



ТЕРМОПОМПИ ЗА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНО ОТОПЛЕНИЕ, ОХЛАЖДАНЕ И ТОПЛА ВОДА

Технологични решения за декарбонизиране на битовото отопление – обучение за специалисти
24-25.09.2021 г.

инж.Петър Камбуров



Проектът получава финансиране от ЕС по програма Хоризонт 2020 за научни изследвания и иновации, грантово споразумение No. 847087.



СЪДЪРЖАНИЕ

- ❑ **Въведение: Термопомпи и термопомпени системи**
- ❑ **Местният климат – влияние върху избора на термопомпената система**
- ❑ **Специфични условия за вграждане на термопомпи в съществуващи сгради и инсталации**
- ❑ **Основни показатели за енергийна ефективност, експлоатационна сигурност и комфорт**
- ❑ **Технико-икономически подходи при избор на термопомпи**

ТЕРМОПОМПИ И ТЕРМОПОМПЕНИ СИСТЕМИ

ИСТОРИЧЕСКА СПРАВКА:

- ▶ 1748: Кюлърн (Шотландия) демонстрира процеса на изкуственото охлаждане
- ▶ 1834: Перкинс (САЩ) монтира охладител с диетил-етер
- ▶ 1852: Лорд Келвин (Англия) описва теорията на термопомпата
- ▶ 1855–1857: Ритингер (Австрия) проектира и изгражда първата термопомпа
- ▶ 1916: Въведена в експлоатация е термопомпа използваща водите на Женевското езеро
- ▶ 1945: Съмър (Англия) реализира водна термопомпа с голяма мощност в Норуич
- ▶ 1949: Уебер (САЩ) създава първата земна термопомпа
- ▶ След 1973-1974: Започва бързо развитие и приложение на термопомпите предизвикано от световната петролна криза

ТЕРМОПОМПИ И ТЕРМОПОМПЕНИ СИСТЕМИ

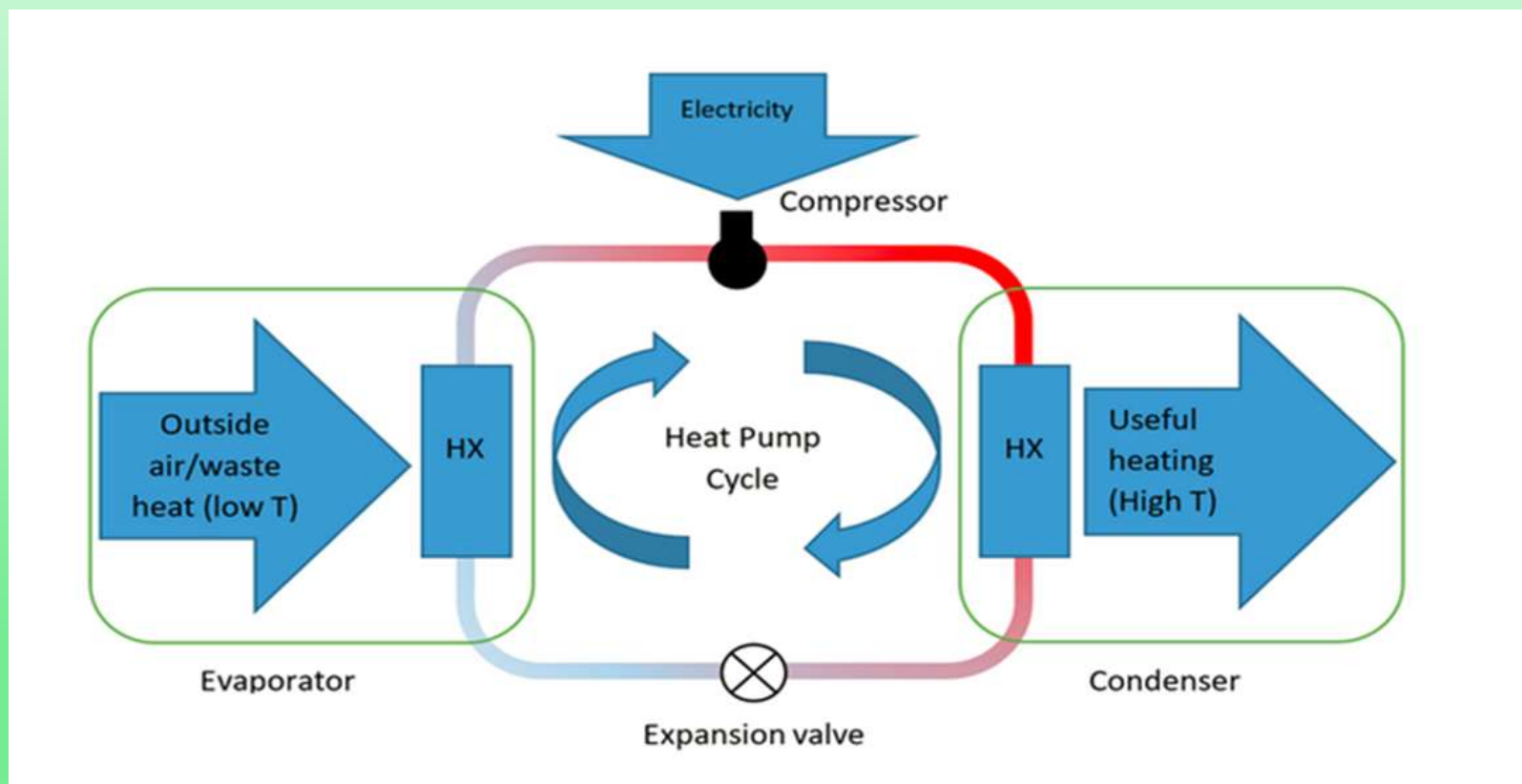


ПРЕДИМСТВАТА НА СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕРМОПОМПИ:

- С една и съща машина можете да се отоплявате, охлаждайте и да имате евтина топла вода напълно автоматично
- В наши дни те се считат за най-ефективният и икономически изгоден пазарно достъпен начин за отопление
- Те са природо-опазващи и драстично могат да намалят разходите за отопление и вредните емисии, които са нарастваща заплаха за нашето здраве и бъдещите поколения
- Имат много висока енергийна ефективност с тенденция да расте
- Предотвратяват кондензация на влага в помещенията, плесени, мухъл
- Подобряват качеството на въздуха в жилищата и комфорта

ТЕРМОПОМПИ И ТЕРМОПОМПЕНИ СИСТЕМИ

ПРИНЦИП НА РАБОТА НА ТЕРМОПОМПАТА

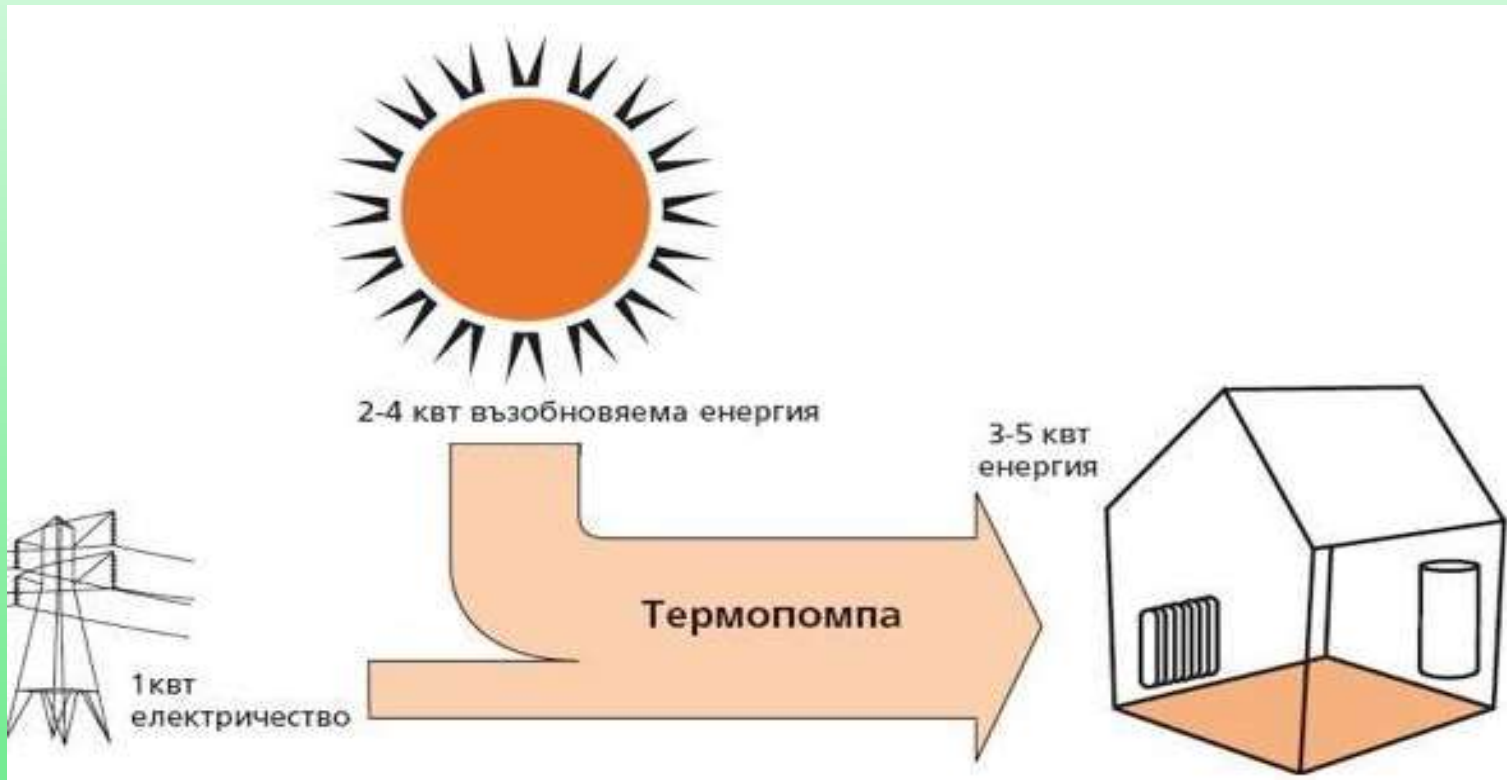


HX = топлообменник – изпарител или кондензатор

ТЕРМОПОМПИ И ТЕРМОПОМПЕНИ СИСТЕМИ



ЕНЕРГИЙНА ЕФЕКТИВНОСТ НА ТЕРМОПОМПАТА



Топлина от околната среда 2-4 кВт + 1 кВт електроенергия
= 3-5 кВт за отопление и топла вода

ТЕРМОПОМПИ И ТЕРМОПОМПЕНИ СИСТЕМИ



▶ ВИДОВЕ ТЕРМОПОМПИ :

❖ Електрически



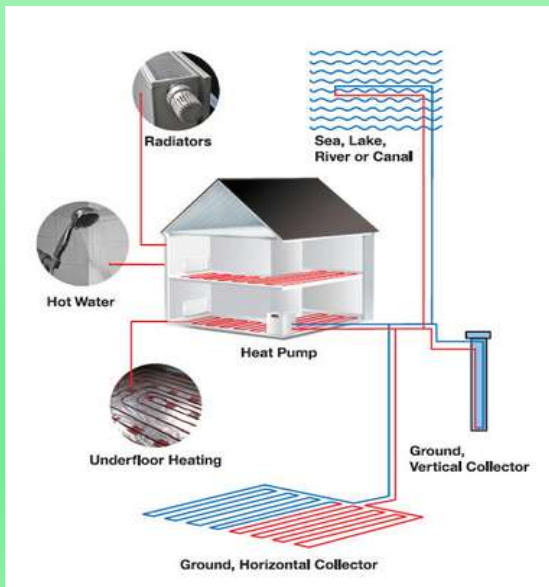
❖ Газови



❖ Абсорбционни



▶ ВИДОВЕ ТЕРМОПОМПЕНИ СИСТЕМИ



Енергиен източник →	Въздух	Вода	Земя	Слънце
Термопомпена система :	„Въздух-Въздух“ Въздух-Вода (Въздушна)	„Вода-Вода“ (Хидротермална)	„Вода-Вода“ (Геотермална)	Вода-Вода (Соларна)

Двете думи означават вида на флуида в първичния (външния) и вторичния (сграден) кръг на циркулация на термопомпата

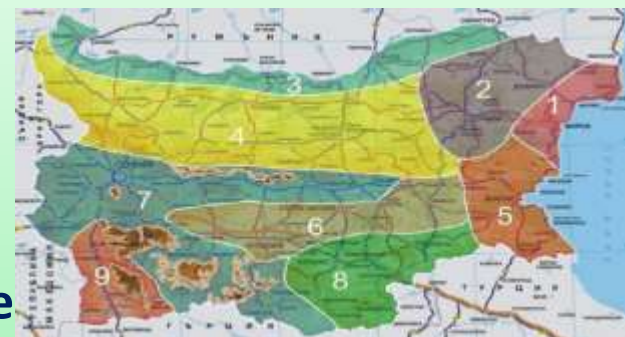
МЕСТНИЯТ КЛИМАТ – влияние върху избора на термопомпена система

▶ ОСНОВЕН ФАКТОР

България има много различни климатични зони.

В таблицата са дадени няколко подбрани градове

сравнени с гр.Смолян по климатични показатели за отопление.



Населено място :	Тизч.зима °C	Тизч.лято °C	От.сезон бр.дни	Разлика% %	Средна Т от.сезон	Разлика% %	Денградуси -	Разлика% %
Смолян	-16	30	240	100	4.0	100	3600	100
София	-16	33	190	79	3.7	93	2900	81
Копривщица	-19	28	250	104	3.0	75	4000	111
Пловдив	-15	35	175	73	4.7	118	2500	69
Барна	-11	30	180	75	5.7	142	2400	67
Петрич	-10	36	155	65	6.1	152	2000	56

Денградусите са пропорционални на необходимата топлинна енергия за отопление през зимата, $Dg = \text{Дни от.сез.} \times (T_{ср.сгр.} - T_{ср.от.сез.})$

От разликите в денградусите се вижда, че енергията за отопление в различни части на страната може да се отличава с 11 до 44%.

МЕСТНИЯТ КЛИМАТ – влияние върху избора на термопомпена система



▶ ОСНОВЕН ФАКТОР

- ✓ С решението за термопомпено отопление на дадена сграда или жилище, преди избора е необходимо да се изчисли и каква максимална охладителна мощност трябва да има същата машина за да осигури комфорта през лятото.
- ✓ Това е особено важно за населените места с високи летни температури.
- ✓ В такива градове, за жилищни добре топлоизолирани сгради, необходимата охладителна мощност може да бъде до 2 пъти по-висока от отоплителната, а за административни сгради и над 3 пъти!
- ✓ За места с продължително задържане на много ниски зимни температури (Копревщица, Самоков, Кнежа и др.) въздушните термопомпи трябва да осигурени с друг върхов топлоизточник
- ✓ За места с умерен и топъл климат въздушните термопомпи следва да са първи избор

Специфични условия за вграждане на термopомпи в съществуващи сгради и инсталации

СГРАДНА ОБВИВКА

⇒ За да има икономическа изгода за преминаване към термopомпено отопление основно условие е сградата да е топлинно изолирана по актуалните норми. Това в най-голяма степен важи за климатични зони с дълга зима, както е гр.Смолян, например.

ОБИТАВАНЕ

⇒ За съществуващи сгради с кратковременно обитаване инвестицията за нова термopомпена инсталация предварително трябва да се оцени по метода на жизнения цикъл.

ОТОПЛИТЕЛНАТА ИНСТАЛАЦИЯ

⇒ Термopомпеното водно отопление е нискотемпературно (до макс. Твода 65°C) в сравнение с това от котлите изгарящи различни горива. Това условие изисква проверка на капацитета на съществуващите радиатори, което следва да се извърши от квалифициран инженер-топлотехник.

Основни показатели за енергийна ефективност, експлоатационна сигурност и комфорт

ЕНЕРГИЙНА ЕФЕКТИВНОСТ ПРИ ТЕРМОПОМПЕНО ОТОПЛЕНИЕ

SCOP – СЕЗОНЕН КОЕФИЦИЕНТ НА ЕФЕКТИВНОСТ ПРИ ОТОПЛЕНИЕ

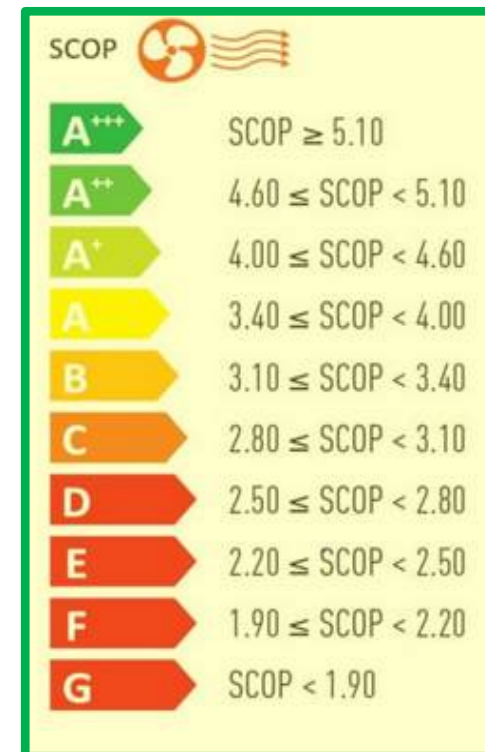
Произведената топлинна енергия в kWh/год.

SCOP = -----

Потребената електроенергия в kWh/год.

Скала за оценка на ефективността чрез SCOP ⇨

- КОЛКОТО ТОЗИ КОЕФИЦИЕНТ Е ПО-ВИСОК –
ТОЛКОВА ПО-ЕВТИНО ЩЕ Е ОТОПЛЕНИЕТО
ПРЕЗ ЦЯЛАТА ЗИМА С ТАЗИ ТЕРМОПОМПА!



Основни показатели за енергийна ефективност, експлоатационна сигурност и комфорт

ЕНЕРГИЙНА ЕФЕКТИВНОСТ ПРИ ТЕРМОПОМПЕНО ОХЛАЖДАНЕ SEER – СЕЗОНЕН КОЕФИЦИЕНТ НА ЕФЕКТИВНОСТ ПРИ ОХЛАЖДАНЕ

Произведената енергия за охлаждане, kWh/год.

SEER = -----

Потребената електроенергия в kWh/год.

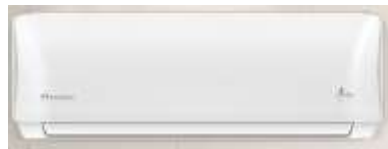
Скала за оценка на ефективността чрез SEER ⇨
- КОЛКОТО ТОЗИ КОЕФИЦИЕНТ Е ПО-ВИСОК –
ТОЛКОВА ПО-ЕВТИНО ЩЕ Е ОХЛАЖДАНЕТО
ПРЕЗ ЛЯТОТО!

SEER	
A ⁺⁺⁺	SEER ≥ 8.50
A ⁺⁺	6.10 ≤ SEER < 8.50
A ⁺	5.60 ≤ SEER < 6.10
A	5.10 ≤ SEER < 5.60
B	4.60 ≤ SEER < 5.10
C	4.10 ≤ SEER < 4.60
D	3.60 ≤ SEER < 4.10
E	3.10 ≤ SEER < 3.60
F	2.60 ≤ SEER < 3.10
G	SEER < 2.60

Основни показатели за енергийна ефективност, експлоатационна сигурност и комфорт

ЕКСПЛОАТАЦИОННА СИГУРНОСТ – РАБОТЕН ДИАПАЗОН

- ❖ Като потребители за нас е важно да знаем дали дадена термopомпа може целогодишно да ни осигури непрекъсваемо отопление, охлаждане и топла вода при екстремни външни температури.
- ❖ Тази проверка е важна за въздушните термopомпи от класа битови климатици, VRV/VRF термopомпи и популярните битови комбинирани термopомпени



системи за отопление, охлаждане и топла вода

(ALThERMA-Daikin, ESTIA-Toshiba/Carrier, TERMA V-LG и др.).

- ❖ Тези данни могат да бъдат намерени в каталозите и термopомпите – „температурен диапазон на гарантирана работа“ на машината зималято.



Operation range	Cooling	Min.~Max.	°CDB	10~43
	Domestic hot water	Min.~Max.	°CDB	-25~35

Основни показатели за енергийна ефективност, експлоатационна сигурност и комфорт



ЕКСПЛОАТАЦИОННА СИГУРНОСТ – РАБОТЕН ДИАПАЗОН

- ❖ Климатизици/термопомпи, чийто работен диапазон през зимата е ограничен до $-10/-15^{\circ}\text{C}$ за населени места със сурова зима трябва да бъдат комбинирани с друг върхов топлоизточник (котел на биомаса, пр.газ).
- ❖ При охлаждане горна граница на работния диапазон от $+40^{\circ}\text{C}$ покрива изцяло територията на страната (засега!).

ЕКСПЛОАТАЦИОННА СИГУРНОСТ – ТОПЛИННА МОЩНОСТ

- ❖ Втората важна стъпка е да проверим каква топлинна мощност отдава термопомпата при зимната изчислителна температура за отопление.
- ❖ Сериозна грешка е въздушна термопомпа да се избира по „номинална“ топлинна мощност посочена в брошурите и каталозите! Това води до риск от незадоволително отопление през най-студените месеци.

Основни показатели за енергийна ефективност, експлоатационна сигурност и комфорт

ЕКСПЛОАТАЦИОННА СИГУРНОСТ – ТОПЛИННА МОЩНОСТ

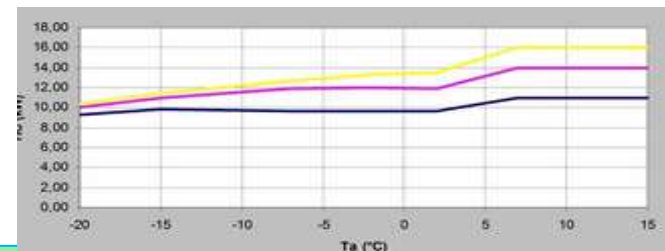
Пример:

Heating capacity	Nom.	kW	4.30 (1) / 4.60 (2)
------------------	------	----	---------------------

(1) Cooling Ta 35°C - LWE 18°C (DT = 5°C); heating Ta DB/WB 7°C/6°C - LWC 35°C (DT = 5°C) (2) Cooling Ta 35°C - LWE 7°C (DT = 5°C); heating Ta DB/WB 7°C/6°C - LWC 45°C (DT = 5°C)

От каталожните данни по-горе се вижда, че посочените две стойности за топлинна та мощност на термopомпата 4.30 и 4.60 кВт са при външна температура на въздуха +7°C и две температури на подавания топлоносител вода с температури 35°C и 45°C. На потребителя му трябва данни за отдаваната топлинна мощност при зимната изчислителна температура на въздуха, напр. в гр.Смолян Тз.изч.=-16°C.

⇒ Тази информация обезателно трябва да бъде предварително изискана от Доставчика/Производителя, тъй като топлинната мощност при -16°C може да е значително по-ниска!



КОМФОРТ

При избора на термopомпа, от гледна точка на комфорта трябва да обърнем внимание на следните по-важни неща:

- 1. Режима на обезскрежаване (defrost)** на външното тяло на термopомпата – изисква проверка на продължителността и как се отразява на температурата на подавания топъл въздух за отопление. В тази връзка добро решение е разполагането на външното тяло на завет/в ниша, на противоположната фасада на преобладаващите зимни ветрове.
- 2. Шум на външното и вътрешните тела** - избягване монтажа на външното тяло до/под спални, вътрешните тела в спални и кабинети да са с шум под 30дБ на високата скорост на вентилация.
- 3. Вътрешните тела/конвектори** да са с **насочени въздушни струи** странично на прозорци и балконски врати и по възможност към вътрешни стени.

ПРИ СЪЩЕСТВУВАЩА ОТОПЛИТЕЛНА ИНСТАЛАЦИЯ

А.КЛИМАТИЧНА ЗОНА СЪС СТУДЕНА И ПРОДЪЛЖИТЕЛНА ЗИМА

Водна отоплителна инсталация с радиатори в добро състояние

- ⇒ При условие, че жилището/сградата са санирани, нова термопомпена водна инсталация от икономическа гледна точка **може да бъде с топлинна мощност 45-65% от максималния отоплителен товар**. Това решение води до:
- Значително по-ниска начална инвестиция за термопомпата;
 - Термопомпената инсталация ще осигурява 65-80% от топлината за целия отоплителен период;
 - Термопомпената инсталация ще осигурява 100% от топлината за загряване на евтина битова вода през цялата година;
 - Съществуващият топлоизточник/котел ще се включва само в най-студените периоди като върхов/резервен.

ПРИ СЪЩЕСТВУВАЩА ОТОПЛТЕЛНА ИНСТАЛАЦИЯ Б. КЛИМАТИЧНА ЗОНА С КЪСА ЗИМА И ГОРЕЩО ЛЯТО

Водна отоплителна инсталация с радиатори

- ⇒ Както бе показано в началото на тази презентация, при такъв климат необходимата охладителна мощност за поддържане на комфорт през лятото е значително по-висока от отоплителната (до 2 пъти).
- ⇒ По тази причина въздушна термопомпа следва да бъде избрана по 80-90% охладителна мощност и с поне 130% - 140% покритие на отоплителната мощност, а при водни/земни термопомпи съотношението съответно е 80-90/100%.
- ⇒ Съществуващите радиатори трябва да бъдат демонтирани и подменени с водни конвектори. От гледна точка на комфорт, конвекторите да бъдат с долно и горно подаване на въздуха, оразмерени на ниска скорост.

ОРИЕНТИРОВЪЧНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЕНЕРГОСПЕТЯВАЩИЯ ЕФЕКТ ПРИ ТЕРМОПОМПЕНО ОТОПЛЕНИЕ

Стъпка 1: Колко топлинна енергия е необходима през зимата?

- ❑ Формула за приблизително пресмятане на енергията при нормално отопление за климатичните условия на гр.Смолян

$$E_{o.c.}, [кВтч/от.сезон] = (1800 \div 2000) \times \text{Изч. топл. товар на сградата в кВт}$$

Пример:

Апартамент 70м² в Смолян с изчислителен зимен (макс.) товар 6 кВт

При авт. регулирано отопление $1800 \times 6 = 10800$ кВтч/от.сезон

При недобро регулиране $2000 \times 6 = 12000$ кВтч/от.сезон

ОРИЕНТИРОВЪЧНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЕНЕРГОСПЕТАВЯЩИЯ ЕФЕКТ ПРИ ТЕРМОПОМПЕНО ОТОПЛЕНИЕ

Стъпка 2: Колко електрическа енергия ще изхарчим през зимата при термопомпено отопление?

- Изчисляване на потреблението на електроенергията при термопомпено отопление за климатичните условия на гр.Смолян

$$E_{\text{ел.тп}} [\text{кВтч/от.сезон}] = E_{\text{о.с.}} / \text{SCOP}_{\text{тп}}$$

Пример:

Апартамент в Смолян с изчислителен зимен товар 6 кВт

$E_{\text{о.с.}} = 10800 \text{ кВтч/от.сезон}$; $\text{SCOP}_{\text{тп}} = 3.50$ (възд. термопомпа)

$E_{\text{ел.тп}} = 10800 / 3.50 = 3086 \text{ кВтч/о.с.}$

Термопомпена система	SCOP	Пояснения
Е-1 „въздух-вода“ (ВТП)	3.5 (Ен.клас А)	Въздушна термопомпа
Е-2 „вода-вода“ (ЗТП)	4.3 (Ен.клас А+)	Земна термопомпа
Е-3 „вода-вода“ (ГТП)	4.8 (Ен.клас А++)	Геотермална термопомпа

Технико-икономически подходи при избор на термопомпи



ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЕНЕРГОСПЕТЯВАЩИЯ ЕФЕКТ ПРИ ТЕРМОПОМПЕНО ОТОПЛЕНИЕ

Стъпка 3: Колко ще спестим с термопомпено отопление?
Пресмятане на разхода за електроенергия при термопомпено отопление към примера за гр.Смолян

$$E_{\text{ел.р.тп, [лв/от.сезон]}} = 3086 \times (\text{Цср.ел., лв/кВтч} = 0.216) = 666 \text{ лв/год.}$$

Или $666/240$ дни о.с. = 2.78 лв средно/ден
или 2.78×30 дни = 83 лв средно/месец

ИКОНОМИЯ СПРЯМО ДРУГО ОТОПЛЕНИЕ

От природен газ = $10800 \times 0.093 - 666 = 338$ лв/год.

От пелети = $10800 \times 0.106 - 666 = 479$ лв/год.

За 15 години икономииите ще възлязат съответно на 5070 и 7185 лв.

(към м.юли 2021г.)

ЕНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ	ОТОПЛЕНИЕ	ТОПЛА ВОДА
ЕНЕРГИЯ	Лева/кВтч	Лева/кВтч
Ел. енергия за бита*	0.216	0.216
Термопомпи въздушни	0.062	0.056
Термопомпи водни	0.048	0.043
Природен газ	0.093	0.112
Пелети	0.106	0.127

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ИКОНОМИЧЕСКИЯ ЕФЕКТ ПРИ ТЕРМОПОМПЕНО ОТОПЛЕНИЕ

Стъпка 4: Колко изгодно е термопомпеното отопление при
замяната на друго гориво?

Определяне на икономическата ефективност чрез прост срок на откупване - към примера за гр.Смолян

Брой откупвания на инвестицията за термопомпено отопление с инверторни климатици :

Инвестиция 2 x 1200 лв = 2400 лв за 8кВт



Daikin FTXF25A / RXF25A Sensira

Като е Вашето мнение?

от 1 180,00 лв в сфера

Намалва ли цената? Сравнение

БРОЙ ОТКУПУВАНИЯ ЗА ПЕРИОД 15 год

При замяна на пр.газ $5070/2400 = 2.1$ пъти

При замяна на пелети $7185/2400 = 3$ пъти

Благодаря за вниманието!

Сайт на проекта:

www.replace-project.eu

Контакт

инж. Петър Камбуров
petarboka@gmail.com



Проектът получава финансиране от ЕС по програма Хоризонт 2020 за научни изследвания и иновации, грантово споразумение No. 847087. Комуникационните дейности, свързани с проекта, отразяват единствено мнението на авторите. ЕС и неговата Агенция за Иновации и Мрежи (INEA) не са отговорни за каквато и да било употреба на съдържащата се тук информация.

