

АНАЛИЗ НА ПОТРЕБЛЕНИЕТО НА ЕНЕРГИЯ ЗА ОХЛАЖДАНЕ НА СГРАДИ В ОБЛАСТТА НА ХОТЕЛИЕРСТВОТО

Мария Райкова¹, Ивайло Цвятков²

¹Технически Университет Габрово, maria_raykova@abv.bg

²Технически Университет Габрово, ivo_bioklima@abv.bg

ANALYSIS OF NET ENERGY CONSUMPTION FOR COOLING HOTEL BUILDINGS

Mariya Raykova¹, Ivaylo Tsvyatkov²

¹Technical University-Gabrovo, maria_raykova@abv.bg

²Technical University-Gabrovo, ivo_bioklima@abv.bg

Abstract

The article contains the results of energy audits of nine buildings in the resort of Albena. The buildings have been modeled and their energy consumption class has been determined. Based on the calculation results, a regression model was developed for the net energy required for cooling.

The main factors influencing the net energy required for cooling have been identified.

Keywords: buildings, energy efficiency, modeling, enclosing elements, net energy, regression model.

ВЪВЕДЕНИЕ

Сградите в зависимост от предназначението им и местните климатични условия, се изпълняват и поддържат така, че да са енергийно ефективни, като изразходват възможно най-малко енергия по време на тяхната експлоатация.

Техническите изисквания към енергийните характеристики на сградите се изразяват като интегриран показател на сградата, изразен в числови граници по скала на класовете на енергопотребление за съответното предназначение на сградите.

Интегриран показател за енергийна ефективност на сградите е специфичният годишен разход на първична енергия в kWh/m² годишно за отопляване, охлаждане, вентилация, гореща вода, осветление и уреди, потребяващи енергия, на един квадратен метър от общата кондиционирана площ на сградата (A). Този показател в голяма степен зависи от ориентацията, размерите и формата на сградата; от характеристиките

на сградните ограждащи конструкции и елементите.

В статията се анализира влиянието на топлофизичните характеристики на ограждащите елементи на сгради върху необходимата енергия за охлаждане.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Анализа обхваща девет сгради в областта на хотелиерството разположени в морския курорт Албена.

Пет от хотелите са комплекси състоящи се от хотелска част и ресторант, разположени в самостоятелни сгради, а в един – и двете части са разположен в една сграда, три от сградите имат само хотелска част. Всички сгради са въведени в експлоатация в периода 1971-1974г и в значителна степен са еднотипни.

Хотелските части включват приемен блок-фоайе и хотелски блок.

Първоначално всички фасадни стени на сградите са били стоманобетонни панели с

дебелина 16cm, без топлоизолация, а дограмата на сградите - алуминиева студен профил с единично остъкляване. Отвън фасадните стени имат облицовка от варовикови плочи или външна мазилка, а отвътре – цименто пясъчна мазилка.

Преобладаващо подовете са под към земя и под над „неотопляем“ сутерен и малка част - под към външен въздух.

Покривите на сградите са предимно са плоски стоманобетонни с различна структура – стоманобетонна плоча с битумна хидроизолация и терасовидни покриви с теракот. Има и покриви, с по-малка площ, с поликарбонатни плоскости и остъклени (закалено стъкло).

В периода 1991-2001г са извършени различн дейности свързани с обновяване, реконструкция и пристрояване на неголеми части към сградите. В резултат са променени и топлофизичните характеристики на сградите.

В част от сградите фасадните стени са непроменени - стоманобетонни панели с дебелина 16cm без топлоизолация. Налични са и стоманобетонни стени с дебелина 25cm и малка част – стени тухлен зидария 25cm.

Част от фасадните стени са топлоизолирани с EPS с дебелина 40mm $\lambda=(0.040-0.042)W/mK$. В хотел Лагуна Гарнер с топлоизолация са 66,12% от всички фасадни стени, в Лагуна Бийч са топлоизолирани 58,25% от площта на всички фасадни стени, хотел Гергана – 11,6%. В хотел Мура 5,2% от фасадните стени са с посочената топлоизолация, а 7,8% - с EPS с дебелина 20mm и $\lambda=0.042W/mK$.

Дограмата преобладаващо е алуминиева студен профил, с различно остъкление: единично кафяво тонирано стъкло 5 и 10mm, единично светло синьо тонирано стъкло 5mm и единично бяло стъкло 5 и 10mm,. Част от витрините са с алуминиеви профили с прекъснат термомост и двоен стъклопакет 24 мм бяло/бяло стъкло. Вратите преобладаващо са плътни, от MDF.

Има сгради в които алуминиевата дограма е подменена с четирикамерна PVC – в хотел Лагуна Бийч това са 60,55% от общата площ, в хотел Лагуна Гарнер - 59,5%. В хотел Лагуна Маре 82% от цялата дограма е подменена с четирикамерна PVC.

По отношение на покривите има такива с положена топлоизолация с различна дебелина (40-80) mm EPS. В хотел Гергана това са 83,4%, хотел Мура 25,5% от общата площ на покривите. Изцяло топлоизолирани са покривите (без остъклените части) на хотелите Лагуна Гарнер, Лагуна Бийч, Лагуна Маре и хотел Нона.

По отношение на подовете предприетите мерки са свързани само с подмяна на подовете покрития.

Създадени са модели на сградите със софтуерния продукт EAB Software HC 1.0 обхващащи целите комплекси и всички системи. Като отделни зони са моделирани хотелската част и ресторанта. Отражено е потреблението на енергия от всички системи: охлаждане, вентилация, осветление, битова-гореща вода, уреди – влияещи и не-влияещи на топлинния баланс.

Коефициентите на топлопреминаване на ограждащите елементи и съответните референтни стойности са изчислени по методиките от Наредба 7 за енергийна ефективност на сгради.

В рамките на календарната година сградите се използват шест месеца – от май-до октомври.

Отчитайки енергийните източници за всяка система е определена интегрираната енергийна характеристика на сградите и определен класът на енергопотребление съгласно скалата за сгради за обществено обслужване в областта на хотелиерството.

Всички сгради отговарят на изискванията за енергийна ефективност. Три от тях принадлежат към клас на енергопотребление А, една към клас С и всички останали към клас В.

В табл.1 са представени данни за сградите и техните ограждащи елементи, използвани при моделиране на сградите – на хотелска част. За различните ограждащи елементи са дадени сумарните им площи и обобщени коефициенти на топлопреминаване, а за дограмата - и обобщен коефициент на енергопреминаване. В скоби са посочените референтните обобщени коефициенти на топлопреминаване към сега действащите нормативни изисквания.

Анализирано е влиянието само на топлофизичните характеристики на огражда-

дащите елементи върху разхода на енергия за охлаждане – нетна енергия, а не брутна. За целите на анализа в моделите на сградите са премахнати вътрешните топлинни източници – уреди, осветление, хора. Обект на анализа са само хотелските части.

Сградите се намират при еднакви външни климатични условия и с цел коректно сравняване на енергопотреблението за охлаждане, са приети еднакви параметри на микроклимата - температура и относителна влажност. Също така не е отчетено влиянието на вентилационните системи, които в хотелската част са само в зоната на рецепция и лоби бара.

Моделите на сградите в режим на охлаждане са при проектна температура 25⁰С, без температура с повишение и относителна влажност 55%.

Разхода на енергия за охлаждане зависи както от коефициентите на топло-преминаване така и от площите на съответните ограждащи елементи. Като параметри характеризиращи охладителния товар за сметка на топлопреминаване през ограждащите елементи са приети коефициентите на пренос на топлина Н:

$$\begin{aligned} N_{\text{wall}} &= A_{\text{wall}} U_{\text{wall}}; N_{\text{roof}} = A_{\text{roof}} U_{\text{roof}}; \\ N_{\text{win}} &= A_{\text{win}} U_{\text{win}}; N_{\text{floor}} = A_{\text{floor}} U_{\text{floor}} \end{aligned} \quad (1)$$

където:

- A_{wall} , A_{roof} , A_{win} A_{floor} са площите на стени, покрив, дограма и под, m²

- U_{wall} , U_{roof} , U_{win} , U_{floor} са обобщените коефициенти на топлопреминаване на стени, покрив, дограма и под, W/m²К.

Влиянието на инфилтрирания въздух е отчетено чрез коефициента на пренос на топлина

$$N_v = (c.p)_{a.n}. V, \text{ W/K} \quad (2)$$

Където:

$(c.p)_{a.n} = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \text{K})$ – специфичен обемен капацитет на въздуха;

n- средно часова кратност на въздухообмена в пространството, h⁻¹;

V- нетен обем на кондиционираното пространство, m³

Охладителния товар от слънчево облъчване е отчетен чрез ефективната площ на ограждащите елементи

-за непрозрачните елементи:

$$A_{\text{sol}} = \alpha_{s,c}. R_{se}. U_c. A_c \quad (3)$$

$\alpha_{s,c}$ -коефициент на поглъщане на слънчева радиация от повърхността;

R_{se} - външно термично съпротивление на повърхността m²К/W;

U_c – коефициент на топлопреминаване на елемента, W/m²К;

A_c - площ на ограждащия елемент, m²
-за прозрачни елементи:

$$A_{\text{sol}} = F_{sh,gl}. F_w. g_{gl,n}. (1-F_F) A_{w,p}, \text{ m}^2 \quad (4)$$

където:

$F_{sh,gl}$ – фактор на засенчването;

F_w – коригиращ фактор за неперпендикулярност на лъчението;

$g_{gl,n}$ – действителен коефициент на сумарна пропускливост на слънчева енергия при перпендикулярно лъчение;

F_F – фактор на рамката;

$A_{w,p}$, - пълна площ на елемента, m²

$$A_{\text{sol}} = g. A_{w,p}, \text{ m}^2 \quad (5)$$

където: g – коефициент на енергопреминаване

Сравнителен анализ на получените резултати за консумирана енергия за охлаждане в сградите може да се направи с помощта на подходящ регресионен модел. Първата стъпка в подготовката на този модел е избор на влияещите фактори. Като цяло, значително въздействие оказват климатичните фактори, които в този случай не се изследват, тъй като се разглежда конкретни сгради, разположени в курорта Албена. Приети са еднакви параметри на вътрешния микроклимат.

Табл. 1 Данни за сградите и ограждащите елементи

хотел	година на въвеждане в експл.	РЗП	А	стени		дограма			под	покрив	Обем бруто	Обем нето	леглова база		
				А, м ²	U, W/m ² K	А, м ²	U, W/m ² K	g						А, м ²	U, W/m ² K
Гергана	1974	10807	9526,5	3663,8	3,093	2543,6	5,8	0,42	1983,8	0,41	1983,8	0,89	25881	23919	575
					(0,28)		(1,7)			(0,18)	0,89	(0,25)			
Боряна	1974/2000	7066	6262,4	2072	3,224	1984,3	5,576	0,4	1264	0,59	1248	0,51	18212	16150	303
					(0,28)		(1,72)			(0,28)		(0,25)			
Елица	1974/1991	6842	5990	2197	3,225	1689,4	5,593	0,4	1401,3	0,62	1405	0,49	17700	15583	349
					(0,28)		(1,72)			(0,28)		(0,25)			
Лагуна Бийч	1971/2000	11178	10112	2698,67	1,731	2486	2,297	0,45	3154	0,58	2890,2	0,46	26027	24270	390
					(0,28)		(1,54)			(0,24)		(0,25)			
Лагуна Гарнер	1971/2001	8816,3	7668	3136,5	1,47	1913,8	2,95	0,45	2404	0,56	2379	0,43	23250	21258	275
					(0,28)		(1,53)			(0,24)		(0,28)			
Лагуна Маре	1971/2000	8067	7244	2286	3,351	1608,5	2,597	0,41	2014	0,54	1966	0,61	16749	14209	295
					(0,28)		(1,49)			(0,27)		(0,26)			
Мура	1974/2000	8892	7989	1839,4	2,91	1976,4	6,032	0,44	1948,8	0,39	1948,8	0,6	20030	18901	389
					(0,28)		(1,7)			(0,21)	0,6	(0,25)			
Нона	1974/1996	7471	6495	2004,8	3,236	1976,48	5,71	0,4	1454,4	0,64	1454,4	0,705	18779	16735	346
					(0,28)		(1,72)			(0,28)	0,705	(0,25)			
Славуна	1974/1995	5736	4795	2313,76	3,323	1311	5,503	0,39	1425,2	0,538	1425,2	0,51	13850	12657	246
					(0,28)		(1,73)			(0,26)	0,51	(0,25)			

() референтни стойности на коефициентите на топлопреминаване

Основните влияещи фактори, които са отчетени при разработването на модела са:

- коефициентите на пренос на топлина на оградящите елементи стени H_{wall} , дограма H_{win} , под H_{floor} и покрив H_{roof} ;

- коефициенти на пренос на топлина чрез инфилтрация H_v ;

- ефективната площ на оградящите елементи: прозрачни $A_{sol,win}$ и плътни $A_{sol,wall}$.

По данните от табл. 1 са определени

коефициентите на пренос на топлина и ефективните площи на оградящите елементи. Определени са относителни стойности на тези величини – отнесени са към кондиционираната площ A . Получените стойности са дадени в табл.2.

За моделиране на сградите е използван софтуерния продукт ENSI EAB Software HC 1.0 като е изчислена нетната енергията $E_{нетна}$, kWh/m² за охлаждане при отсъствие на вътрешни топлинни източници.

Табл.2 Стойности на относителните коефициенти на пренос на топлина и ефективни площи

	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
	Енетна	H _v /A	H _{wall} /A	H _{win} /A	H _{roof} /A	H _{floor} /A	A _{sol,win} /A	A _{sol,wall} /A
	kWh/m ²	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	-	-
Славуна	14,12	0,449	1,604	1,505	0,152	0,160	0,107	0,029
Нона	14,79	0,438	0,999	1,737	0,158	0,143	0,122	0,019
Мура	13,22	0,402	0,670	1,493	0,146	0,095	0,109	0,013
Лагуна море	15,17	0,333	1,057	0,577	0,165	0,150	0,091	0,022
Лагуна Гарднер	18,07	0,471	0,601	0,736	0,133	0,175	0,112	0,013
Лагуна Бийч	26,09	0,775	0,462	0,711	0,131	0,181	0,123	0,010
Гергана	16,73	0,427	1,189	1,549	0,177	0,082	0,112	0,023
Елица	12,64	0,442	1,183	1,577	0,115	0,145	0,113	0,021
Боряна	15,87	0,494	1,067	1,767	0,102	0,119	0,127	0,020

При регресионния анализ е изследван линеен модел, имащ коефициента на детерминация $R=0,99963$.

Регресионната линия е:

$$Y = -6,992 + 22,488 \cdot X_1 - 11,18 X_2 - 5,87 \cdot X_3 + 13,423 X_4 - 26,635 \cdot X_5 + 165,337 \cdot X_6 + 763,371 X_7 \quad (6)$$

Проверката показва че получените резултати са надеждни (статистически значими):

- стойността на Significance F е $0,004363 < 0,05$ при прието Confidence level 95%;-

- всички P-стойности с изключение на една са по-малки от 0,05 (0,0357; 0,0077; 0,0466, 0,0158; 0,065; 0,012; 0,02; 0,037)

Полученото уравнение показва че намаляване на нетната енергия за охлаждане се получава при намаляване на факторите X_1 , X_4 , X_6 , X_7 и при увеличаване на факторите X_2 , X_3 , X_5 .

При така избраните фактори тяхната промяна не е еднозначно определена. При-

мерно нарастването на X_2 , X_3 , X_4 , X_5 може да е свързано с нарастване на площта или коефициента на топлопреминаване на оградящия елемент.

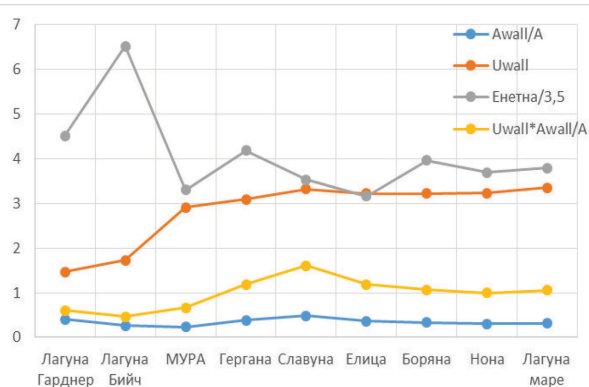
Необходимо е да се анализира всяка сграда отделно, задавайки различни стойности на коефициентите на топлопреминаване и енергопреминаване.

На фиг.1 и 2 е показано изменението на параметри от регресионния анализ за различните сгради. На фиг. 1 са дадени, за различните сгради, стойностите на обобщения коефициент на топлопреминаване на стените U_{wall} , на площта на стените отнесена към охлаждаемата площ A_{wall}/A , на фактора $X_2=U_{wall} \cdot A_{wall}/A$ и на нетната енергия за охлаждане $E_{нетна}$. Аналогично данните от фиг 2 се отнасят за дограмата.

Максимална стойност на нетната енергия за охлаждане се наблюдава при хотел Лагуна Бийч и Лагуна Гарнер, където има най-ниски стойности на факторите H_{wall}/A и H_{win}/A .

От фиг. 1 се вижда че за различните сгради относителната площ на стените слабо се мени, докато коефициентът на топло-

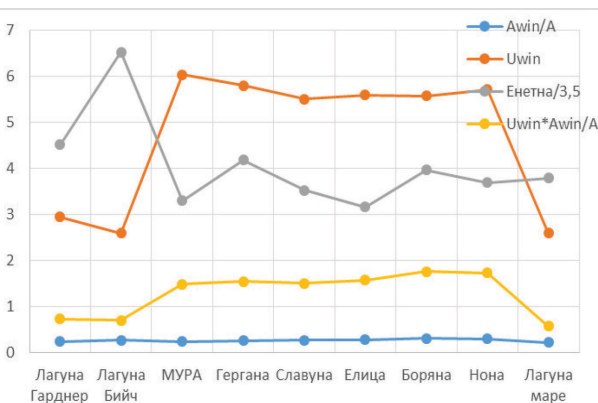
преминаване за сградите на Лагуна Бийч и Лагуна Гарнер е чувствително по-малък. Тоест фактора $X_2=U_{wall}$. A_{wall}/A при тези сгради е по-малък поради по-ниския U_{wall} .



Фиг. 1. Стойности на фактора X_2 и Y

От фиг. 2 могат да се направят аналогични изводи по отношение на дограмата. За различните сгради A_{win}/A се променя незначително. За хотели Лагуна Бийч и Лагуна Гарнер коефициентът на топлопреминаване на дограмата е значително по-нисък, поради което и фактора $X_3=H_{win}/A$ има по-малка стойност.

От получената регресионната линия се вижда че коефициентите на факторите X_2 и X_3 са отрицателни, тоест намаляването на тези фактори води до увеличаване на нетната енергия за охлаждане.



Фиг. 2. Стойности на фактора X_3 и Y

Лагуна Бийч и Лагуна Гарнер са двете сгради с най-голям процент топлоизолирани стени и подменена алуминиева дограма с единично остъкление с четирикамерна PVC с двоен стъклопакет.

При подмяна на алуминиевата дограма единични тонирани стъкла с PVC с двоен бял стъклопакет, фактора $X_6 = A_{sol,win}$ се променя незначително, поради промяна както на действителен коефициент на сумарна пропускливост на слънчева енергия при перпендикулярно лъчение $g_{gl,n}$ така и на фактор на рамката F_f

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направено е моделиране на сградите в режим на охлаждане със софтуерния продукт EAB Software HC 1.0.

Коефициентите на топлопреминаване на ограждащите елементи са значително по-големи от съответните референтни стойности.

Независимо от това всички сгради отговарят на изискванията за енергийна ефективност. Три от тях принадлежат към клас на енергопотребление А, една към клас С и всички останали към клас В.

Анализирано е влиянието на топло-физичните характеристики на ограждащите елементи. За целта е определена нетната енергия за охлаждане при отсъствие на вътрешни топлинни източници.

С помощта на регресионния анализ е получен линеен модел, имащ коефициента на детерминация $R=0,99963$, позволяващ да се оцени въздействието на отделните фактори върху нетната енергия за охлаждане.

Реализираните вече мерки, топлоизолиране на стени и подмяна на алуминиева дограма с единично стъкло с PVC двоен стъклопакет, имат отрицателен ефект и са довели до увеличаване на нетната енергия за охлаждане в съответните сгради.

REFERENCE

- [1] MRRB, Naredba №7 от 2004g за energijna efektivnost na sgradi, izm. i dop. DV br.93 ot 21 Noemvri 2017g.
- [2] Naredba № E-RD-04-2 ot 22.01.2016g za pokazatelite za razhod na energya i energijnite harakteristiki na sgradite, DV, br.10 ot 5.02.2016g., v sila ot 7.03.2016g