

Превод от английски език

Сравнителна оценка на отразяващата изолация  
Aluthermo Quattro® в симулирани покривни  
пространства



**Доклад № CIM 199/r1**  
**Юни 2008**

Център за управление на инфраструктурата,  
Университет Шефилд Халам,  
Сити Кампус, Хауърд Стрийт, Шефилд S1 1WB.  
Телефон 0114 225 3339  
Факс 0114 225 4546  
Web [www.shu.ac.uk/cim](http://www.shu.ac.uk/cim)

Ревизия	Дата	Вътр.№	Бележка
0	10/06/08	СИМ 199	Проект на доклад издаден на клиента
1	16/06/08	СИМ 199	Окончателен доклад предаден на клиента с минимални модификации на текста

Този доклад е изготвен от името на СИМ. Получавайки доклада и действайки по него, клиентът или всяко трето лице, което разчита на него - приема, че никое физическо лице не носи лична отговорност по договор, деликт или нарушение на законово задължение (включително небрежност).

Център за управление на инфраструктурата, Университет Шефилд Халам, Сити Кампус, Хауърд Стрийт, Шефилд S1 1WB. Телефон 0114 225 3339 Факс 0114 225 4546 Web [www.shu.ac.uk/cim](http://www.shu.ac.uk/cim)

<b>Резюме.....</b>	<b>2</b>
<b>1 Цел.....</b>	<b>3</b>
<b>2 Път за достигане.....</b>	<b>3</b>
<b>3 Програма на теста.....</b>	<b>3</b>
<b>4 Методология.....</b>	<b>3</b>
4.1 Корпус.....	3
4.2 Термодвойки.....	4
4.3 Отоплително оборудване.....	5
4.4 Оборудване за регистрация на данни.....	6
<b>5 Резултати.....</b>	<b>6</b>
5.1 Влияние на изолационните материали върху вътрешната температура.....	6
5.2 Анализ на данните.....	9
5.3 Дискусия.....	10
<b>6 Заключение.....</b>	<b>12</b>

## Резюме

Центърът за управление на инфраструктурата (СІМ) в университета в Шефилд Халам беше потърсен от Aluthermo, Белгия, поради липса на стандартен тест за топлопроводимост на топлоотразяващи изоланти, за оценка на изолационните характеристики на Aluthermo Quattro® спрямо 200 мм минерална стъклена вата в изградено по поръчка покривно пространство при екстремни зимни температури.

Тестовите бяха проведени в заграждение, възпроизвеждащо незаето пространство на покрив, поставено в камера с контролирана температура.. Целта на изпитването беше да се поддържа температура от 21°C в заграждението, докато външната целева температура варира между -5°C и +5°C на стъпки от 5°C. Покривният корпус е изолиран в съответствие със стандартните процедури за съответните материали.. Шест термодвойки бяха поставени в заграждението, две в основата, две на средна височина върху гредите и две на върха на покрива.. Три термодвойки също бяха използвани за измерване на външната температура. Точкови керамичните нагреватели бяха използвани за осигуряване на топлина вътре в корпуса като във всеки корпус беше разположен термостат за управление на нагревателите.. За запис на температурите в корпуса беше използван регистратор на данни, а еднофазен жилищен измервателен уред регистрираше консумираната енергия за отопление на корпуса през периодите на наблюдение. Всеки изолационен материал бе наблюдаван в продължение на два дни за всяко увеличение на температурата.

Количеството на явната специфична топлина, необходимо за поддържане на вътрешната целева температура (21°C), вземайки предвид разликите във вътрешните и външните измерени температури и обемът на нагрятото въздушно пространство, беше определяно за всички изпитвания. Резултатите показаха, че изолацията на Aluthermo Quattro® поддържа доста последователни показатели при всички тестове и изисква по-ниска явна специфична топлинна мощност за всички стъпки на изпитване (-5, 0, +5°C). Aluthermo Quattro® се оказа 24,2%, 15,1% и 0,3% по-ефективен от Стъклена вата при -5°C, 0°C и +5°C съответно за външни температури за период от 40 часа. Ефективната термична устойчивост на Aluthermo Quattro® в този сравнителен тест, макар и да не се измерва или изчислява директно, се счита за най -малко равна на термичното съпротивление на стъклената вата (4,5 m<sup>2</sup>K/W) в резултат на наблюдаваните относителни характеристики проучване.

## 1 Цел

Целта на теста беше да се направи сравнителна оценка на топлоотразяващата изолация Aluthermo Quattro® спрямо стандартната изолация от стъклена вата чрез провеждане на тестове върху умалена изолационна покривна конструкция, изложена на контролирани зимни температури.

## 2 Път за достигане

Изградено по поръчка заграждение, възпроизвеждащо покривна кухня, беше изолирано с конвенционална стъклена вата и впоследствие с термоотразяващата изолация Aluthermo Quattro®, за да се направи сравнение между техните характеристики. Корпусът се нагряваше с точков керамичен нагревател и се следеше енергията, необходима за поддържане на целевата температура от 21°C. В допълнение, корпусът беше оборудван с термодвойки за наблюдение както на вътрешните, така и на външните температури. Данните бяха анализирани, за да се предоставят характеристики за представянето на двете изолационни системи в периода на наблюдение..

## 3 Програма на теста

Програмата на теста беше проведена, както следва:

- a) Планиране и уточняване на програмата на теста
- b) Проектиране и изработка на тестовия корпус
- c) Калибровка на термодвойките
- d) Настройка на оборудването за събиране на данни
- e) Събиране и навързване на данните
- f) Анализ на данните
- g) Окончателен доклад

## 4 Методология

### 4.1 Корпус

Един корпус беше използван за оценка на сравнителните характеристики на Aluthermo Quattro® спрямо конвенционалната изолация от стъклена вата. Корпусът е изграден от дървени елементи (фиг. 1) и е поставен върху 100 мм полистиролова основа, за да се предотврати загубата на топлина към земята. Площта на плана беше около 1,77 m x 1,77 m с височина около 1,2 m.

Изолационните материали са поставени в съответствие със стандартните процедури. По отношение на фиг. 2, стъклената вата с дебелина 100 мм е поставена между гредите (приблизително 100 x 46 мм напречно сечение) с допълнителен слой от 100 мм, поставен под прав ъгъл над горната част на гредите (обща дебелина 200 мм, фиг. 3). Между изолацията и външните MDF плоскости се поддържаше въздушна междина, широка приблизително 40 мм. Същият покрив е използван за наблюдение на работата на Aluthermo Quattro®. Както е показано на фигура 4 изолацията Aluthermo Quattro® е обвита върху външната повърхност на гредите.



Фиг. 1 Покривна конструкция върху полистиролова основа



Фиг. 2 Изображение отвътре, показващо стъклена вата поставена върху гредите



Фиг. 3 Стъклена вата приложена върху греди



Фиг. 4 Aluthermo Quattro® приложен върху греди

За Aluthermo Quattro® са използвани два типа техники на свързване, както е показано на Фигура 5. Тип А са вертикални фуги, където Aluthermo Quattro® е залепен с помощта на алуминиева лента. Съединението от тип В е хоризонтално, а изолацията се припокрива със 100 мм и се съединява с алуминиева лента. Между изолацията и външните MDF плоскости се поддържа въздушна междина от приблизително 40 мм. Корпусът е разположен в камера с контролирана температура с околна среда със зададена температура между  $-5^{\circ}\text{C}$  и  $+5^{\circ}\text{C}$  на стъпки от  $5^{\circ}\text{C}$  за приблизително два дни на стъпка

(фиг.

6). Същото оборудване е използвано за наблюдение на работата на двата изолатора (раздел 4.2-4.4)

#### **4.2 Термодвойки**

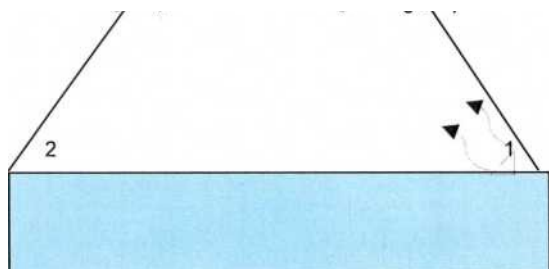
За измерване на вътрешните и външните температури бяха използвани общо девет термодвойки (тип Т). Всички термодвойки бяха калибрирани преди нанасяне. Приблизителните местоположения на термодвойките са показани на фиг. 7. Две термодвойки бяха поставени вътрешно в основата на покрива (обозначени с 1 и 2), още две термодвойки бяха поставени вътрешно върху гредите на средна височина (обозначени с 3 и 4) и две бяха разположени вътрешно в върха на покрива (обозначени с 5 и 6), както е показано на фигура 7.

Външната температура се наблюдава от три термодвойки, разположени на средна височина в центъра на трите повърхности на покрива (обозначени с 7, 8 и 9, фиг. 7).

П

### Ключ:

- 1,2 Термодвойки в основата на покрива
- 3, 4 Термодвойки в средната височина на покрива
- 5, 6 Термодвойки на върха на покрива
- 7, 8, 9 Термодвойки за външна (на камерата) температура



100мм полистиренова основа

Термостат

(не е в мащаб)

Фиг. 7 Местоположение на термодвойките, термостата и отоплителите

### 4.3 Отоплително оборудване

Корпусът е снабден с керамичен нагревател (модел HSE 1500, фиг. 8). Това е 1.5kW излъчващ топлинен източник с размери 340 x 210x x 210 мм. Нагревателят има зададена точка от 21°C и се управлява от термостат, прикрепен вътрешно към централните греди, както е показано на фиг.8.



Фиг. 8 Разположение на керамичния отоплител

#### **4.4 Оборудване за регистриране на данни**

Оборудването за регистриране на данни е показано на фиг. 9 и 10. Консумираната енергия от нагревателя се наблюдава от еднофазен жилищен измервателен уред (фиг. 9) и се записва използването в кВтч. Температурата при термодвойките (фиг. 6) се наблюдава на 10 -минутни интервали от устройство за автоматично регистриране (Datataker DT615 и модул за разширяване на канала), както е показано на фиг. 10. Съхраняваните данни се изтеглят в края на всеки тест (приблизително всеки два дни) за анализ.

Фиг. 9 Измервател на консумираната енергия

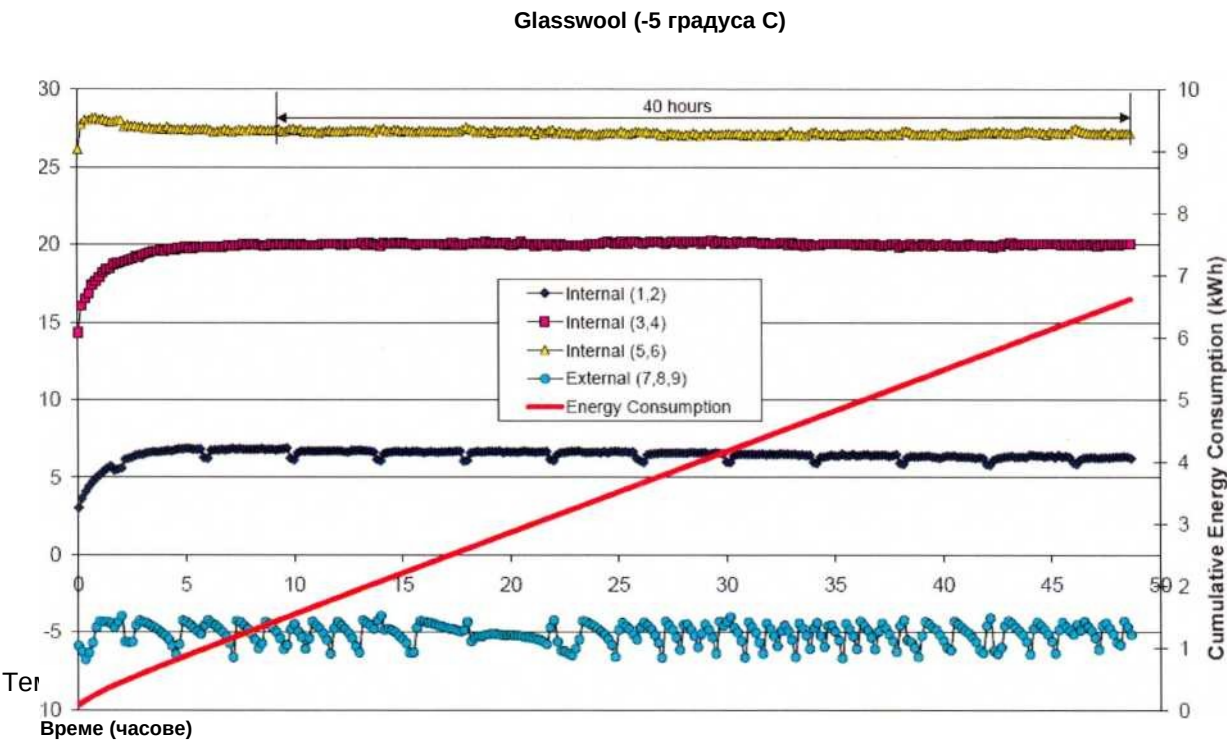
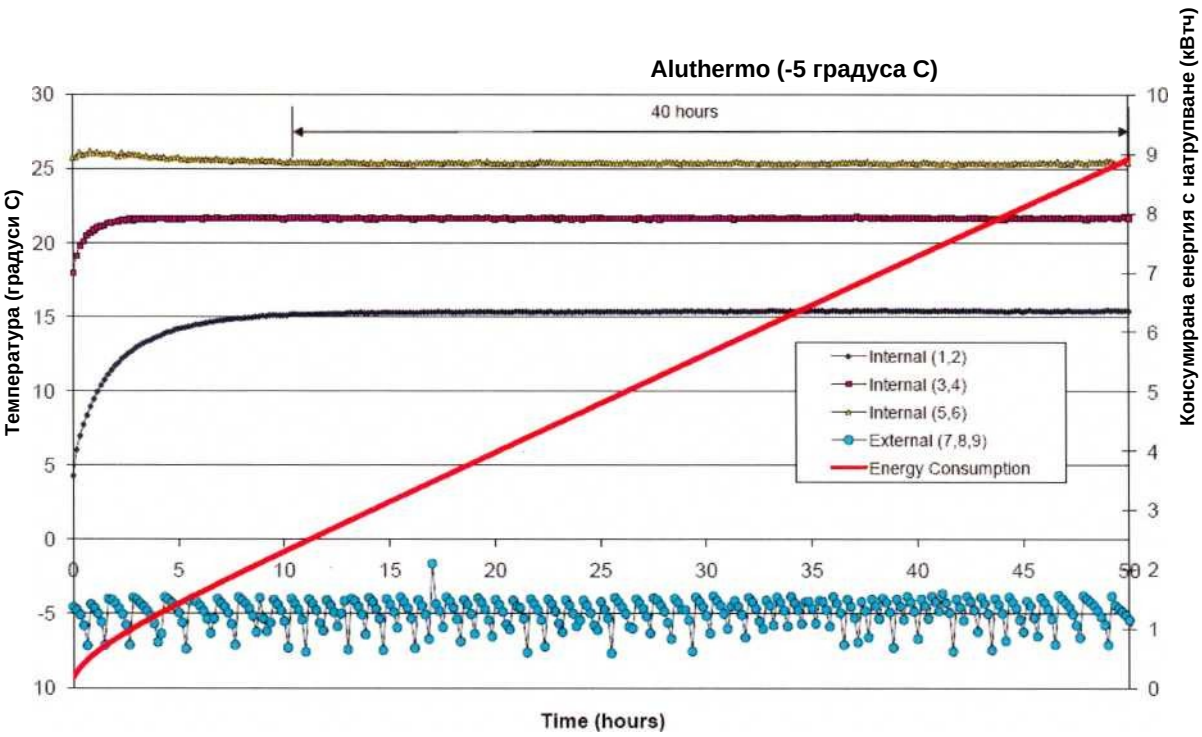
Фиг. 10 Регистратор на данни (отдолу) и разширителен модул (горе)

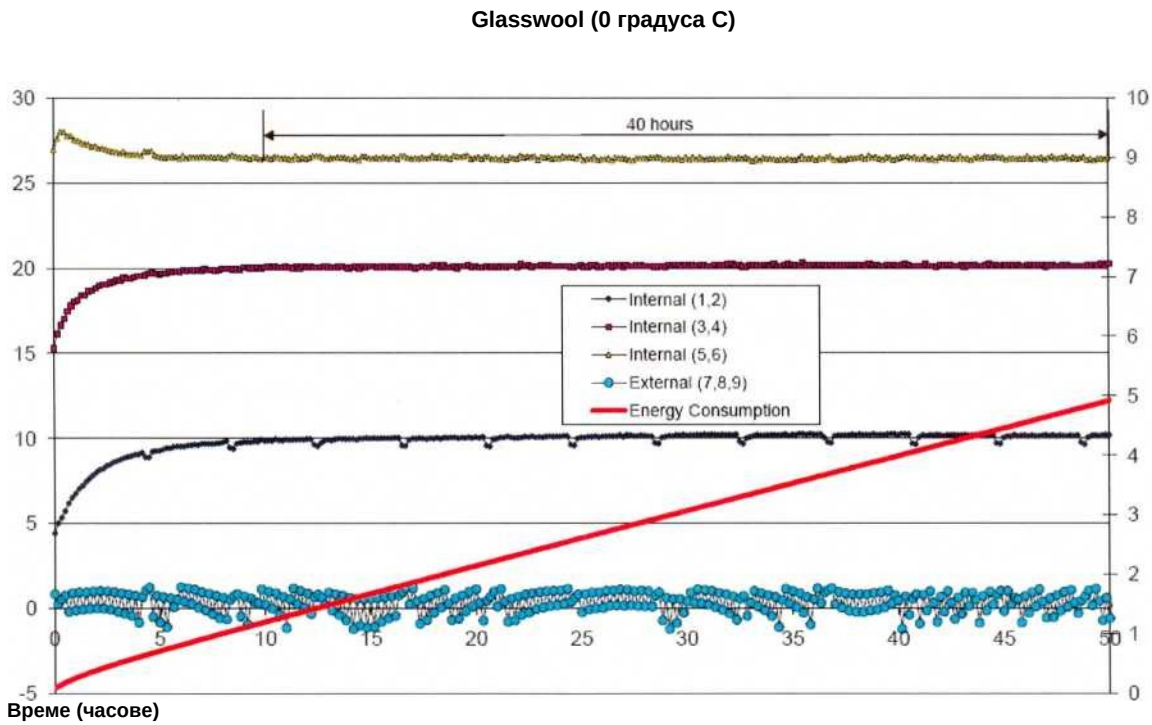
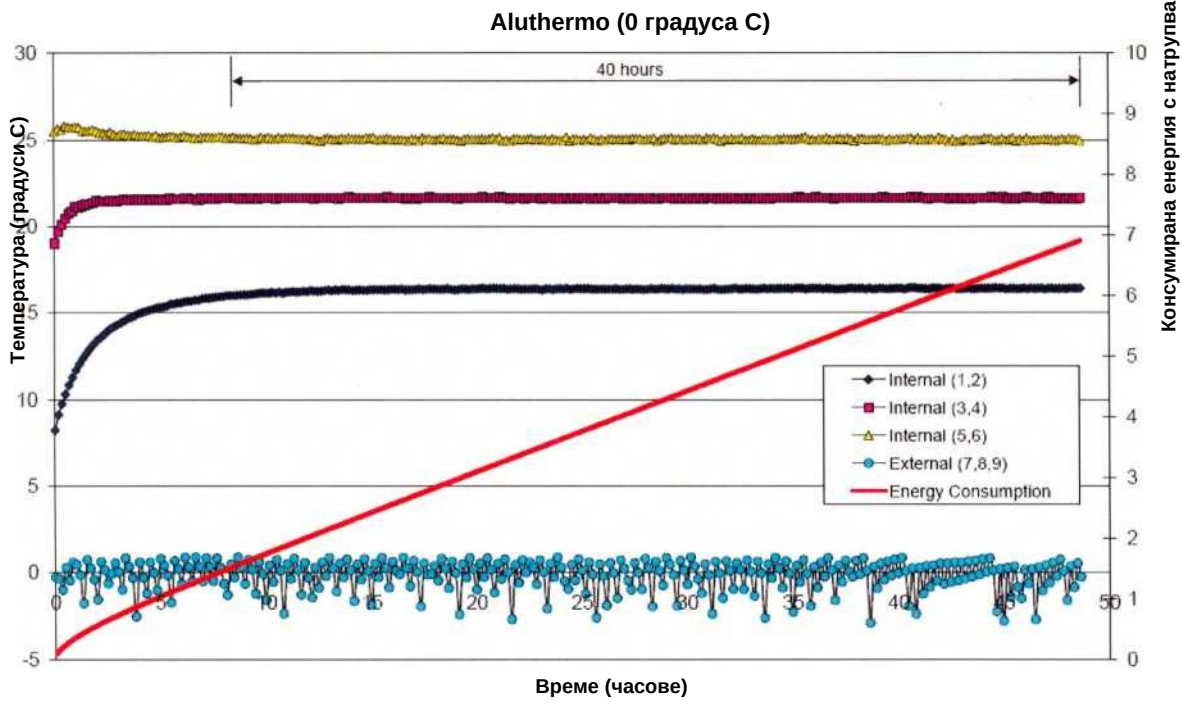
## **5 Резултати**

### **5.1 Влияние на изолиращите материали върху вътрешната температура**

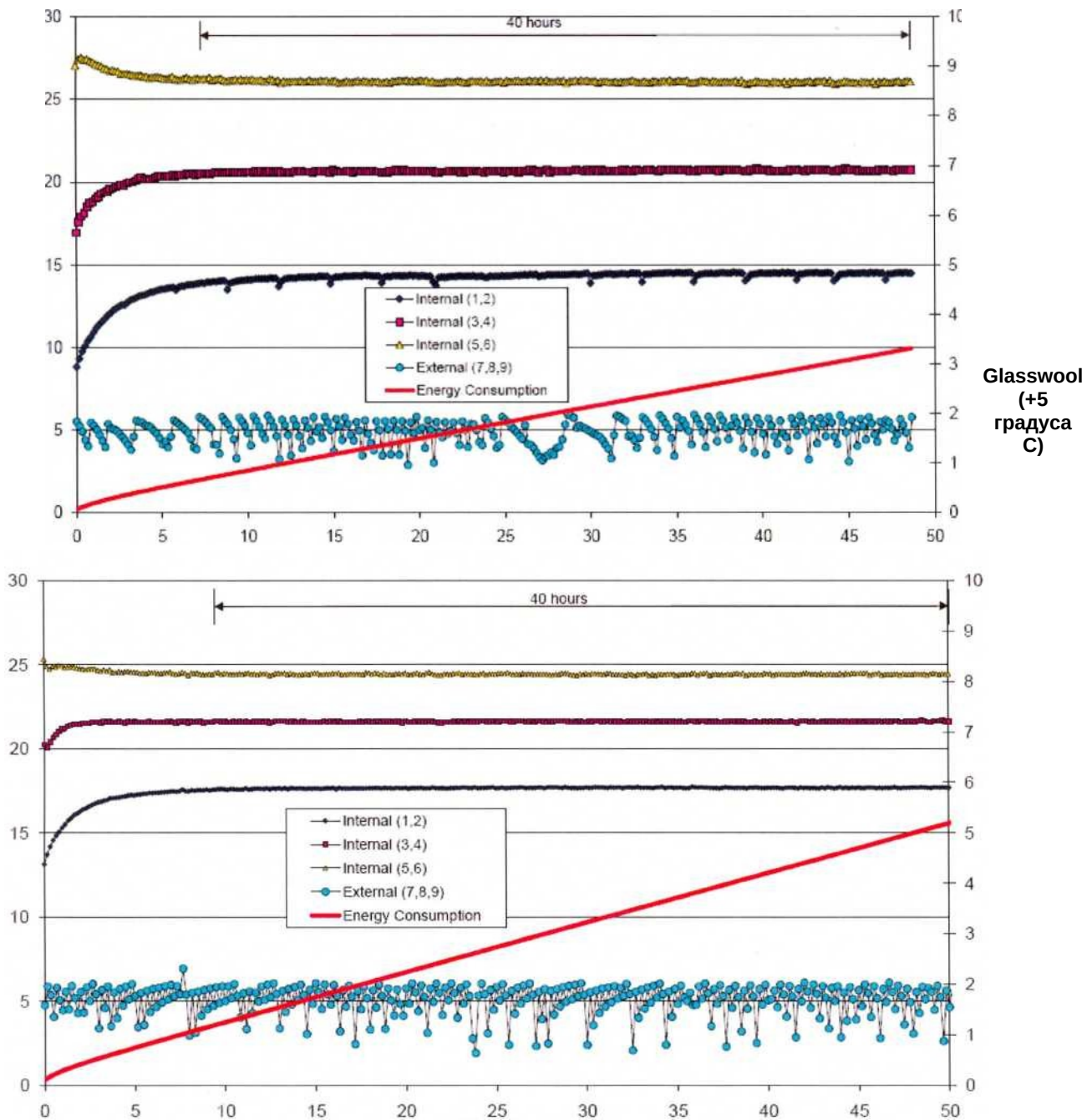
Фиг. 11-13 показват записаните температурни профили и консумираната енергия в рамките на периода на наблюдение, което дава възможност за сравнение на производителността между Aluthermo Quattro® и Стъклена вата като изолационни материали, както е описано в раздел 4. Данните са представени за период от до 50 часа, но анализът се концентрира само върху стационарните данни (последните 40 часа мониторинг). Следователно ранните данни се игнорират, тъй като това ще включва влиянието на промените, когато климатичната камера се нагрява, или охлажда, за да достигне желаната целева температура. На фиг. 11-13, в графиките са представени четири температурни профила. Вътрешните (1, 2), (3, 4) и (5, 6) се отнасят до средната стойност на двете термодвойки на места съответно 1 и 2, 3 и 4 и 5 и 6 (Фигура 7). Данните показват, че има по-голямо отклонение в средната температура за термодвойките Стъклена вата „Вътрешна 1 и, Вътрешна 2 “до 5°C за трите стъпки на изпитване (+5, 0 и -5°C съответно). Външна (7, 8, 9) се отнася до външната температура, записана от термодвойки 7, 8 и 9 (фиг. 7). Външната (7, 8, 9) на съответните фигури представлява целевата външна температура от -5°C (фиг. 11), 0°C (фиг. 12) и +5°C (фиг. 13). Нагревателят вътре в покривното пространство имаше зададена точка от 21°C, както е описано в раздел 4.3. Анализ на данните, представени на фиг. 11-13 е представен в раздел 5.22







Фиг. 12 Температурни профили при 0°C



Фиг. 13 Температурни профили при 5°C

Позовавайки се на фиг. 11-13, подобна тенденция е очевидна във всички профили. В ранните етапи на изпитване се оставя да се стабилизира външната температура в околната камера. След това нагревателите в корпуса се включват. Консумацията на енергия постоянно се увеличава, тъй като е необходимо влагане на енергия за поддържане на целевата температура от 21°

Профилите от вътрешните габарити на фиг. 11-13 са предимно хоризонтални, което показва, че е достигнато стабилно състояние. Ясно е обаче, че температурните профили в изолирания покрив на Aluthermo Quattro® са по-близо един до друг (особено при по-ниски външни температури), което показва по-ниски температурни вариации между пода и върха на покрива, за разлика от покрива с изолация от Glasswool (отразяващият материалът е по-неефективен при циркулацията на топлина в кутията при тези тестове).

Тъй като консумацията на енергия се използва за оценка на характеристиките на изолационните материали, в анализа се използва стационарен период от 40 часа, за да се елиминират ефектите от първоначалния период на улягане, прекарван от всички материали. Този период се приема за последните 40 часа от изпитването, когато се установи равновесно състояние.

Данните, представени в таблица 1, дават сравнение на характеристиките на изолационните материали. Данните се използват за изчисляване на явната топлина, необходима за поддържане на вътрешната температура при 21°C, като се вземат предвид разлики като вътрешния обем на въздуха и измерените средни вътрешни и външни температури. Явната специфична топлина, необходима за поддържане на вътрешната температура, се изчислява от уравнението за специфичен топлинен капацитет, както

следва:

където  $s$  е явната специфична топлина, необходима за поддържане на вътрешната температура на 21°C (кДж/кг °C),  $Q$  е кумулативната топлинна мощност на нагревателя (кДж),  $m$  е масата на въздуха (кг) и  $\Delta T$  е температурния градиент (°C).

Колоната 1 показва разглежданите материали, колоната 2 показва целевите външни температури от -5°C, 0°C и +5°C. Действителните средни външни температури за 40-часовия период на наблюдение са дадени в колоната 3 (взето от „Външни (7, 8, 9)“, Фиг. 11-13), а средната вътрешна температура е показана в колоната 4. Тъй като температурата в съответния покрив се увеличава от основата до върха, както е показано на фиг. 11-13, вътрешната средна температура се получава чрез процес на интегриране, за да се отчете промяната в повишаването на температурата и намаляването на обема по височината на покрива. Колоната 4 също показва, че въпреки зададената точка на термостата да е 21°C (позиционирана на средна височина, Фигура 7), най-високата и най-ниската средна вътрешна температура в Aluthermo Quattro® е 20,14°C и 19,32°C за +5°C и -5°C тестове съответно. Температурите за съответните тестове на Glasswool показват по-ниски вътрешни температури съответно 18,30°C и 15,01°C. Колоната 5 дава вътрешния и външния температурен градиент (колоната 4 - колоната 3). Сборната енергия, консумирана в началото и в края на 40-часовия период на анализ, е дадена в колоните 6 и 7 съответно за всяко изпитване (от „Консумация на енергия“ на фиг. 11-13) и общата консумирана енергия в кВтч за този 40-часов период е дадена в колоната 8 (колоната 7 - колоната 6). Консумираната енергия в кол. 8 се преобразува в кДж в колоната 9 (колоната 8 x 3,6 e106). Приема се постоянна плътност от 1.204 кг/м<sup>3</sup> за въздуха в заграждението (колоната 10) и обемът на въздушното пространство се оценява в колоната 11 (по-дебелата изолация от стъклена вата води до намаляване на обема въздух вътре в корпуса). Получената маса въздух в корпуса е показана в колоната 12. Явната специфична топлина,  $s$ , необходима за поддържане на целевата температура от 21°C вътре в заграждението, е дадена в колоната 13 и се изчислява от уравнение 1. Процентната разлика в специфичната топлина е показана в колоната 14 и показва, че характеристиките на изолационния материал Aluthermo Quattro® са 24,2%, 15,1% и 0,3% по-ефективни от Glasswool при тестване съответно при -5°C, 0°C и +5°C.

## 5.2 Дискусия

Позовавайки се на данните за общото потребление на енергия в колоната 8 (Таблица 1), Aluthermo Quattro® показва по-висок разход на енергия при всички стъпки на изпитване (-5 °C, 0 °C и +5 °C). Когато обаче се вземе предвид пределната разлика във вътрешните и външните температури (колоната 5) заедно с разликата във вътрешните обеми въздух (колоната 11), анализът показва, че явната специфична топлина, необходима за поддържане на вътрешната температура при 21°C е по-ниска за материала Aluthermo Quattro® и при трите температурни стъпки (-5, 0, +5 °C, колоната 13).

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
елева вншна т-ра °C	Средна външна т-ра °C	Средна вътрешна т-ра* °C	АТ (кол. 4 - кол. 3) °C	Енергия кВтч	Енергия кВтч	Всичко енергия (кол. 7- кол. 6) кВтч	Всичко енергия кДж	Плътност на въздуха кг/м <sup>3</sup>	Обем на въздуха м	Маса на въздуха кг	я спец топл Eq. 1
-5	-4.94	19.32	24.26	2.379	8.996	6.617	23821	1.204	1.21	1.457	
0	-0.16	19.67	19.83	1.557	6.906	5.349	19256	1.204	1.21	1.457	
5	5.01	20.14	15.13	1.297	5.236	3.939	14180	1.204	1.21	1.457	
-5	-5.10	15.01	20.11	1.358	6.622	5.264	18950	1.204	0.88	1.060	
0	0.32	16.38	16.06	1.241	4.954	3.713	13366	1.204	0.88	1.060	
5	4.89	18.30	13.41	0.764	3.314	2.55	9180	1.204	0.88	1.060	

· Получено чрез интегриране, вземайки предвид вариациите от повишаване на температурата и намаляването на обема  
- Тези относителни стойности са дадени от общата мониторингова система. Те не бива да бъдат ползвани за сравнение на ефективността на материалите на различни производители, давани другаде

В допълнение, явната специфична топлина, изчислена за Aluthermo Quattro® при -5, 0 и +5°C, е в рамките на 5% (673-643) kJ/kg°C), което показва, че изолаторът работи постоянно, независимо от външната температура. Тази стойност е по-променлива при изпитванията на Glasswool (889-645) kJ/kg°C, давайки максимална вариация от 27%.

## **6 Заключение**

Следните изводи се основават на резултатите и анализа на проведените тестове за оценка на работата на Aluthermo Quattro® по отношение на Glasswool като изолационен материал в симулирани покривни пространства:

- Необходима е по-малко топлина в помещения изолирани с Aluthermo Quattro®, за да се поддържа целевата температура от 21°C, когато се вземат предвид вариациите в температурния градиент и обема на въздушното пространство в заграждението.
- Aluthermo Quattro® демонстрира постоянство при всички целеви външни температури (-5, 0, +5°C), докато производителността на Glasswool варира в трите стъпки на изпитване.
- Aluthermo Quattro® е с 24,2%, 15,1% и 0,3% по -ефективен от Glasswool, когато е тестван съответно при -5°C, 0°C и +5°C.
- Ефективното термично съпротивление за Aluthermo Quattro®, получено в този сравнителен тест, макар и да не се измерва или изчислява директно, се счита за най -малко равно на термичното съпротивление на стъклената вата (4,5 m<sup>2</sup>K/W) при липса на стандартна топлопроводимост тест за отразяващи изоланти. Наблюдаваните относителни показатели са в границите на това изследване.

---

*Долуподписаният Игор Богомилов Стойков удостоверявам верността на извършения от мен превод от английски език на български език на приложения документ: Доклад за сравнителна оценка. Преводът се състои от 15 (петнадесет) страници.*

Преводач:

Игор Богомилов Стойков