

السلوك الحراري لجدار من الثرمستون ثنائي القشرة نظرياً وعملياً

أ.م. عاطف علي حسن

atif56ali@yaoo.com

معهد التكنولوجيا - بغداد

فارس علي

faris65alzubaidy@yahoo.com

معهد التكنولوجيا - بغداد

المستخلص

يهدف البحث الى مقارنة الأداء الحراري للجدار المشيد من مادة الثرمستون باستخدام تقنيات الجدران ثنائية القشرة نظرياً وعملياً. لذلك تم تشييد نموذج لغرفة (في مدينة بغداد) أبعادها (1 × 1 × 2) م، الجدار (1 × 2) م، ذو التوجيه الشرقي قيد الدراسة، بينما الجدران الأخرى والأرضية والسقف تم عزلها باستخدام ألواح الستايربور ذي السمك (200) ملم، مع استخدام مكيفة هواء جدارية سعتها التبريدية 0.5 طن تبريد لتوفير الظروف الحرارية القياسية داخل الغرفة.

تم تغيير مادة الحشوة لجدار الثرمستون ثنائي القشرة باستخدام عدة مواد متوفرة محلياً وغير شائعة الاستخدام في التشييد حالياً، (الطابوق الطيني - اللبن، الألواح القصبية، خشب فايبر مع فجوة هوائية، ألواح الاسبست مع فجوة هوائية، نشارة خشب، عازل حراري، فجوة هوائية، الثرمستون). وتم قياس درجات الحرارة لطبقة الانهاء الخارجية والداخلية للجدار قيد الدراسة وكذلك درجة حرارة هواء البيئة (الظل) من الساعة 5:00 صباحاً ولغاية 7:30 مساءً (15 ساعة / يوم) وخلال أشهر الصيف (الشهر الخامس (أيار) ولغاية الشهر التاسع (أيلول) ورسم السلوك الحراري خلال تلك الفترة للجدار.

تمت المقارنة بين ما تم التوصل إليه عملياً من أحمال تبريدية وكمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف ولكل جدار مع ما تم حسابه من خلال البيانات المتوفرة في نشرات الجمعية الامريكية لمهندسي التكييف .

توصل الباحث الى وجود فرق كبير وغير مقنع بين نتائج الحسابات النظرية والعملية وكان الاختلاف يتراوح ما بين (10 - 45) % باختلاف مادة التحشية .

الكلمات الرئيسية: جدار ثرمستون ثنائي القشرة، تحشية الجدران بمواد مختلفة، حساب الحمل التبريدي للجدار نظرياً وعملياً، الطاقة الكهربائية المستهلكة من الجدار.

المقدمة

كما هو معلوم، فإن كمية الحرارة (ϕ) التي تنتقل من خلال جدران الأبنية تعتمد على ثلاث متغيرات والتي هي :

$$\phi = u. A. \Delta t$$

u = معامل انتقال الحرارة الإجمالي للمقطع (واط/م² . ك)

A = المساحة المعرضة لانتقال الحرارة (م²)

Δt = فرق درجات الحرارة على طرفي الجدار (المواجه للبيئة والغرفة) في لحظة حساب كمية الحرارة.

ان اختلاف طبيعة المواد الأولية الداخلة في صناعة المواد الانشائية المستخدمة في تشييد الجدران أو انهائها، سيقود حتماً الى تغير خواصها الحرارية (u)، مما أثر على اختلاف قابلية تلك المواد على نقل الحرارة خلالها وينعكس هذا على فرق درجات الحرارة على طرفيها (Δt). مما ينعكس على مقدار الأحمال الحرارية المطلوب توفيرها أو سحبها من تلك الأبنية المشيدة. فلذلك نجد أن الكثير من دول العالم قد أعدت نظام مواصفات خاصة بها، بعد أن وفرت الجهد والوقت لقياس خواص ما يتوفر فيها من مواد داخلة في الصناعة الانشائية، وإحدى تلك الدول هو العراق ولو أنها خطوة جاءت متأخرة إلا أنها أنجزت [1]، [2] ولكن السلوك الحراري (فرق درجات الحرارة على طرف الجدار) لتلك المواد التي تشكل المقطع الانشائي لم يتم قياسها محلياً وبصورة جدية، وما زال مهندسي التصاميم والميكانيك يعتمدون في الأغلب لأغراض التخمين السريع على دليل الجمعية الأمريكية لمهندسي التكييف والتبريد والتهوية [3] أو دليل شركة كارير [4]، حيث يتم حساب معامل انتقال الحرارة الكلي لمقطع لجدار ووزن الجدار لكل وحدة مساحة ونجد فروق درجات الحرارة للجدار الذي يمتلك ما يقارب تلك القيم المحسوبة. (هناك طرق أخرى أكثر دقة منها).

يعتقد الباحث بضرورة تعيين السلوك الحراري للمواد المستخدمة في التراكيب الانشائية، وتحديد فروق درجات الحرارة الأعظم وتغيره خلال ساعات اليوم الواحد، ليتمكن المصمم من مراعاة حفظ الطاقة وتقليل هدرها داخل المبنى، ولتبيان فروق الأحمال الحرارية الناشئة فعلياً عن تلك المحسوبة بالطرق التقريبية جاء بحثنا هذا ..

الأبنية والبيئة

يقع العراق في شبه المنطقة المدارية – الحارة الجافة والتي يغلب عليها المناخ الصحراوي، حيث يستمر فيها فصل الصيف لأكثر من سبعة أشهر، تسطع الشمس خلاله فترات طويلة (لأكثر من 12) ساعة/يوم، وتصل درجة حرارة الظل خلاله الى أكثر من 45°م، وبهذا تتعرض القشرة الخارجية للمبنى الى موجات حرارية تتناسب شدتها مع تغير الوقت وكما موضح في الشكل (1) مسببة إحداث فرق كبيرة بين درجتي حرارة الهواء الملامس للقشرة (الطبقة المتاخمة) الخارجية والداخلية للمقطع الإنشائي للمبنى خلال ساعات اليوم الواحد، إضافة الى المدى اليومي الكبير نسبياً لتغير درجات حرارة البيئة (ليلاً ونهاراً) والذي يصل لأكثر من 20°م [5]. أن الكسب الحراري خلال القشرة الخارجية للمقطع الإنشائي للمبنى يتألف من مجموع كميات الحرارة المنتقلة في حالة

الاستقرار (والذي ينشأ عن اختلاف درجتي حرارة الهواء داخل وخارج المبنى) والحالة غير المستقرة (الناتجة عن اختلاف كثافة الإشعاع الشمسي الساقطة على أسطح المبنى) وتتعدّد عملية انتقال الحرارة خلال الجدار لامتلاكه سعة حرارية (تعتمد قيمتها على كل من مقدار الموصلية الحرارية، الحرارة النوعية وكثافة مكونات الجدار) [6]، يجعلها تخزن جزءاً من الحرارة المنتقلة خلالها، حيث لا تظهر تقلبات درجة حرارة السطح الخارجي لمقطع الجدار بصورة سريعة بتقلبات مماثلة لدرجة حرارة السطح الداخلي لمقطع الجدار، أي أن المواد الإنشائية المؤلف منها مقطع الجدار ستزيد من مقدار التأخير الزمني لانتقال الحرارة خلاله، إضافة إلى تخميد ترددها العالي وكما موضح في الشكل (2)، ولكن بالرغم من ذلك، فإن درجة حرارة القشرة الداخلية لجدار المبنى سترتفع بعد فترة (قد تطول) ومما يؤدي إلى رفع درجة حرارة هواء الحيز الداخلي للمبنى لمستوى أعلى مما مؤشر في مستويات الراحة الحرارية المتناسبة مع طبيعة استخدام ذلك المبنى، مما يتطلب استخدام معدات التكييف على مدار ساعات اليوم الواحد، لامتصاص الأحمال الحرارية حال وصولها (منعاً لتجمعها) وتخفيض درجة حرارة هواء الحيز إلى ذلك المستوى المحدد مسبقاً، أي أن استهلاك الطاقة الكهربائية لأغراض تشغيل معدات التكييف يكون مرتبطاً بكمية الحرارة المنتقلة خلال جدران المبنى، فقليل تلك الحرارة سيقود إلى تقليل فترة تشغيل مكيفات الهواء وبالتالي تقليل كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف وبالتالي تقليل كمياتها المستهلكة بصورة عامة.

هدف البحث

لتبيان ضرورة قياس فرق درجات الحرارة على طرفي الجدار، تم قياس نموذج واحد من الجدران المستخدمة في العراق - جدران الترمستون - وذلك لأنه الأكثر في تقليل التسرب الحراري [10]، لذلك تم بناء نموذج غرفة أبعادها الداخلية الصافية (ابعاد الحيز الداخلي بدون سمك الجدار أو العازل) (2x1x1) م، تقع في الطابق الثالث من مبنى في مدينة بغداد (خط عرض 33.2 درجة شمالاً)، والجدار (2x1) م المعرض للبيئة (قيد الدراسة) مواجه للشرق. مشيد من طبقتين من الترمستون سمك كل منها 100 ملم وفجوة بينها سمكها (100) ملم (مبدأ الجدران ثنائية القشرة) وتم دراسة التصرف الحراري لهذا الجدار باختلاف مادة الحشوة مع تثبيت المتغيرات التالية:

1. منطقة البحث: مدينة بغداد - خط عرض 33.2 درجة شمالاً (باعتبارها متوسط خطوط العرض المارة بالعراق)
2. موقع غرفة الاختبار - تقع غرفة الاختبار على سطح مبنى مؤلف من طابقين (أي يرتفع (6) م عن الأرض)، لكي تكون الغرفة (جهد الامكان) معرضة للبيئة طيلة ساعات النهار، وعدم وجود ما يعيق تأثير الطاقة الشمسية عليها.
3. ان اتجاه الجدار قيد الدراسة هو الشرق. والرياح السائدة صيفاً في مدينة بغداد - شمال غرب (الرئيسية) شمال (الثانوية)، لذلك لن يكون لها تأثير واضح على تغيير درجة حرارة سطح طبقة الانهاء الخارجي للجدار (قيد الدراسة)، أما تأثير دخول هواء البيئة إلى داخل الغرفة. فتم استخدام شريط مطاطي على محيط منطقة تلامس الجدار المتحرك (جدار الاختبار) وغرفة الاختبار لجعل الهواء ساكن داخل الغرفة (باستثناء حركة الهواء نتيجة عمل مكيف الهواء)

4. توجيه الجدار قيد الدراسة نحو الشرق – (لكون أن البحث لا يتعلق بتحديد أفضل توجيهه، بل يتطلب تحديد أفضل مادة عن أخرى ولا ضرر من تثبيت التوجيه) والجدول (1) يوضح تأثير تغيير التوجيه على حمل التبريد لجدار من طابوق عادي [7].
5. لغرض تقليل انتقال الحرارة عبر المساحات الأخرى للغرفة، تم استخدام ألواح الستايربور (البولي ستايرين) سمك (200) ملم لتغليف سقف وأرضية وجوانب الغرفة لتحديد هذه المصادر جهد الامكان وجعل انتقال الحرارة من جدار الواجهة (الجدار قيد الدراسة) هو المصدر المؤثر في تغيير مستوى الراحة الحرارية داخلها.
6. استخدام مكيفة هواء جدارية سعتها نصف طن تبريد لتوفير الظروف الحرارية المناسبة داخل الغرفة.
7. مستوى الراحة الحرارية المطلوب توفيرها داخل الغرفة يكون 26.5 م° بصله جافة، 65 % رطوبة نسبية صيفاً، لكون أن اشغال الحيز أكثر من 40 دقيقة (درجة حرارة هواء البيئة صيفاً (الظل) أقرب الى 50 م°) [8].
8. ان مادة الإنهاء الخارجية للأرض المحيطة بالنموذج هي البلاطات الخرسانية (الشتايرك)، أبعاد كل قطعة (40x800x800) ملم، رصاصية اللون ومادة الإنهاء الداخلية للجدران والسقف هي العازل الحراري (الستايربور) باستثناء جدار الاختبار حيث يكون الإنهاء الداخلي – الاكساء بالجبس سمك 25 ملم، بينما مادة إنهاء الجدار من الخارج هي الاكساء بالسمنت سمك 20 ملم.
9. تم الاعتماد على قيم معامل التوصيل الحراري والكثافة للمواد المستخدمة في البحث [1] لغرض تقدير معامل الانتقال الحراري الاجمالي للمقاطع الانشائية.

مادة البناء	الكثافة kg/m ³	معامل التوصيل الحراري W/m.k
الترمستون	760	0.21
نشارة الخشب	50	0.109
جص فني	1200	0.57
الاكساء بالسمنت	2050	1.08
الألواح القصبية	150	0.059
الواح الستايربور	25	0.03
الواح الاسبست	1500	0.6
اللبن	1560	0.61
الواح خشب الفاير	1600	0.25

10. تم الاعتماد على البيانات الموضحة في [9] لتقدير انتقال الحرارة بالحمل الحر (h) من الجدار الى حيز الغرفة

$$h = 1.31 (\Delta t)^{1/3}$$

حيث أن Δt هي فرق درجات الحرارة بين السطح الساخن (الجدار) ودرجة الحرارة القياسية داخل الغرفة.

11. الاعتماد على دليل الجمعية الامريكية لمهندسي التكييف والتبريد والتهوية [3] لتحديد فرق درجات الحرارة المكافئ لحمل التبريد للمقاطع الانشائية التي تم دراستها عملياً (الملحق تفصيلاً).

12. لغرض تقدير الأحمال التبريدية تم قياس درجات الحرارة على طرفي جدار الاختبار باستخدام مقاييس الكترونية مصنعة من قبل شركة (Intelligent

Auto Digital Thermo-meter by Victor Company)

أما المتغيرات التي شملت بالدراسة في هذه الورقة فهي دراسة السلوك الحراري لجدار مشيد من الترمستون، ثنائي القشرة وبتغيير مادة الحشوة (حيث استخدمت لهذا الغرض عدة مواد متوفرة محلياً سمكها 100 ملم وهي الترمستون، فجوة هوائية، اللين، الألواح القصبية، العازل الحراري (الستايربور)، نشارة الخشب والواح الاسبست مع فجوة هوائية، والواح خشب الفايبر مع فجوة هوائية) تجريبياً ونظرياً، تجريبياً تم قياس درجات الحرارة على طرفي مادتي الانتهاء الداخلي (المواجهة للغرفة) والخارجية (المواجهة للبيئة) ودرجة حرارة هواء البيئة (الظل) خلال يوم واحد/ شهر (من الساعة 5:00 صباحاً ولغاية 7:30 مساءً) 15 ساعة/ يوم، ولمدة أشهر الصيف (أيار) الشهر الخامس) ولغاية أيلول (الشهر التاسع)، وتمثيل السلوك الحراري في المخططات الموضحة في الأشكال (4,5). بينما نظرياً تم حساب المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للمقطع، وحساب وزنه لكل وحدة مساحة لايجاد فروق درجات الحرارة وبالتالي حساب الحمل التبريدي المطلوب وكما موضح في الجدول (1).

النتائج والمناقشة

لغرض تحقيق هدف البحث، تم دراسة السلوك الحراري لجدار من الترمستون الصلد وثنائي القشرة (مع تغيير مادة الحشوة المستخدمة مع الجدار ثنائي القشرة) و النتائج موضحة بالأشكال (4,5) بينما الجدول (2) يوضح مقارنة الأحمال التبريدية والطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف نظرياً وتطبيقياً. وفي أدناه مناقشة المتغيرات الرئيسية للبحث:

• طبيعة المادة الأولية للجدار

ان مادة البناء - الترمستون - (معامل التوصيل الحراري $k = 0.21$ واط.م.ك (ρ) الكثافة الكتلية = 760 كغم/م³) لها خصائص العزل الحراري أكثر من المواد الأخرى المتوفرة حالياً في العراق (طابوق الفني المثقب $k = 0.85$ (ρ) الكثافة الكتلية = 1200 كغم/م³) - كتل خرسانية صلدة $k = 1.49$ $(\rho) = 2300$ كغم/م³) - كتل خرسانية مجوفة $k = 1.28$ $(\rho) = 1440$ كغم/م³) - حجر حلان $k = 1.2$ $(\rho) = 1680$ كغم/م³). لذلك تم اختيار الترمستون مادة بناء لتشييد الجدار قيد الدراسة.

• طبيعة الجدار قيد الدراسة

لتحقيق تخفيض أكثر لمقدار معامل انتقال الحرارة للجدار المشيد من الترمستون [10]، تم استخدام الجدار ثنائي القشرة والمؤلف من قطعتين من الترمستون ذات السمك 100 ملم، مع وجود فجوة بينهما ذات سمك 100 ملم، يتم اشغالها بإحدى المواد المتوفرة محلياً (الواح البولي ستايرين (الستايربور)- الألواح القصبية – اللين – نشارة الخشب – الواح خشب الفايبر مع فجوة هوائية – الواح الاسبست مع فجوة هوائية – فجوة هوائية – الترمستون). وكذلك تمت مقارنة السلوك الحراري للجدار ثنائي القشرة مع السلوك الحراري لجدار الترمستون (الصلد) الاعتيادي 200 ملم، و300 ملم. وبالاتتماد على [1] تم حساب المعامل الاجمالي الكلي لانتقال الحرارة ووزن الجدار وكما موضحة في الجدول (2).

الحسابات النظرية للأحمال التبريدية الناشئة

ان التراكيب الانشائية المستخدمة في العراق لا تتطابق مع ما يستخدم من تراكيب انشائية (في الكثير من دول العالم) والمدرجة في دليل الجمعية الامريكية لمهندسي التكييف (ASHRAE)، لذلك فان مقدار فرق درجات الحرارة المكافئ لحمل التبريد الذي يتم الحصول عليه من التشابه بين قيم المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة ووزن الجدار لكل وحدة مساحة ما هو الا قيم مقربة لوجود مؤثرات أخرى لم يتم التطرق إليها وهي الحرارة النوعية للمادة وزمن التخلف ومعامل التخميم لتردد الموجة الحرارية المؤثرة وكما موضح في الجدول (2)، لذلك فان مقدار فرق درجات الحرارة المكافئ لحمل التبريد (المستخلصة من تلك الادلة) ستكون متقاربة ولأغلب الحشوات.

دراسة السلوك الحراري للجدران تجريبياً

تم دراسة السلوك الحراري ليوم واحد/شهر وخلال أشهر الصيف (شهر أيار – شهر أيلول)، وكمثال توضيحي ما توضحه الأشكال (4،5)، بينما نتائج فروق درجات الحرارة خلال تلك الفترة موضحة بالجدول (2) (وموضحة تفصيلاً بالملحق)، كمية الحرارة المنتقلة خلال الجدار وكمية الطاقة الكهربائية المستهلكة من قبل مكيفة الهواء موضح كذلك في الجدول (2)، وبالرجوع الى الشكل (4) يتضح أن أقصى درجة حرارة يمتلكها السطح الخارجي للكتلة البنائية المشيد منها الجدار قد سجلت في حدود الساعة (10) صباحاً (لكون الجدار مواجه للشرق) بينما أقصى درجة حرارة للسطح الداخلي – سطح الجدار المواجه للغرفة – كانت في حدود الساعة (1) بعد الظهر للجدار الصلد سمك 200 ملم، بينما كانت عند الساعة (2:30) بعد الظهر للجدار الصلد سمك 300 ملم، وعند استخدام الجدار ثنائي القشرة كانت درجة الحرارة الأعظم عند الساعة (3:00) بعد الظهر، أي أن زمن التأخير الحراري كانت (3.0) ساعة للجدار الصلد سمك 200 ملم بينما أصبح (4:30) ساعة للجدار الصلد سمك 300 ملم و (5:00) ساعة عند استخدام الجدار ثنائي القشرة بوجود فجوة هوائية. أما فرق درجات الحرارة على طرفي الجدار فتأخذ القيم (5.3 م°، 6.2 م°، 5.8 م°) حسب التسلسل السابق – بينما كمية الحرارة المنتقلة خلال تلك الجدران فموضح في الجدول (2) – وان تقليل تأثير وجود

الفجوة الهوائية يرجع وحسب اعتقاد الباحث الى عدم تحقق الفجوة الهوائية المغلقة لكون ان الجدار يمتلك مسامات لا يمكن السيطرة عليها، لذلك يتحرك هواء البيئة خلال تلك الفجوة وتنشأ عنه تيارات حمل تمر وتنتقل كمية من حرارة البيئة الى داخل تلك الفجوة مسبباً حمل حراري وبذلك قلت كفاءة العزل الحراري للفجوة الهوائية. والسلوك الحراري للجدار ثنائي القشرة وبتغيير نوعية الحشوة موضح في الشكل (5) –ويتضح أن أفضل حشوة هي العازل الحراري، حيث يحقق عندها الجدار أعلى كفاءة عزل ، وكانت فرق درجات الحرارة على سطحي الجدار 8.45 م° ، بينما استخدام الواح القصب كحشوة للجدار ثنائي القشرة قد تسبب في فرق درجات حرارة قدرها (8.1) م° يليه وبفارق قليل الجدار ذو الحشوة نشارة الخشب حيث كان فرق درجات الحرارة (7.9) م°، أما استخدام الواح الفايبر مع وجود فجوة هوائية قد سجل فرق درجات حرارة في حدود (6.05) م° ، بينما استخدام مادة اللين قد سجلت فرق درجات حرارة (5.82) م° وان استخدام الواح الاسبست مع الفجوة الهوائية قد سجل (5.72) م° ، وكمية الحرارة المنتقلة من البيئة الى الغرفة عبر هذه الجدران موضحة في الجدول (2) .

فرق درجات الحرارة بين الجانب النظري والعملي:

يوضح الجدول (2) قيم فروق درجات الحرارة لكل جدار محسوبة نظرياً أو مقاسة عملياً، حيث كانت للجدار الصلد (200) ملم (46442) م° نظرياً وفي حدود (42990) م° عملياً مما أدى الى أن حمل التبريد خلال فصل الصيف كان (40.17) كيلو واط/م² نظرياً بينما تحقق عملياً في حدود (37.2) كيلو واط/م²، أي أن النسبة المئوية لتغير القيم عملياً في حدود 7.4% وفي حالة الجدار مشيد باستخدام الكتل الصلدة سمك 300 ملم فان نسبة التغير ستصل الى 28% وهكذا لبقية الجدران (موضح في الجدول (2)). وبالأجمال فان نسبة تغير حمل التبريد الحقيقي (المقاس) عن النظرية (المحسوب) يقل بالحدود (7.4-71) % تبعاً لنوع الجدار وتغير الخواص . وبالنهاية ومن خلال النتائج التي توصل اليها الباحث أمكن تثبيت الاستنتاجات التالية :

1. ان قياس مقدار المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للمقاطع الانشائية المستخدمة فعلياً في العراق غير كافي لاعطاء صورة عن تصرف الجدار حرارياً، لأنه يتطلب قياس تصرف الجدار حرارياً، أي معرفة توزيع درجات الحرارة على طرفي الجدار.
2. ان استخدام ادلة الجمعية الاميركية لمهندسي التكييف وغيرها من الجداول الجاهزة لتقدير فرق حمل التكييف غير كافي وتعطي أحمال حرارية أكبر من تلك المطلوبة فعلياً بحدود (7.4-71)% تبعاً لنوعية الجدار.
3. يتطلب القيام بجهد ملموس لقياس فرق درجات الحرارة خلال المقاطع الانشائية المستخدمة فعلياً.
4. يتطلب النوعية باستخدام الجدران ثنائية القشرة والتي تحوي على عوازل حرارية محلية بدلاً من الجدران الصلدة لكونها أخف وزناً إضافة الى تحقيق ترشيد أكبر للطاقة المستهلكة.
5. ان استخدام المواد العازلة المتوفرة محلياً مثل الألواح القصبية أو نشارة الخشب يحقق توفير معقول للطاقة المستهلكة لأغراض التكييف.

المصادر:

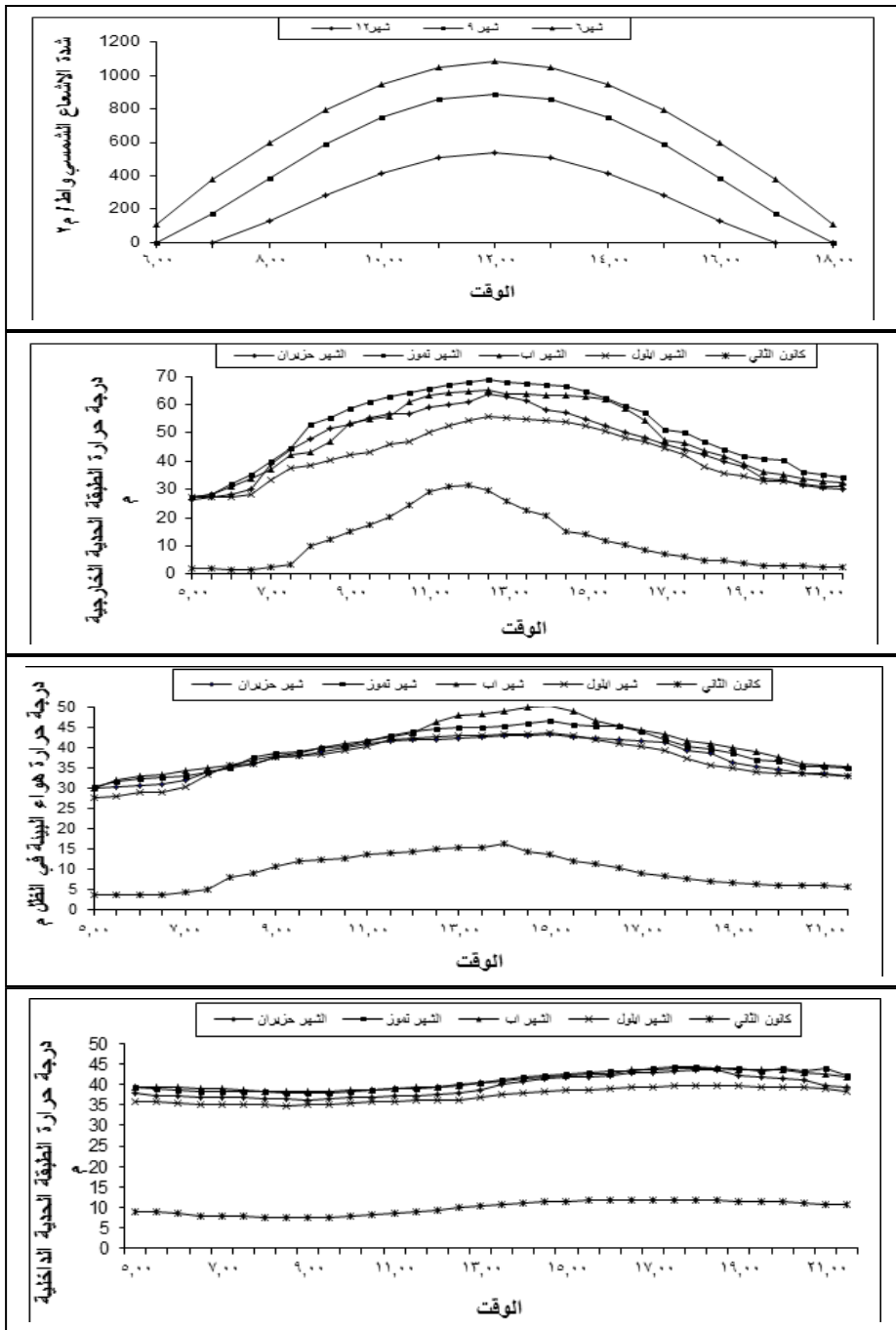
- [1] الدوري، د.مجيد واخرون [الموصلية الحرارية للمواد البنائية في العراق] المؤتمر العراقي الأول للطاقة، وزاره النفط - العراق، 1992.
- [2] الدوري، د. مجيد؛ حسن، عاطف علي وآخرون (معاملات انعكاس الطاقة الشمسية من اسطح مواد الانهاء المستخدمة في العراق) المؤتمر العلمي الخامس - مجلس البحث العلمي - العراق - 1989.
- [3] ASHRAE Hand book of Fundamentals, 1997, American Society of Heating, refrigeration, Air - Conditioning Eng.
- [4] Carrier Air - Conditioning Company (Hand book of Air - Conditioning System Design), Mc. Graw - Hill book company - NewYork - 1969.
- [5] كامل شعبان، عوني؛ الجوايدي، مقداد "التحليل المناخي للعراق وأثره على العمارة" تقرير من منشورات مركز بحوث البناء - مجلس البحث العلمي - العراق 1975.
- [6] Jones, W.P., Air-Conditioning Eng. Edward Amold, London, 1987.
- [7] علي حسن، عاطف، "تقليل تأثير البيئة على درجة حرارة حيز المبنى بتغليف الجدران من الخارج - دراسة تجريبية" مقبول للنشر في المجلة العراقية للهندسة المدنية - جامعة الأنبار - 010 .
- [8] Arora, S.; Domkundwar, A Course in Refrigeration & Air Conditioning) Dhanput Rai & Sons - Delhi - 2007.
- [9] Rohsenow, Warren M. & Hartnett, James P., Handbook of Heat Transfer, McGraw - Hill Book Company - New York - U.S.A. 1973.
- [10] علي حسن، عاطف، "تقليل انتقال الحرارة خلال الجدران غير الساندة باستخدام نظام ثنائي القشرة وبدائل عن الطابوق"، مجلة القادسية للعلوم الهندسية، عدد خاص بأعمال المؤتمر العلمي الثاني لكلية الهندسة - جامعة القادسية - 2009.

جدول رقم (1) تأثير تغير توجيه جدار مشيد من الطابوق على كمية الحرارة المنتقلة خلاله [7]

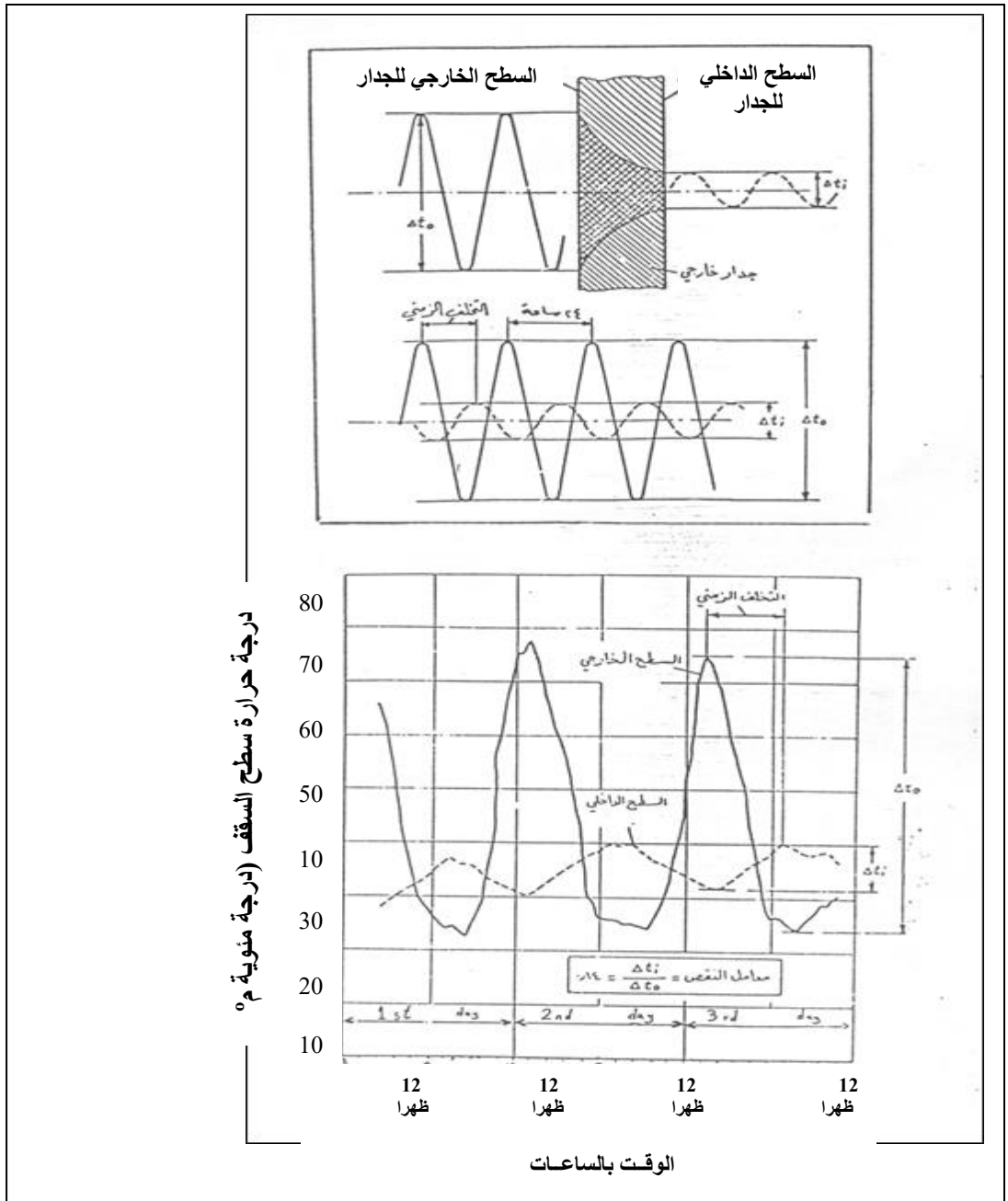
النسبة المئوية لتغير الطاقة المستهلكة نسبة للاتجاه الشرق %	الطاقة الكهربائية المستهلكة بوحدات kw-hr شهرياً	السعة التبريدية بوحدات طن تبريد شهرياً	فرق درجات الحرارة بين الجدار والحيز	درجة حرارة السطح الداخلي المواجه للغرفة Tr	درجة حرارة السطح الخارجي للجدار To	درجة حرارة الظل Tsh	توجيه الجدار
- 20.8	16.1	21.4	9.03	35.53	43.31	39.34	الشمال N
- 4.8	19.35	25.7	10.86	37.36	45.54		الشمال الشرقي NE
—————	20.33	27	11.4	37.9	46.2		الشرق E
- 0.74	20.18	26.8	11.32	37.82	46.10		الجنوب الشرقي SE
- 2.61	19.8	26.3	11.1	37.6	45.84		الجنوب S
+ 5.26	21.4	28.4	12	38.5	47.02		الجنوب الغربي SW
+ 2.61	20.86	27.7	11.7	38.19	46.55		الغرب W
- 5.02	19.3	25.65	10.83	37.33	45.41		الشمال الغربي NW

جدول (2) نتائج الحسابات النظرية والتجريبية المتحققة باختلاف طبيعة الجدار

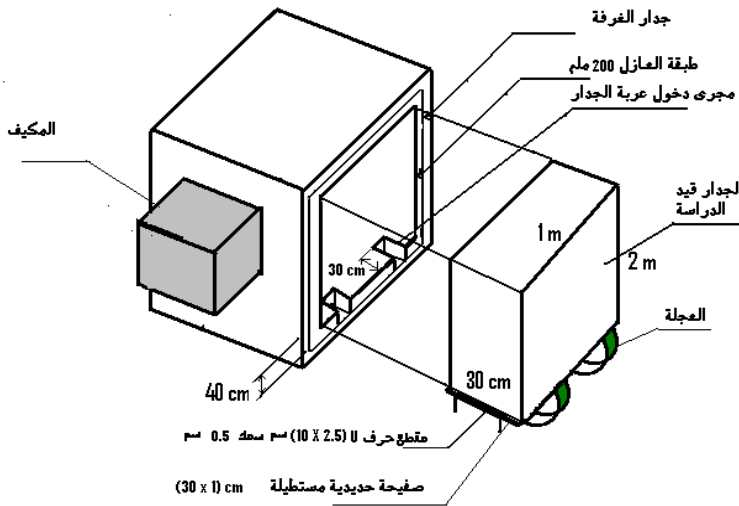
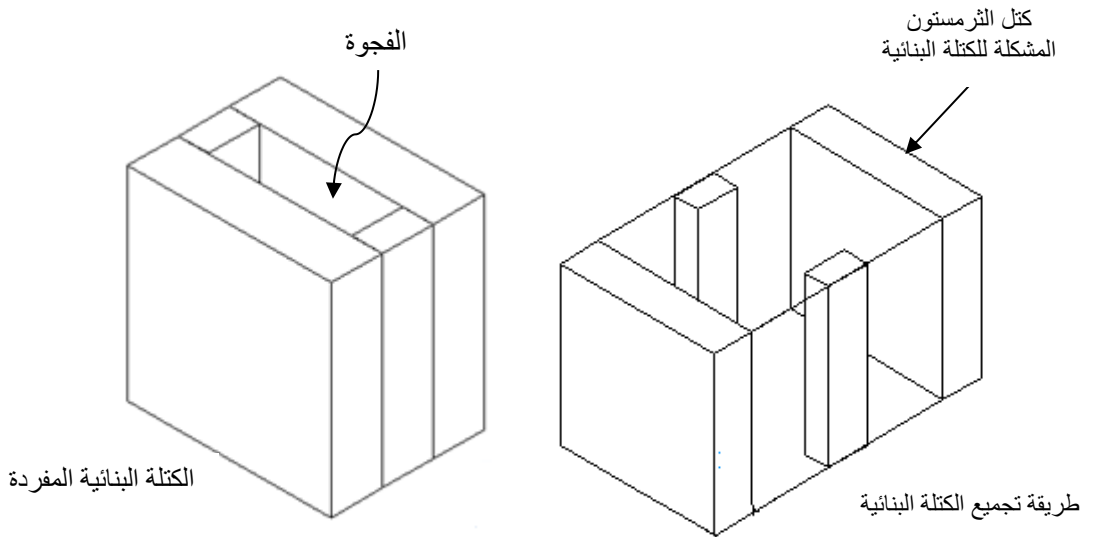
النسبة المئوية لاختلاف قيم العمل التبريدي عملياً %	النتائج التجريبية			الحسابات النظرية			وزن الجدار لكل وحدة مسطحة kg/m^2	المعامل العنق الحرارة والباطن α	الخشونة	طبيعة الجدار
	كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة كيلو وات ساعة	إجمالي حمل التبريد خلال فصل الصيف كيلو وات ساعة	فرق درجات الحرارة بين سطحي الجدار $^{\circ}C$	إجمالي حمل التبريد خلال فصل الصيف كيلو وات ساعة	فصلية الجدار وفرق درجات الحرارة حسب ASHRAE دليل	فرق درجات الحرارة بين سطحي الجدار $^{\circ}C$				
7.4	39.5	37.2	42990	40.17	46442 - E	152	0.865	جار صلب	ثرمستون 200 ملم	
28	21.75	20.5	33406	28.47	46442 - E	228	0.523	جار صلب	ثرمستون 300 ملم	
15.8	32.33	30.2	39134	35.86	46442 - E	152	0.772	قوة هوائية		
17.12	28.82	27.16	35830	32.77	43229 - C	308	0.736	لين		
50.5	13.1	12.33	31506	24.91	43841 - D	155	0.352	تفردة خشب		
50.44	15.7	14.8	23024	29.86	46442 - E	165	0.643	الواح خشب الواحد مع الفلين مع قوة هوائية		
37.34	23.9	22	29149	35.11	46442 - E	242	0.756	الواح الاستيكت مع قوة هوائية		
70.66	3.4	3.04	13605	10.36	46442 - E	155	0.223	الواح المتابور		
57	7.5	7.03	21702	16.35	46442 - E	192	0.352	الالواح الغصينة		



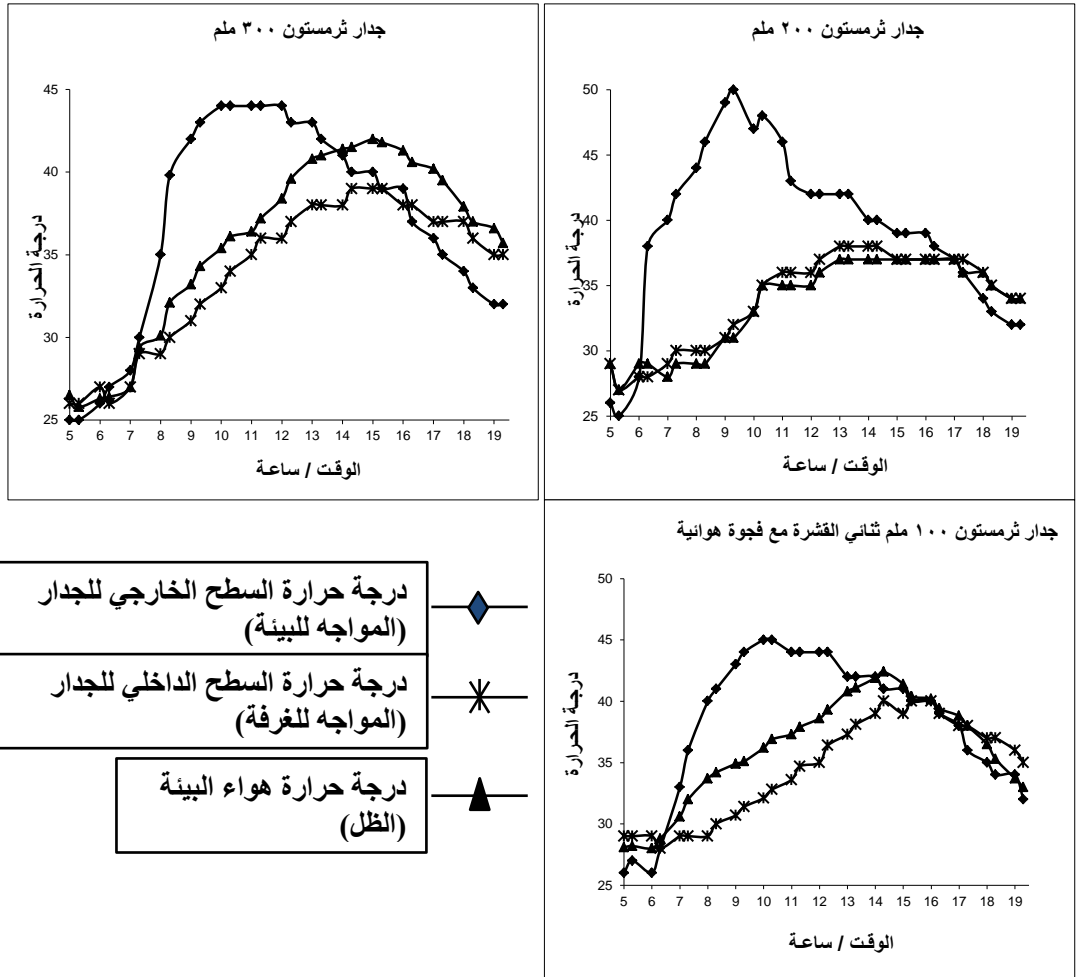
شكل (1): تغير الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة السطوح والظل بتغير الوقت لجدار مشيد من مادة الطابوق ومواجه للجنوب (قياسات الباحث)



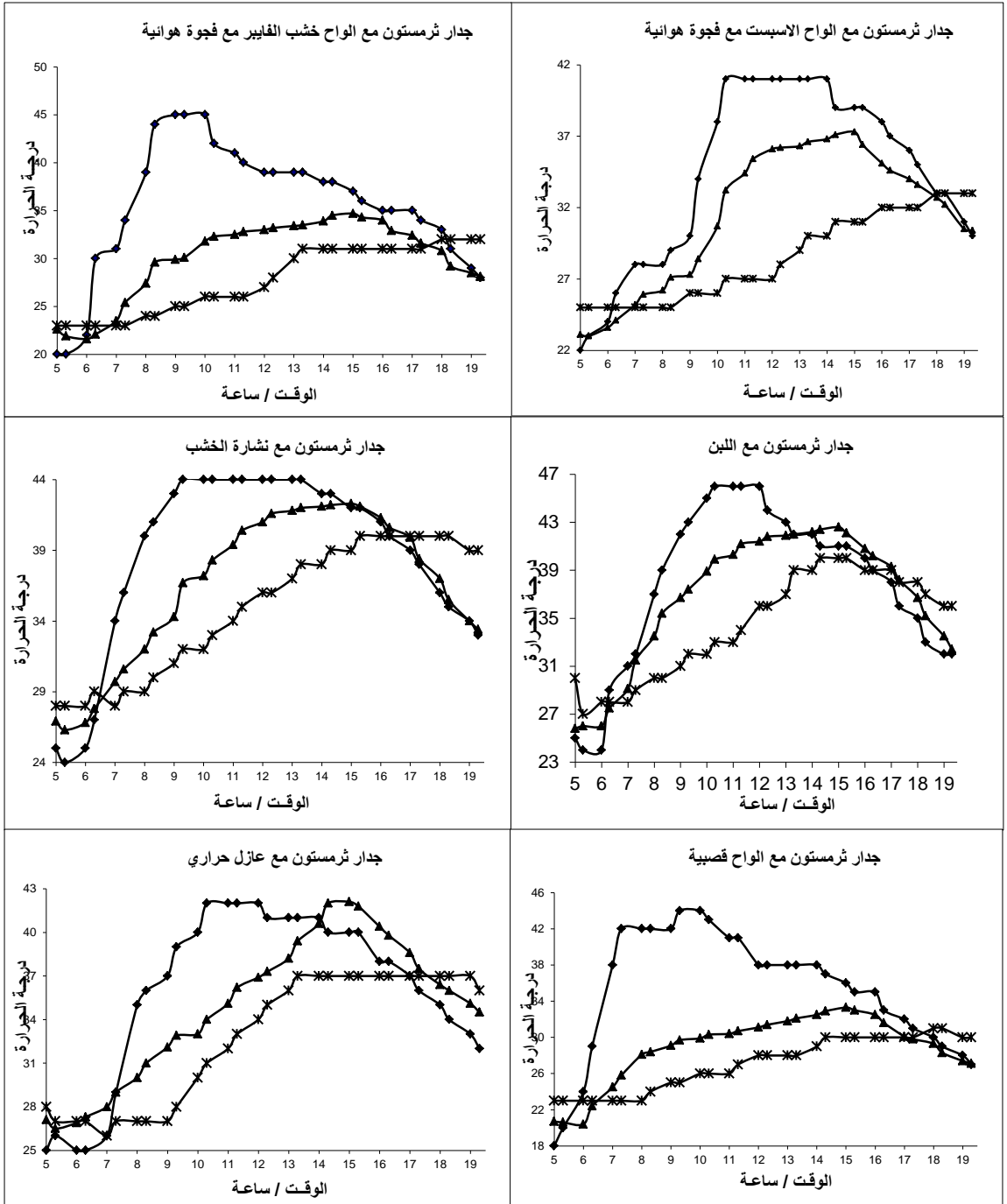
شكل (2) تردد الموجة الحرارية الخارجية المؤثرة على الجدار والموجة المنتقلة الى الداخل لجدار مواجه للجنوب



شكل (3) تفاصيل الجدار المقترح وغرفة الاختبار



شكل (4) السلوك الحراري لجدار صلد من الترمستون سمك 200 ملم، 300 ملم وجدار ترمستون 100 ملم ثنائي القشرة مع فجوة هوائية



شكل (5) السلوك الحراري لجدار من الترمستون 100 ملم ثنائي القشرة بتغيير مادة الحشوة

الملحق نموذج للحسابات النظرية

بالرجوع الى ادبيات الجمعية الامريكية لمهندسي التبريد /المرجع / الأساسيات / الفصل 26 – حسابات حمل التكييف للجدار من الترمستون الصلد نتبع الخطوات التالية :

1. ايجاد فصيلة الجدار

بما أن جدار الترمستون المنفذ له وزن 152 كغم/م² وكذلك معامل انتقال حراري كلي 0.865 واط/م.م⁰، ومن بيانات الجدول (6) نجد أن أقرب وزن وضمن حدود معامل انتقال الحرارة لجدار الترمستون سيكون ضمن الفصيلة E لكونها الأقرب كثيراً ويكون وزن الجدار لها في الحدود (140-181) كغم/م²، أي ان متوسط هذا المدى سيكون مقارب جداً لوزن جدار الترمستون وكذلك فان المعامل الانتقال الحراري سيكون ضمن المتوسط كذلك .

لذلك سنجد فرق درجات الحرارة لهذه الفصيلة من الجدول (7) عند التوجيه الشرق وستكون فروق درجات الحرارة خلال ساعات اليوم الواحد كما في أدناه .

	5	6	7	8	9	10	11	12
<u>الوقت (Am)</u>	5	6	7	8	9	10	11	12
فرق درجات الحرارة	7	6	5	4	3	3	6	10
<u>الوقت (Pm)</u>	1	2	3	4	5	6	7	8
فرق درجات الحرارة	15	18	20	21	21	20	19	18

معامل k سيفرض (1) لكون ان لون الترمستون هو أصلاً ابيض وجو العراق مغبر وملوث .

أما تصحيح خط العرض والشهر .. فيمكن الحصول عليه من الجدول (LM) بعد أن تم فرض أن خط العرض مدينة بغداد هو 32° (الأقرب) .

	5	6	7	8	9
<u>الشهر</u>	5	6	7	8	9
معامل التصحيح	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1-

وبالرجوع الى بيانات دائرة الأنواء الجوية / العراقية .. يتضح أن :

	5	6	7	8	9
<u>الشهر</u>	5	6	7	8	9
أعلى درجة مسجلة	35.1	40.3	44.0	44.5	36.00
أقصى درجة مسجلة	22.9	26.9	28.6	27.9	29.30
المتوسط اليومي	29.0	33.6	36.3	36.2	27.8

وبما أن درجة حرارة الغرفة (24.5) م⁰ لذلك فان تصحيح اختلاف درجتي حرارة التصميمية والمتوسط ستأخذ الصورة التالية :

تصحيح درجة حرارة الغرفة :

الشهر	5	6	7	8	9
$(25.5 - t_r) = (25.5 - 24.5)$	1	1	1	1	1

بينما تصحيح متوسط تغير درجة حرارة هواء البيئة سيكون :

$(T_{av} - 29.4)$	-0.4	4.2	5.9	5.8	-1.6
-------------------	------	-----	-----	-----	------

وعليه فان اجمالي التصحيح سيكون :

	0.6	5.2	6.9	6.8	-0.6
--	-----	-----	-----	-----	------

بينما حساب فرق درجات الحرارة عبر الجدران سيكون:

$$\Delta t = [(CLTD) + LM]K + (\Delta t_{room} + \Delta t_{out})$$

$$\varphi = \sum_{t=5Am}^{t=7.5 Pm} \varphi = \sum_{t=5 Am}^{t=7.5 Pm} U. A. (CLTD)$$

وكمية الحرارة التي تنتقل عبر الجدار خلال الشهر الخامس:

$$\varphi_5 = U. A. \sum_{t=5Am}^{t=7.5 Pm} CLTD = U. A. \sum_{t=5 Am}^{t=7.5 pm} (CLTD + LM + \Delta t)$$

ولذلك فان كمية الحرارة التي تؤثر بها البيئة عبر الجدار هي مجموع كميات الحرارة المنتقلة عبر الجدار للساعات المحددة بين 5 صباحاً ولغاية 7.5 عصرًا وعلى مدار أيام الشهر.

$$= U. A. \sum_{t=5Am}^{t=7.5 Pm} (CLTD + LM) + \Delta t$$

وعليه فان $(CLTD)_c$ ستأخذ القيم التالية / حسب الشهر

الشهر	5	6	7	8	9
$CLTD_c$ فرق درجات الحرارة	234	317	365	363	237

أي ان الحمل الحراري المنتقل الى داخل الغرفة عبر الجدار خلال يوم واحد من الساعة 5 صباحاً ولغاية 7.5 عصرأ وللشهر الخامس :

$$\varphi = U.A CLTD = U.A (234)$$

بينما الحمل الحراري المنتقل خلال فصل الصيف عبر الجدار لجميع أيام فصل الصيف هو :

$$\varphi = U.A [234 \times 31 + 317 \times 30 + 365 \times 31 + 363 \times 31 + 237 \times 30]$$

$$\varphi = U.A (46442)$$

وبنفس الاسلوب يتم إيجاد فرق درجات الحرارة الكافي لحمل التكييف لبقية أنواع الجدران وكما موضح في ادناه للفصيلة C لذلك فان CLTD ستتغير حسب الشهر كما في أدناه :

الشهر	5	6	7	8	9
CLTD	213	296	443	242	216

بينما قيم CLTD للجدار ذو الفصيلة D ستكون :

الشهر	5	6	7	8	9
CLTD	217	300	348	346	202

وبنفس الطريقة يتم حساب CLTD/الفصلي ومن ثم حساب φ

Thermal Behavior for Double Shell Thermostone Wall

Assist. Prof. Atif Ali Hasan

atif56ali@yahoo.com

Institute of Technology - Baghdad

Faris Ali

faris65alzubaidy@yahoo.com

Institute of Technology - Baghdad

Abstract: *The thermal behavior of thermostone wall which used double shell system, will be compared theoretically and practically, by changing the material type which filled a space between wall parts (mud brick, fiber wood or asbestos sheet with air gap, sawdust, insulating materials, air gap, and thermostone).*

The researcher build a (1 x 1 x 2)m room sample at third story in building ((Baghdad city – Latitude 33.2° North)) and (1 x 2)m testing wall to east orientation, while the other surfaces were insulated by (200) mm styropor sheets and using Air – Conditioner (0.5) ton of refrigeration to provide the standard thermal comfort in that room. The wall and air Temperature, cooling load and electrical energy consumption for (15 hr/day) along summer season (May to September), and compared with the results from ASHRAE Guide .

The researcher found, the value of results from theoretical calculation is more than the practically measured by (10 – 45) % .

Keywords: Double Shell Thermostone Wall, different material filling walls, cooling load calculation and measuring, wall electrical energy consumption.