



www.mecsjs.com/ar

المجلة الالكترونية الشاملة متعددة المعرفة لنشر الأبحاث العلمية والتربوية (MECSJ)

العدد العشرون (كانون الاول) 2019

ISSN: 2617-9563

المفاهيم العلمية والأساليب المُتَّبَعة في تصميم المباني المُوقَّرة الطاقة

ربيع علي بن علي^١

أستاذ مشارك، قسم الهندسة المعمارية والتخطيط البيئي، كلية الهندسة والبتترول،

جامعة حضرموت، المكلا، اليمن

ruba.myka@yandex.ru

هاني محمد ناصر^٢

باحث دكتوراه، قسم العمارة وعلوم البناء، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود، الرياض، السعودية

archgreat2020@gmail.com

يلينا أختاموفنا مُقَدِّح^٣

أستاذ مشارك، رئيس قسم الاقتصاد والإدارة، معهد بريانسك للإدارة والتجارة، بريانسك، روسيا

MukaideE@yandex.ru

الملخص:

إن رفع كفاءة المبنى وتحسين استهلاكه للطاقة، جعل المختصين يفكرون بالعديد من الحلول الهندسية الفعّالة في توفير الطاقة، ابتداءً باختيار التصاميم المعمارية المناسبة، فيما يخص شكل المبنى وحجمه وتوجيهه، وانتهاءً باستخدام التقنيات الموفّرة للطاقة والصديقة للبيئة. كل تلك التدابير وغيرها صبّت في مجرى الحفاظ على درجة الحرارة في فضاءات المبنى، عن طريق الحد من عملية الانتقال الحراري خلال جدرانه.

لقد أصبح استهلاك الطاقة في المباني، وعلاقته بالوسط البيئي المحيط به هو المعيار المهيمن على جودة مشاريع البناء. وأضحت المباني تُصنّف على هذا الأساس، وباتت الأولوية تُعطى لتلك المشاريع ذات الحلول الموفّرة للطاقة، التي تتبّع منهجية علمية في تصميم أنظمة تكييف الهواء والتدفئة والتهوية والإضاءة، وتعتمد على حسابات التوازنات الحرارية للمناخ الخارجي خلال العام.

الكلمات المفتاحية: المبنى الموفّر للطاقة، التصميم المُكثّنز، طاقة المناخ الخارجي، النمذجة الرياضية.

Scientific Concepts and Methods Used In the Designing Of Energy Efficient Buildings

Rubaia Ali Bin Ali¹

Associate Professor of Department of Architecture & Environment Planning, Hadhramout
University, Yemen.

myka@yandex.ru

Hani M. Naseer²

PhD Candidate, College of Architecture and Planning, King Saud University, Saudi Arabia.

archgreat2020@gmail.com

E. A. Mukaydekh³

Associate Professor of the Economy and Management's Department, Bryansk Institute of
Management and Business, Bryansk, Russia.

MukaideE@yandex.ru

Abstract:

Raising the efficiency of the building and improving its energy consumption has made the specialists think of many effective engineering solutions in energy saving, such as: choosing the appropriate architectural designs, with regard to the shape, size and orientation of the building using energy saving and environmentally friendly technologies. All these and other measures attempted to maintain the temperature in the building spaces, by reducing the heat transfer process through its walls.

Energy consumption in buildings and its relation to the surrounding environment has become the dominant criterion for the quality of construction projects. Buildings are classified on this basis, and Priority is given to those projects with energy saving solutions that follow a scientific methodology in the design of air conditioning, heating, ventilation and lighting systems, relies on the calculations of the thermal balances of the external climate during the year.

Key words: energy efficient building, compactness of building, energy of external climate, mathematical modeling.

١. المقدمة

إن تشييد المباني ذات الكفاءة في استخدام الطاقة والموفرة لها، يجذب باستمرار المزيد من الاهتمام من قبل محافظي المدن والمستثمرين. أما فيما يخص محافظ المدينة، فإن الاهتمام بتشبيد المباني الموفرة للطاقة غالباً ما يكون مرتباً بإمكانية تخفيض الدعم المقدم للسكان من أجل دفع ثمن الطاقة المستهلكة، فكلما كان المبنى مُقتصداً في الطاقة كان الدعم أقل. وأما بالنسبة للمستثمرين، فأنهم يسعون دوماً لزيادة القدرة التنافسية في مواصفات المبنى من حيث كمية الطاقة المستهلكة لتشغيله. ويبقى استخدام التقنيات المتطورة والموفرة للطاقة في صناعة البناء هدفاً رئيساً ومهماً، سعياً لتحقيق الحد من خسائر الطاقة في اقتصاد البلد.

وهناك اختلافاً كبيراً وجوهرياً في قبول واعتماد معايير كفاءة الطاقة في المباني والمنشآت على مستوى جميع أنحاء العالم. في أوروبا مثلاً، لا يتعلّق الأمر بأساليب وتكنولوجيات البناء فقط، بل أن مصطلح كفاءة الطاقة يُعد مكوناً بيئياً، يُطبّق في أي مجال كان. إذن الفرق الرئيس يكمن في طريقة التفكير، حيث أن كفاءة الطاقة تُشكّل عنصر من عناصر الاستدامة البيئية. فالمنزل الموفر للطاقة لا يتم بناؤه فقط من مواد صديقة للبيئة ويقوم بالتوفير في استخدام الطاقة، ولكنه يوفر أيضاً إمكانية المعالجة الكاملة للمبنى في نهاية فترة خدمته، والتي قد تصل كحد أقصى إلى ٦٠ عامًا.

إن كفاءة استخدام الطاقة في المبنى تشكّل جزءاً من الثقافة الاجتماعية في المجتمع الغربي، كفكر ونهج متكامل في تشييد المباني والإنشاءات. وتُعد ملاءمة البيئة والحفاظ عليها، بما في ذلك كفاءة استخدام الطاقة، شرطاً مسبقاً وأساسياً للتعايش الاجتماعي. ووفقاً لسياسة الدولة المتمثلة في زيادة كفاءة استخدام الطاقة في جميع قطاعات الاقتصاد الوطني، فإنه يتم تجهيز وحفظ بيانات متكاملة حول الكفاءة في استخدام الطاقة، ليس فقط في جميع المؤسسات الصناعية والمباني السكنية، وإنما أيضاً في المباني الخاصة، وهي بمثابة مكون إلزامي لحزمة من وثائق التصميم والقبول.

إن مفهوم المبنى المُستدام هو المبنى المتوازن مع الطبيعة والإنسان، الذي لا يسبب أي أضرار بيئية، ويحظى بشعبية كبيرة في الغرب. ويتضمن هذا المفهوم أيضاً استخدام مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة، والحفاظ على الموارد المائية واستخدام مواد البناء التي تم الحصول عليها من إعادة تدوير خامات المواد المستهلكة بسهولة. والهدف ليس فقط تحسين نوعية المباني ومناخ فضاءاته الداخلية، ولكن أيضاً تقليل الضرر الذي قد يلحق بالبيئة المحيطة. لذلك فالنهج العلمي السليم هو الذي يعتبر البناء والبيئة جزأين لنظام واحد مكملين لبعضهما البعض، وعلى الدوام يتم التحقق من وجود التأثير المتبادل بينهما.

وبالتزامن مع الحد من استهلاك الطاقة من قبل "المباني المستدامة"، يجري العمل على إيجاد مصادر بديلة للطاقة، وما هو الجديد التي يمكن أن تقدمه لنا البيئة. وتشمل هذه المصادر: ألواح الطاقة الشمسية، وتوربينات الرياح (التي أصبحت بالفعل مألوفة في العديد من البلدان)، وحرارة الأرض الداخلية، ومحطات الطاقة الكهرومائية المدمجة وغيرها.

وعند تصميم المباني والهياكل الإنشائية، من المهم أن تؤخذ في الاعتبار عملية الخسائر في الحرارة عن طريق الترشيح، لأن معظم مواد البناء تمتلك خاصية نفاذية الهواء.

إن أحد الحلول التصميمية المناسبة للمباني، التي تساعد في الحفاظ على درجة الحرارة في فضاءات المبنى من خلال الحد من عملية النقل الحراري وزيادة تشميس الفضاءات هو التصميم المُكْتَزَر للمبنى. وإذا كانا معامل الاكتناز ومتوسط معامل التوصيل الحراري الداخلي مرتفعان للغاية، فإن المبنى حينها يعتبر غير فعّال للاقتصاد في الطاقة، كما هو الحال في العديد من المباني الأكثر استهلاكاً للطاقة. ولهذا يجب إعادة النظر في تصميم بعض عناصر الواجهات في تلك المباني لتخفيض معامل الاكتناز، ورفع فعّالية العزل الحراري لحوائطها الخارجية.

في التصميم الواقعي قد يتم ربط اختيار مجموعة الحلول المعمارية والتصميمية والهندسية المبتكرة المُتَلَى والمتربطة مع بعضها في المبنى المُوقَّر للطاقة بعددٍ من القيود، تلك القيود التي لا يمكن انتهاكها كارتفاع المبنى وعدد طوابقه.

ويمكن تحسين تأثير الطاقة الحرارية للمناخ في الهواء الطلق على التوازن الحراري للمبنى عن طريق اختيار شكل المبنى وموقعه، وعدد فتحات إدخال الضوء والهواء في الجدران وتقدير مساحتها والتحكم في تدفق تيارات الهواء خلالها.

إن منهجية تصميم التدفئة والتهوية وأنظمة تكييف الهواء تعتمد على حسابات التوازنات الحرارية والهواء في المبنى لفترات محددة من العام. ويمكن القول بأنه من الممكن تحسين تأثير حرارة وطاقة المناخ الخارجي على التوازن الحراري للمبنى لأي فترة زمنية محددة طوال العام.

لقد بدأ الحديث عن المباني، التي يمكن أن توفر الموارد منذ فترة طويلة. وأما اليوم، فُيعرّف مفهوم "المبنى ذو الكفاءة في استخدام الطاقة" بمعايير عديدة.

فالمعيار الأول هو أنه عندما يتم تشييد المبنى الفعّال للطاقة، فإن المتوقع منه استهلاك الحد الأدنى من موارد الطاقة والاستفادة القصوى من الإضاءة وعمليات التكييف والتدفئة الطبيعية.

ويتم حلول هذه المسائل في مراحل التصميم الأولى، حيث يتم التركيز على موقع البناء وتضاريس المنطقة المحيطة بالمبنى، وكيف سيتم التوجيه. ولتوضيح الأمر أكثر، فإن أكبر مساحة مزججة في واجهات المبنى يجب أن تكون باتجاه الجنوب لجمع أقصى كمية من الدفء شتاءً. ولتجنب ارتفاع درجة الحرارة في فصل الصيف، فمن الضروري استخدام الكاسرات الشمسية فوق النوافذ، وستائر الجالوزي في الداخل.

المعيار الثاني مهم للغاية، وهو أن المبنى لا ينبغي أن يسمح بأي حال من الأحوال بتسرّب الحرارة من خلال الجدران والسقوف أو فتحات النوافذ. ويتم حل هذه المسألة ليس عن طريق استخدام مواد العزل الحراري المناسبة فحسب، بل أيضاً يجب معرفة كيفية تركيب مواد العزل ووضعها بطريقة صحيحة، لإطالة خدمتها وحمايتها من التلف.

المعيار الثالث، فهو استخدام مصادر الطاقة البديلة في نظام تزويد المنزل بالكهرباء وطاقة التكيف والتدفئة.

المعيار الرابع والأخير، فهو ربط المبنى بنظام "المنزل الذكي" الذي يسمح بالتحكم في استخدام الطاقة، لضمان تحقيق الحد الأدنى من استهلاكها، كما يمكن أيضاً استخدام نظام إعادة تدوير الطاقة إن توفّرت المعدات اللازمة لذلك. [1]

٢. مشكلة البحث

إن مشكلة الحد من استهلاك الطاقة تعتبر إحدى المشكلات الرئيسية للبشرية في الوقت الحالي، بسبب نفقاتها الضخمة وما تخلفه من أضرار جسيمة بالبيئة وتوازنها الحرارية. وأصبحت هي المُعضلة الرئيسية التي ينبغي إيجاد الحلول لها. وتُبذل العديد من حكومات العالم جهوداً جبّارة للحد من استهلاك الطاقة. ووفقاً للمصادر [2]، أتضح أن أحد أكبر المستهلكين الرئيسيين للطاقة المُنتجة في دول الاتحاد الأوروبي هي المباني والمنشآت.

٣. الهدف من البحث

إن الهدف الرئيس لهذه الدراسة البحثية هو تحديد العوامل المؤثرة على كفاءة استخدام الطاقة في المبنى، بهدف التوصل إلى حلول تصميمية مُثلى، وقرارات هندسية مُبتكرة ومجدية تقنياً وسليمة اقتصادياً ومقبولة أيضاً من وجهة نظر بيئية واجتماعية، تساعد في رفع فعالية استخدام الطاقة، وتساهم في نفس الوقت في تحسين جودة المناخ الداخلي في فضاءات المبنى.

محتويات البحث الرئيسية

قام الباحث بهذه الدراسة التحليلية من خلال الخطوات الآتية:

أولاً: العوامل المؤثرة على كفاءة استخدام الطاقة في المبنى.

ثانياً: مبادئ تصميم المباني الموفرة للطاقة.

ثالثاً: الاستفادة المثلى من تأثير طاقة المناخ الخارجي على التوازن الحراري في المبنى.

رابعاً: استخدام المفاهيم متعددة التقنيات الموفرة للطاقة في تصميم المباني.

خامساً: طريقة التقييم السريع لكفاءة الحلول الموفرة للطاقة.

سادساً: نتائج الدراسة والتوصيات.

أولاً: العوامل المؤثرة على كفاءة استخدام الطاقة في المبنى:

إن الحلول التصميمية للمبنى وأساليب تشييده تلعب دوراً كبيراً في عملية استهلاك الطاقة لديه. كما أن اختيار الشكل الأمثل للمبنى، وتوجيهه، وموقعه، وتحديد أماكن فتحات الإضاءة ومساحاتها في الحوائط، والتحكم في عمليات الترشيح تسمح في الحد من تأثير الحرارة السلبية القادمة من المناخ الخارجي، وتحافظ على التوازن الحراري للمبنى.

وعند تصميم المبنى الموفر للطاقة، يسترشد المهندس المعماري بمعايير عامة، لجعل المبنى أكثر

كفاءة في استخدام الطاقة. وكقاعدة عامة، يعتمد اختيار شكل المبنى على العوامل التالية: [3]

- توجيه المبنى؛
- وظيفة المبنى؛
- خصائص البيئة الطبيعية المحيطة بالمبنى؛
- الحلول الهندسية التصميمية في المبنى؛
- التصميم المكتنز، الذي يحد من فقدان الحرارة؛
- نوعية هياكل الجدران الخارجية المستخدمة؛

اختيار موقع البناء الفعّال

إن إحدى الخطوات المهمة في مراحل التصميم الأولى هي تحديد موقع المبنى. ولتحديد الإضاءة في المبنى، توجد أنظمة برامج آلية لرسم وردة الإشعاع الشمسي (على طريقة وردة الرياح) كمؤشر على عملية التشميس في موقع البناء، وهو عبارة عن مخطط متجه يوضح مقدار الإشعاع الشمسي الذي يتسأل إلى فضاءات المبنى عبر أسطحه العمودية، حسب الموقع والفترة الزمنية (الشهر، الموسم، والسنة). وتمنح هذه المعلومات المهندسين المعماريين فرصة اختيار أفضل اتجاه للواجهات الرئيسية للمبنى المصمّم.

ومن المهم ذكره بالنسبة للبلدان ذات المناخ القاري (الحار الجاف)، التي يميّز مناخها بالحرارة المرتفعة صيفاً والبرودة القارسة شتاءً، هو أن وردة الإشعاع الشمسي نصف السنوية لا تستطيع توضيح فرق التشميس في فصلي الصيف والشتاء. لذلك يُنصح بإجراء عمليات حسابية منفصلة لفصلي الصيف والشتاء، كلٌّ على حده.

ومن المهم مراعاة أشكال الظلال المحتملة للمباني أثناء تصميم المخططات الحضرية، [4]. ونظراً لاحتمال وجود مباني يمكن استخدامها بشكل موسمي فقط (كالمنتجعات الصيفية والشتوية) أو تلك المستخدمة على مدار السنة، فمن الضروري إذن مراعاة التظليل بطرق مختلفة. فبالنسبة للمباني التي يتم تشغيلها في الصيف فقط، يتطلب الأمر حينها إلى الاستفادة القصوى من الظل. والمباني المستخدمة في فصل الشتاء فقط، فهي تحتاج إلى الحد الأدنى من التظليل، وأما إذا كان المبنى مصمماً للعمل على مدار السنة، فمن الضروري حينها البحث عن حل توافقي لعملية التظليل صيفاً وشتاءً.

إن اختيار الحلول الهندسية المناسبة بالتصميم المُكتنز للمبنى يساعد في الحفاظ على درجة الحرارة في فضاءات المبنى من خلال الحد من عملية النقل الحراري وزيادة تشميس الفضاءات.

وأفضل طريقة لتحديد قيمة اكتناز المبنى، هي إيجاد معامل الاكتناز - (Compactness Factor)

(Kcom) عن طريق المعادلة (1): [5]

$$K_{com} = S_{tot} / V_{heat} \quad \dots \dots (1)$$

حيث أن:

S_{tot} : المساحة الإجمالية لجميع واجهات المبنى وأسطح السقوف، (M^2).

V_{heat} : حجم المبنى المسخّن، المساوي للحجم المحدد بالأسطح الداخلية لجدران المبنى الخارجية، (M^3).

ومن المهم الإشارة إليه، هو أنه كلما زادت قيمة معامل الاكتناز زاد فقدان الحرارة في المبنى، وبالتالي انخفاض هذا المعامل يؤدي إلى زيادة اكتناز المبنى والمحافظة على درجة الحرارة في فضاءاته، والزيادة في كفاءة أنظمة التبريد والتدفئة.

ويمكن تخفيض معامل الاكتناز بإعطاء المبنى الشكل الكروي أو المكعب، وكذلك عن طريق إزالة المخالفات في الواجهات، كالحواف البارزة، النوافذ الكبيرة وغيرها.

ومع ذلك، فإنه ليس من الضروري التخلي تمامًا عن كل التفاصيل المعمارية التي تزيّن واجهة المبنى. فإذا ظهرت خسائر إضافية في الحرارة نتيجة وجود تلك التفاصيل المعمارية، فإنه يمكن تعويض ذلك عن طريق استخدام عوازل حرارية بمواصفات عالية. [6]

غير أن معامل الاكتناز لا يأخذ في الاعتبار خصائص جدران المبنى وقشرته الخارجية. وكلما كان مستوى العزل الحراري في المبنى جيدًا، كان فقدان الحرارة أقل وتنخفض بذلك كمية الطاقة المستهلكة للحفاظ على درجة الحرارة المطلوبة في المبنى.

وكلما كان تصميم واجهات المبنى الخارجية أكثر تعقيدًا، كلما زادت تكلفة جعله فعالًا حراريًا. وقد تظهر بعض المباني بأشكال وواجهات معقدة للغاية، بحيث يصبح من المستحيل فعليًا الوصول إلى معيار المبنى السلبي، بغض النظر عن نوعية وحجم العزل الحراري المستخدم والأموال التي تم إنفاقها، (الشكل ١).



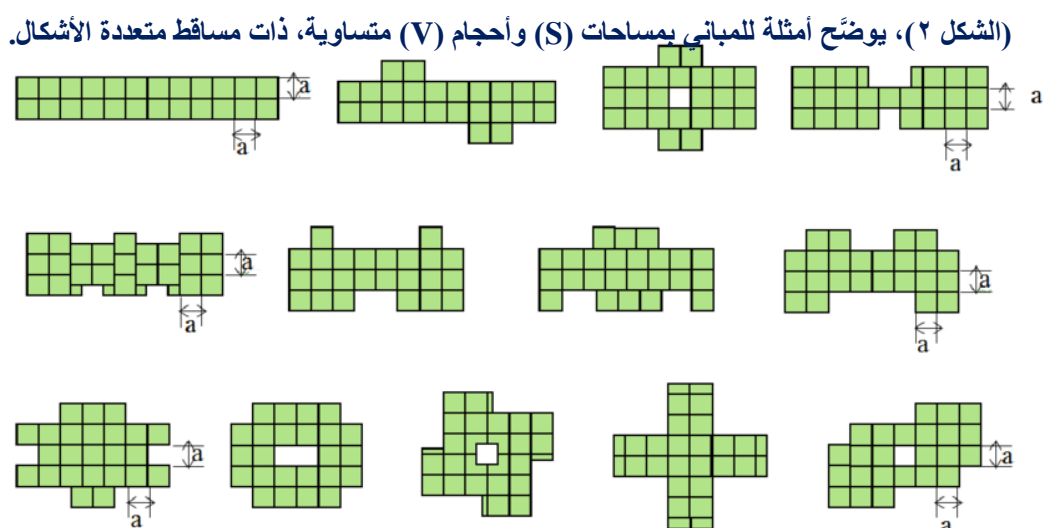
منزل Dupli Casa في بادن فورتمبيرغ (ألمانيا)،
تم بناؤه في عام 2008 من قبل المعماري الألماني يورغن ماير

المنزل المختق، تصميم DADA وشركائه

(الشكل ١)، يوضّح أمثلة لبعض المباني بواجهات معقدة ومعامل اكتناز مرتفع.

وبشكل عام، فإن الخسائر الرئيسية في الطاقة تعود إلى تصاميم الواجهات الخارجية للمبنى، وعملية الانتقال الحراري وزيادة نشاطها من وإلى داخل المبنى عبر الحوائط الخارجية، ويحدث ذلك بسبب التفاوت في درجات الحرارة داخل المبنى وخارجه.

إن تعرض المساحات الصالحة للسكن للهواء الطلق هو حاجة بيولوجية إنسانية ووسيلة مستدامة. ولهذا موضوع اكتناز المبنى يرتبط ارتباطاً كبيراً بالاستدامة، نظراً لقدرته على إدارة عملية تشكيل مساحات المبنى والتحكم في بيئته الداخلية من خلال ضمان استمرار ضوء النهار، والتهوية الطبيعية، والرؤية، والتدفئة، وخفض تأثير المناخ الخارجي على البيئة الداخلية، والتي يمكن أن تؤدي بالمحصلة إلى أداء فعّال للبيئة الداخلية وتوفير الطاقة، (الشكل ٢). [7].



إن الكفاءة الحرارية العالية للمواد المستخدمة في المبنى، وكذلك الزيادة في سماكة جدرانه، توفّر أدنى خسارة في الطاقة الحرارية. ويمكن تفعيل كفاءة خفض مستوى الانتقال الحراري في حوائط المبنى بالطرق التالية [8]:

- زيادة سماكة جدران المبنى الخارجية؛
- استخدام مواد بناء ذات مقاومة عالية للنقل الحراري؛
- استخدام العزل الإضافي في داخل وخارج المبنى، بما في ذلك العازل العاكس لأشعة الشمس؛
- استخدام واجهات التهوية الخاصة، التي تسمح لتيار الهواء الساخن بالمرور خلالها، وتحول دون دخوله إلى فضاءات المبنى؛
- الحد من عملية انتقال الحرارة خلال الجسور الباردة، وذلك باستخدام مواد عزل إضافية.

وبالنسبة للنقطة الأخير، فإن ما يدل على وجود تسرب للحرارة بواسطة الجسور الباردة هو ظهور درجات الحرارة المنخفضة على أسطح المبنى الخارجية وتضررها، وظهور قطرات الندى عليها. وعندما يُراد حساب كمية الحرارة التي تمر خلال الجدران الخارجية للمبنى، يُفضّل عدم استخدام قيمة مقاومة الانتقال الحراري، بل يجب إيجاد معامل التوصيل الحراري الداخلي (λ)، ويتم حساب قيمته من خلال الصيغة (2) [9]:

$$\lambda = 1 / R_o \quad \dots\dots (2)$$

حيث أن:

R_o : مقاومة النقل الحراري في جدران المبنى الخارجية، ($M^2 \cdot ^\circ C / BT$).

ويمكن إيجاد بعض حسابات مقاومة الانتقال الحراري لبعض مواد البناء والهياكل الإنشائية، في المصادر التالية [10].

إن متطلبات الكفاءة باستخدام الطاقة في المباني الحديثة تنص على ضرورة الاستخدام الأقصى للإضاءة الطبيعية. وإذا ما ازدادت مساحة الجدران الشفافة التي تسمح لضوء الشمس بالمرور خلالها إلى المبنى، فإن ذلك سيؤدي إلى زيادة عملية الانتقال الحراري من وإلى المبنى. وهذا التناقض بين الإضاءة والحرارة يمثل مشكلة كبيرة في الاقتصاد بالطاقة. لأنه لا يمكن بأي حال من الأحوال تشييد واجهات بدون نوافذ لمنع عملية انتقال الحرارة، كما أنه لا يمكن جعل الحوائط الخارجية شفافة للسماح بدخول أكبر قدر ممكن من الضوء إلى فضاءات المبنى. ولهذا، فمن المهم أن نأخذ في الاعتبار متوسط معامل التوصيل الحراري الداخلي (λ_{av})، والذي يمكن حسابه بالصيغة (3) [11]:

$$\lambda_{av} = \frac{\sum \lambda_i \cdot A_i + \sum \Psi_k \cdot L_k}{\sum A_i} \quad \dots\dots (3)$$

حيث أن:

λ_i : الحد الأقصى لمعامل التوصيل الحراري الداخلي للعنصر i-th من حوائط المبنى، ($BT/M^2 \cdot K$).

A_i : مساحة العنصر i-th من حوائط المبنى، (M^2).

Ψ_k : الحد الأقصى للمعامل الحراري الخطي للجسر البارد، ($BT/(M \cdot ^\circ C)$).

L_k : طول الجسر البارد، (M).

وبالتالي، يتضح أنه إذا لم تكن هناك إمكانية تحقيق اكتناز للمبنى، عندئذٍ يجب تخفيض قيمة متوسط معامل النقل الحراري. وأما إذا كانا معامل الاكتناز ومتوسط معامل التوصيل الحراري الداخلي مرتفعان للغاية، فإن المبنى حينها يعتبر غير فعّال للاقتصاد في الطاقة، كما هو الحال في العديد من المباني الأكثر استهلاكاً للطاقة. ولهذا يجب إعادة النظر في تصميم بعض عناصر الواجهات في تلك المباني لتخفيض معامل الاكتناز، ورفع فعّالية العزل الحراري لجدرانها الخارجية، كما يُفضّل استخدام الطاقة المنتجة بشكل مستقل من مصادر متجددة.

عند تصميم المباني والهياكل الإنشائية، من المهم أن تؤخذ في الاعتبار عملية الخسائر في الحرارة عن طريق الترشيح، لأن معظم مواد البناء تمتلك خاصية نفاذية الهواء، وعندما يتشكّل فرق في ضغط الهواء داخل المبنى وخارجه، فعندئذٍ يمكن للهواء أن يخترق الجدران الخارجية المغلقة بسهولة. ولعل أسباب هذه الظاهرة هو الفرق بين درجات حرارة الهواء داخل المبنى وخارجه، فيما يُعرف بظاهرة الضغط الحراري أو تأثير الرياح. بحيث أنه قد يحدث الترشيح من اتجاه الهواء الخارجي إلى داخل المبنى (التسلّل أو الترشيح الداخلي)، وقد يحدث العكس، من داخل المبنى إلى خارجه (الهروب أو الترشيح الخارجي).

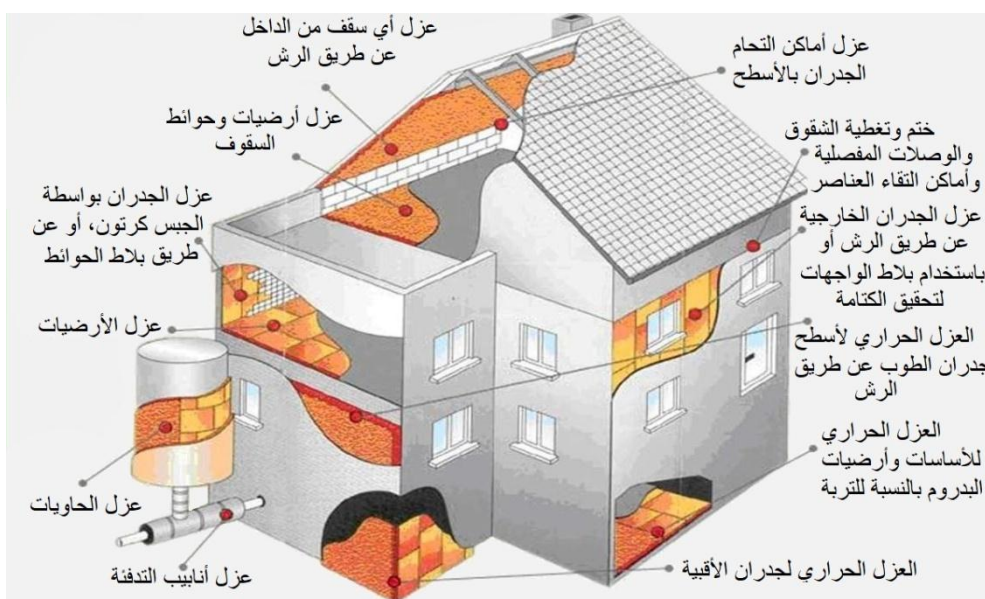
وبشكل عام، فإن خاصية نفاذية الهواء خلال الجدران الخارجية للمبنى لها عواقب سلبية. ففي فصل الشتاء مثلاً، تؤدي نفاذية الجدران إلى فقدان المبنى لحرارة التدفئة المطلوبة في الفضاءات، وتظهر قطرات الندى على الجدران بوضوح نتيجة عملية تكثيف الهواء. وكلما ازداد ارتفاع المبنى، أصبح تأثير خسائر الحرارة بالترشيح أكبر.

ونظراً لهذه الأسباب، فمن الضروري أن نولّي اهتماماً كبيراً إلى أهمية العزل الحراري للجدران الخارجية للمبنى. كما يجب إيلاء اهتمام خاص للوصلات المفصلية، زوايا الجدران، أماكن اللحام والتقاء العناصر الإنشائية.

ولرفع مستوى العزل الحراري، الذي يساهم في الحفاظ على درجة الحرارة المطلوبة في الفضاءات، شتاءً وصيفاً على حد سواء، فإنه من الضروري القيام بالإجراءات التالية:

- عزل الجسور الحرارية؛
- تحقيق أقصى قدر ممكن من الكتامة والعزل للجدران الخارجية؛
- ضمان عدم تسرّب الحرارة من الوصلات المفصلية وأماكن التقاء العناصر الإنشائية، (الشكل

(٣).



(الشكل ٣)، يوضِّح أماكن العزل الحراري في المبنى.

ثانياً: التدابير الأساسية ذات الفعالية في استخدام الطاقة في المباني

إن الغرض من تصميم وتشبيد المباني الموفرة للطاقة هو استخدام موارد الطاقة التي يتم إنفاقها على إمدادات الطاقة في المبنى بفعالية وبشكل أكثر كفاءة، وذلك من خلال استخدام حلول مبتكرة مجدية تقنياً وسليمة اقتصادياً ومقبولة أيضاً من وجهة نظر بيئية واجتماعية، كما أنها لا يجب أن تؤثر سلبياً أو تُغيّر في طريقة الحياة الاعتيادية. ولهذا يجب أن تكون الأولوية في اختيار التقنيات الموفرة للطاقة لتلك التي تمتلك الحلول التقنية، التي تساهم بتحسين المناخ الداخلي في فضاءات المبنى وفي الوقت نفسه تحافظ على الوسط البيئي الخارجي.

وفقاً لمبادئ التحليل المنطقي، فإنه من المُستحسن عند تصميم مبنى موفر للطاقة أن ننظر إلى مصدرين فرعيين مستقلين للطاقة:

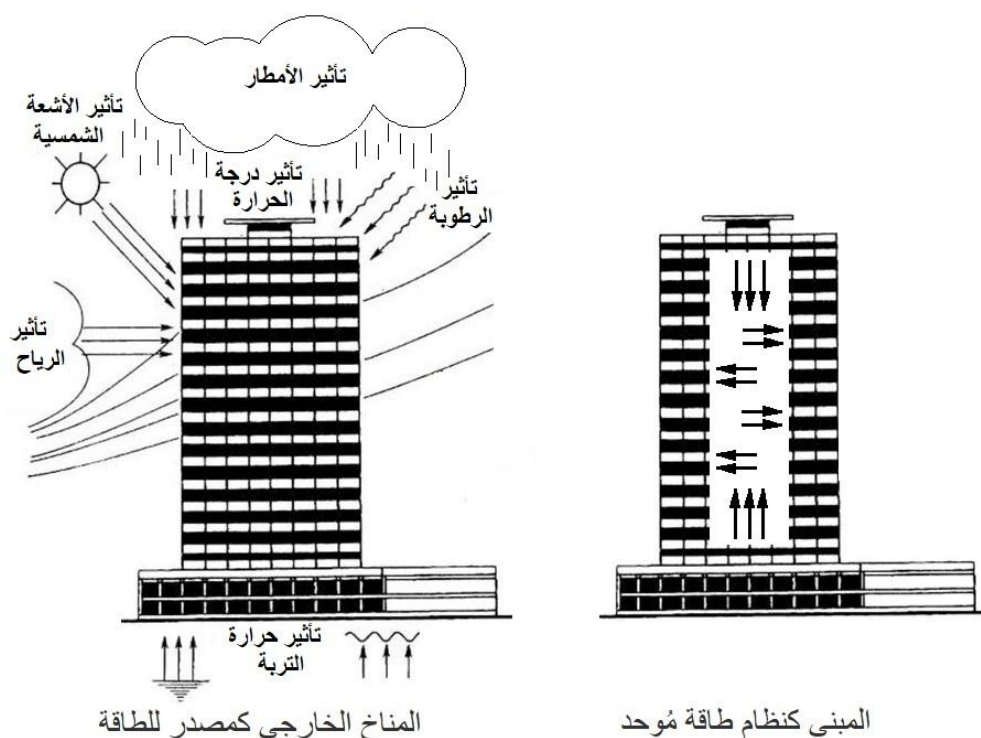
- المناخ الخارجي كمصدر للطاقة.
- المبنى كنظام طاقة مُوحد.

تحليل النظام الفرعي الأول يسمح لنا بحساب الطاقة الكامنة في المناخ الخارجي وتحديد طرق استخدامه للحرارة والتبريد في المبنى. أما تحليل النظام الفرعي الثاني فيتيح لنا معرفة مدى فعالية الحلول التصميمية المعمارية وتحديد خصائص الطاقة والأداء الحراري للمبنى كنظام مُوحد للطاقة، (الشكل ٤).

إن طريقة بناء نموذج رياضي للنظام الحراري للمبنى كنظام طاقة مُوحد تتضمن تقسيم المبنى إلى ثلاثة أنظمة فرعية رئيسية متعلقة بالطاقة:

- ١- نظام تأثير طاقة المناخ الخارجي على قشرة المبنى؛
- ٢- نظام الطاقة المتراكمة (المضمّنة) في قشرة المبنى، أي في جدران المبنى الخارجية؛
- ٣- نظام الطاقة المخزّنة (المضمّنة) داخل فضاءات المبنى، أي في الهواء الداخلي وفي المعدات الداخلية للمبنى.

ويتمثّل تصميم المبنى المُوفّر للطاقة في تحقيق الاستفادة المُثلى من الثلاثة النُظم الفرعية المتعلقة بالطاقة، وإذا لزم الأمر فإنه يمكن تمثيل كل من هذه النظم الفرعية بطريقة التحلّل بواسطة العناصر الأصغر المرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالطاقة.



(الشكل ٤)، يوضّح النظامان الفرعيان لمصادر الطاقة.

في التصميم الواقعي، فإنه قد يتم ربط اختيار مجموعة الحلول المعمارية والتصميمية والهندسية المبتكرة المُثلى والمترابطة مع بعضها في المبنى المُوفّر للطاقة بعددٍ من القيود، تلك القيود التي لا يمكن انتهاكها (على سبيل المثال: ارتفاع المبنى أو عدد الطوابق).

وفي الوقت نفسه، تظهر مشكلة الخروج بحل مثالي بوجود تلك القيود، وغالباً ما يتحقق الهدف المنشود عند التوصل إلى قرارات هندسية بحلولٍ مثلى تأخذ بعين الاعتبار تلك القيود المحددة. وفي هذه الحالة، فإنه من الصواب استخدام مؤشر الكفاءة الحرارية في الحلول التصميمية (η)، لأن من خلاله يمكننا تحديد الفرق المعتمد في تصميم المبنى العادي عن المبنى الأكثر كفاءة من حيث العلاقة الحرارية:

[12]

$$\eta = W_{\min} / W, \quad 0 < \eta < 1 \quad \dots\dots (4)$$

حيث أن:

W_{\min} : تكلفة الطاقة الحرارية لضمان ثبات الوضع الحراري للمبنى، وجعله أكثر كفاءة (WT).

W : تكلفة الطاقة الحرارية لضمان ثبات الوضع الحراري للمبنى المعتمد للتصميم (WT).

ويتم تحقيق الكفاءة الحرارية القصوى عندما يصبح مؤشر الكفاءة الحرارية ($\eta = 1$).

وكما أسلفنا، فإنه وفقاً لتمثيل المبنى كنظام مُوحَّد للطاقة بواسطة الأنظمة الفرعية الرئيسة الثلاثة المرتبطة بالطاقة، يمكن كتابة مؤشر الكفاءة الحرارية للحل التصميمي على النحو التالي:

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \quad \dots\dots (5)$$

$$0 < \eta_i < 1, \quad i = 1, 2, 3$$

حيث أن:

η_1 : هو مؤشر الكفاءة الحرارية من حيث الاختيار الأمثل للمناخ في الهواء الطلق.

η_2 : هو مؤشر الكفاءة الحرارية من حيث الاختيار الأمثل للحماية الحرارية للجدران الخارجية للمبنى.

η_3 : هو مؤشر الكفاءة الحرارية من حيث الاختيار الأمثل لضمان النظام الحراري للمبنى.

ويقع القرار النهائي ضمن اختصاص الشخص المسئول (وغالباً ما يكونون مجموعة من الأشخاص)، الذي يُمنح حق الاختيار النهائي ويكون هو مسئولاً عن اختياره. وبعد ذلك يمكنه أن يأخذ في الاعتبار جنباً إلى جنب، عددًا من التوصيات الناتجة عن الحسابات الرياضية، التي لم تؤخذ في الاعتبار في هذه الحسابات.

ثالثاً: الاستفادة المثلى من تأثير طاقة المناخ الخارجي على التوازن الحراري في المبنى

يمكن تحسين تأثير الطاقة الحرارية للمناخ في الهواء الطلق على التوازن الحراري للمبنى عن طريق اختيار شكل المبنى (للمباني ذات الشكل المستطيل تؤخذ في الاعتبار معايير مثل الحجم والاتجاه) وموقع المبنى وعدد فتحات إدخال الضوء والهواء (النوافذ) ومساحاتها في الجدران والتحكم في تدفق تيارات الهواء.

على سبيل المثال، يسمح الاختيار الجيد لتوجيه مبنى مستطيل الشكل، بالحد من تأثير الإشعاع الشمسي على جدران المبنى الخارجية صيفاً، وبالتالي تقليل التكاليف في عملية تبريد فضائه. وشتاءً يسمح بزيادة تأثير الإشعاع الشمسي على جدرانه وبالنتيجة خفض تكلفة عملية التدفئة. وسيتم الحصول أيضاً على نتائج مماثلة عند الاختيار الناجح لاتجاه المبنى فيما يتعلق بتأثير الرياح على التوازن الحراري في فضائه.

إن منهجية تصميم التدفئة والتهوية وأنظمة تكييف الهواء تعتمد على حسابات التوازنات الحرارية والهواء في المبنى لفترات محددة من العام. فعلى سبيل المثال: بالنسبة لحسابات الحرارة والهواء لدولة شبه استوائية كالجمهورية اليمنية ذات المناخ المتغير بسبب التباين الكبير في تضاريسها الجغرافية، فمن المعتدل الماطر إلى مناخ المناطق الساحلية الحار عالي الرطوبة، ومن المناخ الصحراوي الجاف إلى مناخ المناطق الجبلية البارد، فإن هذه الفترات من العام يمكن تقسيمها كالتالي:

- فترة الأشهر الأشد حرارة؛

- الفترة الحارة؛

- فترة الأشهر المعتدلة؛

- الفترة الباردة من العام.

وفي هذه الحالة، فإن الاستفادة المثلى من تأثير الطاقة الحرارية للمناخ الخارجي على التوازن الحراري داخل المبنى بعد الاختيار الصحيح لشكله وأبعاده وتوجيه واجهاته، ستسفر عن التدابير والنتائج التالية:

- لفترة الأشهر الأشد حرارة: التقليل من استخدام نظام تكييف الهواء؛

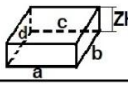
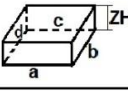
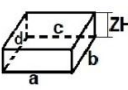
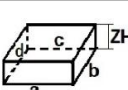

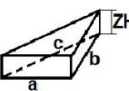
- للفترة الحارة: الاقتصاد في استخدام نظام تكييف الهواء؛

- لفترة الأشهر المعتدلة: عدم استخدام أنظمة تكييف وتدفئة الهواء؛

- للفترة الباردة من العام: التقليل من تكاليف طاقة تدفئة المبنى.

وفي المحصلة، فإنه يمكن أن ينتج عن التوجيه الناجح للمبنى واختيار الشكل المناسب له، اقتصاد ملموس في تكاليف استخدام طاقة التبريد والتدفئة في المبنى طوال العام. ويمكن القول بأنه من الممكن تحسين تأثير حرارة وطاقة المناخ الخارجي على التوازن الحراري للمبنى لأي فترة زمنية محددة طوال العام. وفي الجدول (١) نورد بعض الصيغ الحسابية لتحديد أبعاد المباني المثلى بأشكالها المختلفة، لغرض حساب الحد الأدنى من عملية فقدان أو اكتساب الحرارة خلال حوائط المبنى الخارجية.

جدول (١) يوضح الصيغ الحسابية لتحديد الحجم الأمثل للمباني ذات الأشكال المختلفة، بحساب الحد الأدنى من عملية الانتقال الحراري خلال حوائطها.

ملخص نماذج تصميم المباني الحسابية لتحديد أبعادها المثلى بأشكالها المختلفة، مع حساب الحد الأدنى من عملية فقدان أو اكتساب الحرارة					
شكل المبنى	القيود المفروضة	الأبعاد المثالية للمبنى في المسقط، (M)		عدد الطوابق Z	الحد الأدنى من فقدان الحرارة، q_F BT / M^2
		a	b		
	$F_0 = \text{const}$ $H = \text{const}$ $a = c$ $b = d$	$\sqrt[3]{\frac{HF_0 (q_b + q_d)^2}{(q_a + q_c)(q_1 + q_{roof})}}$	$\sqrt[3]{\frac{HF_0 (q_a + q_c)^2}{(q_b + q_d)(q_1 + q_{roof})}}$	$\frac{F_0}{ab}$	$3\sqrt[3]{\frac{H^2}{F_0}(q_1 + q_{roof})(q_a + q_c)(q_b + q_d)}$
	$F_0 = \text{const}$ $H = \text{const}$ $a = c$ $b = d$ $Z = \text{const}$	$\sqrt{\frac{F_0 (q_b + q_d)}{Z (q_a + q_c)}}$	$\frac{F_0}{aZ}$	Z	$\frac{(q_1 + q_{roof})}{Z} + 2\sqrt{\frac{H^2}{F_0}Z(q_a + q_c)(q_b + q_d)}$
	$F_0 = \text{const}$ $H = \text{const}$ $a = c$ $b = d$ $b = \text{const}$	$\sqrt{\frac{HF_0 (q_b + q_d)}{b (q_1 + q_{roof})}}$	b	$\frac{F_0}{ab}$	$\frac{H(q_a + q_c)}{b} + 2\sqrt{\frac{H^2}{F_0}b(q_1 + q_{roof})(q_b + q_d)}$
	$F_0 = \text{const}$ $H = \text{const}$ $a = c$ $b = d$ $a = \text{const}$	a	$\sqrt{\frac{HF_0 (q_a + q_c)}{a (q_1 + q_{roof})}}$	$\frac{F_0}{ab}$	$\frac{H(q_b + q_d)}{a} + 2\sqrt{\frac{H^2}{F_0}a(q_1 + q_{roof})(q_a + q_c)}$
	$F_0 = \text{const}$ $a = \text{const}$	$\sqrt[3]{\frac{q_{vert} HF_0}{(q_1 + q_{roof})}}$		$\frac{F_0}{a^2}$	$3\sqrt[3]{\frac{H^2}{F_0}q_{vert}^2(q_1 + q_{roof})}$
	$F_0 = \text{const}$ $a = b$	$\sqrt[3]{\frac{(\sqrt{2}q_a + q_b + q_d)2HF_0}{(q_1 + q_{roof})}}$	$\sqrt{2}a$	$\frac{2F_0}{a^2}$	$3\sqrt[3]{\frac{H^2(q_a + q_b + \sqrt{2}q_c)^2(q_1 + q_{roof})}{2F_0}}$

ومن المهم الإشارة إليه، هو أن تغيير شكل المبنى وأبعاده واتجاهه لغرض تحسين تأثير المناخ الخارجي على التوازن الحراري فيه، لا يتطلب تغييرات في مساحة المبنى أو في حجمه، بل تظل تلك القيم ثابتة ولا داعي لتغييرها.

ويُوضح (الشكل ٥) مثالاً على تغيير شكل المبنى بغرض تحسين تأثير حرارة وطاقة المناخ الخارجي على التوازن الحراري داخل فضاءاته، لأي فصل من فصول السنة المختلفة.



(الشكل ٥)، يُوضح تغيير شكل المبنى من أجل تحسين تأثير طاقة المناخ الخارجي الحرارية على التوازنات الحرارية داخل المبنى، حسب فصول السنة المختلفة.

وقد أجرى الباحثون عدة دراسات حول تأثير حرارة وطاقة المناخ في الهواء الطلق على التوازنات الحرارية في المبنى، وعلى سبيل المثال كان ذلك من خلال إجراء المقارنة بين مبنين متشابهين من حيث الشكل في المسقط المستطيل، يقعان في مدينتين مختلفتين. حيث تم اختيار القيم المُثلى لأبعاد أحد المبنين وحجمه وتوجيهه، وأما الآخر فكانت أبعاده غير مثالية وتوجيهه كان غير دقيقاً. ثم أُجريت حسابات تكاليف الطاقة المخصصة لعملية تبريد المبنين خلال فترة الصيف وتكاليف تدفئتهما خلال فترة الشتاء، وكانت النتائج باهرة. حيث تحقق الغرض من البحث حول تحديد الارتفاع لمؤشر الكفاءة في استخدام طاقة المبنى بسبب الأخذ بعين الاعتبار تأثير المناخ الخارجي على التوازن الحراري داخل فضاءات المبنى الموجّه توجيهاً صحيحاً، ذي الحجم والأبعاد المُثلى. [13]

وهذا البحث لم يتطرق لحل المسائل الرياضية الخاصة باختيار الشكل الأمثل للمبنى وتحديد حجمه واختيار التوجيه المناسب له، وكذلك قيم مؤشرات الكفاءة الحرارية للحلول التصميمية المختلفة، (الشكل ٦). [14-15]

وقد أصبح استهلاك الطاقة في المباني - والذي لم يكن عاملاً حاسماً في الماضي - المعيار المهيمن لجودة المشروع. وبمرور الوقت تغير موضوع الدراسة وتوسّع، وأصبح العنوان الرئيس لأي مشروع معماري هو: كفاءة الطاقة في المبنى.

وحتى أوائل التسعينيات من القرن العشرين، وفي بداية تشييد المباني الموفرة للطاقة كان الاهتمام الرئيس هو دراسة التدابير الموفرة للطاقة في المبنى، ثم وفي منتصف التسعينيات أُعطيت الأولوية للحلول الموفرة للطاقة، والتي تساهم في نفس الوقت في تحسين جودة المناخ الداخلي في فضاءات المبنى.

ومع ذلك، يمكننا القول إن جودة المناخ الداخلي أصبح في صدارة المتطلبات، مقارنةً بالتدابير الأخرى الموفرة للطاقة. وقد ظهر في عالم البناء عدد كبير من المباني والمجاورات والأحياء السكنية وحتى المناطق المعمارية والحضرية، التي تم تصميمها وبنائها على أساس مفاهيم مختلفة من التقنيات الموفرة للطاقة والصديقة للبيئة. وقد أُطلقت هذه المفاهيم على المباني وارتبطت بها بأسماء خاصة، ولعل أشهرها هو: [16]

- المباني الموفرة للطاقة (Energy efficient buildings).

- المباني السلبية (Passive buildings).

- عمارة المناخ الحيوي (Bioclimatic architecture).

- المباني الذكية (Smart buildings).

- المباني ذات التقنية العالية (High-tech buildings).

- المباني المستدامة (Sustainable buildings).

- المباني الصديقة للبيئة (Environmentally neutral buildings).

- المباني المتطورة (Advanced buildings).

- المباني ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة (Low energy buildings).

- المباني ذات الاستهلاك المنخفض جداً للطاقة (Ultralow energy buildings).

- المباني الصفرية في استخدام الطاقة (Zero energy buildings).

وقد تم تطبيق مفاهيم المباني الموفرة للطاقة والصديقة للبيئة المذكورة أعلاه في عدد كبير من مشاريع البناء في المناطق الحضرية والريفية، ولكن حتى الآن مازال تنفيذ تلك المشاريع يتم بدون أساس علمي يسمح بتصميمها بأفضل طريقة ممكنة، (الشكل ٧).

وفي الجانب النظري هناك محاولات عديدة قام بها المختصون لتعريف كل من هذه المفاهيم، وتكمن الصعوبة في الواقع العملي. فقد أتضح أنه في موقع البناء، وعند تنفيذ مشروع معين، فإنه في وقت واحد يمكننا اكتشاف العديد من المفاهيم المختلفة مجتمعة في مشروع واحد.



مبنى ذات تقنية عالية - قاعة المدينة في لندن، المهندس المعماري نورمان فوستر



المباني ذات الاستهلاك الصفري للطاقة - شركة الهندسة المعمارية الإسبانية، المعماريان (EZAR & Juan Blázquez)



أبراج نانجينغ الخضراء، صممها ستيفانو بويري، وهي أول غابة عمودية بنيت في الصين. (The first vertical forest in China)

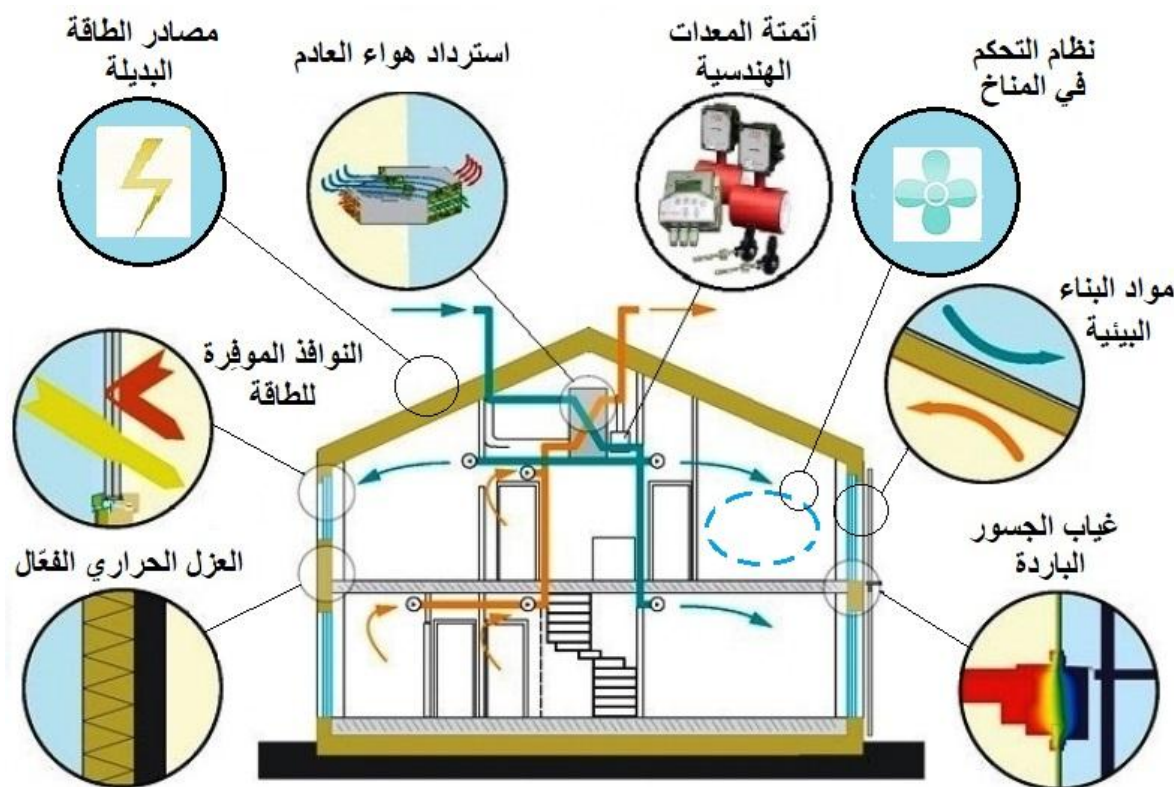


برج ماين-المبنى الفعّال للطاقة في مدينة فرانكفورت، الماني (Commerzbank)

(الشكل ٧)، يوضّح بعض المباني المؤفّرة للطاقة والصديقة للبيئة.

خامساً: طرق تقييم فعالية الحلول الموفرة للطاقة

إن التنوع الحالي في الحلول الموفرة للطاقة لأنظمة التكييف والتدفئة في المباني ناجم عن إمكانيات هائلة لتحسين كفاءة هذه الأنظمة. ويكون استخدام بعض الحلول الموفرة للطاقة فعّالاً من خلال استخدام مصادر الطاقة البديلة واستخدام نظام التحكم الآلي في المناخ، وزيادة دقة التنظيم في استهلاك الطاقة (على سبيل المثال: استخدام وحدات التحكم في الإضاءة، وتنظيم درجة حرارة وتدفق الهواء وفقاً للحاجة، ووحدات التحكم الآلية)، وأيضاً بسبب تحسين الخصائص الحرارية لجدران المبنى الخارجية (على سبيل المثال: زيادة مقاومة الانتقال الحراري للجدران الخارجية، والحد من تأثير الجسور الباردة، وتطبيق استخدام الستائر الليلية)، (الشكل ٨).



(الشكل ٨)، يوضح استخدام بعض الحلول والتدابير الموفرة للطاقة في المبنى.

ولتقييم فعالية استخدام أي حل موفر للطاقة في أنظمة التكييف والإمداد الحراري للمباني - وكقاعدة عامة - يتم استخدام الطرق التالية: [17]

١-٥: إجراء التجارب والاختبارات الميدانية

هذا الطريقة تسمح بتقييم فعالية عدد محدّد من الحلول الموفّرة للطاقة وفي ظروف خاصة، ولكن تطبيقها يتطلب استثمارات نقدية كبيرة وفترات زمنية طويلة. وفي كثير من الأحيان تكون هذه الظروف المادية هي السبب في عدم استخدام هذه الطريقة.

٢-٥: النمذجة الرياضية للمبنى كنظام طاقة موحّد وتحديد استهلاك الطاقة في فترات زمنية محددة

في هذه الطريقة، من المفترض أن تكون النماذج الرياضية للمعدّات أو الأجهزة الموفّرة للطاقة (مثل مبادلات الحرارة لهواء التهوية العادم المستخدم لغرض للتدفئة أو التبريد، جهاز وحدة التحكم الآلي في استهلاك الطاقة الحرارية، وحدات التحكم في الإضاءة وما إلى ذلك) مُعرّفة مسبقاً. ومع ذلك، فإن الدراسات البحثية والتجارب الميدانية تظهر بأن إنشاء مثل هذه النماذج الرياضية ليست بالمهمة السهلة، ولهذا نجد بأنه نادراً ما تستخدم مثل هذه النماذج الرياضية بسبب تعقيدها وعدم دقة نتائجها في إعداد التوازن الحراري للمبنى كنظام موحّد للطاقة.

٣-٥: تحليل نتائج استخدام حلول موفّرة للطاقة مماثلة في أنظمة التكييف والتزويد الحراري للمباني

المستخدمة

تسمح هذه الطريقة بإجراء تقييم متكامل لفعالية الحلول الموفّرة للطاقة، حيث أن النتيجة ستكون مُجدية فقط، للمبنى الذي له نفس الغرض التكنولوجي والأنظمة الهندسية وميزات معدات التدفئة والتهوية ونمط التشغيل وحلول الفضاءات التصميمية وما إلى ذلك.

إذن ومع الأخذ في الاعتبار ما سبق ذكره، فقد بدا لنا جلياً كم هو من الصعب تحديد حل معين وتقييمه لتوفير الطاقة والحفاظ على الحرارة المطلوبة في مبنى معين. حيث إن المؤشرات الكمية الموفّرة للطاقة لنفس المعدات تعتمد بشكل كبير على وظيفة المبنى وتقنياته، وخصائص معدات التدفئة والتهوية، وطريقة تشغيل المبنى، والحلول التصميمية للفضاءات، وغيرها، ويمكن أن يكون الاختلاف في حدود واسعة إلى حد ما.

سادساً: نتائج الدراسة والتوصيات

١-٦: نتائج الدراسة

- لم يهدف هذا البحث إلى وضع عرضاً تفصيلياً للمنهجية والأساليب الرياضية لتصميم المباني المؤفّرة للطاقة. فالطرق والأساليب المتعددة لتصميم المباني المؤفّرة للطاقة، التي يتم تنفيذها عملياً تتطلب عملاً إضافياً وجهداً كبيراً من فريق المتخصصين.
- إن شكلي المربع والمستطيل لمسقط المبنى (باستثناء الدائرة)، هما الشكلان اللذان تكون فيه العلاقة بين مساحات الجدران الخارجية للمبنى بالنسبة لمساحات فضاءاته الداخلية هي الأصغر. وشكل المنزل المستطيل لن يُقلل من فقدان الحرارة المتوقع بنسبة تصل إلى ٣٠٪ فحسب، بل وسيُخفّف أيضاً من عدد الزوايا التي يُحتمل أن تظهر فيها الجسور الباردة.
- توجيه المبنى يلعب دوراً مهماً في تحسين المناخ الداخلي في فضاءاته، وكما تبين أن المباني المجاورة تؤثر بشكل كبير على إضاءة واجهات المبنى وتشميس فضاءاته.
- الكفاءة الحرارية في المبنى تعتمد على خصائص قشرته وجدرانه الخارجية، حيث أن مواد البناء المستخدمة تختلف فيما بينها من حيث خصائص العزل والنقل الحراري.

٢-٦: التوصيات

- إن الغرض من هذا البحث هو إظهار للأخصائيين والمهتمين، بأنه في الوقت الحالي توجد هناك قواعد للأساليب العلمية الخاصة بتصميم المباني المؤفّرة للطاقة، ومحاولة منحهم تعريفاً للمصطلحات.
- ليس من المهم أن يكون تغيير شكل المبنى غاية في حد ذاته، ولكنه يعتبر أحد الحلول البناية لتشييد المبنى الأكثر كفاءة في استخدام الطاقة.
- الشكل الأكثر اكتنازاً للمبنى، والتقليل من عدم انتظام الواجهات والتقليل من مساحة الهياكل والجدران الخارجية يؤدي إلى انخفاض ملموس في عملية الانتقال الحراري.
- توجيه المبنى يؤثر كثيراً على تشميس فضاءاته، لهذا يجب القيام بالحساب المنفصل للشميس في فصلي الشتاء والصيف.
- السعي لاستخدام المواد ذات المقاومة القصوى للنقل الحراري، فضلاً عن تحقيق أقصى قدر ممكن من العزل لقشرة المبنى الخارجية.

المراجع العلمية

1. Gonshakov A. G., Sirgeev M. S., Calculation and Desiging of Energy Efficient Buildings. 2013 Vladimer, VIGU.
2. Ivanova S, "Generalized criteria of energy performance evaluation in early design stages of nearly zero-energy buildings// International Scientific and Practical Conference “WORLD SCIENCE”. 2016, №: 2, pp.: 22-28.
3. Al-Azhari W., Haddadin M., Hiyasat R., The effect of street orientation and surrounding
4. building height on solar accessibility in winter season in Amman, Jordan. // Architecture and Modern Information Technologies. 2014. № 29.
5. K.N. Clevets, Effect of thermal revenues through the windows of the southern facade on the creation of comfortable indoor conditions // Construction and man-made security. 2013. №: 48, pp.: 88-92.
6. Samarin O.D., On the method of calculating the energy efficiency of buildings // Construction. 2004. №: 4, pp.:78-82.
7. Kornienko S. B., account Form when assessing the heat protection of the building's shell / construction unique buildings and structures. 2013. №: 5(10), pp.: 20-27.
7. Mohamed M. Saeed Almumar, Understanding Building Compactness Entity, 2016 International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies, Vol. 7. №: 3, ISSN 2228 – 9860.
8. V.M. Manankov, Reflective insulation in energy-saving construction / ISSU Herald. 2011. №: 3-1.
9. Gorshkov A.S., Nemova D.V., Vatin NI Energy Efficiency Formula / construction unique buildings and structures. 2013. №: 7, pp.: 49-63.

10. Vasilyev G.P., Lichman V.A., Golubev S.S., Results of the definition of resistance to heat transmission of external wall panels / AVOC: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and construction Thermo physics. 2012. №: 4, pp.: 74-81.
11. Korotkikh A. G., thermal Conductivity of materials, Tomsk Polytechnic University. – Tomsk, Publishing house: Tomsk Polytechnic University, 2011.
12. Tabunschikov Yu. a., Brodach M. M., Mathematical modeling and optimization of thermal efficiency of buildings., Moscow: AVOK-PRESS, 2002, pp.: 124.
13. Tabunschikov Y. A., M. M. Brodach, Scientific bases of designing energy-efficient buildings, journal: AVOK, №: 1, 1998.
14. Brodach M. M., Isoperimetric optimization of solar energy activity of buildings. - Helioelectronics 2, Tashkent, 1990.
15. Brodach M. M., Energy passport of buildings / avoc, 1993, №: ½.
16. Tabunshchikov Y. A., Constructions concepts of Buildings of the 21st Century in the Field of Heating and Air-Conditioning. The article was published in the journal "ABOK" №: 4, 2005.
17. Tabunshchikov Y. A., Shilkin, N. V., Miller Y. V., Methods and results of evaluating the effectiveness of energy-saving solutions / The article was published in the journal "ABOK" №: 7, 2013.