مجلة الهندسة والتنمية المجلد الثالث عشر/العدد الثاني- حزيران 2009
ISSN 1813-7822

اسْتِخدامُ الطّاقاتِ الطبيعيَّةِ بأسْلوبٍ تَصْمِيمِيٍّ مُلائِمٍ لِتَبريدِ وَتَهْوِيَةِ أبنِيَةِ المَصَانِعِ وَالتَّخَلُّصِ مِنَ الغازاتِ غيرِ المَرْغوبِ فِيهَا

The Use of Natural Energies Coincided With Appropriate Design for Cooling, Ventilating and Exhausting Undesired Gases from Factory Buildings

الدكتور أديب نوري أحمد الجباري
مهندس معماري استشاري
قسم الهندسة المعمارية / كلية الهندسة /جامعة صلاح الدين/أربيل/العراق

الخلاصـــــــة

نظراً لتفاقم أزمة الطاقة في العالم وبالذات استخدامها في مجال المباني بشكل عام والمصانع بشكل خاص وذلك في المناطق الحارة والجافة؛ والتي تستدعي اعتماد الحلول الملائمة لها من قبل المهندسين والمختصين سواءً لتبريد وتهوية المباني أو التخلص من الغازات الضارة بأشكالها المختلفة.

إن من الحكمة استخدام تقنيات بنائية بسيطة وكفوءة والمترافقة مع خصائص المواد البنائية المستخدمة وبالاستفادة من الطاقات الطبيعية الآتية:

(1) الطاقة الشمسية السالبة (Passive Solar Energy) لاستحداث خاصية التأثير المدخني (Chimney Effect) لوجود فروق ضغط الهواء بين الأعلى و الأسفل لحدوث تيارات الحمل المستمرة وتكوين قوة ساحبة إلى أعلى.

(2) الرياح السائدة (Prevailing Winds) كقوة دفع ميكانيكية مباشرة للهواء من أسفل إلى أعلى إما بشكل طبيعي أو باستخدام المراوح أو توليد قوة كهربائية قابلة للخزن في نضائد بالاستعانة بالمراوح الخاصة بذلك.

إن فكرة البحث تستند على تطوير استخدام ملاقف الهواء (Wind Catchers) في المباني لجلب الهواء البارد أو للتخلص من الهواء الساخن نسبياً أو الاثنين معاً. والبحث يهدف إلى الاستفادة من خاصية التأثير المدخني باستخدام الجدران المجوفة المحيطية حول المبنى كاملاً والمعرضة لأشعة الشمس وتيارات الحمل الساخنة حيث يمكن استخدام أربع أنواع من المواد للجدران الخارجية للجدار المجوف:

(3) الجدار البنائي الأصم العادي للقشرة الخارجية (Normal Solid Wall).

(4) الألواح المعدنية (Metal Panels).

(5) الجدار البنائي المخزن للطاقة الحرارية العالية (Mass Trombe Wall).

(6) الجدار المائي المخزن للطاقة الحرارية العالية (Water Trombe Wall).

إن هذه الجدران المجوفة ستعمل أيضاً كحواجز لتقليل التسرب الحراري نحو الفضاءات الداخلية. إن تسخين الهواء الموجود بين الجدارين تدريجياً وخروجه من الفتحات العليا، يعني التخلص المستمر من الحرارة نتيجة تعرض القشرة الخارجية للمصادر الحرارية المختلفة، مع وجود فتحة سفلى في الجدار الخارجي، وبالاستعانة بالرياح السائدة لتوليد الضغط من الأسفل إلى الأعلى. وتربط الفضاءات الداخلية للمصانع من الأعلى بهذه الجدران المجوفة للتخلص المستمر من الهواء الساخن أو

ISSN 1813-7822

الملوث أو الدخان. وفي حالة غياب الشمس (ليلاً أو في الشتاء) يمكن الاستعانة بالمراوح ذات التصاميم المختلفة (Propellers) والتي تعمل بقوة الرياح السائدة لتحقيق نفس الأهداف. يؤكد البحث الفائدة المزدوجة لخاصيتي تيارات الحمل المتولدة بسبب الطاقة الشمسية السالبة إضافة إلى قوة دفع الرياح السائدة واستخدامها في المصانع دون الاستعانة بأي وقود أحفوري (Fossil Fuel) مكلفة وملوثة للبيئة وبدوره يؤدي إلى عدم تشغيل أو صيانة أية معدات أو أجهزة كهربائية.

Abstract

Due to the arousal of energy crisis in the world, it is wise to use simple but effective building techniques coincided with chosen physical characteristics of building materials to minimize energy consumption, depending upon two main concepts as follows:

A- Passive solar energy coincided by chimney effect.

B- Prevailing wind.

Literature review showed the use of "Wind Catchers" especially in the Middle-East Zone in order to bring cool air or to get rid of hot air or both, with assistance of the prevailing wind. The aim of the research is to develop the use of wind catchers in buildings to get rid of hot air or smoke through chimney effect by using circumferential cavity walls by using four types of wall design and building materials as follows:

1- Normal solid wall

2- Metal panels

3- Mass Trombe wall

4- Water Trombe wall

These circumferential cavity walls work as heat transmission barriers for inner spaces in one hand, and to exhaust the fume and naturally ventilate the inner spaces in the other hand. This means using of "Non Paid and Non Pollutant Energy" in all hot or cold seasons. In winter (in cold zones) we may use extra design manipulation like using prevailing wind forces mechanically or to generate electrical energy by special propellers; stored in batteries. The paper suggests making use of the chimney effect phenomena through the gaps of the cavity walls in factories by using free natural energies which depend upon reliable scientific facts in addition to its suitability for structural and aesthetical treatments which are applicable architecturally.

1. المقدمـــــــة

يتبين من الدراسات السابقة في الولايات المتحدة الأمريكية في مجال استهلاك الطاقة بأن 40% من الطاقة المصروفة هي في قطاع المباني للتدفئة أو التبريد أو الإضاءة؛ وتصنيع أجزاء الأبنية وأخيراً عملية تشييد الأبنية. إن 50% من هذه الطاقة يمكن الاقتصاد فيها من خلال الطريقة الكفوءة في التصميم والتشييد أو الإدارة والتشغيل. إن الهدر في قطاع البناء له التأثير الاقتصادي المباشر على مالكي الأبنية، كما يؤثر بشكل غير مباشر على الكلف البيئية والصحية والتي تتولد من قبل الأجيال المستقبلية (م8، ص13).

من المعروف بأن الحرارة تنتقل بثلاث طرق وهي الإشعاع الحراري خلال الهواء أو الفراغ (Heat Radiation) وطريقة التوصيل الحراري (Conductivity) من خلال الصلبة المتباينة الكثافة، وأخيراً بطريقة الحمل (Convection) في الأوساط الغازية أو السوائل. إن هذه الطرق تؤثر بشكل مباشر على المباني بدرجات مختلفة والتي تحدد مستوى الراحة

الحرارية داخل فضاءاتها. بما أن المبنى متكون من الهيكل الإنشائي الحامل (كجدران حاملة Bearing Walls) أو هياكل إطارية (Fame Structures) مع جدران مالئة أو المزيج من هذين النظامين والمتكونة من مواد ذات حرارة نوعية مختلفة والتي تؤثر على مستوى التبادل الحراري بين الداخل والخارج استناداً إلى موقع المصدر الحراري وكذلك حسب الفصول السنوية المختلفة. إن المساحة السطحية للجدران الخارجة المحيطة تعتبر المصدر الرئيس لتسرب الحرارة نحو الداخل أو بالعكس (حسب الموقع الجغرافي)، لذا كان من الضروري معالجة الأمر حرارياً لتقليل صرف الطاقة داخل المبنى. لذا سوف يعتمد البحث في كيفية معالجة تركيب الجدران المحيطة وتحديداً عن طريق تيارات الحمل لتقليل التسرب الحراري إضافةً إلى التخلص من الغازات المضرة وذلك باستخدام المواد البنائية الملائمة بحرارتها النوعية كونها إحدى الطرق الممكنة للاستفادة من الطاقة الحرارية السالبة، ناهيك عن التصميم الملائم للجدران المجوفة لتحقيق ذلك. (م1، ص112).

2.أهداف البحث

من أجل التخلص من الحرارة المتسربة من الخارج وكذلك الأدخنة الضارة وإجراء التهوية لأبنية المصانع يمكن استثمار الطاقة الحرارية السالبة باستخدام الجدران المجوفة المزدوجة القشرة وعن طريق ظاهرة التأثير المدخني (Chimney Effect) وبالاستعانة بقوة الرياح السائدة ودون الاعتماد على أي نوع من الطاقة الأحفورية وبالاعتماد على الفكرتين التاليتين :

2-2 فكرة التبريد والتهوية عن طريق ملاقف الهواء (Wind Catchers):

استخدمت ملاقف الهواء سابقاً في العمارة المحلية في كثير من البلدان مثل العراق وإيران ودول الخليج العربي وغيرها، وذلك باعتماد أسلوبين وظيفيين لها: الأول هو إدخال الهواء البارد من أعلى إلى أسفل، والثاني هو بتحريك الهواء الساخن نسبياً من أسفل إلى أعلى بالاستناد إلى معالجات تصميمية ملائمة للحالتين كلاً على حدة. إن هذين الأسلوبين يعتمدان بشكل مباشر على فروقات ضغط الهواء من الأعلى ضغطاً إلى الأقل كميكانيكية تحريك للكتل الهوائية داخل الفضاءات الداخلية و بالتالي الحصول على الراحة الحرارية للساكنين. (م1، ص294-295)، (شكل1، م1، ص153)، (م2، ص210-213)، (شكل2، م3، ص56).

كما يرتبط تحريك الهواء بشكل مباشر على حركة الرياح السائدة. ومن المعلوم بأنه في الإمكان تصميم الملاقف بحيث يعمل بالأسلوبين معاً. (م2، ص201-213)، (شكل2، م3، ص56). ومن المعروف بأن تخلخل الهواء وحركته داخل المبنى أو الفضاءات المتجاورة يتم نتيجة للتدرج في الضغط الجوي (Pressure Gradient) عبر الفضاء الداخلي (كغرفة أو ملقف) والذي يحدث بسبب عاملين أساسيين هما قوة الدفع الحراري (Thermal Force) المتسببة من التدرج في درجات الحرارة (Temperature Gradient) بين الهواء الداخلي والهواء الخارجي، إضافة إلى قوة الدفع الهوائي (Wind Force) الناتج من تيارات الهواء الخارجي والمتمثلة في البحث بالرياح السائدة في المنطقة المعينة (Prevailing Winds). (م2، ص174-175).

تصمم ملاقف الهواء عادة على شكل قنوات (Shafts) داخلية ضمن البناء وبمختلف الحجوم وحسب الطلب، ولكن في جميع الحالات يجب دراسة الأمور الآتية قبل التصميم:

(أ): نوع المواد البنائية (طابوق، حجر، خرسانة، طين...إلخ).
(ب): الحرارة النوعية للموا البنائية (جول\كجم. درجة مئوية).
(ج): اتجاه الرياح السائدة.
(د): طبيعة ومناخ المنطقة (حار جاف، رطب...إلخ).

إن متطلبات الأسلوب الوظيفي الأول لملاقف الهواء (أي إدخال الهواء من أعلى إلى أسفل) يتحدد بأن تكون هذه القنوات معزولة حرارياً بشكل كبير بحيث يساعد على تبريد الهواء داخله بالمقارنة مع الخارج وهذا يؤدي بالتالي إلى زيادة كثافة الهواء ومن ثَمّ نزوله إلى الفضاء الداخلي إضافة إلى قوة دفع الرياح السائدة في ذلك لزيادة حركة الهواء داخل الفضاء بالمستوى المحسوس والملائم لوظيفة التبريد والتهوية في نفس الوقت حيث توضع بقع أو مساحات مائية صغيرة (أواني أو أحواض صغيرة) في نهاية القناة لترطيب الهواء الداخلي وبالتالي الحصول على الراحة الحرارية وبالذات في المناطق الحارة والجافة.

أما متطلبات الأسلوب الوظيفي الثاني لملاقف الهواء (أي بإدخال ملاقف الهواء البارد من أسفل وإخراجه من أعلى بواسطة القناة) فيجب أن يكون الضغط عالياً في الأسفل (داخل الفضاءات) وبالاستعانة بالرياح السائدة، إضافة إلى تمرير الهواء على مساحات مائية أو حدائقية أولاً لترطيب الهواء الداخلي حيث أن الهواء الرطب نسبياً سوف يسخن بفعل الحرارة المكتسبة من أجسام الشاغلين مباشرة وكذلك الحرارة الناتجة من الزفير (Respiration) إضافة إلى التبادل الحراري بين السطوح الداخلية للفضاءات وكذلك الأجهزة المختلفة أو الإنارة الداخلية (حيث أن كل جرام من الماء بدرجة حرارة 100 ْم

ISSN 1813-7822

يمتص 540 سعرة حرارية للتحول من الحالة السائلة إلى الغازية) وبالتالي تق كثافة الهواء بالتسخين وترتفع نحو الأعلى وخروجها من الفتحات العليا. لقد استخدمت هذه الفكرة في البيوت والأسواق القديمة في العمارة المحلية في بلداننا العربية، وتم استنباط نفس الفكرة وتطويرها لتصميم أبراج التبريد في محطات توليد الكهرباء (م4، ص59).

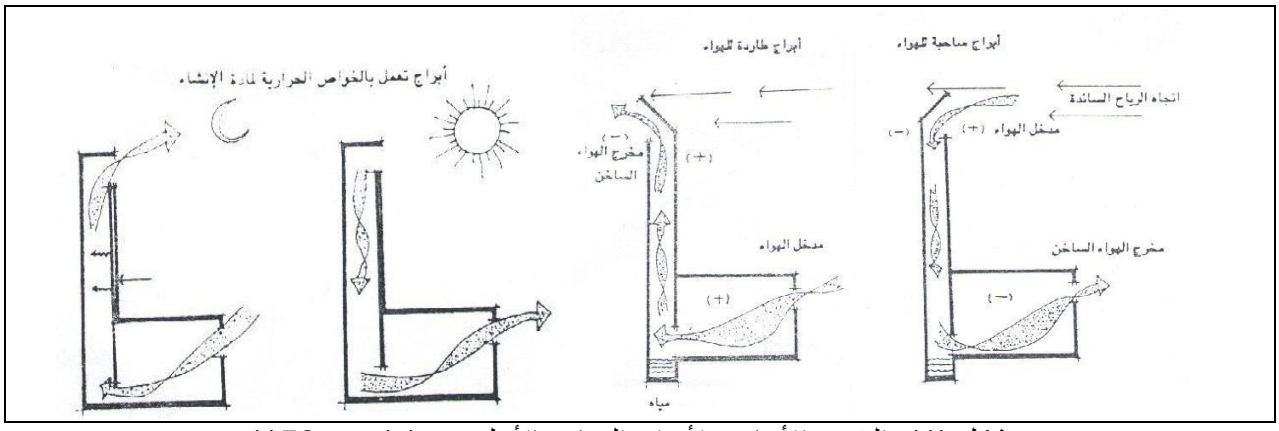
يتبين من تلك الدراسات استخدام ملاقف الهواء وبمساحات داخلية صغيرة ضمن الهيكل والفضاءات الداخلة دون تعريضها لأشعة الشمس على الواجهات الخارجية بشكل علم مما يحدد وظيفتها بعملية تحريك الهواء من أعلى إلى أسفل أو بالعكس داخل الفضاءات المختلفة للحصول على الراحة الحرارية والتي كان الإنسان قد تكيف معها. أما في عصرنا الحاضر فإن مشاكل الصرف على الطاقة أصبح كبيراً نتيجة ارتفاع معدلات درجات الحرارة بشكل عام بسبب ظاهرة الاحتباس الحراري في العالم ونتيجة للتلوث الحاصل من غاز ثاني أكسيد الكربون وغيرها من الغازات. لذا لا بد من التفكير باستخدام أساليب مناسبة ومبسطة بنائياً من أجل تقليل التسرب الحراري من الخارج نحو الداخل بالأخص من المساحات الجدارية الكبيرة للمحيط الخارجي لأبنية المصانع (أي الواجهات) ذات التوجيهات الشرقية والجنوبية والغربية، إضافة إلى استثمار هذه الخاصية لتهوية المصانع والتخلص من الغازات و الأدخنة منها. (جدول 1، م5، ص113).

جدول (1): عدد مرات تغيير الهواء في المباني المختلفة. (م5، ص113).

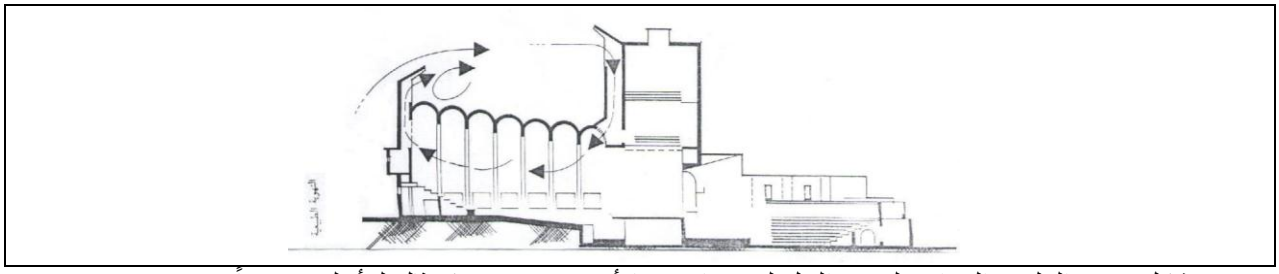
نوع الحيز أو المكان:		عدد مرات تغيير الهواء بالساعة:
مكاتب فوق مستوى سطح الأرض		6-2
مكاتب تحت مستوى سطح الأرض		20-10
مصانع ذات مساحات واسعة	*	3-1
مصانع وورش مجمعة مع بعضها	*	8-6
مصانع ذات أبخرة غير صحية	*	30-20
محلات الغسل والتجفيف		20-10
مطابخ فوق مستوى سطح الأرض		40-20
مطابخ تحت مستوى سطح الأرض		60-40
دورات مياه		12-6
غرف مولدات البخار والمكائن		15-10
مصهر معادن ودلفنة مع منظومة سحب الهواء		10-8
مصهر معادن بدون منظومة فصل وسحب هواء		20-10
المختبرات		12-10
صالة عمليات في المستشفى		20
صالة علاج في المستشفى		10
المطاعم		15-10
غرف يسمح فيها التدخين		15-10
مخازن وغرف مقفلة		2-1
صالة فعاليات مختلة		6-3
غرف الفصول الدراسية		4-3
غرف المعيشة		2-1
غرف النوم		1
فراغات المداخل و الاستقبال		4-3
المكتبات		4-2

إن في الإمكان الاستفادة من قوة دفع الرياح السائدة بشكل مباشر حيث أمكن منذ القدم استثمارها للحصول على القوة الميكانيكية لطحن الحبوب كما في (Wind Mills) باستخدام المراوح العملاقة وكذلك لتشغيل المضخات المائية مثل المراوح الأفقية متعددة الريَش القادرة على العمل في مناطق ذات سرع رياح منخفضة تتراوح بين (2-3 م/ث)، وتتكون المراوح من عدد كبير من الريش يتراوح من (12-24 ريشة) تكون على هيئة صفائح معدنية مزودة بدفة توجيه مثبتة خلف الريَش، وتتراوح أقطارها في الأنواع الكبيرة من (5-8 متر). يمكن استخدام هذه المراوح بحجوم أصغر لتدوير مراوح الدفع الداخلية لتحريك الهواء داخل الجدار المجوف ليلاً أو في الأجواء الشتوية (شكل3، م5، ص49). كما يمكن استعمال بعضاً من هذه المراوح لتوليد الطاقة الكهربائية وخزنها في نضائد لاستخدامها في حالات انعدام أشعة الشمس أو سكون الرياح (م5، ص26-29)، (شكل3، م5، ص50)، (جدول 2، م5، ص114).

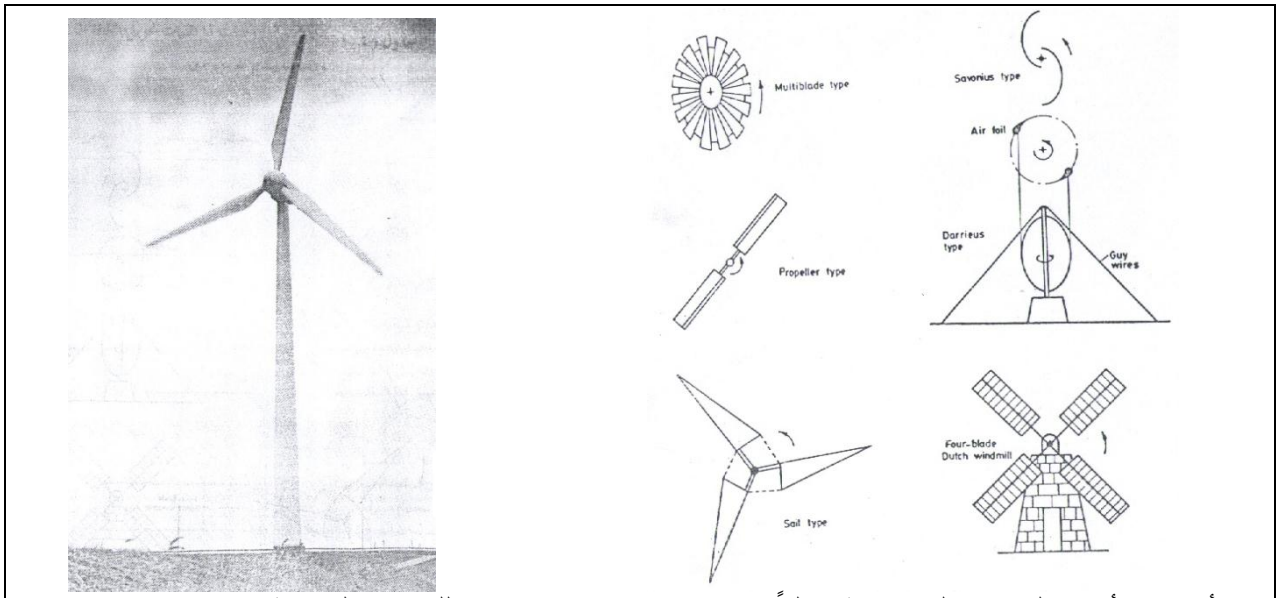
ISSN 1813-7822



شكل (1): التقسيم الأساسي لأبراج الرياح بالأسلوبين. (م1، ص153).



شكل (2): الملقف الهوائي لمبنى النيل للاحتفالات بالأقصر، مصر، كمثال للأسلوبين معاً. (م3، ص56).



(أ) بعض أنواع المراوح المستخدمة عملياً. (م5، ص49). (ب) نموذج للمراوح العملاقة. (م5، ص50).
شكل (3): بعض أنواع المراوح الريحية.

جدول (2): العلاقة بين سرعة الهواء والارتفاع. (م5، ص114).

Indoor Temp. °C	Theoretical velocity in m/s for following heights between inlet and outlet:								
	2m	4m	6m	8m	10m	15m	20m	25m	30m
10.0	0.60	0.84	1.03	1.19	1.33	1.63	1.88	2.10	2.30

ISSN 1813-7822

12.5	0.73	1.03	1.26	1.46	1.63	1.99	2.30	2.57	2.82
15.0	0.84	1.19	1.46	1.68	1.88	2.30	2.66	2.97	3.26
17.5	0.94	1.33	1.63	1.88	2.10	2.57	2.97	3.32	3.63
20.0	1.03	1.46	1.78	2.06	2.30	2.82	3.26	3.63	3.99
22.5	1.11	1.57	1.93	2.22	2.49	3.04	3.52	3.92	4.30
25.0	1.18	1.68	2.06	2.38	2.66	3.26	3.76	4.21	4.60
26.0	1.26	1.78	2.18	2.52	2.82	3.45	3.99	4.46	4.88
30.0	1.32	1.88	2.30	2.66	2.97	3.64	4.20	4.70	5.15

2-3 فكرة الجدران المجوفة المحيطية (Circumferential Cavity Wall Concept):

تتكون الجدران المجوفة من قشرتين وقد تكون مركبة من عدة طبقات ومواد عازلة أو بدونها حيث يقوم الهواء بدور العزل كفضاء مغلق تماماً ضمن تكوين الجدار حيث أن تأثير الفجوة الهوائية في العزل الحراري أكبر بكثير من أي من المواد العازلة الأخرى كما أن المواد العازلة بشكل عام وبالأخص المواد النباتية أو غيرها قد تتعرض إلى التلف أي يؤدي إلى التلويث صحياً مثل الصوف الزجاجي (Glass wool). إن عدم وجود فجوة هوائية في تركيبة الجدار المركب العادي يودي إلى تسرب الطاقة الحرارية من الخارج نحو الداخل أو العكس عن طريق عملية التوصيل (Conductivity) مباشرة. أما البحث فقد ارتأى استخدام الجدران المجوفة المفتوحة من الأعلى والأسفل من أجل تحريك الهواء من ألأسفل إلى الأعلى للتخلص من الحرارة المتسربة وكذلك الغازات الضارة أو الدخان من فضاء المصنع الداخلي وإجراء التهوية الطبيعية بدون أي مكننة، حيث تستند الفكرة الحقائق العالمية الآتية:

يتحدد تأثير الأشعة الحرارية الساقطة بزوايا السقوط المختلفة والذي يؤدي إلى تسخين الجدار تدريجيا استنادا إلى مقدار السعة الحرارية لمادة البناء بالاعتماد حرارتها النوعية وكثافتها وسمكها، حيث تتسرب الحرارة إلى الوجه الداخلي للطبقة الخارجية والذي يؤدي إلى زيادة حرارتها وتسخين الهواء الملامس له وتوليد تيارات الحمل حيث يبدأ الهواء الساخن بالارتفاع إلى أعلى نتيجة قلة كثافتها والذي يعني بكلمة أخرى التخلص من الحرارة المتسربة كحاجز دفاعي أولي عن المصنع وكذلك الغازات الضارة إن وجدت داخل فضاء المصنع، أي إننا نستثمر الحرارة السالبة (Passive Solar Energy) في إحداث تيارات الحمل وليس التدفئة وهنا تتوضح الجدوى الاقتصادية لها. (جدول 3، م5، ص103).

من المعروف بأن الضغط الجوي يقل كلما ارتفعنا إلى أعلى (الابتعاد عن سطح الأرض أو مركز الأرض) وذلك لقلة كثافة الهواء والذي يساعد على حركة الهواء الساخن نحو الأعلى (كما في نظام المداخن) (Chimney Effect).

استثمار ظاهرة الرياح السائدة (Prevailing Wind) التي تولد مناطق الضغط العالي والمنخفض عند اصطدامها بالكتل الفيزيائية المختلفة كالمباني مثلا والتي تؤدي إلى تحريك الكتل الهوائية من خلال الأبنية نفسها أفقياً وعموديا أو يستخدم بشكل مباشر كقوة محركة ميكانيكية كتشغيل المراوح أو حتى تحويل هذه القوة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية تخزن في نضائد خاصة بالاستعانة بالمراوح أيضاً.

من المعلوم أن لكل بناية أربع واجهات عادة وموجهة نحو الشمس حسب التوجيهات الأربعة والتي يتباين التسرب الحراري منها نحو الداخل. وبما أن المساحات الخارجية المحيطية كبيرة نسبيا سواءً المزججة أو غير المزججة، حيث أن غير المزججة هي الأكبر عادة في البلدان الحارة. لذا فإن المساحات الصلدة تكون ذات أهمية كبرى، ومن خلال المعالجات الممكنة حرارياً والتخلص من الغازات الضارة والذي يفترض البحث في الاعتماد عليها للوصول إلى أهداف البحث.

جدول (3): الخواص الفيزيائية للمواد. (م5، ص103).

ISSN 1813-7822

PROPERTIES OF MATERIALS

Material	Density (Specific Mass)	Specific Heat Capacity	Coeff. of Linear Expansion per K $10^{-6} \times \ldots$	Thermal Conductivity (k)
	kg/m³	kJ/kg K		W/m K
Metals				
Aluminium (sheet)	2 700	0·98	25·5	238
Brass (Cast)	8 100	0·36	18·8	109
Copper (sheet)	8 800	0·39	17·5	385
Iron (Cast)	7 400	0·51	10·2	47
Lead	11 400	0·14	29·0	35
Magnesium	1 700	1·05	25·5	157
Mercury (0° C)	13 600	0·14	60·0	7
Mild Steel	7 800	0·48	11·3	48
Tin	7 300	0·23	21·4	64
Zinc (sheet)	7 200	0·39	26·1	112
Building Materials				
Asbestos cement (sheet)	1 550	0·84	9·9	0·45
Asphalte	2 250	1·68	—	1·2
Brick (exposed)	1 800	0·79	2·2	1·07
Concrete (exposed)	2 400	0·84	9·9	2·55
Firebrick (at 400° C)	2 000	0.84	4·9	1·0
Glass (sheet)	2 500	0·84	8·4	1·05
Granite	2 650	0·90	7·9	2·9
Limestone	2 200	0·86	6·3	1·5
Marble	2 700	0·90	11·0	2·0
Plaster	1 300	0·84	—	0·46
Plaster board	950	0·84	—	0·16
Slate	2 700	0·75	19·6	1·9
Tiles (burnt clay)	1 900	0·84	—	0·85
Timber				
Deal	600	1·21	4 to 8 along grain 20 to 80 across grain (when dry)	0·13
Oak	750	1·88		0·16
Pitch pine	650	2·30		0·14
Insulating Materials				
Asbestos Millboard	700	0·82	—	0·11
Lightweight Concrete	600	0·84	1·4	0·18
Cork board	150	1·80	—	0·04
Diatomaceous Brick	500	0·80	1·4	0·09
Fibreboard	380	—	—	0·05
Glass Fibre (quilt)	80	0·82	—	0·04
Calcium Silicate	200	—	—	0·07
Polystyrene (expanded)	15	—	—	0·04
Vermiculite (loose)	100	—	—	0·07
Wood wool (slab)	600	—	—	0·11
Miscellaneous				
Water 4° C	1 000	4·205	0	0·6
15° C	998·5	4·186	65	0·5
100° C	958·4	4·214	250	0·67
Ice	920	2·1	52	2·2
Air (at normal pressure) 20° C	1·205	1·012	—	0·027
100° C	0·943	1·017	—	0·027

وللتأكد من كفاءة استخدام الجدران الخارجية المحيطية بالمباني والمجوفة والمفتوحة من الأسفل والأعلى لتقليل التسرب الحراري من الخارج نحو الداخل وكذلك التخلص من الغازات الضارة والأدخنة من فضاءات المصانع فقد تم اعتماد المؤشرات الآتية:

3. فكرة أستخدام الجدران المجوفة : وبالاعتماد على ما يلي :

1-3 مساحة الجدران الخارجية المحيطية:

إن مساحة الجدران الخارجية للواجهات الأربعة تكون واسعة عادةً، لكون المبنى مكوناً من جدران حاملة كما في نظام الجدران حاملة الأثقال أو جدران مالئة ومغلفة كما في نظام الهياكل الإطارية (Frame Structures)، حيث يزداد التسرب الحراري طردياً مع زيادة المساحة الخارجية لهذه الجدران نتيجة تعرضها لأشعة الشمس. لذا من الضروري جعل هذه الجدران مجوفة لاستمرار حركة الهواء الناتج من تسخين القشرة الخارجية الأولى وبالتالي تسخين الهواء بين القشرتين وتقليل كثافتها ومن ثَم صعودها كتيارات الحمل والتخلص منها باستمرار والذي يؤدي إلى تقليل التسرب الحراري نحو الفضاءات الداخلية وكذلك التخلص من الغازات الضارة والأدخنة ويعني بالتالي انعدام الحاجة إلى أي نوع من الطاقة الإيجابية (Active Energy) للتخلص من الغازات.

أما بالنسبة للحل الإنشائي للجدران الحاملة للأثقال فإن الجدار يتكون من جزأين داخلي رئيسي (حامل ويتكون من مواد عازلة حرارياً)، (م7، ص56-57)، وثانوي (كتغليف خارجي). أما في النظام الإنشائي الهيكلي فهو أسهل فالجدران

ISSN 1813-7822

المالئة (العازلة) تكون من الداخل ومن مواد عازلة أيضاً والتغليف الخارجي يكوّن طبقة الإنهاء والتي سوف تجلس على الجسور الرابطة الممتدة من الأعمدة الرئيسية.

2-3 الاستمرارية الفضائية بين القشرتين (الجدارين) (Space Continuity):

لابد من استمرار الفضاء الداخلي بين القشرتين (الفجوة الهوائية) وذلك لمساعدة التيارات الهوائية الساخنة بالصعود نحو الأعلى للتخلص من أكبر قدر من الحرارة أو الغازات والأدخنة وأن أية إعاقة أ وانسداد يؤدي إلى حجب أو شل كفاءتها نهائياً. ومن البديهي أن تكون الفتحتين الأعلى والأسفل موجودتان لاستمرارية حركة الهواء من الأسفل إلى الأعلى بسبب فروقات الضغط وقوة دفع الرياح السائدة. ويفضل أن يكون عرض الفجوة الهوائية بين القشرتين أكثر من (15سم). (م2، ص204).

3-3 الملاسة الداخلية للجدران (Smoothness of Surfaces):

لزيادة حركة وسلاسة تيار الهواء الساخن الصاعد أو الأدخنة في الفجوة بين الجدارين لابد أن تكون السطوح الداخلية ملساء لتقليل الاحتكاك وبالتالي زيادة سرعة الهواء المتحرك صعوداً كاستخدام السيراميك المزجج أو ما شابهها حيث أن الكلف الآنية (Initial Cost) سوف تعوض بالتأكيد كلف التشغيل و الصيانة الغير موجودة أصلاً.

4-3 الألوان المستخدمة داخل التجويف:

لزيادة كفاءة التجويف بين القشرتين حراريا يمكن استخدام الألوان الفاتحة كالأبيض بشكل أساسي كأوجه صقيلة لمواد الإنهاء الداخلية للتجويف و بالأخص للجدار الداخلي لعكس أية أشعة حرارية محتملة نحو الداخل و ذلك لزيادة كفاءة العزل الحراري. أن استخدام السيراميك الصقيل الأبيض ممكن أن تفي بالحاجة والتي لا تحتاج إلى صيانة تقريباً.

5-3 المسافة بين الجدارين وتقليل التجسير الحراري نحو الداخل:

إن زيادة تقارب الجدارين من الداخل يؤدي إلى قلة حجم الهواء بينهما وبالتالي صعوبة حركتهما نسبياً إضافة إلى قلة كفاءتهما؛ لذا لابد من أن تكون المسافة ليست أقل من (15سم) لزيادة الكفاءة الوظيفية للتجويف حرارياً وكذلك التهوية والتي تساعد على انسيابية حركة الهواء، حيث وجد من الدراسات السابقة بأن ملاقف الهواء في العراق هي بأبعاد (50×15سم) والتي تظهر كفاءة في الأداء حسب وظيفتها المعتادة لجلب الهواء نحو الفضاءات الداخلية وخاصة في البيوت (م2، ص204). إن تقليل التجسير الحراري (Heat Bridging) ضروري لتقليل التسرب الحراري نحو الداخل وعدم إعاقة انسيابية الهواء الصاعد وذلك بتقليل عناصر الربط الفيزيائي (جسور أو ما شاكل) بين قشرتي الجدار الخارجي والداخلي.

6-3 المعالجات الوظيفية لفتحتي التجويف في نهايتي الجدارين:

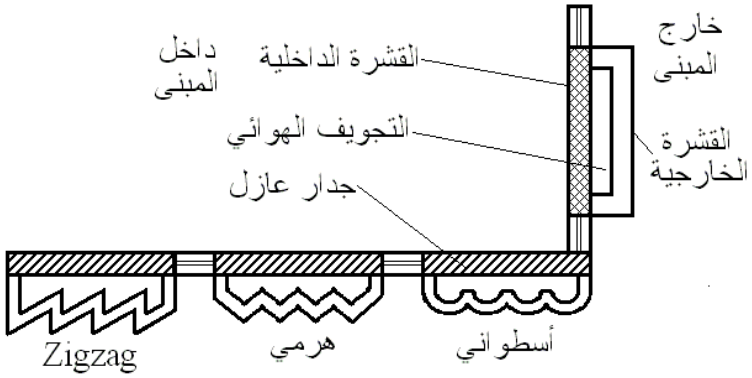
لزيادة كفاءة انسيابية الهواء دخولاً وخروجاً ماراً في التجويف بين القشرتين لابد من معالجة الفتحتين بأشكال انسيابية (Smooth Curves). كما يجب ألا تقل مساحة الفتحتين عن ضعف مساحة مقطع التجويف عرضياً في اكبر مقطع له وذلك لضمان الضغط الكافي للهواء إضافة إلى فرق ضغط الهواء بين الأسفل والأعلى نتيجة التسخين الحراري من الجدار الخارجي والمعرض لأشعة الشمس المباشرة. ولمنع القوارض أو الطيور من الدخول إلى التجويف، لابد من وضع مشبكات معدنية خاصة ذات أبعاد ملائمة لذلك. كما في الإمكان غلق الفتحتين بأغطية محكمة في الحالات الخاصة.

7-3 أشكال الجدران الخارجية وعلاقتها بالبعد الجمالي والوظيفي:

تتكون الواجهة عادة من مساحات صماء مع أخرى زجاجية والتي تتباين النسبة بين مساحتيهما في الواجهة اعتماداً على الوظيفة والمعالجات البيئية والمعمارية. إن الاستمرارية الشاقولية للجدران المجوفة من الأسفل إلى الأعلى مهمة في أداء مهام التبريد أو التخلص من الحرارة والغازات الضارة عن طريق تيارات الحمل داخل التجاويف. تتباين أبعاد الجدران الخارجية (عرض + ارتفاع + سمك) حسب التصميم المقترح والتي يمكن معالجتها بشكل غير محدود ولكن دون المساس بفكرة التجويف الداخلي. ففي الإمكان استحداث نقوش أو ألوان مختلفة على الجدار الخارجي (القشرة الخارجية للتجويف) وبملمس مختلف (Texture)، كما يمكن إعطاء ميلان للقشرة الخارجية أو على شكل تكسرات (Zigzag) أو أشكال اسطوانية (Cylindrical) أو أشكال هرمية أو غيرها من الأشكال الملائمة دون التأثير على الفجوات الداخلية وبما يتناسب مع الحلول المقترحة في هذا البحث والذي سنتناوله لاحقاً. (شكل4، المصدر: الباحث). كما يمكن ربط الأجزاء

ISSN 1813-7822

تحت الشبابيك فراغياً وعرضياً بالفجوات داخل الجدران المحيطية لزيادة كفاءة التبريد وتقليل التجسير بين القشرتين وانسيابية حركة الهواء داخل الفجوة واستمراريتها.



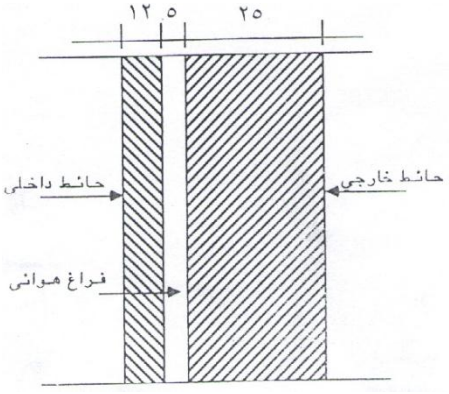
شكل (4): بعض الاحتمالات الممكنة لأشكال الجدران المجوفة في واجهات المباني. (المصدر: الباحث).

8-3 مقاومة ظاهرة التكاثف:

هناك احتمالية حدوث ظاهرة التكاثف (Condensation) في الأوجه الداخلية للجدران المجوفة والتي يمكن معالجتها بإنهائها بمواد ملساء أو زجاجية النسجة السيراميك أو رقائق الألمنيوم الخفيفة وذلك للتخلص من المياه الزائدة والمتكاثفة وطرحها خارجاً من الفتحة السفلى والتي يجب معالجتها تصميمياً لتصريف المياه الزائدة دون الإضرار بالمواد البنائية بأي شكل كان.

4 . استخدام المواد والتصاميم المختلفة للقشرة الخارجية للجدران المجوفة:

من المعروف بان الفجوة الهوائية بين قشرتي الجدار هو لغرض العزل الحراري. (م2، ص112)، (شكل5، م2، ص110).



شكل (5): قطاع لحائط يحتوي على فراغ هوائي. (م2، ص110).

أما أهداف البحث المضافة إلى ذلك فهي تدوير الهواء وتحريكه من الأسفل إلى الأعلى من أجل التهوية والتخلص من الغازات الضارة أو الدخان أيضاً على أن يكون الجدار الداخلي عازلاً دائماً. ويمكن استخدام المواد والتصاميم الآتية كالجدران المجوفة حسب البحث، وحسب الاحتمالات الآتية:

1-4 الجدار البنائي الأصم العادي للقشرة الخارجية (Normal Solid Walls):

يمكن استخدام المواد الصماء ذات السعة الحرارية العالية والتي تتناسب طردياً مع الحرارة النوعية والكثافة إضافة إلى سمك الجدار كما في الحجر الخرساني أو الحجر الجيري والرخام والحديد بينما يكون العكس بالنسبة للخشب على سبيل المثال، (م2، ص96-97، ص112-113)، وفي هذه الحالة تعرف بالسعة الحرارية الحجمية (C_v) وتحسب عن طريق المعادلة الآتية، (م10، ص):

$$C_v = \rho C_p V(\Delta T) \quad \text{.....(1)}$$

ISSN 1813-7822

حيث:

C_v = السعة الحرارية الحجمية (كيلو كالوري / متر مكعب).

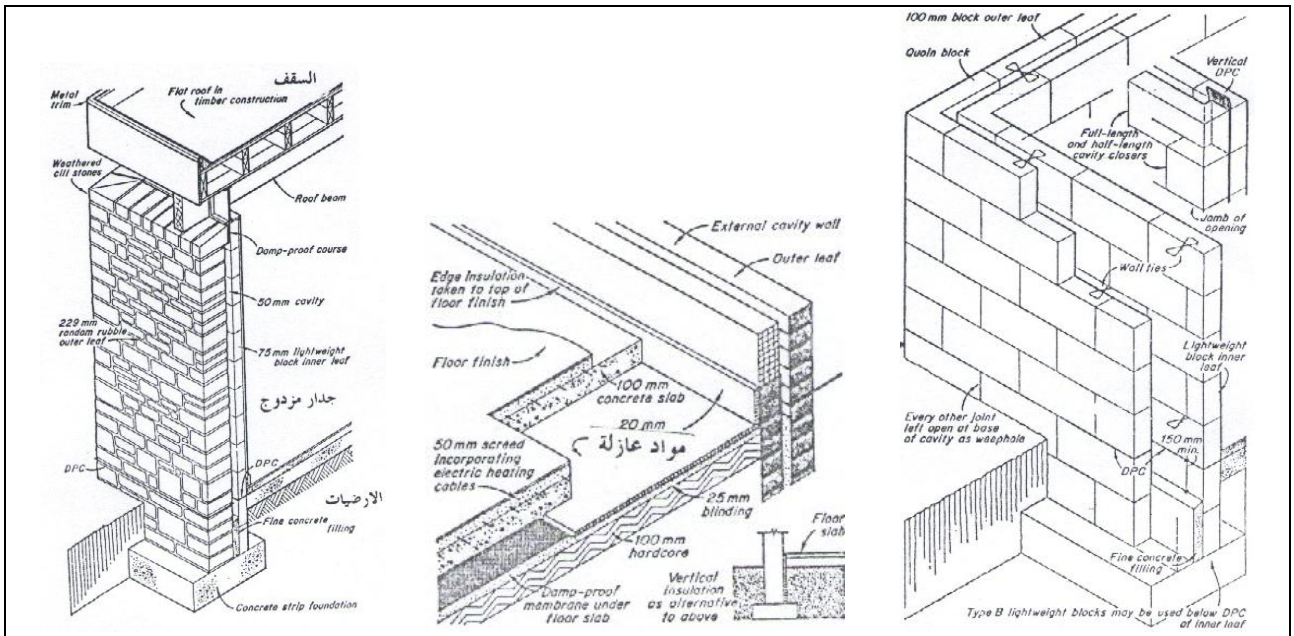
ρ = كثافة المادة (كجم / متر مكعب).

Cp = معامل الحرارة النوعية (كيلو كالوري / كجم – درجة مئوية).

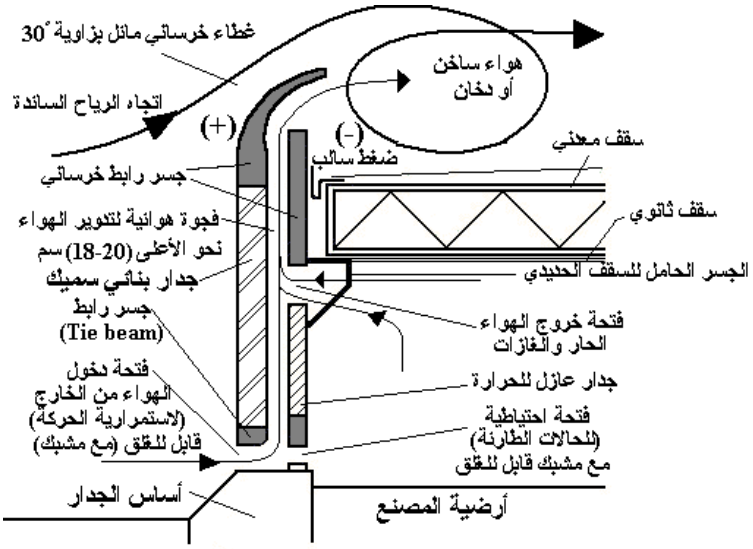
V = حجم المادة (متر مكعب).

ΔT = مقدار الارتفاع في درجة الحرارة (درجة مئوية).

إن استخدام المواد المحلية ذات السعة الحرارية العالية يكون من الكفاءة في الخزن الحراري المطلوب لإحداث تيارات الحمل الهوائي المطلوب للتهوية والتخلص من الغازات ودوره في التبريد (منع الحرارة من الوصول إلى الداخل بسبب الفراغ الهوائي) إضافة إلى توفر ورخص المواد المحلية وقلة حاجتها إلى الصيانة ودوامها العالي نسبياً. يفضل استخدام هذه الطريقة في الأقاليم الحارة والجافة من الوطن العربي. (شكل6، م5، ص74-75)، (شكل7، الباحث).



شكل (6): نماذج من الجدران المجوفة، وإمكانية استخدام المواد العازلة في القشرة الداخلية. (م5، ص74-75).

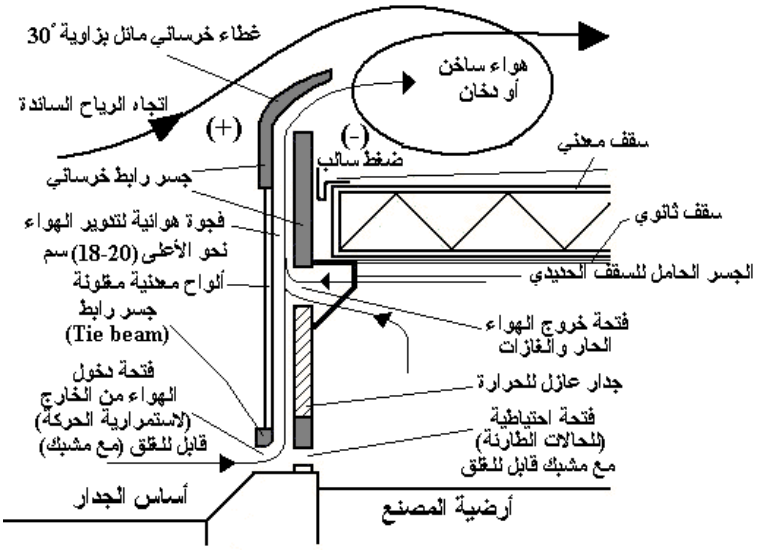


شكل: (7): استخدام الجدران البنائية السميكة ذات السعة الحرارية العالية لاستحداث تيارات الحمل الهوائي في الفجوة الهوائية، ويمكن أن تبنى من الطابوق أو الخرسانة أو الحجر. (المصدر: الباحث).

2-4 الألواح المعدنية (Metal Walls):

ISSN 1813-7822

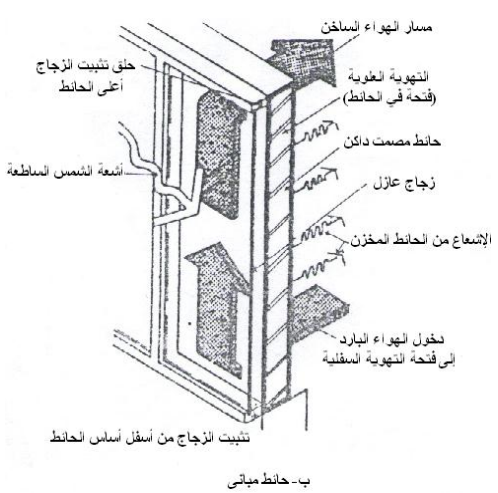
تمتاز المعادن بسرعة تسخينها والتي تفيد الأقاليم الباردة عندما تكون فترات إشراق الشمس قليلا نسبياً. ويمكن أن يصاحب هذا النوع استخدام المراوح الريحية الميكانيكية للمساعدة في سحب الهواء إلى أعلى. من المحتمل استخدام الألواح بسمك مختلف وملائم مع أبعاد الشبكة (Bays) للمصنع وبمواد مختلفة وذات تكوين بنيوي يناسب القوى المؤثرة (Efficient Molding or Corrugation) كالرياح الألواح الموضوعة فوق بعضها البعض، وقد تكون الألواح من الحديد المغلون (Enameled) أو الألمنيوم المغلون (Anodized) على أن تكون الأسطح الداخلية ملساء لسهولة حركة الهواء داخل الفجوة. (شكل8، المصدر: الباحث).

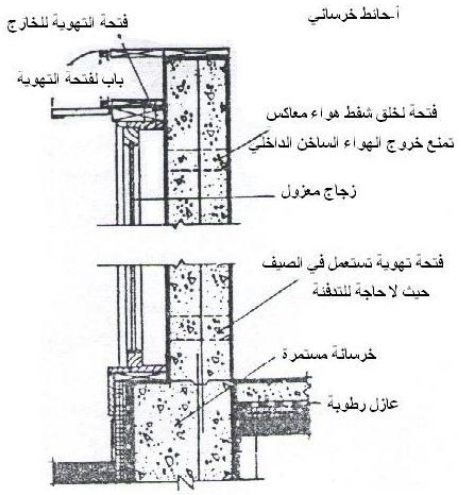


شكل (8): استخدام الألواح المعدنية لاستحداث تيارات الحمل الصاعدة. (المصدر: الباحث).

3-4 الجدار البنائي المخزن للطاقة الحرارية العالية (Mass Trombe Wall):

إن التسمية تعود إلى المخترع نفسه (Dr .Flex Trombe). تتلخص الفكرة في وضع جدار سميكٍ مصمت مطلي بلون قاتم من الخارج خلف نافذة جنوبية عادة للسماح لأشعة الشمس بالنفاذ وانتقال الحرارة إلى الداخل عن طريق التوصيل (حسب الفكرة الأصلية للمخترع) والمستخدمة للتدفئة. (م6، ص78)، (م1، ص123–124)، (م5، ص234). إن هذه الفكرة تفيد في المناطق الباردة وذلك لتخزين الحرارة حسب خاصية البيوت الزجاجية (Green House Effect) حيث إن موجات الأشعة الحرارية القصيرة للشمس سوف تنفذ من خلال الزجاج وترتد منعكسة على الجدار بشكل موجات طولية والتي تمنعها الغلاف الزجاجي من النفوذ مرة ثانية إلى الخارج حيث يؤدي هذا إلى التراكم الحراري في الداخل وخاصة ليلا مما يساعد على وجود خزين حراري لتسخين الهواء داخل الفجوة بين الجدارين وصعوده للأعلى وسحب الهواء و الغازات الضارة من الفضاء الداخلي للمصنع بشكل مستمر. (شكل9، م1، ص123).

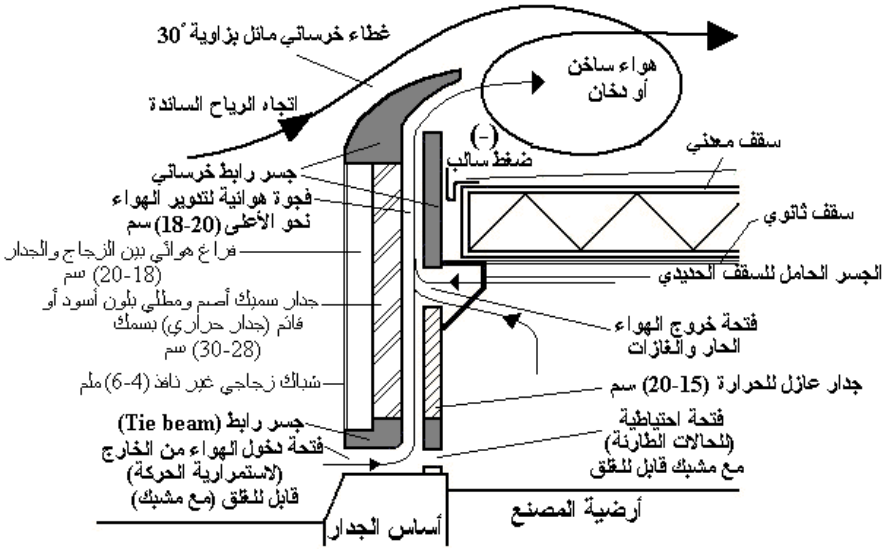




ISSN 1813-7822

شكل (9): نماذج من الجدران البنائية ذات الخزن الحراري العالي (Mass Trombe Walls). (م1، ص123).

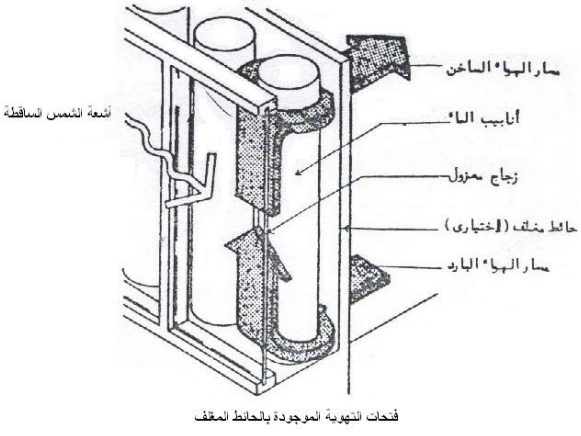
أما فكرة استخدامه حسب البحث فهو لاستحداث تيارات الحمل الصاعدة للتخلص من حرارة الفضاءات الداخلية وكذلك الغازات الضارة والدخان، حيث يقوم الجدار الداخلي بدور العازل الحراري لمنع تسرب الحرارة إلى الداخل إلا عند الحاجة الملحة كما في (الشكل10، الباحث).



شكل (10): أسلوب استخدام فكرة البحث للجدار البنائي المخزن للطاقة الحرارية لسحب الهواء الحار والغازات من داخل المصنع بالإفادة من خاصية البيوت الزجاجية. (المصدر: الباحث)، +(م5، ص214).

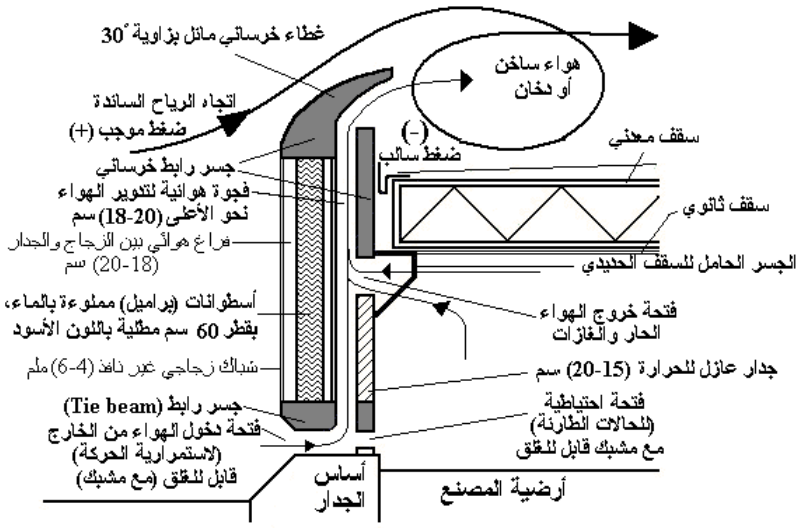
4-4 الجدار المائي المخزن للطاقة الحرارية العالية (Water Trombe Walls):

وهذه تشبه الطريقة السابقة ولكن يستخدم فيها أوعية اسطوانية لخزن الماء (براميل) بدلاً من الجدار المصمت. ويمتاز الماء بكون طاقة تخزينه الحراري أعلى بكثير من الجدار الخرساني أو الطوب أو الحجر. ولكون الماء سائلا فإنه يقوم بتوزيع الحرارة مباشرة إلى الفراغ حسب فكرة الجدران المائية (جدول 3، م5، ص103)، (م1، ص124)، (م6، ص78-79)، (شكل11، م1، ص124)، (م6، ص79). ويمكن استخدام الجدران المائية المخزنة للطاقة وحسب البحث وبنفس طريقة استخدام الجدران البنائية الحرارية (Mass Trombe Wall) مع الأخذ بنظر الاعتبار الاعتبارات التصميمية الخاصة بها كشكل الأسطوانات وعلاقتها بالزجاج الخارجي وإبعادها وتحديد المسافات بين الأجزاء المكونة كما في (الشكل12، المصدر: الباحث).



شكل (11): تفاصيل الحائط المائي المخزن للحرارة العالية حسب الفكرة الأصلية لها. (م1، ص124).

ISSN 1813-7822

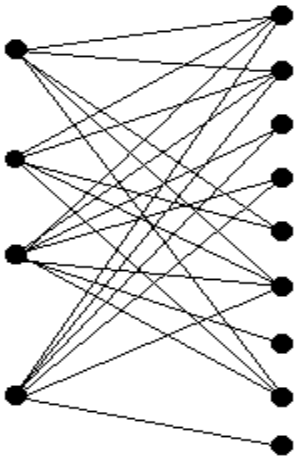


شكل (12): أسلوب استخدام الجدران المائية المخزنة للطاقة الحرارية ودوره في التهوية وتكوين تيارات الحمل الهوائية الصاعدة من أجل التخلص من الحرارة الزائدة والغازات والأدخنة. (المصدر: الباحث).

5 . دراسة مقارنة للنماذج التصميمية الأربعة:

تم تقييم النماذج التصميمية الربعة وحسب معايير الصيانة والتشغيل والاقتصاد وإعطاء قيمة موجبة للمعايير المقللة للتشغيل والصيانة أو الكلفة وبالعكس. (جدول4، المصدر: الباحث).

جدول (4): مقارنة النماذج التصميمية الأربعة المقترحة من ناحية التشغيل والصيانة والاقتصاد. (المصدر: الباحث).

نقاط المقارنة:	التلاؤم	النماذج التصميمية الأربعة:	الكفاءة التصميمية:
البساطة في تقنية البناء (+)		(1) الجدار البنائي الأصم العادي (Normal Solid Wall)	+5
الحمل الحراري كافٍ صيفاً (+)			
الحمل الحراري كافٍ صيفاً وشتاءً (+)		(2) الألواح المعدنية (Metal Panel Wall)	+5
الكلف الأولية عالية (-)			
الكلف الأولية قليلة (+)		(3) الجدار البنائي المخزن للطاقة الحرارية العالية (Mass Trombe Wall)	+3
تشغيله بسيط (+)			
تشغيله معقد (-)		(4) الجدار المائي المخزن للطاقة الحرارية العالية (Water Trombe Wall)	+2
الصيانة قليلة (+)			
الصيانة عالية (-)			

يتبين من الجدول أعلاه أن أكثر النماذج كفاءة هي (1، 2) ويليه النموذج (3) وثم (4). وقد تم تحديد إيجابية أو سلبية المعيار حسب الكلف النهائية لكل نموذج سواء كانت أولية (Initial Cost) أو صيانة دورية (Running Cost). (المصدر الباحث).

6 . التوصيات:

يوصي البحث باعتماد الجدران المجوفة المحيطية لتقليل الصرف على الوسائل الميكانيكية للتهوية أو التبريد وطرد الادخنة. ولزيادة الكفاءة الوظيفية لهذه الجدران المجوفة المحيطية فيجب أن يحقق ما يلي:

(1) أن تكون الفجوة الهوائية بين القشرتين مستمرةً من الأسفل إلى الأعلى وبدون عثرات قدر الإمكان.

(2) لا تقل المسافة بين القشرتين عن (15سم) لضمان كفاءة وانسيابية حركة الهواء بينهما بسهولة (Spatial Continuity).

(3) ملاسة السطوح الداخلية للفجوات وذلك لتقليل احتكاك الهواء معها وبالتالي زيادة سرعة حركة الكتل الهوائية نحو الأعلى وذلك باستعمال السطوح المزججة أو الملساء كالسيراميك وغيرها.

(4) اختيار اللون الأبيض أو الألوان الفاتحة جدا لعكس اكبر قدر من الأشعة الحرارية نحو الخارج وخاصة السطح المواجه للواجهة من القشرة الداخلية.

(5) من المفضل إن تكون المساحة الخارجية للجدران المجوفة كبيرة لتكون كدرع واقي للبناية آخذين بنظر الاعتبار زيادة سطوع أشعة الشمس في البلدان أو المناطق الحارة والتي تستدعي إلى تقليل المنافذ أو السطوح الزجاجية حيث تفيد المساحة الكبيرة على تسخين الهواء الداخلي بسرعة وتكوين تيارات الحمل للتخلص من الغازات والأدخنة من داخل المصانع.

(6) أن تكون السطوح الداخلية للتجويف ملائمة للتخلص من ظاهرة التكاثف وذلك لمنع أو تقليل الضرر عن المواد البنائية وسهولة التخلص من المياه الزائدة بشكل آمن.

(7) عند استخدام الأشكال المعمارية المختلفة على القشرة الخارجية للتجويف فيجب ان تكون ذات انسيابية شاقولية وخالية من الجيوب الهوائية المعرقلة لحركة الهواء نحو الأعلى وكذلك للتخلص من مشكلة إمكانية تجمع الأتربة فيها.

(8) الإفادة من الريا ح السائدة (Prevailing Wind) لزيادة سرعة الهواء داخل الفجوة والتخلص من اكبر قدر من الحرارة والأدخنة وذلك بدراسة اتجاه الفتحة السفلى بعكس اتجاه الرياح السائدة (لزيادة الضغط عليه) وكذلك توجيه الفتحة العليا مع اتجاه الرياح السائدة لزيادة الضغط السالب عليه للمساعدة في تسريع سحب الهواء أو الدخان من فوق. ويمكن استخدام المراوح الريحية كقوة ميكانيكية إضافية لغرض سحب الهواء ليلا أو في حالة الشتاء أو توليد الطاقة الكهربائية وخزنها في نضائد عند الحاجة.

(9) إضافة ارتفاع إلى الجدران المجوفة فوق سطح المبنى للمساعدة والإفادة من ظاهرة التأثير المدخني (Chimney Effect) لتسريع حركة الهواء نحو الأعلى والتخلص من الحرارة والأدخنة او الغازات الضارة المحملة بها حيث تزداد سرعة الهواء كلما ارتفعنا إلى أعلى أيضاً.

(10) يجب معالجة فتحتي الجدار العليا والسفلى تصميمياً بشكل انسيابي (Smooth Curve) وذلك لسهولة دخول وخروج الهواء داخل الفجوة ولتقليل الجيوب والدوامات الهوائية المعرقلة أو المقللة من سرعة الهواء داخل الفجوة (انظر أعمال المهندس المعماري الأسباني أنتوني كاودي) على سبيل المثال.

(11) معالجة فتحتي الجدار المجوف العليا والسفلى بوضع مشبكات خاصة لمنع الطيور أو القوارض الدخول إليها وبحيث لا يتعارض أو يقلل من حركة وانسيابية الهواء. (م2، ص195).

(12) من المستحسن عمل غطاء للفتحتين وذلك للإفادة منها والتحكم في الحالات الخاصة.

(13) سهولة الحل الهيكلي (Structural Solution) لبناء الجدران المجوفة بحيث يحقق جساءة كاملة (Stiffness) وتقليل التجسير الحراري بين القشرتين الخارجية والداخلية (Heat Bridging) للحصول على أكبر عزل ممكن وتقليل العثرات الهوائية في مسارها.

(14) عدم تعارض النظام الهيكلي (Structural System) سواء الجدران الحاملة أو الهيكلية (Frame System) مع المعالجات المعمارية الشمولية (Comprehensive Architectural Solution) سواء في الواجهات أو في المقاطع أو المخططات أو التفاصيل المعمارية، أي ملاءمتها مع كفاءة ووظيفة الجدران المجوفة حسب البحث.

7 .المراجع العربية والأجنبية:

1. الوكيل، شفق العوضي، سراج، د. محمد عبد الله، ***"المناخ وعمارة المناطق الحارة"*** الطبعة الثالثة، عالم الكتب، القاهرة، جمهورية مصر العربية.

2. بن عوف، د. سعيد عبد الرحيم سعيد ***"العناصر المناخية والتصميم المعماري"*** (1994)، النشر العلمي والمطابع-جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية.

ISSN 1813-7822

3. المقرن، خالد بن عبد الله، (م 1989 / 1409 هجرية) ***"العزل الحراري للمباني"*** مجلة المهندس، المجلد الثاني، العدد الأول، الرياض ص 30- 40 / المملكة العربية السعودية.
4. أميني، منار صالح سقا، ***"روائع الإنجازات الهندسية في عالمنا المعاصر"*** دار المعلا للطباعة والنشر / دمشق / سوريا.
5. العزاوي، د. عبد الرسول حمودي، ***"الطاقة والمباني"*** (1995)، دار مجدلاوي للنشر والتوزيع / عمان / الأردن.
6. رأفت، د. علي أحمد، الإبداع المادي في العمارة / ثلاثية الإبداع المعماري / الجزء 3 "(1996) مركز أبحاث إنتركونسلت – الجيزة / القاهرة / جمهورية مصر العربية.
7. عياش، فادي ***"الخرسانة مسبقة الصب والمشبعة بالهواء – مواد مبتكرة لإنشاء الأبنية"*** مجلة الإمارات العقاري و الوطن العربي / العدد 29 / السنة الثالثة 2003م.
8. Watson, DONALD et al ***"ENERGY CONSERVATION THROUGH BUILDING DESIGN "***(1979), McGraw–Hill Inc., NY, U.S.A.
9. MELARANGO, M.G.***"WIND IN ARCHITECTURAL AND ENVIRONMENTAL DESIGN"(***1982), NEW YORK VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY, U.S.A.
10. VAN STRAATEN, J.F. ***"THERMAL PERFORMANCE OF BUILDINGS."*** ARCHITECTURAL SCIENCE. ***"AMSTERDAM, LONDON, NEW YORK***: ELSEVIER PUBLISHING COMPANY (1967).