

حمل التبريد و الحسابات

تحضير التقرير / المهندس رفيق بابا رسول

دورة في تصميم أنظمة تكييف الهواء

- **الجزء الاول : حمل التبريد و الحسابات**

- **الجزء الثاني: تصميم منظومة مجاري الهواء**

الجزء الاول: حمل التبريد و الحسابات

مصادر الكسب الحراري

يتطلب تبريد حيز معين ازالة الكسب الحراري من خارج الحيز الى داخله بحيث يدام ظرفا داخليا ملائما لمتطلبات الراحة لشاغلي الحيز. و من المناسب تقسيم مصادر الكسب الحراري الى تلك الواردة من خارج الحيز المكيف و تسمى المصادر الخارجية و تلك الناجمة من داخل الحيز و تسمى المصادر الداخلية. و هناك تقسيم ثان الى كسب حراري محسوس و كسب حراري كامن و هذا التقسيم ضروري لمعرفة نسبة الحرارة المحسوسة داخل الحيز و لاختيار اجهزة التبريد و ازالة الرطوبة بصورة صحيحة.

و تتلخص مصادر الكسب الحراري الخارجية بما يلي :-

١. كسب حراري نتيجة الاشعاع الشمسي :

ا- خلال الزجاج و الذي يمتص في الاثاث الداخلي و السطوح الانشائية الداخلية.

ب- على سطوح الجدران الخارجية و السقوف و الذي ينتقل بالتوصيل الى الداخل.

٢. انتقال حرارة خلال الغلاف الانشائي الخارجي للحيز من جدران و سقوف و شبابيك بفعل فرق درجتي حرارة الهواء الخارجي و الهواء داخل الغرفة.

٣. كسب حراري نتيجة انتقال الحرارة من الاماكن المجاورة غير مكيفة عبر القواطع الانشائية و الارضيات و السقوف الى داخل الحيز المكيف.

٤. كسب حراري محسوس و كامن نتيجة تخلل الهواء الخارجي الى داخل الحيز.

اما المصادر الداخلية فهي :-

١. الاضاءة الكهربائية.

٢. حرارة محسوسة و كامنة من شاغلي الحيز.

٣. حرارة من اجهزة و معدات داخل الحيز مثل المحركات الكهربائية و اجهزة الطهو و ما شابه ذلك و قد تكون محسوسة او كامنة.

أضافة الى ذلك يجب ان تكون سعة اجهزة التبريد كافية لمعالجة الحمل الحراري من هواء التهوية و كسب حراري اخر متفرق.

يمكن حساب الفقرات المدرجة اعلاه بسهولة و تعد الدقة المقبولة للجواب و اهمية الفقرة المحسوبة او مقدارها من العوامل الرئيسية التي تتحكم في حل المسألة. في بعض الاحيان تستجيب الاجابة الدقيقة و لكن على مهندس التكييف ان يعي كافة المصادر الحرارية الممكنة التي تسلط على منظومة تكييف الهواء. و بهذا الادراك يكون المهندس قادرا على التخمين

المنطقي عند استحالة الحل الدقيق او كونه صعبا للغاية. أدناه ملخص حسابات الحمل الحراري و كما يلي :-

حسابات الحمل الحراري

١ - حسابات الأحمال الخارجية

١- الكسب الحراري من خلال الجدران و السقوف

هناك طريقتان لحساب الحمل الحراري من خلال الجدران و السقوف . الطريقة الاولى

التي كانت الوحيدة لغاية نشر دليل الاشري لعام ١٩٦٢ تسمى طريقة فرق درجات الحرارة

الكلي المكافئ . اما الطريقة الثانية التي قدمت لأول مرة عام ١٩٧٢ فقد سميت طريقة دالات

التحويل و من ثم استخدمت دالات التحويل من قبل مجموعة بحثية تابعة لجمعية اشري

لتوليد ما سمي فرق درجات حرارة حمل التبريد و معاملات حمل التبريد لكل واحد من مكونات

حمل تبريد الحي . و باستعمال فرق درجات حرارة حمل التبريد (Cooling Load

(Temperature Difference- CLTD و معاملات حمل Cooling Load)

(Factor- CLF) التبريد اللذين يأخذان تأثير التخلف الزمني الناجم عن الخزن الحراري

داخل الحيز نظر الاعتبار. يمكن حينئذ حساب حمل تبريد الحيز بصورة مباشرة و قد ادرجت

قيم CLTD و CLF في دليل الاسس لجمعية اشري لعام ١٩٨١ و تستند الجداول اليها

بصورة كلية .

يتألف الكسب الحراري خلال الجدران و السقوف من مجموع انتقال الحرارة المستقر الناتج

لكونه درجة حرارة الهواء الداخلي اوطأ من الهواء الخارجي و الكسب غير مستقر الناتج من

تغير شدة الاشعاع الشمسي على السطح الخارجي للجدار.

$$Q = U * A * (CLTD)c$$

U= Overall Heat Transfer, W/ sq. m.C

A= Area, sq m

(CLTD)c=Cooling Load Temperature Difference

(Corrected), C

ان جميع الجداول المتوفرة في مجال التكييف موضوعة من قبل الجمعية

الأمريكية لهندسي التكييف والتهوية و لمختلف سنوات النشر والمعتمدة على الفرضيات

التالية :-

**ASHRAE American Society of Heating, Refrigerating and
Air Conditioning Engineers**

Assumed

Our

Conditions

Tr=٢٥.٥ C

Tr = ٢٣ C

To=٣٥ C

To = ٥٠ C

Daily range change in temperature ١١.٦ C

Dr = ١٨ C

(Daily Average Maximum- Daily Average Minimum) Temp.

at the sever summer mount

Average outside temperature change ٢٩.٤ C Toc =To-

Dr/٢

(Average Maximum + Average Minimum)/٢ At Design day

Latitude ٤٠ North

= ٣٢

North

Peak Load at July ٢١

=

August

CLTDC={ (CLTD+LM)* K(٢٥.٥-Tr)+(Toc-٢٩.٤)}* f

حيث

LM معامل تصحيح لخط العرض

K معامل تصحيح للون السقف

يساوي ١.٠ للون الغامق

و ٠.٥ للون الفاتح

f معامل لوجود تهوية بين السقف الثانوي و السطح

و يساوي ١.٠ عند عدم وجود تهوية في الفسحة

و يساوي ٠.٧٥ عند وجود تهوية ميكانيكية

يمكن ايجاد معامل انتقال الحرارة من خلال المعادلة التالية:-

$$U = \frac{1}{f_i} + \frac{X^1}{K^1} + \frac{X^2}{K^2} + \frac{X^3}{K^3} + \frac{X^4}{K^4} + \dots + \frac{X_i}{K_i} + \frac{1}{f_o}$$

Where

$X^1, X^2, X^3, X^4, \dots, X_i$ Thickness of wall constructions

$K^1, K^2, K^3, K^4, \dots, K_i$ Thermal conductivities of the walls materials.

And f_i = Inside film coefficient

F_o = outside film coefficient

Take f_i = ٩.٣٧ W/sq. m C for stagnant air

In summer $f_o = ٢٢.٧$ W/sq.m C for wind speed of ٢٤ Km/h

In winter $f_o = ٣٤.٧$ W/sq.m C for wind speed of ٢٤ Km/h

ب- الكسب الحراري من خلال الزجاج

عند سقوط اشعة الشمس على لوح زجاجي ينعكس جزء منه و تمتص لوحة الزجاج

جزء ضئيلا اخر مسببا ارتفاعا في درجة حرارة الزجاج بينما ينفذ الجزء الاكبر من الاشعاع

خلال الزجاج. ويسبب الاشعاع النافذ تسخين الاجسام و السطوح التي يسقط عليها داخل الغرفة. و بعد ان تخزن هذه الاجسام و السطوح الحرارة الاشعاعية الساقطة عليها ترتفع درجة حرارتها و تبدأ بفقدان تلك الحرارة تدريجيا بالاشعاع طويل الموجة و الحمل الى هواء الغرفة. لقد اورد دليل الاسس لجمعية اشري لعام ١٩٨١ تفصيلا مسهبا لكيفية حساب الكسب الحراري الشمسي خلال الزجاج و كما يلي :-

١- الحرارة بالاشعاع

$$Q_s = A * \{Sc * SHG_{max} * CLF\}$$

Where

Sc = shading coefficient

SHG_{max} = Solar heat gain maximum, W/sq.m

CLF = Cooling load factor

A = Glass area, sq.m

٢ - الحرارة بالتوصيل

$$Q_c = A * U * (CLTD)_c$$

Where

$$(CLTD)_c = CLTD + (25.5 - T_i) + (T_o - 29.4)$$

U = Glass heat transfer coefficient, W/sq.m C

$$Q_t = Q_s + Q_c$$

ج- حسابات هواء التخلل (تسريب الهواء)

تعتمد كمية الهواء الذي يتخلل الى داخل المبنى من خلال الشقوق و فتحات التركيب

حول الابواب و الشبابيك الخارجية بصورة رئيسية و من استخدام الابواب . هناك طريقتان

لحسابات

١- طريقة تبديل الهواء

ب- طريقة الشقوق

يمكن تقسيم فقدان الحرارة نتيجة تخلل الهواء الخارجي الى فقدان حراري محسوس و فقدان حراري كامن . ويتمثل الجزء المحسوس بالطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة هواء التخلل من درجة حرارته في الخارج الى درجة حرارة الهواء الداخلي، بينما يتمثل الجزء الكامن بالطاقة المقترنة بفقدان صاف لبخار الماء من داخل الحيز بسبب جفاف هواء التخلل النسبي. أدناه الحسابات لهواء التخلل بطريقة تبديل الهواء. هناك جداول معدة من قبل جمعية أشري تحدد قيم تبديل الهواء و تحوي هذه الجداول على معاملات ضرب التي لو ضربت بحجم الغرفة او المبنى تعطي قيما تقريبية لفقدان الحرارة بسبب تخلل الهواء.

حرارة محسوسة

$$Q_s(W) = 1.22 V*(T_o-T_r)$$

V = Volume rate in cu.m/s

= Air change factor* Volume of the space

T_o,T_r = Outside and inside temp. C

حرارة كامنة

$$Q_l(W) = 2940 V*(W_o-W_i)$$

Where

W_o and W_i = Moisture content outside and inside (Kg)/ Kg

dry air

V= Flow rate in cu.m/s

٢- حسابات الاحمال الداخلية

يتألف الكسب الحراري الداخلي من ثلاثة مصادر هي الانارة الكهربائية و تبعث

حرارة محسوسة معظمها أشعاعية لا تظهر كحمل تبريد الا بعد تخلف زمني و حرارة محسوسة

و كامنة من شاغلي الحيز و حرارة قد تكون محسوسة او محسوسة و كامنة من المعدات و الادوات الكهربائية او الغازية او البخارية داخل الحيز المكيف.

مصادر الكسب الحراري

١- الأتارة

شدة الاضاءة

$$\text{Factor} = ٢٥ \text{ W/sq.m} - ٣٠ \text{ W/sq.m}$$

$$\text{QI(W)} = ١,٢ * \text{Factor}$$

ب- الاجهزة الكهربائية

- حرارة محسوسة و كامنة

جداول : جداول خاصة لقيم الحرارة المحسوسة والحرارة الكامنة للاجهزة المعروفة.

$$\text{Qs} = \text{Factor} * \text{No. of Equipments}$$

$$\text{QI} = \text{Factor} * \text{No. of Equipments}$$

و الاجهزة العامة من المعادلة التالية :-

$$\text{Qs(W)} = (\text{kW Rating}) * (١ - \text{eff.}) / \text{eff.}$$

ج- الاشخاص

جداول خاصة لقيم الحرارة المحسوسة و الكامنة و لمختلف الفعاليات للاشخاص.

بشكل عام لتحديد عدد الاشخاص في الحيز يمكن الاستفادة من الفرضيات

التالية :-

١٠ sq.m/person fo office

٢٠ sq.m/person for mangers office

٦ sq.m/person for open area

٢ sq.m/person for restaurant

١-١.٥ sq.m/person for stores and unions

$Q_s(W) = \text{Factor} * \text{No. of persons}$

$Q_l(W) = \text{Factor} * \text{No. of persons}$

د- حمل هواء التهوية

يجب تجهيز هواء التهوية بمعدلات كافية الى الحيز المكيف
لادامة مستويات ملائمة من الشروط الصحية لشاغلي الحيز و لالبقاء على
الروائح دون الحدود المقبولة. وقد تكون هناك نوائح صحية او البلدية
تحدد معدلات التهوية لبعض التطبيقات و في هذه الحالة تتبع تلك الرواح
لتحديد معدلات الهواء المطلوب لتهوية الحيز المكيف.
جداول خاصة لمقدار التهوية الضرورية للاشخاص ضمن الحيز. وبشكل عام
التهوية لا تقل عن ٢,٥ l/s لكل شخص في الحيز.

- حرارة محسوسة

$Q_s(W) = ١,٢ * V * (T_o - T_r)$

- حرارة كامنة

$Q_l(W) = ٢٩٤٠ * V * (W_o - W_i)$

- الحرارة الكلية

$Q_t = Q_s + Q_l$

٣- حمل ملف التبريد

ان حساب حمل تبريد الحيز لا يكفي لاغراض تحديد قدرة أجهزة
تكييف الهواء و اختيارها بما يتلائم و طريقة تصميم المنظومة. اذ ان هناك

احمال حرارية اخرى يجب اخذها بعين الاعتبار إضافة الى حمل الحيز عند تحديد حمل ملف التبريد. أدناه بعض هذه الاحمال :-

- الكسب الحراري من المروحة.
- الكسب الحراري من المحرك الكهربائي.
- الكسب الحراري من مجاري الهواء للهواء المجهز.
- الكسب الحراري من مجاري الهواء للهواء الراجع.

ان الاحمال الإضافية المذكورة جميعها أحمال محسوسة و في بعض الاحيان يضاف نسبة % ١٠-٥ من الحمل الحراري لتغطية و اعتماد ذلك حملا إضافيا على ملف التبريد و كذلك زيادة درجة حرارة هواء التجهيز من ١ الى ٣ C لتغطية الكسب الحراري من المروحة و مجاري الهواء و زيادة معدل تجهيز الهواء بما يناسب و كل حسب نوعية منظومة التكييف و أجهزة التكييف و كون الكسب الحراري الضافي الى ملف التبريد او الى هواء التجهيز او كلاهما.

معدل هواء التجهيز لحمل التبريد

ان الهواء البارد الذي يجهز الى حيز مكيف من اجل ازالة حمل التبريد لذلك الحيز يتوفر فيه شرطان :

- ان درجة حرارته و هي التي تسمى درجة حرارة تجهيز الهواء لا بد ان تكون واطئة بما فيه الكفاية بحيث يزيل الهواء البارد حمل الحيز المحسوس عندما ترتفع درجة حرارته من قيمة التجهيز الى درجة حرارة الغرفة.

- ان محتواه الرطوبي لابد ان يكون واطناً بما فيه الكفاية بحيث يزيل حمل الحيز

الكامن عند ارتفاع المحتوى الرطوبي من قيمة التجهيز الى قيمته في ظرف

الغرفة الداخلي.

من المعلوم ان الحيز المكيف يكتسب حرارة محسوسة بمعدل معين و حرارة كامنة بمعدل

آخر. و لابد لهواء التجهيز منذ دخوله الى الحيز الى ان يخرج منه ان يزيل هذين الكسبين

الحراريين بالمعدل الذي يتولد ان فيه بحيث يخرج هواء التجهيز من الحيز المكيف بظرف

التصميم الداخلي بعد ان ازال حمل تبريد الحيز.

ان الخاصية التي تربط الكسبين الحراريين المحسوس و الكامن للحيز المكيف هي نسبة

الحرارة المحسوسة و تمثل هذه النسبة انحدار خط على المخطط المصدري، و عند رسم هذا

الخط مارا بالظرف الداخلي للحيز فان النقاط الواقعة عليه ستمثل جميع نقاط حالات

هواء التجهيز الممكنة.

ان النسبة من الكسبين المحسوس و الكامن للحيز يمكن حسابها من المعادلة التالية

$$SHR = q_s / (q_s + q_l)$$

ثم يرسم خط مواز لهذا الخط على المخطط مارا بالظرف الداخلي (ظرف التصميم

الداخلي) و ان نقطة تقاطع هذا الخط مع منحنى الرطوبة النسبية % ٩٠ تحدد درجة

حرارة تجهيز الهواء. و تبقى طبعا نقطة ندى الجهاز عند تقاطع الخط مع منحنى

التشبع. ان استخراج درجة حرارة تجهيز الهواء بهذه الطريقة يعطي قيما معقولة و

مقبولة لعامل الامرار تتراوح ما بين ٠,٢٠-٠,٠٥ تقريبا اعتمادا على قيم نسبة الحرارة

المحسوسة و لمعظم حالات تكييف الهواء للراحة و هي قيم واقعية لملفات التبريد و ازالة

الرطوبة و من خلال المعادلة

$$(1-BF) = (Tr-Ts)/(Tr-Tc)$$

و ان كمية الهواء المجهز يمكن حسابها من المعادلة التالية

$$V = Q_s / 1.22 * (T_r - T_c) * (1 - BF)$$

Where

Q_s = Sensible heat, kW

V = Volume flow rate, cu.m/s

T_r = Inside temp., C

T_c = Apparatus dew point temp., C

T_s = Supply temp., C

BF = By-pass factor

ان معدل هواء التجهيز ثابت و يتحصل كما ذكر اعلاه بغض النظر عن نوع المنظومة و لكن نوع المنظومة يحدد معدلات الهواء الراجع و النقي في وحدات نفخ الهواء كما يحدد الحمل الحراري على ملف التبريد.

الجزء الثاني : تصميم منظومة مجاري الهواء

ان على المروحة او مراوح اي منظومة لتدوير الهواء اكانت للتدفئة او للتبريد او للتهوية ان تكون ذات قدرة كافية لتجهيز معدلات الهواء المطلوبة و بضغط استاتي مساو او يفوق بقليل المقاومة الكلية التي تسببها منظومة مجاري الهواء. و من الامور التي تحدد احجام مجاري الهواء السرعة القصوى المسموح بها لتدفق الهواء داخل المجرى اذ ان ارتفاع السرعة يؤدي الى توليد الضوضاء و زيادة فقدان الضغط و لذا يجب ان تتحدد سرعة الهواء بحيث لا تسبب مستوى من الضوضاء اكبر من الحدود المسموحة او تؤدي الى فقدان ضغط كبير غير مبرر. اما اذا كانت سرعة الهواء واطنة اكثر من الازم فان ذلك يؤدي الى احجام مجاري هواء كبيرة جدا.

١- المبادئ الأساسية للتصميم

- أ- توزيع يضمن دوران الهواء في جميع مناطق الحيز.
- ب- ارجاع الهواء الى المروحة باسهل طريق ممكن.
- ج- عملية توازن اقتصادية في اختيار احجام مجاري الهواء.
- د- يجب ان تكون نسبة الجانب الطويل للمجرى/ الجانب القصير ضمن ٦-١ و لا تزيد عن ١٠.

متطلبات عملية حساب احجام مجاري الهواء

- ١- تخطيط اوسط منظومة ممكنة و اكثرها ملائمة للتطبيق. و ذلك بعد دراسة مخطط المبنى او الطابق المعني و ترتيب المجاري حسب الغرف و المناطق و توفير فتحات توزيع الهواء و ارجاعه بطريقة تضمن توزيع الهواء بمعدلاته المطلوبة لكل غرفة او حيز و ارجاعه الى المروحة باسهل طريق ممكن.
- ٢- يتم اختيار ابعاد فتحات توزيع الهواء من الشبائيك Grills او موزعات رأسية Diffuser من المعلومات التي توفرها الشركات الصانعة. و بديهي ان توفر هذه الفتحات معدلات تجهيز الهواء المطلوبة لكل حيز و التي تكون معلومة سلفاً من حسابات حمل التبريد.
- ٣- يتم اختيار سرعة الهواء في المجاري الرئيسي و يمكن معرفة السرعة من جداول خاصة.
- ٤- يتم تحديد حجم كل جزء من اجزاء منظومة مجاري العواء بوحدة من ثلاث طرق هي:-

أ- طريقة تقليل السرعة Velocity Reduction Method

ب- طريقة هبوط الضغط المتساوي Equal Pressure Drop Method

ج- طريقة اعادة كسب الضغط الاستاتي Static Region Method

