Hadhramout University Journal of Natural & Applied Sciences

Volume 18 | Issue 2 Article 7

2021

Thermal processors in the walls of external brick buildings

Ali Rubaia Bin Ali
Department of Architecture & Environmental Planning Faculty of Engineering & Petroleum Hadhramout University, ruba.myka@yandex.ru

Nadia Abdul-Sater Kandakji
Department of Architectural Design Faculty of Architecture Arab University of Science and Technology (AUST) Hama, Syria

Follow this and additional works at: https://digitalcommons.aaru.edu.jo/huj_nas

Part of the Architectural Engineering Commons

Recommended Citation

Bin Ali, Ali Rubaia and Kandakji, Nadia Abdul-Sater (2021) "Thermal processors in the walls of external brick buildings," *Hadhramout University Journal of Natural & Applied Sciences*: Vol. 18 : Iss. 2 , Article 7.
Available at: https://digitalcommons.aaru.edu.jo/huj_nas/vol18/iss2/7

This Article is brought to you for free and open access by Arab Journals Platform. It has been accepted for inclusion in Hadhramout University Journal of Natural & Applied Sciences by an authorized editor. The journal is hosted on Digital Commons, an Elsevier platform. For more information, please contact rakan@aaru.edu.jo, marah@aaru.edu.jo, u.murad@aaru.edu.jo.

Hadhramout University Journal of Natural & Applied Science Vol 18 No 2 (2021) 147–164

Contents lists available at https://digitalcommons.aaru.edu.jo/huj_nas/.

Hadhramout University Journal of Natural & Applied Science

Article

Digital Object Identifier:
Received 16 November 2020,
Accepted 6 July 2021,
Available online 13 December 2021

Thermal processors in the walls of external brick buildings

Ali Rubaia Bin Ali [1,*], Nadia Abdul-Sater Kandakji [2]

[1] Department of Architecture & Environmental Planning Faculty of Engineering & Petroleum Hadhramout University
[2] Department of Architectural Design Faculty of Architecture Arab University of Science and Technology (AUST) Hama, Syria.
*Corresponding author: ruba.myka@yandex.ru

This is an open-access article underproduction of Hadhramout University Journal of Natural & Applied Science with eISSN xxxxxxxxx

Abstract: The research raises urgent substantive issues related to finding foundations for the promotion and improvement of energy efficiency in buildings and structures. This research reviews a number of methodological solutions to improve the thermal protection properties in the exterior walls of brick buildings and discusses the issues of improving the use of high-tech facade systems, with a view to maintaining the quality of the indoor climate in the building spaces with minimal energy. The research methodology is based on scientific analysis of the best global experiences that address the walls of innovative buildings adapted to climate.

Keywords: Energy efficiency; heat transfer; building thermal scanning; thermal insulation materials; ventilated facades.

المعالجات الحرارية في حوائط مباني الطوب الخارجية

ربيع علي بن علي محمد[1,*], ناديا عبد الساتر قندقجي[2]

الملخص: يثير البحث مسائل موضوعية مُلحَّة تتعلَّق بإيجاد أسس لتعزيز وتحسين كفاية الطاقة في المباني والمنشآت. ويستعرض هذا البحث عدداً من الحلول المنهجية لتحسين خواص الحماية الحرارية في الحوائط الخارجية لمباني الطوب، ويناقش قضايا تحسين استخدام أنظمة الواجهات ذات التقنية العالية، لغرض الحفاظ على جودة المناخ الداخلي في فضاءات المبنى بأقل طاقة ممكنة. وتعتمد منهجية البحث على التحليل العلمي لأفضل الخبرات العالمية، التي تعالج حوائط المباني المُبتكرة المتكيِّفة مع المناخ.

الكلمات المفتاحية: كفاية الطاقة، النقل الحراري، المسح الحراري للمبنى، مواد العزل الحراري، واجهات التهوية.

مقدمة عامة:

يتأثَّر المناخ الداخلي المحلي في فضاءات المبنى بشكل كبير بعمليات التبادل الحراري مع البيئة الخارجية من خلال الجدران الخارجية. ويتطلَّب الحفاظ على مرافق الراحة الداخلية القيام بعملية مستمرة لتكييف المبنى صيفاً أو تدفئته شتاءً، وهذا يعني المزيد من استهلاك الطاقة.

لقد مثَّل تخفيض تكاليف المواد والطاقة في أثناء عملية تشييد المباني المختلفة وبعد تشغيلها، ولاسيَّما فيما يخص المباني السكنية والعامة، مسألة مهمة في عملية البناء ككُل. وبالنظر إلى أن المباني والمنشآت تستأثر بحوالي نصف استهلاك إجمالي الطاقة في معظم البلدان، فإنّ المشكلة المُلحَّة اليوم أصبحت تتمثَّل في زيادة كفاية استخدام الطاقة في كلٍّ من المباني المُشيَّدة حديثاً والمباني القديمة التي لا تزال قيد الاستخدام، تلك التي لا تفي بالمتطلَّبات الحديثة لاستهلاك الطاقة.

وبالرغم من وجود العديد من الطرائق المُتنوِّعة لتوفير الطاقة في المباني، إلا أنه يمكن حصرها في التدابير الرئيسة الآتية:

- تحسين حلول التصاميم المعمارية والتخطيط العمراني.
- تحسين نوعية الحوائط الخارجية.
- تحسين النُظم والمعدَّات الهندسية.
- الاستخدام الواسع النطاق لمصادر الطاقة غير التقليدية، وأهمّها الطّاقة الشمسية.

وتسهم كل تلك التدابير في خفض استهلاك الطاقة في المباني.

وفي هذا البحث أُخِذ في الاعتبار خسائر الحرارة الكبيرة من خلال الجدران الخارجية، والتي قد تصل إلى (45٪)، وفقدانها من خلال الأرضيات والسقوف بحوالي (22٪)، وينبغي التأكيد على أن

تخفيضها يعد مهمة بالغة الأهمية. ومن أجل زيادة مقاومة انتقال الحرارة في الجدران الخارجية للمباني وهياكلها، يتم إجراء مراجعة دورية لمتطلبات قوانين البناء للحماية الحرارية للمباني.

ومن الأهمية بمكان، الإشارة إلى أن أحد العوامل الفعَّالة في توفير الطاقة، هو تحسين نوعية العزل الحراري في المبنى، من خلال تغيير عناصره القديمة سيئة العزل، واستبدالها بعناصر حديثة ذات معامل نقل حراري منخفض، للحد من تسخين أو تبريد فضاءات المبنى بسبب الهواء المُتسرب خلال حوائط المبنى الخارجية. وغالباً ما تُمثِّل خسائر الحرارة تلك أكثر من 25 ٪ من إجمالي خسائر الطاقة، المُخصَّصة للحفاظ على مرافق الراحة في فضاءات المبنى. ولهذا تعد المقاومة الفعَّالة لانتقال الحرارة خلال حوائط المبنى أحد المؤشرات القياسية في الحماية الحرارية للمبنى، وتحسين كفاية الطاقة فيه.

إنَّ استخدام مواد العزل الحراري الفعَّالة في الجدران، وتطوير الحلول الهيكلية والتقنية للمباني ذات الكفاية في استخدام الطاقة يفتح المجال أمام إمكانية حدوث انخفاض كبير في كتلتها، من خلال تطوير واستعمال مواد جديدة كالخرسانة الرغوية ذات الكثافة المنخفضة، ورغوة البوليسترين والبوليمر المعالج حرارياً، والصوف الزجاجي والألياف المعدنية وغيرها. ومازال المجال مفتوحاً والسباق جارياً، لمزيد من الأبحاث العلمية لغرض تطوير القاعدة

الصناعية، لإنتاج المواد ذات الفعَّالية في العزل الحراري من مواد الخام المحلية، وحتى من مخلَّفات الإنتاج التي يمكن تدويرها.

إنَّ الجدران الخارجية للمباني المُصمَّمة قبل ظهور متطلبات الحماية الحرارية الحديثة تتَّصف بمستوى منخفض من الأداء الحراري، وفي سياق الإصلاحات والتجديدات الرئيسة التي تحدث لها، يتطلَّب العزل الحراري فيها اهتماماً خاصاً. وعلى الرغم من قُرب انتهاء صلاحية عمر الخدمة القياسي لكثير من المباني، إلا أنَّ الحالة الفنية لهياكلها الإنشائية مازالت لديها قدرة تحمُّل عالية، ومن ثم كان الحل الأمثل لمعالجة مسألة العزل الحراري في حوائطها الخارجية هو استخدام نظام واجهات التهوية.

إنَّ تقنية واجهة التهوية هي عبارة عن هيكل بإطارٍ معدني يتضمن مواد العزل وألواح التكسية، ويتَّصل بالجدار الخارجي للمبنى. ويُفترض في تصميم واجهات التهوية توفير فجوة هوائية لحركة الهواء الحر بين حائط المبنى وصفائح بطانة الكسوة، تلك التي تمنع عملية تكثيف الهواء وتزيل الرطوبة من على الجدران. ويعد نظام واجهات التهوية أحد أهم المعالجات الحرارية لحوائط المبنى، التي تمتلك فعَّالية ممتازة في مقاومة درجات الحرارة العالية والمنخفضة، والعزل الحراري والصوتي، وتتميَّز بالمتانة وطول فترة الخدمة.

مشكلة البحث:

تبقى مسألة كفاية استخدام الطاقة في المباني مطلباً مهماً في صناعة البناء والتشييد. وتوجد اليوم العديد من المجالات المستخدمة في توفير الطاقة. وإحدى الأولويات في تحسين كفاية الطاقة تتمثَّل في تحسين خواص الحماية الحرارية لجدران المباني الخارجية، عن طريق المراجعة الجوهرية للمسائل المتعلِّقة بالحلول الهيكلية والتكنولوجية لهياكل الجدران، والبحث عن مواد جديدة فعَّالة في العزل الحراري، بغرض الحد من فقدان أو اكتساب الحرارة خلال جدران مباني الطوب الخارجية.

الهدف من البحث:

إنَّ الهدف الرئيس لهذه الدراسة البحثية هو الحد من عملية الانتقال الحراري خلال الحوائط الخارجية لمباني الطوب، عن طريق تركيز الأنظار إلى عددٍ من المعالجات الحرارية الفعَّالة، الهادفة إلى كشف العيوب ومناطق الضعف في الجدران، ثم تحليلها ووضع المقترحات والحلول المناسبة لمعالجتها، لغرض الاقتصاد في استهلاك الطاقة في المبنى.

محتويات البحث الرئيسية:

قام الباحثان بهذه الدراسة التحليلية من خلال الخطوات الآتية:

أولاً: مميزات الحلول الإنشائية للحوائط الخارجية في المباني التي تتَّسم بكفاية الطاقة.

ثانياً: تحسين خواص الحماية الحرارية في الحوائط الخارجية لمباني الطوب المفخور.

ثالثاً: الحماية الحرارية لجدران المباني الخارجية المكوَّنة من الطوب المفخور.

3-1: الأبحاث والمسوحات التطبيقية لهياكل جدران المباني الخارجية المبنية من الطوب المفخور.

3-2 :تقويم مقاومة الانتقال الحراري للجدران في أثناء فحص التصوير الحراري.

3-3: بعض الملاحظات على مسوحات التصوير الحراري.

رابعاً: مواد العزل الحراري الفعَّالة في مكوِّنات حوائط المباني.

خامساً: واجهات التهوية.(Ventilated Facades)

5-1: الوظائف الرئيسة.

5-2: مجالات الاستخدام.

5-3: الإيجابيات والسلبيات.

سادساً: نتائج الدراسة والتوصيات.

أولاً: مميزات الحلول الإنشائية للحوائط الخارجية في المباني التي تتَّسم بكفاية الطاقة:

من الواضح أن تلبية المتطلبات الحديثة المتعلِّقة بالحماية الحرارية من خلال زيادة سماكة الجدران الخارجية والسقوف أمر شبه مستحيل وغير عملي. لذلك في حالة استخدام المواد الإنشائية التقليدية العازلة للحرارة، دون الحاجة إلى عزل حراري إضافي وفقاً لمعايير البناء التي تم اعتمادها حديثاً للحماية الحرارية، فأنه يجب أن يكون سُمك الجدران المبنية من الطوب أكثر من (1.26m)، وأما الطبقة الأحادية للسقوف المكوَّنة من الخرسانة الخلوية الخفيفة العازلة للحرارة، بكثافة تتراوح بين ($800 - 1200\ kg/m^3$)، ستكون (0.4 -0.94 m)، وفي حالة استخدام طبقة الصلصال المحروق (الكيرمزيت) في الأسطح، فإن سماكة العزل ستكون (0.44 - 0.55m).

إنَّ استخدام المواد الإنشائية التقليدية العازلة للحرارة في مكوِّنات الجدران الخارجية غير ممكن حالياً من الناحية الاقتصادية والتقنية، ذلك لأنه سيؤدي إلى زيادة كبيرة في استهلاك المواد الإنشائية وموارد الطاقة في قطاع البناء. بالإضافة إلى ذلك، فأن استخدام المواد الإنشائية التقليدية يمكن أن يؤدي إلى زيادة حادة في سماكة الجدار والسقوف، وتبعاً لذلك سيرتفع الوزن الكُلّي للمباني والمنشآت، ومن ثمَّ زيادة الضغط على التربة وارتفاع الحمل الزلزالي، وهو أمر غير مقبول إنشائياً. لذلك، من الضروري الاتجاه نحو تطوير الأبحاث العلمية وتحديث قاعدة إنتاج مواد البناء، لاستخدام مواد العزل الحراري الفعَّالة في الجدران متعدِّدة الطبقات، المُصنَّعة من مواد الخام المحلية.

ولهذا، فإن الأخذ بالاحتياجات المتزايدة للحماية الحرارية في المباني يتطلَّب تنقيحاً أساسياً ومراجعة جوهرية للمسائل المتعلِّقة بالحلول الهيكلية والتكنولوجية لهياكل جدران المباني وسقوفها، والخصائص الفيزيائية والميكانيكية لمواد العزل الحراري المستخدمة،

	الطين المفخور	سيليكات الغاز	الخشب	الصوف الزجاجي	البوليسترين	البوليمير المعالج حراريًا (PIR)
التوصيل الحراري $Bт/(m^3.K)$	0.56	0.33	0.14	0.039	0.037	0.023
سماكة الجدار، cm	121.8	71.7	19.5	9	8	5
حجم المادة لمساحة 10 m^2 من الجدار	12.18 m^3	7.17 m^3	1.95 m^3	0.9 m^3	0.8 m^3	0.5 m^3
وزن 10 m^2 من الجدار	23142 kg	4302 kg	975 kg	45 kg	20 kg	15.5 kg

شكل 1. يوضِّح العلاقة بين خاصية التوصيل الحراري لمواد البناء المختلفة وسماكتها

إن هياكل الجدران الخارجية أحادية الطبقات الحاملة للمبنى، والمصنوعة من مواد تقليدية (كالطوب أو الخرسانة الخلوية الخفيفة العازلة للحرارة، بكثافة تتراوح بين ($800 - 1400\ kg/m^3$) وما شابه ذلك، والتي تعمل – في الوقت نفسه – في وظائف العزل الحراري للمبنى، لا يمكن الآن استخدامها دون وجود العزل الحراري الإضافي باستخدام مواد فعَّالة في العزل الحراري. وكقاعدة عامة، وطبقاً للشروط والمعايير التصميمية المتعامل بها في قواعد البناء، فإن مواد العزل الحراري الفعَّالة، هي تلك التي تمتلك معامل توصيل حراري يُقدَّر ب ($\lambda 0 = 0.1\ W/\ M.\ ^oC$) أو أقل من ذلك، وأما مواد الجدار التقليدية، فإنها تمتلك معامل توصيل حراري أكبر ويُقدَّر ب ($\lambda 0 = 0.21 - 0.56\ W/\ M.\ ^oC$).

إن إدخال مقاربات جديدة بشكل أساسي في تصميم الجدران يفتح المجال أمام إمكانية حدوث انخفاض كبير في وزنها، من خلال استخدام مواد العزل الحراري الفعَّالة في الجدران. ومن بين الطرائق اليسيرة والأكثر فعَّالية هو تطوير الحلول الهيكلية والتكنولوجية للمباني ذات الكفاية في استخدام الطاقة باستعمال الخرسانة المتجانسة الرغوية ذات الكثافة المنخفضة ($200 - 300\ kg/\ m^3$) كعازل حراري بجانب الجزء الأساسي الحامل للمبنى، والذي قد يكون من طبقات الأحجار أو الطوب، أو حتى من الخرسانة المسلَّحة الثقيلة أو الخفيفة. ويمكن أيضاً استخدام الخرسانة الرغوية الفعَّالة حرارياً، ذات الكثافة ($1000 - 1200\ kg/m^3$) لتحسين الأداء الحراري للجدران، كطبقة حاملة في المبنى. ففي المباني السكنية والعامة ما دون ثلاثة الطوابق، يمكن تطوير تصاميم جدران مشتركة، باستخدام كُتل خرسانية مسبوقة الصُنع كجزء أساسيّ حامل للمبنى أساسها الخرسانة الرغوية بكثافة تصل إلى ($600\ kg\ /\ m^3$) ، مع طبقة عازلة للحرارة من الخرسانة الرغوية المتجانسة المصبوبة في الموقع بكثافة تصل إلى ($300/kg/m^3$). هذا التصميم المزدوج للجدران سيُحسِّن الأداء الحراري الواقي للمبنى بشكل كبير، وسوف يُقلِّل من وزنه الكلِّي بشكل ملحوظ.

ولتنفيذ تلك الأفكار، من الضروري القيام بإجراء البحوث للغرضين الآتيين:

1- تحديد الحد المسموح به للكثافة الصغرى لطبقة الخرسانة الرغوية العازلة للحرارة وأقصى متانة لها، تلك التي تكفي بُنيتها لتتحمَّل الضغط الواقع عليها من بقية طبقات المواد الإنشائية الحاملة للمبنى في مكوِّنات الجدار، وكذلك معرفة مؤشراتها الفيزيائية والميكانيكية، التي تضمن لها العمل لفترات طويلة في تلك الظروف؛

2- تطوير حلولٍ إنشائية وتقنية للجدران باستخدام الخرسانة الرغوية المتجانسة ذات الكثافة المنخفضة.

ومن المهم التركيز على ضمان إيجاد صيغة مناسبة تجمع بين قوة ومتانة الخرسانة الرغوية مع كثافتها المنخفضة.

ولعل إحدى المشاكل التقنية المهمة في وقتنا الحالي هو الحصول على الخرسانة الرغوية ذات المتانة والقوة الميكانيكية العالية. وكما توضَّح من نتائج الأبحاث بعد تحليل العوامل التي تؤثر في الخواص الميكانيكية لهذه المادة المُركَّبة، أن مقياس الخلل يكمُن في التكوين المسامي الداخلي للخرسانة الرغوية، والذي يُحدِّد قوة الخرسانة المُتصلِّدة. وهو يعتمد بشكلٍ كبير جداً على خصائص خاماتها المستخدمة. فمثلاً عند استخدام الأسمنت البورتلاندي (M400) بكميات كبيرة، كانت نواتج الخرسانة الرغوية – ولعدة أسباب – تتميَّز بقوة منخفضة نسبياً عند كثافة معينة، فضلاً عن ارتفاع معدلات التشوُّه والانكماش في تركيبها البلوري. وكما أوضحت الدراسات، فإن زيادة قوة الخرسانة الرغوية منخفضة الكثافة ($250 - 400\ /\ kg\ \ m^3$)، والحد من انكماشها وتشوّهاتها، يمكن التوصُّل إليه عن طريق استخدام الأسمنت مسبوق الإجهاد أو مُضافات التمدُّد في الأسمنت البورتلاندي، بالإضافة إلى إمكانية استبدال حديد

التســـليح بـألياف الكربون، أو اســـتخدام الألياف البلورية والاصطناعية، (الشكل 2).

شكل 2. يوضِّح التكوين المسامي الداخلي للخرسانة الرغوية والخلوية.

وبشكل عام، يمكن القول إن مستويات الحماية الحرارية المعتمدة للمباني، يتم تحديدها حسب الحالة الاقتصادية للبلد، ووفقاً للقاعدة الصناعية والتقنية المُتخصِّصة في إنتاج وتشغيل المباني والمنشآت. لذلك ينبغي مواصلة الأبحاث حول التحسين والتطوير المُمنهج لقاعدة النظُم والمعايير التنظيمية، التي تُحدِّد شروط تصميم وتشييد المباني الموفِّرة للطاقة، مع مراعاة ظروف البلد الاقتصادية، والحاجة إلى التحفيز المستمر لغرض تطوير القاعدة الصناعية لإنتاج المواد ذات الفعالية في العزل الحراري من مواد الخام المحلية ومخلَّفات الإنتاج التي يمكن تدويرها. [1]

ثانياً: تحسين خواص الحماية الحرارية في الحوائط الخارجية لمباني الطوب المفخور:

يتشكَّل المناخ الداخلي المحلي للمبنى عن طريق تأثير عمليات التبادل الحراري مع البيئة الخارجية من خلال الجدران الخارجية، ونوعية التكييف، وإمدادات الحرارة الداخلية وعوامل أخرى. ووجود مواد البناء ذات خصائص العزل الحراري في الحوائط الخارجية لا يعني استمرار فعاليتها إلى ما لانهاية. فمع مرور الوقت واستمرار تشغيل المباني، يمكن أن تقلّ كفاية مواد البناء كثيراً وتتغيَّر خصائصها الحرارية. وبرأي الباحثين، فإن الاتجاه الرئيس لخفض تكاليف التكييف والتدفئة في المبنى يجب أن يتم عن طريق زيادة المقاومة الحرارية لجدران المبنى الخارجية.

إن دراسة خواص الحماية الحرارية للجدران الخارجية المبنية من الطوب المفخور، ومقارنة القيم الفعلية والحسابية لمقاومتها الحرارية قبل وبعد عملية العزل فيها، تعد خطوة مهمة، مُلحَّة وضرورية من وجهة نظر الحفاظ على الطاقة.

لقد أظهر تحليل تكاليف الطاقة في المناطق الحارة ذات المناخ الحار والرطب، أنه يتم حساب جزء كبير من الطاقة لتكييف فضاءات المبنى، وبنسبة أقل بكثير لتدفئة الفضاءات، وتسخين المياه (الشكل 3)، ومن ثمَّ فإن الهدف الأساسي والإستراتيجي من وجهة نظر رفع كفاية استخدام الطاقة في المبنى هو تقليل تكاليف التكييف، والحفاظ على مرافق الراحة المطلوب للمعيشة والعمل بصورة طبيعية وصحيَّة.

شكل 3. يوضِّح نسبة استخدام طاقة التكييف والتدفئة وتسخين المياه في المبنى

ولتوضيح عملية الانتقال الحراري (اكتساب الحرارة أو فقدانها) من خلال مكوِّنات المبنى وأجزائه المختلفة، فقد تم قراءة وتحليل المسح الشامل لطاقة مبنى السكن الطلابي رقم (6)، الذي تم تنفيذه في عام 2012م، في مدينة أرخان جلسك (Arkhangelsk)، بحسب المصدر [2]، والذي قد أظهر التآكل الشديد للعناصر الهيكلية الرئيسة للمبنى وأنظمته الهندسية، وما تم مسحه يمكن إيجازه في النقاط الآتية:

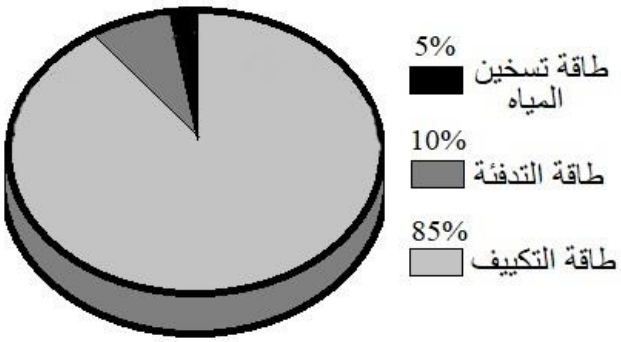
- طبقة المونة الإسمنتية في جدران الطوب الخارجية ظهرت فيها كثير من العيوب والتدمير الجزئي.
- الزجاج المزدوج في النوافذ الخشبية لا يلبي المتطلبات الحديثة للحماية الحرارية للمباني.
- أبواب المداخل لا توفِّر إغلاق مُصمت وحماية حرارية تامة؛
- كشف فحص التصوير الحراري عن وجود عدد كبير من أماكن فقدان الحرارة أو اكتسابها، كما ظهرت بعض الاضطرابات في دوران الهواء داخل أجهزة التكييف والتدفئة. [2].

ومن خلال الملاحظات المذكورة، نلاحظ أن زيادة فقدان الطاقة الحرارية تتم من خلال هياكل الجدران الخارجية للمبنى. ومن ثم، فإن الفحص الشامل قد أكَّد لنا الحاجة للقيام بإصلاحات جذرية في المبنى، وعزل حوائطه الخارجية.

لقد تمّ إعادة تأهيل مبنى السكن الطلابي، وإجراء بعض التعديلات فيه على ثلاث مراحل:

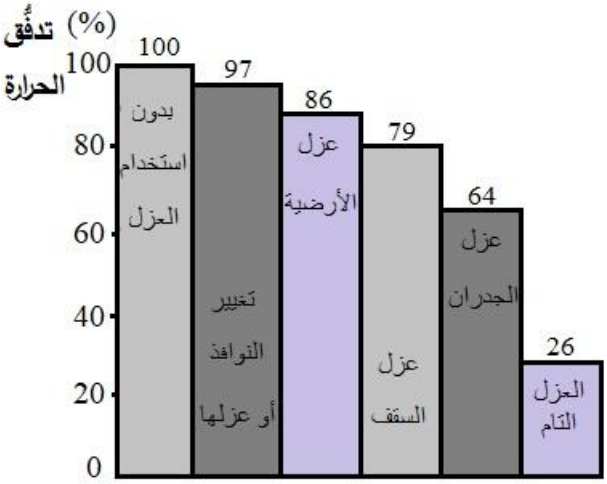
في المرحلة الأولى، تم إحداث عدَّة إصلاحات في المبنى، حيث تمّ زيادة المساحة القابلة للاستخدام من خلال إشراك الجزء غير المُعرَّض للتكييف والتدفئة من مستودع المبنى في القاعة التعليمية مع زيادة نسبة التزجيج في الواجهات، وإعادة بناء نظام التكييف والتدفئة، واستبدال الأبواب، وإعادة تحسين فضاءات المبنى الداخلية.

وفي المرحلة الثانية، تمّ استبدال النوافذ العادية بأخرى زجاجية ذات حجرتين مزدوجة بمقاومة حرارية فعلية .(R = 0.51 (m2 • K) / W) كما جرى عزل الأرضيات والسقوف داخل الفضاءات المُستحدثة بألواح عازلة للحرارة من الصوف الصخري خفيفة الوزن، مُصنَّعة من أحجار البازلت (ROCKWOOL)، وتم تغيير السقف الخارجي أيضاً.



في المرحلة الثالثة، تم عزل الجدران الخارجية للمبنى بتركيب واجهة جيِّدة للتهوية، باستخدام ألواح العزل الحراري (ROCKWOOL)، بسماكة (0.1m).

ويُحدَّد حساب كسب وفقدان الحرارة (النقل الحراري) في فضاءات المبنى من خلال النوافذ والأرضيات والسقوف والجدران قبل عملية العزل وبعدها، و(الشكل 4) يوضِّح توفير طاقة التكييف والتدفئة في أثناء تنفيذ تدابير عزل الحوائط في المرحلتين الثانية والثالثة. فإذا كانت عملية اكتساب الحرارة أو فقدانها بدون وجود أية تدابير عزل هي بنسبة (100%)، فإن العزل الكامل للمبنى يُقلِّل من تدفُّق الحرارة بنسبة (74%). ولهذا فإنَّ الحل الشامل –وليس الجزئي–لمشاكل العزل في المباني له تأثير واضح وفعَّال. [3]



ثالثاً: الحماية الحرارية لجدران المباني الخارجية المكوَّنة من الطوب المفخور:

3–1: الأبحاث والمسوحات التطبيقية لهياكل جدران المباني الخارجية المبنية من الطوب المفخور:

العيوب المكتشفة في أثناء القيام بفحص التصوير الحراري للجدران:

في شتاء عام 2008م، تم إجراء مسوحات ميدانية واسعة النطاق في بحث خاص بالمباني ذات الجدران الخارجية المبنية من الطوب المفخور، وقد تم التحقيق من خصائصها الحرارية، ونشرت نتائج البحث في مجلة "AVOK"، العدد 5، للعام 2009م. [4]

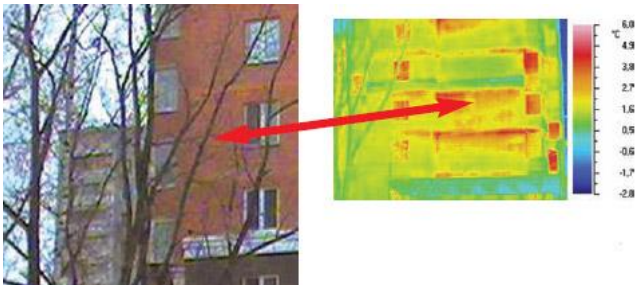
يمكن للفحوصات التي تستخدم تقنية التصوير الحراري تحديد بعض العيوب المسموح بها في تشييد المباني، وفي هذا البحث نورد بعضاً من تلك العيوب التي قد تم العثور عليها في هياكل الجدران الخارجية للمبنى قيد الدراسة، وهي كالآتي:

1–الأجزاء غير المعزولة (أو شبه المعزولة) من جدران المبنى (الشكل 5).

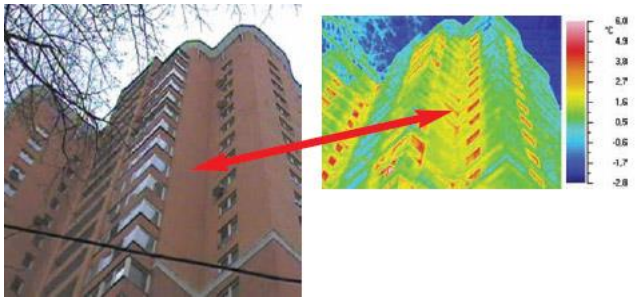
2– زيادة فقدان الحرارة في بعض أجزاء الجدار، في تلك الأماكن التي تقترن بالسقف مقارنة بالأجزاء الأخرى، ما يدل على وجود أخطاء في تركيب تلك العقد (الشكل 6).

3– أخطاء فادحة في تثبيت بعض عُقد أرضيات الشرفات بالجدران (الشكل 7).

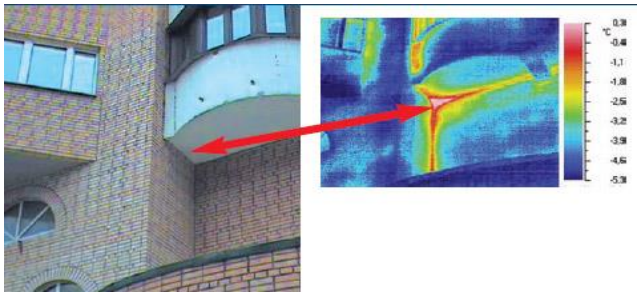
4–الأرضيات غير المعزولة الواقعة تحت الفضاءات الدافئة، ذات البروز الخارجي (الشكل 8).



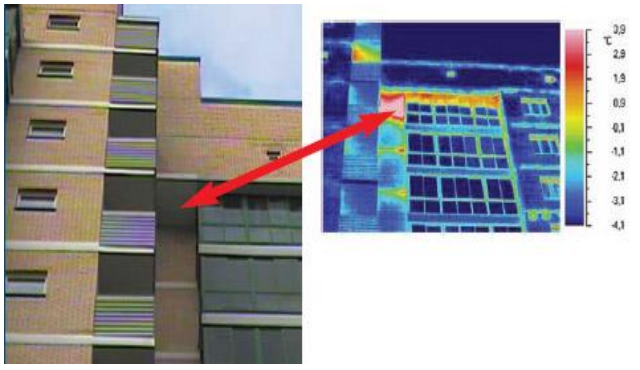
شكل 5. يوضِّح بعض أجزاء الجدار المسرِّبة للحرارة من خلال المسح الضوئي للجدران



شكل 6. يوضِّح زيادة فقدان الحرارة في أماكن التقاء وصلات الجدار بالسقف، مقارنة بالأجزاء الأخرى، والتي كشفتها عملية المسح في أثناء التصويري الحراري



شكل 7. يوضِّح عيوب العزل بين أرضيات الشرفات والجدران



شكل 8. يوضِّح التسرُّب الحراري في أرضيات الفضاءات البارزة المتصلة بالفضاءات الداخلية الباردة

وتجدر الإشارة إلى أنه قد تم العثور على عيوب الحماية الحرارية في جميع المباني السكنية التي شملها المسح تقريباً. وهذه العيوب تقلِّل من خصائص العزل الحراري للجدران وتحد من قيم المعاملات الحرارية الحسابية للجدران. ولذلك، فإن قيم مقاومة الانتقال الحراري للجدران المشيَّدة في تلك المباني هي في الواقع أقل من القيم الحسابية الحقيقية.

3–2: تقويم مقاومة الانتقال الحراري للجدران في أثناء فحص التصوير الحراري:

من أجل تحديد مقاومة انتقال الحرارة لحوائط المبنى في الظروف الطبيعية، يتم إجراء قياسات دورية، وعلى مدار الساعة للآتي:

– تدفُّق الحرارة عبر الجدران إلى فضاءات المبنى الداخلية.

– درجات حرارة الهواء الخارجي والداخلي.

– تحديد قيم درجات الحرارة على أسطح الجدران الداخلية.

ثم بعد ذلك تتم معالجة تلك القياسات بطريقة خاصة، وبالمحصِّلة تُحسب قيمة مقاومة النقل الحراري المُعطاة لحوائط المبنى.

3–3: بعض الملاحظات على مسوحات التصوير الحراري:

تجدر الإشارة إلى أن جزءاً كبيراً من المباني التي خضعت للمسوحات الميدانية قد تم تشغيلها بعد فحص التصوير الحراري، وتم تأكيد تطابق المستوى الحقيقي للحماية الحرارية مع الوثائق التنظيمية المطلوبة (المُقنَّنة).

إذن نتساءل هنا: كيف أثبتت تلك المسوحات المستويات الحرارية المُشار إليها ذلك التطابق في القيم، إذا تم تقنين المقاومة المعطاة للنقل الحراري للجدار بأكمله، وهو الأمر الذي لا يمكن تحديده بشكل مباشر، ويمكن حسابه فقط من خلال نتائج الدراسات التجريبية الدقيقة وطويلة الأجل؟

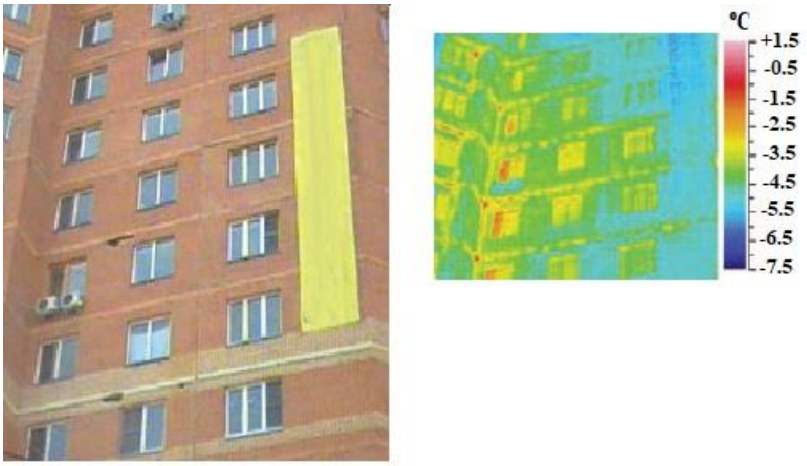
وحتى لو تم إجراء مثل هذه الدراسة، فكيف يمكن أن تُظهِر ذلك التطابق المُشار إليه، عندما تكون القيم الحسابية للمقاومة الحرارية الواقعية في الجدران أقل مما تقتضيه المعايير الحديثة؟

وتعد مقاومة النقل الحراري المُعطاة لكامل الجدار الخارجي للمبنى قيمة حسابية وليست مُقنَّنة، بما يعني أنه لتحديد القيمة التطبيقية (الفعلية) للمقاومة الحرارية في المباني الحديثة، يتطلَّب اعتماد كتلة من الافتراضات التي من شأنها أن تنفي قيمة النتائج المُتحصَّل عليها.

وتجدر الإشارة إلى أنه، وبسبب عدم وضوح مسوحات التصوير الحراري تلك، تجد الموقف منها روتينياً وسلبياً من قِبل العاملين في مجال البناء. لأنه غالباً ما يتم إجراء عمليات الفحص الحراري للمباني بوساطة فنيين في معدات التصوير الحراري، وليس من قِبل متخصصين في علوم البناء والتشييد. ونتيجة لذلك، تبقى بعض عيوب الجدران غير مكتشفة. فعلى سبيل المثال: قد لا يلاحظ أي شخص غير مُتخصِّص بهيكل المبنى وخصائص حوائطه، العيب الموضَّح في (الشكل 9أ). وهو تغطية طرف بلاطة الأرضية بطبقة من الصوف المعدني، والتي يرتكز عليها جدار الطوب للطابق العلوي، فيُظهر التصوير الحراري في (الشكل 10) بأن الوحدة معزولة جيداً، لكنه في الحقيقة عيب جسيم قد يؤدي إلى تدمير هيكل الجدار كاملاً. وكذلك الطرف غير المعزول للقاطع الجداري الداخلي في (الشكل 9ب)، لا تنعكس صورته على الإطلاق في جهاز المسح الحراري في (الشكل 10)، حيث إن الفجوة الهوائية الموجودة بين طرف القاطع وكسوة الواجهة تمنع ذلك.

وفي (الشكل 9 أ، ب). نلاحظ أن مفصل التمدُّد الأفقي المرن بين حائط الطوب والسقف ليس مُصنَّعاً من مادة عزل ممتازة، بل تم تعبئته بمادة البوليسترين الرغوي، ذات الكثافة المنخفضة، وتمت تغطيته من الخارج بطبقة رقيقة من الجص. وطبقة التكسية هذه فوق البوليسترين الرغوي ليس متينة دائماً، فهي تتحلَّل بسرعة، كما أن حساسية مادة البوليسترين للأشعة فوق البنفسجية تدمرها سريعاً. ونتيجة لذلك، وبعد بضع سنوات، قد تظهر فتحات في مفصل التمدُّد، تؤدي إلى تشكيل فجوة هوائية مستمرة من الهواء الخارجي إلى داخل هيكل الجدار. وفي ظل وجود تيار هوائي تحت السقف، فيمكنه بسهولة أن يصل إلى طبقة التشطيب في الفضاء الداخلي، مما قد يضاعف في عملية الانتقال الحراري خلال هيكل الجدار من وإلى المبنى. وهذا العيب لا تظهر صورته أيضاً في جهاز المسح الحراري في (الشكل 10). إذاً ومن حيث المبدأ، فإنه لا يمكن تقويم بعض العيوب الإنشائية التي تؤثر سلبيّاً في عملية انتقال الحرارة خلال حائط الطوب باستخدام التصوير الحراري. [5]

شكل 9. يوضِّح مفاصل التقاء السقوف الخرسانية بين الطوابق بحائط الطوب.



شكل 10. يوضِّح صور المسح الحراري لواجهة حوائط المبنى الخارجية المصنوعة من الطوب المفخور

ولمعرفة المزيد حول تناقضات وعيوب المسح الحراري في المباني والمنشآت، يمكن الاطلاع في أبحاث التصوير الحراري ل (Livchak V. I.)[6].

رابعاً: مواد العزل الحراري الفعَّالة في مكوِّنات حوائط المباني:

إن إدخال معايير جديدة وأكثر صرامة للحفاظ على الطاقة في مجال البناء والتشييد، استلزم مراجعة جذرية لمبادئ تصميم وتشييد المباني، لأن استخدام مواد البناء والحلول التقنية التقليدية أصبح لا يوفِّر المقاومة الحرارية التي تتطلبها المعايير الحديثة لحوائط المباني الخارجية.

في المباني والمنشآت الحديثة أصبحت هياكل الجدران ثلاثية الطبقات المصنوعة من الطوب، أو من الكتل والألواح الخرسانية خفيفة الوزن أو من الخرسانة المسلحة المتجانسة أكثر انتشاراً، وذلك بسبب استخدام مواد عزل حرارية فعَّالة، كتلك الطبقة الوسطى الواقعة بين الجزء الحامل من الجدار وجزء بطانة (كسوة) الزخرفة الواقية.

وهناك طريقة عقلانية وفعَّالة لزيادة الحماية الحرارية للمباني المستخدمة، وهي العزل الإضافي لحوائطها الخارجية. كما أن خيارات عزل المباني الحالية تختلف في كل من الحلول التصميمية، وفي المواد المستخدمة في الهياكل الإنشائية.

يتم تحديد المستوى المطلوب للحماية الحرارية لحوائط المباني الخارجية حسب متطلبات القواعد والأنظمة والمعايير المستخدمة في البلد، واعتماداً على فترة استخدام التكييف أو التدفئة لكل منطقة. وفي واقع التطبيق الحديث، فأن أكثر حلول الجدران الفعَّالة في عزل المباني كانت في ضمن الأنواع الآتية:

- جدران ثلاثية الطبقات بوجود العازل الحراري كطبقة متوسطة، مع بطانة من طوب الواجهات الخارجي؛
- طبقة العازل خارج جدران المباني بحماية طبقة من التكسية الإسمنتية أو الجبس.
- طبقة العازل خارج جدران المباني بوجود فجوة للتهوية، ثم كسوة الحماية الخارجية من أية أنواع طوب ديكور الواجهات خفيفة الوزن.

إن الخواص الميكانيكية والفيزيائية للمواد العازلة المستخدمة لها تأثير واضح في الكفاية الحرارية للمبنى وإمكانية خدمته لفترة أطول، وسهولة تركيبها، وإمكانية صيانتها في أثناء تشغيل المبنى وعلى المدى الطويل، وإلى حد كبير تحديد الكفاية التقنية والجدوى الاقتصادية مقارنة بمختلف الخيارات المستخدمة في عزل المباني. يجب أن تتوافق مواد العزل الحراري في الجدران الخارجية للمباني مع متطلبات السلامة من الحرائق وفقاً لشروط الأمان والسلامة المتعارف بها في المعايير والنظم العالمية، كما أنها يجب أن تستوفي شروط الصحة العامة، ولا تنبعث منها مواد سامة في أثناء التشغيل والاحتراق.

تتأثر متانة واستقرار الخواص الحرارية والفيزيائية والميكانيكية للمواد العازلة للحرارة في هياكل جدران المباني بكلٍ من ميزات التصميم والعوامل التشغيلية، بما في ذلك:

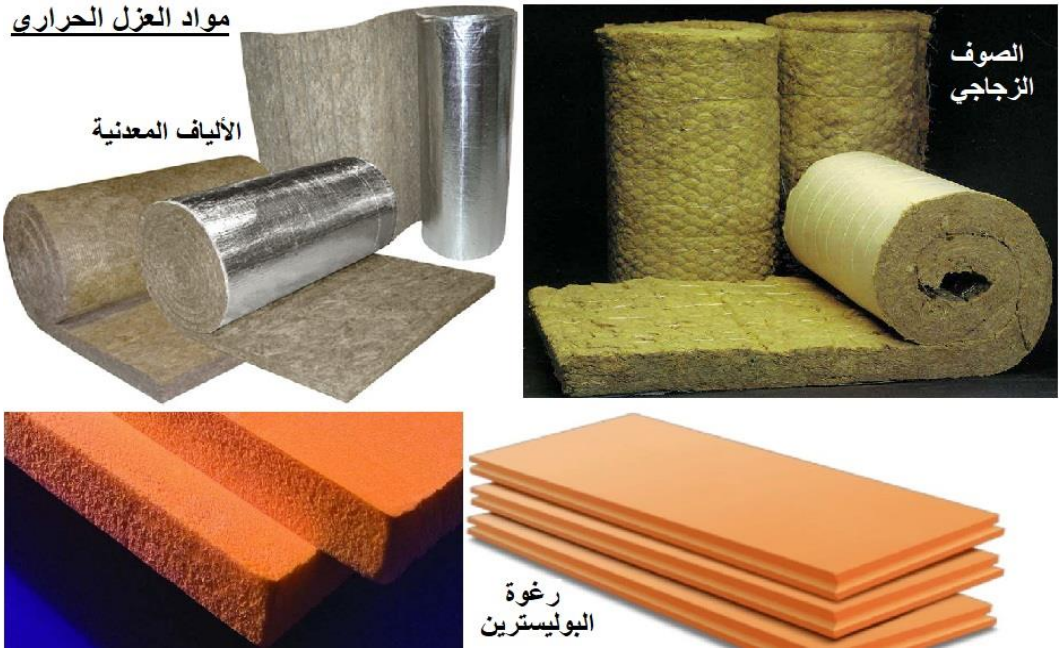
- تناوب نظام درجات الحرارة والرطوبة بالنسبة للهياكل الإنشائية العازلة للحرارة.
- إمكانية تلف المواد العازلة في هياكل الجدران بالرطوبة بسبب خاصية الماء الشعرية.

- التشوُّهات التي قد تحدث في مكوِّنات جدران المبنى، جرَّاء التعرُّض لتأثير أحمال الرياح ودرجات الحرارة.
- التشوُّهات التي قد تحدث في مواد العزل الحراري نتيجة الأحمال الميكانيكية والضغط من الوزن الذاتي لعناصر المبنى الإنشائية، أو بسبب الأحمال الخارجية كالعمَّال والمعدات الثقيلة في أثناء تشييد أو إصلاح المبنى.

ومن ثمَّ، ومع الأخذ بالنظر إلى تلك العوامل في أعلاه، يجب أن تفي مواد العزل الحراري المُخصَّصة لعزل المبنى بالمتطلبات العامة الآتية:

- يجب أن توفِّر المواد العازلة للحرارة المقاومة المطلوبة للنقل الحراري بالحد الأدنى من سماكة الجدار، والذي قد يتحقَّق باستخدام مواد ذات معامل توصيل حراري يتراوح بين ($0.04 - 0.06$ W_T/m^2) يجب أن تكون نفاذية البُخار لمادة العزل ذات قيم تستبعد إمكانية تراكم الرطوبة في هيكل الجدار في أثناء تشغيلها؛
- يجب أن تكون كثافة مواد العزل الحراري المُخصَّصة لعزل المبنى محدودة بالأحمال المسموح بها، ولا تزيد قيمتها عن ($200- 250$ kg/ m^3).
- يجب أن تحظى مواد العزل بالثقة المطلوبة، وتتَّصف بالحفاظ على الشكل المطلوب في هياكل الجدران في أثناء التشغيل لفترات طويلة، وتمتلك خصائص تضمن المتانة وعدم التشوُّه، التي تحدِّدها مؤشرات مثل: القابلية للانضغاط، وقوة تحمُّل الضغط عند التشوُّه، وقوة تحمُّل الشد، وقوة تماسك الطبقات.
- مقاومة لدرجات الحرارة الصغرى (الصقيع).
- طاردة ومقاومة للمياه.
- صديقة للبيئة، ولا تنبعث منها غازات سامة في أثناء التشغيل.

وفي التطبيقات العملية، قد لوُحظ أن أكبر استخدام لمنتجات العزل الحراري في هياكل الجدران أساسه من الصوف الزجاجي والألياف المعدنية أو من رغوة البوليسترين، ذلك بما تتميَّز به مادة الصوف المعدني من صفات إيجابية، وأهمها عدم قابليتها للاحتراق، (الشكل 11).



شكل 11. منتجات العزل الحراري المستخدمة في هياكل الجدران المُصنَّعة من الصوف الزجاجي والألياف المعدنية أو من رغوة البوليسترين.

بالنسبة لمواد العزل الحراري المصنوعة من الألياف المعدنية والزجاجية المستخدمة في الحوائط الخارجية للمبنى، ونتيجة لتعرُّضها المستمر، وبشكل دوري للأمطار وقطرات الندى، فإن أهم مؤشر فيها هو مقاومة الرطوبة والمياه، ذلك الذي قد يحدِّد متانتها وطول خدمتها، وينظر إلى هذه الصفة كميزة أساسية ومتطلبات ضرورة.

إن مقاومة الألياف الزجاجية للماء يعتمد بشكل كبير على التركيب الكيميائي وقطر الألياف. وقد تؤدي الزيادة في محتوى الأكاسيد القلوية أو تقليل قطر الألياف إلى الانخفاض في مقاومة المادة للمياه. وبالنظر إلى التأثير السلبي للرطوبة في متانة الألياف المعدنية والألياف الزجاجية ذات التركيبة القلوية في الحوائط الذي تستخدم مواد العزل الحراري من الألياف المعدنية والزجاجية، فأنه ينبغي توفير حلول تقنية تحد من تأثير الرطوبة المُدمِّر على مواد العزل في أثناء استخدامها في الجدران. وتتضمَّن هذه الحلول التهيُّج المائي للمواد (هيدروفوبية المياه) في عملية الإنتاج، واستخدام حلول بنَّاءة تمنع أو تحد من إمكانية تكثُّف الرطوبة على هياكل الجدران.

إن تجفيف المواد الليفية يُقلِّل من قابليتها للبلل، أي أنه ينخفض سطح التأثير المتبادل لتفاعل الألياف مع قطرات الماء، مما يؤدي إلى زيادة المقاومة للرطوبة، ومن ثمَّ ترتفع متانة مادة العزل وتزداد فترة خدمتها. ويتم تحقيق منع تكثُّف بخار الماء في هيكل الجدار عن طريق استخدام حلول فعّالة، أي من خلال الترتيب المناسب لطبقات المواد ذات النفاذية المختلفة لبخار الماء في هيكل الجدار، كما أنه يمكن إدخال حواجز إضافية ضد تسلُّل البخار إذا لزم الأمر، ومن ثمَّ التقليل من تدفُّق انتشار الرطوبة، والمنع أو الحد من عملية التكثيف التي قد تحدث في مكونات الجدار.

ولضمان الاستقرار على المدى الطويل لخصائص مواد العزل الحراري المكوَّنة من الألياف الزجاجية والصـــوف المعدني المســتخدمة في هياكل الجدران ينبغي معالجتها وتجهيزها جيّداً لمقاومة الرطوبة خلال عملية الإنتاج.

كما أن عامل الزمن يؤثر تأثيراً مهمّاً في استهلاك خصائص مواد العزل. فمع مرور الوقت تتغيَّر قيم الخصائص الحرارية لمعظم مواد البناء، بما في ذلك مواد العزل الحراري في هياكل الجدران المُعرَّضة للظروف الطبيعية، والواقعة تحت تأثير العوامل التشغيلية، وتصبح قيمها مختلفة اختلافاً كبيراً عن تلك القيم السابقة التي تم الحصول عليها في المختبرات العملية، والمحدَّدة بظروف فنية وتقنية خاصة.

ولذلك، عند تصميم هياكل الجدران تُستخدم القيم الحسابية لمعامل التوصيل الحراري للمواد، مع مراعاة التغيُّر في هذا المؤشر عند ظهور الرطوبة في الجدران في أثناء الظروف التشغيلية. لهذا نرى أن قيم المعامل الحسابية للموصلية الحرارية للمواد الليفية العازلة للحرارة المُدرجة في الملاحق والنُظم ومعايير البناء لظروف التشغيل المختلفة، تتجاوز قيمتها بمقدار (1.15 -1.1) عن قيمتها في الحالة الجافة.

وفي التطبيقات الأجنبية، يتم قبول قيم هذا المؤشر من خلال طريقة تقويم الخبراء لمجموعات من المواد المتشابهة في التركيب البلوري والخصائص الفيزيائية. ففي ألمانيا مثلاً: بالنسبة للمواد الليفية العازلة للحرارة، يتم أخذ القيمة الحسابية لمعامل التوصيل الحراري في الاعتبار مع مراعاة زيادته بنسبة (2%)، عند ارتفاع الرطوبة بنسبة (1%). وقد تم تبنِّي مقاربة مماثلة، مع مراعاة شروط الاستخدام في الدانمرك، والتي تعد أكبر منتج لمواد العزل الحراري المُصنَّعة من الصوف المعدني. [7]

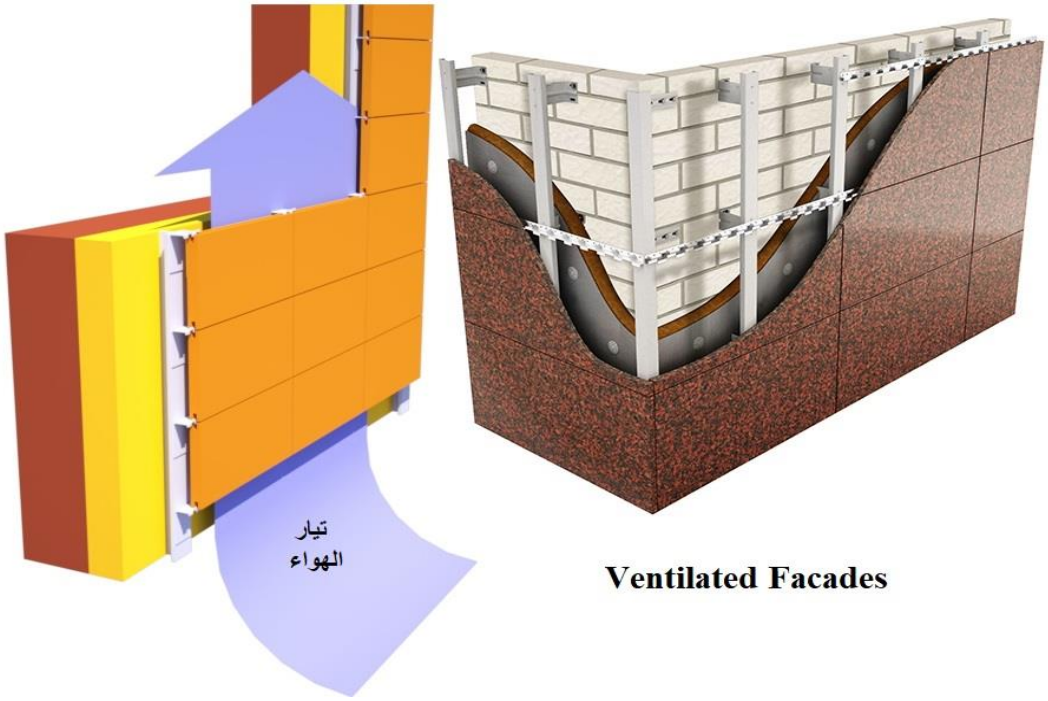
ينبغي أن يستند تنفيذ مفهوم البناء المعاصر باستخدام العزل الفعَّال على أساس تحليل مفصَّل، ليس وحسب على كل الخواص الموصَّى بها في استخدام المواد، بما في ذلك المتانة وطول فترة الخدمة والثقة في التشغيل، بل وأيضاً حلول التصميم التطبيقية، مع مراعاة الميزات التشغيلية لهياكل الجدران والعمليات الفيزيائية والكيميائية التي تحدث فيها، والمتطلبات البيئية والسلامة من الحرائق.

خامساً: واجهات التهوية:(Ventilated Facades)

إن نظام تهوية الواجهة هو عبارة عن هيكل يتم تجميعه من خارج جدران المبنى، يتكون من كِســـوة الواجهة وكتائف أمامية مترابطة ومتصل بعضها ببعض. وتعد الميزة الرئيسة لواجهة التهوية هي ضــرورة وجود فجوة بين الجدار الأســاســي (الحامل) وألواح الكِســوة، تلك الفجوة التي تعمل على خلق حركة مســتمرة لتدفُّقات الهواء الموجَّهة من الأسفل إلى الأعلى، مما يؤدي إلى إزالة الرطوبة الزائدة من على الجدران العازلة والحاملة (الشكل 12).

تُغطَّى واجهات التهوية بألواح مختلفة الشكل والتركيب. فمثلاً في المباني السكنية متعددة الطوابق، قد تكون الألواح المناسبة:

- بلاط البورسلين.
- الاسمنت الليفي.
- أشرطة (خراطيش) الواجهات.



شكل 12. يوضِّح حركة تيار الهواء بين فجوة الجدار الأساسي والكِسوة في واجهات التهوية

وتتناغم أشرطة الواجهات المعدنية بشكل متناسق مع النوافذ الزجاجية الملوَّنة والزجاج، فتشكِّل مظهراً فنيّاً عصرياً لواجهة المنزل. وغالباً ما يتم استخدام ألواح تغطية الواجهات المزخرفة في المباني الخاصة أو في المباني منخفضة الارتفاع. ويمكن أن تكون هذه الألواح مصنوعة من البلاستيك(HPL) ، أو الأسمنت الليفي أو الألواح الصخرية بطبقة من الحجر أو الخشب. وبالنسبة للمباني التجارية، فيُنصح باستخدام الأحجار الطبيعية أو ألواح التراكوتا كبيرة الحجم أو البلاط الخزفي (السيراميك) الرفيع.

السليلوز المُشبَّع برقائق (راتنجات) نشطة حرارياً، مع طبقات متعددة من الورق المزخرف. وعملية التكثيف الحراري للراتنجات، تجعل من رقائق طبقات البلاستيك (HPL) متجانسة وتُقلِّل من احتمال تفكُّك طبقاتها. بالإضافة إلى ذلك، فإنه يتم حماية سطح صفائح (HPL) من التآكل والاحتراق بوساطة طلائها بطبقة أكريليك خاصة (الشكل 13).

إن ألواح (HPL) هي عبارة عن صفائح مدمجة، أو عالية الضغط تتكوَّن من مادة يتم الحصول عليها عن طريق الضغط على

شكل 13. يوضِّح ألواح (HPL) واستخدامها في واجهات المباني السكنية والعامة

لقد تم تصميم الجزء الرئيس الحامل لواجهات التهوية بطريقة يتم فيها إزالة جميع الرطوبة التي تدخل إلى سطح الواجهة من خلال عملية التصريف، لمنع وصول الرطوبة إلى طبقة العزل وجدران المبنى. ويتم إزالة أبخرة الماء عن طريق التهوية الطبيعية، التي يُوفِّرها نظام واجهات التهوية، مما يؤدي إلى تحسين خصائص العزل الحراري للجدران بشكل كبير، ومن ثم توفير نظام حراري مريح داخل فضاءات المبنى. [8,10].

5-1: الوظائف الرئيسة:

من خلال تثبيت واجهات التهوية، يمكن حل العديد من المشاكل الهندسية في المبنى بآنٍ واحد من حيث توفير حماية للمبنى من التأثيرات الضارة للرطوبة والرياح واختلافات درجة الحرارة، وتقليل تكاليف الطاقة بسبب طبقات الحماية الحرارية، وتحسين عزل الصوت للفضاءات الداخلية، وإطالة عمر هيكل المبنى، وإضفاء مظهر معماري جذاب بإمكانيات واسعة في استخدام الألوان والديكور وتشطيبات التصميم المتنوعة. ومن خلال وظائفها المتعدِّدة، فإن واجهات التهوية أصبحت تُعد من الأنظمة العالمية التي تستخدم في واجهات المباني، وتوفِّر فرصاً كبيرة للحلول القياسية غير الاعتيادية.

وتنتشر واجهات التهوية بأشكالٍ متعدَّدة، ولعل أحد أهم المعايير التي يتم على أساسها تمييز أنواعها هو نوع الإطار المستخدم للتركيب. فالنظام الفرعي للواجهة يتميَّز بمقاومة الظروف الجوية المختلفة، والمتانة وطول الخدمة، وهو عبارة عن مزيج مكوَّن من أجزاء الإطار المعدني وعناصر التثبيت المختلفة، التي يتم من خلالها إلصاق لوحات التكسية بجدار المبنى (الشكل 14).

شكل 14. يوضِّح تثبيت الإطار المعدني وطبقات العزل على الحائط وتغطيتها بصفائح التكسية

إن أنظمة واجهات التهوية هي عبارة عن هيكل متعدِّد الطبقات يتكوَّن من العناصر الآتية:

1- النظام الفرعي للإطار، الذي يُثبَّت على جدار المبنى ويعمل كدعم للهيكل بأكمله، وغالباً ما يكون مصنوعاً من الفولاذ المُجلفن أو الصُلب المقاوم للصدأ أو الألمونيوم.

2- الطبقة العازلة، ذات الوظائف المتعدِّدة التي تُوفر الحماية من الرطوبة والبخار والرياح والبرودة، وتُقلِّل أيضاً من عملية النقل الحراري للمبنى.

3- فجوة تدوير الهواء، وهي التي تضمن التهوية المستمرة للنظام.

4- قشرة الزخرفة الخارجية، وتقوم بحماية طبقات التهوية الداخلية، كما أنها تمنح المبنى مظهراً معمارياً جميلاً.

2-5: مجالات الاستخدام:

تُستخدم أنظمة واجهات التهوية المُركَّبة لتحسين المظهر الخارجي للمباني والمنشآت باستعمال مجموعة كبيرة من مختلف مواد التشطيب. ونظراً لتعدُّد الاستخدامات وتنوُّع خيارات التركيب، فإن أنظمة واجهات التهوية لا يمكن حصر استخدامها في المباني والمنشآت الجديدة فقط، بل وفي إصلاح وإعادة تأهيل المباني القديمة أيضاً.

إن واجهات التهوية تُستخدم في المباني السكنية الخاصة ومتعددة الطوابق، وتُركَّب بكثافة في المباني العامة والصناعية، وفي واجهات المباني التجارية، وفي محطَّات الحافلات، ومحطَّات الوقود وغيرها. ويمكن تكييف القدرات الوظيفية للمواد المستخدمة في واجهات التهوية مع أي احتياجات مفاجئة، وهذا ما يجعلها أكثر انتشاراً ويُوسع من مدى استخدامها (الشكل 15).

شكل 15. يوضِّح واجهات التهوية المستخدمة في واجهات المباني والمنشآت

وفي المناطق ذات النشاط الزلزالي العالي يرتفع مستوى متطلبات الجودة لمواد التشطيب وطرائق التثبيت المستخدمة في المباني، ولذلك يتم اختيار تقنيات التركيب بعناية فائقة. ويُجمع الخبراء إلى أن واجهات التهوية الحديثة تلبّي بشكل مثالي كثير من معايير الأمان ومتطلبات السلامة، ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى قوة الإطارات المعدنية. وقد تم اختبار العديد من أنظمة الواجهات لتحقيق الاستقرار الزلزالي حتى 9 نقاط بنجاح، ومع ذلك فأنه وقبل تطبيق النظام يجب حساب جميع الأحمال الثابتة وأحمال الرياح في النظام.

5-3: الإيجابيات والسلبيات:

تمتلك واجهات التهوية قائمة كبيرة من المزايا، التي تجعلها إحدى الأنواع الرائدة في تحسين المظهر المعماري للمباني. وتتكوَّن من مجموعة كبيرة من المواد باختيار مُتعدِّد من حيث المرونة وقوة التحمُّل وعوامل أخرى، وتتميَّز بالآتي:

1- ارتفاع معدلات العزل الحراري والمائي والصوتي في فضاءات المبنى.

2- مقاومة آثار البيئة الخارجية السلبية.

3- تركيب سريع ومريح وسهل.

4- صيانة ممتازة في حالة حدوث الضرر غير المتوقع.

5- تقليل تكاليف التكييف والتدفئة.

6- يحتوي النظام على مجموعة واسعة من مواد الكسوة، بأشكال وألوان وتقنيات التصميم المختلفة.

7- يتميَّز النظام بالمتانة وطول الخدمة.

8- مقاومة الحريق، والحماية من التآكل والصدأ.

وتجدر الإشارة إلى أنه، إذا لم يتم اتِّباع التقنيات السليمة في تركيب واجهات التهوية، فقد تتحوَّل بعض المزايا إلى عيوب. فعلى سبيل المثال، يؤدي التركيب غير الصحيح إلى تعطيل خصائص مقاومة الحريق وتهوية الجدران، وتضعف خاصيَّة الحماية من التآكل، وعدم الامتثال لتقنية التركيب قد يُحدث فراغات صغيرة، تستدعي صفيراً مزعجاً في أثناء هبوب الرياح. وبشكل عام، يمكن القول إن ارتكاب بعض الأخطاء في أثناء التثبيت قد يؤدي إلى تخفيض عُمر خدمة النظام بشكل كبير، كما أن أهم سلبيات واجهات التهوية، هي أن واجهات المباني والمنشآت تصبح غالباً على مظهرها طابع الحداثة العام، وتختفي معها الواجهات التقليدية ذات الطراز المعماري المحلِّي المُتميِّز. [9,10]

سادساً: نتائج الدراسة والتوصيات:

نتائج الدراسة :

- تظهر العيوب التي تم تحديدها بأن الكسوات الجدارية المبنية من الطوب تحتوي على عدد من الميزات التي يجب مراعاتها عند التصميم. وتختلف هذه الجدران اختلافاً كبيراً عن الجدران المبنية من الطوب المفخور أحادية الطبقة، وعن كتل الجدران الجاهزة متعددة الطبقات مسبوقة الصنع.
- يتم تثبيت الجدران المعقدة هيكلياً أو تشـييدها من قبل عمَّالٍ ذوي مؤهلات غير كافية، وفي ظل عدم وجود قواعد لتنظيم العمل، وغالباً ما يتم ذلك بإشـراف غير كاف وبمراقبة غير لائقة لجودة البناء. ولهذا، ففي أثناء خدمة تلك الجدران وتشـغيلها في المباني تظهر خلالها بعض العيوب عن طريق ارتفاع عمليات النقل الحراري، ما يؤثر سلباً وبشكلٍ كبير في خصائصها التشغيلية.
- في الواقع العملي، فإن العمليات الحسابية الشاملة لقيم المقاومة الحرارية في جدران المباني لا يتم تنفيذها خلال عملية التصميم. وهناك عدد قليل للغاية من المتخصِّصين، القادرين على القيام بمثل تلك الحسابات. فعند تشييد مشروع إنشائي فعَّال في توفير الطاقة، يتم استخدام القيم الحسابية المرتفعة (غير الواقعية) لمعاملات التجانس الحراري، والتي تُستخدم فيما بعد لتحديد قيم مقاومة النقل الحراري للجدران، وهو استخدام غير طبيعي (وهمي)، يشترط مستوى عالياً يجب تحقيقه لحماية المبنى حرارياً.
- أهم المسائل الرئيسة التي يجب حلَّها في أنظمة واجهات التهوية هي كالآتي:
  - حساب فجوات التهوية المطلوبة.
  - اختيار المواد ذات الجودة، وتركيبها بتقنية عالية.
  - السلامة من الحرائق.
  - توفير المقاومة المطلوبة لعملية الانتقال الحراري.

التوصيات:

1- من وجهة نظرنا، نرى أنه لا بأس من القيام بفحوصات التصوير الحراري لتحديد مقاومة النقل الحراري للجدران، ولكننا ننصح بإجراء الفحوصات التي تُحدِّد عيوب العزل الحراري،

واكتشاف الجسور الباردة غير المقصودة، وغيرها من الأمور التي تحدّ من مقاومة النقل الحراري في الحوائط. بمعنى الاتجاه نحو تحسين نوعية الحماية الحرارية في الجدران، وليس البحث في الخصائص الكميَّة.

2- عند استلام المبنى بعد عملية الإنشاء، من الضروري التأكد من جودة العزل الحراري، والتوصيلات المرنة بين مختلف عناصر المبنى. كما يجب إيلاء اهتمام خاص بجودة عمل الكسوات بين النوافذ والجدران، وتغطية الحواف ونقاط التماس الأفقي بين السقف والجدران. [23]

3- واجهات التهوية تمتلك فعَّالية ممتازة في مقاومة درجات الحرارة العالية والمنخفضة، والعزل الصوتي والحراري، وتتميَّز بطول فترة الخدمة، إذا ما تم اتِّباع التقنيَّات السليمة في تركيبها واختيار جودتها.

المراجع العلمية:

[1] Dedakhanov, D. //Features of constructive and technological solutions of civil structures of energy efficient buildings//, Namangan Civil Engineering Institute, Uzbekistan, 2017 .

[2] L'vov E. A., Shurundina A. A. "Determination of the actual value of the thermal resistance of the enclosing structures of the laboratory building". [Collection of conference materials ("Lomonosov scientific readings of students, graduate students and young scientists – 2015")]. Arkhangel'sk, 2015, pp. 589–592 (In Russian).

[3] Mar'ina Z. G., Vereshchagin A. Yu., Novozhilova A. V., Latyshova, N. V., Isaeva K. O. "Increase of enclosing structures thermal properties of brick building", Northern Arctic federal University named after M. V. Lomonosov, Russia 2018.

[4] Malyavina E.G. "Building thermophysics and problems of insulation of modern buildings" AVOK. - 2009. - №: 1.

[5] Гагарин В. Г., Козлов В. В., Крышов С. И., Пономарев О. И. "Thermal protection of external walls of brick building" AVOK. - 2009. - №: 5.

[6] Livchak V.I. //Thermal imaging inspection cannot replace thermal testing of buildings // Energosberezhenie. - 2006. - №: 5.

[7] Shoichet B. M., Stavritskaya L. W. // Effective insulation in the enclosing structures of buildings // Energosberezhenie. - 2000. - №: 3.

[8] D.V. Nemova Suspended ventilated facades: an overview of the main problems. Engineering and construction journal №: 5 pp. 7-11.

[9] Gagarin AA, Ventilated facades / XXXII Science Week SPBGPU. Materials of the intercollegiate scientific and technical conference. 2004.

[10] http://www.remotvet.ru/questions/19034-kak-polzovatsja-kontrolno-insoljacionnoj-linejkoj.html.