

دراسة تأثيراستخدام المواد العازلة في المباني على توفير الطاقة

جودت علي يعقوب
مدرس

احسان فاضل عباس
مدرس

الكلية التقنية كركوك

الخلاصة:

تهدف الدراسة الحالية الى تحليل الأداء الحراري لبناية بحجم 600 م³ مبنية وفق ثلاثة نماذج. بناء الجدران في النموذج الأول بالطابق أما في النموذج الثاني فالجدران فيه مقسمة الى قسمين تفصلهما طبقة من مادة البولي ستايرين بسمك 4 سم والسقف مغطى بهذه المادة من الخارج بنفس السمك في حين تتكون الجدران في النموذج الثالث من جزئيين وتفصلهما فجوة هوائية بعرض 8 سم مع استخدام سقف ثانوي. تم اعداد برنامج بلغة Qbasic لحل المعادلات الرياضية عددياً باستخدام طريقة الفروقات الحدية وفي الظروف الجوية لمدينة بغداد لشهر كانون الثاني لسنة 1994. تبين من نتائج المحاكاة ان نسبة توفير الطاقة من قبل النموذجين الثاني والثالث بالمقارنة مع النموذج الأول هي 29.96% و 35.40% على التوالي.

الكلمات الدالة: انتقال الحرارة من المباني، توفير الطاقة.

The Effect of Using Insulation on the Energy Saving in Building

Abstract:

The aim of the present study is to analyze the thermal performance of a building which is of 600 m³ size. The building is built in three different models. In the first model, walls are built with brick. In the second model, a layer of foam (Polystyrene) of 4 cm thickness has been used as an insulation layer inside walls and on the roof. In the third model, walls are constructed from two parts separated by air gap of 8 cm wide; moreover a secondary roof is added to this model. A Qbasic program is prepared to simulate the required mathematical equations in finite difference method and the weather conditions data of Baghdad city at January, 1994. The results of the simulation showed that the ratio of the saved energy by the second and third models with respect to the first model are 29.96%, and 35.40% respectively.

Key wards: Heat Transfer from building, Energy saving.

| | | قائمة الرموز |
|---------------|---|---|
| h_f | معامل انتقال الحرارة بالإشعاع على الأسطح الداخلية | A مساحة السطح، م ² |
| h_o | معامل انتقال الحرارة بالإشعاع على الخارجية واط/م ² | A_w مساحة الزجاج، م ² |
| I | شدة أشعة الشمس على الجدار، واط/م ² | C الحرارة النوعية، جول/كغم.م |
| I_w | شدة أشعة الشمس على الزجاج، واط/م ² | D معامل تظليل النافذة. |
| K | الموصلية الحرارية لمواد البناء، واط/م.م | h_c معامل انتقال الحرارة بالحمل على الأسطح الداخلية، واط/م ² |
| K_e | الموصلية الحرارية الفعالة، واط/م.م | K_a الموصلية الحرارية للهواء، واط/م.م |
| T_{sol} | درجة حرارة الشمسية، م | M الكتلة، كغم/م ³ |
| u | سرعة الهواء خارج البناية، م/ثانية | N عدد مرات تبديل الهواء في البناية لكل ساعة. |
| V_b | حجم البناية، م ³ | Nu رقم نسلت. |
| ΔR | الفرق بين أشعة ذات الشمس ذات الموجة الطويلة من السماء و الأشعة الصادرة من الأسطح المجاورة (واطم ² .م). | P الزمن السابق، ثانية |
| Δx | سمك العقدة، متر | $P+I$ الزمن اللاحق، ثانية |
| $\Delta \tau$ | الزيادة في الزمن، ثانية | Q_{aux} الحمل الحراري المساعد، واط |
| τ_g | الانتقالية من الزجاج. | Q_{con} انتقال الحرارة بالتوصيل، واط |
| α | الانتشارية، م/ثانية | Q_{int} الحمل الحراري الداخلي، واط |
| λ | الامتصاصية. | Q_{inf} انتقال الحرارة بالترشيح، واط |
| σ | ثابت ستيفان-بولتزمان= $5,670400 \times 10^{-8}$ ، واط/م ² .K ⁴ . | Q_{Total} الحرارة الكلية، واط |
| ε | امتصاصية الجدار | Q_{vent} حرارة التهوية، واط |
| ρ | الكثافة، كغم/م ³ | Q_w انتقال الحرارة من النافذة ، واط |
| δ | المسافة بين السطحين، مت | T_a درجة حرارة الهواء الخارجي، م |
| | | T_b درجة حرارة داخل البناية، م |
| | | T_n درجة حرارة السطح الداخلي، م |

المقدمة:

قبل المستهلك في جميع الميادين وعلى مستوى استهلاك الطاقة في جميع بلدان العالم مما تسبب في ارتفاع الموازنة المخصصة لإنتاجها والتي تؤدي إلى تحميل المستهلك نفقات عالية جدا وتؤثر على مستوى معيشتته، حيث أوضحت الإحصائيات لمعظم بلدان العالم بان القسم الأعظم من الطاقة

في الوقت الحاضر زاد اهتمام الباحثين بموضوع بناء الدور من المواد الإنشائية ذات القابلية الجيدة لحفظ الطاقة واختيار طبقات الجدار لأجل خفض استهلاك الطاقة وبسبب زيادة الطلب على الطاقة من

تختلف من حيث سمك ومحتويات الجدران والسقف مع استخدام نفس المواد الإنشائية الأساسية للبناء. كما تم مقارنة احتساب كمية الحرارة المفقودة أو المكتسبة من الخارج خلال شهر واحد للنماذج الثلاث، وكذلك توزيع درجات الحرارة على سمك الجدار والسقف واختيار النموذج الأفضل في الحفظ والترشيد الجيد للطاقة.

وصف عام للمبنى

النموذج الأساسي من البناء الذي تناولته هذه الدراسة عبارة عن قاعة بجدران مبنية من الطابوق مغطى من الخارج بطبقة من الاسمنت ومن الداخل بطبقة من الجص والسقف من الكونكريت المسلح ومن الداخل مغطى بطبقة من الجص ومن الخارج مغطى بطبقة من التراب وبلاط من الخرسانة كما موضح مخططه في الشكل (2). تم مقارنته نموذجي بناء مبنية بنفس المواد الإنشائية الأساسية ولكن تم إضافة مواد عازلة من البولي ستايرين إلى الجدران والسقف في النموذج الثاني وأما بالنسبة للنموذج الثالث فقد تم إضافة فجوة هوائية إلى الجدران والسقف كما موضح في المواصفات الفنية لهذه النماذج في الجداول (1 و 2 و 3). تحتوي البناية على عشرة نوافذ تبلغ نسبة مساحتها إلى مساحة الجدران 17.5%. تم إعداد برنامج بالحاسوب لمحاكاة المعادلات الخاصة لنماذج البناء تحت الظروف الجوية لمدينة بغداد لشهر كانون الثاني عام 1994 اعتماداً على بيانات الأنواء الجوية من مركز بحوث الطاقة الشمسية في بغداد^[4]. تقع مدينة بغداد على خط الطول 44.44 درجة شرقاً وخط العرض 33.33 درجة شمالاً. يوضح الشكل (3) معدل سقوط أشعة الشمس على الجدران والسقف لكل ساعة خلال شهر كانون الثاني أما المعدل اليومي لكل

الكهربائية تصرف لاحتياجات الدور السكنية مقارنة بالمجالات الأخرى. يوضح شكل (1) النسبة المئوية لاستهلاك الطاقة الكهربائية في جميع المجالات لمدينة الرياض في المملكة العربية السعودية^[1]. قام الباحث احمد سنة 2004 بدراسة منزل نموذجي مبني بست أنواع مختلفة من حجارة البناء، واستخدم برنامج تحليل الطاقة في الأبنية (DOE-2.1E) لمحاكاة الاستهلاك السنوي للطاقة وقد توصل فيما يخص المنزل الأساسي بان كمية انتقال الحرارة خلال الجدران والسقف فيه تمثل اكبر من نصف الطلب الإجمالي للتبريد. إما عند بناء المنزل المبني بأحجار الجبس فان استهلاك الطاقة ينخفض بمقدار 13.2% مقارنة بالمنزل الأساسي، كما أدى استخدام العزل الحراري في المنزل الأساسي إلى خفض كبير في الطاقة المطلوبة لأجهزة تكييف الهواء وبنسبة 42%. درس الباحثون سلام وآخرون سنة 2001 درسوا تأثير السقف الثانوي لغرفة غير مكيفة معرضة للظروف الجوية لمدينة بغداد ليوم 30 آب عام 1997 على انتقال الحرارة من السقف إلى داخل الغرفة حيث وجدوا بان سمك طبقة الرمل المستخدم على السقف له تأثير كبير جدا على انتقال الحرارة بين الغرفة ومحيطها وبالإمكان معالجته باستخدام السقوف الثانوية. أما الباحثون Sodha وآخون سنة 1994 فقد قاموا بدراسة كمية الحرارة المنتقلة من جدران متكونة من عدة طبقات لغرفة داخل مبنى إحدى جدرانها معرضة لأشعة الشمس المباشرة ودرجة حرارة الجو أما باقي الجدران فإنها معرضة إلى درجة حرارة داخل المبنى وقيمتها ثابتة ووجدوا بان أفضل مستوى لحفظ الحمل الحراري الداخل يحصل عندما تكون سمك الطبقة الخارجية اقل ما يمكن نسبة إلى السمك الكلي للجدار. تهدف الدراسة الحالية إلى تقويم مدى إمكانية حفظ الطاقة لبنانية بحجم 600 م³ مبنية بثلاث نماذج

انتقال الحرارة بسبب ترشيح الهواء (Q_{inf})

يحدث هذا النوع من انتقال الحرارة الناتج من فتح الابواب والشبابيك، ولتقدير كمية هواء الترشيح في البناية اعتمدت قاعدة عدد مرات تغيير الهواء للبناية في الساعة الواحدة وحسبت من المعادلة (3)^[5]:

$$Q_{inf} = \frac{1300NV_b}{3600} (T_b - T_a) \quad \dots (3)$$

انتقال الحرارة بالحمل (Q_{con})

يحدث انتقال الحرارة بين الأسطح الداخلية لجدران وسقف البناية مع فضاء البناية بطريقة الحمل وحسبت كميتها من المعادلة (4)^[5]:

$$Q_{con} = A.h_c (T_n - T_b) \quad \dots\dots\dots (4)$$

حساب درجة حرارة الأسطح الداخلية للبناية:

يوضح الشكل (5) أحد جدران البناية مقسمة إلى (n) عقدة باتجاه محور (X) ومعرض إلى الظروف المحيطة وتم احتساب درجة حرارة الأسطح الداخلية والخارجية للجدار باستخدام المعادلة العامة لانتقال الحرارة بالتوصيل (Fourier-Boit equation) ^[6].

$$k \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) = \rho C \frac{\partial T}{\partial \tau} \quad \dots\dots (5)$$

أو

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial \tau} \quad \dots\dots\dots (6)$$

حيث ان

$$\alpha = \frac{k}{\rho C} \quad \dots\dots\dots (7)$$

المعادلة رقم (6) هي معادلة لنمط الثلاثي الأبعاد ولكن يمكن كتابتها بالشكل كما في المعادلة (8) لتمثيل معادلة باتجاه محور واحد (محور X).

من درجة حرارة الجو وسرعة الرياح فهي موضحة في الشكل (4).

فرضية البحث

1. البناية خالية من المستخدمين.
2. البناية خالية من الحمل الحراري الداخلي.
3. انتقال الحرارة باتجاه محور (X) فقط.
4. الشبابيك والأبواب محكمة الغلق لا تسمح بتسريب الهواء من وإلى البناية.
5. يتغير هواء المبنى مرة واحدة في الساعة.
6. درجة حرارة المبنى ثابتة عند 25 درجة مئوية.

النموذج الرياضي

تحكم الطاقة الحرارية الكلية عدة عوامل وهي كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة من الجدران والسقف والنوافذ والأرضية وكذلك الحرارة المكتسبة أو المفقودة عن طريق تبديل الهواء أو ترشيحه إضافة إلى ذلك الحمل الحراري الداخلي. يتم احتساب الطاقة الحرارية الكلية للبناية في أي زمن من المعادلة (1).

$$Q_{Total} = Q_w + Q_{inf} + Q_{con} + Q_{int} + Q_{vent} + Q_{aux} \quad \dots\dots\dots (1)$$

اعتماداً على فرضية البحث تم إهمال العناصر Q_{aux} و Q_{vent} و Q_{int} من المعادلة (1) واحتسبت العناصر الباقية على النحو الآتي:

كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة خلال النوافذ (Q_w)

تم حساب صافي الحرارة المكتسبة أو المفقودة من النوافذ بعد إهمال الحرارة المخزونة داخل طبقة الزجاج حسب المعادلة (2)^[5]:

$$Q_w = A_w \tau_w D I_w - h_w A_w (T_b - T_a) \quad \dots (2)$$

$$T_2^{p+1} = \frac{\alpha \Delta \tau}{(\Delta x)^2} (T_3^p + T_1^p) + \left[1 - \frac{2\alpha \Delta \tau}{(\Delta x)^2} \right] T_2^p \quad \dots\dots\dots (12)$$

ب- السطح الداخلي للجدار أو العقدة (n)

لحساب درجة حرارة العقدة (n) تم الأخذ بنظر الاعتبار انتقال الحرارة بالإشعاع من الأسطح الأخرى إضافة إلى انتقال الحرارة بالحمل^[9]. تم حساب قيمة (h_r) بين كل من الوجهين الداخليين من الجدران وسقف البناية من المعادلة (13)^[8].

$$h_r = \left[\frac{\sigma(T_A^4 - T_B^4)}{\frac{1}{\varepsilon_A} + \frac{1}{\varepsilon_B}} \right] / (T_A - T_B) \quad \dots\dots\dots (13)$$

تعتمد قيمة (h_i) على وضعية السطح وحسبت من المعادلات التجريبية الآتية^[9]:

1. السطح العمودي

$$hc = 1.98(\Delta T)^{0.32} \quad \dots\dots\dots (14)$$

2. السطح الأفقي

$$hc = 2.72(\Delta T)^{0.13} \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$\Delta T = T_n - T_b \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$T_n^{p+1} = \frac{2\alpha \Delta \tau}{(\Delta x)^2} \left[T_{n-1}^p + \frac{\Delta x}{k} (h_i T_b^p + \sum_{j=1}^{j=5} h_r T_{n,j}) \right] \left[1 - \frac{2\alpha \Delta \tau}{(\Delta x)^2} \left(\frac{\Delta x}{k} (h_i + \sum_{j=1}^{j=5} h_r) + 1 \right) \right] T_n^p \quad \dots\dots\dots (17)$$

لغرض استقرارية كل من المعادلات (11 و 12 و 17) والدقة في نتائجها يجب اختيار أكبر قيمة للمقدار $\frac{(\Delta x)^2}{\alpha \Delta \tau}$ المحسوبة من المعادلات الآتية:

$$\frac{(\Delta x)^2}{\alpha \Delta \tau} \geq 2 \left(\frac{h_o \Delta x}{k} + 1 \right) \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$\frac{(\Delta x)^2}{\alpha \Delta \tau} \geq 2 \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial \tau} \quad \dots\dots\dots (8)$$

ويتم حل المعادلة (8) بطريقة الفروقات الحدية (Finite-Difference) وبطريقة (Explicit Finite-Difference Conduction Equation) لإيجاد درجة الحرارة لأية عقدة وفي أي زمن كما يأتي:

السطح الخارجي أو العقدة (0)

بما أن السطح الخارجي يتعرض إلى أشعة الشمس إضافة إلى درجة حرارة الجو والرياح أثناء النهار لذا اعتمدت درجة حرارة الهواء الشمسي Sol-Air Temperature بدلا من درجة حرارة الجو وحسبت من المعادلة (9)^[7].

$$T_{sol} = T_a + \frac{\alpha I}{h_o} + \frac{\varepsilon \Delta R}{h_o} \quad \dots\dots\dots (9)$$

يتم استلام الأشعة ذات الموجة الطويلة فقط وقد قدرت قيمة ΔR بحدود 63 واطام² و $\varepsilon = 1$ ، أما الأسطح العمودية فأنها تستلم الإشعاع ذو الموجة الطويلة من الأرض والمباني المحيطة بها والسماء مجتمعة لذا فمن الصعب تحديد قيمة ΔR بدقة. لذلك تعتبر قيمة $\varepsilon \Delta R$ مساوية للصفر^[7]. تم إيجاد قيمة h_o من المعادلة (10)^[5].

$$h_o = 5.8 + 3.8u \quad \dots\dots\dots (10)$$

تحسب درجة الحرارة عند العقدة (0) من المعادلة (11)^[9].

$$T_1^{p+1} = \frac{\alpha \Delta x}{(\Delta x)^2} \left\{ 2 \frac{h_o \Delta x}{k} T_{sol} + \left(\frac{(\Delta x)^2}{\alpha \Delta x} - 2 \frac{h_o \Delta x}{k} - 2 \right) T_1^p \right\} \quad \dots\dots\dots (11)$$

أ- العقد من (1) إلى (n-1):

لحساب درجات حرارة العقد من (1) إلى (n-1) اعتمدت المعادلة (12)^[6]

أولاً: علاقة درجات الحرارة مع سمك الجدار $T-x$
 بما أن الفترة الزمنية الكلية التي أجريت فيها المحاكاة هي 744 ساعة، فقد تم اختيار نتائج ليوم السادس عشر من شهر كانون الثاني 1994 لوقتتين، أولهما عند الساعة 12 ليلاً وذلك ليلة الخامس عشر على السادس عشر من ذلك الشهر والوقت الآخر عند الساعة الثانية بعد الظهر ليوم السادس عشر. وضحت نتائج توزيع درجات الحرارة على الجدران في الاتجاهات الشمالية والشرقية والجنوبية والغربية عند الوقت الأول في الأشكال (7 و8 و9 و10) على التوالي و الشكل (11) للسقف. وأما عند الوقت الثاني فقد وضحت في الأشكال (12 و13 و14 و15) للجدران بنفس التسلسل السابق والشكل (16) للسقف. يلاحظ ان مجموعة الأشكال الخاصة بالوقت الأول للجدران فيها تشابه بين منحنيات كل نموذج ويعود ذلك إلى أن الظروف المحيطة بالجدران من الداخل والخارج ثابتة واستخدام نفس المواد لبناء الجدران في كل نموذج. يلاحظ من الأشكال أيضاً وجود اختلاف في شكل منحنى توزيع درجات الحرارة بين الجدار الذي يحتوي على عازل حراري والجدار الاعتيادي، حيث بسبب ممانعة الطبقة العازلة لانتقال الحرارة بين السطح الداخلي والخارجي للجدار يظهر مستويين لتوزيع درجات الحرارة على طبقات الجدار الداخلي والخارجي، وتكون توزيع درجات الحرارة لطبقة الجدار المحصورة بين السطح الداخلي إلى الطبقة العازلة للنموذجين تقريبا على شكل خط مستقيم وتكون قيمتها 24 درجة مئوية للنموذج الثاني و 25 درجة مئوية للنموذج الثالث. أما بالنسبة للطبقات المحصورة بين الطبقة العازلة والسطح الخارجي يكون انتقال الحرارة باتجاه محيط الجدار ويكون توزيع درجات الحرارة على شكل خط مائل باتجاه الخارج وقيمها للنموذجين متقاربة جدا. أما

$$\frac{(\Delta x)^2}{\alpha \Delta \tau} \geq 2 \left(\frac{\Delta x}{k} (h_i + \sum_{j=1}^{j=5} h_r) + 1 \right) \quad \dots (20)$$

أما بالنسبة لمعامل انتقال الحرارة داخل الفجوة الهوائية في النموذج الثالث فإنه يعامل على أساس الحمل الحر في حيز مغلق (Free Convection in Enclosed Space) [6] كما موضح في الشكل (6). اعتمد حساب قيمة معامل التوصيل الحراري له على أساس التوصيل الحراري الفعال (k_e) :

$$\frac{q}{A} = k_e \frac{(T_1 - T_2)}{\delta} \quad \dots (21)$$

$$Nu_\delta = \frac{h\delta}{k_a} \quad \dots (22)$$

وحسب التدفق الحراري من المعادلة (23)

$$\frac{q}{A} = h(T_1 - T_2) = Nu_\delta \frac{k_a}{\delta} (T_1 - T_2) \quad \dots (23)$$

من خلال مقارنة المعادلتين (21 و23) يتبين بان

$$Nu_\delta = \frac{k_e}{k_a} \quad \dots (24)$$

المناقشة:

لغرض محاكاة المعادلات المذكورة في النموذج الرياضي تم إعداد برنامج بلغة QBASIC ولأجل استقرارية المعادلات ودقتها اعتمدت $(\Delta \tau = 2$ ثانية) والمسافة بين العقد (Δx) تساوي (0.04 متر). تم احتساب كل من درجات الحرارة على مقطع الجدار وكمية الحرارة المنتقلة من البناية إلى الخارج أو بالعكس خلال شهر كانون الثاني (1994) وتحت الظروف الجوية لمدينة بغداد بالاعتماد على البرنامج الحاسوبي، ولغرض مقارنة الأداء الحراري للنموذج تم اعتماد على الجوانب الآتية:

الداخلي أيضا" للنموذج الأول. أما بالنسبة لمنحني النموذجين الثاني والثالث فيشيران إلى انتقال الحرارة من السطح الخارجي إلى الداخل.

3. يوضح الشكل(14) توزيع درجات الحرارة على الجدار الجنوبي و وصول درجة حرارة السطح الخارجي الى 40 درجة مئوية للنموذج الأول و 44 درجة مئوية للنموذجين الثاني والثالث. بالنسبة للنموذج الأول تنتقل الحرارة الى الجدران من خارج وداخل البناية، أما النموذجين الآخرين فتنتقل الحرارة إليهما من الخارج إلى الطبقة العازلة ومن الداخل الى الطبقة العازلة وتكون درجة الحرارة فيها مساوية تقريبا" لدرجة حرارة السطح الداخلي.

4. يوضح الشكل(15) توزيع درجات الحرارة على الجدار الغربي الذي يلاحظ فيه ارتفاع درجات حرارة السطح الخارجي للنماذج أعلى من درجة حرارة السطح الداخلي للبناية. بالنسبة للنموذج الأول تنتقل الحرارة من السطحين الداخلي والخارجي إلى العقد التي بينهما. أما منحني النموذجين الآخرين فيشيران أيضا إلى انتقال الحرارة من الخارج إلى الطبقة العازلة دون التأثير على العقد التي ما بعد الطبقة العازلة. يوضح الشكل (16) منحني توزيع درجات الحرارة على السقف للنماذج الثلاثة. يلاحظ ارتفاع درجات الحرارة للسطح الخارجي للسقف إلى 43 درجة مئوية للنموذج الأول و 45 درجة مئوية للنموذجين الثاني والثالث. تنتقل الحرارة إلى الداخل للنماذج ولكن في النموذجين الثاني والثالث تتوقف عند الطبقة العازلة.

ثانياً: كمية الحرارة المفقودة أو المكتسبة بين البناية

و المحيط الخارجي

الأشكال (17-21) توضح الفقدان الحراري خلال شهر كانون الثاني للجدران الشمال والشرقي والجنوبي

بالنسبة لمنحني النموذج الأول فوصلت درجات الحرارة للسطحين الداخلي والخارجي الى 23 و16 درجة مئوية على التوالي. يلاحظ في الشكل (11) تأثير الطبقة العازلة على شكل منحني توزيع درجات الحرارة بالنسبة للنموذجين الثاني والثالث وتكون درجات الحرارة للطبقات المحصورة بين السطح الداخلي والطبقة العازلة قريبة جدا من درجة الحرارة الداخلية بينما درجات الحرارة على الطبقات المحصورة بين الطبقة العازلة والسطح الداخلي متطابقة واقل قيمة من النموذج الأول. أما بخصوص نتائج الساعة الثانية مساءً" فهي موضحة في الأشكال الآتية:

1. الشكل (12) يوضح توزيع درجات الحرارة على الجدار الشمالي و يلاحظ في منحني النموذج الأول بان درجات الحرارة للعقد المحصورة بين السطح الخارجي وطبقة الجندص متقاربة من بعضها جدا وتتغير من 19 درجة مئوية على السطح الخارجي إلى 20 درجة مئوية عند سمك 0.24 متر ويكون اتجاه انتقال الحرارة من الداخل إلى الخارج، أما المادة العازلة في النموذجين الثاني والثالث فقد قسمت منحنياتها إلى مستويين لدرجات الحرارة في الجدار والفرق بينهما كبير. بالنسبة لطبقات الجدار المحصورة بين السطح الداخلي والطبقة العازلة تكون توزيع درجات الحرارة على شكل خط مستقيم وبحدود 24 درجة مئوية للنموذج الثاني و 25 درجة مئوية للنموذج الثالث. أما بالنسبة للجزء الأخر من العقد المحصورة بين الطبقة العازلة والسطح الخارجي فتكون درجات الحرارة للنموذجين متقاربة واتجاه انتقال الحرارة تكون إلى الداخل.

2. يوضح الشكل(13) توزيع درجات الحرارة على الجدار الشرقي الذي يلاحظ فيه انتقال الحرارة من السطح الخارجي إلى سمك 0.24 متر و من السطح

واط.ساعة والسقف 534524-، -102023-،
 9847.51-واط.ساعة. من النتائج أعلاه يستنتج
 بان أعظم الخسارة في الطاقة الحرارية يحدث في
 النموذج الأول وأدى استخدام الطبقة العازلة في
 النموذجين الآخرين الى تقليل خسارة الطاقة وتبين من
 النتائج بان النموذج الثالث يأتي في المرتبة الأولى في
 توفير الطاقة لهذه الدراسة ولهذه الظروف ويليه النموذج
 الثاني. يوضح الشكل (22) الكمية الكلية لانتقال
 الحرارة إلى محيط الأبنية للنماذج الثلاثة وتشمل هذه
 الكمية ما تفقده الأبنية
 1. يؤدي إضافة فجوة هوائية إلى الجدران بالإضافة
 إلى إضافة المادة العازلة (البوليستايرين) والسقف
 الثانوي (النموذج الثالث) إلى البناء الاعتيادي
 (النموذج الأول) الوصول الى نسبة توفير للطاقة
 مقدارها 35.40%.

2. يؤدي إضافة المادة العازلة (البولي ستايرين) إلى
 الجدران والسقف (النموذج الثاني) إلى البناء
 الاعتيادي إلى الوصول الى توفير للطاقة مقداره
 29.96% .

المصادر

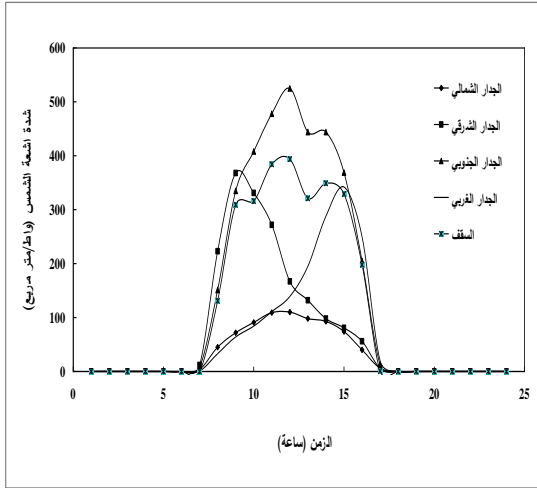
1. Ahmad A., "Energy Simulation for a Typical House Built with Different Type of Masonry Building", The Arabian Journal for Science and Engineering, Vol 29, No.28, Oct.2004, pp.113-126.
2. J.M.Salam, Abdul Hadi N. Khalifa, and Asaad T. Al-Omrain, "The Effect of Roof Construction on Thermal Performance of Non-Air Conditioning Room", Al- Buhoth-Altachniya, Technical Research Journal, No.91-2001, pp. 40-57.

والغربي والسقف على التوالي لنماذج الأبنية الثلاثة ،
 حيث لم يأخذ في الحسبان كمية الحرارة المفقودة أو
 المكتسبة من النوافذ لثبوتها لكل النماذج. وبلغت كمية
 الحرارة المفقودة إلى محيط البناية خلال ذلك الشهر
 للنماذج الأول ، الثاني والثالث على التوالي بالنسبة
 للجدار الشمالي (1908988-، -75588-،
 9039.95) واط.ساعة والجدار الشرقي 310977-،
 49226.8، -5891.5 واط.ساعة وللجدار الجنوبي
 6930.59-، -2760.65 واط. ساعة
 وللجدار الغربي 374957-، -59969-، -7278.08
 من الاتجاهات الخمسة وفقدان الحرارة عن طريق
 التهوية، إذ يلاحظ فيه فقدان الحراري للنماذج الأول
 والثاني والثالث على التوالي هي 4727851-،
 3311330-، 3054287- واط.ساعة. ومن النتائج
 الإجمالية يتضح بان أعلى فقدان حرارة يكون في
 النموذج الأول ويليه بالمرتبة الثانية النموذج الثاني ومن
 ثم النموذج الثالث. تبين من النتائج بأن النموذج
 الثالث يعطي أعلى نسبة توفير للطاقة والتي تقدر بـ
 35.40% وهي قريبة من أعلى نسبة توفير للطاقة
 التي توصل إليها الباحث احمد سنة 2004 بالنسبة
 لنموذج البناء الذي يحتوي على مواد عازلة وهي
 42%، والفرق بين النتيجتين جاء بسبب إختلاف كل
 من مواد البناء المستخدمة والظروف الجوية بالإضافة
 إلى القياسات. من جهة أخرى فان شكل المنحنيات
 الخاصة بتوزيع درجات الحرارة للجدران والسقف
 للنموذجين الثاني والثالث كانت متشابهة جدا لشكل
 المنحنيات المماثلة لها والتي حصل عليها الباحثون
 سلام وجماعته سنة 2001.

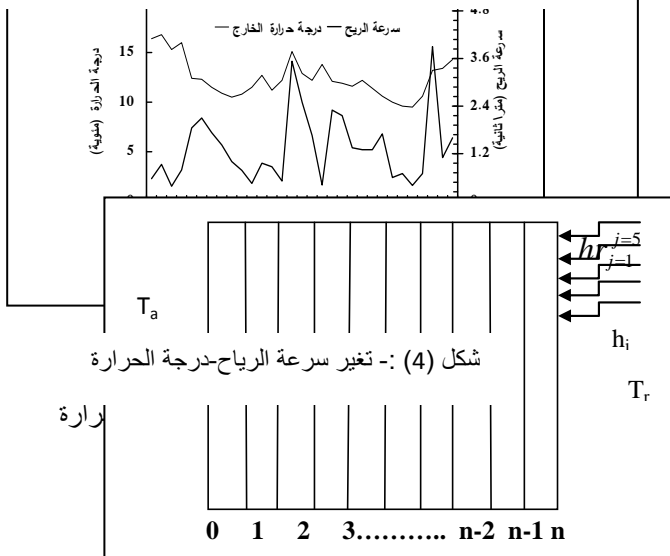
الاستنتاجات:

6. Holman J. P. "Heat Transfer" Ninth Edition, McGraw-Hill-Higher Education, 2002, pp.158-163.
7. ASHREA "Fundamental Hand Book", (SI) 2005, pp. 30.22.
8. Richard J. Williams "Passive Solar Heating", Ahn Arbor Science Publishers, 1983, pp.105.
9. إحسان فاضل عباس "دراسة مقارنة الأداء الحراري لعدد من أنظمة التدفئة العاملة بالأسلوب السلبي"، أطروحة ماجستير، الجامعة التكنولوجية، كانون الثاني 1999

3. M.S.Sodha, A.Komar, and G.N.Tiwari, "Thermal Load Leveling in Multilayered Wall / Roof", Energy Research, Vol. 5, 1981, pp.4-9.
4. Solar Energy Research Center, "Solar Radiation Laboratory, Solar Radiation and Collateral Weather Data", January 1994, Iraq.
5. A.I.Dounis and D.E.Manolakis, "Design of a Fuzzy System for Living Space Thermal Comfort Regulation", Applied Energy, Vol.69, Issue 2, June 2001, pp. 119-144.

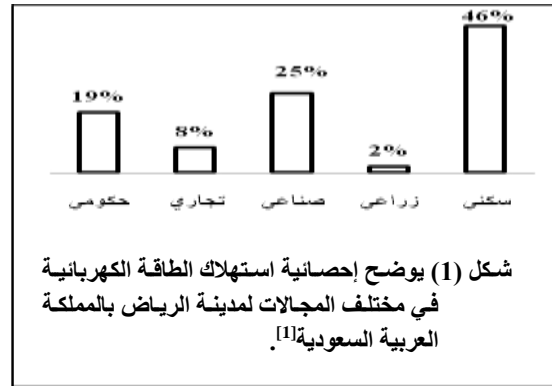


شكل (3):- معدل سقوط اشعة الشمس على الجدران والسقف لكل ساعة خلال شهر كانون الثاني 1994 لمدينة بغداد [4]

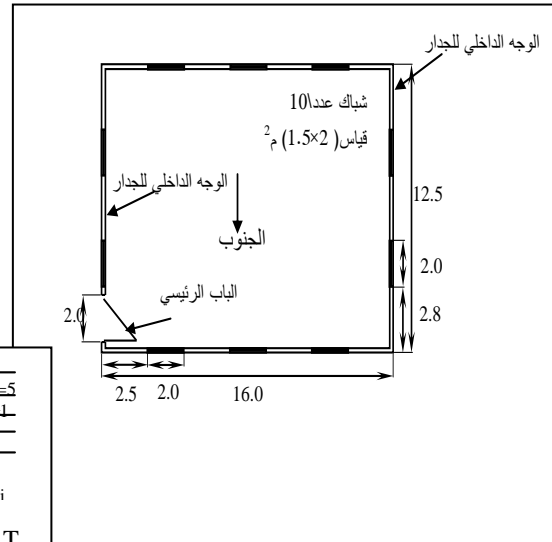


شكل (4) :- تغير سرعة الرياح-درجة الحرارة

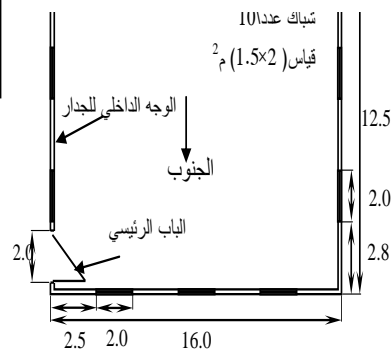
شكل(5) مقطع من الجدار مقسم إلى n عقدة مع الظروف المحيطة به

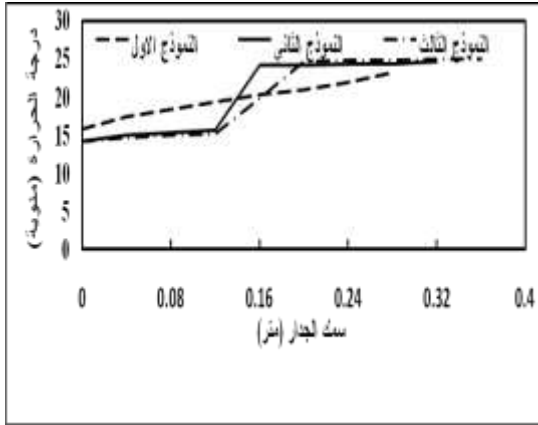


شكل (1) يوضح إحصائية استهلاك الطاقة الكهربائية في مختلف المجالات لمدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية [1].

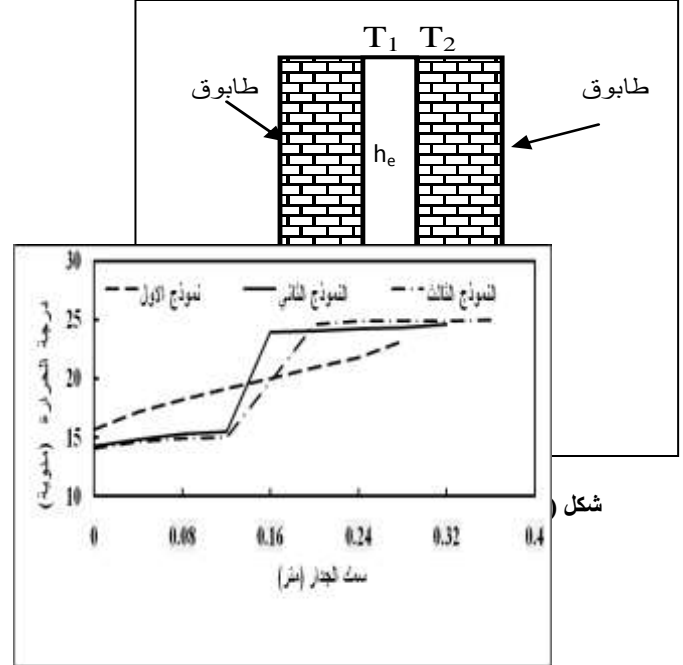


شكل (2) :- نموذج الابنية

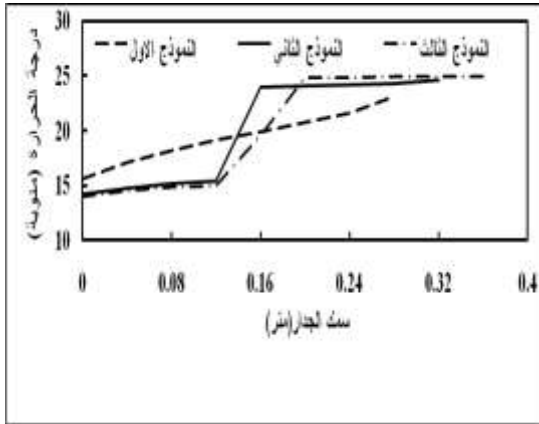




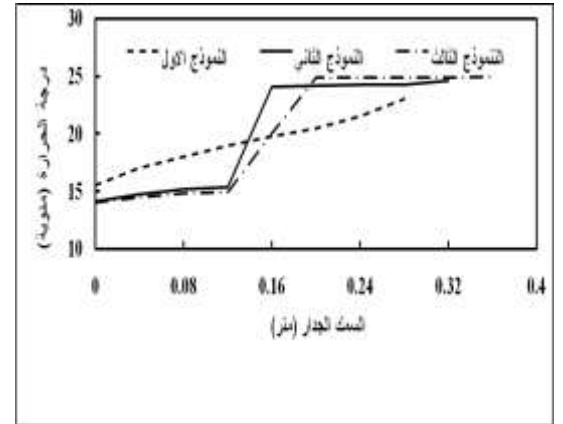
شكل (9) توزيع درجات الحرارة على الجدار الجنوبي عند الساعة (12 ليلاً) ليوم 15\16\1994



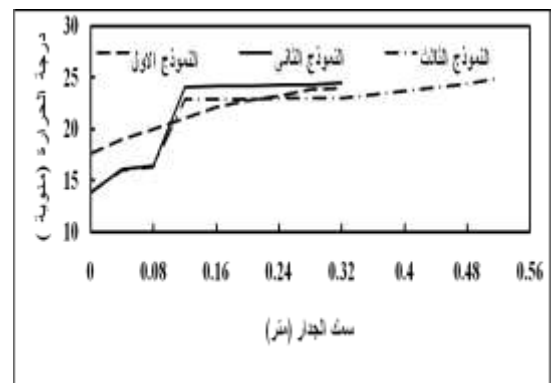
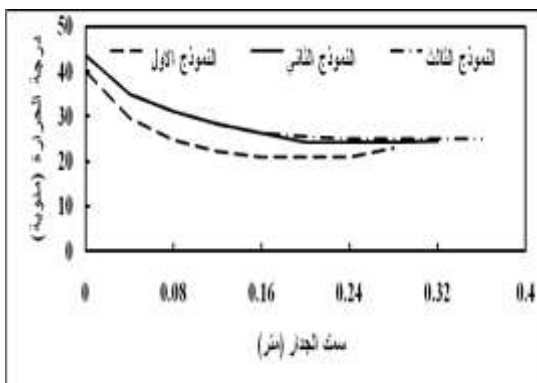
شكل (8) توزيع درجات الحرارة على الجدار الشرقي عند الساعة (12 ليلاً) ليوم 15\16\1994

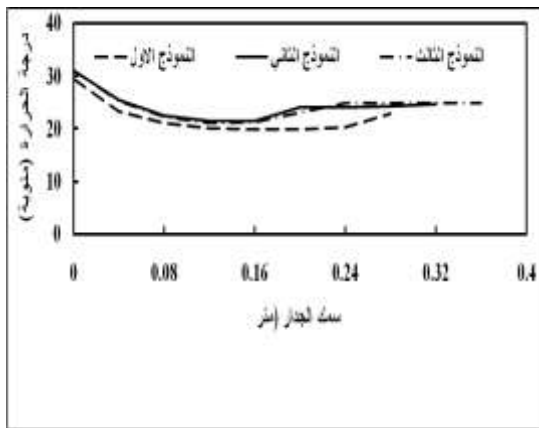


شكل (10) توزيع درجات الحرارة على الجدار الغربي عند الساعة (12 ليلاً) ليوم 15\16\1994

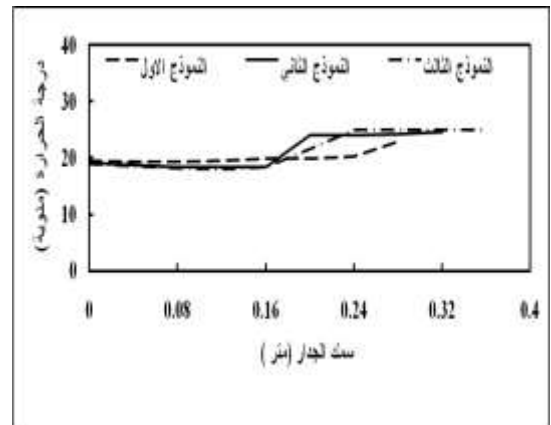


شكل (7) توزيع درجات الحرارة على الجدار الشمالي عند الساعة (12 ليلاً) ليوم 15\16\1994

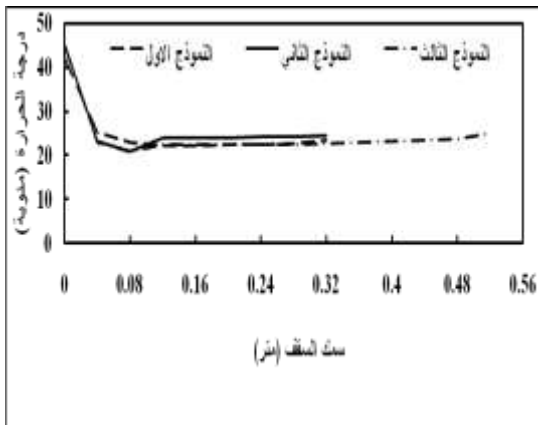




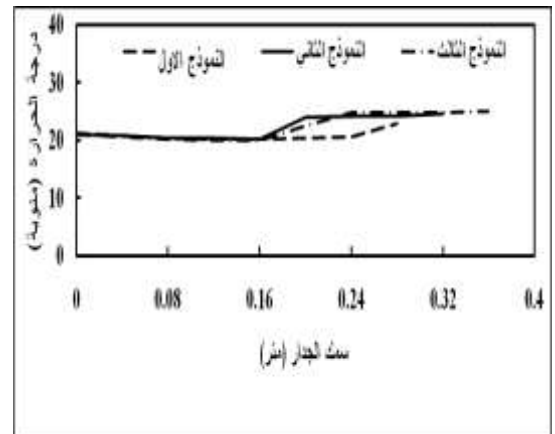
شكل (15) توزيع درجات الحرارة على الجدار الغربي عند الساعة 2 بعد الظهر ليوم 16\1\1994



شكل (12) توزيع درجات الحرارة على الجدار الشمالي عند الساعة (2 بعد الظهر) ليوم 1994\1\16



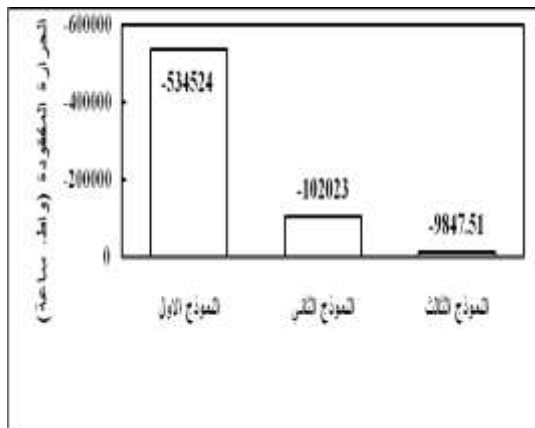
شكل (16) توزيع درجات الحرارة على السقف عند الساعة 2 بعد الظهر ليوم 16\1\1994



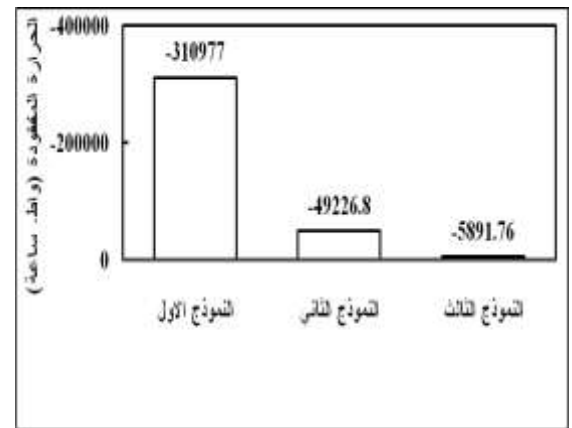
شكل (13) توزيع درجات الحرارة على الجدار الشرقي عند الساعة (2 بعد الظهر) ليوم 16\1\1994



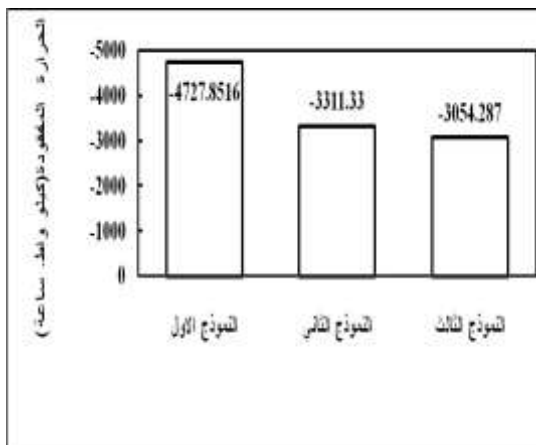
| النموذج | الجدار | السقف | مخطط الجدار | مخطط السقف |
|---------|--------|-------|-------------|------------|
|---------|--------|-------|-------------|------------|



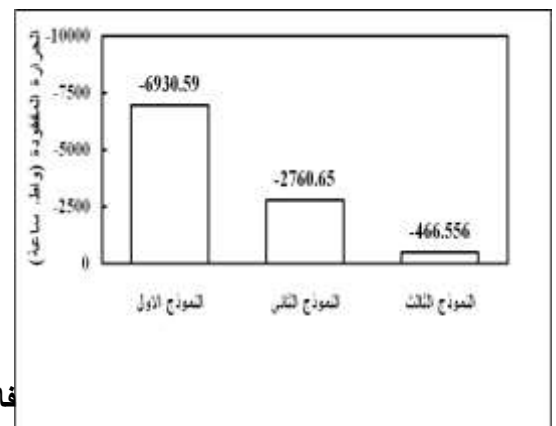
شكل (21) كمية انتقال الحرارة بين السقف والمحيط الخارجي خلال شهر كانون الثاني 1994 للنماذج الثلاثة



شكل (18) كمية انتقال الحرارة بين الجدار الشرقي والمحيط الخارجي خلال شهر كانون الثاني 1994 للنماذج الثلاثة



شكل (22) الكمية الكلية لانتقال الحرارة بين النماذج الثلاثة والمحيط الخارجي خلال شهر كانون الثاني 1994



شكل (19) كمية انتقال الحرارة بين الجدار الجنوبي والمحيط الخارجي خلال شهر كانون الثاني 1994 للنماذج الثلاثة

فات ومكونات الجدار

| | | | |
|--|--|---|---|
| | | <p>4 سم بلاط خرساني + 8 سم ترية + 16 سم خرسانة + 4 سم طبقة جص</p> | <p>4 سم طبقة جص + 20 سم طابوق + 4 سم طبقة سمنت</p> <p>الاول</p> |
| | | <p>4 سم بلاط خرساني + 8 سم ترية + 16 سم خرسانة + 4 سم طبقة جص</p> | <p>4 سم طبقة جص + 10 سم طابوق + 8 سم عازل + 10 سم طابوق + 4 سم طبقة سمنت</p> <p>الثاني</p> |
| | | <p>4 سم بلاط خرساني + 4 سم ترية + 4 سم عازل + 16 سم خرسانة + 20 سم فجوة هوائية + 4 سم طبقة جص</p> | <p>4 سم طبقة جص + 10 سم طابوق + 8 سم فجوة هوائية + 10 سم طابوق + 4 سم طبقة سمنت</p> <p>الثالث</p> |

جدول (2) خواص المواد الإنشائية^[9]

| اسم المادة | الموصلية الحرارية واط/م . م | الكثافة كغم/م ³ | الحرارة النوعية كيلوجول/كغم . م | الانتشارية الحرارية م ² /ثانية X 10 ⁻⁷ |
|--------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|---|
| جص | 0.48 | 1440 | 0.84 | 3.4 |
| طابوق | 0.7 | 1550 | 0.838 | 5.4 |
| بلاط خرساني | 2.0 | 2300 | 0.8 | 10.9 |
| ترية | 1.23 | 2240 | 0.92 | 0.6 |
| خرسانة | 1.5 | 2200 | 0.838 | 0.81 |
| زجاج | 0.78 | 2700 | 0.84 | 3.4 |
| بولي ستايرين | 0.32 | 33.5 | 1.21 | 78944.12 |

جدول (3) خواص الهواء عند ضغط جوي واحد

| | |
|-----|-----------------------|
| 300 | درجة الحرارة (كلفن) |
|-----|-----------------------|

| | |
|--------|--|
| 0.998 | الكثافة (كغم/م ³) |
| 0.2216 | الانتشارية الحرارية (م ² /ثانية × 10 ⁻⁷) |
| 0.2216 | الموصلية الحرارية (واط/م.م) |
| 0.708 | رقم برانتل Pr |
| 1.005 | الحرارة النوعية (كيلوجول/كغم.م) |