

**Българска академия на науките
Институт по информационни и комуникационни
технологии
Секция: „Вградени интелигентни технологии“**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т **на** **ДИСЕРТАЦИЯ**

за получаване на образователна и научна степен „ДОКТОР“

автор: **маг. инж. Венета Христова Йосифова**

Тема:

**Методи и средства за изследване
енергийната ефективност на сгради и
съоръжения**

научна област: 5. Технически науки

професионално направление: 5.2. Електроника,
електротехника и автоматика

научна специалност: 02.21.07 “Автоматизирани системи за
обработка на информация и управление“

научен ръководител: **проф. д-р Димитър Неделчев Карастоянов**

София, 2018 г.

I Обзор, анализ и систематизация на фактори, влияещи на енергийната ефективност на сгради и съоръжения

1. Същност на енергийната ефективност

Терминът "енергийна ефективност" представлява съотношението между изходното количество производителност, услуга, стока или енергия и вложеното количество енергия [1].

Повишаването на енергийната ефективност ще допринесе за ограничаване на емисиите от въглероден диоксид и други парникови газове и съответно ще спомогне за предотвратяване на изменението на климата.

За постигане на енергийна ефективност непрекъснато се разработват нови технологии и процеси в строителството, електрониката, производството, транспорта, като целта е до 2050 г. енергийните нужди да се намалят до една трета от текущото потребление, с което да се контролират вредните емисии и парниковия ефект. Това е голямо предизвикателство от научна, технологична и икономическа гледна точка, засягащо глобалното затопляне и използването на природни ресурси.

[2] Терминът трябва да се разграничи от "запазването на енергия", характеризиращ например намаляването на термостата през зимата или неизползването на моторни превозни средства.

В индустрията, производителите на желязо, стомана, цимент и др. могат да се превърнат в по-енергийно ефективни чрез ново оборудване и използването на отпадъчната енергията и отпадъчни материали. Например енергията получена при охлаждането на нагорещена тръба, може да се използва за нагряване на друг материал. Чрез инсталиране на енергийно ефективни двигатели, помпи и други машини, 20-25% от енергията за производство може да бъде спестена.

Благодарение на фактори като подобрене на двигатели, осветлението и аеродинамиката, при превозните средства също може да се наблюдава значително повишение на ефективността. С напредването на технологията в Европейския Съюз вредните емисии отделяни от обикновен автомобил могат да бъдат намалени от 150 до 95 гр. въглероден диоксид до 2020г.

2 Практики на Европейския съюз за енергийна ефективност

[3] Намаляването на потреблението и загубите на енергия имат все по-голямо значение за ЕС. През 2007 г. лидерите на ЕС си поставиха за цел да намалят годишното потребление на енергия в рамките на Съюза с 20 % до 2020 г. Мерките за повишаване на енергийната ефективност все по-често се разглеждат като средство не само за постигане на устойчиви енергийни доставки, намаляване на емисиите на парникови газове, повишаване на сигурността на доставките и намаляване на разходите за внос, но и за увеличаване конкурентоспособността на ЕС. По тази причина енергийната ефективност е стратегически приоритет за Европейския съюз и ЕС поддържа принципа „енергийната ефективност на първо място“.

Съществуват пет стълба на политиката за енергийна ефективност на ЕС:

- 1) общата политическа рамка и дейностите, предприемани съгласно Европейския план за действие за енергийна ефективност;
 - 2) Националните планове за енергийна ефективност, основаващи се на Рамковата директива за енергийните услуги;
 - 3) правната рамка за сектора с най-голямо енергопотребление — сградите, както и за енергопотребяващите продукти;
 - 4) допълнителни инструменти за прилагане на тази политика — като целево финансиране, осигуряване на информация и мрежови организации, като например Споразумението на кметове (Covenant of Mayors) и Устойчива енергия Европа (Sustainable Energy Europe); както и
 - 5) международното сътрудничество в областта на енергийната ефективност.
- Основен приоритет на европейската политика е подобряването на енергийната ефективност и водещите инструменти за постигането на тази цел са - Директива

2002/91/ЕО относно енергийните характеристики на сградите, Директива 2006/32/ЕО относно ефективността при крайното потребление на енергия и осъществяване на енергийни услуги и Директива 2005/32/ЕО за създаване на рамка за определяне на изискванията за екодизайн към енергоемките продукти. Тези директиви, и свързаното с тях законодателство са също така и база за политиките на ЕС за постигане на устойчиво производство и устойчиво потребление.

[4] Комисията стартира първия си „План за действие за енергийна ефективност: реализиране на потенциала“ ([COM\(2006\)0545](#)) през 2006 г. Неговата цел беше да мобилизира широката общественост, политиките и участниците на пазара, както и да трансформира вътрешния енергиен пазар по начин, който да осигури на гражданите на ЕС най-ефективните в енергийно отношение инфраструктура (включително сгради), продукти (включително уреди и автомобили) и енергийни системи в света. Целта на плана за действие беше да контролира и намалява търсенето на енергия и да предприема целенасочени действия спрямо потреблението и доставките, така че годишното потребление на първична енергия да се редуцира с 20 % до 2020 г. (спрямо прогнозите за потребление на енергия за 2020 г.). Въпреки това, когато оценките показаха, че ЕС е на път да постигне само половината от поставената цел от 20 %, Комисията отговори, като постави въпроси във връзка с енергийната ефективност като водещи цели на стратегията „Европа 2020“ за интелигентен, устойчив и приобщаващ растеж, както и като разработи нов и всеобхватен План за енергийна ефективност (ПЕЕ) през 2011 г. ([COM\(2011\)0109](#)).

На 30 ноември 2016 г. Комисията представи пакета от предложения „Чиста енергия за всички европейци“ ([COM\(2016\)0860](#)) с цел привеждане на законодателството на ЕС в областта на енергетиката в съответствие с новите цели за 2030 г. в областта на климата и енергетиката и допринасяне за целите на енергийния съюз за 2015 г.

([COM\(2015\)0080](#)). „Енергийната ефективност на първо място“ е един от ключовите елементи на енергийния съюз с цел да се гарантира сигурно, устойчиво, конкурентоспособно и достъпно енергоснабдяване в ЕС. В преработената директива Комисията предлага амбициозна цел за 30 % енергийна ефективност до 2030 г.

Енергийни характеристики на сградите

[Директива 2010/31/ЕС](#) относно енергийните характеристики на сградите включва изисквания по отношение на:

- общата методологична рамка за изчисляване на цялостните енергийни характеристики на сгради и обособени части от сгради;
- прилагането на минимални изисквания по отношение на енергийните характеристики на нови сгради и нови обособени части от сгради чрез въвеждане,
- прилагането на минимални изисквания по отношение на енергийните характеристики, по-специално на съществуващи сгради, сградни компоненти, които подлежат на основен ремонт и технически сградни системи, независимо кога са монтирани, подменени или модернизирани;
- енергийно сертифициране на сгради или обособени части от сгради, редовна инспекция на отоплителните и климатичните инсталации в сградите и системи за независим контрол на сертификатите за енергийни характеристики и докладите от инспекциите.

3 Енергийната ефективност в България

По данни на Евростат от присъединяването си към Европейския съюз през 2007 г. насам, България неизменно заема челно място сред страните членки в класацията по енергиен интензитет. С други думи, в сравнение с останалите от държави от ЕС-27, страната ни употребява най-много енергийни ресурси за произвеждането на единица брутен вътрешен продукт [5].

Една от мерките, която са предприети за повишаване на енергийната ефективност е Законът за енергийната ефективност. Той въвежда изискванията на Директива 2006/32/ЕО и урежда обществените отношения, свързани с провеждането на държавната

политика за повишаване на енергийната ефективност при крайното потребление на енергия и предоставянето на енергийни услуги.

Национална програма за Енергийна Ефективност на многофамилни жилищни сгради

[6] Министерството на регионалното развитие и благоустройството публикува подробна информация за мерките които се предприемат във връзка с подобряване енергийната ефективност в България. Една от най-сериозните мерки е “Национална програма за Енергийна Ефективност на многофамилни жилищни сгради”. С Постановление № 18 от 2 февруари 2015 г. на Министерския съвет се прие Национална програма за енергийна ефективност на многофамилни жилищни сгради (Програмата), за условията и реда за предоставяне на безвъзмездна финансова помощ по програмата и за определяне на органите, отговорни за реализацията ѝ. Програмата е насочена към обновяване на многофамилни жилищни сгради с основна цел — чрез изпълнение на мерки за енергийна ефективност да се осигурят по-добри условия на живот на гражданите в многофамилни жилищни сгради, топлинен комфорт и по-високо качество на жизнената среда.

Очаквани резултати и ефекти

- Намаляване разходите за отопление за домакинствата;
- Подобрена жилищна инфраструктура и промяна в облика на градовете;
- По-чиста околна среда - спестени емисии на парникови газове (CO₂ и др.);
- Удължаване на живота на сградата, която ще има и по-висока цена.

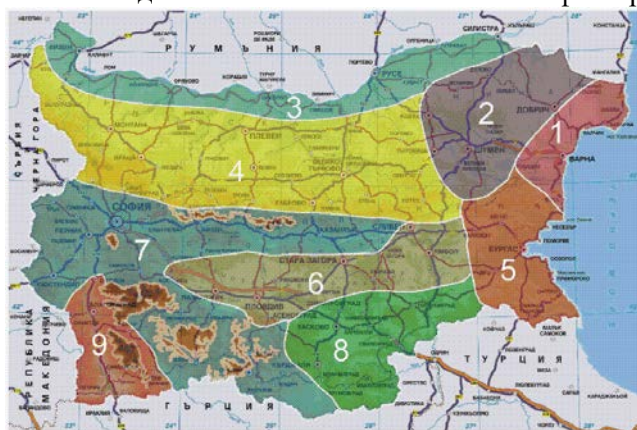
Резултатите до момента

Според статия в ежедневника “Капитал”, за близо 11-те години откакто програмата работи в България, по нея са отпуснати заеми за 83 млн. евро, с които са финансирани проекти на над 53 хил. домакинства. Предоставената до момента безвъзмездна помощ е 20.2 млн. евро.

Около една трета (36%) от изпълнените проекти са били за термопомпени системи, а 29% от финансирането е използвано за енергоспестяващи прозорци. Значителен интерес се наблюдава и по отношение на различните мерки за топлоизолация, а през втория период на програмата от ЕБВР отчитат повишен интерес и към изграждането на отоплителни системи на биомаса, основно на пелети.[7]

4 Влияние на климатичните фактори върху сградния фонд

За да бъде една сграда устойчива на температурните промени при проектирането и конструирането се взимат под внимание няколко климатични фактора [66]:



Фиг. 1 Разпределение на България на климатични зони

1. Нормативни температури — [8] Територията на България е разделена на девет различни климатични зони, като в зависимост от това към коя от тях е причислена сградата, може да бъде направена справка за очакваните средни температури през денонощието през различните месеци от годината (Фиг.1). Във фигура 2 е

представена таблица със средни температури разпределени по месеци за всеки един час от денонощието.

2. Влажност на въздуха — мярка за количеството на водните пари във въздуха и е една от най-съществените характеристики на времето и климата. Влажността на въздуха има голямо значение и при процеса на сушене. Тя е пряко свързана с процесите на кондензация и влажност в строителните конструкции, които оказват влияние на изолационните материали и тяхната ефективност.
3. Налягане на водните пари — чрез него се съблюдава правилното изчисление на изолационния материал, за да не се стигне до процес на кондензация.
4. Вятър — при промяна на температурата от вятъра в ограждащите конструкции води до по-големи топлинни загуби.
5. Дъжд, вятър, наводнения — На база тяхното количество и сезонност, конструкциите биват изследвани и проектирани с оглед избягване образуването на влажност и компрометиране на материалите. Чрез подземна и покривна хидроизолация могат да бъдат избегнати наводнения, протичания и образуването на мухъл.
6. UV радиация — влияе върху ограждащите конструкции
На територията на България са събирани дългосрочни данни за слънчевата радиация, благоприятствие на които България е разделена на 3 зони (Фиг.3):
Зона I: Централен – западен регион – заема 40% от територията на страната и 30% от населението. Ресурс на слънчевата енергия – 4 kWh/m² дневно или 1450 kWh/m² годишно;
Зона II: Североизточен регион – заема 50% от територията на страната и 60% от населението. Ресурс на слънчевата енергия – 4.25 kWh/m² дневно или 1450-1500 kWh/m² годишно;
Зона III: Югоизточен и Югозападен региони – заема 10% от територията на страната и 10% от населението. Ресурс на слънчевата енергия – повече от 4.25 kWh/m² дневно или 1550 kWh/m² годишно. [9]

Климатична зона 7												
София и Подбалканската долина												
Отоплителен сезон	Начало: 15 октомври Край: 23 април						Изчислителна външна температура					
							Денградуси при средна температура в сградата 19 °C					
							- 16,0 °C					
Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Брой изчислителни дни в месеца												
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Средна месечна температура, °C												
	- 0,4	0,2	4,6	10,4	15,3	18,7	21,1	20,7	16,5	11,2	5,1	0,4
Средна месечна относителна влажност, %												
					69,6	68,8	63,6	61,8	67,4			
Среден интензитет на пълната слънчева радиация по вертикални повърхности, W/m ²												
Север	22,9	35,0	51,1	61,6	76,4	81,8	81,3	75,3	59,9	41,2	25,1	18,5
Изток	39,4	58,5	77,7	79,7	103,9	113,4	115,9	119,4	96,7	67,5	41,0	30,6
Запад	39,4	58,5	77,7	79,7	103,9	113,4	115,9	119,4	96,7	67,5	41,0	30,6
Юг	70,1	93,5	101,4	75,7	85,4	89,2	93,7	116,0	119,2	102,4	70,1	55,0
Хоризонтална повърхност	49,6	81,0	122,6	140,6	186,2	201,9	207,5	209,6	156,8	97,5	53,7	38,1

Фиг. 2: Таблица с характеристики на климатичните зони в България

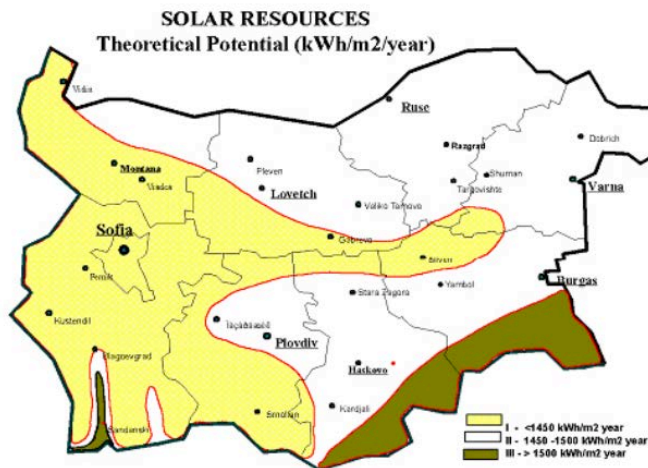
5 Контрол на влажността срещу образуването на мухъл в съществуващи сгради и съоръжения

[64] Контролът на влажността е от основно значение за правилното функциониране на всяка сграда. Контролирането на влагата е важно, за да се предпазят обитателите от неблагоприятни последици за здравето и да се защити сградата, нейните механични системи и тяхното съдържание от физически или химически увреждания.

1.5 Влажност в сградите

В допълнение към причиняващите здравословни проблеми влагата може да повреди строителните материали и компоненти на конструкцията:

- Удължените условия на влажност могат да доведат до повреда на строителни материали чрез плесени, бактерии, насекоми и други вредители (например термити и дърводяди). (Фиг. 4)



Фиг. 3: Зони на слъчева радиация в страната

- Химическите реакции на влагата със строителни материали и компоненти могат да причинят корозия и да повредят настилките, покривните лепила, структурни скрепителни елементи, окабеляване, метални покривни конструкции. (Фиг.5)
- Водоразтворимите строителни материали (напр. Гипскартон) могат да загубят якостните си свойства.
- Дървените материали могат да се огънат, да набъбват или да изгният. (Фиг.6)
- Тухлите или бетонът могат да се повредят заради честите цикли на замръзване и размръзване на водата или заради отложените по тях минерални соли.
- Боите и лаковете могат да бъдат повредени, в резултат на което се наблюдава излющване и набъбване.
- Изолационното свойство на топлоизолацията може да бъде намалено.



Фиг. 4: Образуване на мъхул



Фиг. 5: Корозия на армировка



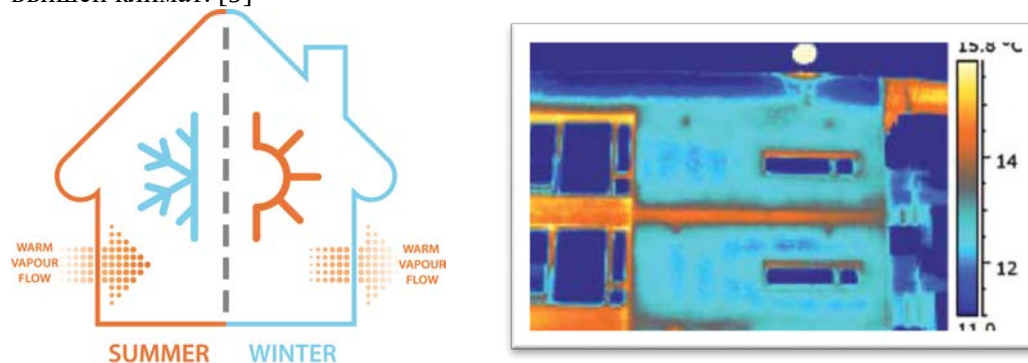
Фиг. 6: Набъбнал дървен под

2.5 Конденз при сгради и съоръжения

Въздухът съдържа невидими водни пари. Колкото по-висока е температурата на въздуха, толкова повече водни пари могат да задържат. Колкото по-ниска е температурата на въздуха, толкова по-малко вода може да задържа. Кондензацията настъпва в сгради, където температурата на въздуха се повишава, въздухът става по-топъл и след това контактува със студена повърхност. В следствие на това въздухът се охлажда и създава видими водни капчици по студената повърхност. Водата, която се образува, е известна като "кондензирана" и процесът се нарича "кондензация". Ако има повече водни пари (по-топъл въздух), ще се получи допълнително кондензиране. Възникването на кондензацията в сградите е резултат от сложни взаимодействия между околната среда, конструктивните методи и поведението на обитателите на сградите. Процесът на кондензация в сградите е обратим. Когато повърхностите на строителните материали са по-топли или вентилирани, кондензацията може да се изпари.

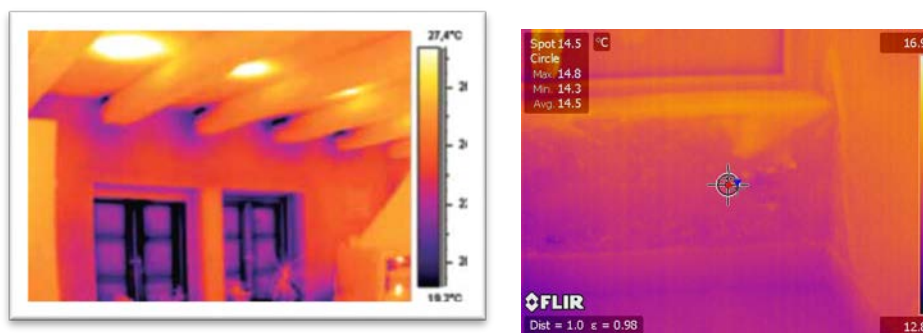
Рисковете от прекомерна относителна влажност и кондензация не се ограничават до по-студен климат или сезони. Те могат да се случат в лек климат, когато водните пари са на най-ниското си ниво за годината, но температурите също са намалели. Те могат да се появят през лятния мокър сезон на влажните тропици, когато има толкова много

водни пари в атмосферата, че относителната влажност е вече висока и дори малък спад на температурата е достатъчен, за да предизвика кондензация. И в двете ситуации критичният спад на температурата може да бъде причинен от студени външни условия или от изкуствено охлаждане на закрито. Климатизацията на помещенията отваря нови граници за водните пари, като се охлаждат строителните повърхности до температури, по-ниски от обичайния обхват на природната среда, които предизвикват проблеми в ситуации, в които би било малко вероятно преди това да се случат (Фиг.7), С нарастващото използване на климатици в много видове сгради, трябва да се имат предвид и ефектите от изкуствено охлаждания интериор и от естествено хладния външен климат. [9]



Фиг. 7: Поведение на сградата Фиг. 8: Термомост между етажи [11]

За да се намалят проблемите в таваните и стените (Фиг. 8, Фиг. 9, Фиг. 10), е важно да се запечатат тези кухни от вътрешността на дома, за да се сведе до минимум движението на влагата в тези зони. Също така е важно въздухът от кухините да се отвежда навън чрез тавански отвори и "дишаща" външна обшивка. Това ще позволи на малките количества влага, която влиза в тях да избяга.



Фиг. 9: Термомост между носеща греда и плоча [11]

Фиг. 10: Образуване на мухъл в подова конструкция, ИИКТ — БАН

3.5 Изчисляване на ограждащите конструкции в сгради срещу влага и кондензация

[12] Цели:

1. Да се избегне кондензацията в строителните слоеве
2. Да се гарантира, че кондензираната влажност събрала се през студения сезон ще се изпари през горещия сезон.

[13] За конструкция от няколко слоя (Мазилка, изолация, бетон, тухли и т.н) се построява модел с температурите в различните слоеве (t_k). Линията, която се образува между тях се нарича температурна крива (Фиг 11).

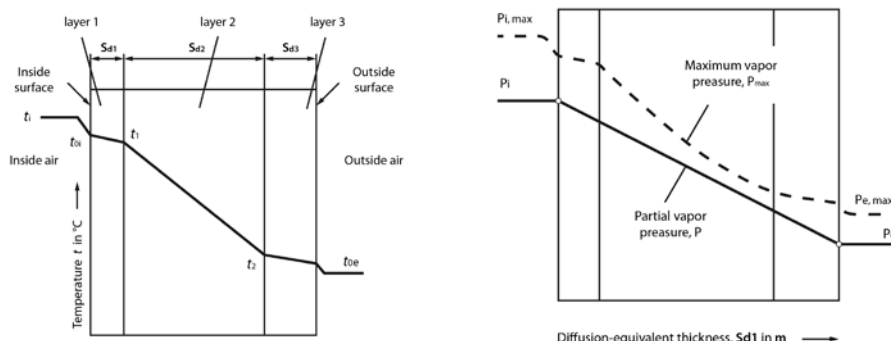
Всеки слой се характеризира с дифузна дебелина:

$$S_d = \mu \cdot d;$$

μ — съпротивление срещу водни пари на материала (характерно за всеки вид материал)

d — реална дебелина на слоя

В зависимост от разпределението на температурата, може да бъде определено максималното налягане на водните пари $P_{\max}$ (Таблица 2, Приложение № 7, към чл. 19 ал. 2 от НАРЕДБА № 7 от 15 декември 2004 г. за енергийна ефективност, топлосъхранение и икономия на енергия в сгради) (Фиг 12)



Фиг. 11: Температурна крива Фиг. 12: Максималното налягане на пари

Изчислява се външното налягане от двете страни на конструкцията:

$$P_i = \varphi_i \cdot \frac{P_{\max, i}}{100}$$

$$P_e = \varphi_e \cdot \frac{P_{\max, e}}{100}$$

φ — влажност на въздуха в %

Ако линиите $[P_i; P_e]$ и $[P_{\max, i}; P_{\max, e}]$ не се докосват или пресичат — не се наблюдава възможност за образуване на кондензация. Ако се допират или пресичат, съществува голяма възможност за образуване на кондензация.

Следващата стъпка е да се определи дали образувалата се през студен сезон влага може да се отведе извън конструкцията през топъл сезон.

Студен сезон

Зона на кондензация — Формира се от пресечните точки на линията $[P_{\max, i}; P_{\max, e}]$ и тангенти към точките P_i и P_e

Плътност на дифузионния поток — g

От зоната на конденз навътре:

$$g_i = \frac{P_i - P_{\max}'}{z_i}$$

От зоната на конденз навън:

$$g_e = \frac{P_{\max}'' - P_e}{z_e}$$

z [$\text{m}^2 \text{hPa/kg}$] — съпротивление срещу напускането на водните пари

$$z_i = 1,5 \cdot 10^6 \cdot S_{d,i}'$$

$$z_e = 1,5 \cdot 10^6 \cdot S_{d,e}''$$

W_k — Кондензирана влажност

$$W_k = (g_i - g_e) \cdot T \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

T — период на кондензацията;

Топъл сезон

$$g_i = \frac{P_{\max} - P_i}{z_i + 0,5 \cdot z_k}$$

$$g_e = \frac{P_{\max} - P_e}{z_e + 0,5 \cdot z_k}$$

Изпарена влажност — W_k

$W_k = (g_i + g_e) \cdot T$ [kg/m²]

Ако $W_n > W_k$, събралата се от кондензацията влага през студения сезон, ще се изпари през топлия сезон и конструкцията е във безопасност.

Ако неравенството не е изпълнено, трябва да бъдат взети допълнителни мерки като в [14]:

- Добавяне на допълнителни отвори, монтиране на вентилационни шахти и др.
- Създаване на въздушни пространства и вентилиране на кухни, където са разположени дървесина, цимент или други твърди материали, използвани за външни облицовки на стени
- Поддържане на сухи строителни материали по време на строителството
- Намалване на употребата на материали със студени повърхности, които директно влизат в контакт с климатизираните с топъл въздух помещения
- Вентилация на пространствата
- Нанасяне на външен слой изолация

6 Влияние на сградите върху климатичните промени

1.6 Прогнози за развитие на потреблението на енергия

[15] Сградите представляват важна част от бъдеще, лишено от въглеродни емисии. Въпреки това няма точна мярка за сравнение и влиянието зависи от географското разположение, промяната на климата и предназначението на сградата. Макар да се полагат усилия за намаляване на вредните влияния в развитите страни, много от съществуващите сгради и съоръжения оказват неблагоприятно влияние на климата и околната среда. Това създава необходимост от фокусиране за намаляване на вредното влияние и превръщането на сградите и съоръженията в енергийно-ефективни.

Енергийното търсене за зимно отопление също се очаква да нарасне, макар не толкова бързо, тъй като регионите с най-голяма нужда от отопление обикновено са по-икономически развити, с някои изключения. В развитите страни търсенето на енергия се очаква да не бъде изменено до 2030 г., докато страните с не толкова развита икономика ще консумират значително повече. Опасностите, свързани с климата, засягат повече бедните хора пряко чрез въздействия, които включват пълното унищожаване на уязвимите им домове. Увреждането на материални активи от екстремни метеорологични явления е добре познато при бедните градски селища, които често са изградени на рискови заливни низини и хълмове, податливи на ерозия и свлачища.

В Европа е много вероятно промените в климата да увеличат честотата и интензивността на топлинните вълни, особено в Южна Европа. Адаптивни стратегии, които не са изключителни за региона, включват използването на топлинна енергия, вентилационно охлаждане и слънчева засенчване в определени рамки. Възможно е да има по-честа и тежка суша, причинена от засушаването на почвата и свързаните с това щети на сградите. Увеличаването на морското равнище и увеличава валежите, което води до допълнителни рискове наводнения на крайбрежните и речните местности в Европа. Адаптирането на жилища и търговски сгради към случайни наводнения е възможно в екстремни случаи. Промените в климата ще засегнат многобройните културно значими сгради в региона, чрез екстремни събития и хронично увреждане на материалите. Способността на Европа да се адаптира е относително висока, въпреки че има значителни различия във въздействията и възможностите за реагиране между отделните подрайони.

2.6 Въздействие на сградите върху климатичните промени

Сградите и съоръженията оказват изключително влияние върху климатичните промени. Не само методите за строителство и вгражданите материали вредят на околната среда, а и съпътстващите процеси. Например използването на природо несъобразни материали има временен негативен ефект по време на строителството, докато в дългосрочен план негативно влияние оказват системите за отопление, вентилация и климатизация.

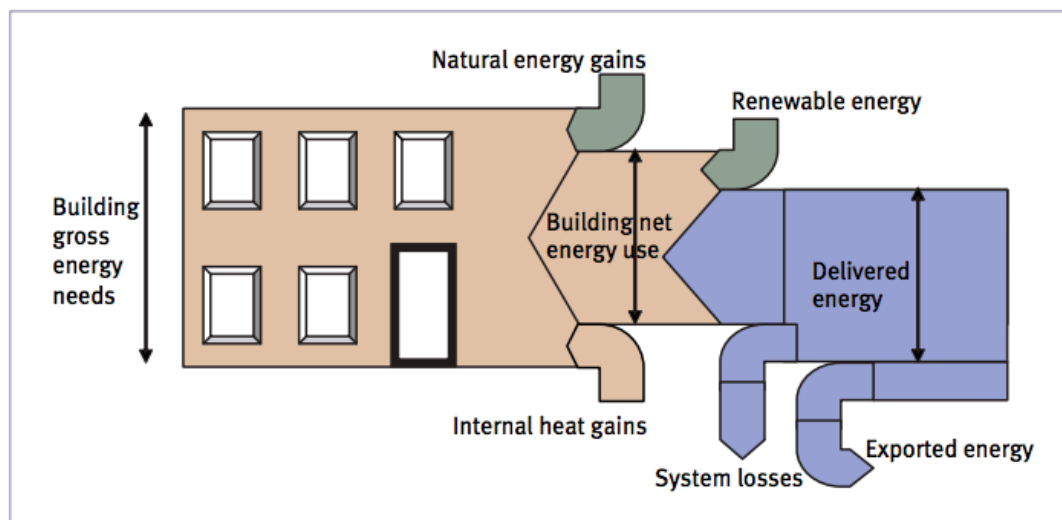
Основни негативни влияния оказват [16]:

- **Консумацията на енергия**
- **Замърсяване на въздуха**
- **Консумация на вода**
- **Строителни материали**
- **Строителни отпадъци при строеж и разрушаване**
-

7 Определяне енергийната ефективност на сгради [19]

1.7 Видове енергия във сграда

На фигура 13 по-долу е илюстриран типичния поток на енергията при една сграда. Брутните енергийни нужди на една сграда представляват очакваните изисквания за отопление, осветление, охлаждане, вентилация, климатизация и овлажняване. За определяне на тези нужди се взимат под внимание климатичните условия, свойствата на сградата за пренос на топлина, архитектурното разпределение и други.



Фиг. 13: Схема на потока на енергия в сграда

Естествена енергия — включва пасивното слънчево нагряване, пасивно охлаждане, естествена вентилация, дневна осветеност. Максималното използване на тази енергия, намалява нуждата от внасяне на допълнителна енергия за покриване на нуждите и показва значително

Вътрешна топлинна енергия — това е топлинната енергия на хората, осветлението и уредите, които излъчват топлина във вътрешната среда. Докато това е желателно при студено време, тъй като намалява енергийните изисквания за отопление, при горещо време необходимостта за охлаждане се увеличава.

Доставена енергия — това е енергията, предоставяна от външен източник за да задоволи нужди като отопление, охлаждане, вентилация, осветление и топла вода. Обикновено се измерва в киловатчасове (kWh) и основните енергийни носители са електричество и гориво, т.е. газ, нефт или биомаса за котли. Доставената енергия може да бъде допълнена с възобновяема енергия под формата на слънчеви панели, слънчеви бойлери или вятър.

Експортирана енергия — която при възможност се предава на външни потребители (съседни сгради, гаражи и др)

Системни загуби — Системните загуби са резултат от неефективността при транспортирането и преобразуването на доставената енергия, т.е. от 100% доставена енергия, само 90% се използва за осигуряване на действителните услуги, напр. осветление, охлаждане или вентилация, заради неефективността на използваното оборудване.

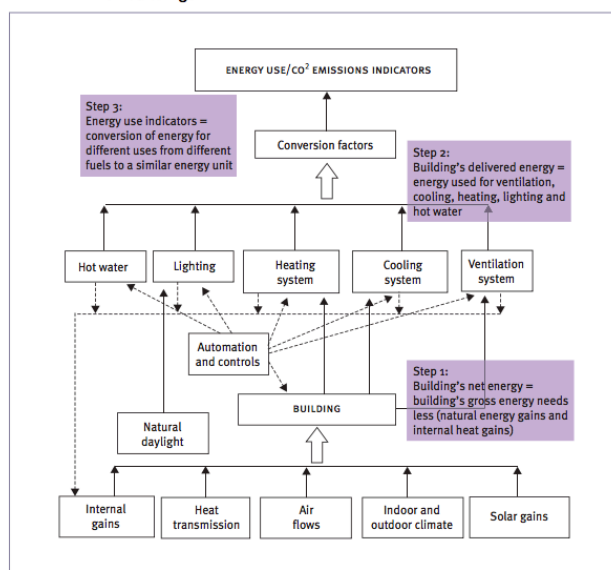
2.7 Определяне енергийното поведение на сгради

Изчисляването на потреблението на енергия в сградите се основава на характеристиките на сградата и нейното инсталирано оборудване. Процесът и взаимовръзките са структурирани в три стъпки (Фиг. 14)

Стъпка 1 — Първата стъпка е изчисляването на нетните енергийни изисквания на сградата, т.е. необходимото количество енергия за осигуряване на изискванията за вътрешния климат, посочени в спецификацията на сградата.

Стъпка 2 — Стъпка втора е определянето на енергията на сградата, т.е. енергийните характеристики на сградата с реално потребление. Това е количеството енергия използвана за отопление, охлаждане, топла вода, осветление, вентилационни системи, включително за управлението и сградната автоматизация и включва допълнителната необходима енергия за вентилатори, помпи и др. Записва се енергийното потребление и видовете енергийни източници.

Стъпка 3 — Стъпка три е определянето на общите показатели за енергийната ефективност: Тя комбинира резултатите от стъпка 2 по-горе за различни цели, доставени от различни източници, за да се получи общото потребление на енергия и свързаните с това показатели за консумацията на енергия.

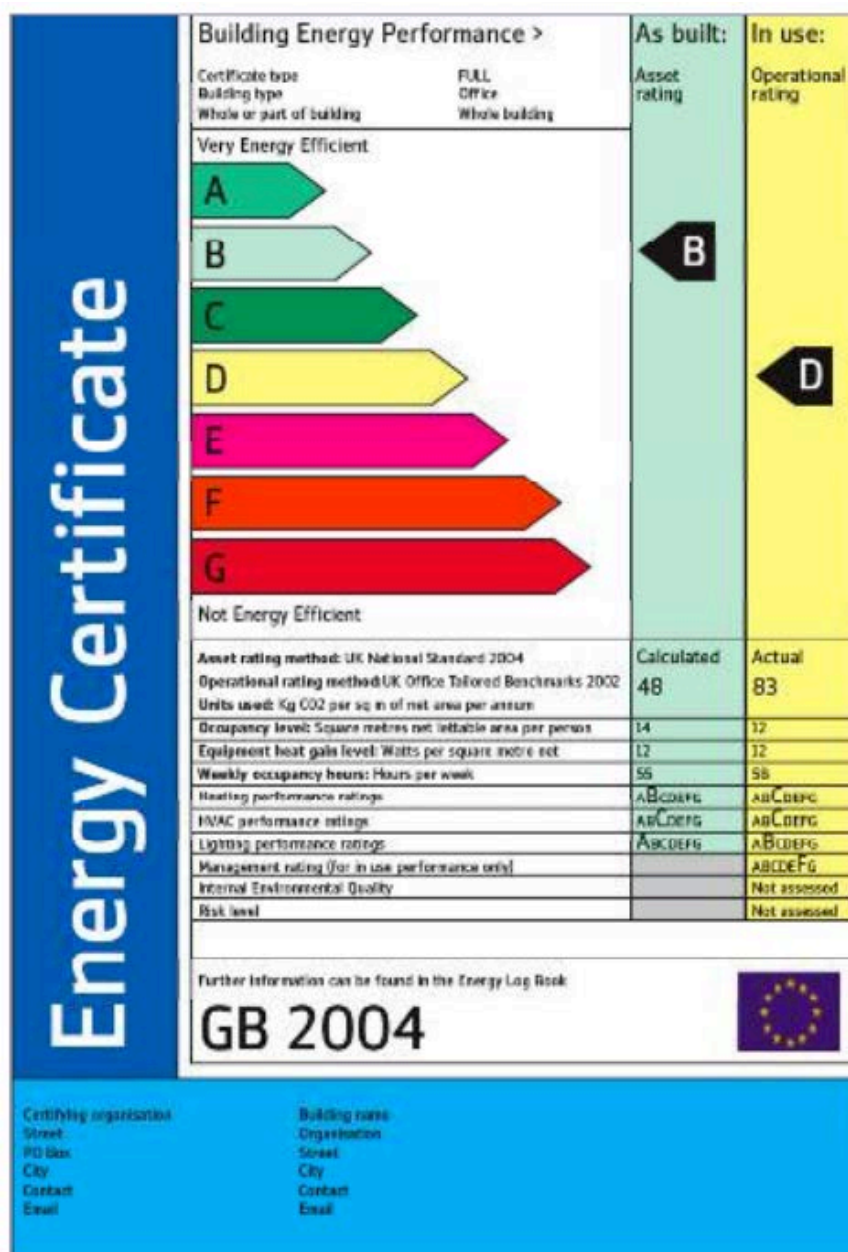


Фиг. 14: Стъпки за определяне на енергийната ефективност на сграда.

3.7 Показатели за консумация на енергия

Референтните стойности за потребление на енергия на сградите са обобщителни стойности, по които ефективността на сградата може да бъде сравнена. Имат две основни функции:

- Да се определи дали енергийната ефективност на сградата е добра, средна или ниска по отношение на други сгради от този тип;
- Да се идентифицират потенциалните спестявания, показани от разликата между действителните данни и референтните показатели: колкото по-лошо е представянето спрямо даден показател, толкова по-голяма възможност съществува за подобряване на ефективността и намаляване на разходите.



Фиг. 15: Примерен сертификат за енергийна ефективност

4.7 Сертифициране на сградите спрямо енергийна ефективност

Сертификатът за енергийна ефективност е обобщение на енергийния одит на сградата, който е предназначен да даде информация за енергийната консумация на сградата и оценка за ефективното използване на тази енергия.

Още не е прието каква информация да се показва на сертификатите за енергийни характеристики и как тази информация трябва да се интерпретира и остава ключов въпрос, но съществуват различни предложения като етикета на фигура 15 предложен от *European Programme for Occupant Satisfaction, Productivity and Environmental Rating of Buildings 2004: Certification of Existing Building Energy Performance*.

Цел и задачи на дисертационния труд:

Целта на дисертационния труд е да се изследва енергийната ефективност на сгради и съоръжения и да се предложат методи и средства за нейното подобряване.

За изпълнение на тази цел ще се решат следните задачи:

1. Ще се направи обзор, анализ и систематизация на състоянието и проблемите в областта на енергийната ефективност при сгради и съоръжения.
2. Ще се изследва влиянието на сградите върху климатичните промени.
3. Ще се изследват съществуващите проблеми, касаещи енергийната ефективност в съвременното строителство.
4. Ще бъде предложен и обоснован модел за подобрене на енергийната ефективност на типизиран модел офисно помещение в стандартна офис сграда.
5. Ще се проведат реални експерименти за сравнение на съвременни и иновативни методи за отопление, както и за откриване на дефекти в съществуващи решения за енергийна ефективност.
6. Получените резултати ще бъдат анализирани.

II Съществуващи методи средства за подобрене на енергийната ефективност

1. Уреди за изследване енергийната ефективност

[67]

Съвременните стандартни за енергийна ефективност на сгради и съоръжения налагат използването на въведените икономически стимули за подобряване енергийната ефективност на сградния фонд в редица държави членки на ЕС. Това създава предпоставки за прилагането на обследвания за топлонепоускливост на сградните ограждащи конструкции и елементи. Използването на инфрачервена термография самостоятелно или в комбинация с други безразрушителни методи за диагностика позволява бързо и прецизно локализиране на проблемните зони, което спомага за ефективното отстраняване или избягване на проблеми като термомостове, загуба на топлина, компроментиране на материала, поява на мухъл и др.

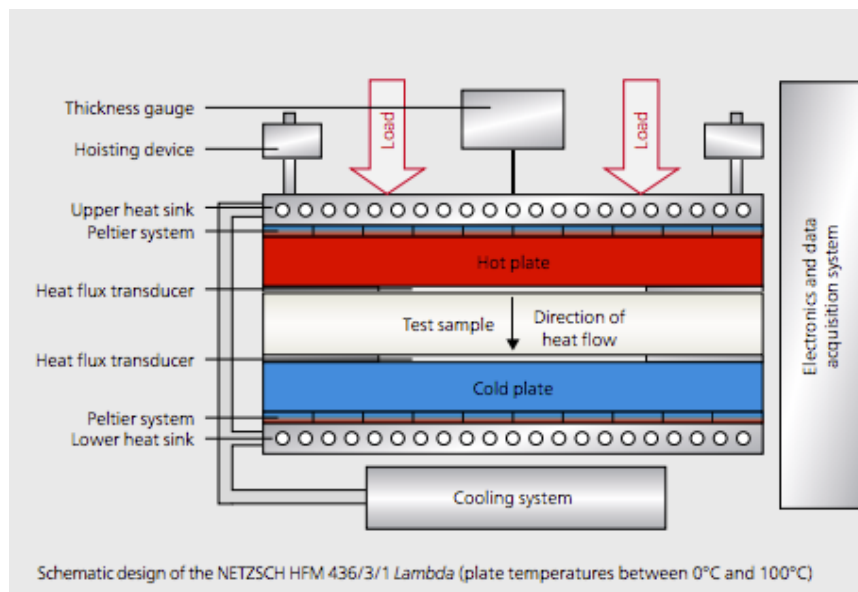
1.1 Измерител на топлинния поток [20], (Фиг.16)

Тези измерители са точни, бързи и лесни за използване при измерването на топлопроводимостта в изолации. Инструментът е калибриран спрямо приетите европейски стандарти за енергоефективност на материали. Подходящ е за изследването на поведението на материала за по-продължителен период от време .



Фиг. 16: Измерител на топлинен поток HFM 436 Lambda Series

Мострата се поставя между две плоскости нагрети с различни температури. Топлинния пренос през мострата се измерва чрез датчици, до изравняване на температурата. Резултатите се сравняват с нормативните.



Фиг. 17: Принцип на действие на измерителя на топлинен поток

1.2 Термоскенер за откриване на топлинни загуби

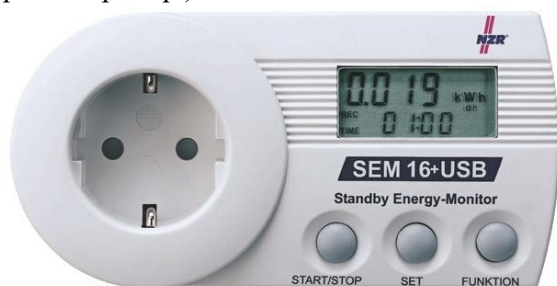


Уредът (Фиг. 18) е предназначен за дистанционно измерване на повърхностната температура на различни тела, за откриване на местата с термомостове. При сградите това са стени, местата около рамките на прозорци и врати, тавани, подове и др. Точното определяне на тези места, става чрез сравняване на измерената в дадена точка температура с друга, която е зададена предварително като референтна.

Фиг. 18: Термоскенер за откриване на топлинни загуби Black & Decker TLD100

1.3 Измерител на консумирана енергия

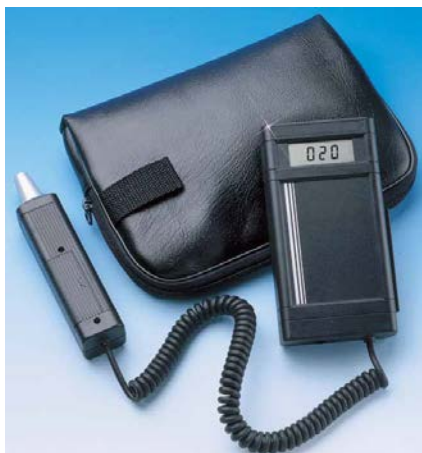
За да бъде установен преразхода за отопление и вентилация, можем да засечем ежедневната консумация на електроенергия, чрез специален уред за измерване. Устройството се прикрепя към захранването а съответния уред (климатик, печка, радиатор и пр.)



Фиг. 19: Измерител за консумация на енергия NZR SEM16 USB (0-16A)

1.4 Инфрачервен пирометър за топлинен поток

Този уред определя големината на топлинния поток през ограждащи повърхнини на сгради. (Фиг. 20)



Фиг. 20: Инфрачервен пирометър за топлинен поток Omega OS-622

Измерваният се извършват чрез насочване на устройството към желанния обект от едната страна. Уреда се занулява и се прави измерване от другата страна, след което на дисплея се изписва топлинния поток в Британски Топлинни Единици (BTU) или ватове. [23]

1.5 Инфрачервен термометър

Инфрачервения термометър може да измери бързо и безконтактно температура от -30 до +900°C. Чрез лазерно насочване лесно може да се избере зоната, в която се търсят показания. (Фиг.21)



Фиг. 21: Инфрачервен термометър Testo 860-T2

1.6 Анализатор на термична дифузия

Устройството използва 3 сензора за измерване на термична дифузия, специфична топлина, термична проводимост и термична резистентност. Сензорите се намират в игла, която се поставя в обекта на изследване, това ни позволява да наблюдаваме температурните промени.

Измерването може да бъде направено както в лабораторни, така и в полеви условия и при два режима на работа – ръчен и автоматичен. Точността на измерванията са $\pm 10\%$.

1.7 Термокамери

(Фиг.23) Инфрачервената термография е най-бързият и лесен безконтактен и безразрушителен метод за откриване на топлинните загуби и други температурни явления при сгради и съоръжения.

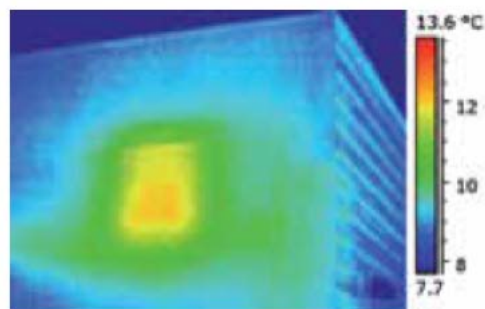
Диагностиката в строителния сектор с термовизионна камера може да помогне за:

- Визуализиране на загубите на енергия
- Откриване на липсваща или дефектна изолация (Фиг. 23.1)
- Локализиране на места с термомостове (Фиг. 23.2)
- Наблюдение на влага в изолацията, покривите и стените във вътрешната и външната конструкция
- Откриване на мухъл и лошо изолирани области (Фиг. 23.3)

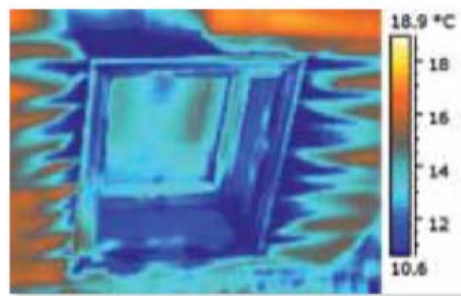


Фиг. 22: Анализатор на термична дифузия KD2 PRO Фиг. 23: Термокамера FLIR E5

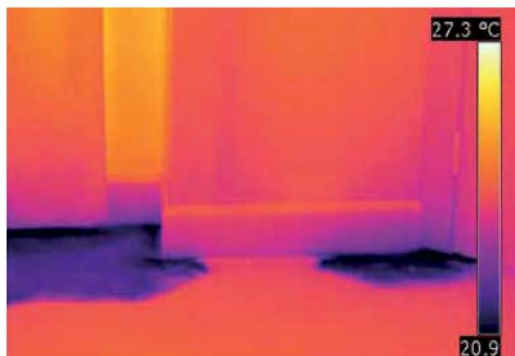
В допълнение към загубите на енергия, термокамерата може да служи и за откриване на проникване на вода в плоски покриви, откриване на пукнатини в тръбите за гореща вода, електрически неизправности и други строителни повреди.



Фиг 23. 1: Откриване на компрометирана изолация чрез термокамера



Фиг 23. 2: Наблюдение на термомост чрез термокамера



Фиг 23. 3: Наличие на влага, предпоставка за образуването на мухъл

2. Топлоизолации

[66]

Изолацията е най-практичният и рентабилен начин да се направи къща по-енергийно ефективна по много начини. Поддържането на хладно през лятото и топло през зимата спестява 40% енергия и намалява сметките за отопление и охлаждане. Тя също така намалява образуването на кондензация в ограждащите повърхности. Това осигурява ползи за здравето чрез предотвратяване образуването на мухъл и влажност и намаляване на респираторните проблеми.

Обикновено съществуват два основни вида изолация — топлоизолация и рефлекторна изолация.

Някои изолационни продукти комбинират свойствата на топлоизолацията и рефлекторната изолация.

Правилният избор за изолация е свързан с няколко на брой термични характеристики на материалите: [26]

1. Топлопроводимост — Свойството на материала да пренася топлина. Изчислява се на линията между две повърхности с различни температури. Посоката се определя от по топлата, към по-студената повърхност:

$$Q = \frac{(t_i - t_e)zA}{d} \lambda \text{ [J]}$$

$t_i > t_e$

z — време за пренос на топлина

A — площ

d — дебелина на елемента

λ — коефициент на топлопроводимост — Способността на веществата да провеждат топлина. Означава се с гръцката буква ламбда λ . Това е количеството топлина, което преминава през материал с дебелина 1 m, през площ 1 m², за време 1 s, при разлика в температурите (температурен градиент) 1 K.

2. Теплопреминаване (между външен въздух и вътрешна конструкция или вътрешен въздух и външна конструкция) $\alpha \text{ [} \frac{W}{m^2 C^o} \text{]}$

$$\alpha = \frac{Q}{Az\Delta t}$$

3. Коефициент на теплопреминаване — за конструкция

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}$$

$$\frac{1}{U} = R_0$$

R_0 – топлинно съпротивление на конструкцията

2.1 Видове изолационни материали

[27] Съществуват органични и неорганични изолационни материали

2.1.1. Неорганични изолационни материали

Клетъчен бетон ($\lambda = 0,14 \div 0,22$) (Фиг. 24)



Фиг. 24: Клетъчен бетон



Фиг. 25: Пеностъкло

Пеностъкло ($\lambda = 0,0045$) (Фиг. 25)

Минерална вата ($\lambda = 0,050$) (Фиг. 26)

Изолация от минерална вата се прави от стопено стъкло, камък или шлака (промишлени отпадъци), които се преобразуват в влакнеста структура, която предотвратява движението на въздуха. Материалът е изключително здрав, огнеустойчив и притежава шумоизолационни свойства.



Фиг. 26: Минерална вата

2.1.2 Органични изолационни материали

Характеризират се с коефициент на топлопроводимост $\lambda = 0,030 \div 0,040$.

Експандиран полистирол (EPS / Expanded polystyrene) (Фиг. 27)

Екструдирани полистирол (XPS/ Extruded polystyrene) (Фиг. 28)



Фиг. 27: EPS

Полиуретан (SPF)



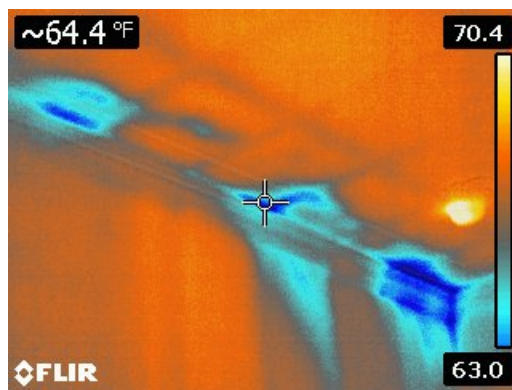
Фиг. 28: XPS

Използва се под формата на полиуретановата пяна, която се полага директно чрез изливане или разпръскване. (spray polyurethane foam /SPF) (Фиг 29). Получава се от комбинацията на течности, които реагират много бързо и образуват пяна, най често това са метилен дифенил диизоцианат (MDI) или полимерен метилен дифенил диизоцианат (pMDI) и катализатори, разпенващ агент и др.

За да се осигури висока енергийна ефективност, без изтичане (Фиг. 30) на топлина, следва монатжът да бъде правилно изпълнен и съобразен с типа на носещата конструкция, експлоатационните условия и климатични характеристика на района, в който се намира сградата.



Фиг. 29: Полиуретанова пяна



Фиг. 30: Термомост в некачествено поставена изолация

2.2.Технология на изработка на фасадна изолация [28]

Изработването на топлоизолация е специфична работа, която ако не бъде изпълнена правилно може да има лош ефект и невъзвръщаемост на инвестицията. Важни са, както технологията на изработка и индивидуалните умения на изпълнителя, така и използваните материали и правилното им съчетаване. Съществуват известни разлики между направата на изолация на блок и къща, но те не са принципи - при къщите просто има по-голямо разнообразие от приложими технологии и материали.

— Монтаж на изолационните платна

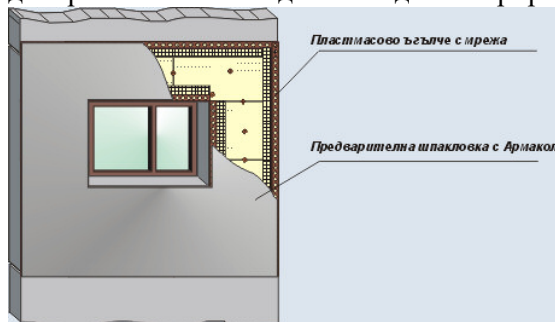
На фиг.31 е показан процеса на монтаж на изолационните платна.



Фиг. 31: Монтаж на изолационни платна

— Ъглови профили и предварителна шпакловка

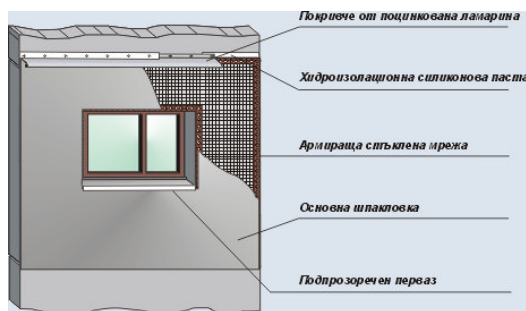
Целта им е от една страна да заздравят тези най-слаби места, а от друга да придадат по-добър естетически вид. Това е демонстрирано на фиг.32.



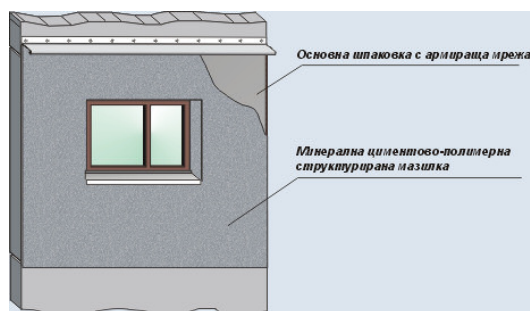
Фиг. 32: Предварителна шпакловка

— Основна шпакловка с мрежа

Первазът предпазва от проникване на вода зад изолацията, и от интензивното мокрене на мазилката под прозореца (Фиг.33).



Фиг. 33: Основна шпакловка



Фиг. 34: Поставяне на мазилка

— Мазилка

Важно е мазилката да има висока механична якост на сцепление с основата, добра паропропускливост и естетичен външен вид (Фиг. 34).

3. Соларни панели

[65]

[29] Често високата първоначална цена на системите PV, ST и SVP им пречи да бъдат включени в съвременното строителство. Въпреки това, с по-добри стимули, технологични подобрения и повишаване на цените на електроенергията, енергията от слънчеви източници ще стане по-конкурентоспособна по отношение на разходите. Новото строителство, подготвено за консумация на слънчева енергия, ще бъде в състояние да се възползва от ползите му. Трябва да се обърне внимание че има причини, някои сгради да нямат възможност за такъв тип инсталации и изпълнението им е технически невъзможно.

Има много предимства на слънчевата електроенергия, но най-важното е че при използването им не се отделя CO₂ — слънчевата електроенергия е зелена възобновяема енергия и не отделя вредни емисии на въглероден двуокис или други замърсители. Типичната домашна слънчева фотоволтаична система може да спести почти два тона въглерод годишно. [30]

Електроенергийните системи на слънчевия панел улавят енергията на слънцето с помощта на фотоволтаични клетки; те са известни също като фотоволтаични панели (PV). Клетките превръщат слънчевата светлина в електричество, което може да се използва за работа с различни видове уреди и осветление. Те не се нуждаят от директна слънчева светлина, а могат да генерират електричество в облачен ден и обикновено се монтират на покрива на сградата (Фиг. 35).



Фиг. 35: Соларни панели монтирани на покрив на сграда

Фотоволтаичните системи също така намаляват натоварването на електроразпределителното и предавателното оборудване, като позволяват на жилищата и бизнеса първо да изтеглят енергия на място, и не разчитат изцяло на електрическата мрежа. Ползите са двойни: използването на електроенергия на място предотвратява неефективността на транспортиране на електроенергия на дълги разстояния, а

системите на място потенциално позволяват на предприятието да отложи скъпи подобрения на своята инфраструктура.

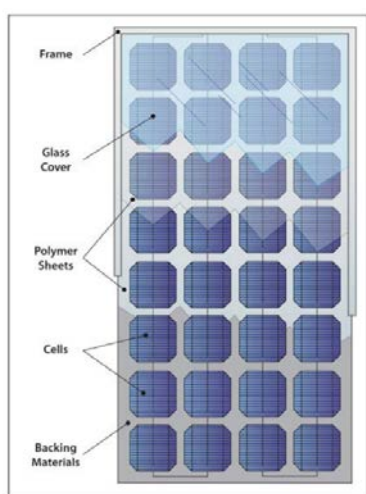
4. Енергийно Ефективно осветление

Електрическата енергия, която се използва през целия жизнен цикъл на една електрическа крушка струва от 5 до 10 пъти първоначалната покупна цена на самата крушка..

През 2012 г. се появиха нови стандарти за осветление в световен мащаб и по този начин се появиха възможности за пестене на средства като LED, CFL крушки и халогенни лампи. Въпреки че първоначално могат да струват повече от традиционните крушки, по време на техния живот те пестят пари, защото използват по-малко енергия, което ги превръща в добър спътник в превръщането на сградите и съоръженията в енергийно ефективни (Табл.1).

4.1 CFL Осветление

Осветителните тела CFL (Compact Fluorescent Lights) (Фиг. 37) представляват смалена версия на флуоресценти с пълн размер.



Фиг. 36: Покривно зонироване на PV панели

Обикновена крушка	Лумени	CFL еквивалент	LED еквивалент
40W	450 lm	9W	5-10W
60W	800 lm	15W	12W
75W	1100 lm	18W	14W
100W	1600 lm	23W	16-20W
150W	2600 lm	40W	25-28W

Табл. 1: Сравнителни стойности на осветление в зависимост от използваното напрежение при обикновена, LED и CFL крушка



Фиг. 37: CFL крушка Фиг. 38: LED крушка

Основни предимства

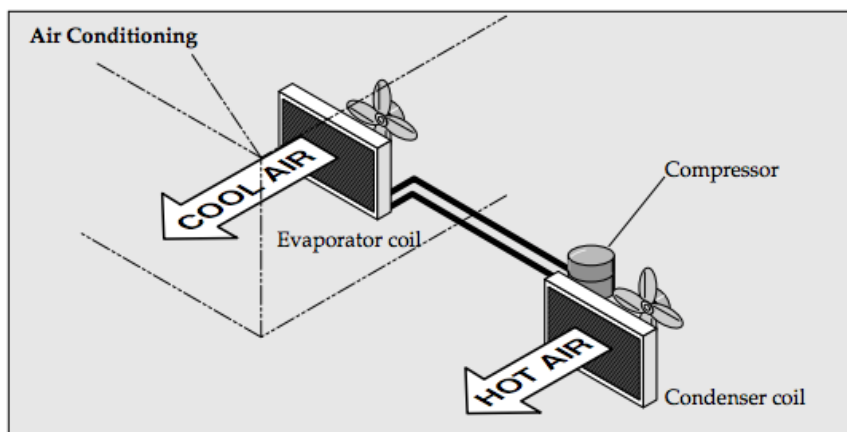
1. Ефикасни — CFL крушките са четири пъти по-ефективни и са с продължителност до 10 пъти по-дълга от тази на обикновените крушки. Корпусът с 22 вата има приблизително същата светлинна мощност като 100 ватова нажежаема жичка и съответно използват 50 - 80% по-малко енергия от нея.
2. Изгодни — Въпреки, че първоначално по-скъпи, тези крушки спестяват пари в дългосрочен план, защото използват 1/3 електричество и издържат до 10 пъти по-дълго от обикновените крушки. Единичната CFL с 18 вата, използвана вместо 75 ватова крушка с нажежаема жичка, ще спести около 570 kWh през целия си живот. При 16 лева на kWh това се равнява на спестявания от 90 лв.
3. Намаляват замърсяването на въздуха и водите — заместването на една обикновена крушка с CFL крушка ще предотврати изпускането на половин тон въглероден диоксид в атмосферата по време на експлоатацията ѝ. Ако всички в САЩ използват енергоспестяващо осветление, 90 от електроцентралите със средни размери могат да бъдат закрити. Спестяването на електроенергия намалява емисиите на CO₂, серен оксид и ядрени отпадъци с високо ниво на опасност.
4. Висококачествена светлина — новите крушки дават топла, привлекателна светлина вместо "студената бяла" светлина на по-старите модели.
5. Разнообразие — Крушките могат да се използват навсякъде, където и обикновените.

4.2 LED Осветление

LED/ Светодиодите (Light Emitting Diodes) (Фиг. 38) са твърди електрически крушки, които са изключително енергийно ефективни. Когато се разработват за първи път, използването им се ограничавало до плагането им като единична крушка в уреди като панели за инструменти, електроника, коледни светлини на открито и на открито и др.

5. Системи за охлаждане

Несъмнено най-популярния метод за охлаждане са климатиците. Те използват същият оперативен принцип и компоненти като хладилника. Климатикът охлажда чрез студена вътрешна намотка наречена изпарител, а кондензаторът, гореща външна намотка, освобождава събраната топлина отвън. Компресорна помпа, премества флуид за пренос на топлина (или хладилен агент) между изпарителя и кондензатора, чрез който въздухът се охлажда (Фиг 39) [34].



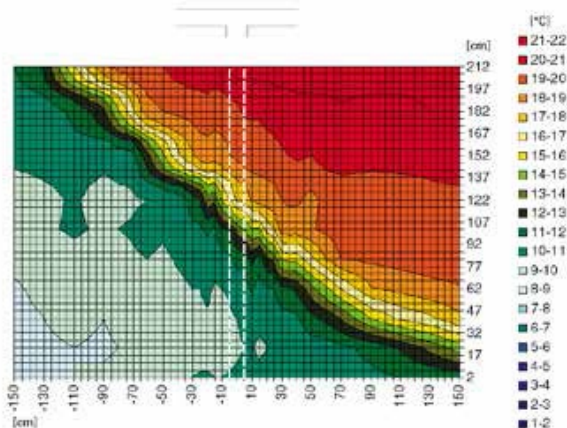
Фиг. 39: Принцип на действие на климатика

6. Въздушни (Термо) завеси

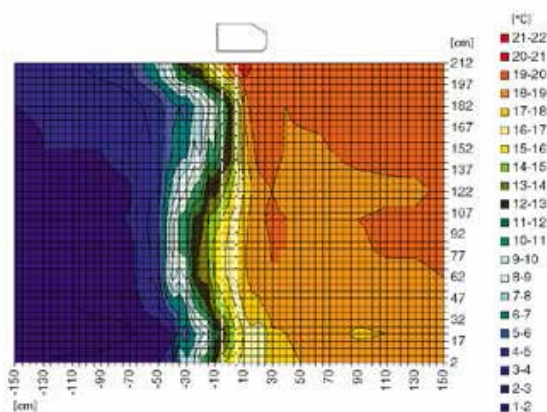
На много обществени места като магазини, търговски центрове, индустриални халета, обществени сгради и др. Входните врати остават отворени за дълго време през деня. Това води до огромни загуби на енергия за отопление/охлаждане но също и за дискомфорт на потребителите. Едно от най-ефективните решения за преодоляване на този проблем са термозавесите. Те имат редица предимства:

- осигуряват благоприятен вътрешен климат
- предотвратяват течения
- недопускат влизането на насекоми, миризми, прах и други замърсители
- безшумен режим на работа
- възпрепятстват влагата
- осигуряват минимална енергийна загуба

[36] Термозавесите създават невидима въздушна бариера между студено и топло помещение, чрез циркулиращ около отвора въздух, като възпрепятсват топлия въздух през зимата и студения въздух през лятото да излизат навън (Фиг. 40 и Фиг. 41). Това е изключително полезно при отопляемите обществени сгради, големи халета със секционни врати, складове с хладилни камери и др.



Фиг. 40: Смесване на студен и топъл въздух при отворена врата

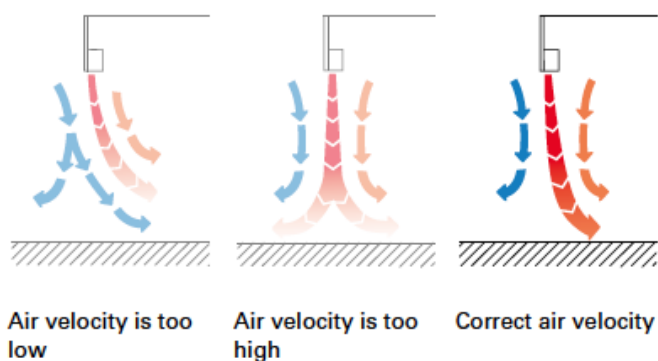


Фиг. 41: Въздушна бариера при отворена врата

Въздушна бариера при отворена врата

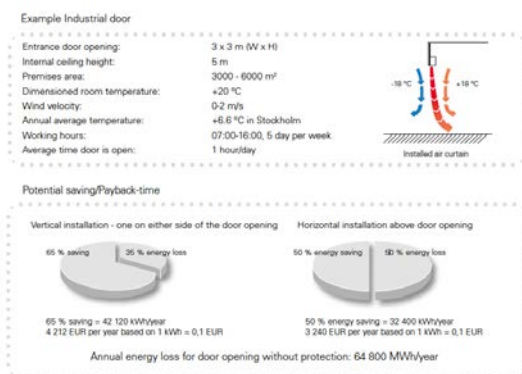
[37] При избор на най-подходящия тип термозавеса трябва да се съобрази следното:

- Силата и интензитета на вятъра в района на монтаж
- Температурните разлики
- Да се избере правилната височина на инсталиране спрямо обхвата на въздушната струя на термозавесата, за да бъде покрита цялата повърхност на отвора (Фиг.42).
- Ако отворът е твърде широк, възможна е комбинацията на два или повече уреди един до друг за да се покрие цялата ширина.
- Уредите трябва да се поставят възможно най-близко до отвора.
- Ако има разлики в налягането между две помещения, които искаме да разграничим, трябва да съобразим избора си на уред.



Фиг. 42: Поведение на въздушна завеса според височината на монтаж

Макар работещи на електричество, въздушните завеси представляват добра алтернатива за възпрепятствие на енергийни загуби за отопление/охлаждане при невъзможност използването на врата (Фиг. 43). Обикновено уреда може да се комбинира с превключвател, който да го включва и изключва, при отваряне и затваряне на вратата.



Фиг. 43: Икономически ефект от поставена въздушна завеса в индустриално помещение

7. Дограма

Дограмата е едно от най-важните неща в един дом, в обществени и промишлени сгради. Осигурява комфорт, добра изолация от външните климатични условия и намалява разходите за отопление през зимата или за охлаждане през лятото, което я превръща вдобър съюзник в подобряване енергийната ефективност на сградата.

7.1 Алуминиева дограма

[39] Алуминиевата (метална) дограма намира приложение в строителството от над 500 години. През всичките тези години насам днешната алуминиева дограма претърпява значителни метаморфози в своята изработка и технологично развитие. В древните времена прозорците са се изработвали основно с железен обков, но през 60-те години на XIX в. в Обединеното Кралство и Холандия е започнало масово производство на алуминиеви профили. В България алуминиевата дограма навлезе по-трайно в края на 90-те години на миналия век.

Алуминиевата дограма обаче има един сериозен недостатък – допуска образуването на конденз.

7.2 ПВХ Дограма

ПВЧ дограмата отдавна е доказала във времето своите неоспорими качества. Този тип дограма се произвежда от Polyvinyl Chloride (C₂H₃Cl) или съкратено PVC. Именно тя се предпочита най-много от потребителите в България и на европейския пазар заради редица предимства.

[43] Новите енергооптимизирани пластмасови прозорци на германската фирма SCHÜCO намаляват с до 33% енергийната нужда (Фиг.44). В една еднофамилна къща може да се спести до 1441 литра гориво за отопление на година. Едновременно с това се спестяват на околната среда около 4.546 кг. въглероден двуокис на година. Освен с иновативната си профилна технология, енергоспестяващият прозорец предлага предимства като висока шумоизолация и устойчивост на атмосферни влияния.



Фиг. 44: Енергооптимизирана ПВХ дограма SHÜCO

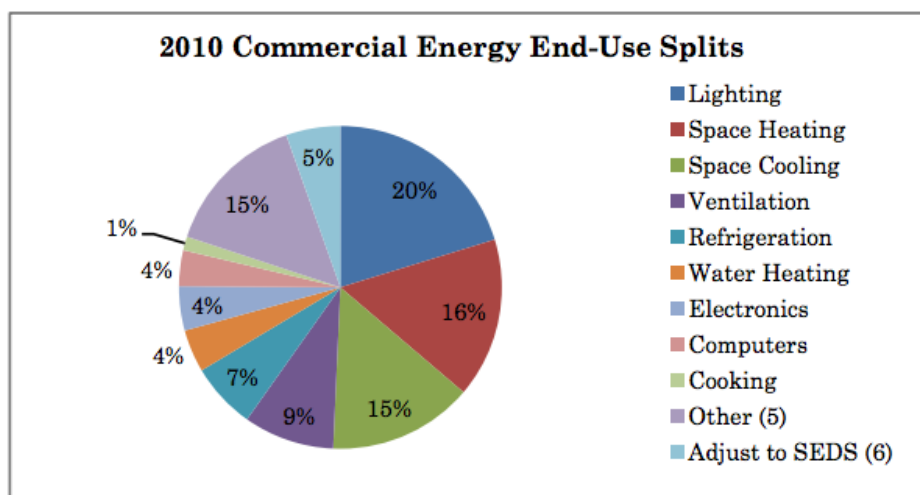
III Иновативни подходи за подобрене на енергийната ефективност на съществуващи сгради и съоръжения

1. Системи за управление на сградата

[44] Ако анализираме количеството енергия, изразходвано от всеки сектор в сградата въз основа на отчетените годишни енергийни данни, (Фиг. 45) енергийното крайно потребление на търговската сграда например е за осветление (20,2%), за отопление (16,0%), охлаждане (14,5%), вентилация (9,1%), хладилници и фризери (6,6%), други (33,6%), първична енергия [44.1].

Тези факти показват, че около 60% от крайното потребление на енергия (т.е. осветление, отопление на помещенията и охлаждане, вентилация) по някакъв начин е могат да бъдат свързани със системата за управление на сградата.

Редица проучвания показват, че оптималните стратегии за контрол и диагностиката на грешките могат да намалят енергийните загуби и да подобрят цялостната енергийна ефективност на сградата чрез система за контрол на сградата (вж. Таблица 2).



Фиг. 45: Разпределение на енергийното потребление в сграда

References	Saving percentage	Study type
[44.2]	25%–45% of energy used by HVAC system is wasted due to faults	Review
[44.3]	4%–20% of energy consumed by HVAC, lighting, and larger refrigeration system in commercial building	Comprehensive review based on field data & survey
[44.4]	variable refrigerant flow air conditioning system can save 27.1%–57.9% energy compared to VAV AC system	Case study by simulation
[44.5]	Energy savings up to 30.4% were achieved during the summer season by using optimal setpoint control comparing with fixed temperature setpoint	Case study with simulation
[44.6]	The centralized and the distributed MPC strategies can reducing the energy consumption with 13.4% comparing to conventional P, PI, On/OFF control (for a selected day)	Case study with simulation
[44.7]	MPC with rule extraction for optimizing control sequences for window operation in mixed-mode building show the ability to save upwards of 40% of cooling energy through near-optimal night cooling strategies	Case study with EnergyPlus simulation

Табл. 2: Спестявания при интегриране на система за управление

Най-общо казано, системата за контрол на сградите налага задачи и контролира компонентите на сградните системи, за да поддържа желаните условия в средата, като управлява включването и изключването на уредите или модулира сигналите към тях.

[45] **"Smart Home"** или **"Smart House"** е термин, който обикновено се използва за определяне на жилище, което има уреди, осветление, отопление, климатици, телевизори, компютри, развлекателни аудио и видео системи, системи за сигурност и камери, които са способни да комуникират помежду си. Контролирани дистанционно по график, от всяка стая в дома, както и дистанционно от всяко място по света през телефона или по интернет.

Според френската строителна фирма Saint Gobain, съществуват и други области, които могат да се подобрят чрез новите технологии за управление на сградите, като:

Умни асансьори

Умно осветление

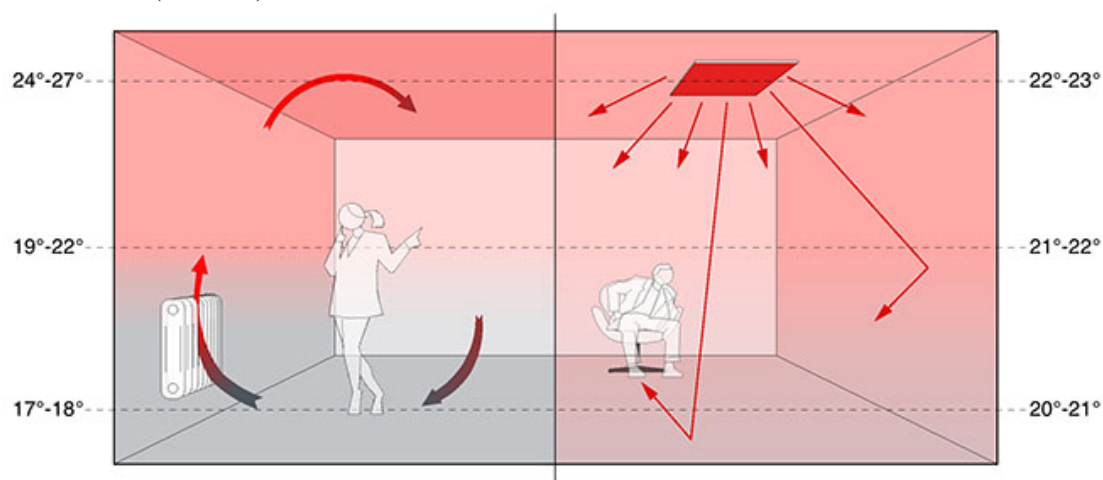
Умни охранителни системи

Имплементирането на централизиран системи и технологии за управление на процесите в сградите осигурява както повече контрол, така и полезна информация. Тази информация може да се ползва за анализ и по-нататъшно подобряване на ефективността.

2. Лъчисто отопление

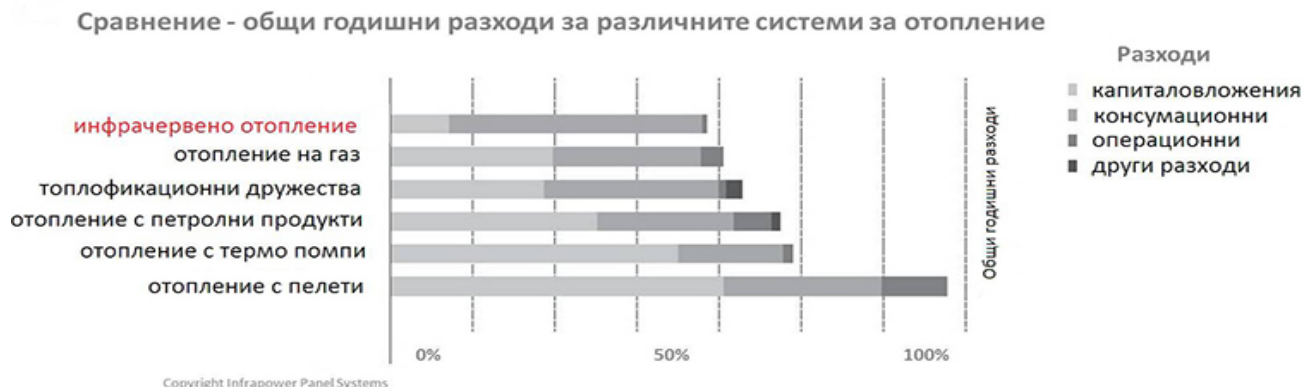
През последните години индустрията търси все повече енергоефективни решения за отопление и минимизиране на разходите за производство. Един от основните ѝ проблеми е отоплението на сгради, халета, цехове, при които топлината излиза навън заради редица фактори като: големи пространства, образуване на течение, постоянно отварящи се врати, лоша топлоизолация. Традиционните методи за отопление включват уреди, които нагряват въздуха в помещението, което в повечето случаи на практическа не е енергийно ефективно, тъй като топлия въздух се издига нагоре и често излиза навън през покрива и ограждащите стени.

[48] Инфрачервените панели за отопление излъчват невидими инфрачервени лъчи, които директно затоплят твърдите обектите (под, стени, мебели, предмети, и т.н.) и телата в стаята. Въздухът остава с почти еднаква температура по цялата височина на помещението, разликата между температурите при пода и при тавана е в рамките на 2°C-3°C и ефектът "студени крака" намалява до нула. Най-добра ефективност от отопление с инфрачервени панели се регистрира при монтажа им на тавана в съответното помещение (Фиг. 46).



Фиг. 46: Сравнение на разпределението на температурата между лъчисто отопление и стандартен уред за отопление

Поради факта, че инфрачервените уреди затоплят твърдите обекти, като стени, под, мебели, предмети и други, първоначалното затопляне може да отнеме малко повече време, но веднъж затоплени, тези обекти, отдават на въздуха акумулираната си топлина в дълъг период от време. Така се получава двойно отопление в помещението, веднъж от инфрачервения уред и втори път от затоплените твърди обекти, от там и голямата икономичност (Фиг. 47).



Фиг. 47: Сравнение на общи годишни разходи за отопление

Според вида и приложението си, лъчистото отопление се разделя на няколко вида [51]:

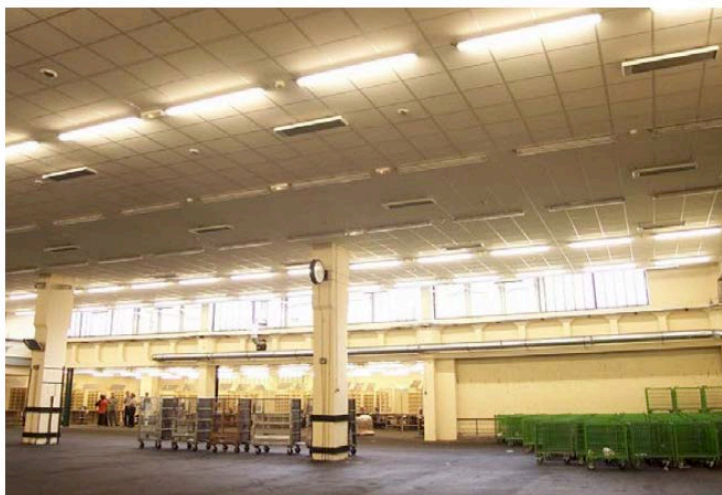
1. Подово лъчисто отопление (предпочитано е за домашно приложение)(Фиг.48)



Фиг. 48: Монтаж на подово лъчисто отопление

2. Панели

Този тип панели могат да бъдат монтирани както на стена, така и на тавана. Най-популярни са тези, които работят на електроенергия, но тъй като не нагряват целия въздух и няма топлинни загуби, разходите за електроенергия намаляват. За ефективно отопление се избира моделът и мощността на уреда, в зависимост от характеристиките на помещението (площ, височина, предназначение, проветривост и др.). За предпочитане е да има леко застъпване на зоните, които лъченито от уредите покрива. Уредите нагряват мигновено и позволяват зонирано отопление (в едно помещение могат да се постигнат различни температури). Изключително удобни са при високи тавани, големи индустриални помещения (Фиг. 49) (отоплява се там, където има работници), спортни (Фиг.50) и концертни зали. Възможно е използването на термостат и дистанционно управление на всяко от устройствата.



Фиг. 49: Лъчисто отопление на индустриално помещение с висок таван

3. Лъчисто отопление на открито

Принципът на действие на лъчистото отопление, прави възможно използването му и на открито (Фиг. 51), тъй като обектите и хората се нагряват директно. Уредите могат да работят на студени условия, преодолявайки течение и вятър. Могат да бъдат използвани в заведения, градини, оранжерии (Фиг. 52) и др.

[52] Друго полезно приложение е използването на специализирани уреди за спешна помощ и извънредни ситуации, с цел превенция на хипотермия (Фиг. 53).



Фиг. 50: Лъчисто отопление в спортна зал — тенис корт



Фиг. 51: Лъчисто отопление на открито



Фиг. 52: Лъчисто отопление в оранжерия

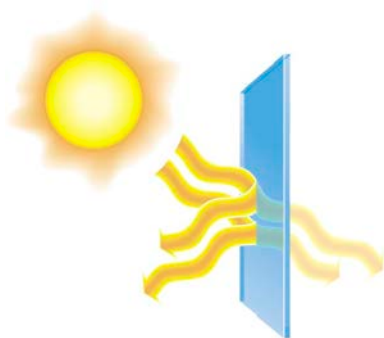
3. Енергийно ефективни материали

3.1 Стъкла за прозорци

Специалното покритие се инсталира върху стъкло като тънък слой. Целта е да може да се настройва пропусканото количество слънчева светлина, преминаващо през прозореца през целия ден, за да се спестят разходи за отопление и охлаждане (Фиг.54).



Фиг. 53: Уред HYPOTHERMSAVE® за превенция на хипотермия



Фиг. 54: Пропускане на светлина през прозорец

3.2 CLT Панели

[54] CLT (Cross-Laminated Timber) материалът се състои от няколко слоя изсушени в пещ дървени плоскости, подредени в редуващи се посоки, свързани със структурни лепила, които се пресоват, за да се образува твърд правоъгълен панел (Фиг. 55).



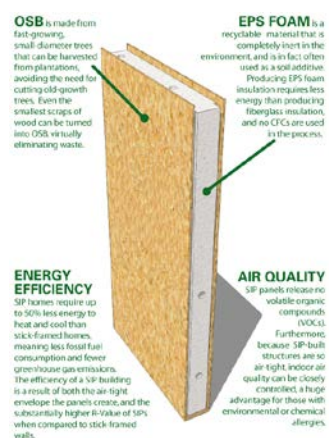
Фиг. 55: Принцип на сглобяване на CLT панел

3.3 SIP елементи

Сандвич панелите или SIP (Structural Insulated Panels) представляват две шперплатови плоскости с изолационен материал между тях (Фиг.56). При производството им се отделят по-малко енергия и суровини, отколкото други структурни строителни системи, което ги прави енергийно ефективни, с малък вреден ефект върху околната среда. Напредъкът в производството на панелите допълнително увеличава изолационните им способности.

3.4 Поликарбонатни панели с наногел

Облицовката на стени е важна част от визуалното въздействие на сградата, но често образуващи се поради лошо изпълнение термо-мостове са една от основните причини за загубата на енергия в сградата. За да се постигнат както нуждите от дневно осветление, така и енергийната ефективност, се разработват поликарбонатни листове, изпълнени с наногел (Фиг.57).



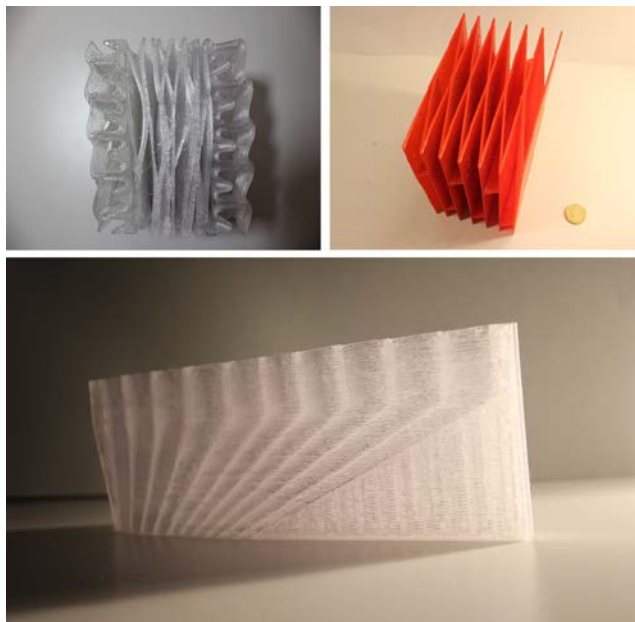
Фиг. 56: Структура и предимства на сандвич панели



Фиг. 57: Приложение на поликарбонатни фасадни системи

3.5 3D принтирани материали

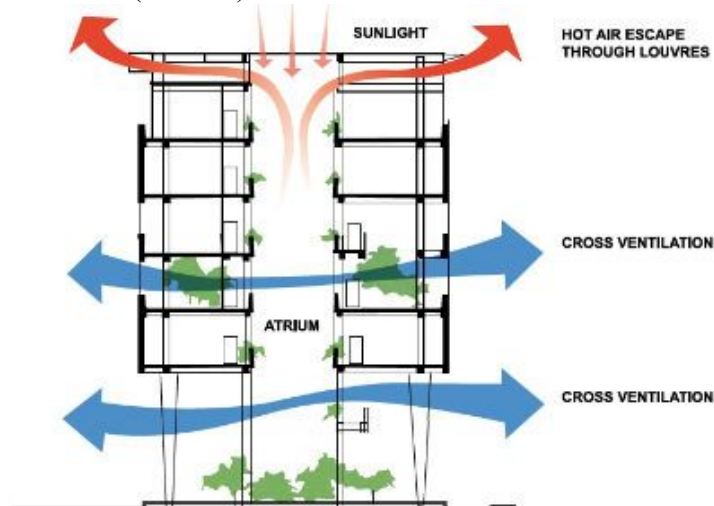
Основното предимство на новия материал е, че не само може да бъде отпечатано 3D с относителна лекота, но може да се произведе със сложна структура, която допълва различните термични функции (Фиг. 58). Технологията има също така потенциал да намали отрицателното въздействие върху околната среда на сградата, а изискванията за енергия за отопление и климатизация ще бъдат значително намалени.



Фиг. 58: Варианти на структура на принтиран 3D материал

4. Пасивна вентилация

Самият принцип на действие се взимаша от природата, но за да го интегрират в строителството, архитектите и инженерите създават нови и иновативни конструкции и елементи (Фиг. 59).



Фиг. 59: Хладен въздух циркулира около атриум на сграда и заобикалящите го пространства, докато горещият въздух се издига до върха на атриума и излиза през жалузи.

Предложение за подобрене на енергийната ефективност на типизирано офисно помещение

В България много сгради от старото строителство, построени през 60-те и 70-те години на миналия век се използват за офисни и административни цели. Капацитетът им е запълнен и консумацията на енергия е голяма. Фактът, че целодневно през тях

преминава голям поток от хора, ги прави изключително енергоемки и трудни за поддръжка. Наличие на дефекти в конструкцията, в резултат на стареенето, липсата на топлоизолация и дългата експлоатация ги прави енергийно-неефективни и скъпи за поддръжка. Съществува и невъзможността да бъде контролирано използването на електроуреди за отопление и вентилация от потребителите в зависимост от годишния сезон.

Използвайки информацията, събрана по време на обучението си, предлагам схематично решение за повишаване енергийната ефективност на типизиран офис участък от сграда. Методологията е приложима за много от съществуващите обекти на територията на страната и е съобразена с климатичните особености, предлаганите решения на пазара и икономическата ситуация.

На Схема 1 долу е изобразено офисно помещение (обща част и кабинет) с обща площ 72 m², с външна врата прозорци (1x 1,5 m) от другите три страни, с тухлена оградаща конструкция. Приемаме че светлата височина е 2,5 m. Зададено по този начин, в помещението не са инсталирани уреди за отопление и охлаждане, но е изградена електрическа мрежа.

Допълнителни характеристики:

- Температурен диапазон на външната температура — от 35 до -15 °C
- Тип носеща конструкция — Стоманобетон
- Брой ползватели на помещението — 5 човека + 2 гости
- Период на ползване — 12 часа/ден през деня

На Схема 2 са изобразени и номерирани стъпките, които могат да се предприемат за увеличаване на енергийната ефективност на помещението и комфорта на ползвателите му.

1. Поставяне на външна топлоизолация на външните стени EPS платна, с цел запазване на комфортния климат вътре в помещението.

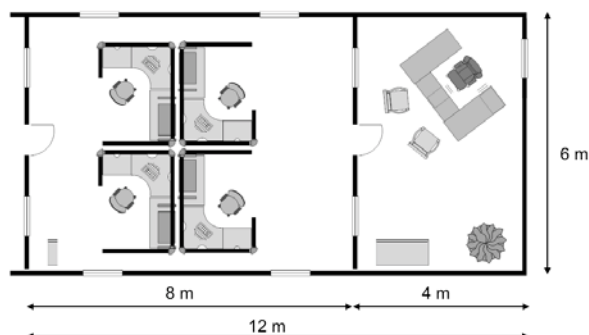


Схема 1: Типизирано офис помещение

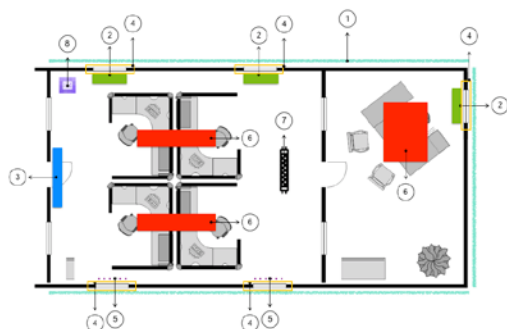


Схема 2: Предложение за повишаване на енергийната ефективност на типизирано офис помещение

2. Поставяне на три броя енергоспестяващи климатици (Клас А по енергийна ефективност) над прозорците. Функцията им ще бъде само за охлаждане през топлите сезони, а не отопление.
За допълнителна ефективност, климатиците могат да бъдат свързани към покривно разположени соларни панели. Така енергията на слънцето ще бъде вложена за охлаждане през топлите дни, когато то е най-силно и грееето е с по-голяма продължителност. Задължително е наличието на термостат, който помага на уредите да поддържат постоянна температура и да включват и изключват.
3. При наличие на външна врата, препоръчително е над нея да бъде инсталирана термо-въздушна завеса, която да създава невидима бариера между външния и вътрешния въздух при отваряне и затваряне на вратата. Това ще възпрепятства затопления въздух да излиза навън през зимата и съответно охладения въздух да излиза навън през лятото, което ще облекчи работата на инсталациите в помещението електроуреди и намали разхода им.
Тъй като конумират сравнително малко енергия, въздушните завеси също могат да бъдат свързани през соларен панел, който да има капацитета да ги захранва и през зимния сезон.
За сгради с висок човешки поток през изходите (търговски центрове, входи на административни и офисни сгради, транспортни терминали, болници и др.) е препоръчително освен термозавеса, да бъде монтирана въртяща се врата. Чрез нея се създава постоянна бариера между външния и вътрешния климат, а преминаването на хората не се възпрепятства, тъй като варират във всякакви разновидности и размери, в зависимост от приложението.
4. Смяна на остарялата дограма с такава от ПВЦ е задължително, ако искаме да постигнем висока енергийна ефективност и приятна обстановка в офиса. При правилен избор и монтаж, дограмата не само изолира от външните климатични условия, но има блаоприятен шумоизолиращ ефект.
5. Заради силното слънцегрее, особено през топлите месеци е препоръчително да се съобрази подходящо засенчване на прозорците в зависимост от разположението на сградата. Чрез автоматични щори може да бъде регулирано допускането на светлина и нагряването на слъцето. По този начин, няма да е необходима допълнително отопление / охлаждане коменсиращо топлината на слънчевите лъчи, влизаща през отворите.
6. Лъчисто отопление, инсталирано на тавана, което ще осигурява топлина и комфорт на работещите през студените месеци. Предимството е че уредите са инсталирани така, че да нагряват само участъците, където се работят и има хора (~ 6 m²), а не цялото пространство. Заради принципа му на работа, дори след изключването му, нагрятите до момента обекти, връщат получената топлина и въздухът остава приятно топъл за работа.
Желателно е, уредите да бъдат свързани с термостат за да се проследява желаната температура, без преразход на енергия.
7. Всички осветителни тела, следва да бъдат заменени с LED, за по-голяма дълготрайност и енергийна ефективност. Така с дългосрочна инвестиция, ще бъдат спестени разходи за електроенергия и смяна на телата, а удобството ще бъде запазено.
8. За максимално удобство и постигане на висока енергийна ефективност, системите описани по-горе могат да бъдат взаимно свързани чрез приложение за управление. При зададени желани характеристики за отопление, осветление и климатизация, приложението може само да настройва и регулира работата на електроуредите спрямо най-ефективното за сезона решение.

За да се подчертаят пресимствата на предложените методи за повишаване на енергийната ефективност, изчисления за консумацията на енергия и спестените средства са изложени в таблици. От тях ясно се вижда, че ако се приложат навремени

и адекватни мерки за повишаване на енергийната ефективност, то разходите за отопление, охлаждане и осветления могат да спаднат двойно:

IV Експериментална част

За да се онагледят недостатъците на остарелите практики в строителството и преимуществата на предложените методи за подобряване енергийната ефективност на съществуващи сгради и съоръжения са проведени експерименти с термокамера FLIR P640. Подробности за експериментите и резултатите са описани в следващите точки.

Характеристики на уреда:

Минимално фокусно разстояние 24° - 18° / 0,3m

Температурен обхват — от -40°C до 2000°C

Точност $\pm 2^{\circ}\text{C}$

1. Експеримент 1 — Сравнение поведението на дървена дограма и ПВЦ дограма

— Обект на провеждане на експеримента — Фасада на ИИКТ—БАН.

Сравнение между един етаж с дървена дограма и друг етаж с ПВЦ дограма

— Тип конструкция — Стоманобетон с тухлена зидария и облицовка от камени плочи

— Температура на външен въздух — 10°C

— Температура на вътрешен въздух $\sim 27^{\circ}\text{C}$

— Провел експеримента — инж. Венета Йосифова, др. инж. Николай Стоименов, проф. Димитър Карастоянов

Резултат: От снимките направени с термокамера и заснетата температурна разлика, ясно се откроява наличието на термомост при старата дървена дограма (Фиг. 60) . Това означава, че топлият въздух от нагрятото помещение вътре, излиза свободно през дефектните образувания в прозореца, което неминуемо води до по-голям разход за отопление и дискомфорт на потребителите. При обновения етаж с ПВЦ дограма, такова явление не се наблюдава т.е енергията необходима за отопление се използва максимално без загуби.



Фиг.60: Термомост при прозорец

2. Експеримент 2 — Наблюдение работата на лъчист отоплител в офисно помещение

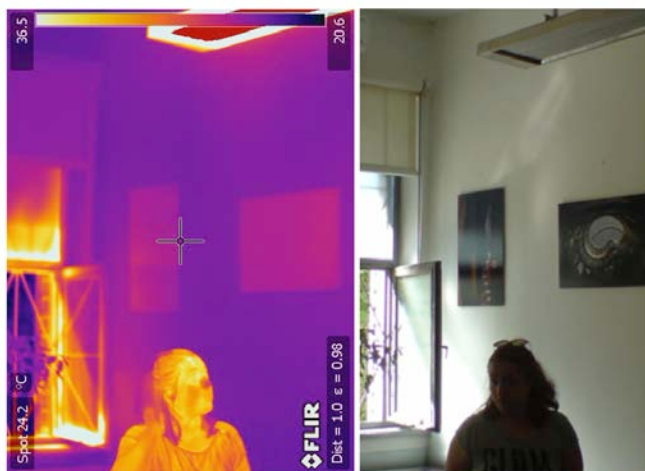
- Място на провеждане на експеримента — Офис фирма АССИСТ ЕООД, бул. Европа №127
- Уред подложен на изследване — Elztrip EZ300 (3600W, 230V, максимална температура достигана в корпуса 320 °C, тегло 19,8 kg) [63]
- Температура на въздух във помещението ~ 20 °C
- Температура на външен въздух — 12 °C
- Тип конструкция — Стоманобетонна
- Провел експеримента — инж. Венета Йосифова и др. инж. Станислав Гьошев

При проведения експеримент е наблюдавано поведението на лъчист отоплител монтиран на тавана в офисно помещение (Фиг. 61). Макар таванът да е висок (приблизително 4 m), чрез удобни удължаващи крепежни елементи е постигната удобна височина на разположение на отоплителния уред, за да се разпределя топлината ефикасно. В това помещение (около 30 m²) за максимален комфорт са монтирани два лъчисти отоплителя, свързани с термостат.



Фиг. 61: Лъчисто отопление в офис Фиг. 62: Термоснимка на работещ лъчист отоплител

Резултат: Благодарение на снимките с термокамера, можем да онагледим работата на уреда (Фиг. 62). От тях се вижда, че със стандартна мощност се достига висока температура в тялото на уреда, която се излъчва и “разпилява” в помещението, нагрявайки с приятните около 30°C, хората и обектите, разположени в стаята. От Фиг. 63 ясно може да се сравни еднаквостта на нагряване от уреда и от влизащото през прозореца слънце, тъй като принципът на топлопредаване е един и същ. Стая с подобни размери би следвало да се отоплява около 2-3 часа предварително за да бъдат достигнати 25 °C в зимни условия. Чрез лъчистия отоплител, който действа веднага след включването си и нагрява мигновено, това време и разход на електроенергия са спестени, а комфортът в помещението е осигурен. Преимуществото на зонираното отопление дава възможността да бъдат отоплявани само офисите или частите от помещенията където има хора, за да се намали разхода за електроенергия, когато не е изпълнен капацитета на сградата.



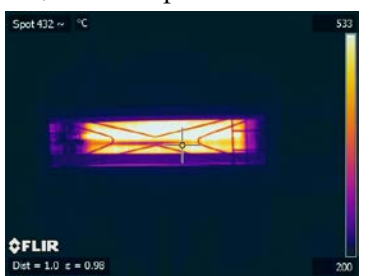
Фиг. 63: Отопление чрез лъчист отоплител

3. Експеримент 3 — Сравнение работата на лъчисто отопление и конвекторна печка в индустриално хале

- Място на провеждане на експеримента — Офис фирма АССИСТ ЕООД, бул. Европа №127
- Уред подложен на изследване:
Лъчист отоплител — VARMA 301(1500W)
Конвекторна печка — SANG (2000 W)
- Температура на въздух във помещението $\sim 20^{\circ}\text{C}$
- Температура на външен въздух — 12°C
- Тип конструкция — Стоманобетонна
- Провел експеримента — инж. Венета Йосифова и др. инж. Станислав Гьошев

При проведен експеримент в индустриално хале с голяма светла височина ($\sim 60\text{ m}^2$; $\sim 4\text{ m}$), беше сравнена работата на две отоплителни тела — конвекторна печка SANG и лъчисто отопление VARMA 301(1500W).

Резултат: С термокамера бе установено, че макар с по-ниска мощност, температурата която се достига в корпуса на лъчистия отоплител надвишава тройно, тази в корпуса на конвекторната печка (Фиг. 64 и Фиг. 65). Топлият въздух от печката се разсейва из цялото помещение и за периода на експеримента не бе усетено значително затопляне. Лъчистият отоплител от своя страна нагряваше равномерно зоната, в която бе монтиран ($\sim 16\text{ m}^2$). Предимството, че уредът започва да излъчва топлина веднага след включване, осигурява комфорт мигновено, без необходимост от дълги часове предварително затопляне на помещението в сравнение с другите методи за отопление. Преимуществото на зонираното отопление дава възможността да бъдат отоплявани само местата от халето/производствената сграда където работят хора (Фиг. 66), за да се намали разхода за електроенергия, а не цялото пространство. Бе доказано преимущество на лъчистото отопление в индустриално помещение от ефективна и икономическа гледна точка.



Фиг.64: Снимка с термокамера на работеща конвекторна печка

Фиг.65: Снимка с термокамера на работещ лъчист отоплител

Фиг.66: Нагряване на човек чрез лъчист отоплител

За да се сравнят работите на двата уреда, пресмятаме енергията необходима да се затопли нужната зона за работа и времето за работа.

Лъчист отоплител —VARMA 301

Време за работа $t_{л.о.} = 1$ час

Консумирана енергия $Е_{л.о.} = 1,5$ kWh

Разход за електроенергия $R_{л.о.} = 1,1, 5, 0,2 = 0,3$ лв.

Конвекторна печка — SANG (2000 W)

Време за работа $t_{к.п.} = 2$ часа

Консумирана енергия $Е_{к.п.} = 2,0$ kWh

Разход за електроенергия $R_{к.п.} = 2,2, 0,0, 2 = 0,8$ лв.

Макар по-скъпа първоначална инвестиция уредите, действащи на принципа на лъчистото отопление, могат значително да намалят разходите за електроенергия за отопление (до 3 пъти), особено за производствени сгради и индустриални обекти, където помещенията са големи, но не се изисква затопляне на целия обем.

4. Експеримент 4 — Откриване на дефекти при съществуващи сгради или при изпълнение на довършителни работи

- Обект на провеждане на експеримента — Сграда на Университет по Архитектура, Строителство и Геодезия (за дограма и излоация), Офис сграда в гр. София (за покрив)
- Тип конструкция — Стоманобетон с прозорци от алуминиева дограма
- Температура на външен въздух — 10°C
- Температура на вътрешен въздух $\sim 27^{\circ}\text{C}$
- Провел експеримента — инж. Венета Йосифова, др. инж. Николай Стоименов, др. инж. Станислав Гьошев проф. Димитър Карастоянов

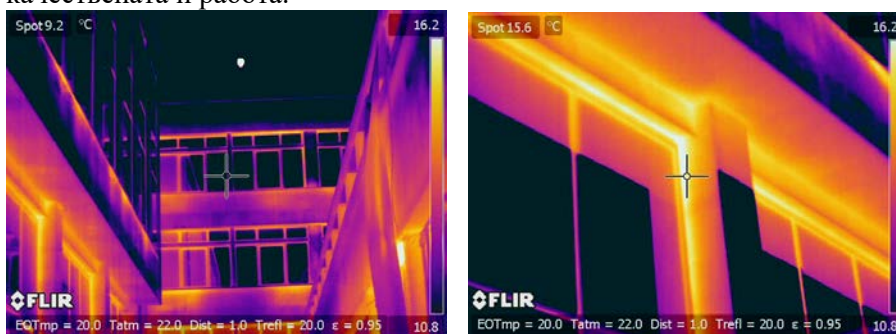
Чрез редица изследвания във сградата на Университета по Архитектура, Строителство и Геодезия и новопостроена офисна сграда, бяха открити невидими за окото проблеми, които подлежат на отстраняване като:

1. Некачествено изпълнение на хидроизолация на покрив (Фиг. 67)



Фиг.67: Компрометирана хидро и топлоизолация на покрив

2. Термоустойчивост при алуминиева дограма (Фиг. 68, 69, 70) — дори при наличие на дограма (в случая алуминиева), лошото изпълнение при оставянето ѝ нарушава качествената ѝ работа.



Фиг.68: Термоустойчивост при ал. дограма Фиг.69: Термоустойчивост в дограма



Фиг.70: Термомост в дограма



Фиг.71: Дефекти в топлоизолация

3. Некачествено изпълнение на топлоизолация — На фиг. 71 се наблюдават разстояния между платната от топлоизолационен материал, кухини и лошо разпределение на материала за прикрепяне.

Заклучение

Съвремените решения за недеструктивно тестване на конструкциите и материалите ни позволява откриването на невидими на пръв поглед дефекти и възникнали проблеми. Това дава предимство в навременото им отстраняване. Компютърните технологии и дигитализацията все повече си партньорстват със строителния сектор в търсенето на енергоефективни решения за по-добър начин на живот и хармония с околната среда. В стремежа за повишаване на енергийната ефективност на съществуващи сгради и съоръжения, подобни практики биха заели важна роля за качественото изпълнение на подобрителни и ремонтни дейности по пътя за постигане на “зелени” сгради с нулево енергийно потребление.

Научно-приложни приноси

С оглед на работата, извършена в дисертацията и резултатите, получени в хода на изследванията и изложени по-горе, могат да бъдат формулирани следните научно-приложни приноси:

1. Анализирани са състоянието и развитието на научните изследвания и проблемите в областта на енергийната ефективност при сгради и съоръжения за установяване на основните фактори, влияещи върху енергийната ефективност.
2. Изследвано е влиянието на сградите върху климатичните промени и потреблението на енергия.
3. Изследвани са съществуващите методи и средства за подобрене на енергийната ефективност в съвременното строителство
4. Предложен е модел за подобрене на енергийната-ефективност на типизиран модел офисно помещение в стандартна офис сграда.
5. Проведени са реални експерименти за сравнение на съвременни и иновативни методи за отопление. Получените резултати са описани и анализирани с цел намаляване на топлинните загуби и оптимизация в енергийната консумация.
6. Проведени са реални експерименти за откриване на дефекти в съществуващи решения за енергийна ефективност. Получените резултати са описани и анализирани с цел повишаване на енергийната ефективност.

План за комерсиализация на научните резултати

Предложения в дисертационни труд процес за оптимизиране на енергийните разходи в съществуващи помещения и сгради може да подлежи на редица изменения и подобрения, за да бъде използван практически в строителния сектор. За да бъде постигнато това е необходимо преминаването през няколко стъпки:

1. Събиране на изчерпателна информация в база данни
2. Изследвания
3. Анализ на резултати
4. Изчислителен софтуер
5. 2D и 3D визуализиране

Преглед на пазара

Конкурентните измерения на подобен тип приложения не е особено широк, тъй като темата е сравнително нова на пазара, а търсенето за съжаление, все още не е високо. С навлизането на законодателните наредби във връзка с енергийната ефективност обаче, подобен тип приложения ще бъдат все по-разпространявани и търсени, за да отговаря всяка сграда или дом да нужните енергийни норми.

Обикновено различните производители (на дограма, отопление, климатизация и др.) разработват собствени калкулатори за изчисление на енергийни спестявания спрямо техните продукти с търговска цел. Те обаче са твърде субективни и разглеждат отделни направления, с много малко входяща информация (квадратура, обем, външна и вътрешна температура и др.).

Референции

- [1] What is energy efficiency? — British Geological Survey — www.bgs.ac.uk
- [2] What's energy efficiency and how much can it help cut emissions? — Dr Tamaryn Napp, Professor Nilay Shah and Professor David Fisk, Grantham Institute for Climate Change and Chemical Engineering, Civil and Environmental Engineering, Imperial College London, in collaboration with the Guardian
- [3] Европейската политика за енергийна ефективност — Агенция за устойчиво енергийно развитие. България — <http://www.seea.government.bg/>
- [4] Енергийна ефективност — Информационни фишове за Европейския съюз — Справочник за Европейския съюз – 2018 — <http://www.europarl.europa.eu/>
- [5] Енергийната ефективност на България и акцизната политика на ЕС Автор: Спартак Софийков* / 31.05.2013
- [6] Национална програма за Енергийна Ефективност на многофамилни жилищни сгради — Министерство на регионалното развитие и благоустройството Р.България — <http://www.mrrb.government.bg/>
- [7] ЕБВР отпуска още 20 млн. евро за енергийна ефективност в домовете — Мария Иванова “Капитал Daily” — 01.09.2016
- [8] НАРЕДБА № РД-16-1058 ОТ 10 ДЕКЕМВРИ 2009 Г. ЗА ПОКАЗАТЕЛИТЕ ЗА РАЗХОД НА ЕНЕРГИЯ И ЕНЕРГИЙНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СГРАДИТЕ
- [9] арх. Стоянка Маринова Иванова— ИЗГОТВЯНЕ НА КОМПЮТЪРЕН МОДЕЛ ЗА ГЕНЕРИРАНЕ НА ЕНЕРГИЙНО ЕФЕКТИВНИ АРХИТЕКТУРНИ РЕШЕНИЯ ПО ОТНОШЕНИЕ НА СЛЪНЧЕВАТА РАДИАЦИЯ / АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ — София, 2014 г.
- [10] Moisture Control Guidance for Building Design, Construction and Maintenance — U.S. Environmental Protection Agency December 2013
- [11] Australian Building Codes Board— Condensation in Buildings Handbook 2014 Second Edition
- [12] Thermal Imaging Guidebook For Building and Renewable Energy Applications — FLIR Systems Co. Ltd.
- [13] НАРЕДБА № 7 от 15 декември 2004 г. за енергийна ефективност, топлосъхранение и икономия на енергия в сгради
- [14] Condensation in Buildings Tasmanian Designers' Guide — Building Standards and Occupational Licensing — Tasmanian Government
- [15] Climate Change: Implications for Buildings — A new briefing published by the Buildings Performance Institute Europe (BPIE), the Global Buildings Performance Network (GBPN), the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), the Cambridge Institute for Sustainability Leadership (CISL) and the Cambridge Judge Business School (CJBS) distils the key findings from the recently released Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report for the building sector —Creative Commons License BY-NC-SA.
- [16] How Buildings Impact the Environment — BOSS Commercial Solutions — <https://bosscontrols.com/>
- [17] Climate Impacts on Energy — United States Environmental Protection Agency
- [18] USGCRP (2014). Dell, J., S. Tierney, G. Franco, R. G. Newell, R. Richels, J. Weyant, and T. J. Wilbanks, 2014: Ch. 4: Energy Supply and Use. Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment, J. M. Melillo, Terese (T.C.) Richmond, and G. W. Yohe, Eds., U.S. Global Change Research Program, 113-129. doi:10.7930/J0BG2KWD.
- [19] Module 18 Energy efficiency in buildings — Sustainable energy regulation and policymaking training manual — United Nations Industrial Development Organization
- [20] Thermal Insulation Materials— Material Characterization, Phase Changes, Thermal Conductivity — NETZSCH-Gerätebau GmbH

- [21] Black&Decker TLD100 Thermal Leak Detector instruction manual — Catalog Number TLD100 Part No. 90539493 Sept. 2008; Copyright 2008 Black & Decker (US) Inc.
- [22] Standby-Energy-Monitor SEM16+ / SEM16+ USB Manual — Nordwestdeutsche Zählerrevision; Ing. Aug. Knemeyer GmbH & Co. KG
- [23] Close Focus Infrared Pyrometers; Non-Contact Surface Measurement of Temperature and Heat Flow — OMEGANet On-line Services — USA
- [24] Manual for Infrared Measuring Technology — testo AG Postfach 1140 79849 Lenzkirch
- [25] KD2 Pro Thermal Properties Analyzer Operator's Manual — Decagon Devices, Inc., Version: February 29, 2016
- [26] FLIR Thermal imaging guidebook for building and renewable energy applications
- [27] Видове топлоизолации — арх. Д. Попдимитров и АА Грид Графикас БГ — 12.04.2013г. — <http://архитект.бг>
- [28] Топлоизолация. Вътрешна и външна топлоизолация — Източник smk-bg.com / <http://www.bgstuff.net>
- [29] Solar Ready Buildings Planning Guide — National Renewable Energy Laboratory — Technical Report NREL/TP-7A2-46078 December 2009 — L. Lisell, T. Tetreault, and A. Watson
- [30] Solar Panels <http://www.energysavingtrust.org.uk/> — Energy Saving Trust (UK)
- [31] How Solar Panels Work — Union of Concerned Scientists (USA)—18.12.2015
- [32] Why Industrial Buildings are so Good for Solar Panels — The Green Energy Blog; 10.10.2016 — <http://thegreenenergyblog.com/>
- [33] Energy Efficient Lighting — Eartheasy Sustainable Living — <https://learn.eartheasy.com/guides/>
- [34] Energy-Efficient Air Conditioning —Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse— DOE/GO-10099-379 FS 206 June 1999
- [35] Видове климатици — „Термал Юнит” ЕООД —<http://www.klimatik.eu/>
- [36] Save energy – maintain comfort Air curtains for industry — Frico AB
- [37] Air Curtains Product Catalogue – Frico AB
- [38] Подобряване на топлоизолацията на прозореца с „Топъл край“ композитен дистанционер SWISSPACER Ultimate — <https://www.dogrami.bg/> — 14.02.2018
- [39] ИСТОРИЯ И ТРАДИЦИИ НА PVC И АЛУМИНИЕВАТА ДОГРАМА — BGStart Group Строителство — <https://stroitelstvo.bgstart.net/>
- [40] Дограма — PN Systems — <http://edograma.com/>
- [41] ПВЦ дограма – предимства и недостатъци — <http://dogramata.bg/>
- [42] Интелигентните прозорци не са далеч — <https://www.dogrami.bg/> — 07.03.2018
- [43] Енергоефективна пластмасова и алуминиева дограма SCHÜCO — Строители Ел. медия
- [44] Saving Building Energy through Advanced Control Strategies, Stephen Treado * and Yan Chen— Department of Architectural Engineering, the Pennsylvania State University, University Park—Published: 10 Sept. 2013
- [44.1] U.S. Department of Energy (DOE). 3.1.4. 2010 Commercial Energy End-Use Splits, by Fuel Type (Quadrillion Btu). In Building Energy Data Book; U.S. DOE: Washington, DC, USA, 2010.
- [44.2] Akinci, B.; Garrett, J.H.; Akin, Ö. Identification of Functional Requirements and Possible Approaches for Self-Configuring Intelligent Building Systems; National Institute of Standards and Technology, USA, 2011.
- [44.3] Roth, K.W.; Westphalen, D.; Feng, M.Y.; Llana, P.; Quartararo, L. Energy Impact of Commercial Building Controls and Performance Diagnostics: Market Characterization, Energy Impact of Building Faults and Energy Savings Potential; A Report for Building Technologies Program: Cambridge, MA, USA, 2005.
- [44.4] Aynur, T.N.; Hwang, Y.H.; Radermacher, R. Simulation comparison of VAV and VRF air conditioning systems in an existing building for the cooling season. Energy Build. 2009, 41, 1143–1150.
- [44.5] Mossolli, M.; Ghali, K.; Ghaddar, N. Optimal control strategy for a multi-zone air conditioning system using a genetic algorithm. Energy 2009, 34, 58–66.
- [44.6] Moroşan, P.D.; Bourdais, R.; Dumur, D.; Buisson, J. Building temperature regulation using a distributed model predictive control. Energy Build. 2010, 42, 1445–1452.
- [44.7] May-Ostendorp, P.; Henze, G.P.; Corbin, C.D.; Rajagopalan, B.; Felsmann, C. Model-predictive control of mixed-mode buildings with rule extraction. Build. Environ. 2011, 46, 428–437.
- [44.8] Hazyuk, I.; Ghiaus, C.; Penhouet, D. Optimal temperature control of intermittently heated buildings using model predictive control: Part II—Control algorithm. Build. Environ. 2012, 51, 388–394.
- [45] Какво е интелигентната система за управление на дома? — “Адапт Контрол” ЕООД — <http://www.adaptcontrol.com/>
- [46] ЗАЩО ДА ВНЕДРИМ СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ В СТАРА СГРАДА?— Saint Gobain article — <http://saint-gobain.bg/> — 03.04.2018 г.
- [47] Леонид Черняк. Платформа Интернета вещей. // Открытые системы. СУБД, №7, 2012. Открытые системы, 2012-09-26. Архив на оригинала от 2013-01-24. Посетен на 2015-02-05.)
- [48] Принцип на инфрачервено отопление — <http://www.redsun.bg/> — Редсън ЕООД
- [49] Open Air Restaurants — Product Catalogue Frico AB (Швеция)
- [50] Инфрачервени лъчи – свойства и приложения —<http://www.redsun.bg/> — Редсън ЕООД
- [51] Radiant Heating — Energy.gov — U.S. Department of Energy's (CAI)
- [52] VARMA TEC Product Catalogue —Star Progetti Technologie Applicate Spa (Италия)
- [53] 8 (New) Energy Efficient Materials Architects Should Know — Todd Sims21 January, 2018 — www.archdaily.com
- [54] Cross-Laminated Timber (CLT) — APA – The Engineered Wood Association — <https://www.apawood.org/>
- [55] New 3D Printed Material Makes Future Homes More Energy Efficient — JP Buntinx — August 22, 2017 — <https://nulltx.com/>

- [56] Passive ventilation — WindowMaster Ltd. Denmark — <https://www.windowmaster.com/>
- [57] Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings.— Atkinson J, Chartier Y, Pessoa-Silva CL, et al., editors. Geneva: World Health Organization; 2009.
- [58] Towards nearly zero-energy buildings Definition of common principles under the EPBD Final report — Ecofys: Andreas Hermelink, Sven Schimschar, Thomas Boermans Politecnico di Milano / eERG: Lorenzo Pagliano, Paolo Zangheri, Roberto Armani University of Wuppertal: Karsten Voss, Eike Musall Date: 14 February 2013 Project number: BESDE10788
- [59] Rotating Solar House Generates Five Times The Energy It Consumes — Contributor; Aug 21, 2010 — <https://techcrunch.com/>
- [60] Central Park — City of Sydney — <http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/> / [/www.centralparksydney.com](http://www.centralparksydney.com)
- [61] Winners of the 2018 Architecture at Zero competition announced —Nicole Jewell — 26.03.2018 — <https://inhabitat.com/>
- [62] Architecture at Zero Design Competition — Arrowstreet Architecture and Design Portfolio, Boston USA
- [63] Elztrip EZ300 Manual — Art.no: 206472 2017--12-21 HH/CH— Frico AB
- [64] V. Christova-Yosifova., Moisture control in buildings. Managing condensation in surrounding constructions., Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, vol. 67, 2016, ISSN 0204-9848, pp. 43-50
- [65] V. Christova-Yosifova., Increasing Energy Efficiency in Existing Buildings., Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, vol. 68, 2017, ISSN 0204-9848, pp. 58-64
- [66] Yosifova V., Study of the energy efficiency for buildings and facilities. Insulation materials and detection of construction defects with thermal camera., International Conference Robotics, Automation and Mechatronics'15 RAM 2015, Sofia, Bulgaria, November 05, 2015., pp.37-43 , ISSN 1314-4634.
- [67] В. Христова – Йосифова, Уреди за обследване енергоефективността на сгради и съоръжения., John Atanasoff Celebration Days, International Conference “Robotics, Automation And Mechatronics” RAM 2016, October 4-6 2016, Byaga, Bulgaria, p. 39-44, ISSN 1314-4634

Публикации по дисертационната тема

1. **V. Christova-Yosifova.**, Moisture control in buildings. Managing condensation in surrounding constructions., Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, vol. 67, 2016, ISSN 0204-9848, pp. 43-50
2. **V. Christova-Yosifova.**, Increasing Energy Efficiency in Existing Buildings., Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, vol. 68, 2017, ISSN 0204-9848, pp. 58-64
3. **Yosifova V.**, Study of the energy efficiency for buildings and facilities. Insulation materials and detection of construction defects with thermal camera., International Conference Robotics, Automation and Mechatronics'15 RAM 2015, Sofia, Bulgaria, November 05, 2015., pp.37-43 , ISSN 1314-4634.
4. **В. Христова – Йосифова**, Уреди за обследване енергоефективността на сгради и съоръжения., John Atanasoff Celebration Days, International Conference “Robotics, Automation And Mechatronics” RAM 2016, October 4-6 2016, Byaga, Bulgaria, p. 39-44, ISSN 1314-4634
5. **Yosifova V.**, Ivanova D., Nondestructive testing of construction materials and structures., International Scientific Conference “INDUSTRY 4.0”, December 13-16, 2017, Borovez, Bulgaria
6. Karastoyanov D., Groueva M., **Yosifova V.** MOBILE ROBOTS FOR INVESTIGATION IN SPECIFIC AREAS. International Journal of Systems Applications, Engineering & Development, 12, 2018, ISSN:2074-1308, 126-130

