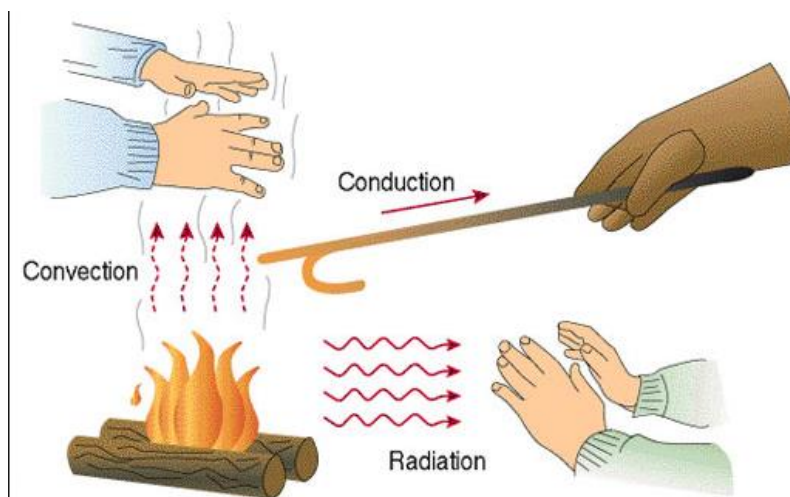


3. Видове топлообмен и свойства на материалите

Топлообменът е процес, при който се осъществява пренос на топлина от тяло с по-висока към тяло с по-ниска температура. Топлообменът да се осъществи посредством:

- Теплопроводност (при твърди тела);
- Конвекция (при флуиди);
- Топлинна радиация.



Фигура 1 Илюстрация за различни видове топлообмен (източник: schoolworkhelper.net)

3.1. Теплопроводимост

Теплопроводимост е свойство на материята да пренася топлина. Пренасянето на топлина от по-топлите към по-студените части на едно тяло се нарича теплопроводност. Обратното свойство - да възпрепятства преноса на топлина, се нарича термично съпротивление. Преносът на топлина се извършва от областта с по-висока към областта с по-ниска температура чрез кинетичната енергия на атомите и затова плътните материали са по-добри проводници. Металите са с много висока теплопроводимост, като среброто е с най-висока

3.2. Конвекция

Конвективният пренос на топлина, често наричан просто конвекция, е прехвърлянето на топлина от едно място на друго чрез движение на флуиди. Конвекцията обикновено е доминиращата форма на пренос на топлина в течности и газове.

Пример: Ако сложите ръката си върху огъня, чувствате топлина, защото въздухът е затоплен от пламъците

3.3. Топлинна радиация

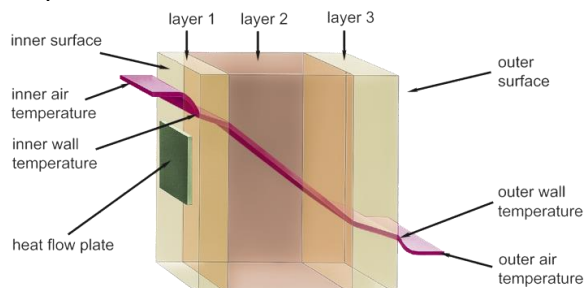
Топлинната радиация е обмен на топлина чрез електромагнитни вълни. Материалите отразяват почти цялата топлинна радиация, която получават. Дървото, например, отразява повече топлинна радиация от мрамора. Ето защо дървения под е по-топъл от мраморния.

Пример: Слънцето излъчва топлинна радиация. Затова, когато пече, чувствате топлината върху кожата си, но когато слънцето е скрито от облак, не чувствате такава топлина.

3.4. Теплопроводност

Коефициентът на теплопроводност λ (лямбда) изразява количеството топлина, която преминава през даден материал - за 1 m² площ, за 1 секунда, през 1 m дебелина, при 1 градус разлика между температурите от двете страни на разглеждания материал.

Този показател характеризира способността на всеки материал да пренася термична енергия под формата на топлина. Специфичната теплопроводност е константа за всички видове материали, освен за теплоизолациите. Колкото по-малка е стойността на λ , толкова по-добри теплоизолационни свойства има съответния материал. Много често на опаковките на строителните материали е обозначено тяхното число на теплопроводност – λ .



Фигура 2 Теплопреминаване през различни слоеве на външна стена

Материал	λ Вт/(м*К)	Материал	λ Вт/(м*К)	Материал	λ Вт/(м*К)
----------	--------------------	----------	--------------------	----------	--------------------

Акрил	0,2	EPS (стиропор)	0,032 - 0,053	Минерална вата	0,032 - 0,050
Азбест, свободно пакетиран	0,15	Стиропор	0,033	Найлон	0,25
Асфалт	0,75	Изолация със слама	0,09	Памук	0,03
Бетон	2,1	Кожа	0,14	Памук вълна изолация	0,029
Вода	0,58	Коркова дъска	0,043	Изолация с пръст	0,04
Вълна	0,04	Мед	401	Фибростъкло	0,04
Гипс или мазилка	0,48	Тухла	0,5 - 1,4	Нишковидна изолация	0,048
Гранит	2,8	Хартия	0,05	Пеностъкло	0,045
Дърво	0,09 - 0,19	Полиетилен	0.42–0.51	Стомана	48 - 58
Желязо	80,2	Полипропилен	0.10–0.22	Съкло	1,05
Сух пясък	0,35	Гипс, мазилка, хоросан	0,17	Разширен полистирен	0,03
Стърготини	0,06	Талашит	0,15	PVC	0,19
Шперплат	0,13	Циментова замазка	1,4		

3.4. Теплопреминаване през ограждащи конструкции

В строителната физика коефициентът на теплопреминаване **U** се използва за характеризиране на топлопроводимостта на многослойните елементи. Различните стени, вертикални, хоризонтални и наклонени елементи се състоят от отделни слоеве с най-различни дебелини и материали, затова е необходимо да се определи топлопроводимостта на всеки елемент в зависимост от характеристиките и дебелините на съответните слоеве.

Коефициентът на теплопреминаване **U** отчита количеството топлина, която преминава през ограждащите елементи - за 1 m² площ, за 1 час, при 1 градус разлика между температурите от двете страни на разглеждания елемент. Измерва се във [W/m².K]

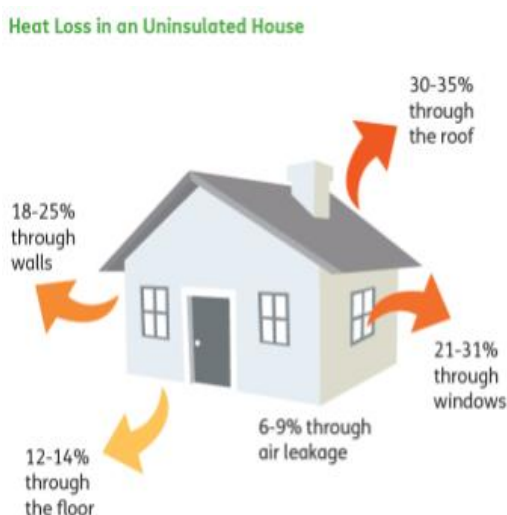
Изчислява се, като се вземат предвид поотделно дебелините и коефициентите на топлопроводност на всички материали, от които тези елементи са изградени. Колкото по-малка е стойността на коефициента на теплопреминаване, толкова по-добри топлоизолационни свойства има съответния елемент.

Съществуващите съвременни стандарти за енергийна ефективност в сгради изискват поставянето на минимум **10 см. изолация** с цел достигането на нормативния коефициент на топлопреминаване $< 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, съгласно **Наредба №7 за Енергийна ефективност на сгради**.

Основни източници на загуби в неизолирани сгради

Топлинни загуби в неизолирани сгради:

- Покрив: около 25 до 30% от топлинните загуби;
- стени: около 20 до 25% от топлинните загуби;
- вентилация и инфилтрация: около 20 до 25% от топлинните загуби;
- прозорци: около 10 до 15% от топлинните загуби;
- топлинни мостове: около 5 до 10% от топлинните загуби.



Фигура 3 Топлинни загуби през неизолирана сграда

Най-ефективната мярка за спестяване на енергия е изолиране на външните ограждащи конструкции. Топлоизолационните материали имат следните важни характеристики:

- Теплопроводност (λ) - характеризира качеството на материала като проводник на топлина. λ е стойност, независимо от дебелината и начина на нанасяне на материала. Размерността на теплопроводимост е W/mK и показва колко топлина (W) провежда материал с дебелина 1 м. при разлика в температурата от 1 Келвин (K). Колкото по-ниска е теплопроводността на материала, толкова изолационните му свойства са по-високи.

- Термично съпротивление е реципрочно на теплопроводимостта ($1 / \text{K}$) и се измерва в mK/W . Това е температурната устойчивост на материала.

- Коефициент на топлопреминаване (U-стойност) - количеството топлинни загуби през елемента се определя от коефициента на топлопреминаване. Той описва количеството топлина, преминаваща през 1 m² елемент, когато температурната разлика между вътрешната и външната повърхност е 1K. Единицата е W / m²K.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + R_{se}}, W / m^2 K$$

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}, m^2 K / W$$

Видове многослойни елементи	Обща дебелина	Коефициент U W/(m ² K)	
Външна стена – бетон, без изолация	30 см	3,3	
Външна стена – тухла, без изолация	30 см	1,40	
Външна стена – тухла с 5 см EPS	35 см	0,47	
Външна стена – бетон с 5 см EPS	35 см	0,65	
Външна стена – тухла с 8 см EPS	38 см	0,33	
Външна стена – тухла с 10 см EPS	40 см	0,28	
Дървена рамкова конструкция с 22 см изолация	25 см	0,19	
Нискоенергийна стена с 46 см изолация	49 см	0,09	

Таблица 1 Коефициент на топлопреминаване през различни видове външни стени

	BC - Тип 1	d	l	R (U)
		m	W/mK	
	R _i			0,13
1	Варопясъчна мазилка, вътрешна	0,02	0,7	0,028571

2	Решетъчни тухли	0,25	0,52	0,480769
3	Варопясъчна мазилка, външна	0,03	0,87	0,03448 3
	R_e			0,04
				0,71382 3
	Съпротивление от топлопреминаване R ₀			0,71382
	Коеф. на топлопреминаване U, [W/m ² K]			1,40

Таблица 2 Пример за изчисление на коеф. на топлопреминаване на външна тухлена стена– U

Пример за изчисление на топлинни разходи:

Да разгледаме 20 m² от стена, в която 15 m² е стена, а 5 m² са прозорци.

коефициент за стена U=0,35 W/m².K (строителство след 2009 г).

коефициент за прозорци U=1,7 W/m².K (строителство след 2009 г).

външната средномесечна температура за януари е -0,4°C.

в помещението поддържа средна температура от +20°C.

температурната разлика +20°C - (-0,4°C) = 20,4 K (където "K" е градус келвин).

Всеки час през тази стена ще преминават:

$$0,35\text{W/m}^2 \cdot \text{K} \times 15 \text{ m}^2 \times 20,4^\circ\text{K} = 107,1 \text{ W топлина.}$$

$$1,7/\text{m}^2 \cdot \text{K} \times 5 \text{ m}^2 \times 20,4^\circ\text{K} = 173,4 \text{ W топлина.}$$

За месец януари през стена ще изгубите:

$$107,1\text{W} \times 24\text{h} \times 31 \text{ дни} = 79,7 \text{ kWh топлина.}$$

$$173,4 \times 24\text{h} \times 31 \text{ дни} = 129 \text{ kWh топлина.}$$

Това ще ви струва:

$$79,7 \text{ kWh} \times 0,176 \text{ лв/kWh} = 14,02 \text{ лв.}$$

$$129 \text{ kWh} \times 0,176 \text{ лв/kWh} = 22,70 \text{ лв./м}$$

3.5. Видове изолационни материали

Изолиращи (изолационни) материали – различните видове топлоизолация зависят от използваните изолиращи материали. Съществуват разлики между отделните топлоизолиращи материали и областите, в които е подходяща тяхната употреба.

Експандиран пенополистирол (EPS)

Изкуствен полимер със затворена структура на решетка от пълни с въздух сферични частици - микропорест изкуствен органичен материал. 95% от обема на EPS

е въздух, затворен в сфери от решетката на полимера. EPS системи са познати също така като стиропор, който се явява като **най-разпространен в съвременното строителство материал**. EPS изолационните системи **запазват физичните си свойства непроменени за период от 15-20 години при експлоатационни температури от -20°C до +50°C и циклично замразяване и размразяване.**

Качества: здравина, минимална деформируемост, ограничена паропропускливост и огнеустойчивост (клас В1).

Използване на EPS за:

- лепена външна фасадна изолация;
- при вентилируеми окачени фасади;
- като среден слой в двойни стени;
- за покриви: прави, обърнати и скатни (наклонени);
- под сутеренни плочи и др.

EPS ИЗОЛАЦИОННА СИСТЕМИ			
Дебелина, d, mm	Коеф. на топлопроводност	Дебелина, d, mm	Коеф. на топлопроводност
	λ , W/(m*K)		λ , W/(m*K)
d < 20 mm	0,032	40 < d < 100 mm	0,032
	0,035		0,035
	0,040		0,040
	0,043		0,045
20 < d < 40 mm	0,032	d > 100 mm	0,050
	0,035		0,032
	0,040		0,035
	0,040		0,040
			0,053

Таблица 3 Различни коефициенти на топлопроводност в зависимост от дебелината на изолацията

Различните видове топлоизолация зависят от използваните изолационни материали. Съществуват различия между отделните топлоизолационни материали и областите, където е подходящо тяхното използване.

Някои от най-често използваните изолационни материали са:

Екструдирен пенополистирен-XPS

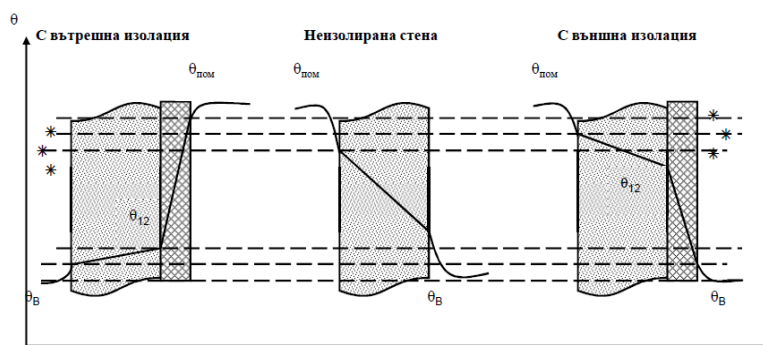
Плоскостите от екструдирани пенополистирен е термоизолационен материал (XPS), произведен от полистирен и подходящи разбухващи вещества чрез процес на непрекъснато екструдиране, при който *материалът* се изтласква или издърпва през дюза (матрица) с исканото сечение и се оформя непрекъснатата плоскост с желаната дебелина (20-100 mm).

Качества:

- високо и трайно термоизолационно свойство;
- минимално водопоглъщане;
- висока якост на натиск и стабилност на размери;
- трудна възпламеняемост, отлична съвместимост със строителни материали като цимент, гипс, вар и пясък, добро сцепление/прилепване към бетонови и хоросанови покрития и мазилки.

Използване на XPS за:

- топлоизолация под фундаменти плочи;
- топлоизолация под замаска, промишлени подове или покриви;
- топлоизолация на стени тип "сандвич";
- вътрешна изолация на стени и плочи;



Фигура 4 Теплопреминаване през различни видове стени с вътрешна изолация, без изолация и с външна изолация

XPS ИЗОЛАЦИОННА СИСТЕМИ	
ВИД	Коеф. на топлопроводност
	λ , W/(m*K)
непокрити	0,025
	0,030

	0,040
Обвити продукти от фини пяни без покритие	0,025
	0,030
	0,035
С водоустойчиво покритие	0,025
	0,030
	0,035
	0,040

Таблица 4 Различни коефициенти топлопроводност на XPS изолационна системи в зависимост от дебелината

Каменна вата:

Минералната (каменна) вата е естествен, неорганичен и минерален продукт на базата на базалтови минерали. Благодарение на влакнестата си структура, минералната вата, притежава изключително добри топлоизолационни свойства:

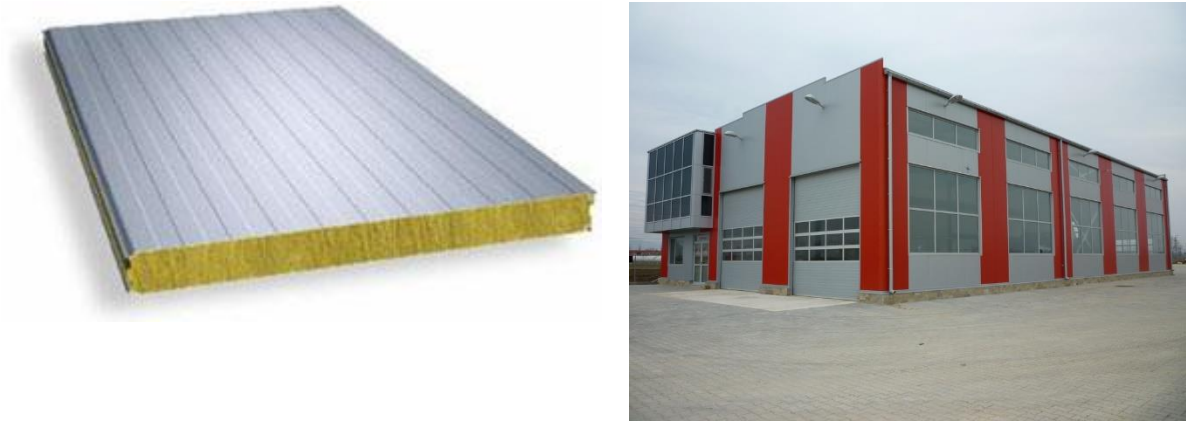
Качества: висока степен на абсорбиране на шумове и по-малка степен на отразяване на шума.

Сандвич панели с изолация полиуретан

Сандвич панелите с ядро твърда полиуретанова пяна са универсален и модерен продукт, който благодарение на добрата си топлоизолация може да бъде прилаган в сгради с различни работни условия.

Както останалите леки полимери с клетъчна структура, полиуретанът има отлични топлоизолационни качества. Номиналният му коефициент на топлопроводност е $\lambda=0,023\text{W/m}^{\circ}\text{K}$, което го нарежда сред най-ефективните материали за топлоизолация. Сред основните предимства на този материал се нарежда и фактът, че той притежава добра устойчивост на компресия и стабилност на размерите при големи температурни граници – от -30°C до $+80^{\circ}\text{C}$.

Изключително малкото му тегло, високата структурна якост и присъщата адхезия към металите правят полиуретана идеалният материал за сърцевина на сандвич панелите.



Фигура 5 Сандвич панел и тяхното приложение в промишлени сгради

3.6. Изчисляване на топлинни загуби през външни стени

Енергийният баланс на сградата се отнася до сумата от топлинните загуби (напр. Топлината, излизаща през покривите, външните стени и прозорците), равна на сумата на топлинните печалби (напр. Пасивни слънчеви печалби, вътрешни печалби и активно отопление). Топлинните загуби през външни стени се определят като се умножи площта на стената с коефициента на топлопреминаване по разликата между вътрешната и външната температура:

$$\theta_{T,i} = A * U * (\theta_{int,t} - \theta_e), kW$$

Топлинни загуби, kW

Площ, m²

Коефициент на топлопреминаване, W/m²K

Вътрешна температура

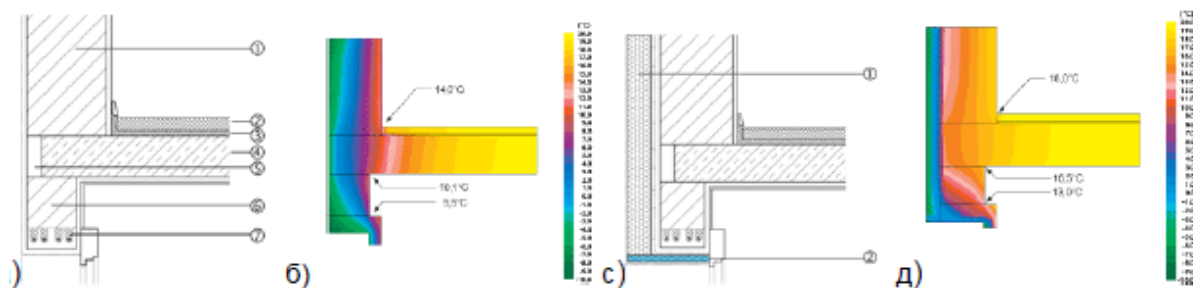
Външна температура

3.7. Инфилтрация и топлинни мостове

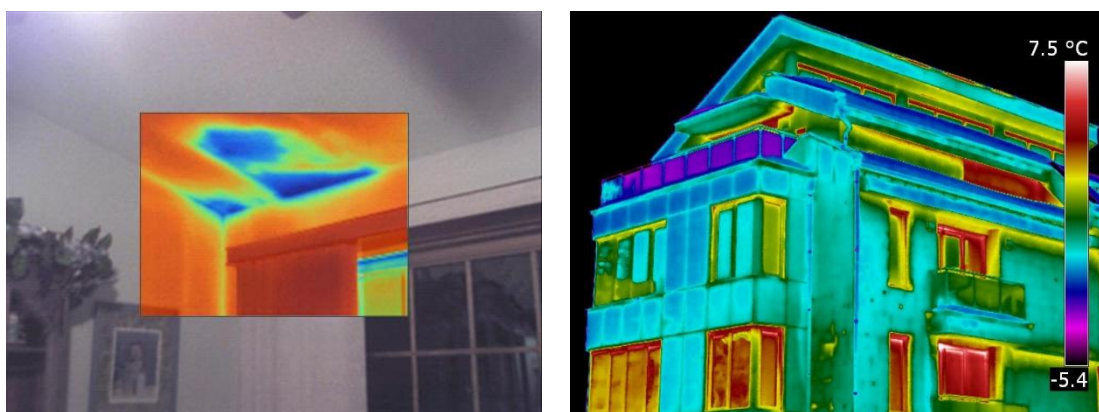
В ограждащата конструкция на всяка сграда има елементи с по-висока топлопроводимост. Те са заложи на проектно ниво или се появяват в процеса на строителството.

- термомост се появява при: ъгли и ръбове, връзка на стената с тавана, връзка между две стени или връзка между стена и под;
- термомостовете увеличават разходите за отопление, както и вредните емисии в атмосферата;
- повишават риска от: кондензация, поява на плесени и гъби; увреждане на конструкцията; естетически проблеми;
- загуби през термомост: около 5 до 10 % от топлинните загуби.

Топлинните мостове се образуват, когато материалите, които са лоши изолатори, са в контакт с въздуха и позволяват на въздушния поток да премине през т. нар. топлинен „мост“. Топлинните мостове трябва да бъдат отстранени чрез напречно сечение с намалени профили, с материали, които имат по-добри изолационни свойства или чрез поставяне на допълнителен изолиращ елемент.



Фигура 6 Елементи с изявени топлинни мостове



Фигура 7 Илюстрация на топлинни мостове чрез термовизионно заснемане

Инфилтрация

Инфилтрацията е неволно и неконтролирано навлизане на външен въздух в затворено пространство. Инфилтрацията възниква през пукнатини в обвивката на сградата поради разлики в налягането във вътрешната и външната среда. Външният въздух, влизащ през отворени врати и прозорци, се счита за инфилтрация, въпреки че целта на отваряне на вратата или прозореца може да бъде проветряване. Инфилтрацията се осъществява главно през зимата, когато въздухът отвън е по-студен и съответно с по-висока плътност от вътрешния въздух. Инфилтрацията зависи от скоростта на вятъра, посоката на вятъра и херметичността на сградната обвивка.

3.8. Топлинни загуби през прозорци

Площта на прозорците е около 25% от площта на жилището. Ако тези 25% се заменят с нови енергийно ефективни прозорци, температурата в жилището може да се повиши с 4-5 градуса, а нивото на шума- да се понижи с около 40 dB.

Прозорците оказват голямо влияние на топлинните загубите в жилището.

Площта на стъклото представлява между 70% и 90% от тази на прозореца и неговите характеристики оказват значително влияние върху цялостните топлотехнически показатели на прозорците.

Покритието на стъклото е от съществено значение. Нискоемисионното (К стъкло) съдържа специално микроскопично, фактически невидимо покритие, което намалява коефициента на топлопреминаване (U) и редуцира загубите на топлина през прозореца до 20%. Това улеснява поддържането на помещенията по-топли през зимата и по-прохладни през лятото.

Поставянето на газ с ниска топлопроводимост в херметически изолирани стъклопакети намалява топлинните загуби през стъклото до 10%. Най - често използваният от производителя газ е аргон. Други използвани газове са въглероден диоксид (CO₂), криптон (Kr), смес от аргон и криптон.

Основни показатели, от гледна точка на енергийните характеристики на прозорците:

- коефициент на топлопреминаване (U);
- коефициент на пропускливост на слънчевата енергия (g);
- инфилтрация на въздуха.

Топлината, която преминава през 1 м² от повърхността на прозореца, се характеризира със стойността на коефициента на топлопреминаване U, докато количеството слънчева енергия, която преминава през 1м², се представя от соларния фактор - g.

Типове остъкляване:

- Единичното остъкляване (U-стойности до 5,8 W / m²K) се прилага много рядко. Единичните прозорци се срещат в стари сгради и би било ефективно да се сменят с нови енерго-ефективни прозорци.
- Енергийно ефективното остъкляване се състои от два или три слоя стъкла, разделени от въздушен слой.
- Високо енергийно ефективно остъкляване - U-стойностите са между 0,4 и 1,6 W / m²K с изолационни качества 50 - 60% по-добри от единичните прозорци

- тройно високоефективно остъкляване - тройно остъкляване с метално покритие на двата вътрешни слоя. Загубите на топлина чрез тройно високоефективно остъкляване са една осма от стойността на единичното остъкляване.

Видове дограма:

- дървени прозорци - отлични изолационни характеристики; сред най-добрите материали за запазване на комфорта на дома; най-евтиният вариант - дограма от иглолистна дървесина (бял бор или смърч). От широколистните гори най-често се използват дъб;
- Алуминиева дограма - осигурява издръжливост и сигурност, поддръжката е лесна и евтина и не изисква периодично боядисване. Като материал, алуминият е отличен проводник на топлина и затова загубата на топлина в този тип прозорци е по-голяма. Качествените алуминиеви прозорци изискват прекъсване на термомостовите в профилите, което води до увеличаване на разходите за производство и от там по-висока цена;
- PVC (PVC) дограма - с много добри топло- и звукоизолационни свойства. Поддръжката ѝ е лесна. Материалът е устойчив на студ, топлина, химикали. По-висока енергийна ефективност се постига с дограма с повече вътрешни камери;
- комбинирана дограма - най-скъпата възможност е дограмата комбинираща алуминий с дърво. Дървесината е защитена от атмосферни влияния с външна алуминиева облицовка върху профила. Най-добрите качества на двата материала се съчетават по естетичен и функционален начин.

Важно!

- за прозорците - g-стойността има по-голям ефект върху намаляването на потреблението на енергия за охлаждане в сравнение с коефициента на топлопреминаване U;
- за изолацията - възможно е наличието на изолация да увеличи разхода на енергия за охлаждане през лятото в резултат от запазване на топлинните ползи в сградата;
- за да се компенсират топлинните печалби през лятото и да се намали разхода на енергия за охлаждане, добре е да се обмисли подходящо засенчване на сградата;