



Приета: 18.02.2016 г.

Преработена: 07.03.2016 г.

Одобрена: 22.04.2016 г.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ОБОБЩЕНИЯ ЗИМЕН БАЛАНС МЕЖДУ СОЛАРНИ ТОПЛИННИ ПЕЧАЛБИ И ТОПЛИННИ ЗАГУБИ ОТ ТОПЛОПРЕМИНАВАНЕ ПРИ ЕНЕРГИЙНО ЕФЕКТИВНИТЕ СГРАДИ

Ст. Иванова¹, Пл. Чобанов²

Ключови думи: слънчеви топлинни приходи, топлинни разходи, топлинни печалби и загуби, слънчева радиация, соларен фактор, пасивен слънчев дизайн

РЕЗЮМЕ

Изборът на параметрите на сградното остъкляване е от ключово значение за всяка енергийно ефективна сграда, понеже от тях зависи как ще се реализира най-важният принцип на пасивния слънчев дизайн за зимния сезон – осигуряване на превес на соларните топлинни приходи през остъклените части на сградата над топлинните разходи от топлопреминаване през сградната обвивка. Целта на настоящата публикация е да провери дали и как при условията на референтните стойности на параметрите на елементите на сградната обвивка, посочени в Наредба № 7, може да се реализира обобщеният баланс на топлинни печалби и загуби през зимния период. Подлежат на изследване процентът на остъкляване и необходимият минимален соларен фактор на сградното остъкляване като параметри, свързани с топлинните печалби от слънцегреене.

¹ Стоянка Иванова, гл. ас. д-р арх., кат. „Автоматизация на инженерния труд”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: solarja@online.bg

² Пламен Чобанов, доц. д-р инж., кат. „Строителни материали и изолации”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: chobanov_fce@uacg.bg

1. Въведение

Изборът на подходящи параметри на сградното остъкляване е от ключово значение за всяка енергийно ефективна сграда, понеже от тях зависи как ще се реализира най-важният принцип на пасивния слънчев дизайн за зимния сезон – осигуряване на превес на соларните топлинни приходи през остъклените части на сградата над топлинните разходи от топлопреминаване през останалите части на сградната обвивка.

Един важен критерий за избор на прозорец е коефициентът на топлопреминаване на прозореца U_{np} . По дефиниция [1] този коефициент [W/m^2K] показва какво количество топлина (Q) протича за единица време (секунда) на квадратен метър през един строителен елемент, ако температурната разлика между двете страни възлиза на $1\text{ }^\circ\text{C}$ (или 1 Келвин).

Друго важно понятие е коефициентът на сумарна пропускливост на слънчева енергия през прозореца [2], наричан още соларен фактор g или Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) [3, 4]. Той се определя като съотношение между сумата от директно преминалата енергия и онази част от абсорбираната от стъклото енергия, която се излъчва от остъкляването към вътрешното пространство от една страна и падащата глобална слънчева радиация от друга страна. Соларният фактор се мери в проценти и се използва за определяне на соларните печалби през прозореца.

Трети важен критерий за сградния комфорт е светлопропускливостта – TL (visual transmittance VT) на прозорците [5]. Тя също се измерва в проценти и касае преминаването на видимата светлина. Обичайно нейната стойност корелира със соларния фактор. Това е така, понеже светлината е видимата част от пълния слънчев спектър, преминаването на който през прозореца определя стойността на соларния фактор. Все пак съществуват стъкла със специални покрития, които пропускат видимата светлина и задържат само някои нежелани части от спектъра. Такива са стъклата с UV защита, които съществуват в 3 разновидности. Първата блокира малка част от тези лъчи и предлага слаба защита. Втората разновидност представлява цветно или отразяващо (рефлексно) стъкло, което блокира от 55% до 75% от UV лъчите. Третият вид е от специално изработено стъкло, което блокира до 99% от UV спектъра [6].

Има и стъкла, проектирани да задържат инфрачервената (IR) част от слънчевия спектър. Те най-успешно блокират проникването на топлината от външната среда вътре в помещенията [6] и са подходящи за горещ климат.

Нискоемисионното стъкло (Low-E) е прозрачно стъкло, което има микроскопично тънко покритие от сребърни окиси. По този начин се дава възможност на слънчевата радиация да навлиза в сградата. В същото време се блокира връщането на топлината в обратна посока навън, което намалява значително топлинните загуби. Такова стъкло има нисък коефициент за топлопреминаване U [4], подходящ за студен и умерен климат.

Сред прозорците и стъклата има и такива, които се наричат „адаптивни” [7]. Те имат променлива пропускливост, т.е. променлив соларен фактор. Той расте при ниски температури и/или ниски стойности на слънчевата радиация, за да е в състояние да осигури нужните максимални соларни печалби. При високи температури и/или високи стойности на слънчевата радиация, които са характерни за летния период, соларният фактор намалява, което блокира проникването на топлина в сградата и намалява разходите за климатизация.

Другата интересна група прозорци се наричат „умни” (smart) [8]. Те приличат на адаптивните по поведението си, но постигат резултата по някой от следните начини: електрохроматичен, газохроматичен, електрофоретичен или с течни кристали. Те се нуждаят от по-сложни системи за управление, които отчитат моментната слънчева

радиация и реагират на нея. На тях се възлагат големи надежди за ограничаване на летните слънчеви печалби и намаляване на разходите за климатизация през лятото.

2. Теоретична основа

Нека първо разгледаме начините за изчисляване на топлинните приходи и разходи през различните части на сградната обвивка през зимния период.

2.1. Топлинни приходи и разходи през прозрачни и непрозрачни повърхности

Известно е, че през остъклените сградни повърхности преминава значителна част от слънчевата радиация. Тя е толкова по-голяма, колкото е по-висок соларният им фактор. Ниската му стойност означава, че прозорецът ще задържа проникването на слънчеви лъчи в по-голяма степен.

Топлинните приходи през остъклени повърхности $Q_{\text{приходи}}$ за среден зимен ден се изчисляват по формулата:

$$Q_{\text{приходи}} = g \cdot I \cdot A_{\text{см}}, \quad (1)$$

където g е соларен фактор на прозореца [%];

I – общата среднодневна глобална радиация върху повърхността на прозореца [Wh/m²/day];

$A_{\text{см}}$ – площ на остъклената част на прозореца [m²].

Топлинните разходи от топлопреминаване през остъклени повърхности $Q_{\text{разходи}}$ за едно средно денонощие от отоплителния сезон се изчисляват по формулата:

$$Q_{\text{разходи}} = \frac{24 \cdot DD}{Nd} A_{\text{пр}} U_{\text{пр}}, \quad (2)$$

където DD са отоплителни денградуси, по таблица в Наредба № 7 [2];

Nd – брой дни на отоплителен период, по таблица в Наредба № 7 [2];

$U_{\text{пр}}$ – обобщен коефициент на топлопреминаване на прозореца [W/m²K];

$A_{\text{пр}}$ – площ на прозореца [m²].

По същия начин се изчисляват топлинните разходи от топлопреминаване и през плътните части на сградната обвивка. Топлинните приходи, предизвикани от слънчево греене върху плътните части на сградната обвивка са минимални през зимата при сравнително светъл цвят на стената и затова ще ги игнорираме.

2.2. Баланс на слънчеви приходи и топлинни разходи през остъклени повърхности

Нека разгледаме баланса на пасивните слънчеви приходи и топлинните разходи в рамките на средно зимно денонощие през отделен прозорец. За да се осигури такъв баланс и даже евентуално превес на приходите над разходите, за тях трябва да е изпълнено условието $Q_{\text{приходи}} \geq Q_{\text{разходи}}$, представено в неравенство (3):

$$g \cdot I \cdot A_{cm} \geq \frac{24 \cdot A_{np} \cdot DD \cdot U_{np}}{Nd} . \quad (3)$$

Ако приемем, че площта на прозореца A_{np} е приблизително равна на площта на остъклената му част A_{cm} , получаваме следната максимална стойност на съотношението между U_{np} и g на прозореца:

$$\frac{U_{np}}{g} \leq \frac{Nd}{24 \cdot DD} I . \quad (4)$$

Всички променливи, участващи от дясната страна на неравенство (4), показват, че това съотношение зависи от географската ширина, специфичните климатични и географски особености на района, както и от изложението на прозореца. Нека приложим тази формула за София, където $DD = 2900$, $Nd = 190$, а данните за среднодневната зимна радиация по основните изложения под незасенчено небе са:

$$I_{south} = 2227 \text{ Wh/m}^2/\text{day};$$

$$I_{east} = I_{west} = 1175 \text{ Wh/m}^2/\text{day};$$

$$I_{north} = 551 \text{ Wh/m}^2/\text{day}.$$

При тези данни за София се получават следните максимално допустими стойности на пропорцията U_{np}/g :

$$U_{np}/g \leq 6,08 \text{ за прозорец с южно изложение};$$

$$U_{np}/g \leq 3,20 \text{ за прозорец с източно и западно изложение};$$

$$U_{np}/g \leq 1,50 \text{ за прозорец със северно изложение}.$$

При текущата референтна стойност на $U_{np} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ в Наредба № 7 получаваме следните минимални стойности на соларния фактор g_{min} :

$$g_{min} = 23\% \text{ за прозорец с южно изложение};$$

$$g_{min} = 44\% \text{ за прозорец с източно и западно изложение};$$

$$g_{min} = 93\% \text{ за прозорец със северно изложение}.$$

Докато изискванията за соларен фактор над 23% и 44% за южно и източно/западно изложение са лесни за изпълнение, соларен фактор над 93% за северен прозорец е невъзможен (максималният възможен соларен фактор при единично стъкло е 85%). Това означава, че северен прозорец с $U_{np} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ не може да има баланс на слънчеви приходи (дължащи се изцяло на дифузната слънчева радиация през зимата) и топлинни разходи, независимо от соларния му фактор. Следователно за северни прозорци трябва да се избират решения с по-ниска стойност на U_{np} или да се разчита на слънчева радиация и от други изложения. Може да се определи, че за соларен фактор 70% е нужен коефициент за топлопреминаване на северния прозорец $U_{np} \leq 1,05 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Нека направим проверка със стойност на $U_{np} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. В този случай получаваме следните минимални стойности на соларния фактор по изложения:

$$g_{min} = 11,5\% \text{ за прозорец с южно изложение};$$

$$g_{min} = 22\% \text{ за прозорец с източно и западно изложение};$$

$$g_{min} = 46,5\% \text{ за прозорец със северно изложение}.$$

Изискването при северно изложение да се ползват прозорци със соларен фактор над 46,5% е лесно да се изпълни, защото съществуват такива прозорци – с троен стъклопакет и нискоемисионно стъкло.

Трябва да се има предвид, че неравенство (3) предполага, че прозорецът губи топлина с една и съща скорост през цялото зимно денонощие. Но ако се прилагат щори или други мерки за намаляване на топлинните разходи през прозорците през нощта, тогава може да се ползва прозорец и с по-ниска стойност на соларния фактор g .

Замърсяването на прозорците, както и засенчването на небосвода от други обекти намаляват среднодневните стойности на глобална слънчева радиация. Това реципрочно завишава изискванията към соларния фактор g .

При ветровито време или за ветровити райони скоростта, с която сградата излъчва топлина навън, нараства. Това важи както за плътните ѝ части, така и за остъклените [9]. Следователно в тези случаи ефективната стойност на U_{np} нараства и се завишават изискванията към g .

2.3. Баланс на слънчеви приходи и топлинни разходи през външна стена с плътни и остъклени части

Колкото повече соларният фактор на прозорците надвишава минималните изчислени по-горе стойности, толкова по-вероятно е проникващата през остъклените части на стената слънчева радиация да е в състояние да компенсира топлинните разходи и през плътните ѝ части, т.е. стената да работи енергийно сама за себе си. Нека видим при какви обстоятелства е възможно това.

Да разгледаме външни стени по основните изложения, върху които има прозорци, които заемат 10%, 20%, 30% и т.н. до 100% от площта на всяка стена, а останалата част от стената е плътна. Целта е да установим по какъв начин частта на остъкляването P и коефициентът на топлопреминаване U_{cm} на стената влияе на отношението на U_{np} към g и оттам на минималната стойност g_{\min} при фиксирана стойност на U_{np} . В този случай тръгваме от неравенството:

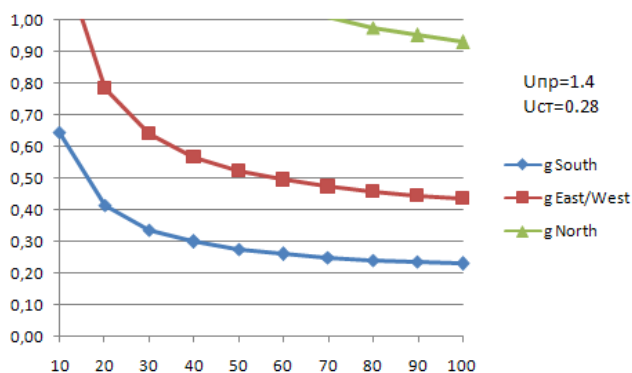
$$g \cdot I \cdot P \geq \frac{24 \cdot DD \cdot U_{np}}{Nd} \cdot P + \frac{24 \cdot DD \cdot U_{cm}}{Nd} \cdot (1 - P). \quad (5)$$

Както и преди обяснихме, в изчисленията ни не са включени топлинните приходи, предизвикани от слънчево греене върху плътните части на стената, понеже са минимални през зимата. Така след преобразуването се получава:

$$g_{\min} = \frac{24 \cdot DD}{Nd \cdot I} \cdot \left[U_{np} + U_{cm} \cdot \frac{1 - P}{P} \right]. \quad (6)$$

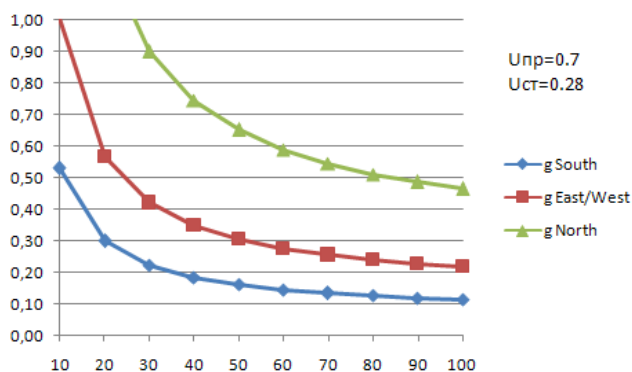
Нека приложим формула (6) към параметрите на прозорците и изложенията, които използвахме по-горе, като добавим към тях коефициент на топлопреминаване на стената $U_{cm} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$.

На фиг. 1 са показани резултатите при $U_{np} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Вижда се, че с увеличаване на процента на остъкляване P намаляват изискванията към соларния фактор g . От друга страна дори 100% остъкляване на северната стена дава невъзможно висока стойност на g_{\min} (0,93). Това означава, че при $U_{np} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ топлинните разходи през северната стена задължително трябва да бъдат компенсирани чрез соларни приходи и от другите фасади.



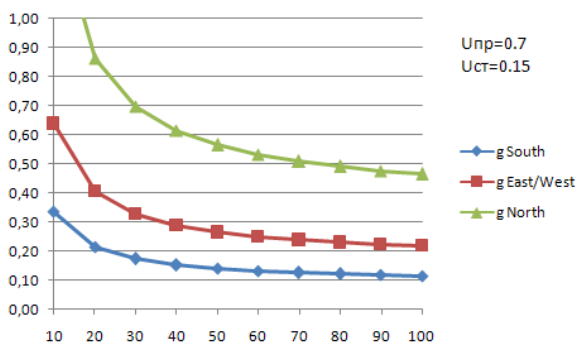
Фиг. 1. Графика на зависимостта на g_{\min} от процента остъкляване и изложението на стената при $U_{np} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ за условията на София

Да направим същия анализ при $U_{np} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Отново проличава същата тенденция – с увеличаване на процента на остъкляване да намаляват изискванията към соларния фактор g . На фиг. 2 се вижда, че в този случай получените минимални стойности на g за всички проценти остъкляване на южната фасада над 10% са реалистични. За източната и западните фасади разумни стойности на g ($\leq 70\%$) се получават при над 20% остъкляване. За северната фасада се препоръчва остъкляване от поне 50% и $g = 65\%$, за да могат соларните приходи да надхвърлят топлинните разходи през нея. Използването на щори за намаляване на нощните топлинни разходи също може да помогне, за да се ползва северен прозорец с по-ниско g .



Фиг. 2. Графика на зависимостта на g_{\min} от процента остъкляване и изложението на стената при $U_{np} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ за условията на София

Нека при стойност $U_{np} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ да намалим и стойността на U_{ct} до $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Резултатите са показани на фиг. 3. Над минималните стойности на соларния фактор g за южно, източно и западно изложение има доста резерви до приемливите $g = 35\%$ или $g = 70\%$. За северното изложение се изисква малко по-голям процент остъкляване – над 30% и в този случай соларен фактор $g = 70\%$ гарантира, че през северната стена ще навлиза достатъчно дифузна радиация, която да компенсира изцяло топлинните разходи през нея, дори и без нощно закриване на прозорците с щори. В случай, че такива бъдат ползвани, това ще доведе до желани през зимата топлинни излишъци.



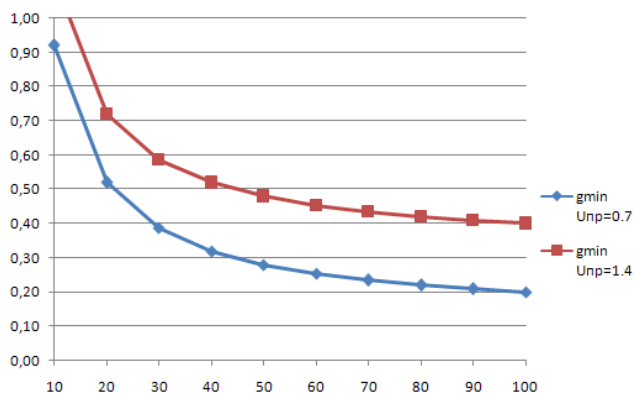
Фиг. 3. Графика на зависимостта на g_{\min} от процента остъкляване и изложението на стената при $U_{np} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ и $U_{ct} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ за условията на София

2.4. Баланс на слънчеви приходи и топлинни разходи за цялостна сградна обвивка с плътни и остъклени части

При сградите и сега е обичайно слънчевите топлинни приходи през прозорците на южната фасада да компенсират топлинните разходи през другите фасади.

Затова следващата стъпка е да проверим баланса на топлинни приходи и разходи за цяла сградна обвивка с 4 фасади с еднакви площи (т.е. сградата в план е квадрат), ориентирани по основните изложения, за да намерим еднакъв g_{\min} за всички фасадни прозорци при еднакъв процент остъкляване. Целта е сумата от слънчеви топлинни приходи през всички прозорци да компенсират сумарните топлинни разходи през всички фасади.

Резултатите от изчисленията са показани на фиг. 4. Вижда се, че получените стойности на g_{\min} са много ниски, което говори за значителните резерви в постигането на баланс. При $U_{np} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ и остъкляване от 50% до 100% стойността на g_{\min} спада от 48% до 40%. При $U_{np} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ и остъкляване от 50% до 100% стойността на g_{\min} спада от 28% до 20%. Това означава, че когато слънчевите топлинни приходи през всички фасади допринасят заедно за покриване на топлинните разходи, резултатите са най-добри.



Фиг. 4. Графика на зависимостта на g_{\min} от процента остъкляване P и U_{np} за цяла сградна обвивка в София

Резултатите показват, че квадратна в план сграда, изпълнена според настоящите изисквания на Наредба № 7 ($U_{np} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{cm} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 70\%$) при поне 25% остъкляване и при добро вътрешно разпределение на сградната топлина при климатичните и географски условия на София ще има превес на слънчевите топлинни приходи над топлинните разходи през ограждащите стени.

За сгради при други географски ширини и други климатични условия може да има разлики в изчисленията. Промяната в съотношението на размерите на сградата от квадрат на паралелепипед също може да доведе до разлика в резултатите. За сграда с дълга фасада, ориентирана на юг, топлинните резерви ще бъдат още по-големи от разгледания по-горе пример.

Понеже получените минимални стойности на соларния фактор g_{\min} като цяло са твърде ниски, очевидно при нормалните му по-високи стойности (около 65 – 70%) слънчевите приходи ще са в състояние да покрият топлинните разходи не само през фасадните стени, но и през други повърхности – покрив, под и др., както и топлинни загуби от въздухопроницаемост и температурни мостове, ако са в намалени размери.

3. Изчислителни резултати

Нека проверим зависимостите по-горе със сградна обвивка с форма на паралелепипед с размери $20 \times 10 \times 20 \text{ m}$. Нека параметрите на обвивката са: $U_{np} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{cm} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{nod} = U_{таван} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$, а соларният фактор на всички прозорци е $g = 70\%$. Ще изпълним изчисленията за остъклявания от 60% и 100%.

Числовите данни и резултатите при 60% остъкляване са илюстрирани в табл. 1.

Таблица 1. Определяне на среднодневните зимни соларни топлинни приходи и топлинни разходи за зимния сезон при 60% остъкляване,
 $U_{np} = 1,4$, $U_{cm} = 0,28$, $U_{nod} = U_{таван} = 0,25$, $g = 70\%$

Външни повърхности	Квадратура	Среднодневна соларна радиация	Соларни топлинни приходи	Топлинни разходи през прозорци	Топлинни разходи през стени
	[m ²]	[Wh/m ²]	[Wh]	[Wh]	[Wh]
южна	400	2227	374136	123082	16411
източна	200	1175	98700	61541	8205
западна	200	1175	98700	61541	8205
северна	400	551	92568	123082	16411
терен	200				12000
покрив	200				18316
Сума			664104	369246	79549

При тези параметри на сградна обвивка, отговарящи на настоящата Наредба № 7, за един среден зимен ден слънчевите топлинни приходи (664 kWh) надвишават пълните топлинни разходи от топлопреминаване през всички повърхности на сградната обвивка (449 kWh) със значителните 48%. Среднодневната топлинна печалба, която се изчислява като разлика между приходи и разходи, е $664 - 449 = 215 \text{ kWh}$, т.е. 34 kWh/m^2 за сезона.

В следващата табл. 2 са показани резултатите при 100% остъкляване.

Таблица 2. Определяне на среднодневните зимни соларни топлинни приходи и топлинни разходи за зимния сезон при 100% остъкляване и

$$U_{np} = 1,4, U_{под} = U_{таван} = 0,25, g = 70\%$$

Външни повърхности	Квадратура	Среднодневна соларна радиация	Соларни топлинни приходи	Топлинни разходи през прозорци	Топлинни разходи през стени
	[m ²]	[Wh/m ²]	[Wh]	[Wh]	[Wh]
южна	400	2227	623560	205137	0
източна	200	1175	164500	102568	0
западна	200	1175	164500	102568	0
северна	400	551	154280	205137	0
терен	200				12000
покрив	200				18316
Сума			1106840	615411	30316

При 100% остъкляване дневните слънчеви топлинни приходи (1107 kWh) надвишават пълните топлинни разходи от топлопреминаване през всички повърхности на сградната обвивка (646 kWh) с още по-сериозните 71%. Среднодневната топлинна печалба – разлика от приходи и разходи, е $1107 - 646 = 461$ kWh, което прави 73 kWh/m^2 за сезона.

Макар че в изчисленията по-горе се използват стойности на соларната радиация за условията на София под незасенчено небе, все пак дори и при значителен фактор на засенчване от 30% във всички посоки, дневните соларни приходи биха били около 775 kWh и пак остават повече от топлинните разходи от топлопреминаване през цялата сградна обвивка (646 kWh).

Друг интересен въпрос е при колко процента остъкляване при горепосочените стойности на U слънчевите топлинни приходи се изравняват с топлинните разходи. Изчисленията показват, че това става при 52% остъкляване по всички фасади.

Аналогични изчисления за стойности $U_{np} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{cm} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{под} = U_{таван} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ при $g = 70\%$ дават минимум от 10% остъкляване, а при $g = 35\%$ – минимум от 27% остъкляване, достатъчен за постигане на баланс между разглежданите топлинни приходи и разходи.

4. Изводи

Направените по-горе изчисления за зимния сезон помагат да направим следните изводи:

- Прозорци с подходящо подбрани стойности на U и g (например $U_{np} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ и $g \geq 46,5\%$) не водят до крайни топлинни загуби през тях дори при северно изложение. Прозорци с такива параметри са с троен стъклопакет с нискоемисионно стъкло.

- Стени с прозорци с параметри $U_{np} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ и $U_{cm} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ не генерират крайни топлинни загуби при по-големи проценти остъкляване. За северно изложение са достатъчни над 30% остъкляване и $g = 70\%$. При южно, източно и западно изложение необходимият процент остъкляване и достатъчният соларен фактор са по-ниски.
- Най-доброто решение е, когато всички стени с техните прозорци заедно допринасят за покриване на топлинните разходи, т.е. постъпилата в сградата слънчева топлина ефективно се разпределя в помещенията ѝ. И в този случай по-големият процент остъкляване с подходящи стойности на U_{np} и $g > g_{\min}$ води до по-добри енергийни характеристики на сградата и по-големи топлинни печалби, които ще са в състояние да покрият топлинни разходи, неспоменати тук, като например от въздухопропускливост и от температурни мостове.
- Референтните стойности на коефициентите за топлопреминаване според настоящата Наредба № 7 са достатъчни, за да се компенсират със слънчеви топлинни приходи всички топлинни загуби от топлопреминаване през сградната обвивка при процент на остъкляване над 52%.
- Подобряването на показателите U и g на елементите на сградната обвивка води до намаляване на необходимия процент на остъкляване.
- Независимо от това колко подобрени са тези показатели, остъкляване винаги е нужно, за да може слънчевата енергия, преминала през него, да покрие неизбежните топлинни загуби.

Всички тези изчисления показват силата на пасивния слънчев дизайн, благодарение на който при подходящо подбрани прозорци и остъкляване слънчевите топлинни приходи през зимата могат да надхвърлят топлинните разходи от топлопреминаване и така да се постигне и дори надхвърли желания топлинен баланс в сградата през зимата.

Ако трябва да се работи с различни проценти остъкляване за всяка фасада, можем да формираме следните заключения и насоки:

- Параметри на северната фасада: $U = 0,7$, $g = 70\%$ и остъкляване 50% гарантират баланс на топлинни печалби и загуби през зимата. През лятото през нея преминава най-ниско количество слънчева радиация.
- През летния сезон най-неблагоприятно влияние има слънчевата радиация, падаща върху източната и западната фасада. Затова е най-добре те да се проектират по-къси. Параметри $U = 0,7$, $g = 40\%$ и остъкляване 30% за тези фасади биха гарантирали достатъчно навлязла в сградата слънчева радиация, достатъчна да покрие нуждата от топлина през зимата.
- Южната фасада има най-доброто изложение за получаване на слънчева радиация през зимата и сравнително по-малко радиация през лятото заради високото слънце. Много биха помогнали и хоризонтални козирки, намаляващи влиянието на лятната слънчева радиация. Все пак дори 20% остъкляване с $g = 30\%$ биха осигурили достатъчно зимна радиация за покриване на топлинните загуби от топлопреминаване.

Аналогични изчисления могат да се направят и за лятото и да се обмислят други мерки, ограничаващи летните топлинни приходи от слънцегреене. Външните високи летни температури и по-големите стойности на лятна слънчева радиация ще могат да

бъдат блокирани по-успешно с намаляване на процента остъкляване. Проектирането на добри пасивни сгради изисква не само определянето на подходящи материали и параметрите им за сградната обвивка, но и откриването на оптимална и за летни, и за зимни условия пропорция между плътните и остъклените части.

От друга страна, през лятото на практика топлинните потоци са само в една посока – от външната по-топла околна среда към вътрешността на сградата, където трябва да се поддържа микроклимат с по-ниски температури. При това положение трябва да се избират материали с по-ниска стойност на U . При всяко положение плътната топлоизолирана стена ще пропуска в по-ниска степен топлината навътре, т.е. налице е стремеж към намаляване на остъклените части на сградната повърхност за сметка на плътните. Така в условията на континентален климат (студена зима и горещо лято) двата критични сезона зима и лято налагат противоположни тенденции по отношение на процента остъклена повърхност на сградата. При търсенето на оптималния процент остъклени части трябва да се има предвид, че макар по-голямият процент остъкляване да води до по-големи нужди от климатизация през лятото, именно в дневните часове през лятото е налична много повече произведена възобновяема енергия от слънцето, която може да реши проблема с охлаждането при нулеви въглеродни емисии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Назърски, Д.* Строителни изолации. София, 2004.
2. Наредба № 7 за енергийна ефективност на сгради – 2004, 2009, 2015.
3. Windows for high-performance commercial buildings: Solar Heat Gain Coefficient (SHGC). Available online at: <http://www.commercialwindows.org/shgc.php>
4. The Building: Как да спестим енергия през стъклата? Available online at: <http://the-building.eu/tehnologii/stroitelni-i-arhitekturni/608-kak-da-spestim-energiya-prez-staklata->
5. Energy Ratings. Available online at: <http://www.nfrc.org/WindowRatings/Energy-Ratings.html>
6. Benefits of Improving Windows. Available online at: <http://www.nfrc.org/windowratings/Benefits-of-improving-windows.html>
7. *Favoino, F., Overend, M., Jin, Q.* The optimal thermo-optical properties and energy saving potential of adaptive glazing technologies. *Applied Energy*, 2015, 156: pp. 1 – 15.
8. *Baetens, R., Jelle, B. P., Gustavsen, A.* Properties, requirements and possibilities of smart windows for dynamic daylight and solar energy control in buildings: A state-of-the-art review. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2010, 94(2): pp. 87 – 105.
9. *Muneer, T., Abodahab, N., Weir, G., Kubie, J.* Windows in Buildings – thermal, acoustic, visual and solar performance. Architectural Press. 2000.

STUDY OF THE SUMMARY WINTER BALANCE BETWEEN SOLAR HEAT GAINS AND THERMAL HEAT TRANSFER LOSSES IN ENERGY EFFICIENT BUILDINGS

St. Ivanova¹, Pl. Chobanov²

Keywords: solar heat gains, heat transfer losses, solar radiation, solar factor, passive solar design

ABSTRACT

The choice of suitable parameters of the building glazing is the key to every low energy building because they determine the most important principle of the passive solar design for winter season – the providing of enough solar heat gains through the glazed part of the façades against the heat transfer losses through the remaining solid parts of the building envelope. The purpose of this paper is to examine whether and how the reference parameters values of the elements of the building envelope in the Bulgarian national building regulations determine the summary balance of heat gains and losses during the winter period. The article considers the glazing percentage and the necessary minimum solar factor as parameters associated with the heat gains from solar radiation.

¹ Stoyanka Ivanova, Chief Asst. Prof. Dr. Arch., Dept. “Computer-Aided Engineering”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: solaria@online.bg

² Plamen Chobanov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Building Materials and Insulations”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: chobanov_fce@uacg.bg