



Co-funded by
the European Union



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Swiss Confederation



Implemented by:
giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Показатели производительности и эффективности теплового насоса

Ключевые показатели (COP и SCOP) и факторы, влияющие на установку



Коэффициент
производительности (COP)



Сезонный коэффициент
(SCOP)



Факторы эффективности
установки

Кожонов Ришат Мухамметович

Эксперт по энергоэффективности
г. Бишкек 2025

Введение в тепловые насосы



Тепловой насос — устройство, которое переносит тепловую энергию из одного места в другое, используя небольшое количество электроэнергии для перемещения тепла, а не его генерации



Может использоваться как для отопления, так и для охлаждения помещений и воды



Универсальное решение для обеспечения комфортного микроклимата круглый год



Источник тепла



Помещение

Типы тепловых насосов

Тепловые насосы классифицируются по источнику тепла, который они используют. Каждый тип имеет свои особенности, преимущества и области применения.



Воздушные тепловые насосы

Используют воздух как источник тепла. Воздух-воздух и воздух-вода. Просты в установке, но эффективность зависит от температуры воздуха.



Геотермальные тепловые насосы

Используют стабильную температуру земли как источник тепла. Вертикальные и горизонтальные коллекторы. Высокая эффективность независимо от погодных условий.



Водяные тепловые насосы

Используют воду из водоемов или грунтовых вод. Высокая эффективность благодаря стабильной температуре воды. Требуют разрешений на использование водных ресурсов.

Воздушные тепловые насосы



Воздух-воздух

- ✓ Забирают тепло из наружного воздуха и передают его непосредственно в воздух внутри помещения
- ✓ Относительно просты в установке
- ✓ Могут работать как на отопление, так и на охлаждение
- ⚠ Эффективность снижается при очень низких температурах



Воздух-вода

- ✓ Извлекают тепло из наружного воздуха и передают его в водяную систему отопления (радиаторы, теплые полы) и для горячего водоснабжения
- ✓ Более универсальны, чем воздух-воздух
- ✓ Могут использоваться для обеспечения ГВС
- ⚠ Эффективность также зависит от температуры наружного воздуха



Геотермальные и водяные тепловые насосы

Геотермальные (грунт-вода)

-  Используют стабильную температуру земли как источник тепла
-  Обеспечивают высокую эффективность независимо от погодных условий
-  Горизонтальный коллектор: требуют большей площади участка
-  Вертикальный коллектор: используют глубокие скважины, подходят для ограниченных участков

Водяные (вода-вода)

-  Используют воду из водоемов (рек, озер) или грунтовых вод в качестве источника тепла
-  Отличаются высокой эффективностью благодаря стабильной температуре воды
-  Требуют наличия подходящего водоема или доступа к грунтовым водам
-  Могут нуждаться в разрешениях на использование водных ресурсов



Источник тепла
(земля)



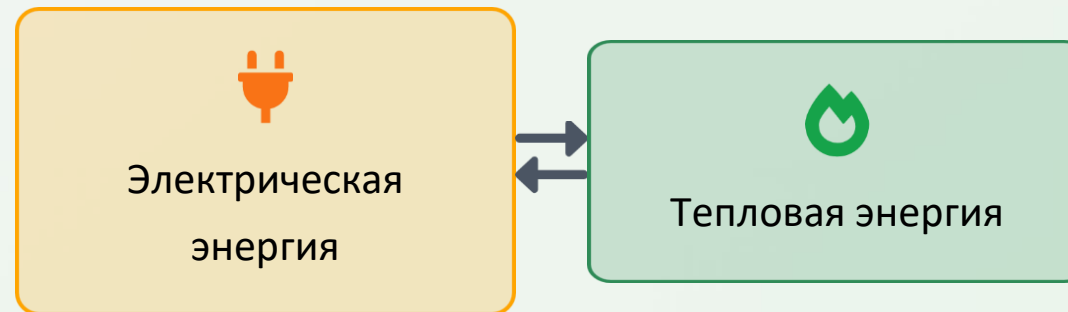
Тепловой насос
(грунт-вода)



Помещение
(отопление)

Коэффициент производительности (COP)

- Ключевой показатель энергоэффективности теплового насоса, измеряющий его эффективность в конкретный момент времени при определенных стандартизированных условиях
- Показывает, сколько единиц тепловой энергии производит тепловой насос на каждую единицу потребленной электрической энергии
- Чем выше значение COP, тем более энергоэффективен тепловой насос



$$\text{COP} = Q_{\text{тепловая}} / W_{\text{электрическая}}$$

Формула и расчет COP



COP =



$$\text{COP} = Q_{\text{тепловая}} / W_{\text{электрическая}}$$

$Q_{\text{тепловая}}$ — тепловая мощность, отдаваемая системой (кВт)

$W_{\text{электрическая}}$ — электрическая мощность, потребляемая системой (кВт)

Пример расчета COP:

Тепловой насос имеет тепловую мощность 4 кВт и потребляет 1 кВт электрической энергии.

4 кВт

/

1 кВт

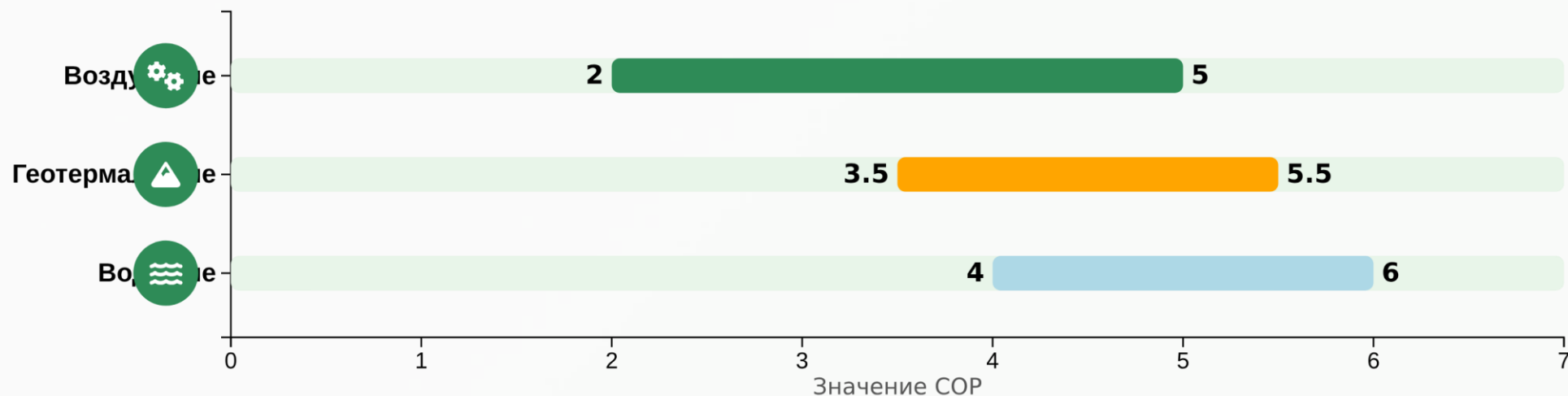
$$\text{COP} = 4$$

На каждый 1 кВт потребленной электроэнергии тепловой насос производит 4 кВт тепловой энергии

Что эквивалентно эффективности 400%

Типичные значения COP

Коэффициент производительности (COP) показывает, сколько единиц тепловой энергии производит тепловой насос на каждую единицу потребленной электрической энергии.



Критерии высокой эффективности: Значения COP выше 3.0 считаются высокоэффективными.

Чем выше значение COP, тем более энергоэффективен агрегат.

Сезонный коэффициент производительности (SCOP)



Сезонный коэффициент производительности (SCOP) — более комплексный показатель, отражающий эффективность теплового насоса на протяжении всего отопительного сезона



В отличие от COP, который является "мгновенным" значением, SCOP учитывает изменения наружной температуры и условий эксплуатации в течение сезона



Особенно важен в регионах со значительными колебаниями температуры

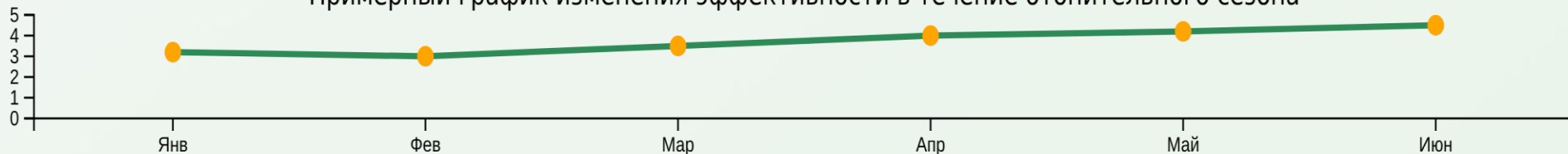
 COP

"Мгновенный" снимок эффективности в идеальных условиях
Не учитывает колебания температуры
Используется для сравнения моделей

 SCOP

Усредненная эффективность за весь сезон
Учитывает реальные колебания температуры
Лучший ориентир для оценки годовых затрат

Примерный график изменения эффективности в течение отопительного сезона



Расчет и значения SCOP



SCOP = Общее количество произведенной тепловой энергии за сезон / Общее количество электрической энергии, использованной для производства этой тепловой энергии за сезон

⇒ Воздушные тепловые насосы

3.0 - 4.0

Типичный диапазон значений



Геотермальные насосы

Высокие значения

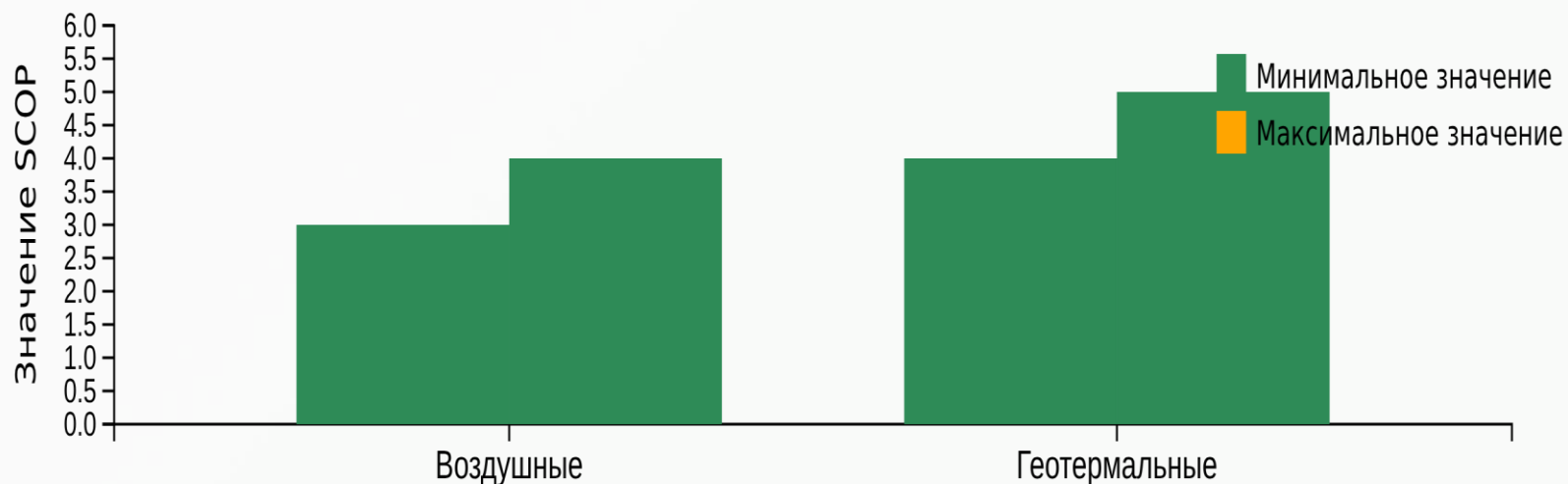
Благодаря стабильным источникам тепла



Преимущества

Экономия энергии

Более низкие эксплуатационные расходы



Сравнение COP и SCOP

COP

-  "Мгновенный" снимок эффективности в идеальных условиях
-  Измеряется при конкретных стандартизированных условиях
-  Не учитывает колебания температуры и условий эксплуатации
-  Предоставляет информацию о эффективности в определенный момент времени

VS

SCOP

-  Учитывает эффективность на протяжении всего отопительного сезона
-  Усредняет производительность за весь сезон с учетом колебаний температуры
-  Более реалистичная картина для регионов со значительными колебаниями температуры
-  Надежный ориентир для оценки годовых затрат и выбора теплового насоса

Климатические факторы эффективности



Температура наружного воздуха влияет на COP воздушных тепловых насосов



При снижении температуры COP уменьшается, так как требуется больше энергии для извлечения тепла



Современные воздушные насосы могут работать при температурах до -25°C , но с значительным снижением эффективности



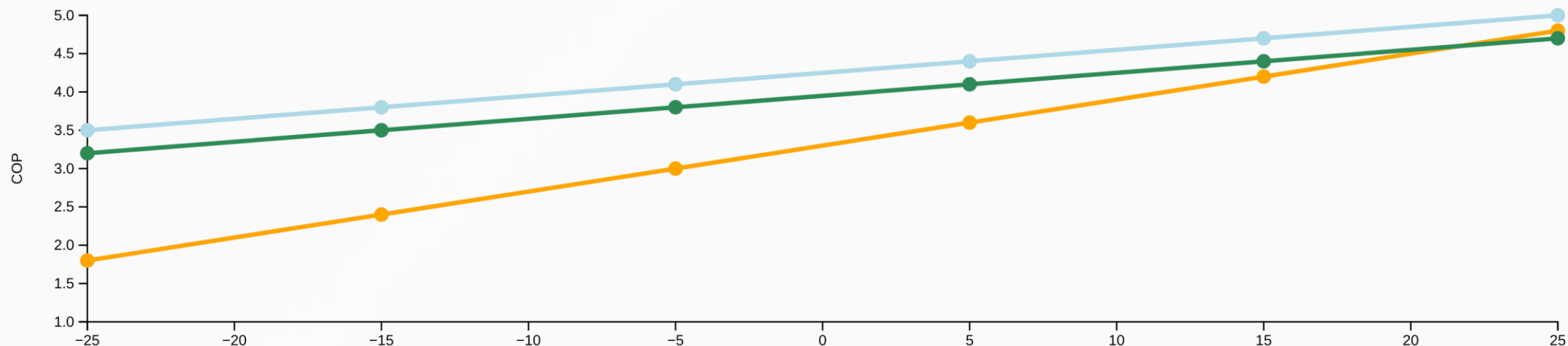
Геотермальные и водяные тепловые насосы демонстрируют стабильный COP



Температура земли или воды на определенной глубине остается относительно постоянной



Это делает их более эффективными в регионах с суровыми зимами



Температура системы отопления



Низкотемпературные системы

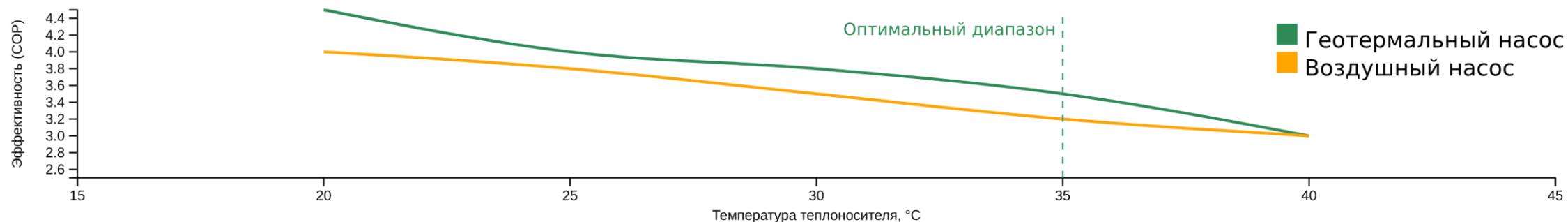
- ✓ Требуют температуру теплоносителя 30-35°C
- ✓ Работа с тепловым насосом - в оптимальном режиме
- ✓ Равномерный прогрев поверхностей
- ✓ Минимизация затрат на отопление



Высокотемпературные системы

- ⚠ Требуют температуру теплоносителя до 70-80°C
- ⚠ Менее эффективная работа теплового насоса
- ⚠ Для достижения высокой температуры требуется больше энергии
- ⚠ Снижение коэффициента COP

Зависимость эффективности теплового насоса от температуры теплоносителя



Значения COP и SCOP на примере



Model:		UNIT	MMHP9D1	MMHP15D1	MMHP15D3
Nominal Heating (Max) (A7/6°C, W30/35°C)	Heating Capacity	kW	2.92-9.10	4.30-15.20	
	Power Input	kW	0.61-2.11	0.87-3.73	
	Current Input	kW	2.80-9.25	4.02-16.38	1.78-6.04
	COP	W/W	4.31-5.66	4.07-5.57	
Nominal Heating (Max) (A7/6 °C, W47/55°C)	Heating Capacity	kW	2.99-8.16	4.25-14.55	
	Power Input	kW	1.03-2.92	1.45-4.28	
	Current Input	kW	4.57-12.79	6.71-18.80	2.84-6.78
	COP	W/W	2.79-3.46	2.83-3.45	
Nominal Cooling (Max) (A35/24°C, W12/7°C)	Cooling Capacity	kW	1.38-5.70	3.65-11.04	
	Power Input	kW	0.67-2.44	1.12-3.97	
	Current Input	kW	3.06-10.27	5.18-17.44	1.97-6.30
	EER	W/W	2.47~3.35	2.45~3.30	2.45~3.30
ERP Level (Outlet water temp. at 35°C)		/	A+++	A+++	A+++
ERP Level (Outlet water temp. at 55°C)		/	A++	A++	A++
SCOP (Outlet water temp. at 35°C)		/	4.83	4.77	4.74
SCOP (Outlet water temp. at 55°C)		/	3.71	3.77	3.70
Rated input power		kW	3.50	5.40	5.85
Rated input current		A	15.00	25.00	10.00
Refrigerant Type/Charge/GWP		/	R290/0.55/3	R290/1.05/3	

MONOBLOC GT R290 NEW 2024



AW122MXGHA
AW142MXGHA
AW162MXGHA

AW12NMXGHA
AW14NMXGHA
AW16NMXGHA



ATW-A03



HW-WA101DBT
(standard)

Product Data			Monobloc 12kW-1Ph	Monobloc 14kW-1Ph	Monobloc 16kW-1Ph
Model			AW122MXGHA	AW142MXGHA	AW162MXGHA
Heating (LWT 35°C / OAT 7°C)	Capacity	kW	12.00	14.00	16.00
	Power input	kW	2.35	2.83	3.23
	COP	-	5.10	4.95	4.95
Heating (LWT 55°C / OAT 7°C)	Capacity	kW	11.50	13.50	15.50
	Power input	kW	3.48	4.22	5.08
	COP	-	3.30	3.20	3.05
Space heating Average climate water outlet 35°C	SCOP	-	4.82	4.80	4.80
	ns	%	190	189	189
	Energy class	-	A+++	A+++	A+++
Space heating Average climate water outlet 55°C	SCOP	-	3.85	3.83	3.85
	ns	%	151	150	151
	Energy class	-	A+++	A+++	A+++

Качество теплоизоляции здания

Влияние теплоизоляции на эффективность

-  Качество теплоизоляции здания является одним из важнейших факторов, влияющих на общую эффективность системы отопления с тепловым насосом
-  Хорошая изоляция значительно снижает теплопотери дома, что уменьшает нагрузку на тепловой насос
-  Дом с высоким уровнем теплоизоляции требует меньшей тепловой мощности для поддержания комфортной температуры
-  Это позволяет использовать менее мощный тепловой насос и снижает эксплуатационные расходы

✓ Хорошая теплоизоляция



Минимальные теплопотери
Стабильная температура
Низкие эксплуатационные расходы



⚠ Плохая теплоизоляция



Значительные теплопотери
Высокая нагрузка на насос
Больше энергии для поддержания температуры

Оценка площадки для установки

Требования к площади

Тип насоса	Требования к площади
Воздушные	Наименьшие требования, внешний блок размещается на улице
Геотермальные (горизонтальный коллектор)	Значительная площадь (около 300 м ² для насоса мощностью 7 кВт)
Геотермальные (вертикальный коллектор)	Подходит для ограниченных участков, используются глубокие скважины (50-150 м)
Водяные	Доступ к водоему или грунтовым водам, разрешения на использование ресурсов



Размещение оборудования

-  **Уровень шума:** Воздушные тепловые насосы генерируют шум (50-65 дБ)
-  **Расстояние:** Не менее 3 метров от соседних участков и окон спален
-  **Запрещено:** Установка под навесами или в нишах, где шум может усиливаться
-  **Свободный поток воздуха:** Обеспечьте его для эффективной работы

Геологические условия

-  **Тип почвы:** Влажные глинистые почвы обладают лучшей теплопроводностью
-  **Разрешения:** Для вертикальных скважин требуется геологические исследования
-  **Грунтовые воды:** Учитывайте их наличие и химический состав

Проектирование системы



Расчет мощности насоса

- ✓ Мощность должна покрывать все теплопотери здания в самый холодный период
- ⚠ Недостаточная мощность — недогрев помещений
- ⚠ Избыточная мощность — частые циклы включения/выключения, снижающие эффективность
- i Расчет учитывает площадь дома, уровень теплоизоляции, климатические условия



Интеграция с существующими системами

- i **Радиаторы:** рабочая температура 30-45°C vs традиционные котлы
- i **Система теплый пол:** идеально сочетается, требует низких температур
- i ГВС: объем бойлера и способность насоса нагревать воду до 50-55°C

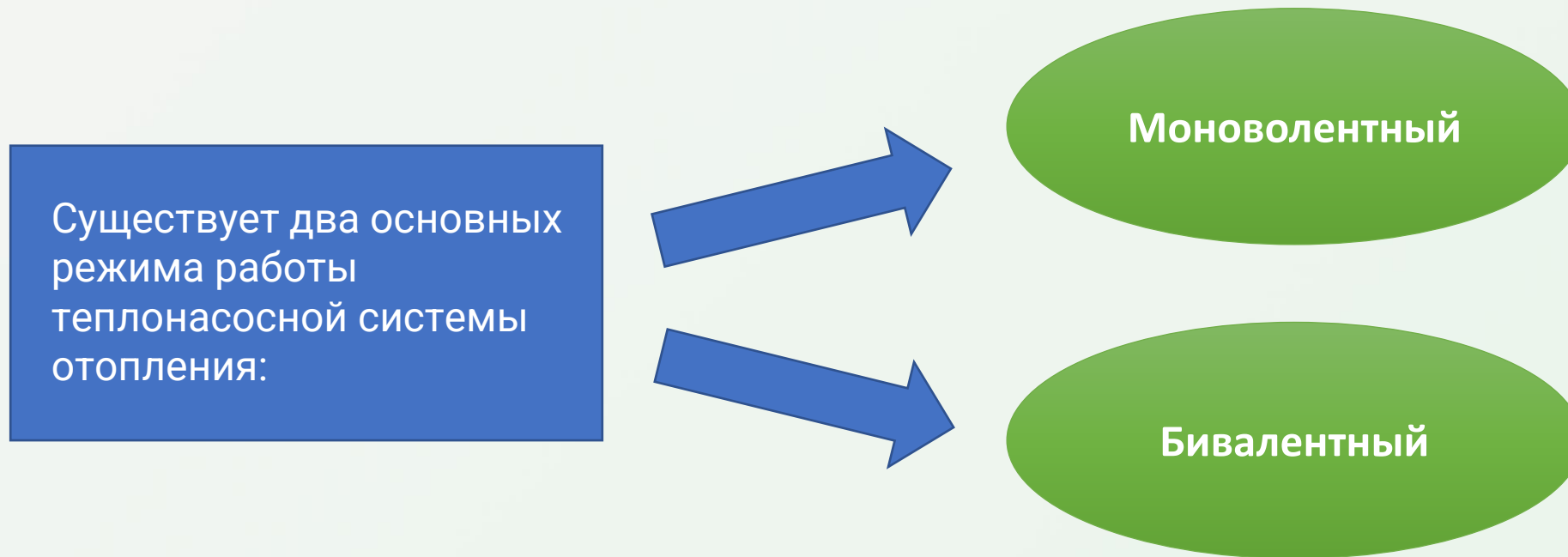


Необходимость буферной емкости

- ✓ Накапливает тепло, позволяя насосу работать в оптимальных условиях
- ✓ Уменьшает количество запусков и остановок
- ✓ Стабилизирует температуру в системе
- ✓ Равномерно распределяет тепло между контурами
- ✓ Сохраняет тепло для пиковых нагрузок

Режимы работы и мощность теплового насоса

Выбор режима работы и номинальной мощности теплового насоса зависит как от источника низкопотенциальной энергии, так и от типа отопительной системы в здании. Важно на начальном этапе определить все факторы для подбора наиболее подходящего режима работы и мощности теплового насоса.

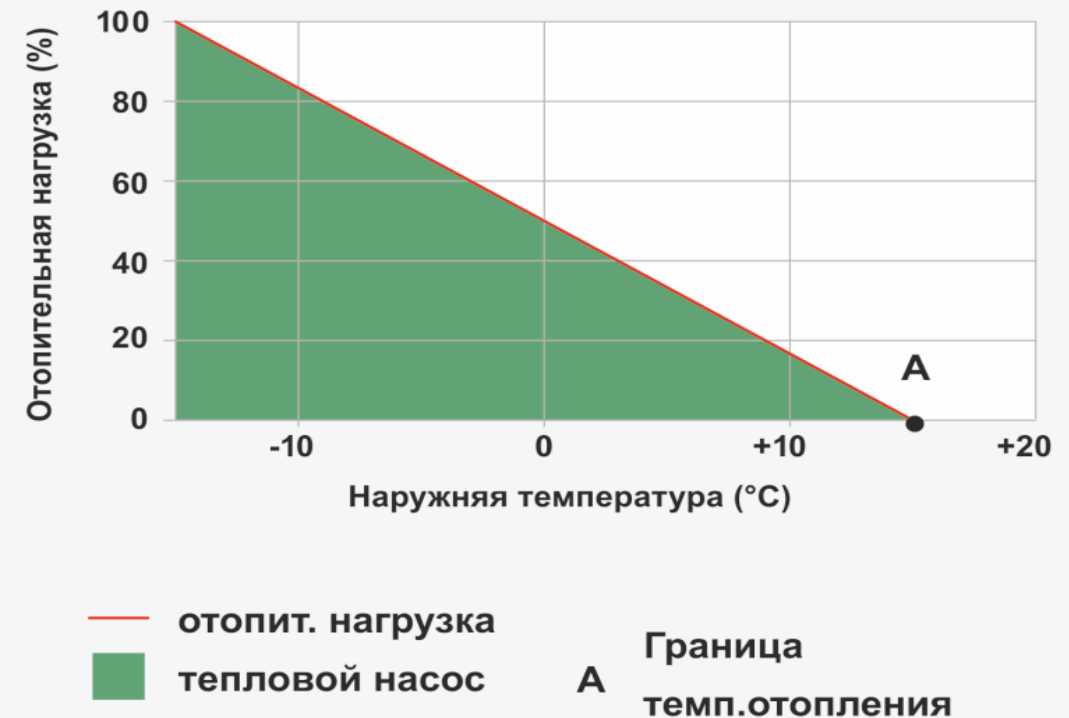


Моновалентный режим работы теплового насоса

В **моновалентном режиме** тепловой насос способен полностью обеспечивать всю тепловую нагрузку в здании. При этом мощность теплового насоса должна быть не менее чем пиковая мощность системы теплоснабжения. Так же необходимо что бы максимальная температура подачи теплового насоса была выше, чем максимальная расчетная температура в системе отопления и горячего водоснабжения.

Данный режим работы наиболее подходит для тепловых насосов со стабильной температурой низкопотенциального источника тепла (грунт, грунтовые воды, промышленная утилизация тепла и т.д.) в сочетании с низкотемпературной системой отопления (теплые полы, фанкойлы и т.д.).

Несмотря на то, что тепловой насос в моновалентном режиме полностью решает вопрос теплоснабжения в здании, существенным недостатком этого режима является высокие начальные капиталовложения на оборудование.



Бивалентный режим работы теплового насоса

Для повышения рентабельности теплового насоса следует выбирать **бивалентный режим** работы. **Бивалентный режим** подразумевает работу теплового насоса в сочетании с другим нагревательным прибором: газовым, электрическим, твердотопливным котлом и др. Выбор данного режима может быть обусловлен так же необходимостью подачи более высокой температуры в систему отопления при низких наружных температурах воздуха.

Пиковая мощность системы отопления рассчитывается исходя из наиболее холодной пятидневки в отопительный сезон. На практике такие низкие температуры встречаются не часто и не долго. На протяжении большей части сезона отопительная система работает на уровне менее 50% от максимальной мощности.

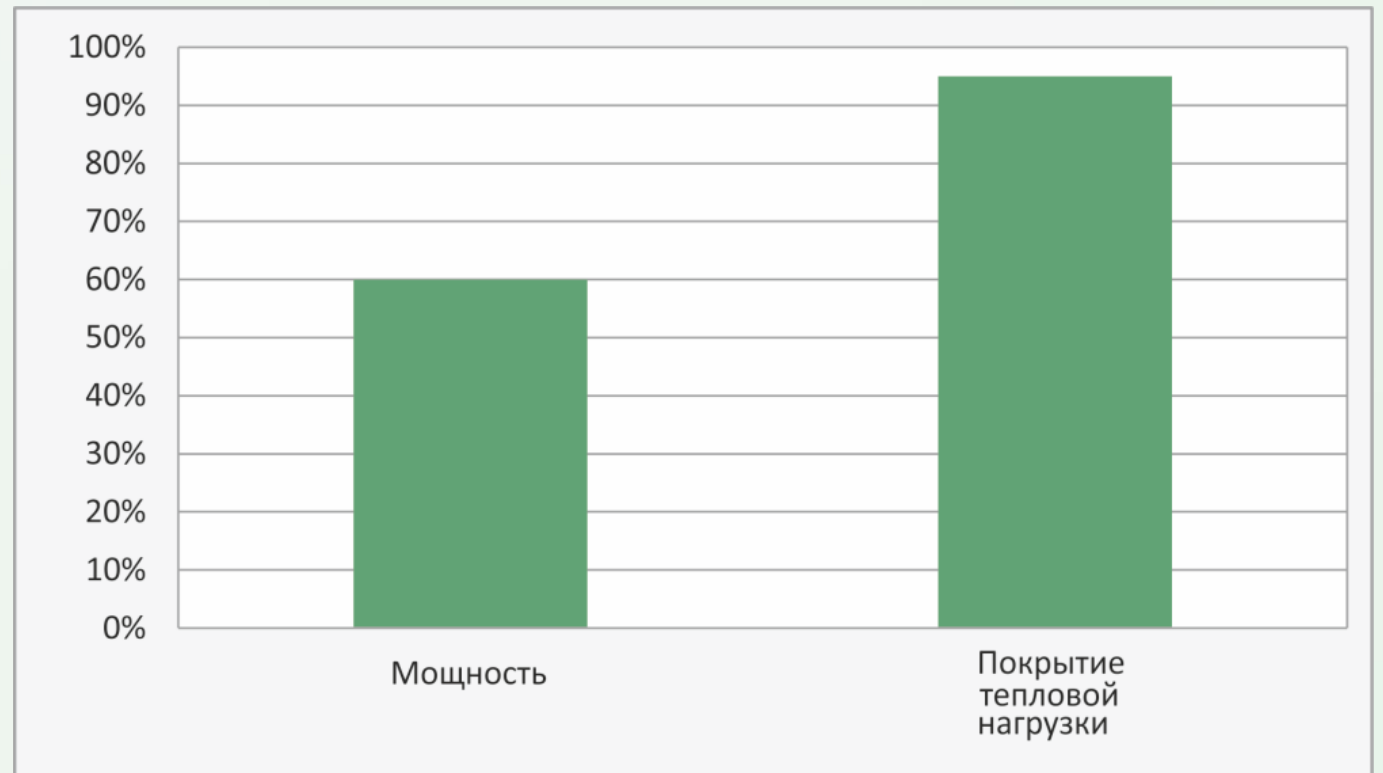
Температура наружного воздуха, °C	+6-10	+1-5	0	-9-1	-19-10	-27-20	Всего
Количество часов	934	2002	468	1518	328	24	5274

Температура в отопительный сезон

Бивалентный режим работы теплового насоса

В данном примере температура $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ называется температурой (точкой) **бивалентности**. При температурах ниже **точки бивалентности** тепловой насос может отключаться или работать в паре с дополнительным источником тепла, но при этом не покрывать всю потребность в тепле. В связи с этим, существует три вида **бивалентного режима** работы теплового насоса:

- Бивалентный альтернативный
- Бивалентный вспомогательный
- Бивалентный комбинированный

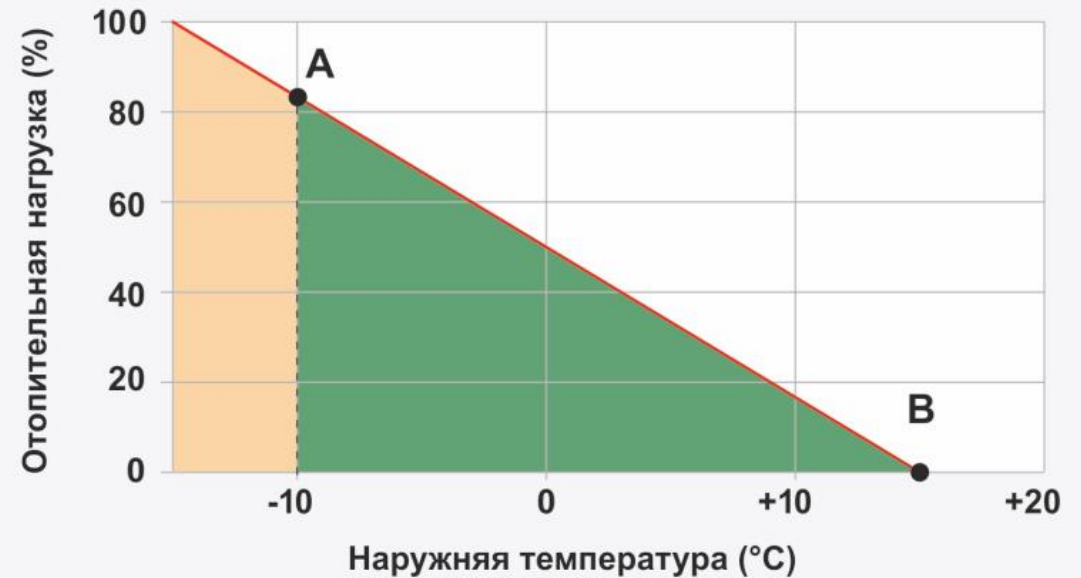


Бивалентный режим работы теплового насоса

Бивалентный альтернативный режим

Тепловой насос в **альтернативном режиме** обеспечивает полную тепловую нагрузку здания пока не достигнет точки бивалентности. После этого он отключается, а всю нагрузку берет на себя вспомогательный теплогенератор, который обеспечивает необходимый температурный график.

Дополнительный источник тепла рассчитывается на максимальную тепловую нагрузку. Чаще всего такой режим встречается, когда в качестве вспомогательного нагревателя выступает твердотопливный котел с водяной рубашкой.



— Отопит. нагрузка

■ Тепловой насос

■ Вспомог. теплогенератор

А Точка бивалентн.

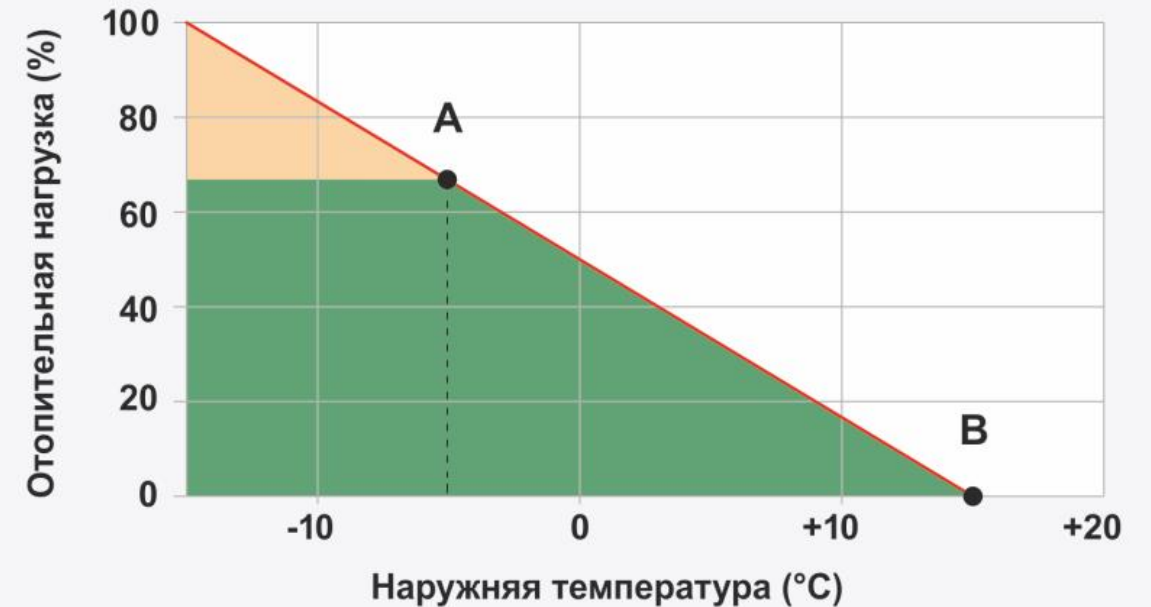
В Темп. отопления

Бивалентный режим работы теплового насоса

Бивалентный вспомогательный режим

При **вспомогательном режиме** работы тепловой насос так же полностью обеспечивает тепловую нагрузку до точки бивалентности, однако при достижении точки он не выключается, а работает в паре с дополнительным теплогенератором.

Функция вспомогательного теплогенератора заключается в обеспечении соответствующего температурного режима после температуры бивалентности. В таком случае мощность дополнительного источника нагрева может выбираться исходя из недостающей мощности пиковой нагрузки. А мощность теплового насоса подбирается для точки бивалентности. Чаще всего это может быть небольшой электронагреватель.



- Отопительная нагрузка
- Тепловой насос
- Вспомог. теплогенератор

- А Точка бивалентности
- В Температура отопления

Бивалентный режим работы теплового насоса

Бивалентный комбинированный режим

Комбинированный режим совмещает в себе характеристики предыдущих режимов работы теплового насоса. При достижении точки **бивалентности** тепловой насос не отключается, а работает параллельно со вспомогательным теплогенератором до минимальной возможной температуры воздуха.

Такой режим, как правило, соответствует работе **теплового насоса воздух-вода**. При низких отрицательных температурах производительность теплового насоса значительно падает, а целесообразность его работы резко снижается или вовсе компрессор не способен выдавать тепло. В таком случае в графике добавляется точка отключения теплового насоса. Мощность вспомогательного теплогенератора должна быть, как в альтернативном режиме, рассчитана на пиковую тепловую нагрузку.

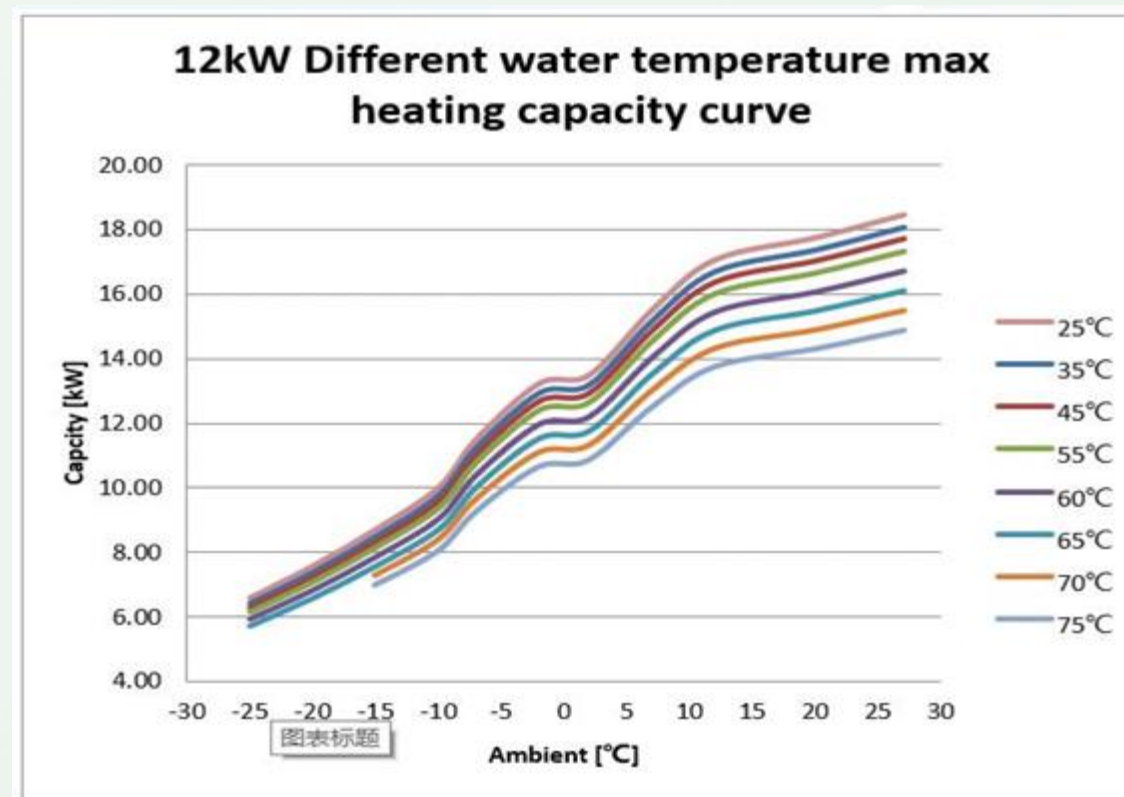
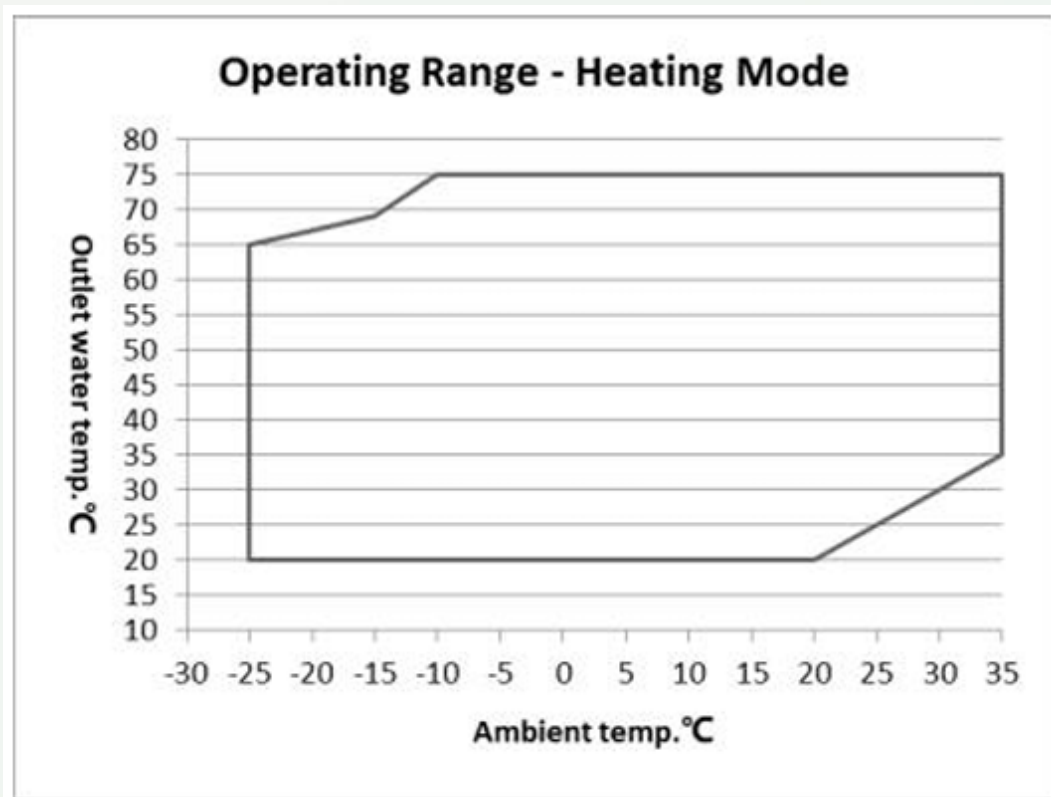


- Отопительная нагрузка
- Тепловой насос
- Вспомог. теплогенератор

- A** Точка бивалентн.
- B** Выключение теплового насоса
- C** Темп. отопления

Мощность теплового насоса

Оптимальным считается подбор мощности теплового насоса равной 60-70% от номинальной мощности теплоснабжения здания. При этом тепловой насос, как основной источник теплоснабжения, работая в бивалентном режиме может обеспечивать до 90-95% необходимого тепла. На практике наиболее распространёнными являются вспомогательный и комбинированный бивалентный режим работы теплового насоса. Точка бивалентности может быть разной в зависимости от типа отопительной системы и типа теплового насоса.



Качество монтажа и обслуживания

Профессиональная установка

- ✓ Правильное подключение трубопроводов и заправка хладагентом
- ✓ Пуско-наладочные работы
- ⚠ Ошибки при монтаже могут привести к снижению производительности и увеличению энергопотребления
- 🔧 Для геотермальных систем требуется специализированное бурение и заполнение скважин теплопроводящим раствором



Техническое обслуживание

- ✓ Необходимо для поддержания максимальной эффективности и продления срока службы
- ✓ Включает очистку фильтров, проверку уровня хладагента и осмотр компонентов
- ⚠ Некорректная эксплуатация и неправильное техническое обслуживание являются основными причинами сокращения срока службы оборудования
- 📅 Рекомендуется проводить не реже одного раза в год
- 💡 Своевременное техническое обслуживание является инвестицией в долгосрочную эффективность и надежность системы

Заключение

Высокая производительность и эффективность теплового насоса, выражающаяся в показателях COP и SCOP, достигаются только при комплексном подходе.



**Тщательный выбор
оборудования**



**Профессиональное
проектирование**



Качественная установка



Такой подход гарантирует максимальную экономию энергии, снижение эксплуатационных расходов и долгосрочную надежность системы отопления и охлаждения.