное, как произведение между GWP (ПГП) и загрузкой хладагента) и учитывают реальный суммарный парниковый эффект, который они могут вызвать. Эти квоты, в соответствии с Европейским Положением F-Gas, должны постепенно уменьшаться.

Следовательно, приобретают первостепенное значение:

- индекс GWP (ПГП): чем меньше GWP (ПГП), тем больше количество хладагента, который может использовать страна (национальные квоты) (рис. 26)
- плотность газа: чем меньше плотность, тем меньше загрузка хладагента необходимая агрегату (Таблица 4).

## БЕЗОПАСНОСТЬ

### ИСО 817:2014

Данный нормативный акт классифицирует охлаждающие газы на основании уровня безопасности, с помощью аббревиатуры, состоящей из двух или трёх буквенно-цифровых символов (рис. 27). Первый символ обозначает класс токсичности:

- А: обозначает хладагенты, у которых имеется предел воздействия на рабочем месте 400 частей на миллион или выше;
- В: обозначает хладагенты, у которых имеется предел воздействия на рабочем месте ниже 400 частей на миллион.

А второй символ обозначает горючесть, основанную на низшем пределе горючести (LFL), на высвобожденном тепле во время сгорания и на максимальной скорости, при которой может происходить сгорание.

Хладагенты, применяемые в отопительно-вентиляционных системах жилых зданий, характеризуются низкой токсичностью. Однако, многие из альтернативных хладагентов являются горючими или слабо горючими, прежде всего, касательно газа R290. Следовательно, такое условие требует больших инвестиций в плане инженерной безопасности.

Ещё один фактор, который необходимо учитывать, это опасность насыщения воздуха присутствующего в помещении. На рынке существуют нетоксичные, но сильно инертные газы, такие, как тот же самый R410A. Поэтому, бесполезно очень внимательно оценивать соотношение между весом загрузки охлаждающей жидкости агрегата и объемом воздуха, присутствующего в помещении, где располагается данный агрегат.

## РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

При оценке нового хладагента, помимо факторов воздействия на окружающую среду и безопасности, необходимо делать ссылку также и на эксплуатационные параметры, чтобы также оценить их влияние на производительность агрегата.

Параметры, используемые для сравнения двух типов газа, это, конечно же, КП (COP) и EER, подробно рассмотренные на стр. 19.

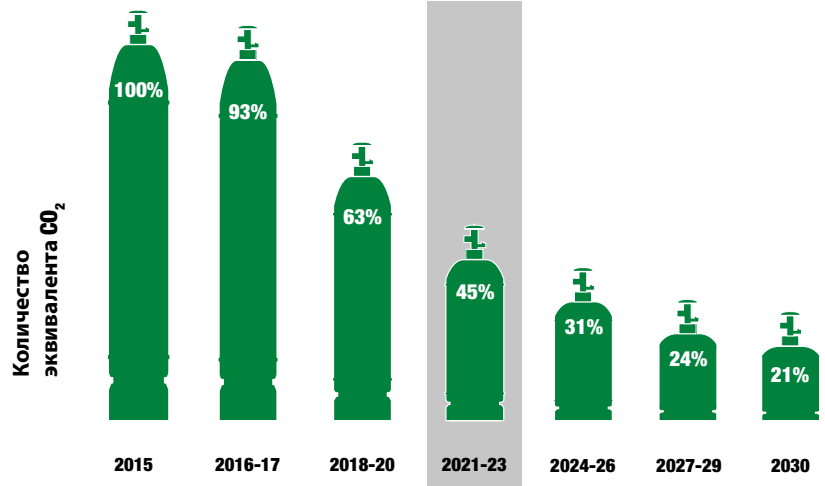


Рис.26: Национальные квоты Положения F-Gas

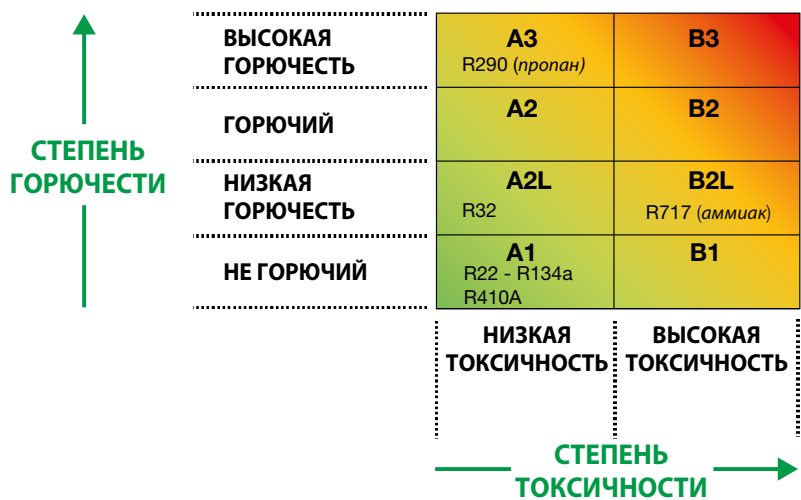


Рис.27: Классификация безопасности охлаждающих газов

### R32 ПРОТИВ R410A

Условный тепловой насос, который использует R410A, в случае неблагоприятных наружных условий, обеспечивает рабочие характеристики подобные новой альтернативе, если температура воды, требуемая для системы, будет ниже примерно 40 °C (система водяного теплого пола). И напротив, ТН, загруженный R32, представляет большие КП (COP), когда отопительным приборам требуется более высокая рабочая температура. Поэтому, R32 является оптимальной альтернативой для работ по инженерной реконструкции, при которых требуется сохранять существующие радиаторы в качестве отопительных приборов.

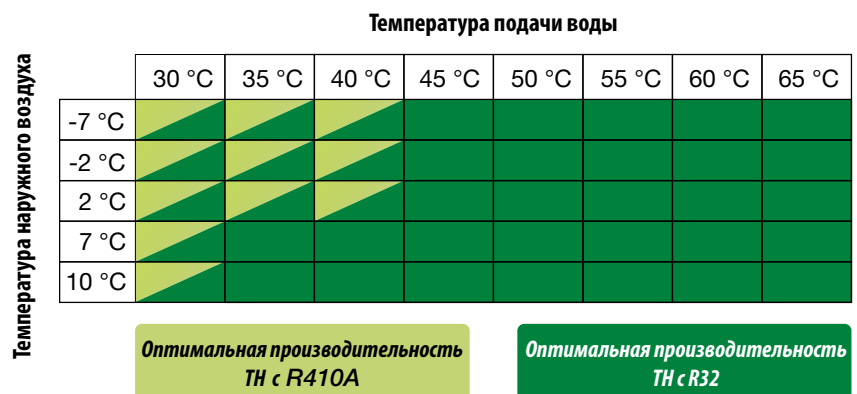


Таблица 5: Оптимальный КП (COP) для газа R410A и газа R32

# СИСТЕМЫ НА ТЕПЛОМ НАСОСЕ ВОЗДУХ-ВОДА

Инженеры Маттиа Томазони и Алессиа Солдарини

## РАСЧЕТ

Основная информация для правильного расчета теплового насоса – это производимая тепловая мощность. Эта мощность не является постоянной, но зависит от тех же самых факторов, которые влияют на КП (COP):

- температура горячего источника (температура на подаче);
- температура холодного источника (температура наружного воздуха);
- количество циклов разморозки;
- коэффициент загрузки.

Влиянием последних двух факторов, с целью расчета тепловых насосов, можно пренебречь, сделав следующие предположения:

1. всегда учитывается произведенная мощность в случае разморозки, неконтролируемого явления, поскольку оно зависит только от условий температуры и влажности наружного воздуха;

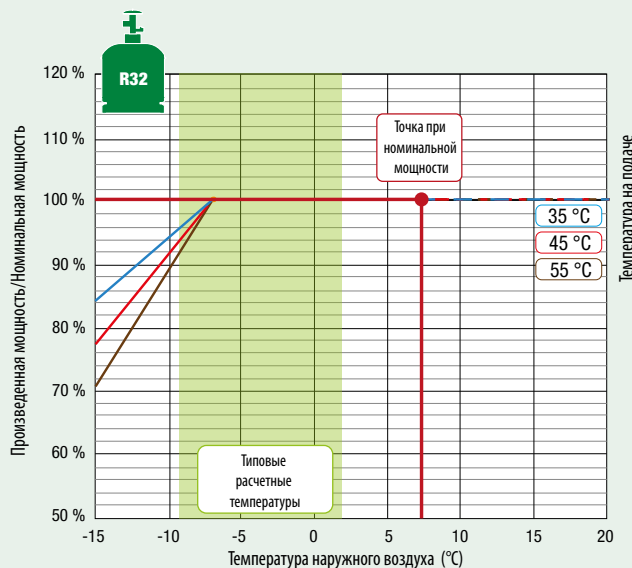
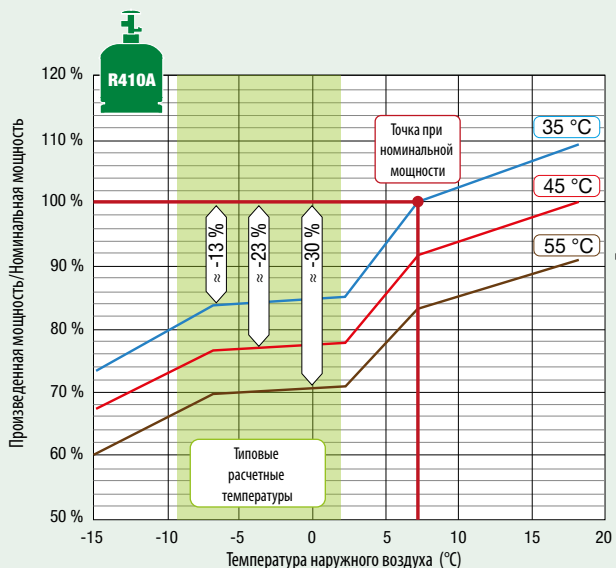
2. принимается коэффициент загрузки, составляющий 100 %, поскольку расчетные условия соответствуют условиям максимального запроса мощности со стороны теплового насоса.

При хорошем округлении, следовательно, мы можем выбрать воздушный ТН на основании произведенной мощности при изменении температуры горячего источника (подача в систему) и температуры холодного источника (наружный воздух). Данные для расчета обычно доступны в технических паспортах, поставляемых производителями, и приводятся в форме таблиц или номограмм, и являются специфическими для каждого агрегата. Однако, с целью общего обсуждения, мы можем резюмировать тренд мощности, произведенной ТН воздух-вода на графиках, приведенных на рис. 28.

Первый график относится к ТН с газом R410A, а второй – к агрегатом с загруженным газом R32.

По графикам легко заметить, как **номинальная мощность, указанная в технических данных**, которая обычно относится к условиям температуры наружного воздуха в 7 °C и температуре на подаче воды, составляющей 35 °C (точка при номинальной мощности: A7W35), **может ощутимо отличаться от мощности, произведенной агрегатом при расчетных условиях**. Кроме этого, как можно заметить из графиков, ТН с газом R410A представляют производство тепловой мощности, которое намного больше подвержено влиянию наружной температуры и температуры на подаче, по сравнению с агрегатами с загруженным газом R32, в которых произведенная мощность оказывается стабильной до температуры -7 °C.

При выборе теплового насоса воздух-вода, кроме этого, очень важно избегать избыточного расчета, который может привести к отрицательным аспектам, а именно:



Мощность, произведенная ТН с загруженным газом R410A, оказывается, в некотором роде, подвержена влиянию, как температуры наружного воздуха, так и температуры воды на подаче. Выделяется снижение мощности, которая меняется от 15 до 30%, оказываясь постоянной также в диапазоне типичных расчетных температур.

Напротив, ТН с загруженным газом R32 представляют произведенную мощность с небольшой зависимостью, как от температуры холодного источника, так и от температуры горячего источника со стороны системы. Тепловая мощность, произведенная этими ТН, остается почти постоянной до температуры воздуха от -5 до -7°C.

Рис.28: Тренд мощности, произведенной ТН воздух-вода с газом R410A и с газом R32

- ощутимо большим затратам на установку;
  - снижению эффективности;
  - высокому потреблению электроэнергии.
- По этой причине, мы рассмотрим три возможных метода расчета тепловых насосов, представив их преимущества, возможные риски и стратегию для их минимизации.

## РАСЧЕТ НА ОСНОВАНИИ ПРОЕКТНЫХ ДАННЫХ

Он предусматривает выбор теплового насоса на основании необходимой тепловой мощности необходимой в проектных условиях здания. Процедура требует анализ кривых мощности агрегата (из таблиц и графиков, поставляемых производителем) и выбор того, который развивает мощность равную или превышающую мощность, требуемую проектом.

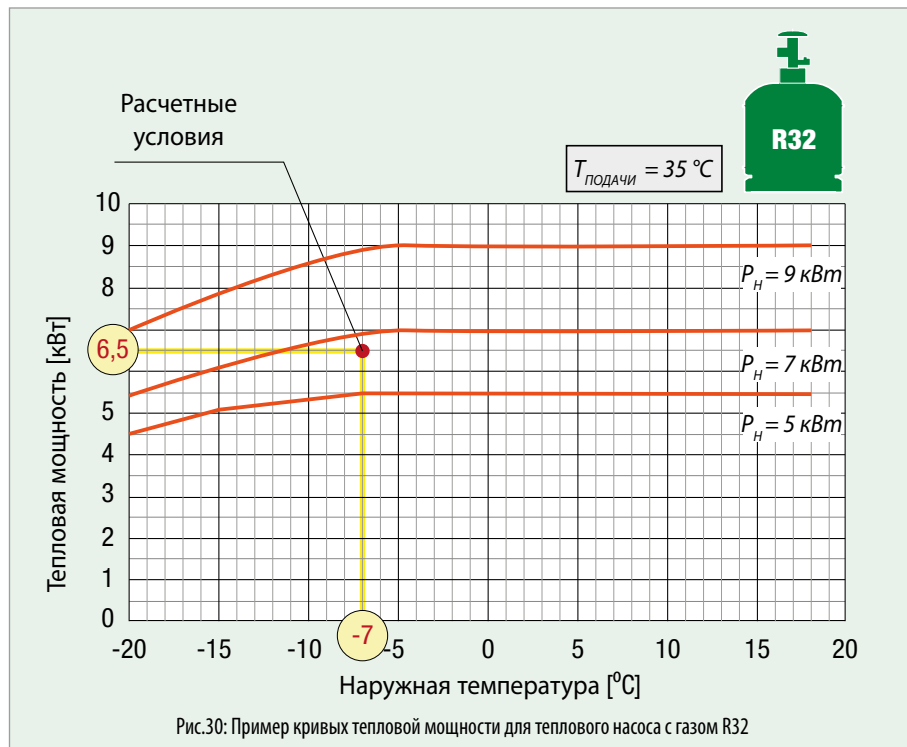
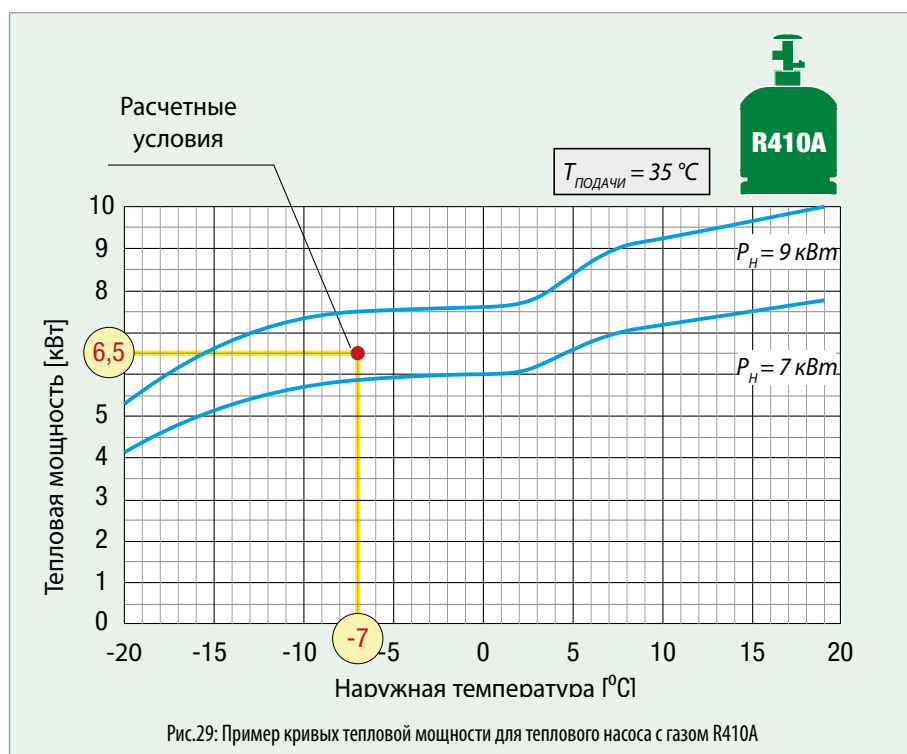
Данная процедура расчета оказывается самой консервативной и приводит к выбору генераторов слегка с избытком, этот факт усилен скачками коммерческих типоразмеров агрегатов.

Например, приняв к рассмотрению кривые мощности **ТН, который использует газ R410A** (рис. 29) и следующие проектные данные здания:

- необходимая тепловая мощность = 6,5 кВт
  - наружная температура =  $-7^{\circ}\text{C}$
- приходим к выбору теплового насоса с **номинальной мощностью 9 кВт**. Генератор с номинальной мощностью, составляющей 7 кВт, оказался бы, действительно, слегка избыточным.

Те же самые расчетные данные в сочетании с **тепловым насосом, который использует газ R32** (рис. 30) позволяют выбрать агрегат с **номинальной мощностью, составляющей 7 кВт**, меньшей модели по сравнению с той, которая была выбрана с газом R410A.

Переход с одной мощности на другую, в тепловых насосах бытового исполнения, может существенным образом оказывать воздействие на потребление электроэнергии агрегатов и на стоимость



электрооборудования (обратитесь к разделу «Однофазная или трёхфазная система?» на стр. 48). В том случае, когда проектные условия оказываются в промежуточном положении между двумя различными показателями мощности (как

в случае на рис. 29), следует рассмотреть иной метод расчета, который учитывает реальную кривую мощности здания или его теплоёмкость.

## РАСЧЕТ НА ОСНОВАНИИ РЕАЛЬНОЙ КРИВОЙ ТРЕБУЕМОЙ МОЩНОСТИ

При реальном потреблении в жилых помещениях имеется долевая часть энергии, которая не предоставляется системой отопления и которая высвобождается от обычного использования электробытовых приборов и освещения, от людей, которые живут в таких помещениях и от солнечного излучения. Бесплатный вклад этих тепловых нагрузок очерчивает разницу между кривой реальной мощности и кривой теоретической мощности, требующейся зданию, в соответствии с типовым трендом, который приводится на рисунке 31.

В проектных условиях вклад бесплатных источников тепла достаточно ограничен (прежде всего, потому что резко уменьшает компонент, относящийся

к солнечному излучению), но может расцениваться в диапазоне от 0,5 до 1,5 кВт. При учете бесплатных тепловых нагрузок можно, в итоге, рассчитать ТН, учитывая реальную тепловую мощность ( $P_{\text{реальная}}$ ), то есть, расчетную мощность ( $P_{\text{расчетная}}$ ) за вычетом бесплатных нагрузок, присутствующих в этих условиях ( $P_{\text{бесплатная}}$ ).

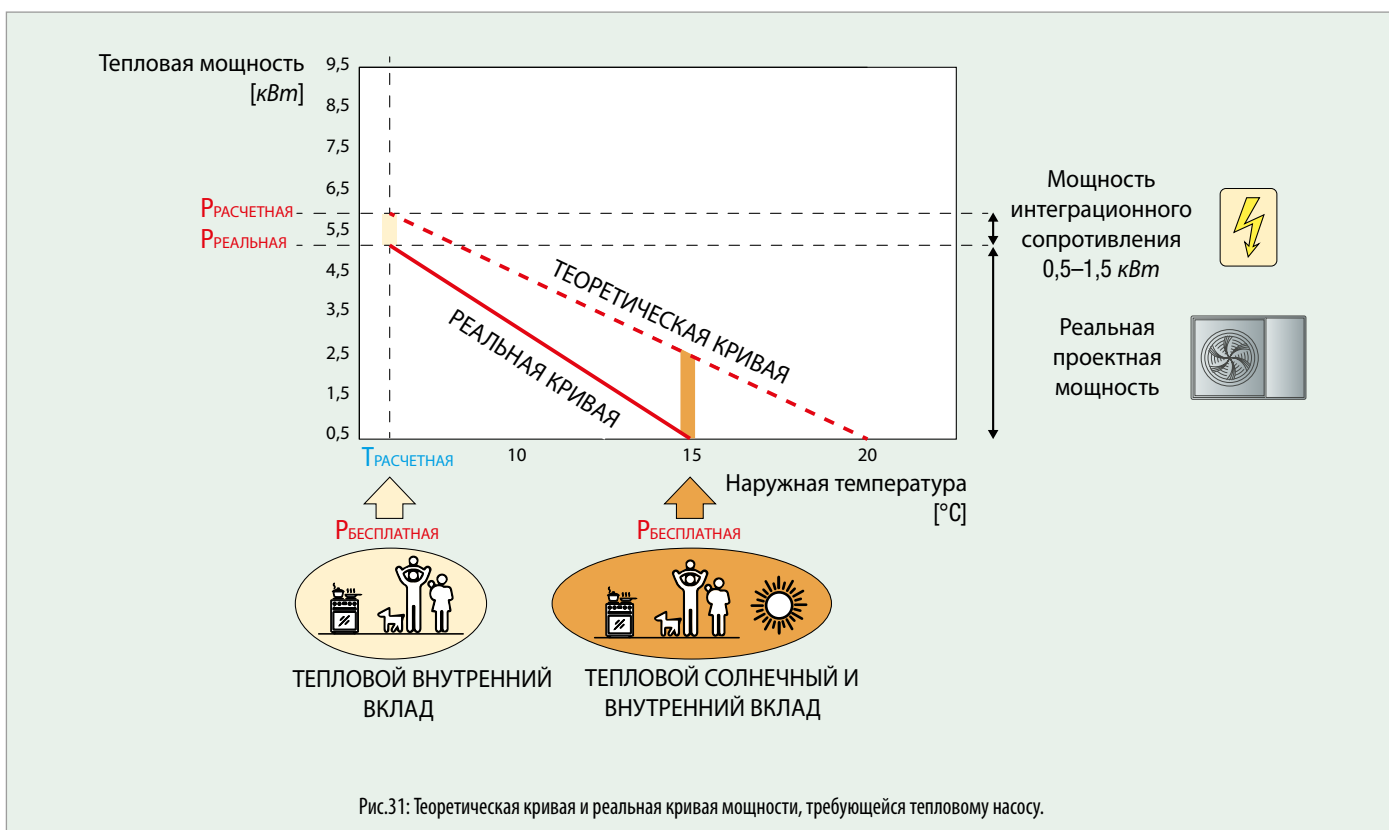
Реальная расчетная мощность

$$P_{\text{реальная}} = P_{\text{расчетная}} - P_{\text{бесплатная}}$$

Формула 6

При переходе к этому типу расчета хорошо предусмотреть интеграционное электрическое сопротивление: в исключительных случаях обнуления бесплатного вклада (внутренний тепловой вклад) можно интегрировать

мощность насоса с помощью включения сопротивления. Эта мера не будет создавать нагрузку на систему электропитания, если будет срабатывать редко. Следовательно, оказывается крайне важным не переоценивать вклад от бесплатных источников с целью как можно большего ограничения срабатываний аварийного сопротивления, которые требуют высоких энергетических затрат ( $\text{КП} (\text{COP})=1$ ) и, поэтому, отрицательно влияют на общую производительность тепловой системы.



## РАСЧЕТ ПРИ УЧЕТЕ ТЕПЛОЁМКОСТИ

Более продвинутый метод по сравнению с предыдущими методами основывается на концепции, что современные жилые помещения, или помещения, недавно реконструированные, характеризуются высокой тепловой инерцией, которой благоприятствуют все те работы, позволяющие поддерживать тепло внутри стен в течение длительного времени (подумайте, к примеру, об изоляции «в рубашке»).

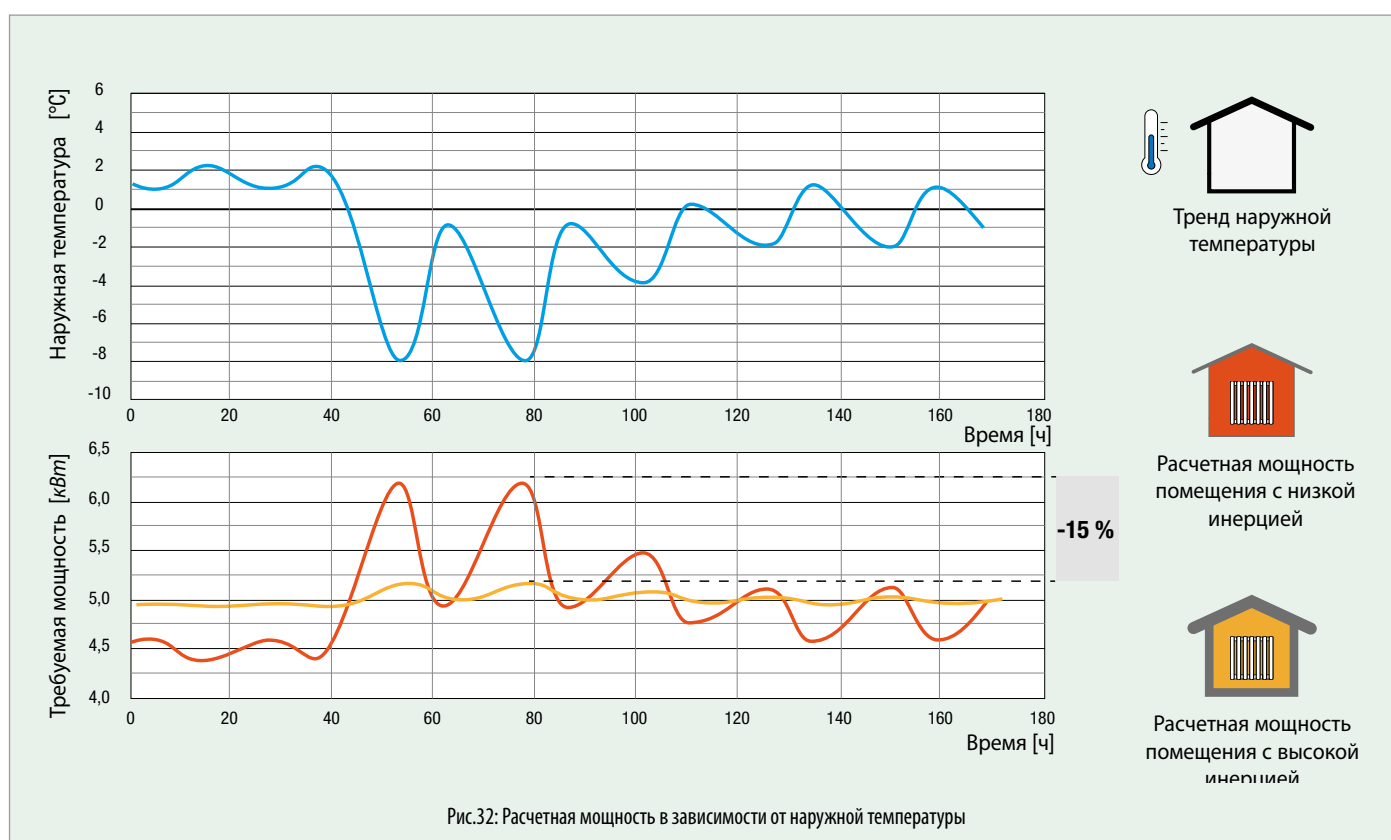
Тепловая инерция конструкции очень похожа на действие батареи: в течение самых горячих часов конструкции накапливают тепло, поставляемое системой, чтобы впоследствии высвободить его в течение самых холодных часов. Таким образом, достигается эффект демпфирования пиков мощности, благодаря снижению

максимальной мощности, требующейся теплогенератору.

Типовой эффект инерции показан на рисунке 32, где смоделирован тренд требующейся мощности в течении недели при температурах сравнимых с расчетной температурой ( $-7^{\circ}\text{C}$ ). Кривые показывают тренд мощности требуемой для сохранения внутри жилого помещения температуры  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , соответственно для жилого помещения с низкой инерцией и жилого помещения с высокой тепловой инерцией. Как можно заметить, жилое помещение с низкой инерцией (которому требуется только 6,5 кВт мощности) представляет пики мощности, требуемой генератору, сравнимые с расчетной мощностью; и, напротив, в доме с высокой тепловой инерцией, мощность, требуемая генератору, снижена на 15 %.

Расчет, который учитывает теплоемкость конструкции, динамического типа и осуществляется при помощи соответствующих расчетных программ, которые учитывают поведение оболочки здания при изменении наружной температуры и системы, сопряженной с ним.

Прежде всего, данный метод расчета применяется для оптимизации расчета системы в жилых помещениях с высокими энергетическими эксплуатационными характеристиками. Это ценный метод для объектов, на которых система отопления используется непрерывным способом. Действительно, в случае отключения системы в ночное время (как происходит, например, в зданиях административного назначения), значительно снижается эффект демпфирования пиков мощности, благодаря инерции самого здания.



## ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМА РАБОТЫ

Помимо генератора, в системах на тепловом насосе необходимо правильно рассчитать также все компоненты системы. По этой причине важно знать и оценивать все параметры режима работы, а именно, расход воды и рабочие температуры.

### РАСХОД ВОДЫ

**Номинальный расход** относится обычно к среднему тепловому перепаду (примерно 5 °С) между входом и выходом из испарителя.

**Максимальный допустимый расход** – это расход, который предоставляет минимальный тепловой перепад (примерно 3 °С), а **минимальный расход** – это расход соответствующий максимальному тепловому перепаду (примерно 8 °С).

Если расход воды недостаточный (ниже минимального расхода), температура испарения оказывается слишком низкой; такое условие вызывает срабатывание предохранительных устройств и отключение генератора с возможным образованием льда в испарителе и последующие серьезные повреждения охлаждающего контура.

Присутствие минимального расхода воды в контуре системы устанавливается датчиком потока: когда он опускается ниже предела, указанного производителем, устройство подает аварийный сигнал на агрегат, чтобы отключить режим работы и предотвратить возможные повреждения.

### РАБОЧИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

В **режиме отопления** тепловые насосы обычно **работают при рабочей температуре оптимальной для технической воды, 35 °С** (сторона системы) и доходят до производства **горячей санитарно-технической воды при температуре в диапазоне от 50 до 60 °С**. Необходимо учитывать еще один момент, это производительность теплового насоса, чем выше требуемая температура, тем меньше будет его КП (COP). В итоге,

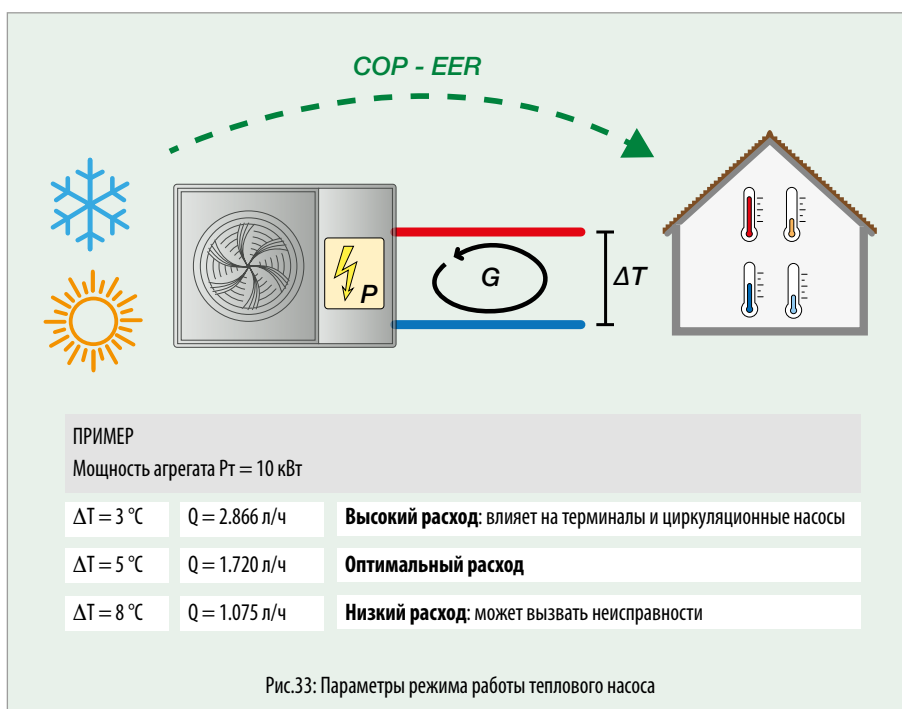


Рис.33: Параметры режима работы теплового насоса

необходимо найти компромисс между температурой производства горячей воды в котельной, которая должна быть как можно более низкой, и температурой на подаче, востребованной терминалами, которая, наоборот, должна быть как можно более высокой. Следовательно, иногда, оказывается необходимо рассчитывать с избытком излучающие (отопительные) системы, чтобы они работали на более низкой температуре по сравнению с номинальной температурой. Эту операцию необходимо выполнять, учитывая компромисс между добавочными затратами, производительностью генератора и физическими ограничениями, связанными с максимальными рабочими температурами.

Кроме этого, пока будет можно уменьшать температуру производства технической воды, для увеличения рабочих характеристик агрегатов, необходимо, в то же время, учитывать возможную потерю температурно-влажностного режима при использовании терминалов на более низкой температуре, чем стандартная. Например, в случае вентилконвекторов стоит заставить их работать при температуре на подаче выше 40 °С, чтобы не вызвать ситуации недостаточного температурно-влажностного режима: в противном случае, люди воспримут

ощущение холодного воздуха на собственной коже (температура тела составляет примерно 36 °С).

В **режиме охлаждения** обычно **минимальная температура**, при которой производится охлажденная вода, составляет 7 °С. Однако, при исполнении, отличающемся от стандартного, можно производить техническую воду также при 5 °С.

В летний период производительность агрегата (EER) будет оказываться меньшей, чем ниже будет температура производства охлажденной воды, по аналогии с тем, что происходит в зимнее время года. Кроме этого, агрегаты обладают физическим ограничением достижимой температуры, которое устанавливает производитель, который позволяет предотвратить замерзание теплообменников самих холодильных установок. Такое препятствие можно преодолеть только при смешивании этиленгликоля с водой и изменяя, таким образом, тепловые свойства текучей среды. Однако возможно увеличить **максимальную температуру** на подаче до больших значений, до 15-18 °С, интегрировав систему охлаждения влагопоглотителями, как происходит для отопительных систем.

## ЦИКЛ РАЗМОРАЖИВАНИЯ

В тепловых насосах воздух-вода, в определённых условиях режима работы, охлаждающий газ, присутствующий в испарителе, оказывается на 10-15 °С холоднее наружного воздуха. Во время работы агрегата в режиме отопления испаритель забирает тепло у воздуха и, в тот момент, когда температура снизится ниже точки выпадения росы, произойдет выпадение конденсата из влажного воздуха, находящегося в контакте с батареей.

Конденсат, при температуре от -5 °С до +7 °С, преобразуется в иней: это явление значительно снижает расход воздуха, который проходит через батарею агрегата, с последующими ограничениями в режиме работы. Рабочие характеристики теплового насоса значительно снижаются, но не его потребление электроэнергии, поскольку агрегат продолжает работать. Кроме этого, чем больше влажность, содержащаяся в воздухе, тем больше количество конденсата, который может преобразоваться в иней.

Чтобы тепловой насос мог продолжать работать эффективным образом, необходимо регулярно проводить размораживание (называемое также «defrost» или «defrosting»). Во время размораживания цикл хладагента одновременно обращается через четырёхходовой клапан обратного цикла для усиления перехода ТН от режима отопления к охлаждению. Это позволяет забрать на короткий срок тепло у воды системы для его направления на испаритель (батарея обмена с наружным воздухом). По этой причине, во время размораживания необходимо обеспечить тепловому насосу минимальный расход, сопряженный с определенным содержанием воды в системе. Эти параметры всегда указывает производитель.

Тепловой насос, чтобы запустить размораживание, автоматически обнаруживает состояние замерзания батареи наружного блока с помощью:

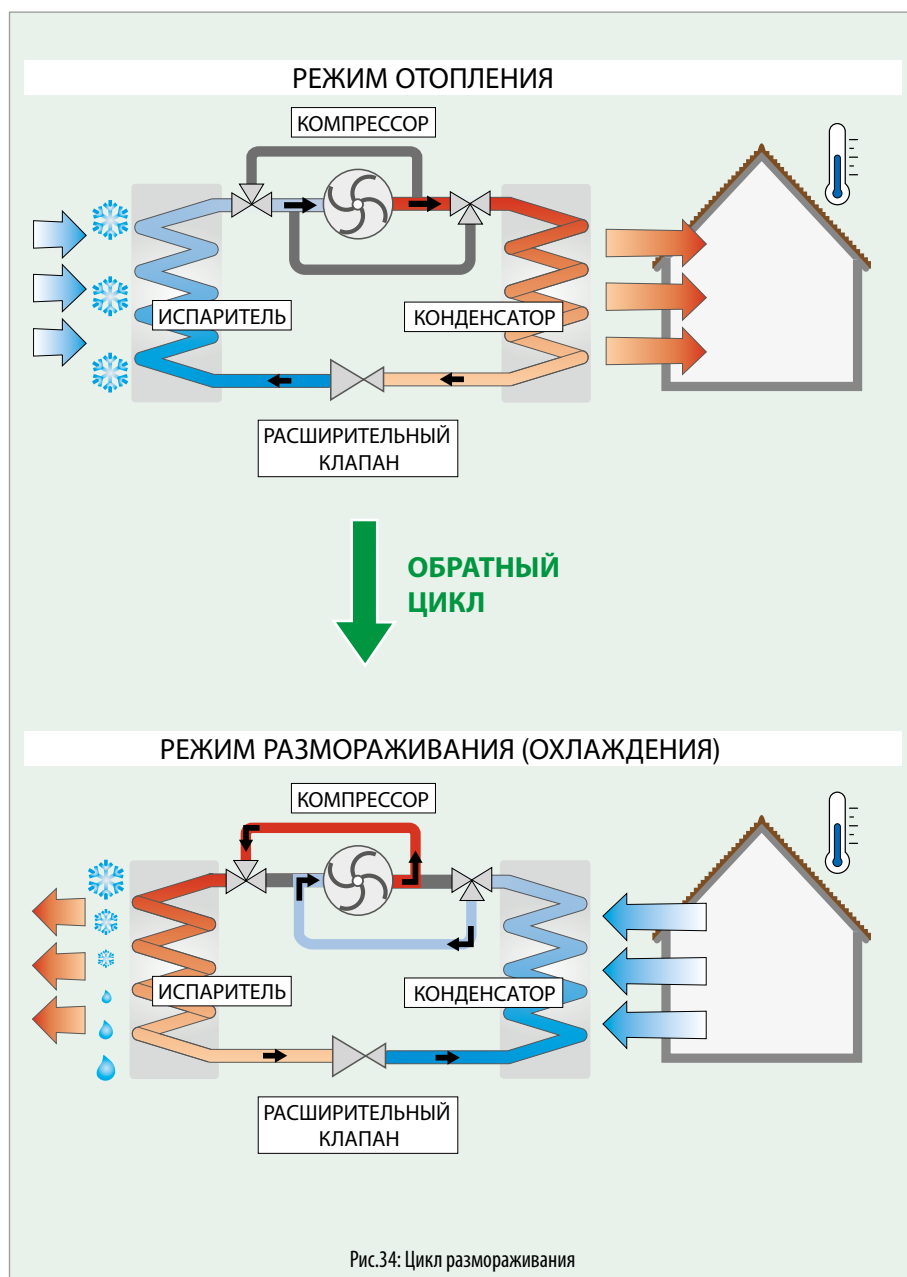


Рис.34: Цикл размораживания

1. таймера, который меняет цикл через фиксированные промежутки времени на основании наружной температуры, измеренной датчиком.
2. системы совершенного управления, которая следит за потоком и температурой наружного воздуха и точечными условиями испарителя (состояние замерзания).

Второй метод является более эффективным, поскольку позволяет предотвратить бесполезное замерзание. Однако, некоторые производители предпочитают первый метод, поскольку он более простой и менее затратный

с точки зрения реализации.

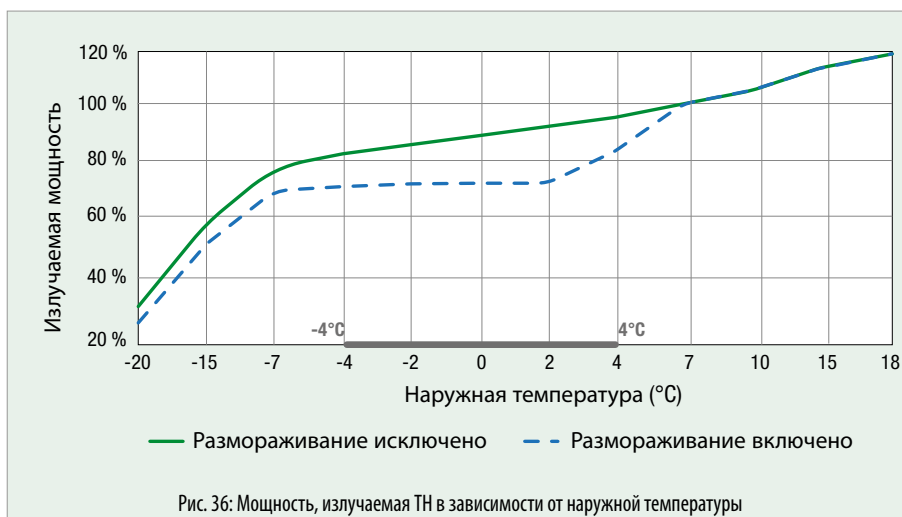
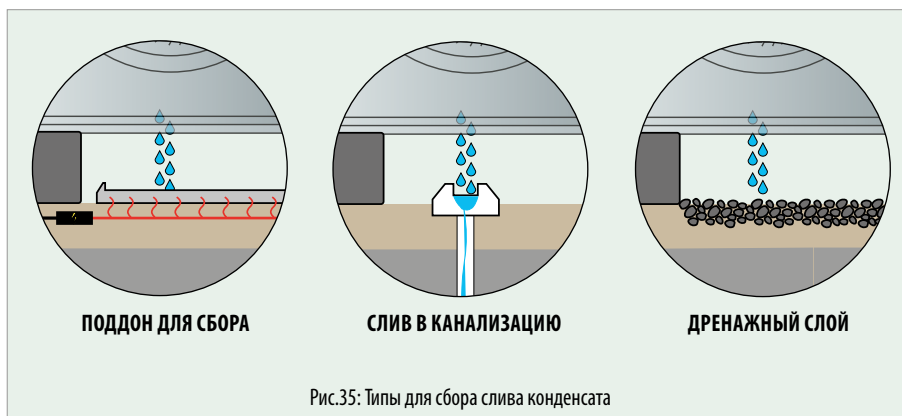
Во время размораживания вода, полученная от растапливания инея, вытекает из слива, расположенного на дне наружного блока; поэтому, хорошо предотвратить её замерзание с помощью системы слива и сбора сточных вод. Можно предусмотреть поддон для сбора с обогревающим электрокабелем, или направить напрямую слив в канализацию. Наконец, можно также использовать слой гальки для дренажа воды, при сохранении минимального расстояния между почвой и агрегатом (рис. 35).

Размораживание отрицательно влияет на рабочие характеристики ТН, поскольку часть мощности, разработанной охлаждающим циклом, используется для размораживания наружной батареи, а не передается жидкости. Действительно, по сравнению с номинальными рабочими характеристиками, во время размораживания возникает:

1. снижение КП (COP);
2. снижение излучаемой тепловой мощности.

Эти два явления настолько более очевидны, насколько более часто возникают условия, которые определяют образование льда на наружной батарее (низкие наружные температуры и высокая абсолютная влажность). Наихудшее сочетание этих двух факторов встречается при диапазоне температур от  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Явление размораживания не может быть противопоставлено, поскольку оно зависит только от термогигрометрических условий наружного воздуха. Однако, его необходимо учитывать при выборе и расчете тепловых насосов, прежде всего, когда расчетная температура наружного воздуха попадает в область, наиболее затронутую этим явлением. С этой целью, производители приводят в технической документации специальные графики с рабочими характеристиками



## ОТКУДА БЕРЕТСЯ ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ ДЛЯ ЦИКЛА РАЗМОРАЖИВАНИЯ?

Цикл размораживания требует количество тепловой энергии, которая, на основании инженерного исполнения, которое принимается, можно вычесть у контура отопления на потребителя, или от промежуточного бака.

### Система с высокой инерцией

При наличии системы с достаточной тепловой инерцией можно временно охладить воду, содержащуюся в трубопроводах, при сохранении хорошего режима работы агрегата без потерь температурно-влажностного режима для потребителя (рис. 37).

Необходимо проектировать часть контуров системы отопления всегда в рабочем режиме. Например, в небольшом жилом помещении, типа двухкомнатной квартиры, предпочтительно регулировать систему напрямую, с помощью включения и отключения теплового насоса, без каких-либо отсекающих или регулирующих устройств между агрегатом и излучающими терминалами (типа электротепловых приводов на контурах отопительных панелей).

### Система с низкой инерцией

При наличии системы с низкой тепловой инерцией (например, системы на вентилоконвекторах) или в случае, когда полезный расход ниже минимального расхода, требуемого производителем, необходимо отделить первичный контур (контур теплового насоса) от вторичного контура (распределительный контур на потребителей) с помощью перепускного клапана или гидравлического разделителя (рис. 37).

Если используется перепускной клапан, то крайне важно установить промежуточный бак на трубопроводе обратки первичного контура. В качестве альтернативы, можно подсоединить тепловой маховик, как гидравлический разделитель. Последнее решение позволяет обеспечивать непрерывное отопление жилых помещений в режиме размораживания, благодаря накопленному теплу.

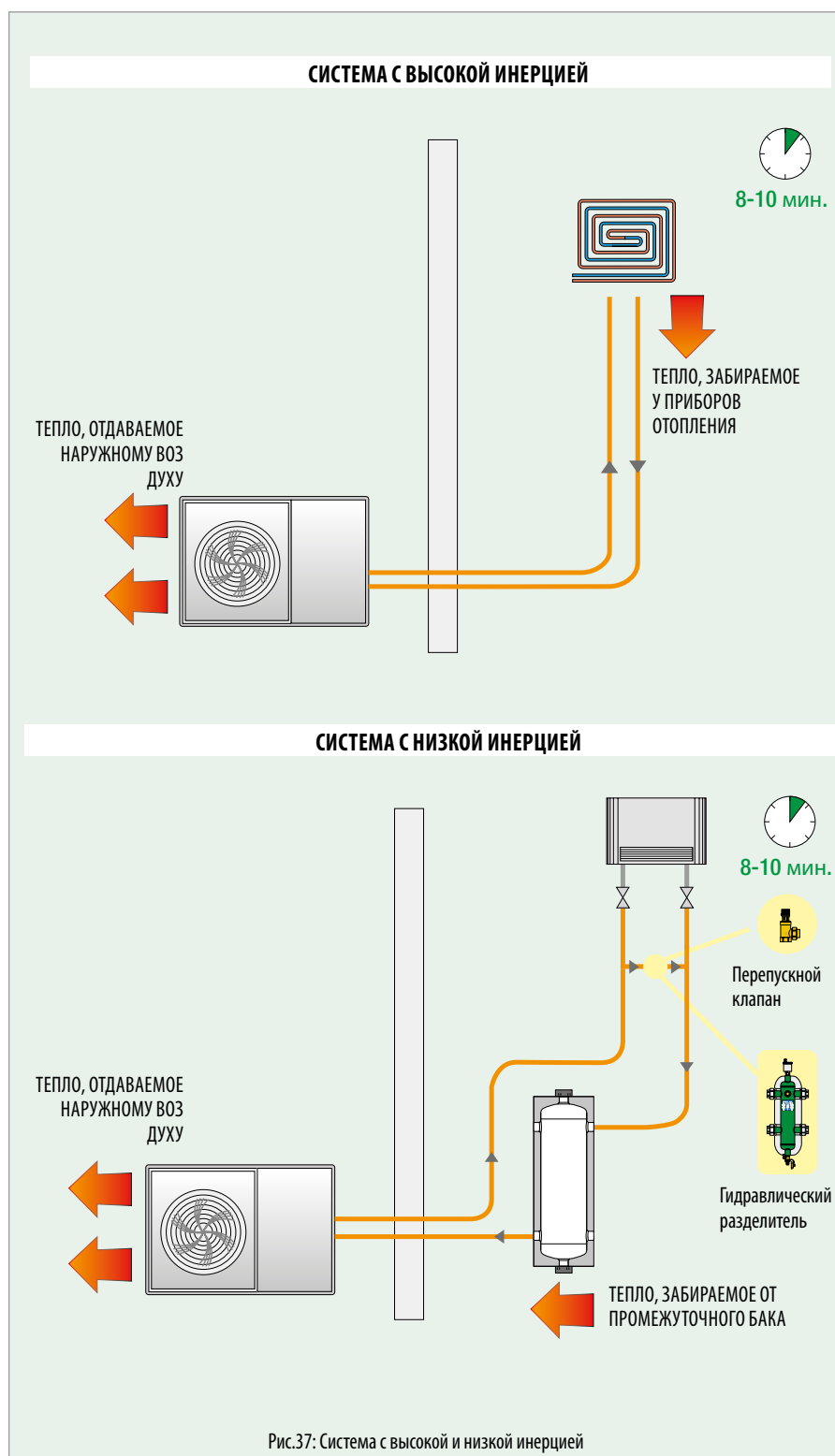


Рис.37: Система с высокой и низкой инерцией

# ПРОИЗВОДСТВО ГОРЯЧЕЙ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ

**У тепловых насосов обычно нет достаточных мощностей для проточного производства горячей санитарно-технической воды..** По этой причине, производство должно происходить с помощью накопительных систем. До тех пор, пока температура на подаче во время производства горячей санитарно-технической воды не сможет быть слишком высокой, как из-за физических ограничений, так и во избежание слишком низкой производительности, необходимо уделять особое внимание при проектировании. Водонагреватель для ГВС, рассчитанный для теплового насоса, требует большей ёмкости и большей поверхности теплообмена по сравнению с котлом. Кроме этого, он должен быть способен удовлетворять весь запрос на горячую санитарно-техническую воду в пиковый период, поскольку для загрузки накопительного бака требуется относительно долгий период времени, по причине ограниченной доступной мощности.

**Объём хранимой воды** должен быть **обильным**, чтобы дать возможность накапливать воду при температуре в диапазоне от 45 °С до 50 °С. Однако, каждый дополнительный градус температуры, который требует тепловой насос, снижает её эффективность примерно на 3 %.

**Теплообменник необходимо рассчитывать с запасом** по сравнению с теплообменником, сопряженным с котлом, для ограничения разницы между температурой ГВС и температурой технической воды. Кроме этого, теплообменники небольших размеров увеличивают время ввода в режимные условия работы водонагревателя, задерживая на большой период времени агрегат от функции отопления.

Накопительный бак должен быть снабжен **хорошей изоляцией** для как можно большего снижения теплопотерь и обеспечения высокой экономии расходов на управление.

Водонагреватель, обычно, снабжен погружным змеевиком с большой поверхностью теплообмена. Такая система может нагревать бак с горячей санитарно-технической водой до комфортных температур только от рабочего режима агрегата, либо с помощью резервного электронагревателя, для достижения более высокой температуры. Водонагреватель может быть наружным или встроенным в модуль ТН.

Существуют также модели теплового насоса, которые, с целью дополнительной оптимизации теплового обмена, используют накопительный бак для технической воды и наружный пластинчатый теплообменник для проточного производства горячей санитарно-технической воды. Тепло не хранится в питьевой воде, а в баке с технической водой, в котором температурная стратификация обеспечивает производство ГВС. При таком решении питьевая вода мгновенно нагревается через теплообменник из нержавеющей стали, оставаясь гигиенически незагрязненной.

Производство ГВС происходит при отклонении потока воды из системы с помощью трёхходового клапана. Управление им доверено теплому насосу, поскольку агрегат, помимо выполнения обмена, должен повышать свою температуру на подаче и инвертировать цикл, в случае производства охлажденной воды. Когда производство ГВС поручается наружному водонагревателю, отклонение может выполняться трёхходовым клапаном, внутренним в агрегате или наружным (рис. 38). В любом случае, клапан управляется электроникой теплового насоса, которая измеряет температуру водонагревателя с помощью соответствующего датчика.

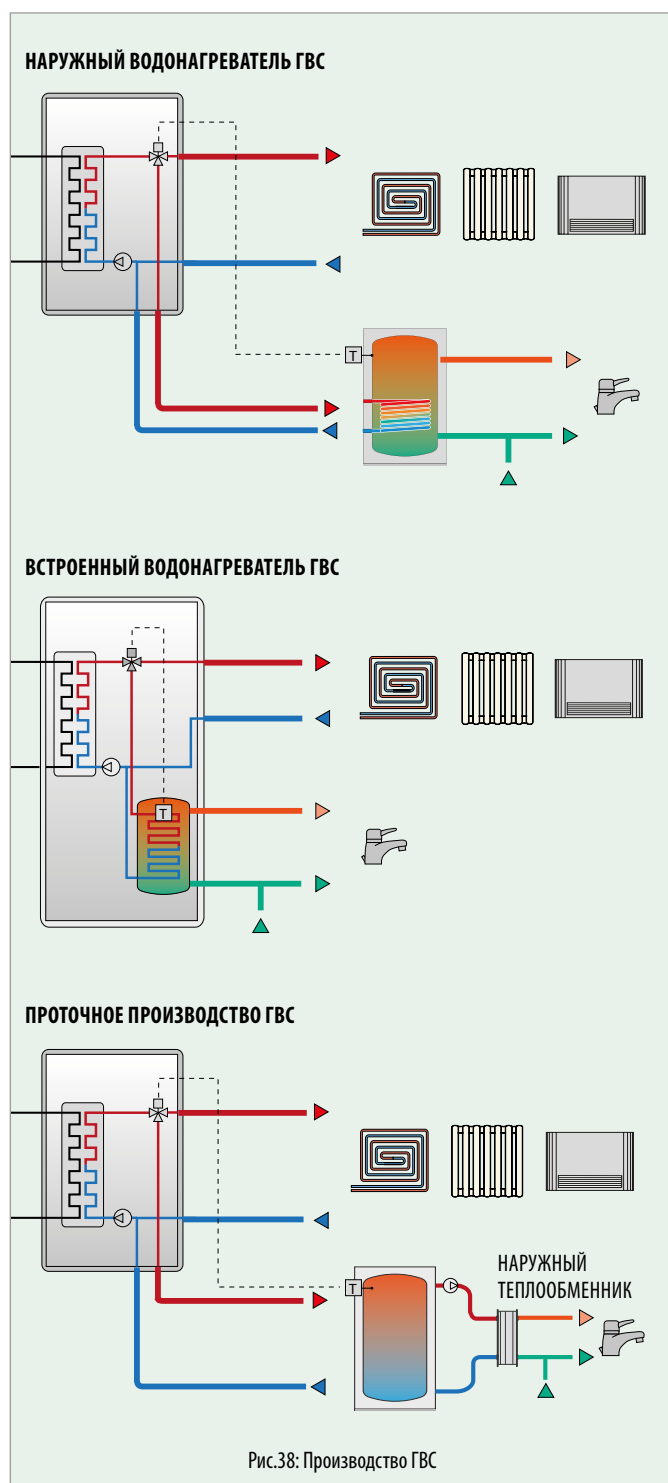
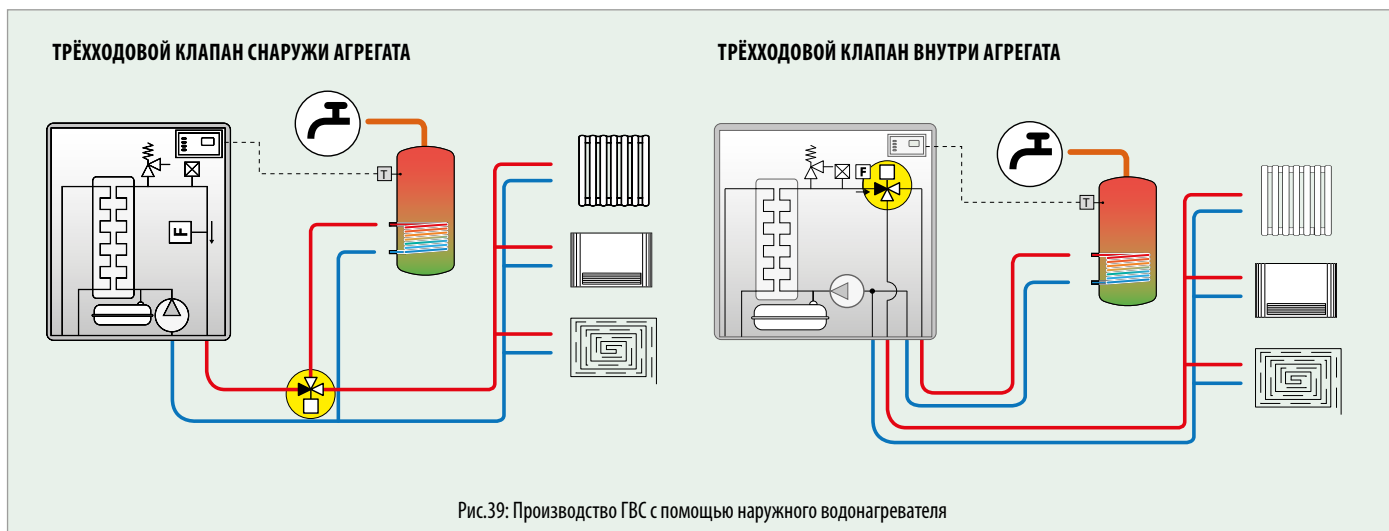


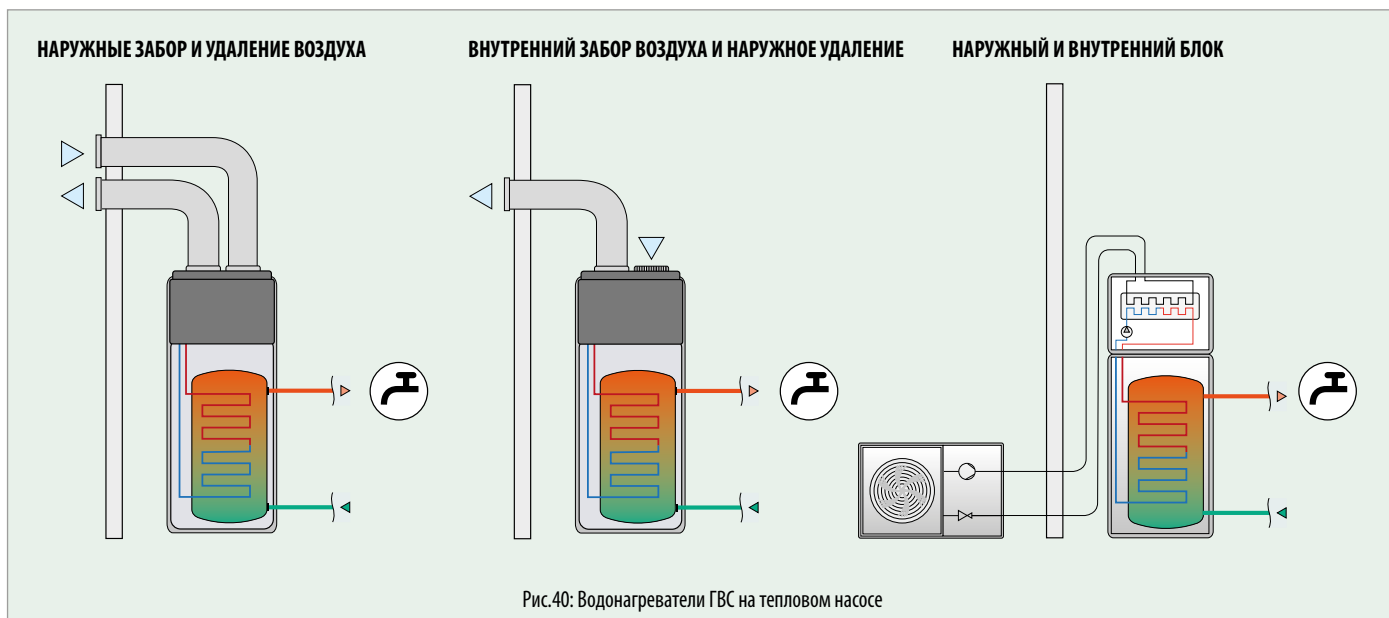
Рис.38: Производство ГВС

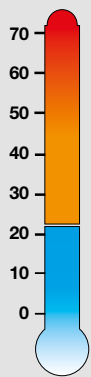


Наконец, в некоторых областях применения удобно сохранять производство ГВС отдельно от производства отопления. Это может происходить: при реконструкции (где есть ограничение от существующей разводки ГВС), в централизованных системах с автономным производством горячей санитарно-технической воды или в системах на ТН (например, воздух-воздух) без производства ГВС. В этих случаях существуют **водонагреватели на тепловом насосе воздух-вода**.

Они могут работать с помощью двух воздуховодов, направленных наружу (забор и удаление воздуха), либо с использованием воздуха помещения, как забор воздуха, чтобы потом удалить этот воздух, по воздуховоду, наружу. Существуют также модели, снабжённые наружным и внутренним блоком (двухсекционные).

Водонагреватель на тепловом насосе воздух-вода, хотя и представляет высокую закупочную стоимость, позволяет предотвратить переключение с холодного на горячее, во время режима охлаждения, увеличивая, таким образом, производительность агрегата.





## ЗАЩИТА ОТ ЛЕГИОНЕЛЛЫ В СИСТЕМАХ НА ТЕПЛОВОМ НАСОСЕ

Бактерия *Легионеллы* живет и размножается в воде при диапазоне температуры примерно от 20 до 45°C. Ниже 20°C выживает в неактивной форме. Выше 50°C нет никакой опасности в том, что *Легионелла* будет распространяться, напротив ее исчезновение произойдет в течение пары часов. Выше 60°C происходит смерть бактерии через две минуты, а выше 70°C эта смерть мгновенна.

Тепловой насос, в стандартном режиме работы, может подавать горячую воду при температуре примерно до 55 °C. В этих случаях, защита от легионеллы может осуществляться с помощью интегративного сопротивления соответствующей мощности (**рис. В**). Тепловой насос нагревает накопительный бак до температуры настройки и, в дальнейшем, вступает в работу интеграционное электрическое сопротивление для достижения температуры дезинфекции. Особое внимание следует уделять выбору температуры дезинфекции и минимальному времени сохранения настроечного значения для защиты от легионеллы, с целью дезактивации возможных бактерий присутствующих в воде.

Только особые агрегаты работают на более высокой температуре до достижения 70 °C. С такими температурами можно осуществлять периодические циклы тепловой дезинфекции водонагревателя (**рис. В**). В любом случае, производительность при таких рабочих условиях оказывается значительно сниженной.

Для тепловой дезинфекции, не только водонагревателя, но также и распределительной сети (там, где она особенно протяженная), необходима система рециркуляции водоснабжения, как в системе на рис. А, так и в системе на рис. В.

Можно, в качестве альтернативы тепловой подготовки, осуществить подготовку с защитой от легионеллы системами дезинфекции нетеплового типа (**рис. С**), а именно, обработку УФ-лучами, использованием микрофильтров и обработку диоксидом хлора и перекисью водорода.

Производство ГВС через накопительный бак для технической воды и наружный теплообменник (**рис. D**), сопряженное с не очень протяженной распределительной сетью, является единственной системой, которой не требуется защита от легионеллы.

Рис.А: ИНТЕГРАТИВНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

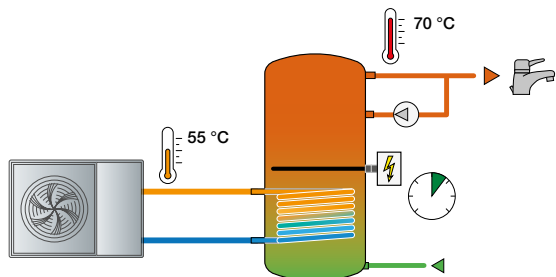


Рис.С: НЕТЕПЛОВАЯ ДЕЗИНФЕКЦИЯ

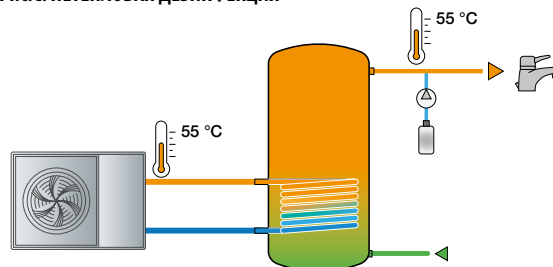


Рис. В: ТН НА ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

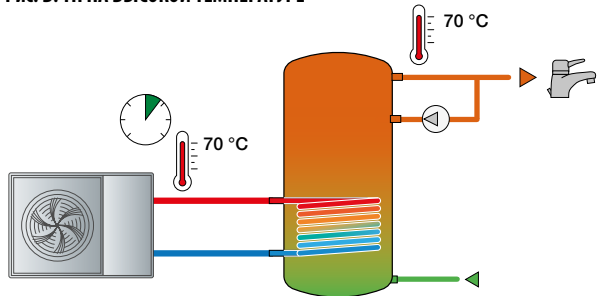
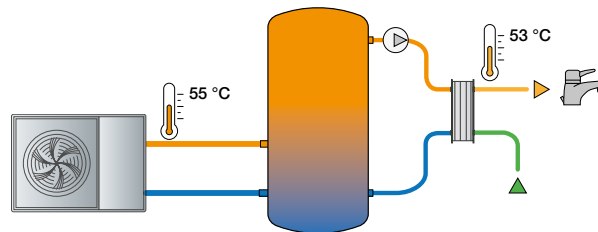


Рис. D: НАРУЖНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК



# Компоненты системы на ТН

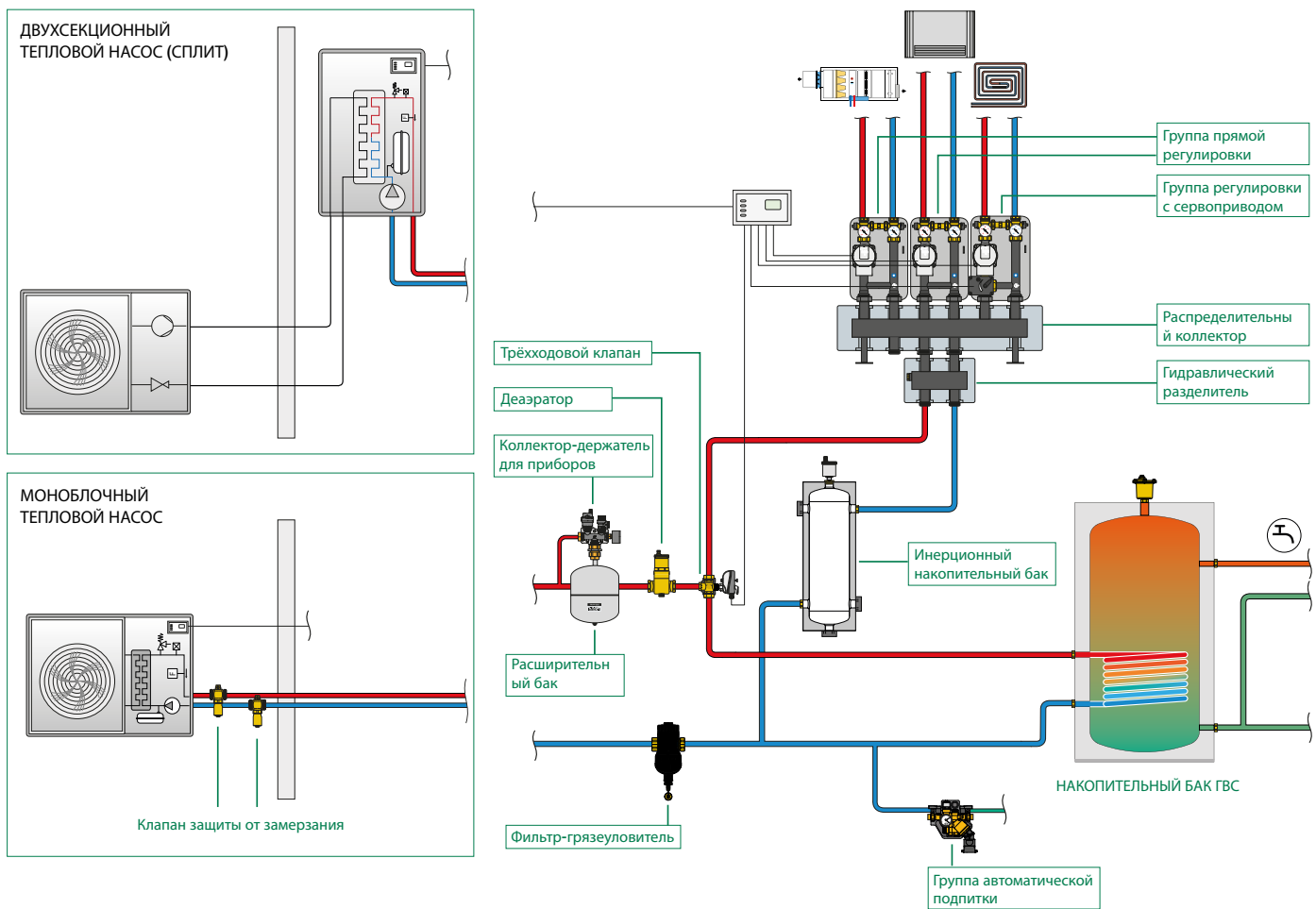


Рис.41: Типовая схема системы на тепловом насосе

## ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

В системе на тепловом насосе, используемой в режиме отопления, необходимо рассчитать излучающие терминалы (отопительные приборы) при минимально возможной температуре на подаче. Самый простой выбор приходится на использование водяных теплых полов или потолочных панелей. Вентилконвекторы не очень хорошо сочетаются с тепловыми насосами, поскольку невозможно снизить температуру на подаче в демисезон, по причине ощущения холодного воздуха на коже.

Новые рыночные стандарты по тепловым насосам обеспечивают температуру воды в режиме отопления до 60-65 °С, без необходимости поддержки электрическими сопротивлениями, даже при очень низкой наружной температуре, -20 °С. Это позволяет снижать энергозатраты и включать также и

радиаторы (зачастую уже присутствующие в жилых помещениях) среди возможных отопительных приборов.

Кроме этого, тепловые насосы воздух-вода способны производить охлажденную воду при температурах обычно используемых в системах охлаждения. Не существует особых ограничений в проектном выборе систем кондиционирования на воде, сопряженных с этими агрегатами.

## РАДИАТОРЫ НА НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Они могут использоваться **только в режиме отопления и только если будут хорошо рассчитаны**. В полностью реконструированной системе (замена радиаторов), проектирование учитывает температуру на подаче, чтобы рассчитать необходимую поверхность нового радиатора.

А когда работа нацелена только на генератор (с заменой котла на тепловой

насос), необходимо уточнить мощность, при которой существующие радиаторы способны излучать при новой температуре на подаче.

Приведем пример со следующими данными:

- тепловая нагрузка комнаты = 700 Вт
- температура на подаче = 70 °С
- мощность одной секции алюминиевого радиатора = 150 Вт (согласно нормативному акту EN 442).

Рассчитывается количество секций радиатора, как отношение между тепловой нагрузкой комнаты и мощностью одной секции:

$$700 / 150 = 5 \text{ секций.}$$

Запитывая радиатор при 40 °С, а не при 70 °С, получаем меньшую производительность (примерно 85 Вт с одной секции). Общая производительность радиатора составит 428 Вт (85 Вт x 5 секций), а не требуемые 700 Вт.

Для достижения требуемой мощности, можно действовать двумя различными способами:

1. увеличить количество секций до её достижения (если они, возможно, не были рассчитаны с запасом);
2. произвести вмешательство в диспергирующую конструкцию, чтобы снизить запрос на тепло.

Зачастую, конечно, при наличии замены генератора проводятся работы также по изоляции диспергирующей конструкции посредством реализации тепловой рубашки, изоляции кровли и пилотного этажа и, возможно, замене дверных и оконных переплетов. Только при выполнении этих работ можно сохранить существующие радиаторы с установкой теплового насоса.

## ВОДЯНЫЕ ТЕПЛЫЕ ПОЛЫ

Отопительная система, как потолочная, так и напольная, представляет наилучшее сочетание с тепловым насосом и способна сделать систему, как можно более эффективной и экономной. Обширная площадь отопительной системы обеспечивает наилучший температурно-влажностный режим при температуре у поверхности (а, следовательно, на подаче теплового насоса) более низкой по сравнению с радиатором.

**В режиме отопления** типовые рабочие температуры находятся в диапазоне от 35 до 40 °С, но иногда можно добиться также и более низких температур, при уменьшении шага между панелями или при использовании небольшой толщины стяжки. Можно сохранить эти рабочие температуры, только если здание хорошо изолировано, поскольку излучаемая мощность отопительной системы связана с площадью, на которой она установлена.

**В режиме охлаждения** она позволяет производить охлажденную воду при температурах близких к требуемой температуре в помещении. Излучаемое охлаждение, сопряженное с соответствующей системой влагопоглощения, позволяет сохранять высокую температуру на подаче к терминалам (13/15 °С по сравнению с 7/9 °С традиционной системы). Это обеспечивает высокую производительность охлаждающего цикла. Однако, у отопительных систем в режиме охлаждения имеются некоторые ограничения, среди которых низкая удельная мощность, высокая инерция и высокие затраты на систему влагопоглощения, которые зачастую не делают её экономически выгодной.

## ВЕНТИЛКОНВЕКТОРЫ

Вентилконвектор может выполнять двойную функцию отопления и охлаждения, и, по этой причине, может явно оказаться идеальной интеграцией для теплового насоса. Однако, **в режиме отопления**, самые старые модели, запитываемые при 65 °С, не могут соединяться с тепловыми насосами и, современные модели с температурой на подаче от 45 до 55 °С, теряют несколько пунктов производительности агрегата, прежде всего в демисезон.

**В режиме охлаждения** они используют охлажденную воду для охлаждения и влагопоглощения в едином решении. Они, в действительности, снабжены специальным поддоном, который позволяет собирать пар, сконденсировавшийся во время осушения. Они обычно работают при температуре на подаче 7 °С; можно увеличить температуру воды до определенного предела (до температуры точки росы), чтобы, в итоге, обеспечить правильное влагопоглощение в помещениях.

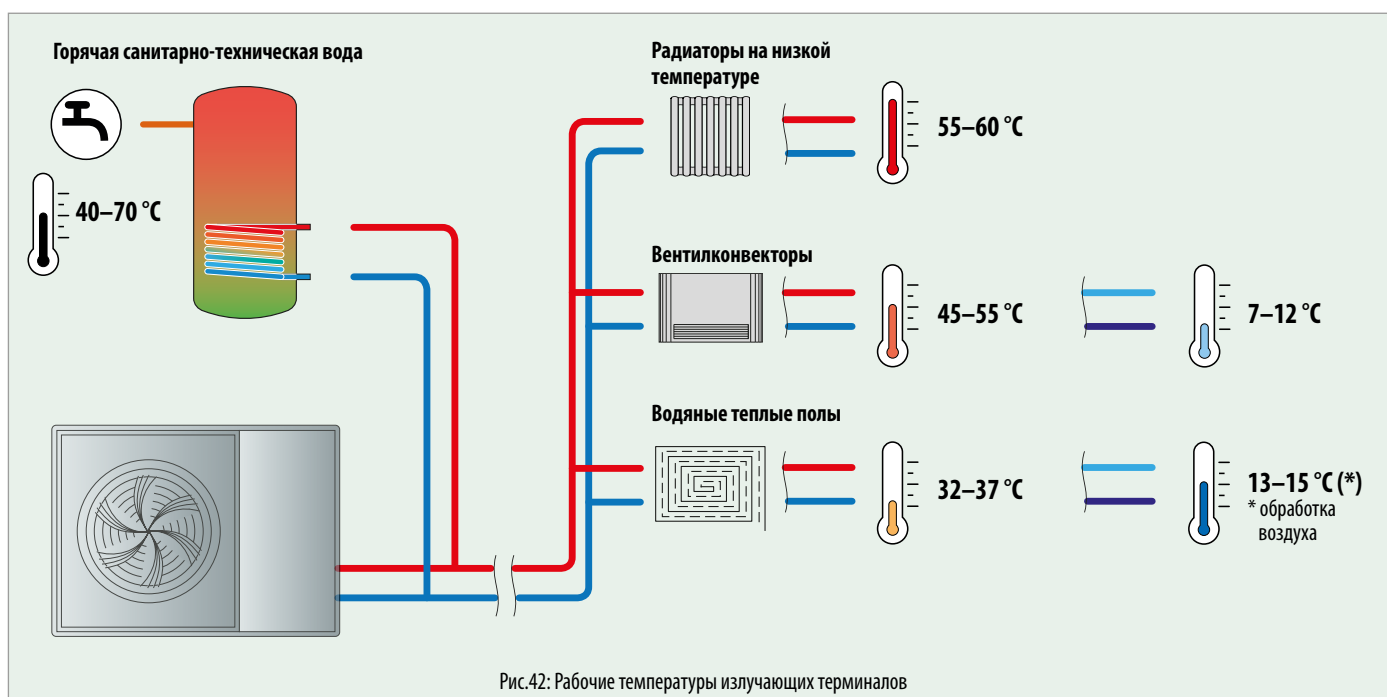


Рис.42: Рабочие температуры излучающих терминалов

## ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛИТЕЛЬ

В системах, которые предусматривают насос высокого давления, рекомендуется отделять первичный контур от вторичного с помощью гидравлического разделителя. Он может состоять из гидравлического разъединителя, как такового (объем небольших размеров), либо инерционного бака, установленного, как разделитель. Оба способны разделить два контура (первичный и вторичный), поскольку в них образуется зона с низким гидравлическим сопротивлением. Их назначением является

предотвратить, чтобы между самими контурами, по причине изменения расходов и напоров, обеспеченных циркуляционными насосами, не возникало интерференций и помех.

На выбор типа разделителя влияют, главным образом, максимальные расходы, задействованные в системе.

Вместо простого гидрокомпенсатора необходимо установить накопительный технический бак, в следующих случаях:

- для обеспечения минимального содержания воды (в системах, состоящих преимущественно из вентилконвекторов и радиаторов);

- для увеличения тепловой инерции системы, чтобы добиться наилучшего управления при модуляции;
- когда предусмотрена параллельная установка источников тепла, составляющих альтернативу тепловому насосу (например, пеллетная печь);
- для оптимизации режима работы во время процесса размораживания, предотвращая добавление холодной воды в систему.

При наличии гидравлического разделителя или инерционного бака важно правильно сбалансировать расходы двух контуров, первичного и вторичного.



### РАСЧЁТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗДЕЛИТЕЛЯ

Если  $G_{\text{первичн}} = G_{\text{вторичн}}$ , с хорошим округлением, можно считать, что температуры первичного и вторичного контуров окажутся одинаковыми.

Если  $G_{\text{первичн}} < G_{\text{вторичн}}$ , температура на подаче вторичного контура оказывается ниже температуры на подаче первичного контура. В системе на тепловом насосе может не обеспечиваться нужная температура на терминалах.

Если  $G_{\text{первичн}} > G_{\text{вторичн}}$ , температура на обратке первичного контура (то есть, температура на обратке к генератору) оказывается выше температуры на обратке вторичного контура. А температура на подаче во вторичный контур (подача к терминалам) остается неизменной. Это типичный случай режима работы систем на тепловом насосе, которым требуется постоянный и достаточный расход во время всего режима работы, при четко определенном тепловом перепаде.

Гидравлический разделитель *рассчитывается со ссылкой на максимальный расход на входе. Выбранное значение должно быть большим между суммой расходов первичного контура ( $G_{\text{перв}}$ ) и суммой расходов вторичного контура ( $G_{\text{вторичн}}$ ).*

Гидравлическое разделение вызывает рециркуляцию горячей воды и увеличение температуры на обратке первичного контура. В системе на ТН это может привести к коротким циклам режима работы агрегата, ухудшая его производительность. *Следовательно, увеличение расхода на первичном контуре необходимо контролировать таким образом, чтобы он максимально был на 30% больше, чем во вторичном контуре.*

Размер	Расход [м3/ч]
1"	2,5
1 1/4"	4,0
1 1/2"	6,0
2"	8,5

Таблица 4: Максимальный расход на входе в гидравлический разделитель

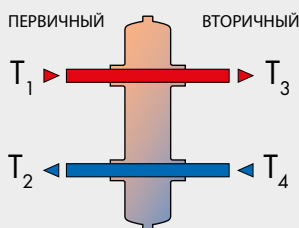
Размер	Расход [м3/ч]
DN 50	9
DN 65	18
DN 80	28
DN 100	56
DN 125	75
DN 150	110
DN 200	180
DN 250	300
DN 300	420

$$G_{\text{первичн}} = G_{\text{вторичн}}$$



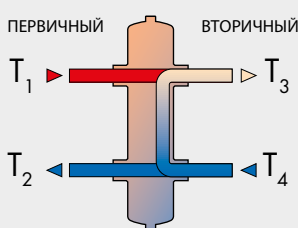
$$G_{\text{первичн}} < G_{\text{вторичн}}$$

$$G_{\text{первичн}} > G_{\text{вторичн}}$$



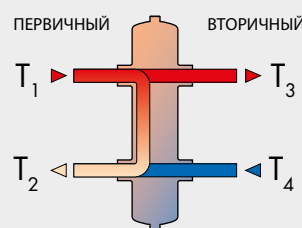
$$T_1 = T_3$$

$$T_2 = T_4$$



$$T_1 > T_3$$

$$T_2 = T_4$$



$$T_1 = T_3$$

$$T_2 > T_4$$

## ИНЕРЦИОННЫЙ БАК

Минимальный объём воды, требующийся для хорошего режима работы, важен для всех операций теплового насоса (отопление, охлаждение и размораживание) и должен обеспечиваться также и в самых неблагоприятных условиях, то есть сезонами полностью или частично перекрытыми.

Поэтому, чтобы обеспечить минимальный объём воды теплому насосу, можно установить инерционный бак, уделив особое внимание его расположению и его расчёту.

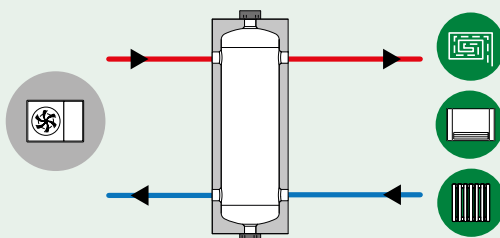
Инерционный бак может быть **подсоединен, как гидравлический разделитель**, между первичным и вторичным контурами, сделав гидравлически независимыми два контура. Этот тип исполнения обеспечивает энергетический резерв для потребителей и, поэтому, большую инерцию излучающим терминалам в случае отключения агрегата.

Альтернативно, он может быть **установлен на линии обратки** системы, например, в системах без смесительного контура. На агрегатах ВКЛ./ОТКЛ. и на агрегатах с устаревшими инверторами это расположение позволяет сократить количество циклов компрессора, обеспечивая меньше нагрузок на агрегат. Обеспечивается минимальная температура на обратке воды к генератору для проведения операций размораживания испарителя.

Технический накопительный бак, **расположенный на подаче**, выполняет ту же функцию теплового маховика на обратке, но, действуя, как энергетический запас для излучающей системы, требует большого времени для завершения ввода в режимные условия работы системы.

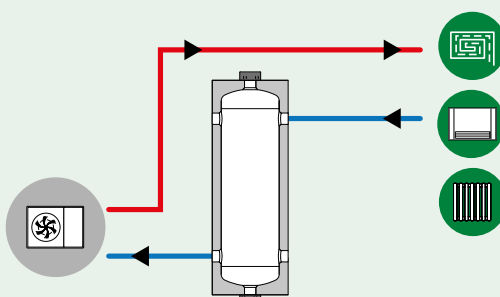
Наконец, можно установить технический накопительный бак в **трёхтрубном исполнении**. Подобно версии в качестве гидравлического разделителя, он позволяет гидравлически компенсировать контуры и в то же время предоставляет энергетический бак для обслуживания потребителей. Основное отличие диктуется наличием прямого соединения между агрегатом и потребителями, которое позволяет провести быстрое введение в режимные условия эксплуатации.

### ИНЕРЦИОННЫЙ БАК КАК ТЕПЛОВЫЙ РАЗЪЕДИНИТЕЛЬ



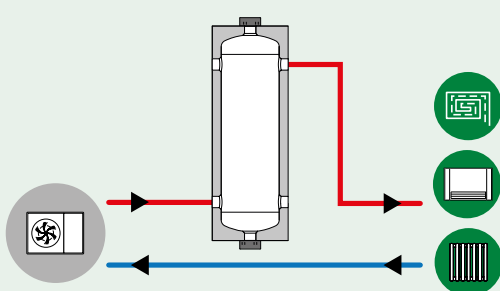
- Разделение контуров и инерционный маховик (2 в 1)
- Более эффективный накопительный бак
- Более однородная температура системы во время размораживания.
- Возможность использования температурного перепада на вторичном контуре, отличающемся от контура теплового насоса.

### ИНЕРЦИОННЫЙ БАК, УСТАНОВЛЕННЫЙ НА ОБРАТКЕ



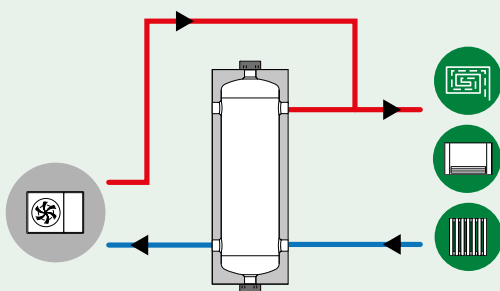
- Более быстрое введение в режимные условия эксплуатации.
- Необходим гидравлический разделитель или перепуск на выходе из бака.
- На агрегатах ВКЛ./ОТКЛ. и на агрегатах с устаревшими инверторами это расположение позволяет сократить количество циклов компрессора.
- Минимальная температура на обратке воды к генератору обеспечена для проведения операций по размораживанию испарителя.

### ИНЕРЦИОННЫЙ БАК, УСТАНОВЛЕННЫЙ НА ПОДАЧЕ



- На агрегатах ВКЛ./ОТКЛ. и на агрегатах с устаревшими инверторами это расположение позволяет сократить количество циклов компрессора.
- Обеспечивается непрерывность температуры на излучателях.
- Во время циклов размораживания обеспечивается минимальное содержание.
- Необходим гидравлический разделитель или перепуск на выходе из бака.

### ИНЕРЦИОННЫЙ БАК ТРЁХТРУБНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ



- Разделение контуров и инерционный маховик (2 в 1)
- Обеспечивается непрерывность температуры на излучателях.
- Более однородная температура системы во время размораживания.
- Прямое соединение агрегат – потребители.
- Возможность использования температурного перепада на вторичном контуре, отличающемся от контура теплового насоса.

Рис.43: Возможные подсоединения к инерционному баку



## РАСЧЕТ ИНЕРЦИОННОГО БАКА

Объём инерционного бака зависит от минимального объёма воды, требуемого производителем для обеспечения правильного режима работы агрегата также на этапах размораживания. На это значение влияют характеристики системы, её протяженность и способ управления (наличие перепускного клапана), оно должно обеспечиваться за вычетом содержания воды теплового насоса и излучающей системы: на самом деле, при зонном регулировании двухходовым клапаном содержание воды в излучающей системе исключается из общего объёма системы по достижении температуры среды.

Минимальный объём воды можно рассчитать на основании мощности агрегата: **обычно можно принять значение, составляющее 5-7 литров на кВт тепловой мощности.** В любом случае, важно следить за указаниями производителя.

## ВОДОПОДГОТОВКА

Касательно водоподготовки, система на тепловом насосе работает, как традиционная система на котле и подвергается тем же законодательным требованиям (в Италии они представлены Декретом Минимальных Требований от 2015г.). Кроме этого, многие производители призывают, в рамках технической документации, соблюдать эти требования для сохранения гарантии. Наконец, сохранение качества пригодной воды при циркуляции в системе может обеспечить энергосбережение системы, составляющее более 8-10 %.

### УДАЛЕНИЕ ВОЗДУХА

Наличие устройства деаэрации обязательно в любом закрытом контуре. Следовательно, необходимо устанавливать на выходе из теплового насоса деаэратор, и не достаточно наличие воздухоудалителя, за исключением систем с содержанием воды менее 300 литров.

### УДАЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ПРИМЕСЕЙ

Многие тепловые насосы, присутствующие на рынке, снабжены фильтром, установленным сразу на входе соединения подачи воды в пластинчатый теплообменник. При его отсутствии шлак, строительный мусор и загрязняющие примеси, присутствующие в системе, могут закупорить теплообменник и вызвать коррозию прочих компонентов. Однако, для предотвращения того, что излишняя загрязненность внутреннего фильтра в агрегате вызовет снижение расхода контура и дополнительное гидравлическое сопротивление, уместно установить фильтр-грязеуловитель на линии обратки к генератору. Таким образом, загрязняющие примеси будут задерживаться наружным фильтром-грязеуловителем, который более просто обслуживать.



## РАСЧЕТ ДЕАЭРАТОРОВ – ГРЯЗЕУЛОВИТЕЛЕЙ

Деаэраторы и грязеуловители рассчитываются на основании рекомендованной максимальной скорости жидкости на соединениях устройства.

**Максимальная скорость = 1,2 м/сек.**

Для практичности выбирается размер устройства на основании рекомендованного максимального расхода для обеспечения эффективного режима работы устройства.

### ДЕАЭРАТОРЫ И ГРЯЗЕУЛОВИТЕЛИ

DN	20	25	32	40
Соединения	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"
л/мин.	22	35	58	90
м <sup>3</sup> /ч	1,36	2,11	3,47	5,42

Таблица 5: Максимальные расходы, рекомендованные для деаэраторов и грязеуловителей

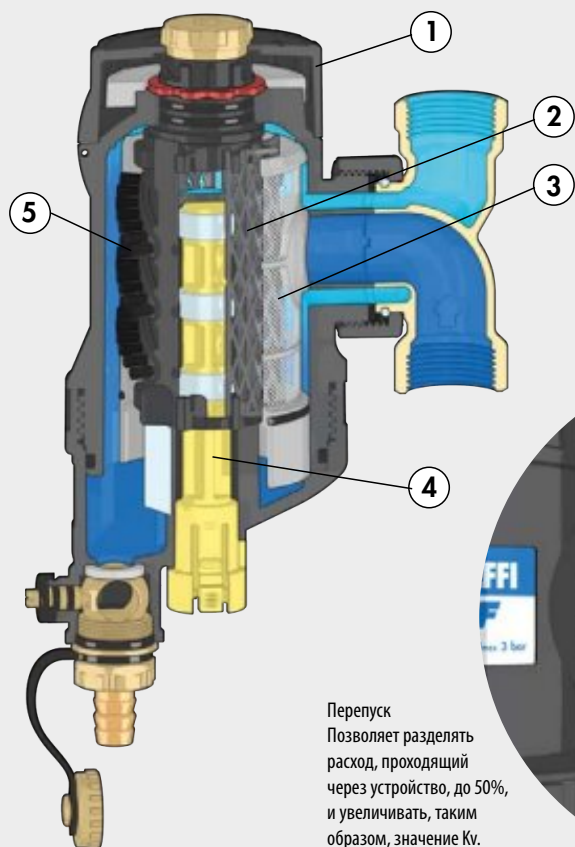


- Высокая фильтрующая способность
- Магнитное притяжение железосодержащих загрязняющих примесей
- Корпус из технополимера
- Поворотный для установок на горизонтальные и вертикальные трубопроводы
- Внутренние щётки для чистки фильтрующей сетки
- Регулируемый перепуск (только в исполнении DN40 и DN50)

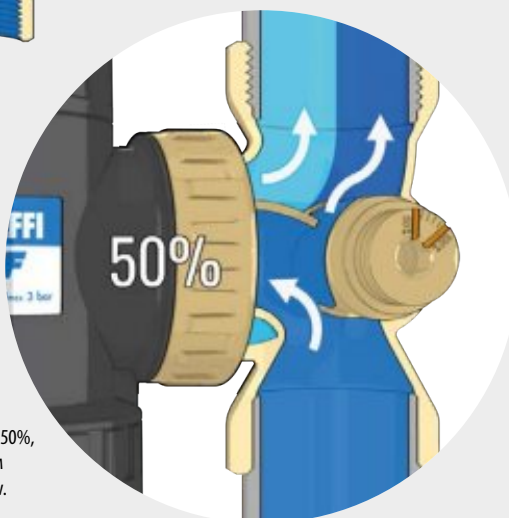
Магнитный фильтр-грязеуловитель CALEFFI XF отделяет загрязняющие примеси, присутствующие в системе, минимизируя проблему загрязнения фильтрующей сетки. Режим работы основывается на действии трёх отдельных элементов для обеспечения непрерывной защиты генератора и устройств от загрязняющих примесей, которые образуются в гидравлическом контуре, как на этапе запуска системы, так и при обычных условиях работы. Вода системы сначала проходит через **внутренний сетчатый элемент (2)**, который отделяет более крупные загрязняющие примеси столкновением, заставляя их осесть в просторной нижней камере сбора. В дальнейшем, **центральный магнит (4)** удерживает все железосодержащие загрязняющие примеси до самых маленьких. Наконец, вода проходит через **фильтр на выходе (3)**, который, благодаря большой фильтрующей поверхности и очень тонкой сетке (0,16 мм), обеспечивает захват всех остаточных загрязняющих примесей, которые не были заблокированы первыми двумя элементами.

Для выполнения техобслуживания не требуются отсечные клапаны, поскольку устройство снабжено механизмом чистки фильтрующей сетки с помощью **внутренних щёток (5)**. При вращении верхней ручки (1) щётки полностью очищают фильтр, заставляя загрязняющие примеси осесть в нижней части компонента.

Установка простая и универсальная, благодаря возможности установки на **горизонтальных или вертикальных трубопроводах**. Самые большие размеры (DN40 и DN50) снабжены **перепуском**, который позволяет разделять расход, проходящий через устройство, до 50 %, таким образом, увеличивая значение Kv и снижая энергию, используемую циркуляционным насосом.



**Перепуск**  
Позволяет разделять расход, проходящий через устройство, до 50%, и увеличивать, таким образом, значение Kv.



**Внутренний радиальный сетчатый элемент**

Благоприятствует осаждению загрязняющих примесей в нижней части корпуса



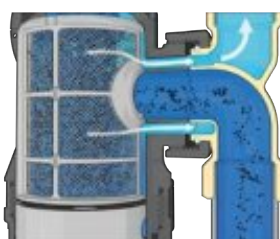
**Центральный магнит**

Захватывает магнетит и железосодержащие загрязняющие примеси до самых маленьких размеров.



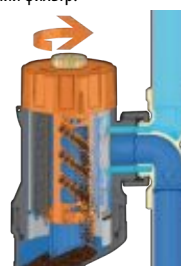
**Фильтрующая сетка**

Удерживает остаточные загрязняющие примеси с помощью механического отбора частиц на основании их размера.



**Внутренние щётки**

При вращении ручки, расположенной в верхней части компонента, можно чистить внутренний фильтр.



## ХИМИЧЕСКАЯ ВОДОПОДГОТОВКА

Химическая водоподготовка системы отопления или охлаждения всегда обязательна, при любой мощности или жёсткости воды. Заполнение системы необходимо производить водой, которая соблюдает критерии и параметры питьевой пригодности. По завершении заполнения необходимо провести промывку системы, а потом добавить антикоррозионное защитное средство для сохранения эффективности систем.

Особого внимания заслуживают современные тепловые системы на тепловом насосе, которые используют низкие температуры теплоносителя, но, которые, именно по этой причине, могут благоприятствовать образованию биологических остатков в системах. В этом случае оказывается важным использование биоцида совместно с защитным средством. Биоцид полезен для профилактики и контроля микробного роста по широкому спектру бактерий и других микроорганизмов, присутствующих в воде отопительно-вентиляционных систем.

## ТРЕХХОДОВОЙ ЗОННЫЙ КЛАПАН

Перекидные клапаны с сервоприводами позволяют производить управление потоком между отопительно-вентиляционной системой и системой водоснабжения. Управление обычно поручается электронике самого теплового насоса, с помощью датчика, установленного на водонагреватель ГВС.

Отклонение потока в полной мере эффективно, когда нет протечек и когда время маневра сокращено. Именно по этой причине перекидные шаровые трехходовые клапаны, благодаря своему исполнению, оказываются предпочтительными по сравнению с поршневыми клапанами.

У клапана с сервоприводом должно быть **время маневра**, по возможности примерно 10 секунд, и, в любом случае, не более 50 секунд, чтобы оптимизировать операции по производству ГВС.

### ДОЗИРОВКА ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК

Декрет Министерства от 26/06/2015г. всегда предусматривает внесение химических добавок в системы отопления, независимо от мощности установленного генератора.

*Они дозируются в зависимости от объёма воды, присутствующей в системе*

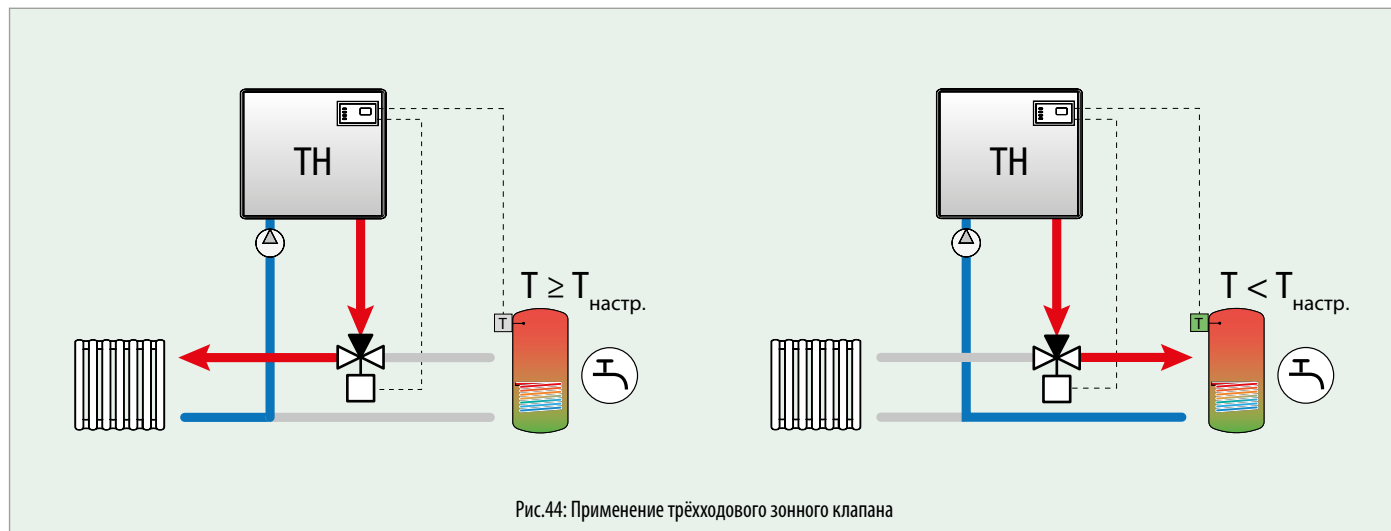
### РАСЧЕТ ТРЕХХОДОВОГО КЛАПАНА

Поскольку это перекидной клапан, то он *рассчитывается на основании Kv*, единственного заинтересованного значения, таким образом, чтобы гидравлическое сопротивление было адекватно сопротивлению, доступному в системе. Учитываются следующие средние значения гидравлического сопротивления:

- 200–300 мм вод.ст. (система с низким гидравлическим сопротивлением)
- 500–600 мм вод.ст. (система с высоким гидравлическим сопротивлением)

DN	20	25	32	40
Соединения	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"
Kv	9	12	25	47

Таблица 6: Средние значения Kv



# ОДНОФАЗНАЯ ИЛИ ТРЁХФАЗНАЯ СИСТЕМА?

Обычно тепловые насосы, но самым заметным способом, тепловые насосы воздух-вода, представляют значительное потребление электроэнергии. По этой причине необходимо уделять внимание выбору модели агрегата (смотрите «Расчет тепловых насосов» на стр. 30), выбору сопутствующих компонентов с высоким потреблением электроэнергии, таких, как интеграционные сопротивления, и управлению и регулированию отопления.

Помимо пикового потребления, необходимо уделять внимание типу электропитания: тепловые насосы могут работать с однофазным питанием (обычно до номинальных тепловых мощностей в 12 кВт) или трёхфазным (обычно для потребления, превышающего 9 кВт).

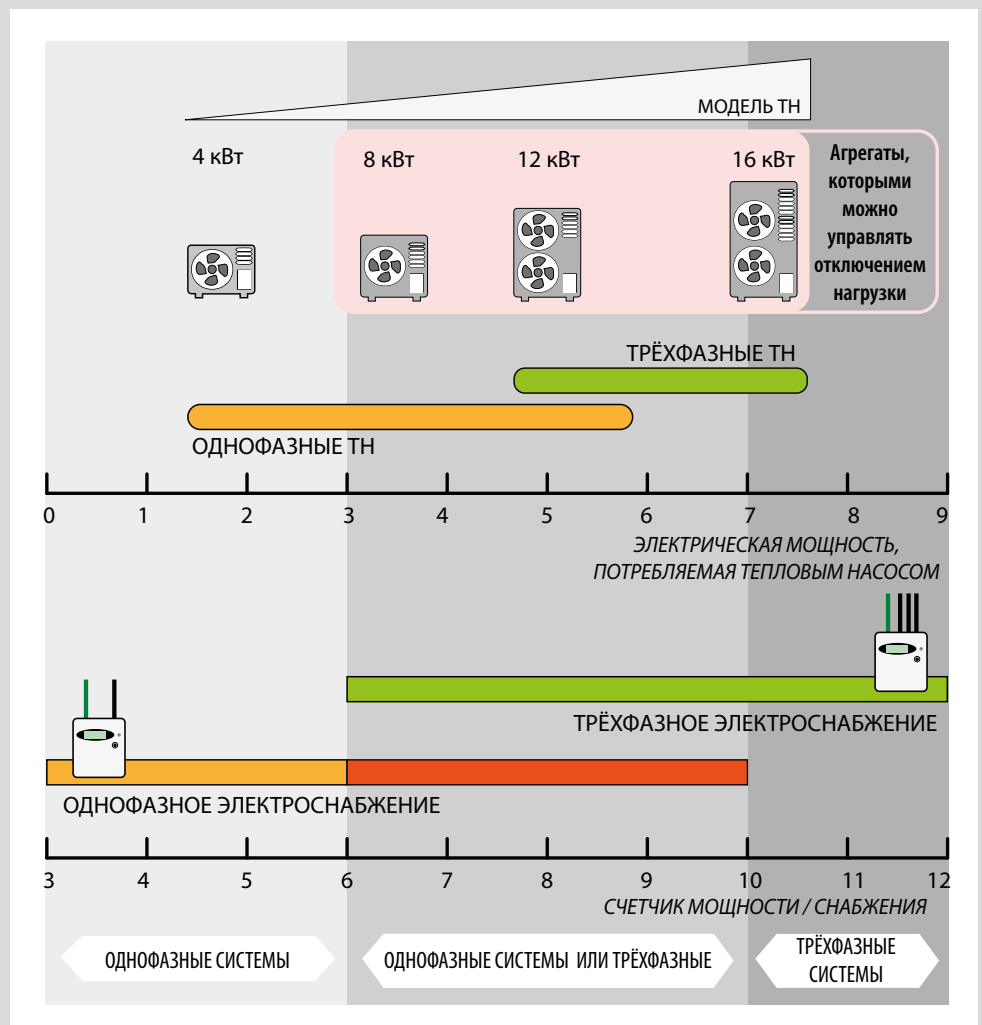
В Италии типы бытовых электропотребителей могут быть как однофазными, так и трёхфазными. Однофазное электроснабжение обеспечено до 6 кВт, но, в некоторых случаях, оказывается расширяемым до 10 кВт, при предварительной оценке и последующем разрешении поставщика. Для потребления, превышающего 6 кВт, можно получить трёхфазное электроснабжение, обязательное свыше 10 кВт.

При оценке бытовой системы всегда предпочтительно ставить на первое место однофазные решения, поскольку они оказываются легкими в реализации и менее затратными при установке. Кроме этого, электробытовые приборы однофазные, следовательно, в трёхфазном электроснабжении необходимо подразделять их на три фазы, чтобы получить как можно более сбалансированные нагрузки: на электроснабжении 9 кВт невозможно, например, получить однофазную систему на 9 кВт. Но будет необходимо разделить нагрузки на три однофазные системы по 3 кВт, и подсоединить каждую к фазе электроснабжения. Это сделает еще более затратной трансформацию трёхфазной системы в однофазную.

Учитывая ограничение мощности однофазного электроснабжения, и учитывая, что обычное потребление жилого помещения составляет, как минимум, 3 кВт, легко достичь предела электроснабжения для этого типа питания во время общего использования электроприборов.

Кроме этого, необходимо учитывать растущее распространение индукционных варочных поверхностей, прежде всего, в сочетании с установкой тепловых насосов, поскольку они позволяют предотвращать снабжение природным газом; эти системы еще больше усугубляют запрос на электрическую мощность от потребителя.

Из первого анализа можно подумать, что тепловые насосы с электропотреблением более 3-4 кВт требуют трёхфазное электроснабжение (или увеличенное однофазное). Однако, можно сохранять меньшую мощность на счетчике также для тепловых насосов с большим электропотреблением, прибегая к системам управления нагрузкой. В действительности, существуют электронные системы, которые могут на мгновение отключать нагрузки, когда потребление жилого помещения достигнет предела электроснабжения. Системы управления нагрузкой идеально сочетаются с тепловыми насосами воздух-вода, поскольку отключение на мгновение генератора не приводит ни к какому снижению теплового комфорта. Эта система становится важной во всех тех случаях, когда необходимо реконструировать систему отопления и невозможно одновременно реализовать ремонт системы электроснабжения.



## УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ЦИРКУЛЯЦИИ

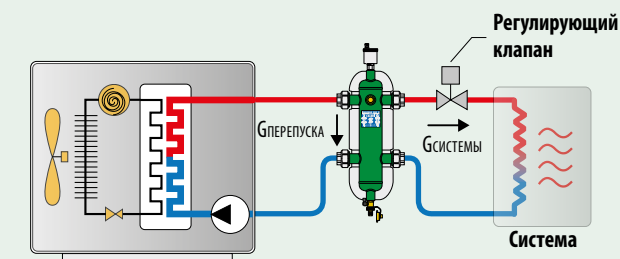
В тепловых насосах необходимо поддерживать активную циркуляцию на теплообменнике хладагент/вода для обеспечения правильного рассеивания тепла, высвобожденного самими теплообменниками и для использования массы воды, содержащейся в системе, во время циклов размораживания.

Блокировка циркуляции или недостаточный расход воды могут вызвать серьезные неисправности, приводя, иногда, к поломке некоторых компонентов агрегата. Во избежание этих проблем, производители тепловых насосов предусматривают использование датчиков потока, которые, с помощью сигнала, позволяют агрегату отключиться в том случае, когда расход опустится ниже предельного предохранительного значения.

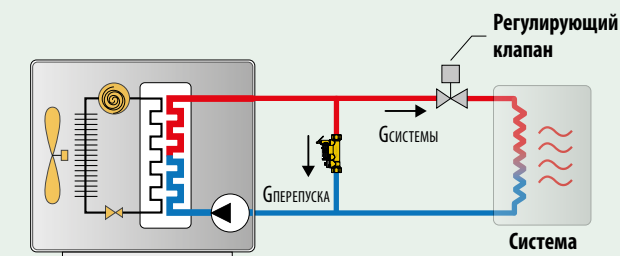
Для обеспечения правильной циркуляции тепловым насосам, могут быть приняты:

- 1. Гидравлический разделитель.** Он простой и надежный, но необходимо правильно сбалансировать расходы между первичным и вторичным контурами (смотрите «Гидравлический Разделитель» на стр. 43). Кроме этого, ему требуются циркуляционные системы на вторичном контуре. Он более всего применяется в средних и крупных распределительных сетях.
- 2. Настроенный перепуск с балансировочным клапаном.** Он подходит для небольших распределительных сетей, которые не предусматривают вторичные контуры. Однако, ему необходима настройка, он уменьшает расход насоса к системе на количество, равное тому, которое проходит через перепуск. Предпочтительно использовать эту систему, когда циркуляционные насосы установлены на постоянный напор, чтобы регулировать скорость потока через калибровочный клапан.
- 3. Перепуск с AUTOFLOW®.** Это решение аналогично предыдущему, но не требует ни настройки, ни постоянного напора.
- 4. Перепуск со сбросным клапаном.** Это решение, которое позволяет открывать сбросной клапан, заставляя воду циркулировать в перепуске только, когда расход на систему уменьшается. Система подходит, как для циркуляционных насосов на фиксированных оборотах, так и на переменных оборотах, установленных на постоянный напор. В этом последнем случае, важно правильно установить и настроить сбросной клапан во избежание того, что он останется либо всегда открыт, либо всегда закрыт.

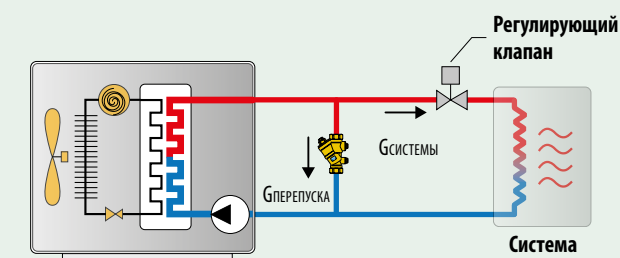
### НАСТРОЕННЫЙ ПЕРЕПУСК С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ РАЗДЕЛИТЕЛЕМ



### НАСТРОЕННЫЙ ПЕРЕПУСК С БАЛАНСИРОВОЧНЫМ КЛАПАНОМ



### НАСТРОЕННЫЙ ПЕРЕПУСК С КЛАПАНОМ AUTOFLOW®



### НАСТРОЕННЫЙ ПЕРЕПУСК С ПЕРЕПУСКНЫМ КЛАПАНОМ

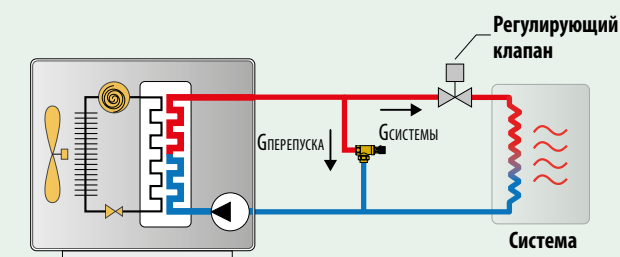


Рис.45: Устройства для поддержания циркуляции

## РАСЧЕТ

Они рассчитываются по минимальному расходу, требующемуся тепловому насосу.

## РАСШИРИТЕЛЬНЫЙ БАК

Расширительный бак – это «ёмкость», которая соединяется с тепловой системой, и нужна для ограничения увеличения давления, вызванного изменением объёма, происходящего от нагрева/охлаждения воды внутри системы. Он состоит из контейнера, разделенного на две части мембраной: одна зарезервирована для воды системы, другая – для газа, задача которого заключается в поглощении изменений объёма воды. Предварительное давление газа должно быть равно гидростатическому давлению воды в точке установки плюс 0,3 бара.

Обычно тепловые насосы содержат расширительный бак: когда его объём недостаточный для системы, необходимо установить ещё один дополнительный.

### РАСЧЕТ РАСШИРИТЕЛЬНОГО БАКА

Ёмкость закрытого расширительного бака на мембране (диафрагме) для систем отопления рассчитывается с использованием следующей формулы:

$$V_n = \frac{e \cdot (V_a + V_v)}{1 - \frac{P_a}{P_e}}$$

Где

**V<sub>n</sub>** = объём расширительного бака [литры], который нужно рассчитать

**V<sub>a</sub>** = содержание воды в системе [литры]

**V<sub>v</sub>** = минимальный объём воды, содержащийся в баке в холодном состоянии, рекомендован равным 0,5% от V<sub>a</sub> (минимум 3 литра) [литры]

**V<sub>e</sub>** = объём расширения, вызванный нагревом воды [литры]

**e** = коэффициент расширения воды, рассчитанный на основании максимальной разницы между температурой воды в системе в холодном состоянии (T<sub>1</sub>) и максимальной рабочей температурой (T<sub>2</sub>). Рассчитывается по формуле:  
 $e = n/100$

где коэффициент n получается из формулы:

$$n = 0,31 + 3,9 \cdot 10^{-4} \cdot t_m^2$$

t<sub>m</sub><sup>2</sup> = максимальная допустимая температура в градусах Цельсия, относящаяся к срабатыванию предохранительных устройств

**P<sub>a</sub>** = начальное абсолютное давление со стороны газа [бар] равно давлению P<sub>0</sub> плюс атмосферное давление (равное 1 бар) плюс возможное Δр насоса \*, относящееся к циркуляционному насосу  
 $P_a = P_0 + 1 [+ \Delta p \text{ насоса}]^*$

Где

P<sub>0</sub> = предварительное давление в баке со стороны газа [бар] равно гидростатическому давлению в точке установки (P<sub>st</sub>) плюс предохранительное значение давления, чтобы убедиться в том, что в системе нет разряжений давления

$$P_0 = P_{st} + 0,3 \text{ бар}$$

Δр насоса\* = монтаж бака на выходе циркуляционного насоса предусматривает, что расчет P<sub>a</sub> учитывает напор самого насоса [бар]

**P<sub>e</sub>** = абсолютное финальное значение со стороны газа (бар), равное P<sub>er</sub> плюс атмосферное давление (равное 1 бар)

$$P_e = P_{er} + 1 = P_{vs} - 0,5 \text{ бар (или -10 \% P}_{vs}) + 1$$

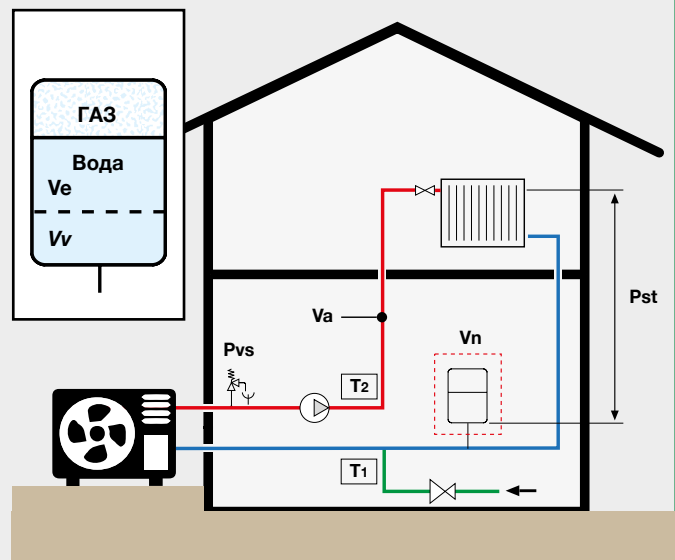
Где

P<sub>er</sub> = максимальное рабочее давление системы со стороны газа [бар], то есть, P<sub>vs</sub> минус значение давления, которое предотвращает открытие предохранительного клапана

$$P_{er} = P_{vs} - 0,5 \text{ бар (если } P_{vs} \leq 5 \text{ бар)}$$

$$P_{er} = P_{vs} - 10 \% P_{vs} \text{ (если } P_{vs} > 5 \text{ бар)}$$

P<sub>vs</sub> = давление настройки предохранительного клапана [бар]



Пример:

Описание	Единица измерения	Значение	
Объём системы	V <sub>a</sub> [литры]	200	ВВОДНЫЕ ДАННЫЕ
Гидростатическое давление	P <sub>st</sub> [бар]	0,6	
Давление настройки Пр. клапана	P <sub>vs</sub> [бар]	2,5	
Давление заполнения	P <sub>r</sub> [бар]	1,5	
Конечная температура	T <sub>r</sub> [°C]	65	
Коэффициент расширения	e	0,017	
Минимальный объём бака	V <sub>v</sub> [литры]	3	
Начальное давление сторона газа	P <sub>a</sub> [бар]	1,9	
Конечное давление	P <sub>e</sub> [бар]	3	
сторона газа	P <sub>er</sub> [бар]	2	
Макс.рабочее давление сторона газа	P <sub>0</sub> [бар]	0,9	
Предварительное давление сторона газа	T <sub>i</sub> [°C]	10	
Начальная температура	DT [°C]	60	
Тепловой перепад	n	1,7	
<b>Коэффициент</b>	<b>V<sub>n</sub></b> [литры]	<b>10</b>	
<b>Объём расширительного бака</b>			



## РАСЧЕТ РАСШИРИТЕЛЬНОГО БАКА

В системах на тепловом насосе можно приблизительно рассчитать **объём необходимый для расширения, учитывая его, как примерно 5% от максимального объёма системы.**





Значение, равное 5%, оценивалось при следующих предположениях:

- настройка предохранительных клапанов = 2,5 бар
- предварительное давление бака = 0,9 бар
- максимальная температура = 65 °С (физическое ограничение агрегата) при наличии воды без гликоля
- оценка содержания воды по типу системы.

Для простоты расчета можно делать ссылку на таблицу 7, в которой приводится минимальный объём необходимого расширительного бака. **В агрегате обычно присутствует бак на 6-8 литров. Если такой объём недостаточный, то необходимо установить дополнительный бак в систему, для покрытия разницы.**

$$V_{\text{минимальный}} = V_{\text{бака агрегата}} + V_{\text{дополнительного бака}}$$

**Внимание:** если присутствуют интегративные сопротивления, объём необходимый для расширения составит примерно 10 % от максимального объёма системы. Максимальная температура расчета, фактически, должна быть принята равной 100 °С.

ТИП ТЕРМИНАЛОВ				
	23 л/кВт	14л/кВт	11 л/кВт	8л/кВт
Ном. мощность ТН [кВт]	$V_{\text{мин. расш. бака}}$ [литры]	$V_{\text{мин. расш. бака}}$ [литры]	$V_{\text{мин. расш. бака}}$ [литры]	$V_{\text{мин. расш. бака}}$ [литры]
3	4	2	2	2
4	5	3	3	2
5	6	4	3	2
6	7	4	4	3
7	8	5	4	3
8	9	6	5	3
9	10	6	5	4
10	11	7	6	4
11	12	8	6	5
12	13	8	7	5
14	16	10	8	6
16	18	11	9	6
18	20	12	10	7
22	24	15	12	9
25	27	17	13	10


 Объём расширения обычно включенный в агрегат.

Таблица 7: Минимальный объём расширительного бака в системе на ТН воздух-вода

## ЗАЩИТА ОТ ЗАМЕРЗАНИЯ

### ВО ВРЕМЯ ОБЫЧНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ

Тепловые насосы снабжены встроенной функцией защиты от замерзания для защиты теплообменника газ/вода и трубопроводов гидравлического контура. Когда тепловой насос выключен и наружная температура снижается ниже критического значения, включается циркуляционный насос агрегата для поддержания в движении технической воды, чтобы предотвратить её замерзание. Если при таких условиях температура воды в циркуляции снизится ниже ограничения, установленного для безопасности, в поддержку включится также компрессор для повышения температуры жидкости до оптимального значения.

Другая система защиты от замерзания состоит в расположении электрического сопротивления на стороне теплообменника, который работает от наружного воздуха. Таким образом, в определенных условиях наружной температуры можно разогреть в прямом режиме поверхность теплообменника для таяния инея, который на нём образуется.

В случае отсутствия сопротивления, или при его добавлении, иногда требуется от фирм-производителей отопительный кабель с электропитанием для защиты гидравлических трубопроводов, подверженных атмосферным агентам.

### ПРИ ОТСУТСТВИИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

В случае отсутствия электроэнергии могут использоваться следующие предохранительные системы:

- **гликоль.** Во всех типах тепловых насосов можно добавлять гликоль в воду. Концентрацию жидкого антифриза необходимо циклически проверять при периодической проверке на герметичность системы для предотвращения возможных утечек в среду (токсичное соединение); в случае необходимости её необходимо пополнять. Добавка гликоля создает увеличение гидравлического сопротивления по причине высокой вязкости продукта. Кроме этого, если гликоль достигнет высокой температуры, то может разложиться, становясь коррозионным для системы.
- **клапаны защиты от замерзания,** только при наличии моноблочного теплового насоса (или hydrosplit), когда не используется гликоль.

## КЛАПАНЫ ЗАЩИТЫ ОТ ЗАМЕРЗАНИЯ

Клапан защиты от замерзания – это пассивная система защиты, которая позволяет производить слив воды, содержащейся в контуре. Когда температура воды в трубопроводе снизится ниже  $3^{\circ}\text{C}$ , затвор клапана защиты от замерзания откроется и обеспечит слив воды (важно наличие активной группы подпитки). Закрытие затвора произойдет, когда температура жидкости вернется на  $4^{\circ}\text{C}$ .

Устройство необходимо устанавливать только в вертикальном положении в нижней части трубопроводов, избегая сифонных соединений и сохраняя расстояние, как минимум, 15 см от почвы, с целью недопущения, чтобы образование возможной ледяной колонны в расположенной под ними зоне предотвратило течь воды из клапана.

В случае использования клапанов защиты от замерзания необходимо установить минимальную точку настройки в режиме охлаждения, как минимум, на  $2^{\circ}\text{C}$  выше номинальной температуры слива клапана. В противном случае, клапан защиты от замерзания может сливать воду во время режима работы теплового насоса в режиме охлаждения.

На рынке, чтобы преодолеть эту проблему, существуют целевые типы клапанов защиты от замерзания, укомплектованных датчиком воздуха для управления режимом работы в летнее время года. При условиях наружной температуры выше  $5^{\circ}\text{C}$ , срабатывание клапана защиты от замерзания тормозится, благодаря наличию датчика температуры воздуха. Исключается срабатывание клапана во время режима охлаждения в летнее время года.



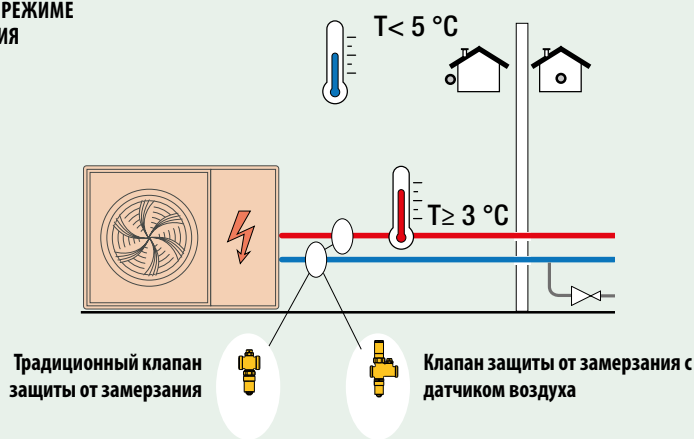
### РАСЧЕТ КЛАПАНА ЗАЩИТЫ ОТ ЗАМЕРЗАНИЯ

Расход слива не зависит от размера клапана, а только от размера трубопровода.

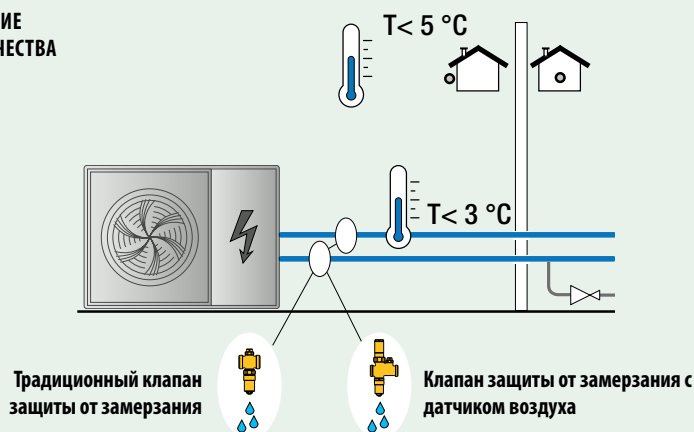
*Выбирается размер клапана в зависимости от трубопровода.*

## РЕЖИМ РАБОТЫ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ ГОДА

### РАБОТА В РЕЖИМЕ ОТОПЛЕНИЯ

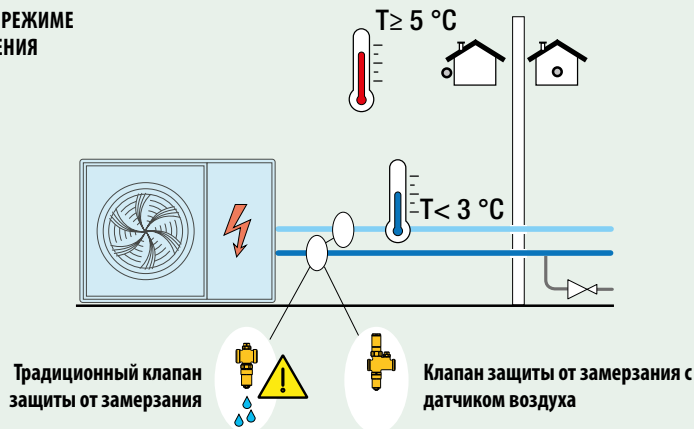


### ОТСУТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА



## РЕЖИМ РАБОТЫ В ЛЕТНЕЕ ВРЕМЯ ГОДА

### РАБОТА В РЕЖИМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ



### РАБОТА В РЕЖИМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ

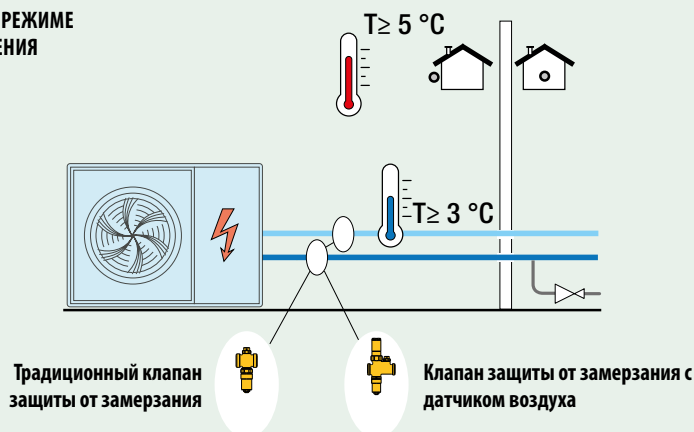


Рис.46: Режим работы традиционного клапана защиты от замерзания и клапана защиты от замерзания с датчиком воздуха

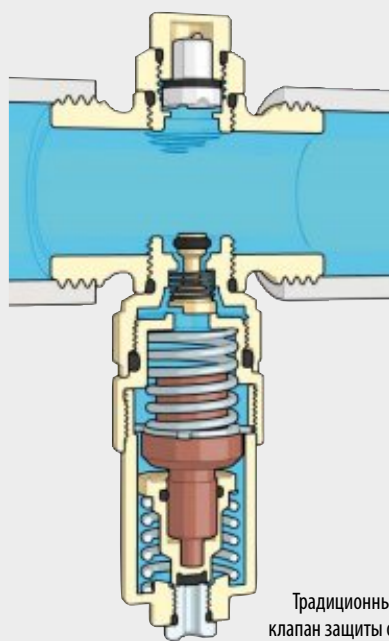


Защита системы от замерзания  
Механический режим работы  
Легкая установка  
Датчик воздуха для летнего режима работы  
Исключает использование гликоля

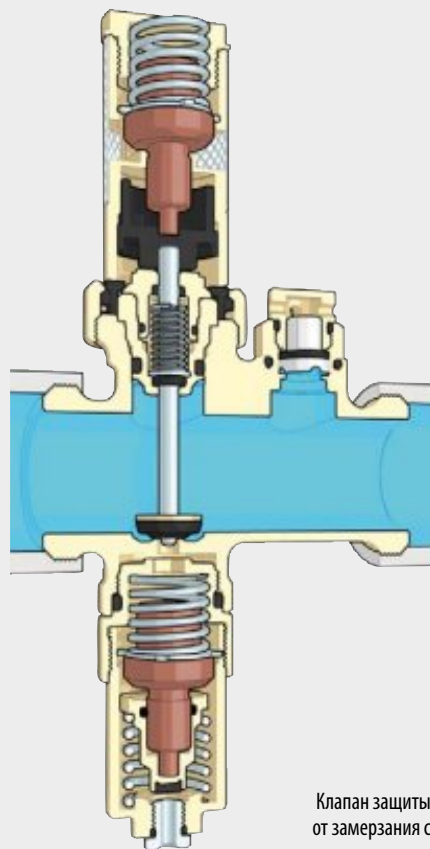
Клапан защиты от замерзания позволяет осуществлять **слив воды** из контура, когда её температура достигнет **3 °C**. Это значение типично для зимнего времени года, при особом условии **отсутствия электропитания агрегата**.

Во время летнего режима работы, когда температура на подаче в режиме охлаждения будет ниже 3 °C, традиционный **клапан защиты от замерзания** сливает воду, несмотря на то, что режим работы агрегата будет правильным.

Для того, чтобы преодолеть это неудобство, предпочтительно использовать **клапан защиты от замерзания с датчиком** наружного **воздуха**. При условиях наружной температуры выше 5 °C, но с водой внутри трубопроводов при температуре <3 °C, срабатывание клапана защиты от замерзания тормозится датчиком температуры воздуха. Исключается, таким образом, срабатывание клапана, работающего в режиме охлаждения в летнее время года.

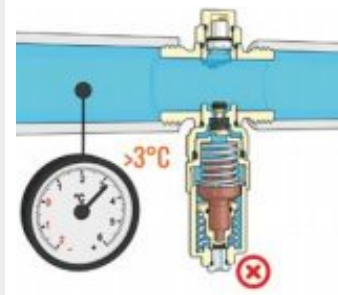


Традиционный клапан защиты от замерзания

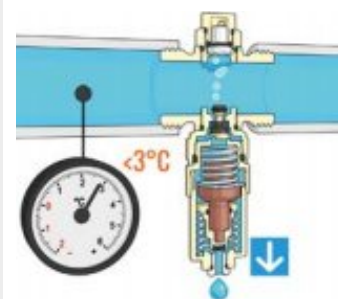


Клапан защиты от замерзания с датчиком воздуха

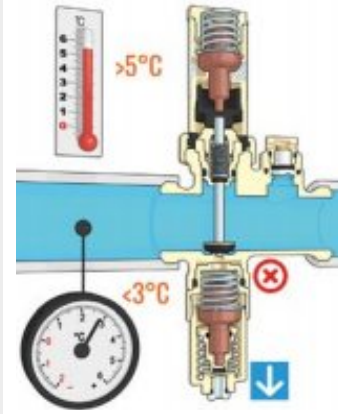
**Традиционный клапан защиты от замерзания**  
Зимний режим работы при  
 $T_{\text{воды}} \geq 3\text{ }^{\circ}\text{C}$



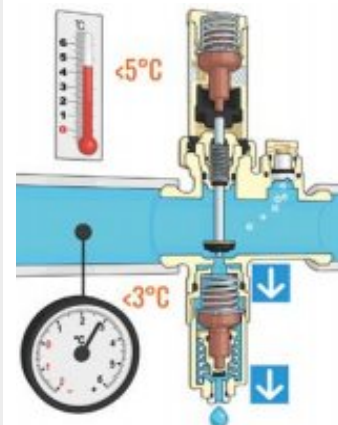
**Традиционный клапан защиты от замерзания**  
Зимний режим работы при  
 $T_{\text{воды}} < 3\text{ }^{\circ}\text{C}$



**Клапан защиты от замерзания с датчиком воздуха**  
Зимний режим работы при  
 $T_{\text{воды}} < 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $T_{\text{воздуха}} > 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



**Клапан защиты от замерзания с датчиком воздуха**  
Зимний режим работы при  
 $T_{\text{воды}} < 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $T_{\text{воздуха}} < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



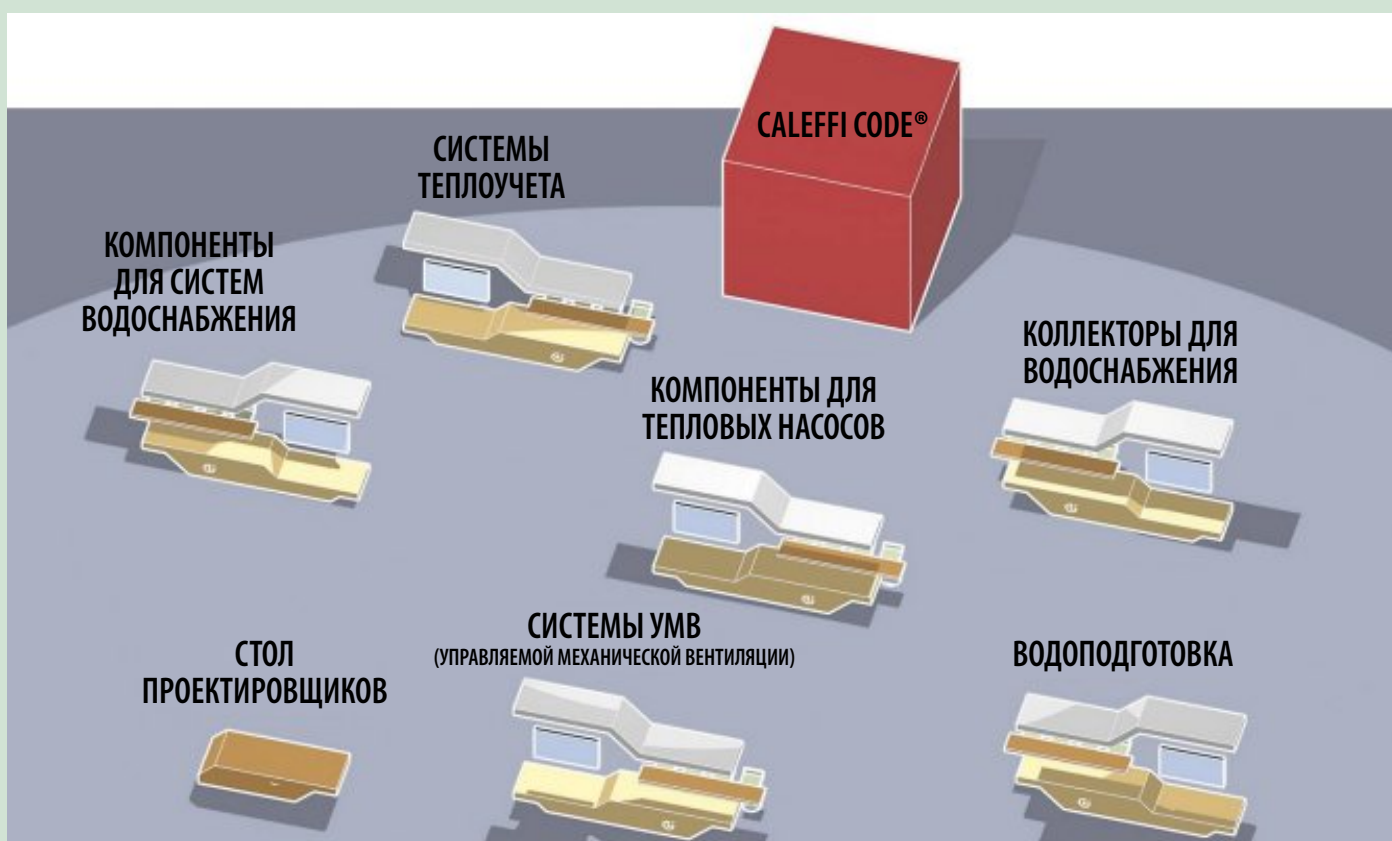
**11 Июля 2022г.**

## **МСЕ 2022 – ПРЕКРАСНО ВСТРЕТИТЬСЯ С НОВА**

Спустя неделю после завершения 42-й Выставки МСЕ Convegno Expocomfort, мы оправились от пережитых эмоций и от прелести новой совместной личной встречи и с радостью дорожим всем этим.

Мы хотели бы передать вам, как важно было пережить непосредственный контакт с теми, кто пришел посетить наш стенд и обменяться приветствиями. Мы всегда верим, что межличностные отношения имеют значение, сейчас больше, чем когда-либо. Мы проложили путь, который расскажет о нашей Flowing Expertise через различные островки, предназначенные для представления не только продукции, но и того, чем мы являемся во всей её полноте. Благодаря внутреннему инжинирингу, полному управлению и контролю производственных процессов, автоматизированной логистике, вниманию и уважению к устойчивому развитию и «Сделано в Италии» мы постарались погрузить вас в наш мир, чтобы он стал и вашим.

Для тех, кто не смог добраться до нас в Милане, мы придумали способ, как сделать возможным для вас ощутить атмосферу стенда.



### **Следите за нами в социальных сетях**

Вы найдете предварительный обзор, приглашения, инструкции для организации посещения на МСЕ 2022г. И во время выставки нас будут соединять истории, которые нельзя пропустить, чтобы заново пережить вместе с нами самые прекрасные и интересные моменты дня.



**Чтобы узнать больше о нашем стенде с нулевым уровнем воздействия на окружающую среду, продолжайте читать.**

Сделанный полностью из повторно используемых или перерабатываемых материалов, таких как стекло, дерево, листы плексигласа, мы можем с гордостью назвать его стендом без отходов.

Как и каждый год, мы также обратились к службе общественного питания с просьбой уделять максимальное внимание в этом отношении, потому что ничто не должно быть оставлено на волю случая, особенно когда речь идет о крайне больших количествах.

Мы благодарим всех, кто был с нами, и обновляем приглашение следить за нами в наших социальных сетях.

В нашем аккаунте, в Instagram, вы найдете подборку фотографий, сделанных во время мероприятия, а также на Youtube вы можете посмотреть видео, снятые на стенде.

Оставайтесь на связи!



## CALEFFI XS<sup>®</sup> и XP

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЗАЩИТА



Это наша идеальная пара для настенных котлов. Caleffi XP обеспечивает защищенную систему водоснабжения без оказания влияния на питьевую пригодность воды. Caleffi XS<sup>®</sup> удаляет грязь из воды системы отопления. Небольшие, красивые и эффективные, они работают вместе для предоставления общей защиты. **ГАРАНТИРОВАНО CALEFFI.**

CALEFFI XS<sup>®</sup>



CALEFFI XP

