



Приета: 10.03.2016 г.

Преработена: 24.03.2016 г.

Одобрена: 08.04.2016 г.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗАГРЯВАНЕТО НА ТОПЛОИЗОЛАЦИОНЕН СЛОЙ И ФИНИШНО ПОКРИТИЕ ЗА ETICS, ПОДЛОЖЕНИ НА СЛЪНЧЕВА РАДИАЦИЯ

Л. Хрисчев<sup>1</sup>, Ал. Алексиев<sup>2</sup>

*Ключови думи:* топлоизолация, експандиран пенополистирен, ETICS, финално покритие, слънчева радиация

### РЕЗЮМЕ

В статията са представени резултатите от експериментално изследване на загряването на топлоизолационен пласт от експандиран полистирен и финално покритие за ETICS, подложени на слънчева радиация. Изследвани са опитни образци със силиконова мазилка в различни цветове със съответната отражателна способност и различни дебелини. Установени са стойностите както на температурата по повърхността на топлоизолационния пласт под мазилката и шпакловката, така и на повърхността на самата мазилка. Формулирани са конкретни изводи по отношение на разликите в температурите на изследваните елементи на топлоизолационната система.

### 1. Въведение

При наши предишни изследвания [1] беше установено, че при изпълнението на интегрирани фасадни топлоизолационни комбинирани системи (ETICS) с тъмен цвят на мазилката, температурата на повърхността на топлоизолационния слой може да достигне до 80 – 82 °С. Беше установено също, че съществува силна зависимост между стойността на слънчевата радиация и температурата на повърхността на топлоизолационен слой от експандиран полистирен [2].

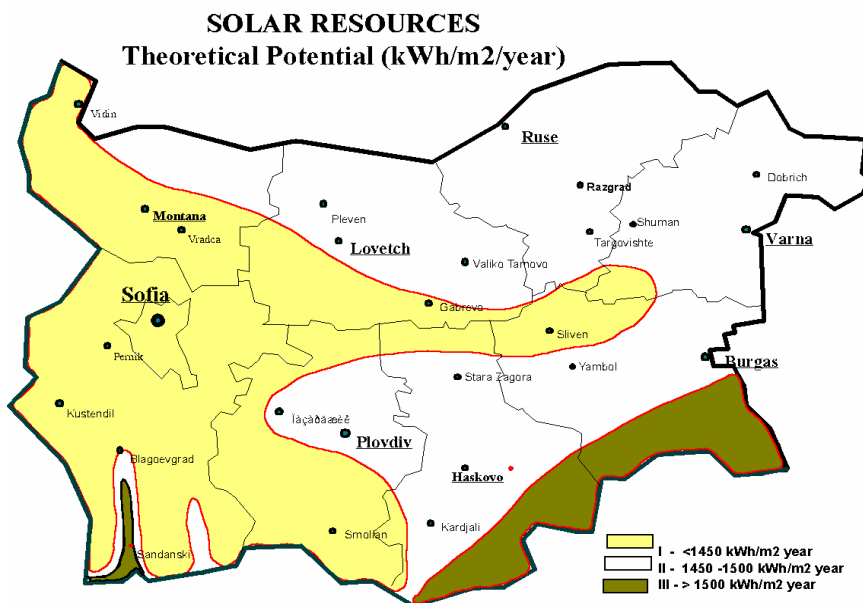
---

<sup>1</sup> Лъчезар Хрисчев, доц. д-р инж., ВСУ „Л. Каравелов”, ул. „Суходолска“ № 175, 1373 София, e-mail: l.hrishev@abv.bg

<sup>2</sup> Александър Алексиев, инж. докторант, ВСУ „Л. Каравелов”, ул. „Суходолска“ № 175, 1373 София, e-mail: alaleksiev@abv.bg

Следва да се има предвид обаче, че изследванията са извършвани през месеците август и септември, които не винаги се характеризират с най-високи стойности както на слънчевата радиация, така и на температурата. От друга страна, съществено влияние върху стойностите на сумарната слънчева радиация оказва изложението на сградата. В условията на градски части със сключено застрояване (известни като „градски уличен каньон“) влияние оказва съотношението между неговата височина и ширината му, както и посоката на ориентиране на оста на „каньона“. Изследвания в областта показват, че при условията на градски уличен каньон, по-равномерни количества радиация получават източните и западните фасади [3].

Влияние върху количеството слънчева радиация оказва и местоположението на сградата. От представената на фиг. 1 карта на глобалната хоризонтална слънчева радиация за територията на Р България е видно, че най-високи стойности са характерни за югоизточните и югозападните райони на страната.



Фиг. 1. Стойности на средната годишна сума на слънчевата радиация за България [4]

Изложението показва, че върху загряването на ETICS влияние оказват редица фактори, които е необходимо да се вземат предвид при проектирането на топлоизолационните системи.

От друга страна следва да се спазват и препоръките, дадени в ETAG 004 [5], където е посочено, че с цел недопускане на компрометиране на системата, максималната температура на повърхността на ETICS не трябва да надвишава 80 °C.

## 2. Методика на експерименталното изследване

Изследването е реализирано с използване на опитната постановка, представена в [1]. Опитните образци са изработени на база на топлоизолационна система, състояща се от следните елементи (слоеве): топлоизолационен слой с дебелина 5 cm; шпакловка със стъклофибърна мрежа; грунд и силиконова мазилка в три различни цвята и различни

дебелини – 1,5, 2,0 и 3,0 mm, означени в представените по-долу резултати с  $d1$ ,  $d2$  и съответно  $d3$ . Отражателната способност  $a$  е както следва: за цвят № 3009 (бял) –  $a = 87\%$ ; за цвят № 3145 (бежов) –  $a = 46\%$ ; за цвят № 3389 (тъмнокафяв) –  $a = 11\%$ . Дебелината на шпакловката и интегрираната стъклофибърна мрежа е средно 3,5 mm. Изработен е стенд за провеждане на експериментите с 9 клетки за опитните образци (фиг. 1). В опитните образци променливите параметри са  $d$  [mm] – дебелина на мазилката заедно с шпакловката и стъклофибърната мрежа,  $a$  [%] – отражателната способност на мазилката и вида на мазилката. Стендът е поставен под  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  с наклон спрямо хоризонталната повърхност и ориентиран на юг.

За измерването на температурата на повърхността на топлоизолационния слой са използвани датчици за измерване на температури: термодвойки и термистори. Във всяка клетка са монтирани в горната част на топлоизолационния пласт по 3 датчика (термистора). За измерване на съпротивлението в тях се използва Мултицет AugSun. Получените резултати се тарират и превръщат в градуси.

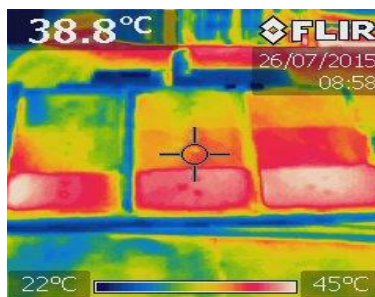
Освен температурата на повърхността на топлоизолационния (ТИ) слой, също така са извършвани измервания на температурата на въздуха на слънце, температурата на въздуха на сянка и температурата на повърхността на мазилките с различен цвят (респективно различна отражателна способност).

Температурата на въздуха е измервана чрез два термометъра – поставени на слънце и сянка на височина  $h = 1\text{ m}$ , а температурата на повърхността на мазилката е измервана чрез инфрачервена термография (с използване на термокамера Flir i7).

Общ вид на опитния образец е представен на фиг. 2, а на фиг. 3 е представена термографска снимка, направена по време на изследването.



Фиг. 1. Общ вид на опитния образец



Фиг. 2. Термографска снимка на опитния образец

### 3. Експериментални резултати

Измервания са извършвани пет дни през месец юли, характеризиращи се с високи дневни температури – 08.07.2015 г., 12.07.2015 г., 18.07.2015 г., 19.07.2015 г. и 23.07.2015 г. В три от дните (на 08.07.2015 г., 12.07.2015 г. и 19.07.2015 г.) са извършени измервания за определяне на температурите на всеки час в интервала от 10.00 ч. до 18.00 ч. Вследствие установените резултати, показващи най-високи температури в интервала от 11:00 ч. до 15:00 ч, са извършени и две съкратени измервания – в интервала от 11:00 ч. до 15:00 ч. (на 18.07.2015 г. и 23.07.2015 г.).

В настоящата статия са представени таблично и графично част от получените при изследването резултати. В табл. 1 са дадени стойностите на температурата на въздуха, на

повърхността на топлоизолационния слой под мазилките с различна отражателна способност и с различна дебелина, измерени на 12.07.2015 г. В табл. 2 са дадени измерените температури на повърхността на мазилките с различна отражателна способност и с различна дебелина в същите часове и в същия ден.

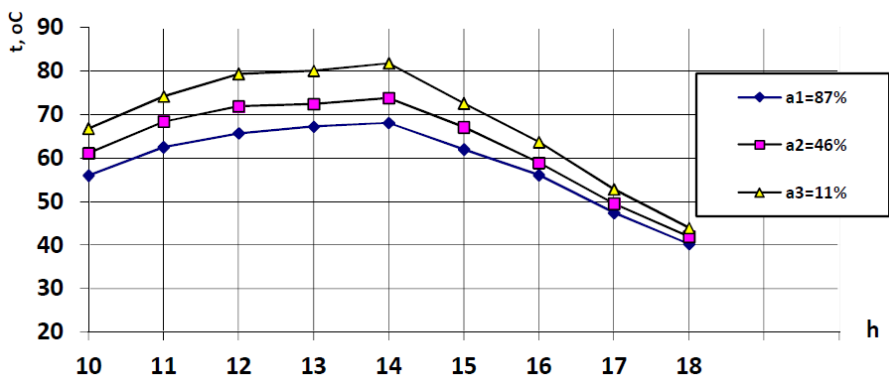
На базата на измерените стойности, на фиг. 3, фиг. 4, фиг. 5 и фиг. 6 са представени графики, изобразяващи изменението на температурата на повърхността на топлоизолационния слой под мазилките, а също и на самите мазилки, отличаващи се с различна дебелина и различна отражателна способност. Фиг. 3 и фиг. 4 се отнасят до измерванията, извършени на 19 юли, а фиг. 5 и фиг. 6 се отнасят до измерванията, извършени на 23 юли.

**Таблица 1. Измерени температури на повърхността на ТИ слой и на въздуха при мазилки с различна отражателна способност и с различна дебелина (12.07.2015 г.)**

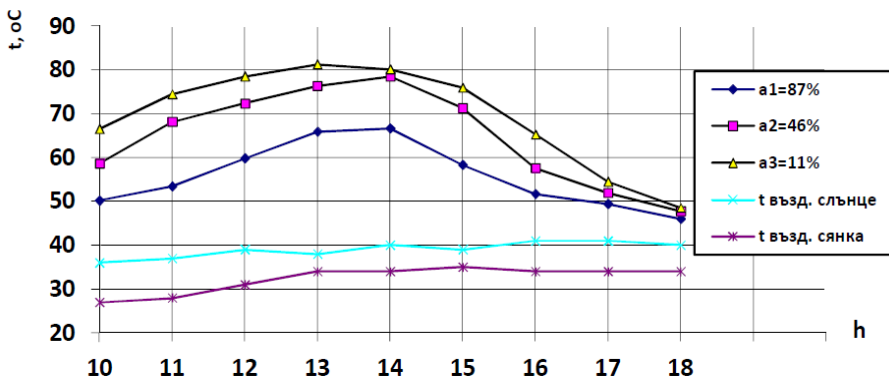
Час	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Забележка									
Температура (в °С) на сянка	27,0	28,0	31,0	34,0	34,0	35,0	34,0	34,0	34,0
Температура (в °С) на слънце	36,0	37,0	39,0	38,0	40,0	39,0	41,0	41,0	40,0
Температура на повърхн. на ТИ слой при мазилка с:									
Бял цвят ( $a1 = 87\% - d3$ )	50,15	53,45	59,82	65,93	66,63	58,31	51,67	49,44	46,00
Бял цвят ( $a1 = 87\% - d2$ )	53,39	56,95	63,23	68,83	68,40	61,94	52,28	49,99	45,67
Бял цвят ( $a1 = 87\% - d1$ )	52,1	60,1	65,8	70,8	74,48	64,51	52,62	50,48	46,20
Бежов цвят ( $a1 = 46\% - d3$ )	57,23	66,14	71,93	74,72	74,72	67,31	57,24	51,55	46,65
Бежов цвят ( $a2 = 46\% - d2$ )	54,27	64,82	70,68	74,50	74,62	67,75	55,32	51,21	46,64
Бежов цвят ( $a3 = 46\% - d1$ )	58,63	68,06	72,26	76,30	78,36	71,21	57,58	51,90	47,7
Кафяв цвят ( $a3 = 11\% - d3$ )	61,82	70,74	75,27	78,52	78,74	72,52	61,80	52,52	47,39
Кафяв цвят ( $a3 = 11\% - d2$ )	66,47	74,44	78,54	81,23	80,06	75,94	65,17	54,51	48,47
Кафяв цвят ( $a3 = 11\% - d1$ )	71,11	77,54	82,16	82,94	84,30	78,93	70,34	60,21	49,59

**Таблица 2. Измерени температури на повърхността на мазилки с различна отражателна способност и с различна дебелина (12.07.2015 г.)**

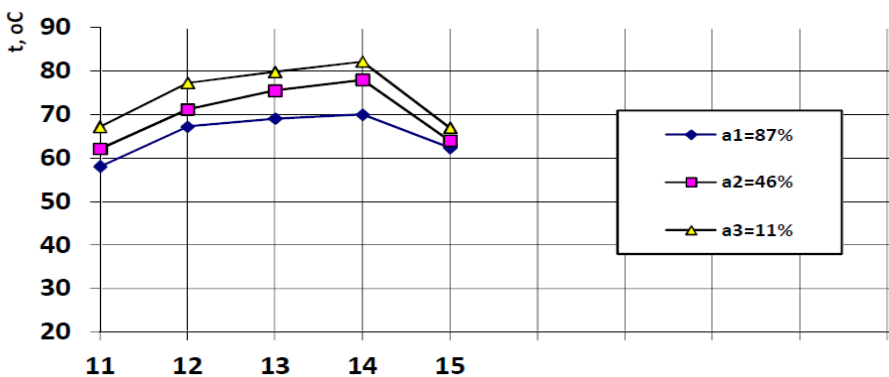
Час	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Температура на повърхността на мазилката при мазилка с:									
Бял цвят ( $a1 = 87\% - d3$ )	52,3	58,5	61,7	62,8	65,6	58,2	52	45,7	38,9
Бял цвят ( $a1 = 87\% - d2$ )	53,0	60,1	62,8	64,3	66,6	60,5	53,5	45,8	49,0
Бял цвят ( $a1 = 87\% - d1$ )	55,5	61,9	64,8	66,7	68,6	61,5	54,2	45,8	40,0
Бежов цвят ( $a2 = 46\% - d3$ )	56,1	63,1	79,4	64,6	69,1	61,0	54,2	47,4	39,8
Бежов цвят ( $a2 = 46\% - d2$ )	58,4	66,6	66,7	703	72,8	64,6	56,6	48,4	40,7
Бежов цвят ( $a2 = 46\% - d1$ )	61,1	68,4	69,2	72,4	73,8	67,1	58,9	49,1	41,9
Кафяв цвят ( $a3 = 11\% - d3$ )	57,5	68,9	73,9	74,7	78,1	69,7	61,3	51,7	43,7
Кафяв цвят ( $a3 = 11\% - d2$ )	65,6	72,7	73,5	76,3	80,2	71,3	63,5	52,2	43,3
Кафяв цвят ( $a3 = 11\% - d1$ )	66,8	74,2	76,7	80,1	81,8	72,6	63,7	52,8	43,9



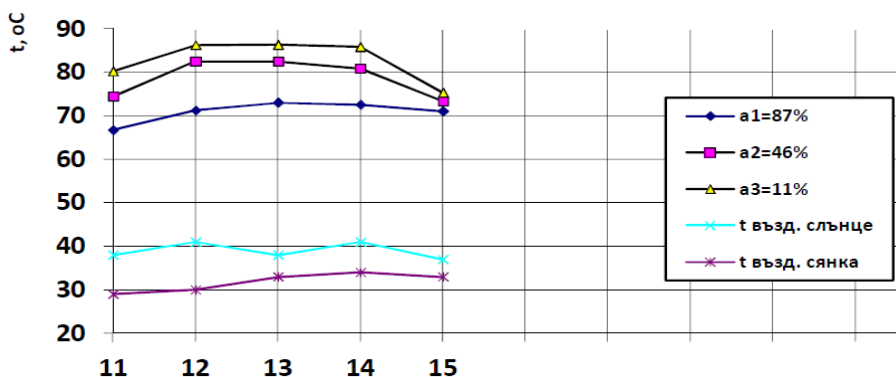
Фиг. 3. Изменение на температурата на мазилки с различна отражателна способност и с дебелина  $d1$  (19.07.2015 г.)



Фиг. 4. Изменение на температурата на повърхността на ГИ слой и на въздуха при мазилки с различна отражателна способност и с дебелина  $d1$  (19.07.2015 г.)



Фиг. 5. Изменение на температурата на мазилки с различна отражателна способност и с дебелина  $d1$  (23.07.2015 г.)



Фиг. 6. Изменение на температурата на повърхността на ТИ слой и на въздуха при мазилки с различна отразителна способност и с дебелина  $d1$  (23.07.2015 г.)

От извършените измервания е установено, че като цяло най-високи температури както на повърхността на мазилката, така и на повърхността на топлоизолационния слой се наблюдават в периода от 12:00 до 14:00 ч. Именно тези часове се характеризират с най-висока стойност на слънчевата радиация. При извършваните изследвания най-високата измерена температура на повърхността на повърхностния слой от полистирен беше 86,3 °C, което на практика е установената температура, при която в полистирена настъпват физико-химични изменения. Те се изразяват в намаляване на масата вследствие на самоокисление на въздуха с образуване на пероксиди [6]. Следва също да се отбележи, че тази температура практически беше отчетена при две последователни измервания, което означава, че топлоизолационният пласт е бил подложен на нейното действие за сравнително дълъг период от време.

Влияние върху температурата на повърхността на мазилката оказва и наличието на вятър. Така например, на 19.07 след 14:00 ч. бе констатирано наличието на вятър, който по официални данни е със скорост 2,6 m/s. В резултат на това, след 14:00 ч. се наблюдава интензивно понижаване на температурите на повърхността на мазилката (фиг. 3). В същото време обаче, температурата на повърхността на топлоизолационния слой не се понижава със същата интензивност.

Извършените измервания, а също и представените по-горе таблично и графично резултати, показват, че температурата на повърхността на ТИ слой като цяло е по-висока от температурата на повърхността на мазилката. Констатацията се отнася както за мазилките с по-светли цветове, така и за мазилката с по-тъмен цвят. За мазилките с различна дебелина и различен цвят температурата на повърхността на ТИ слой е с до 6 – 7 °C по-висока от температурата на повърхността на самата мазилка. Това означава, че в зоната на мазилката и шпакловката се задържа (акмулира) допълнително количество топлина, което би могло да окаже негативно влияние върху повърхността на топлоизолационния слой от полистирен.

Анализирането на резултатите показва, че мазилките с различна едрина на зърното (респ. различна дебелина) водят до различна температура на повърхността на ТИ слой. Характерно е, че най-високи стойности на повърхността на топлоизолацията са констатирани при мазилките с най-малка дебелина. Така например, най-висока температура на повърхността на ТИ слой се наблюдава под мазилката с дебелина  $d1$  (най-малката използвана в изследването дебелина), а най-висока се наблюдава под мазилката с

дебелина  $d_3$  (най-голямата – използвана в изследването дебелина). Разликите в температурите на повърхността на ТИ слой при мазилки с различна дебелина достигат до 8 – 9 °С.

## 5. Изводи

В резултат на проведените изследвания и анализи могат да се направят следните основни изводи:

1. Задържането (акумулирането) на допълнително количество топлина в зоната на финишната мазилка и шпакловка води до по-висока температура на повърхността на топлоизолационния слой, отколкото на повърхността на мазилката.

2. Мазилките с различна едрина на зърното (респективно с различна дебелина) водят до различна температура на повърхността на ТИ слой. По-висока температура на повърхността на ТИ слой се наблюдава под мазилката с по-малка дебелина.

3. В часове с максимална стойност на слънчевата радиация получените максимални стойности на температурата на повърхността на мазилката надвишават максималната температура съгласно ETAG 004 (80 °С).

4. Предвид получените максимални стойности на нагряване на топлоизолационния слой от порядъка на 86,3 °С съществува възможност той да промени своите характеристики.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Алексиев, А., Лазов, А., Хрисчев, Л.* Експериментално изследване на загряването на топлоизолационен пласт от експандиран полистирен, подложен на слънчева радиация под различни крайни покрития, Първа научно-приложна конференция с международно участие „Управление на проекти в строителството“ (УПС), УАСГ, София, 2014.
- [2] *Алексиев, А., Хрисчев, Л.* Влияние на слънчевата радиация върху температурата на повърхността на топлоизолационен слой от експандиран полистирен, МНК ВСУ'2015, 2015.
- [3] *Иванова, С., Чобанов, П.* Вариантно изследване на сезонната вертикална ослънченост за различни типове градски улични каньони, VII Международна научна конференция „Архитектура, строителство, съвременност“, Варна, 2015.
- [4] Национална дългосрочна програма за насърчаване използването на възобновяемите енергийни източници 2005 – 2015 г., Агенция за енергийна ефективност, 2005.
- [5] *EOTA.* ETAG 004 Guideline for European technical approval of external thermal insulation composite systems (ETICS) with rendering”, 2014.
- [6] *Mark, James E.* Polymer Data Handbook (2<sup>nd</sup> Edition), Oxford University Press, 2009.

# EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HEATING ON THERMAL INSULATION LAYER AND FINISHING COAT IN ETICS SUBJECTED TO SOLAR RADIATION

L. Hrishev<sup>1</sup>, Al. Aleksiev<sup>2</sup>

*Keywords: heat insulation, expanded polystyrene, ETICS, finishing coating, solar radiation*

## ABSTRACT

This paper presents the results of experimental investigation of temperature increase at heat insulating layers of expanded polystyrene and top covering of ETICS under the influence of solar radiation. Test samples are made from silicone finishing coats, in colors with different reflectivity and with different thicknesses. The values of the temperature on the surface of the insulating layer under render coatings, as well as on the top covering surface, are established. Conclusions about the differences in temperatures of the investigated samples of the ETICS are formulated.

---

<sup>1</sup> Lachezar Hrishev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. "Technology and Construction Management", VSU "L. Kkaravelov", 175 Suhodolska St., Sofia 1373, e-mail: l.hrishev@abv.bg

<sup>2</sup> Aleksandar Aleksiev, Eng., PhD student, Dept. "Technology and Construction Management", VSU "L. Karavelov", 175 Suhodolska St., Sofia 1373, e-mail: alaleksiev@abv.bg