مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (32) العدد (6) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (6) 2010

دراسة تأثير خواص زجاج المباني على استهلاك الطاقة في أنظمة التدفئة والتكييف

الدكتور عدنان عمران *

(تاريخ الإيداع 9 / 8 / 2010. قُبِل للنشر في 14/ 10 / 2010)

□ ملخّص □

يعدّ ترشيد استهلاك الطاقة في الوقت الحاضر من المهام الرئيسية المطروحة ، إذ مع تزايد النشاط البشري في كافة المجالات تتناقص مصادر الطاقة التقليدية بسبب زيادة الطلب عليها . لهذا فإن البحث في مجال تقليل استهلاك الطاقة المصروفة على التدفئة للمباني في الظروف الباردة وعلى التكييف الصيفي في الظروف الحارة يعدّ من المواضيع التي تحظى بأهمية خاصة من أجل زيادة فعالية استخدام الطاقة ، إذ ندرس في هذا البحث تأثير استخدام أنواع مختلفة من الزجاج في واجهات المباني على الأحمال الحرارية للتدفئة والتكييف وبالتالي على الطاقة المستهلكة من أجل تأمين الإضاءة والراحة اللازمة للأشخاص المتواجدين في شتى أنواع المباني المختلفة .

الكلمات المفتاحية: زجاج حراري ، زجاج شمسي ، استهلاك الطاقة ، واجهات البناء ، إطارات زجاجية محكمة .

* أستاذ مساعد – كلية الهندسة التقنية – جامعة تشرين – طرطوس– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (32) العدد (6) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (6) 2010

The study of the effect of buildings glass properties on using energy in heating and air-conditioning systems

Dr. Adnan Omran*

(Received 9 / 8 / 2010. Accepted 14 / 10 / 2010)

□ ABSTRACT □

Nowadays, the energy consumption reduction is considered as one of the presented basic tasks. However, the classical energy sources are decreasing with the increasing of human activities in all directions because of the increased needs of them. So the search in energy consumption reduction range, which is used for heating the buildings in winter weather and cooling in summer weather, is considered one of the important subjects which pay special attention to energy consumption efficiency increasing. In this research we study the effect of using different kinds of glass in buildings frontages on heating loads for heating and cooling and so on the consumed energy to provide the necessary lighting and comfort for people in all kinds of building.

Key words: thermal glass ، solar glass ، energy consumption ، buildings frontages, insulating glass، seal glass frames

*Associate Professor، Faculty of technical Engineering, Tishreen University, tartuss, Syria.

مقدمة:

تتناقص مصادر الطاقة التقليدية في العالم مع تزايد الطلب عليها بسبب زيادة النشاط البشري في كافة المجالات ، لهذا فإن ترشيد استهلاك الطاقة يعدّ من المهام الرئيسية المطروحة في كثير من البلدان ، فمثلا تزايد الحاجة إلى مصادر الطاقة التقليدية في أوروبا ومناطق كثيرة من العالم بمعدل 12% سنويا . تعدّ المباني من أكثر الأماكن التي يتم فيها استهلاك للطاقة ، لذلك يعدّ الاستخدام الأمثل لزجاج واجهات المباني أحد أهم التوجهات المطروحة لتخفيف استهلاك الطاقة سواء في التدفئة أو التبريد .

يملك قطاع المباني أهمية خاصة في زيادة فعالية استخدام الطاقة ، حيث يتمتع باحتياطي كبير في إمكانية تخفيضها ، وخصوصا في الأبنية الحكومية والإدارية . توضع عادة المعايير التي تحدد فعالية استهلاك الطاقة حسب طبيعة المناخ السائد في البلدان المختلفة ، ففي الأماكن الباردة يكون الهدف تقليل الأحمال الحرارية المصروفة على التدفئة ، وفي المناطق الحارة على التبريد والتكييف . توجد عدة طرق تهدف إلى تقليل المصاريف على تزويد المباني بالتدفئة والتبريد والإضاءة ، حيث يعدّ الاستخدام الأفضل لزجاج واجهات المباني أحد أهم تلك الطرق . تعد الواجهات الشفافة المستخدمة في المباني من العناصر التصميمية الهامة ، حيث توفر إضاءة طبيعية للمباني ، لكنها في فصل الصيف تكون مصدرا لزيادة الحرارة داخل تلك المباني ، وبالتالي لا يتحقق النظام الحراري المريح . لذلك فإن اتخاذ الحلول المعيارية يجب أن يأخذ بالاعتبار المساحات الزجاجية من واجهة البناء التي تؤمن بنفس الوقت إضاءة طبيعية ، وأقل استهلاك في الطاقة على عمليات التدفئة والتبريد [1] .

أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية البحث من ضرورة دراسة كل الوسائل والسبل الممكنة من أجل تخفيض استهلاك الطاقة في وقت تزداد الحاجة إليها ، لهذا فإن دراسة المباني كمستهلك كبير للطاقة على عمليات التدفئة والتبريد تحظى بأهمية بالغة، وهنا يهدف البحث إلى دراسة تأثير الزجاج المستخدم في واجهات المباني على قيمة الأحمال الحرارية واستهلاك الطاقة اللازمة لتغطيتها واختيار الأنواع التي تحقق الفائدة الاقتصادية الأكبر .

طرائق البحث ومواده:

نعتمد في هذا البحث طريقة حسابية تحليلية باستخدام برنامج حاسوب EES ، والذي يسمح بشكل مفصل حساب ووصف وتحليل البناء المدروس وإيجاد الأحمال الحرارية اللازمة من أجل التدفئة والتكييف ، إذ نأخذ كنموذج لدراسة تأثير الزجاج وواجهات المباني على استهلاك الطاقة بناء مؤلفاً من تسعة طوابق ، ارتفاع كل منها 3,3m ، بحيث يخصص الطابق الأول للمخازن ونشاطات تجارية ، أما الطوابق الأخرى فهي عبارة عن مكاتب إدارية وخدمية ، حيث تبلغ المساحة الإجمالية للبناء $4000m^2$ ، كما نعتمد حالتين لتصميم جدران البناء : في الحالة الأولى واجهات من الزجاج بشكل كامل ، وفي الحالة الثانية استخدام الزجاج بشكل جزئي في الواجهات ، ونستخدم في الواجهات نوعين من الزجاج :

1- إطار محكم مع زجاج حراري (insulating glass) الذي يحافظ على الحرارة [2] . معامل انتقال الحرارة له $1,3W/m^2.K$ ونسبة نفوذية الضوء 79% ، وعاكسيته للضوء 12%، ونسبة الانتقال الحراري بالتوصيل الحراري للطاقة الشمسية هي 61%.

2- إطار محكم مع زجاج شمسي (Active glass) الذي يعكس أشعة الشمس [2] . معامل انتقال الحرارة له $1,1W/m^2.K$ ونسبة نفوذ الضوء 74% ، وعاكسيته للضوء 13%، ونسبة الانتقال الحراري بالتوصيل الحراري للطاقة الشمسية هي 43% .

حساب المساحة الدنيا للزجاج المستخدم في الواجهات:

من أجل الإضاءة الطبيعية في المباني فإنه يجب حساب المساحات الدنيا الواجب تصميمها من الزجاج ، ويتم ذلك عادة وفقاً للمعايير الموضوعة لشدة الإضاءة اللازم تحقيقها في الأماكن المختلفة ، ويتوقف ذلك على عدة عوامل (نوع الزجاج ، أبعاد البناء ، توضع النوافذ ، تجهيزات التعتيم المستخدمة وغيرها) . لذلك تكون القيم العددية لكل حالة من الحالات مختلفة .

يتحدد المعامل المعياري للإضاءة الطبيعية في مكان العمل وفقاً ل [3] بالعلاقة التالية :

$$N_n = N_V.K \qquad (1)$$

حيث N_V – معامل الإضاءة الطبيعية وتؤخذ قيمته مساوية ل 1% عندما يتطلب إضاءة مكان العمل من الجانب كما في المكاتب .

K – معامل تصحيح يتوقف على اتجاه النوافذ ، فإذا كانت إحدى واجهات البناء نحو الغرب والأخرى نحو الشرق فإنه يؤخذ لكلا الحالتين $K = 1,1$.

من الصعب تقييم ومعرفة المساحة الدنيا لزجاج البناء بمعرفة معامل الإضاءة الطبيعية فقط ، لذلك يتطلب الأمر حساب مساحة الزجاج لكل حالة من الحالات وهذا ما يمكن تحقيقه باعتماد الطريقة [4] .

في حالة الإضاءة الجانبية للمكان في البناء فإن مساحة السطوح الزجاجية يجب أن لا تقل عن تلك المحسوبة بالعلاقة التالية :

$$A_{SV} = 0,01A_{gr}\frac{N_V.K.K_t.\eta_0}{r_1.T_0} \qquad (2)$$

حيث A_{SV} – مساحة السطح الزجاجي للنافذة m^2 .

A_{gr} – مساحة سطح المكان المعرض للضوء m^2 .

N_V – المعامل المعياري للإضاءة الطبيعية % والمحدد وفقاً لاستخدامات البناء .

K_t – معامل يقيم تعتيم النوافذ نتيجة لوجود أبنية مجاورة .

η_0 – مميز يحدد عبور الضوء عبر النوافذ (ويحسب وفقاً لطول وعرض البناء) .

r_1 – معامل يأخذ بالاعتبار زيادة N_V بسبب الانعكاس الجانبي للضوء على السطوح (ويتوقف على نسبة طول البناء إلى عرضه وعلى ارتفاع القسم الزجاجي من النافذة) .

T_0 – المعامل الكلي لعبور الضوء $T_0 = T_1.T_2.T_3.T_4$. حيث T_1 – معامل عبور الضوء عبر الزجاج والذي تتوقف قيمته على سماكة الزجاج والمسافة بين طبقتي الزجاج وتؤخذ قيمته للنوع الأول من الزجاج الحراري المدروس 0,79 وللنوع الثاني العاكس 0,74 ؛ T_2 – معامل يأخذ بالاعتبار فقد الضوء بسبب الشبك أمام الزجاج وتؤخذ قيمته 0.8 ؛ T_3 – معامل يأخذ بالاعتبار ضياع الضوء حسب تصميم السقف وتؤخذ قيمته مساوية الواحد عند الإضاءة الجانبية للمكان ؛ T_4 – معامل يأخذ بالاعتبار ضياع الضوء حسب طرق الحماية من أشعة الشمس ويؤخذ مساوياً 0.8 .

بالنسبة لمساحات الزجاج في الممرات فإنها لا تحسب بشكل مستقل ، لكنه وانطلاقاً من أن النوافذ في الواجهات يجب أن تكون متساوية ، فإنه يمكن اعتبارها مساوية لمساحة الزجاج في المكاتب . يكون للمكاتب مساحات مختلفة وبالتالي فإن لكل حالة تكون هناك مساحة مثالية للزجاج فيها A_{SV} والتي تحسب وفقاً لعمق المكان أو الحجرة المضاءة ، لكن في الواقع فإنه يعتمد على أن مساحة النوافذ في جميع الحجر متساوية . في حالتي الزجاج المدروس ومن أجل البناء المشار إليه نعتمد مساحة الزجاج كنسبة من مساحة الواجهات : للزجاج من النوع الأول 52% ومن النوع الثاني 56% .

يتم تحديد المساحات الدنيا من الزجاج في تلك الحالات عندما تستخدم فقط الإضاءة الطبيعية خلال يوم العمل دون استخدام الإضاءة الاصطناعية. وتؤكد الدراسات والتجارب العملية على أنه يلزم بقدر الإمكان استخدام الإضاءة الطبيعية المتوفرة لأن ذلك من وجهة نظر الطاقة هو أكثر فعالية من الإضاءة الاصطناعية .

تحديد الاحتياجات السنوية اللازمة من الطاقة للتدفئة والتكييف

عند الحساب وفقاً لمخططات البناء الذي نجري الدراسة عليه باستخدام البرنامج المذكور تم اختيار ثلاث مناطق نموذجية في الطوابق المتكررة : غرف المكاتب ، الممرات ، دورات المياه ، والتي يملك كل منها أنظمته الحرارية الخاصة حسب استخدامه ومميزاته [4] .

يتم حساب معامل النقل الحراري لجدران البناء الخارجية وفق للمعطيات التي تقدمها المؤسسة القائمة على البناء وذلك حسب مقاطع الجدران والمواد المستخدمة في إنشائها ، وهنا نعتمد القيمة $0,16W/m^2.K$ ، كما ونعتبر أن التبادل الحراري عبر السقوف والأرض للطابق النموذجي المدروس معدوم لأن الطوابق متماثلة ولا يوجد فرق في درجات الحرارة بينها .

بالنسبة للمواصفات الداخلية للبناء فإننا نعتمد كثافة لتواجد الأشخاص فيه بمعدل 0,08 شخص لكل متر مربع، وأنه يسود فيه نظام التواجد والمراجعات في الأبنية العامة الإدارية وبحيث تكون درجة الحرارة في فصل الشتاء ضمن المبنى مساوية ل $20^{\circ}C$ عند تواجد الأشخاص ، أي في وقت العمل ، بينما تحافظ تجهيزات التدفئة على درجة حرارة $15^{\circ}C$ عند خلو البناء من الأشخاص . أما في فصل الصيف فإن أنظمة التكييف تحافظ على درجة حرارة $24^{\circ}C$ بوجود الأشخاص في البناء وتتوقف عن العمل في حالة الغياب .

تقدر الكمية اللازمة للشخص الواحد من الهواء الخارجي الطازج ب $10liter/\sec$ ، كما نعتبر أن الأجهزة المكتبية تعطي حرارة بمقدار $6W/m^2$.

أما النوافذ فقد تم اعتماد مساحات الزجاج وفقاً لمعطيات الشركة المنفذة للبناء ، بحيث إن المساحة الدنيا المطلوبة من الزجاج والمحسوبة وفق المعايير الموضوعة تؤخذ لكل نوع من نوعي الزجاج المدروس كنسبة من مساحة كامل الجدار وفق خمس قيم $(20,40,60,80.100)\%$.

تم اعتماد نظام إضاءة يعمل في كل فترة تواجد الأشخاص ضمن المبنى وبحيث يحافظ على شدة إضاءة قدرها $500Lox$ بواسطة لمبات فلوريسانت نموذج $T_8(25mm)$ ، وتبلغ الاستطاعة الكهربائية المكافئة للإضاءة بمعدل $17W/m^2$ ، حيث توضع اللمبات في السقف المستعار ، ويمكن تزويد نظام الإضاءة بتحكم يحافظ على شدتها ومستواها .

نستخدم في البناء مشعات من أجل التدفئة بالماء الساخن ، حيث يتم تسخين الماء بواسطة مراجل تعمل على الغاز أو المازوت بفعالية قدرها 85% .

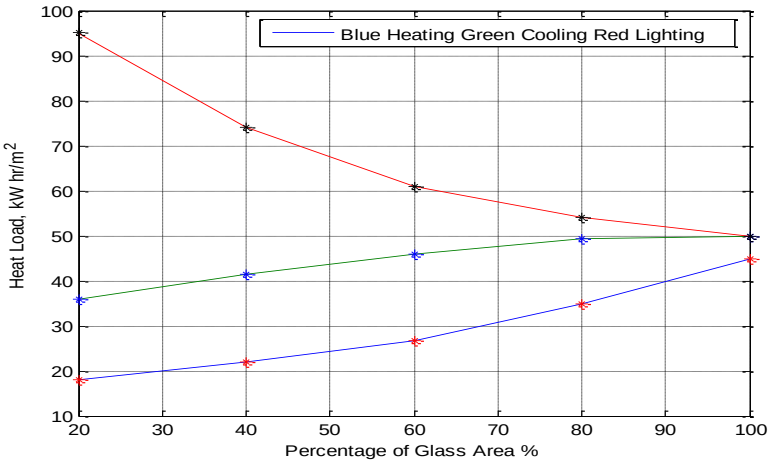
كما نستخدم نظام تهوية ميكانيكياً بالمراوح بحيث يقدم كمية الهواء اللازمة من الخارج لكل شخص . أما معامل نظام التبريد ضمن المبنى فهو 2,5 ، وتستخدم من أجل عمل نظام التكييف وتحقيق التكييف اللازم الطاقة الكهربائية . تعمل أنظمة التدفئة والتكييف والإضاءة والتهوية في ساعات العمل المطلوبة بشكل كامل .

اعتمدنا عند الحساب وفق البرنامج الحاسوبي EES معطيات منطقة باردة نسبيا لعمل تجهيزات التدفئة (درجة حرارة وسطية خارجية $-1^{\circ}C$ في فصل التدفئة) ومعطيات منطقة حارة نسبياً عند عمل تجهيزات نظام التكييف (درجة حرارة وسطية $35^{\circ}C$ في فصل التكييف) واعتماد رطوبة نسبية كقيمة وسطية مساوية ل 70% .

النتائج والمناقشة:

بعد اختيار الإطارات المحكمة من الزجاج الحراري والزجاج الشمسي يتم حساب الحاجة السنوية من الطاقة اللازمة للتدفئة والتبريد والإضاءة مع كلا النوعين من الزجاج وبحيث يتم بعدها مقارنة النتائج لمعرفة أي الحلول أكثر فاعلية من ناحية استهلاك الطاقة . وبما أننا نستخدم في نظام التدفئة المازوت ، وفي نظام التبريد والإضاءة الطاقة الكهربائية ، فإن المقارنة لا يمكن أن تتم دون تحويل الطاقة إلى مصادرها الأولية .لذلك يتم اعتماد معامل تحويل قيمته 3 لتحويل الطاقة الكهربائية المستخدمة إلى المصدر الأولي لها كما يتم تقييم فعالية الأنظمة والاستهلاك السنوي من الطاقة الأولية للتسخين والتبريد والإضاءة . وتتم معادلة استخدام الطاقة على كامل الطابق مع اعتبار تلك الأماكن التي لم تحسب وتؤخذ بالاعتبار لتكييفها بالهواء .

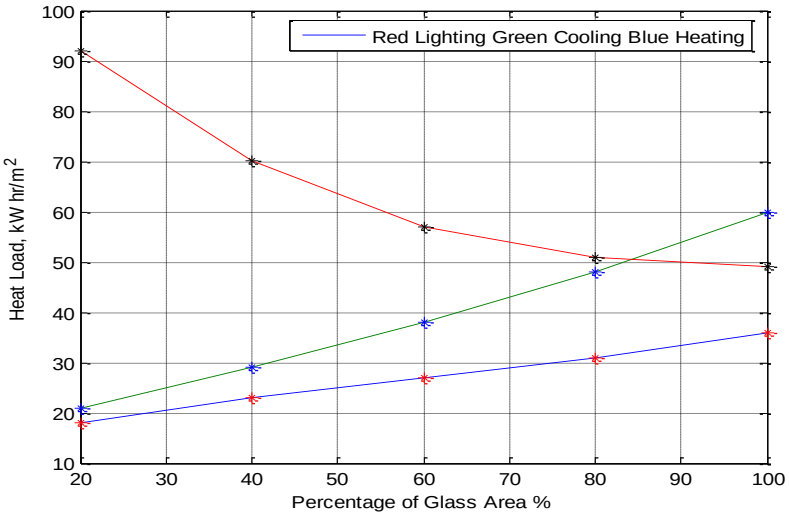
نبين على الشكل (1) نتائج الحساب لاستهلاك الطاقة على التدفئة والتبريد والإضاءة وعلاقتها بمساحة الزجاج المستخدم في الواجهات (زجاج شمسي) .



الشكل (1) علاقة استهلاك الطاقة على التدفئة والتبريد والإضاءة مع مساحة الزجاج الشمسي المستخدم في واجهات البناء.

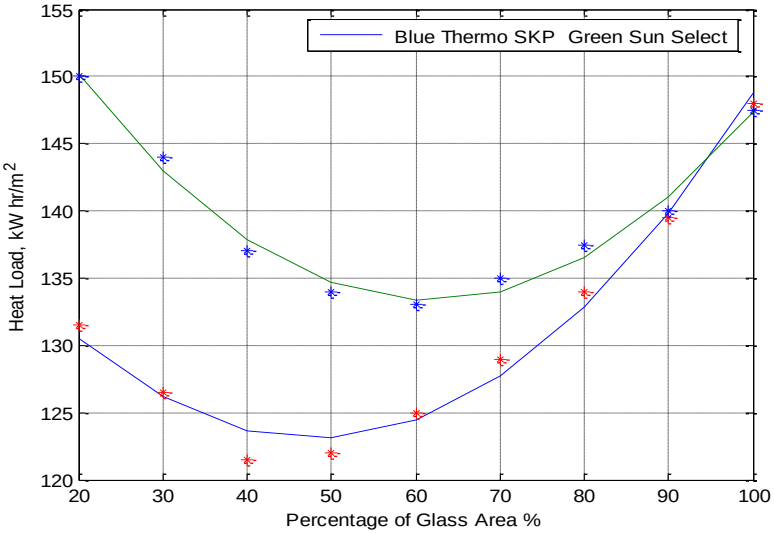
يلاحظ من الشكل (1) أنه ومن أجل المساحات المختلفة للزجاج المستخدم يتزايد استهلاك الطاقة على التدفئة والتبريد مع زيادة المساحة الزجاجية في واجهات البناء ، بينما يتناقص استهلاك الطاقة على الإضاءة .

يبين الشكل (2) نتائج الحسابات لاستهلاك الطاقة على التدفئة والتبريد والإضاءة تبعا لمساحة الزجاج الحراري المستخدم في الواجهات .



الشكل (2) علاقة استهلاك الطاقة على التدفئة والتبريد والإضاءة مع مساحة الزجاج الحراري المستخدم في واجهات البناء.

وهنا يلاحظ أن استهلاك الطاقة على التدفئة والتبريد والإضاءة يملك صفة التغير القريبة من الحالة السابقة، لكن استهلاك الطاقة على التبريد في حالة الزجاج الحراري يكون أكبر بمقدار 20% مقارنة مع الزجاج الشمسي، ويعود ذلك إلى خاصة هذا النوع من الزجاج وإمكانية عبور أشعة الشمس بشكل أكبر عند استخدامه مقارنة مع الحالة عند استخدام الزجاج الشمسي المختار . بينما يكون استهلاك الطاقة على التدفئة أقل بمقدار 25% تقريباً لأن خاصية هذا النوع من الزجاج هي المحافظة على الحرارة ضمن البناء ، إضافة لذلك من الملاحظ أن استهلاك الطاقة على إضاءة البناء لكلا النوعين يكون واحداً تقريبا ، حيث يتمتع كلا نوعي الزجاج بخصائص عبور للضوء متشابهة تقريبا . يبين الشكل (3) علاقة استهلاك الطاقة على التدفئة والتبريد والإضاءة معا تبعا لمساحة الزجاج المستخدم من كلا النوعين .



الشكل (3) علاقة استهلاك الطاقة على التدفئة والتبريد والإضاءة معا تبعا لمساحة الزجاج المستخدم من كلا النوعين المدروسين .

حيث يلاحظ أن الاستهلاك الكلي للطاقة على التدفئة والتبريد والإضاءة معاً يكون أقل ما يمكن عند استخدام الزجاج الشمسي Active glass ، وعند مساحات للزجاج تعادل 50-60% وهذا ما يتوافق مع ما تشير إليه الوثائق

المعيارية .أما في حال استخدام الزجاج الحراري في الواجهات فإن المساحة المثالية للزجاج تبلغ 45% أي بقيمة أقل بعض الشيء مما تشير إليه الوثائق المعيارية وهو (52%) . يكون استهلاك الطاقة عند استخدام الإطارات المحكمة من الزجاج الحراري أقل مما هو عليه الحال عند استخدام الزجاج الشمسي ، لكن هذا الفرق يصبح أقل عند ازدياد المساحة المغطاة بالزجاج من واجهات البناء حيث تتساوى تلك القيم عند استخدام زجاج مقداره 100% من مساحة الواجهات (كامل المساحة) ، ويفسر ذلك بما للزجاج الحراري من خاصية تمرير أكبر لأشعة الشمس بشكل ملحوظ (61%) مقارنة مع الزجاج الشمسي ذي القيمة (43%)، ولهذا فإنه وعند زيادة مساحة الزجاج المستخدم من النوع الحراري يزداد بشكل كبير استهلاك الطاقة المصروفة على التبريد .

بهذا الشكل يتبين من خلال مقارنة الإطارات الزجاجية المحكمة من كلا نوعي الزجاج وفي حالة مساحة للزجاج قدرها 20% ، أن استهلاك الطاقة يزيد بمقدار 14% عند استخدام الزجاج الشمسي مقارنة مع استخدام الزجاج الحراري ، لكن هذا الفرق يتناقص مع زيادة المساحة الزجاجية ليتساوى استهلاك الطاقة عند أكبر قيمة لاستخدام واجهات زجاجية كاملة في البناء .

عندما تكون مساحة الزجاج في واجهات البناء موافقة لتلك المساحة الدنيا المطلوبة لتحقيق الإضاءة الطبيعية، يكون استهلاك الطاقة أكبر بمقدار 8% عند استخدام الإطارات المحكمة مع الزجاج الشمسي مقارنة مع تلك الإطارات مع الزجاج الحراري ، لهذا فإنه ومن أجل أن يكون استهلاك الطاقة على التدفئة والتبريد والإضاءة معاً للبناء أقل ما يمكن فإن مساحة زجاج واجهات المباني يجب أن تتطابق مع المساحات الدنيا المطلوبة لتحقيق الإضاءة الطبيعية . وهنا ومن أجل البناء المدروس فإن المساحة الدنيا لواجهات البناء يجب أن تكون 56% عند استخدام إطارات محكمة مع الزجاج الشمسي و 52% عند استخدام إطارات مع الزجاج الحراري .

عندما تتوافق مساحة الزجاج للواجهات مع تلك المساحة المطلوبة لتحقيق الإضاءة الطبيعية فإن الاستهلاك الكلي من الطاقة الأولية على التدفئة والتبريد والإضاءة في البناء المدروس تبلغ $133KW.h/m^2$ عند استخدام الزجاج الشمسي ، بينما تبلغ $123KW.h/m^2$ عند استخدام الزجاج الحراري ، أي أنه في حالة إطارات الزجاج الشمسي يزيد استهلاك الطاقة الأولية بمقدار 8% عما هو عليه الحال في إطارات الزجاج الحراري .

يكون استهلاك الطاقة عند استخدام إطارات الزجاج الحراري أقل مما هو عليه مع الزجاج الشمسي ، غير أنه مع زيادة مساحة الزجاج المستخدم في الواجهات يقل الفرق بينهما إلى أن يتساويا عند مساحة كاملة للزجاج 100% ، وهذا ما فسرناه بخاصية عبور أشعة الشمس للزجاج الحراري بشكل أكبر مما هو عليه للزجاج الشمسي . عند زيادة مساحة الزجاج الحراري الذي يزيد من استهلاك الطاقة على التبريد فإن استهلاك الطاقة الكلي يزداد أيضاً تبعاً لذلك .

بهذا الشكل فإنه وعندما تكون مساحة الزجاج في الواجهات موافقة لما هو مطلوب من أجل تحقيق الإضاءة الطبيعية فإنه من الأفضل استخدام الزجاج الحراري الذي يحافظ على الحرارة بشكل أكبر ، كما نستنتج أيضا أنه وعند مساحة للزجاج قدرها 100% لا تكون هناك أهمية لاستخدام أي نوع من نوعي الزجاج المدروسين .

الاستنتاجات والتوصيات:

1-يزداد في الوقت الحاضر استخدام الزجاج في الأبنية ، وهذا ما يتطلب الاهتمام باختيار الإطارات الزجاجية المستخدمة بشكل صحيح لما لذلك من تأثير على استهلاك الطاقة المصروفة على عمليات التدفئة والتبريد والإضاءة .

2-يجب اختيار مساحات الزجاج في واجهات الأبنية بما يوافق أقل مساحة لتحقيق الإضاءة الطبيعية حسب نوع الزجاج ، وعندها يكون استهلاك الطاقة الكلي في حالة الزجاج الشمسي أكبر بحوالي 10% مما هو عليه في حالة الزجاج الحراري .

3-يتعادل تقريباً استهلاك الطاقة في حال استخدام كلا نوعي الزجاج على كامل مساحة جدران البناء ، أي أنه لا توجد أهمية كبيرة لنوع الزجاج في هذه الحالة .

4-يعدّ استخدام الزجاج الحراري بشكل عام أكثر اقتصادية ، حيث إنه يلائم فصل التدفئة بشكل كامل ويؤثر بشكل غير كبير نسبياً على التكييف في فصل التبريد .

المراجع:

[1] – منشورات تقنية حول البناء "*فعالية الطاقة في المباني* " 2-01- 09 – :2005 .

[2] – ساسنوسكايت . ف. جويدز .ي " *المساحة المثالية للزجاج في المباني الإدارية تبعاً لاستهلاك الطاقة على التبريد والإضاءة* " المؤتمر السنوي لطلاب الدراسات العليا ، معهد الطاقة في لاتفيا ،7 أيلول 2007 ،

[3] –*الإضاءة الطبيعية والاصطناعية لأماكن العمل* " المعايير الصحية في السويد لعام 2000 .

[4] – يو . أ. تابونشيكوف، *الموديل الرياضي والفعّالية الحرارية للأبنية، موسكو. بول بريس 2002 م*.70

[5] – منشورات تقنية حول البناء " النوافذ والأبواب الخارجية "2.05.20 :2006.