

## Моделирание на топлинните загуби и потребената топлина за конкретен обект

Анка Кръстева, Константин Коев, Валентин Пеев

*Modeling of the heat losses and the consumed heat for a definite site: A mathematical model for determination of the heat losses and the consumed heat for a definite site is represented in this paper. Based on that model, another one is developed in the environment of MATLAB. The second model could be used for determination of the energy losses when heating of the building of Silistra Branch.*

**Key words:** energy losses, modeling, energy efficiency

### ВЪВЕДЕНИЕ

В условията на съвременното състояние на енергийните източници, непрекъснато нарастващите им цени, стремежът е в търсене на нови възможности за задоволяване нарастващото потребление на горива и електрическа енергия. Ограничеността на природни ресурси се явява икономически фактор за пестеливото им изразходване посредством цената, като регулатор на потреблението. Относителното енергийно потребление, измерено като количество първични енергийни ресурси, е един от основните измерители на енергийната ефективност [1,2,3]. Енергийната ефективност е средство за намаляване на разходите и повишаване сигурността на енергоснабдяването. Новото виждане в тази насока цели обследване за енергийна ефективност на потребители, по ред и условия, установени с наредбата за обследване енергийната ефективност [3]. Обследването цели да се определят потенциалните възможности за намаляване на разходите за електрическа енергия при всяка група потребители, ефективно използване на енергията и ефективното ѝ производство. Стагнацията в икономиката и изчерпващите се енергийни ресурси ще доведат до постоянно покачване на цените на електрическата енергия. Причините са достатъчно основателни, за да се насочим към използване на регенеративни енергийни източници.

Промяната на цените на основните топлоносители през 90-те години наложи изменения в нормативните документи, отнасящи се до проектиране на нови сгради. По-голяма част от съществуващия сграден фонд в страната е без ефективна или никаква топлоизолация. Това води до големи разходи за отопление. Решението за спестяване и намаляване на тези разходи е в санирането на сградите и поставяне на качествена топлоизолация. Според сега действащото законодателство, новите жилищни сгради задължително се топлоизолират. Санирането на сградите ще доведе до намаляване на енергийните разходи на сградата като цяло. Подобряването на топлоизолирането на сградите има три основни цели:

- намаляване на разходите за отопление през зимата, респективно – за климатизация през лятото;
- постигане на здравословна и комфортна среда на обитаване;
- ограничаване на топлинното излъчване към околната среда.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

Целта на настоящата статия е да се разработи модел за оценка на топлинните загуби и потребената топлина за конкретен обект.

**Математичен модел за оценка на топлинните загуби и потребената топлина за изследвания обект**

### **Топлинни загуби на инфилтрация**

Топлинните загуби се определят от известни зависимости [4,5]

$$Q_u = \sum (al)_u \cdot \Pi \cdot C \cdot K_0 (t_n - t_{uz}), W, \quad (1)$$

където  $a$  е коефициентът на въздухопропускаемост на фуга от

въздухопропускаем елемент с дължина 1 метър,  $\frac{m^3}{hmPa^{2/3}}$ ;

$l$  - дължината на фугите на прозорците, изложени на вятър,  $m$ ;

$\Pi$  - характеристика на помещението;

$C$  - характеристиката на сградата, в която е включен и специфичният

топлинен капацитет,  $\frac{WhPa^{2/3}}{m^3 K}$ ;

$t_n$  - вътрешната температура на сградата (помещението),  $K$ ;

$t_{uz}$  - изчислителната външна температура,  $K$ ;

$K_0 = k_e \cdot k_b \cdot k_a$  – общият корекционен коефициент;

Корекционният коефициент за отчитане влиянието на сградата и на етаж е  $k_e = 1,3$ , корекционният коефициент за вентилация  $k_b = 1$  и  $k_a = 0,95$  - корекционен коефициент за въздухопропускаемостта на монтираната дограма.

Характеристиките на помещението и сградата се избират от таблици, в зависимост от вида на прозорците и разположението, начина на строежа на сградата, за която се извършва изследването [5].

### **Топлинни загуби от топлопреминаване**

Топлинните загуби за едно помещение представляват сумата от топлинните загуби на отделните строителни елементи: стени, прозорци, врати, подове, тавани. За всеки строителен елемент, изчисленията се извършват с уравнението [4]

$$q = k \cdot F \cdot (t_n - t_{uz}), W, \quad (2)$$

където  $k$  е коефициентът на топлопреминаване,  $\frac{W}{m^2 K}$ ;

$F$  - топлоразменната повърхност,  $m^2$ ;

Произведението от сумата на топлинните загуби от отделните строителни елементи, отчитайки фактора на прибавките  $z$ , дава топлинните загуби от топлопреминаване

$$Q_T = \sum q \cdot z, W. \quad (3)$$

Прибавките  $z$  се определят въз основа на фактора  $D$  [4,5], който се изчислява с израза

$$D = \frac{Q_0}{F_{\text{общ}} (t_n - t_{uz})}, \frac{W}{m^2 K}, \quad (4)$$

където  $F_{\text{общ}}$  е общата повърхност на помещението,  $m^2$ ;

$Q_0$  - теоретичните топлинни загуби за помещението,  $W$ .

### **Действителни топлинни загуби**

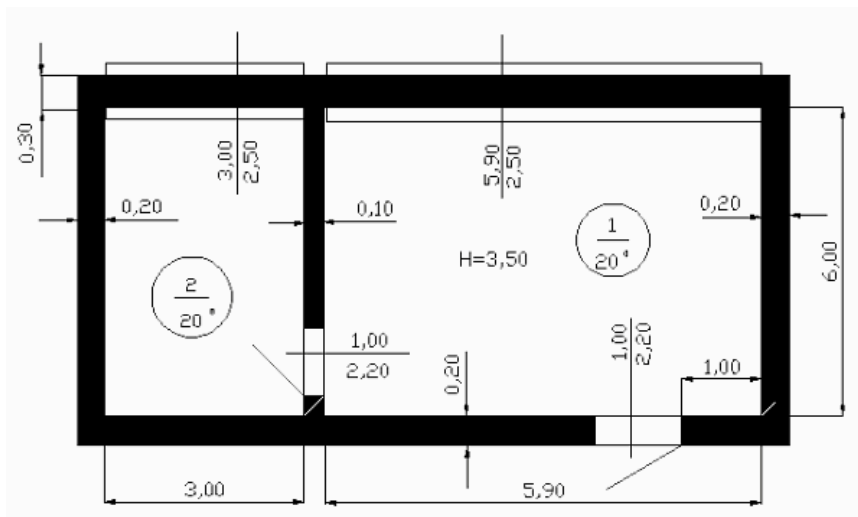
$$Q_T = Q_0 (1 + z), W. \quad (5)$$

### **Потребена топлина**

$$Q = Q_T + Q_u, W. \quad (6)$$

### Обект на изследване

Изследват се топлинните загуби и потребената електротоплина на конкретна лаборатория от сградата на Филиал - Силистра, чиито размери са дадени на фиг.1. Стените са бетонни, измазани от двете страни и са облицовани с белоградчишки камък. Подът на помещението е паркет, а таванът е бетонна плоча без покрив, с ламаринена хидроизолация. Прозорците са двукатни, но с лошо уплътнение. Сградата е единична, намираща се в населено място, в което скоростта на вятъра е по-голяма от 4 m/s.



Фиг.1 Изследван обект – електролаборатория

### Резултати от изследването

Топлинните загуби за изследвания обект са определени за най-тежките условия на околната среда -  $-18^{\circ}\text{C}$  температура на околната среда и скорост на вятъра  $4\text{ m/s}$ . Тези стойности са характерни за най-студените зимни дни в района на гр. Силистра. Изчисленията са направени за температура на помещението  $+20^{\circ}\text{C}$ . Пресметнатите топлинни загуби от топлопреминаване и инфилтрация са представени в табл.1, табл.2, табл.3.

Чрез използваните математически изрази (1) ... (6) е реализиран модел на разглежданата лаборатория в програмната среда на MATLAB. Създаденият модел, визуализиран на фиг.2., позволява определяне на топлинните загуби при различни параметри на околната среда и на ограждащите конструкции.

Таблица 1  
Топлинни загуби от топлопреминаване: Лаборатория,  $t_n = 293 \text{ K}$   
 $V = 5,90 \times 6,00 \times 3,50 = 123,90 \text{ m}^3$

Означение на охлаждащата повърхност	Небесна посока	Дебелина на стената, m	Дължина, m	Широчина или височина, m	Охлаждаща повърхност, $\text{m}^2$	Коефициент на топлопреминаване, $\text{W/m}^2\text{K}$	Температурна разлика, $\Delta t, ^\circ\text{K}$	Топлинна загуба, $Q_{01}, \text{W}$
BC	ЮИ	0,30	5,90	1,00	5,90	1,500	38	336
ДП	ЮИ		5,90	2,50	14,75	2,326	38	1304
В <sub>1</sub> С	ЮЗ	0,20	6,00	3,50	21,00	1,977	5	208
В <sub>1</sub> С	СЗ	0,20	5,90	3,50	20,65 - 2,2=18,45	1,977	5	182
В <sub>1</sub> В	СЗ		1,00	2,20	2,20	2,326	5	26
В <sub>1</sub> С	СИ	0,10	6,00	3,50	21 - 2,20 = 18,80	1,977	0	0
П		0,24	5,90	6,00	35,40	1,163	0	0
Т		0,20	5,90	6,00	35,40	1,396	38	1878

Таблица 2  
Топлинни загуби от инфилтрация

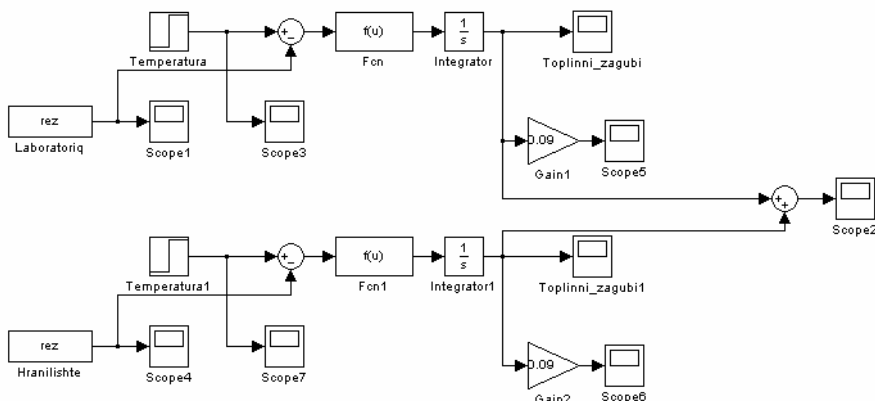
Вид помещението на	$a, \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$	$l, \text{m}$	$lI$	$C$	$t_n, \text{K}$	$t_{из}, \text{K}$	$Q_u, \text{W}$
Лаборатория	0,61	16,80	0,9	1,72	293	255	744
Хранилище	0,61	11	0,9	1,72	293	255	487

Таблица 3  
Топлинни загуби от топлопреминаване: Хранилище,  $t_n = 293 \text{ K}$   
 $V = 3,00 \times 6,00 \times 3,50 = 63 \text{ m}^3$

Означение на охлаждащата повърхност	Небесна посока	Дебелина на стената, m	Дължина, m	Широчина или височина, m	Охлаждаща повърхност, $\text{m}^2$	Коефициент на топлопреминаване, $\text{W/m}^2\text{K}$	Температурна разлика, $\Delta t, \text{K}$	Топлинна загуба, $Q_{02}, \text{W}$
BC	ЮИ	0,30	3,00	1,00	3,00	1,500	38	171
ДП	ЮИ		3,00	2,50	7,50	2,326	38	663
В <sub>1</sub> С	ЮЗ	0,10	6,00	3,50	21 - 2,20 = 18,80	1,977	0	0
В <sub>1</sub> В	ЮЗ		1,00	2,20	2,20	2,326	0	0
В <sub>1</sub> С	СЗ	0,20	3,00	3,50	10,50	1,977	5	104
В <sub>1</sub> С	СИ	0,20	6,00	3,50	21,00	1,977	0	0
П		0,24	6,00	3,00	18,00	1,163	0	0

T		0,20	6,00	3,00	18,00	1,396	38	955
---	--	------	------	------	-------	-------	----	-----

**ИЗПОЛЗВАНИ ОЗНАЧЕНИЯ:** ВС – външна стена; ДП – двукатен прозорец; В<sub>г</sub>С – вътрешта стена; В<sub>г</sub>В – вътрешна врата; П – под; Т – таван.



Фиг.2. Симуляционен модел за определяне на топлинните загуби в лаборатория към Филиал – Силистра.

Гъвкавостта и достоверността на модела, както и мощния програмнен продукт, който е използван при реализацията му, са важни и необходими предпоставки за определяне на необходимата енергия за отопление. Възможно е проследяване изменението на топлинните загуби при различни външни атмосферни условия – температура, скорост на вятъра и фиксирани ограждащи конструкции. Друг вариант на изследване на топлинните загуби е тяхното определяне при фиксирани външни атмосферни условия и различни ограждения, както по отношение на използваните материали, така и по отношение на дебелината им.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В програмната среда на MATLAB е разработен симуляционен модел за оценка на потребената топлина за конкретен обект. Моделът позволява да се изчислят и прогнозират загубите от инфилтрация и топлопреминаване. Представеният модел е базис за съставяне на обобщен модел на цялата сграда на Филиал - Силистра. По този начин ще се даде комплексна оценка за промените, които трябва да се направят в ограждащите конструкции, за да се намалят разходите за отопление.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1.] Закон за енергетиката и енергийната ефективност, ДВ, бр.64 от 1999 г., изм., ДВ, бр.1 от 2000г., бр.108 от 2001г.
- [2.] Закон за енергийната ефективност, 2004, 235 с.
- [3.] Наредба за обследване на енергийната ефективност, № 19 / ДВ, бр.108 от 10.12.2004г.
- [4.] Иванов Велислав, Б. Крапчев. Отопление, вентилация и климатична техника. Техника. София, 1978.
- [5.] Стаматов Станчо. Справочник по отопление, вентилация и климатизация. Част I. Техника. София, 1990.

**За контакти:**

гл. ас. д-р инж. Анка Христова Кръстева – Русенски университет "Ангел Кънчев", Филиал-Силистра, e-mail: [pkj@abv.bg](mailto:pkj@abv.bg)

**Докладът е рецензиран**