



Модул 6

Топлопренасяне в сгради и енергийни одити

Разработено от:

EUROTraining Educational
Organization

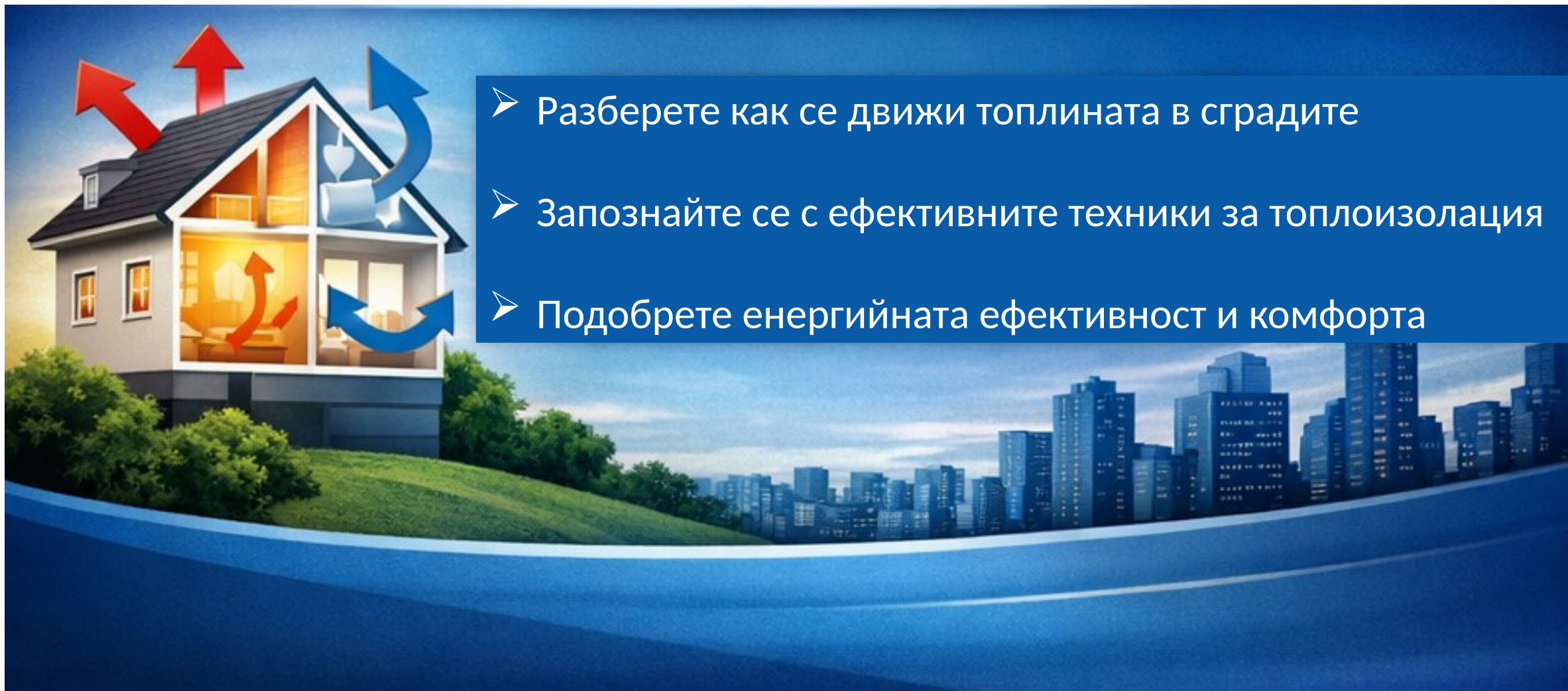


Co-funded by
the European Union



Co-funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.





- Разберете как се движи топлината в сградите
- Запознайте се с ефективните техники за топлоизолация
- Подобрете енергийната ефективност и комфорта



Co-funded by
the European Union



Модул 6 Съдържание

Урок 39	Компоненти на топлинните загуби и топлинните печалби в сградите		
Урок 40	Компоненти на топлинните загуби и топлинните притоци в сградите		
Урок 41	Основи на енергийните одити на сгради		
Урок 42	Основни измервателни уреди за енергийни одити		
Урок 43	Събиране на данни		
Урок 44	Стратегии за обновяване на сградната обвивка		



Co-funded by
the European Union



УРОК 39

Компоненти на топлинните загуби и топлинните печалби в сградите

Въведение в топлинния баланс на сградите

Топлинните загуби и топлинните печалби в сградите са критични фактори, които определят необходимата енергия за отопление или охлаждане. В този урок разглеждаме механизмите, чрез които сградите губят топлина през зимата и акумулират топлина през лятото. Разбирането на тези компоненти е от съществено значение за специалистите, проектиращи термопомпени и HVAC системи.

Основните компоненти на топлинните загуби и печалби включват:

- Теплопроводност през сградната обвивка (стени, покриви, подове, прозорци)
- Слънчеви печалби през остъкляването
- Инfiltrация на въздух и вентилация
- Вътрешни топлинни печалби от уреди, осветление и обитатели



Топлопроводност през стени, покриви и подове

Топлопроводността е пренос на топлина през твърди материали като стени, покриви и подове. Скоростта на топлинния поток зависи от коефициента на топлопреминаване (U) на материала и от температурната разлика от двете му страни.

Основна формула: $Q = U \cdot A \cdot (T_i - T_o)$, където:

- **Q** е топлинният поток във ватове (W)
- **U** е коефициентът на топлопреминаване (U-стойност, W/m²K)
- **A** е площта на повърхността (m²)
- **T_i** and **T_o** са съответно вътрешната и външната температура (°C)

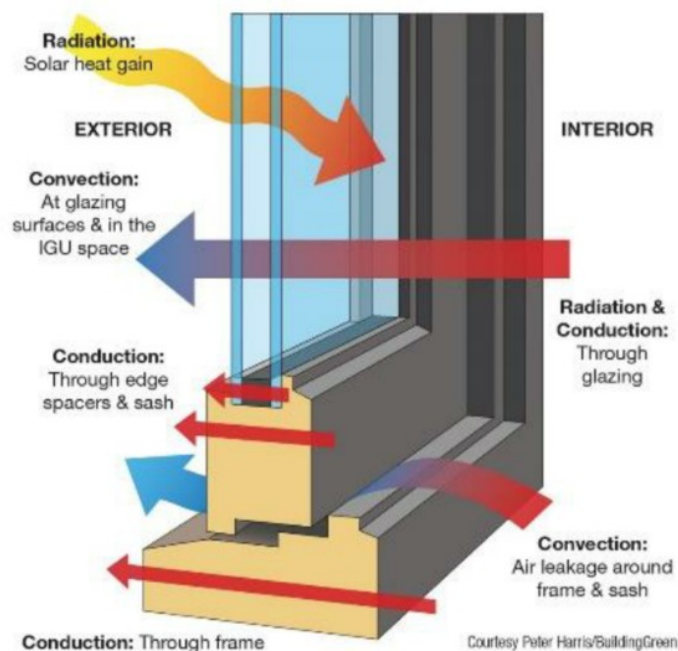
Адекватната топлоизолация е от съществено значение за минимизиране на топлинните загуби през зимата и топлинните печалби през лятото.

Топлопроводност през прозорци и остъкляване

Прозорците са слабите места от гледна точка на топлотехниката в сградната обвивка, тъй като стъклото е лош изолатор в сравнение със стените или покривите.

Прозорците с единично стъкло могат да имат коефициент на топлопреминаване (U-стойност) до $5.0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Двойният стъклопакет намалява значително топлинните загуби до стойности около $2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$, а тройният стъклопакет може да се доближи до изолационните характеристики на стена.

Топлопроводност през прозорци и остъкляване



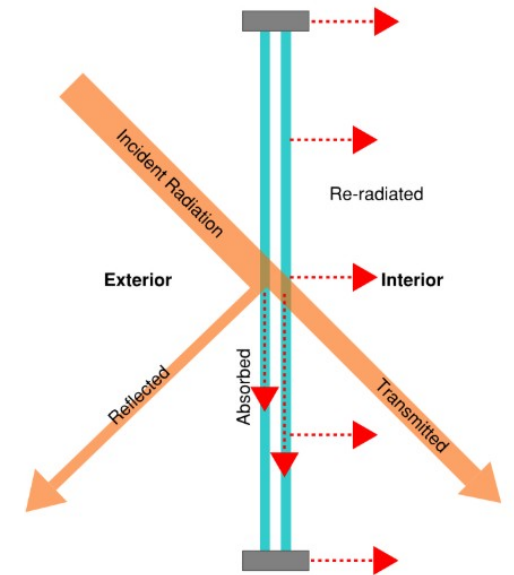
За да се намали топлопреминаването се използват на нискоемисионни (Low-E) стъклени покрития, запълване с аргон или изолирани профили. Правилното уплътняване около прозорците също е от съществено значение за предотвратяване на неконтролираната инфилтрация на въздух.

Слънчеви печалби през остъкляването (прозорците)

Слънчевата радиация преминава през прозрачни материали като прозоречното стъкло и нагрява вътрешните повърхности на сградата. През зимата слънчевите печалби могат да спомогнат за намаляване на необходимостта от отопление, но през лятото могат да доведат до прегряване и повишена необходимост от охлаждане.

Проектантските стратегии включват:

- Правилно ориентиране на прозорците за максимални слънчеви печалби през зимата
- Използване на слънцезащитни елементи за блокиране на слънцето през лятото
- Избор на стъкла с нисък коефициент на слънчев фактор (SHGC) или светлоотразителни покрития за минимизиране на нежеланите слънчеви печалби в топъл климат.



Инфилтрация на въздух и вентилация

Инфилтрацията се отнася до нежеланото изтичане (пропускане) на въздух през пукнатини и фуги в сградната обвивка, докато вентилацията е контролираният обмен на вътрешния въздух със пресен външен въздух. И двата процеса влияят върху нуждите от отопление и охлаждане.

Инфилтрацията вкарва нежелан студен или горещ въздух, който трябва да бъде съответно загрят или охладен. За минимизиране на инфилтрацията се използват методи за уплътняване като запълване с уплътнители и поставяне на уплътнителни ленти. Относно вентилацията, HRV системите (вентилационни системи с рекуперация на топлина) могат да оползотворяват топлината от отработения въздух, за да минимизират енергийните загуби.



Вътрешни топлинни печалби от хора, уреди и осветление

Вътрешните топлинни печалби произлизат от хора, уреди и осветление. Тези източници могат да спомогнат за намаляване на необходимостта от отопление през зимата, но увеличават нуждите от охлаждане през лятото.

Примерите включват:

- Хората отделят метаболитна топлина, обикновено около 100 W на човек.
- Осветлението, особено неефективните крушки, вкарва допълнителна топлина в сградата.
- Уреди като хладилници и компютри отделят топлина като страничен продукт от потреблението на енергия.



УРОК 40

Отоплителни и охладителни товари



Co-funded by
the European Union



Общ енергиен баланс на термична зона

Всяка сграда или помещение може да се разглежда като термична зона с входящи и изходящи топлинни потоци.

- Топлината постъпва от слънчева радиация, вътрешни топлинни печалби (обитатели, уреди, осветление) и отоплителни системи.
- Топлината излиза през сградната обвивка: топлопроводност през стени, прозорци, покрив и под, плюс въздухообмен.

Концепция за топлинен товар (явен и латентен)

Топлинните товари представляват топлинната енергия, която трябва да бъде добавена или отнета от дадено пространство, за да се поддържа комфорт.

- Явен топлинен товар: Влияе върху температурата на въздуха — напр. топлина от уреди, хора и слънчева радиация.
- Латентен (скрит) топлинен товар: Влияе върху влагосъдържанието на въздуха (влажността). Това е енергията, необходима за изпаряване или кондензация на влагата.

Изчислителни условия за отопление и охлаждане

При оразмеряването на HVAC системи се избират изчислителни външни и вътрешни условия, за да се гарантира комфорт дори при екстремни климатични условия.

- Проектните (изчислителните) вътрешни температури обикновено са в границите 20–22°C за отопление (зима) и 25–26°C за охлаждане (лято).
- Изчислителните външни условия се базират на екстремни, но реалистични температурни данни: най-ниските температури за отопление и най-високите за охлаждане.

Допълнителни практически съображения при оразмеряване на системи и типове сгради

Практическите фактори влияят върху оразмеряването на системите извън базовите изчисления на топлинния товар:

- Често се добавят коефициенти на запас (около 10% допълнителна мощност) за отчитане на несигурности, но свръхоразмеряването намалява ефективността.
- Топлинната маса (масивна спрямо лека конструкция) оказва влияние върху скоростта на температурните промени, а оттам и върху отоплителния/охладителния товар.
- Въздухонепроницаемостта и стратегиите за вентилация (напр. HRV) са от решаващо значение, особено за системи като термопомпи, които разчитат на минимална инфилтрация.

УРОК 41

Основи на енергийните одити на сгради



Co-funded by
the European Union



Въведение в енергийните одити

Енергийният одит представлява систематична оценка на потреблението на енергия и енергийните характеристики на сградата.

При проекти за обновяване (реновиране) енергийните одити са от решаващо значение за идентифициране на неефективностите и подобряване на енергийните характеристики. Одитът предоставя пътна карта за енергоспестяващи мерки, като установява базова линия за текущото състояние и откроява зоните за подобрене.

Основни цели и ползи от енергийните одити

Основните цели на енергийния одит включват:

- **Идентифициране на неефективности:** Откриване на зони със загуба на енергия, като лоша изолация, остаряло оборудване или експлоатационни проблеми.
- **Приоритизиране на подобренията:** Подреждане на мерките за енергийна ефективност с цел максимално спестяване на енергия и намаляване на разходите.
- **Максимизиране на възвръщаемостта на инвестициите (ROI) и стимулите:** Изчисляване на разходите и спестяванията, както и идентифициране на държавни стимули или възможности за финансиране.
- **Осигуряване на оптимизация на системите:** Откриване на бързи решения за предотвратяване преразход на енергия, като неизправно оборудване или неправилно настроено управление.
- **Подобряване на характеристиките и комфорта:** Подобряване на енергийните характеристики на сградата, намаляване на сметките за енергия и ограничаване на въздействието върху околната среда.



Интегриране на термопомпи при обновяване на сгради

При последващо внедряване на термопомпи (ретрофит), обновяването на сградата е от съществено значение за оптимизиране на тяхната работа.

Основни фактори за успешна интеграция:

- **Намаляване на необходимостта от отопление:** Подобряването на изолацията и намаляването на топлинните загуби позволяват на термопомпата да работи при по-ниски температури на топлоносителя (40–50°C).
- **Понижаване на температурите в разпределителната мрежа:** Подмяната/увеличаването на радиаторите или инсталирането на подово отопление позволяват на термопомпите да работят ефективно.
- **Оптимизация на системата:** Настройката на управлението и ограничаването на температурните понижения (нощно/периодично понижение) гарантират, че термопомпата работи в своя оптимален температурен режим, което подобрява сезонния коефициент на преобразуване (SCOP).



Видове енергийни одити според степента на детайлност

Енергийните одити варират по степен на детайлност (интензивност) в зависимост от нуждите на проекта:

- Оглед / Предварителен одит: Бърз общ преглед на потреблението на енергия чрез визуален оглед.
- Обстоен одит / генерален или подробен: По-задълбочен анализ на сметките за консумирана енергия, работата на системите и измервания на място.
- Детайлен одит за инвестиционно проектиране: Подробен технически анализ с калибриран енергиен модел, включващ контролно измерване по подсистеми (по консуматори) и динамични симулации за точно прогнозиране на спестяванията.



Основни стандарти (ISO 50002, EN 16247)

Стандартите осигуряват рамка за извършване на енергийни одити, гарантирайки последователност и сравнимост:

- **EN 16247**: Европейски стандарт за енергийни одити, предоставящ насоки за сгради, HVAC системи и стратегии за управление.
- **ISO 50002**: Глобален стандарт за енергийни одити, съгласуван с ISO 50001 за системи за управление на енергията (енергиен мениджмънт).
- **Стандарти за EXC (EN ISO 52000-1)**: Използват се за изчисляване на цялостните енергийни характеристики на сградите (EXC / EPB), от съществено значение за оценка на спестяванията от обновяване.
- **ISO 50015**: Стандарт за мониторинг, измерване и верификация на енергийните характеристики, гарантиращ постигането на прогнозираните спестявания.

УРОК 42

Основни измервателни уреди за енергийни одити



Co-funded by
the European Union



Въведение в измервателната апаратура за енергийни одити

Измервателната апаратура е от ключово значение при енергийните одити за събиране на надеждни данни относно енергийните характеристики на сградата.

Основните инструменти включват сензори за параметрите на микроклимата, уреди за измерване на въздушния поток, електромери/анализатори на електрически величини, газ-анализатори за горивни процеси, термокамери и оборудване за изпитване на въздухонепроницаемостта.

Тези уреди спомагат за диагностициране на енергийните неефективности, идентифициране на възможности за подобрене и осигуряване на точни данни за последващо интегриране на термопомпи.



Сензори за параметрите на микроклимата (температура, влажност, CO₂, скорост на въздуха)

Сензорите за вътрешната среда се използват за измерване на ключови параметри на комфорта и качеството на въздуха:

- Сензори за температура (термометри, регистратори на данни): Оценяват колко добре се отопляват или охлаждат помещенията.
- Сензори за влажност (хигрометри): Измерват нивата на влага за идентифициране на лоша вентилация или проблеми с управлението на HVAC системата.
- Сензори за CO₂: Използват се за мониторинг на качеството на въздуха в помещенията и ефективността на вентилацията. Високата концентрация на CO₂ е индикатор за недостатъчен пресен въздух.
- Сензори за скорост на въздуха (анемометри): Измерват скоростта на въздушния поток, за да осигурят балансирано разпределение от HVAC системата и да идентифицират течение или застоял въздух.

Тези измервания гарантират, че мерките за повишаване на енергийната ефективност няма да влошат комфорта или здравето на обитателите.



Измерване на дебита на въздух и вода в HVAC системи

Измерването на дебита е от жизненоважно значение за разбирането на движението на флуидите в HVAC системите:

- Анемометри (с перка или с нагревателен елемент/ термоанемометри): Измерват скоростта на въздуха, като помагат за оценка на работата на въздуховодите и вентилационните решетки.
- Тръби на Пито (Пито-Прандтъл): Измерват скоростното (динамичното) налягане във въздуховодите, подпомагайки изчисляването на въздушния дебит и откриването на дисбаланс във въздушния поток.
- Балометри (измервателни фунии за дебит): Измерват обемния дебит на въздуха, като се поставят директно върху анемостати, дифузори или вентилационни решетки.
- Водомери / Дебитомери за вода (напр. външни ултразвукови дебитомери): Измерват дебита на топлоносителя в хидравличните отоплителни системи с цел определяне на отдадената топлинна мощност и хидравличното балансиране.



Точните измервания на дебита гарантират, че HVAC системите работят ефективно, и са от съществено значение при последващо интегриране на термопомпи.



Co-funded by
the European Union



Измервателни уреди за консумация на електроенергия

Уредите за измерване на консумацията на електроенергия измерват какво количество мощност консумира оборудването и неговата ефективност.

- Токови клещи (амперклещи): Измерват тока, преминаващ през проводниците, без директен електрически контакт, което е полезно за проверка на голямо оборудване като HVAC системи.
- Анализатори на мрежови параметри / електроенергия: Измерват напрежение, ток, мощност, енергия и фактор на мощността ($\cos\phi$). Те помагат за изграждане на профили на товара и за идентифициране на неефективности, като преоразмерени електродвигатели или неефективно осветление.

Тези инструменти помагат да се оцени дали електрическата инфраструктура на сградата може да поддържа последващо интегриране на термопомпа, както и да се идентифицират възможности за икономии.

Газ-анализатори за горивни процеси в отоплителни системи

Газ-анализаторите се използват в сгради с отоплителни системи на гориво (газ, нафта, биомаса) за измерване ефективността на изгаряне.

Анализаторът измерва O_2 , CO, CO_2 , NO_x и температурата на димните газове. Той предоставя данни за ефективността на горивния процес, излишъка на въздух и безопасността (напр. нива на CO). Тази информация помага да се идентифицират проблеми като непълно изгаряне или значителен преразход на енергия преди подмяната на системата с термopомпа.

Данните за ефективността на изгаряне осигуряват базова линия за спестяване на енергия, което подпомага обещанията за инсталациите на термopомпа.



Термография (Инфрачервена термография)

Термографията (инфрачервената термография) се използва за откриване на температурни разлики по повърхностите на сградата.

- Идентифицира дефекти в изолацията, термомостове (термични мостове) и инфилтрация/изтичане на въздух.
- Разкрива скрити проблеми като натрупване на влага или липсваща изолация.
- Полезна е при последващо интегриране на термопомпи за прецизно локализиране на зоните с топлинни загуби и приоритизиране на подобренията.

Термограмите показват преминаването/загубата на топлина през пролуки или лошо изолирани участъци, напътствайки приоритетите при обновяването.

Изпитване за въздухонепроницаемост (Метод с „Blower Door“)

Изпитването за въздухонепроницаемост, най-често чрез метода с „Blower Door“, е от решаващо значение за откриване на неконтролирани изтичания на въздух през сградната обвивка.

Оборудването „Blower Door“ създава свръхналягане или подналягане в сградата, като измерва въздушния дебит, необходим за поддържане на определена разлика в налягането.

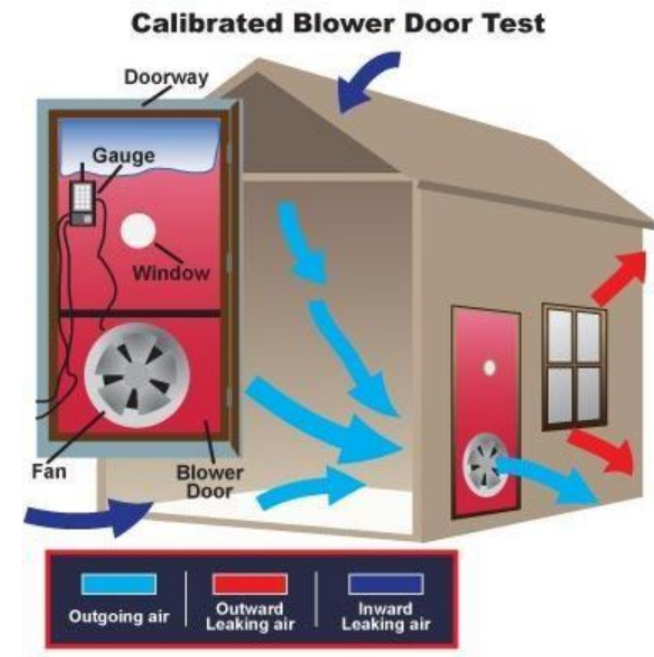
Резултатът се изразява като кратност на въздухообмена за час (ACH50), показващ степента на инфилтрация/нехерметичност на сградата.

Локализирането на пропуски позволява уплътняване на сградата с цел намаляване на топлинните загуби и повишаване ефективността на термопомпата.



Изпитване за въздухонепроницаемост (Метод „Blower Door“)

Това изпитване гарантира, че сградата е добре уплътнена преди инсталирането на термопомпа, което оптимизира нейната енергийна ефективност.



Калибриране и точност на уредите

Калибрирането гарантира, че измервателните уреди осигуряват точни и надеждни данни по време на енергийните одити.

Предимства:

- Точните измервания са основата на надеждните енергийни одити.
- Калибрирането гарантира, че измерванията съответстват на националните или международните референтни стандарти (еталони).
- Правилното калибриране подобрява вземането на решения относно мерките за обновяване, оразмеряването на оборудването и подобряването на ефективността.

! Неточните уреди могат да доведат до грешки, опасни практики и неправилно оразмеряване на системи като термопомпи. !



УРОК 43

Събиране на данни



Co-funded by
the European Union



Въведение в събирането на данни при енергийните одити

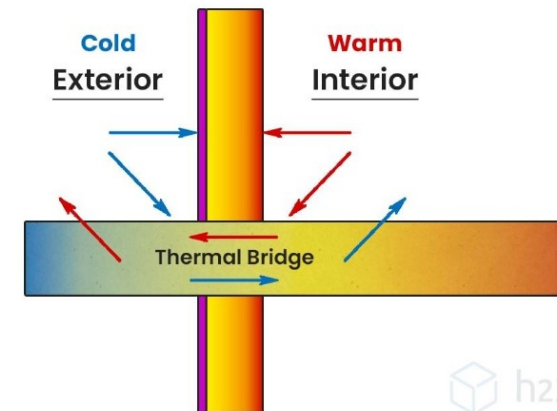
Събирането на правилните данни е от съществено значение за енергийните одити, особено при планирането на мерки за обновяване.

Основните категории данни включват:

- Сградна обвивка (стени, прозорци, покриви и др.)
- Топлинни зони (зони със сходни нужди от отопление и охлаждане)
- Исторически данни от сметките за консумирана енергия (профили на енергопотреблението)
- Местни климатични данни (температура, влажност, слънчева радиация)
- Данни за обитаването (брой обитатели и тяхното поведение)
- HVAC системи (оборудване и разпределителна мрежа)

Сградна обвивка: Външни стени, прозорци, термомостове

Сградната обвивка разделя вътрешната от външната оказвайки пряко влияние върху потреблението на енергия



Основни компоненти, които трябва да бъдат документиран

- Външни стени: Конструкция, степен на изолация, вид на използваните материали.
- Прозорци: Вид (единично остъкляване, двоен/троен стъклопакет и т.н.) и ориентация (влияе върху слънчевите топлинни печалби).
- Врати: Теплоизолация и уплътнение.

Топлинни зони

Топлинните зони групират пространства със сходни нужди от отопление и охлаждане.

При събирането на данни одиторите:

- Определят кои стаи или площи принадлежат към всяка зона.
- Документират HVAC системите, обслужващи съответната зона.
- Отбелязват температурните задания (setpoints), методите за управление и работните графици.

Това помага за разбирането на вътрешните топлинни печалби, нивата на комфорт и потреблението на енергия в различните части на сградата.

Сметки за комунални услуги (енергия)

Сметките за комунални услуги предоставят важна информация за профила и моделите на енергопотребление.

Одиторите анализират:

- Месечното потребление на електроенергия, газ и горива за отопление.
- Сезонните колебания в използването на енергия (нужди от охлаждане спрямо отопление).
- Идентифицирането на аномалии, които могат да показват неефективност.

Данните от сметките за комунални услуги помагат да се определи базовата линия на енергийно потребление и да се идентифицират възможности за подобрене.



Климатични данни: Източници и значение

Климатичните данни са от критично значение за нормализиране на енергопотреблението и изчисляване на отоплителните и охладителните товари.

Одиторите събират:

- Характеристики на местния климат (температура, влажност, слънчева радиация).
- Денградуси за отопление (ДГО / HDD) и денградуси за охлаждане (ДГОх / CDD) за местоположението на сградата.

Климатичните данни помагат за сравняване на работата на сградата през различни години и за коригиране на енергопотреблението спрямо колебанията във външната температура.

Данни за обитаването

Данните за обитаването оказват влияние върху потреблението на енергия и нивата на комфорт в сградата.

Основните детайли, които трябва да се съберат, включват:

- Брой обитатели и техните работни/дневни графици.
- Модели на обитаване (напр. през почивните дни, празниците).
- Дейности, генериращи топлина или влага (напр. готвене, спорт/физически упражнения).

Разбирането на обитаването помага за адаптиране на работата на HVAC системите и зоновото управление, намалявайки разхода на енергия.

Крайни отоплителни устройства и системи за производство на топлина

Събирането на данни за HVAC системите е от съществено значение за разбирането на енергийните характеристики на сградата.

Одиторите документират:

- Вид на системите за отопление (напр. газов котел, термопомпа) и охлаждане (напр. климатици, чилъри).
- Технически спецификации: Модели, мощности, видове горива, коефициенти на ефективност.
- Крайни отоплителни/охладителни тела: Радиатори, вентилаторни конвектори или регулатори за променлив дебит (VAV регулатори).

Този опис/инвентаризация помага да се идентифицират неефективностите и предоставя информация за решенията за обновяване, като например модернизирание на оборудването или преминаване към термопомпи.



УРОК 44

Стратегии за обновяване на сградната обвивка



Co-funded by
the European Union



Намаляване на нуждите от отопление и въздействие върху термопомпите

Обновяването на сградната обвивка с цел намаляване на нуждите от отопление е критична стратегия за ефективната работа на термопомпите.

Чрез подобряване на топлоизолацията и въздухоплътността, сградите могат да използват термопомпи с по-малка мощност, което намалява разходите и потреблението на енергия.

Проучванията показват, че подобряването на изолацията може да намали нуждите от отопление с до 50%, осигурявайки по-висока ефективност на термопомпата и по-дълъг експлоатационен живот.

Елементи на сградната обвивка и топлинни загуби

Сградната обвивка, включително външните стени, покривът, подовете, прозорците и вратите, оказва съществено влияние върху топлинните загуби.

Стените са отговорни за 35–40% от топлинните загуби, покривът – за 15–25%, а прозорците често са най-слабото звено.

Отстраняването на термомостовете и подобряването на топлоизолацията на тези елементи могат значително да намалят общите топлинни загуби.

Чести дефекти (недостатъци) в съществуващите сградни обвивки

По-старите сгради често страдат от недостатъчна топлоизолация, остаряла дограма, висока инфилтрация на въздух (неконтролирани течове на въздух) и наличие на термомостове.

Тези недостатъци водят до повишено потребление на енергия и намален термичен комфорт.

Отстраняването на тези проблеми – като подобряване на изолацията, уплътняване на фугите и подмяна на старата дограма – е от ключово значение за подобряване на енергийните характеристики.

Оценка на нуждите от обновяване: Инспекции и диагностични методи

Ефективното планиране на обновяването започва с обстойна оценка с помощта на диагностични инструменти като инфрачервена термография и тестове с Blower Door (апаратура за изпитване на въздухопроницаемост).

Термографията идентифицира топлинните загуби през пролуки в изолацията и термомостове, докато тестовете с Blower Door измерват въздухоплътността и откриват местата с неконтролирани течове на въздух.

Решения за обновяване (уплътняване на въздушни течове, модернизация на остъкляването, контрол на влагата)

Основните решения за обновяване включват подобряване на топлоизолацията, модернизиране на остъкляването, уплътняване на въздушните течове и управление на влагата.

Външната топлоизолация (ВТИС), вътрешната топлоизолация и изолацията на кухи стени са често срещани методи.

Подмяната на прозорците с двоен стъклопакет намалява топлинните загуби, докато контролът на влагата предотвратява появата на конденз и мухъл.

Видове топлоизолационни материали

Различните топлоизолационни материали включват минерална вана, пенопласти (плочи от експандиран/екструдирани полистирол и полиизоцианурат) като EPS и PIR, естествени влакна като целулоза и коноп, както и иновативни материали като аерогели.

Всеки материал има своите предимства и подходящи приложения – например минералната вана за пожароустойчивост, а целулозата за екологични и „дишащи“ решения.

Основни методи за монтаж

Изолацията може да бъде монтирана външно, вътрешно или в кухини на стените, като всеки метод има специфични предимства.

Външната топлоизолация (ВТИС / EWI) осигурява непрекъсната топлинна защита, без да намалява интериорното пространство, докато вътрешната топлоизолация (IWI) запазва външния естетически вид на фасадата.

Изолацията на кухи стени (CWI) е разходно ефективно решение за жилища, построени в средата на XX век.

Принципи на контрола на влагата

Контролът на влагата е от изключително значение при обновяването на сградната обвивка.

Той включва предотвратяване на навлизането на дъждовна и повърхностна вода, осигуряване на непрекъсната топлоизолация и въздухоплътност, прилагане на подходящи стратегии за контрол на водната пара и осигуряване на вентилация за нейното отвеждане.

Балансираният подход гарантира енергийна ефективност, като същевременно предотвратява появата на конденз и мухъл.

ОСНОВНИ ИЗВОДИ

- ✓ Можете да **идентифицирате основните механизми на топлопреминаване и топлинни печалби** (топлопроводимост, слънчеви печалби, инфильтрация/вентилация, вътрешни топлинни печалби) и да обясните как те оформят поведението на сградата.
- ✓ Можете да **превърщате топлинните потоци в топлинни товари**, използвайки енергийния баланс на топлинните зони и разграничавайки **явните от латентните (скритите) товари**.
- ✓ Разберете **защо енергийните одити са на първо място** при обновяването: определяне на изходно състояние, идентифициране на най-големите загуби, подреждане на мерките по приоритет и подкрепа за инвестиционните решения.
- ✓ Можете да избирате и интерпретирате **основните инструменти и данни от одита** (вътрешни сензори, дебит на въздух/вода, електрически измервания, термография, Blower Door тест) и да обясните защо **калибрирането** гарантира надеждността на одита.
- ✓ Можете да прилагате принципа **„първо сградната обвивка“ (fabric-first) при обновяване**: намаляване на нуждите от енергия, подобряване на въздухоплътността, управление на влагата и осигуряване на **нискотемпературен режим на работа**, за да се подобри сезонната ефективност на термопомпата.

Референции

- Alhawari, A., & Mukhopadhyaya, P. (2018). Thermal bridges in building envelopes—An overview of impacts and solutions. *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 9(1), 31-40.
- Theodosiou, T., Tsikaloudaki, K., Kontoleon, K., & Giarma, C. (2021). Assessing the accuracy of predictive thermal bridge heat flow methodologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 136, 110437. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110437>
- Liu, X., Zhang, T., Liu, X., & Jiang, Y. (2021). Outdoor air supply in winter for large-space airport terminals: Air infiltration vs. mechanical ventilation. *Building and Environment*, 190, 107545. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107545>
- Lyu, Y., Zheng, S., Zhuo, K., Su, H., Li, J., & Liu, C. (2022). Experimental and numerical performance investigation of a water-flow window with vacuum-glazing insulation. *Solar Energy*, 233, 259-270. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.01.034>
- Marino, B. M., Muñoz, N., & Thomas, L. P. (2017). Estimation of the surface thermal resistances and heat loss by conduction using thermography. *Applied Thermal Engineering*, 114, 1213-1221.
- Mathur, U., & Damle, R. (2021). Impact of air infiltration rate on the thermal transmittance value of building envelope. *Journal of Building Engineering*, 40, 102302. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102302>
- Saber, H. H. (2013). Practical correlations for the thermal resistance of vertical enclosed airspaces for building applications. *Building and environment*, 59, 379-396.
- Barone, G., Buonomano, A., Forzano, C., Giuzio, G. F., Palombo, A., & Russo, G. (2023). A new thermal comfort model based on physiological parameters for the smart design and efficient HVAC systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 173, 113015. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.113015>
- Gilbert, H. (2015). Energy Balance. In: Vial, J.C., Engvold, O. (eds) *Solar Prominences*. Astrophysics and Space Science Library, vol 415. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10416-4_7
- González, V.G., Bandera, C.F. A building energy models calibration methodology based on inverse modelling approach. *Build. Simul.* **15**, 1883–1898 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12273-022-0900-5>
- McQuiston, F. C., Parker, J. D., Spitler, J. D., & Taherian, H. (2023). *Heating, ventilating, and air conditioning: analysis and design*. John Wiley & Sons.
- Oke, T. R. (1988). The urban energy balance. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 12(4), 471-508. <https://doi.org/10.1177/030913338801200401> (Original work published 1988)



Co-funded by
the European Union



Референции

- Beermann, C. (2022). Comparison of International and European Standards in the Field of Energy Management. *International Journal of Mechanical Engineering*, 7.
- Davatgaran, V., Saniei, M., & Mortazavi, S. S. (2019). Smart distribution system management considering electrical and thermal demand response of energy hubs. *Energy*, 169, 38-49.
- Glavaš, H., Zovko-Ribić, F., Dorić, D., & Talapko, D. (2018, October). Development of energy management standards. In *2018 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST)* (pp. 185-189). IEEE.
- Kamran, M., Turzyński, M., & Shams, H. (2026). Strategic energy audit and system assessment. In *Innovative Energy Management* (pp. 37-83). Elsevier.
- Kumar, L. A. (2022). Fundamentals of Energy Management and Energy Conservation. In *Energy Audit and Management* (pp. 1-42). CRC Press.
- Li, Y., Rezgui, Y., & Zhu, H. (2017). District heating and cooling optimization and enhancement—Towards integration of renewables, storage and smart grid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 281-294.
- Thumann, A., Niehus, T., & Younger, W. J. (2020). *Energy Auditing Basics. Handbook of Energy Audits, Ninth Edition*, 1-17.
- Chen, B. T., & John, W. A. L. T. E. R. (2001). Instrument calibration.
- Cuenca Sánchez, A., & Llumiquinga Eras, P. (2025). DESIGN OF A EDUCATIONAL ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION METER FOR RESIDENTIAL USE. *Ingenius, Revista Ciencia y Tecnología*, (33).
- Díez, L. I., Cortés, C., Arauzo, I., & Valero, A. (2001). Combustion and heat transfer monitoring in large utility boilers. *International journal of thermal sciences*, 40(5), 489-496.
- Hsu, Y. S., Zheng, X., Cooper, E., Gillott, M., & Wood, C. J. (2021). Evaluation of the indoor pressure distribution during building airtightness tests using the pulse and blower door methods. *Building and Environment*, 195, 107742.
- Kumar, L. A. (2022). Fundamentals of Energy Management and Energy Conservation. In *Energy Audit and Management* (pp. 1-42). CRC Press.
- Mylonas, A., Kazanci, O. B., Andersen, R. K., & Olesen, B. W. (2019). Capabilities and limitations of wireless CO₂, temperature and relative humidity sensors. *Building and Environment*, 154, 362-374.
- Rausser, G., Strielkowski, W., & Štreimikienė, D. (2018). Smart meters and household electricity consumption: A case study in Ireland. *Energy & Environment*, 29(1), 131-146.
- Sfakianaki, A., Pavlou, K., Santamouris, M., Livada, I., Assimakopoulos, M. N., Mantas, P., & Christakopoulos, A. (2008). Air tightness measurements of residential houses in Athens, Greece. *Building and Environment*, 43(4), 398-405.
- Sherman, M. (1995). The Use of Blower-Door Data 1. *Indoor Air*, 5(3), 215-224.



Co-funded by
the European Union



Референции

- Alvur, E., Cuce, P. M., Cuce, E., Bouabidi, A., & Soudagar, M. E. M. (2025). Thermal bridging in windows: A critical review on mitigation strategies for enhanced building energy efficiency. *Sustainable and Clean Buildings*, 176-193.
- Berggren, B., & Wall, M. (2013). Calculation of thermal bridges in (Nordic) building envelopes–Risk of performance failure due to inconsistent use of methodology. *Energy and Buildings*, 65, 331-339.
- Biyik, E., & Kahraman, A. (2019). A predictive control strategy for optimal management of peak load, thermal comfort, energy storage and renewables in multi-zone buildings. *Journal of building engineering*, 25, 100826.
- Capozzoli, A., Gorrino, A., & Corrado, V. (2013). A building thermal bridges sensitivity analysis. *Applied Energy*, 107, 229-243.
- Khan, K. H., Ryan, C., & Abebe, E. (2017). Optimizing HVAC energy usage in industrial processes by scheduling based on weather data. *IEEE Access*, 5, 11228-11235.
- Park, J. S., Lee, S. J., Kim, K. H., Kwon, K. W., & Jeong, J. W. (2016). Estimating thermal performance and energy saving potential of residential buildings using utility bills. *Energy and buildings*, 110, 23-30.
- Ray, A., Wang, R., Nguyen, D., Martinez, J., Taylor, N., & Searcy, J. K. (2019). Household energy costs and the housing choice voucher program: Do utility allowances pay the bills?. *Housing Policy Debate*, 29(4), 607-626.
- Shin, M., & Haberl, J. S. (2019). Thermal zoning for building HVAC design and energy simulation: A literature review. *Energy and Buildings*, 203, 109429.
- Antonopoulos, K. A., & Koronaki, E. P. (2000). Thermal parameter components of building envelope. *Applied Thermal Engineering*, 20(13), 1193-1211.
- Baeten, B., Rogiers, F., & Helsen, L. (2017). Reduction of heat pump induced peak electricity use and required generation capacity through thermal energy storage and demand response. *Applied Energy*, 195, 184-195.
- El-Darwish, I., & Gomaa, M. (2017). Retrofitting strategy for building envelopes to achieve energy efficiency. *Alexandria engineering journal*, 56(4), 579-589.
- IAQ, I. A. Q. (2013). Moisture control guidance for building design, construction and maintenance. EPA 402-F-13053.
- Liu, C., Fan, Y., Zhang, Q., & Lin, G. (2025). Preliminary diagnostic assessment process and case studies for existing residential regeneration. *City and Built Environment*, 3(1), 4.
- Roberts, S., & Stephenson, R. (2010). Guidelines for Measures & Strategies-Wall Air Sealing & Insulation Methods in Existing Homes.
- Rodrigues, C., & Freire, F. (2017). Environmental impact trade-offs in building envelope retrofit strategies. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(4), 557-570.
- Wilson, A. G., & Solvason, K. R. (1962). Performance of sealed double-glazing units. *Journal of the Canadian Ceramic Society*, (31), 62-68.



Co-funded by
the European Union

