طرق إنشاء مستودعات التبريد

حساب أحمال التبريد

يتكون حمل التبريد الواقع على معدات التبريد من عدة مصادر يمكن تلخيصها فيما يلي:

١. حمل التوصيل (Transmission load) أو الكسب الحراري من غلاف المبنى:

يعتمد على المواد وبناء الجدران والأرضية والسقف (سقف الحيز المبرد) ومساحة السطح وحركة الهواء أو ظروف الرياح في الداخل والخارج وفرق درجات الحرارة بين المساحة المبردة والهواء المحيط. يمكن تحديد معدّل انتقال الحرارة عبر جدار أو أرضية أو قسم معين من السقف.

$$Q = k.A_o.\Delta T$$

حيث: k معامل انتقال الحرارة الكلي $(W/_{m.^\circ C})$:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \Sigma\frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_o}}$$

الجدران والأسقف والأرضية في غرفة التبريد النموذجية معزولة جيداً وعادةً ما تكون المقاومة الحرارية لطبقة العزل أكبر بكثير من المقاومة الحرارية للطبقات الأخرى مثل الصفائح المعدنية ومقاومة الحمل الحراري $\frac{1}{\alpha_i}$ و $\frac{1}{\alpha_o}$، لذلك يمكن تجاهل المقاومة الحرارية لطبقات الصفائح المعدنية ووجود قيم دقيقة جداً لـ α_o و α_i ليس ضرورياً بالعادة.

يزيد التعرض المباشر للشمس من حمل التبريد في مستودع التبريد نتيجة للطاقة الشمسية التي يمتصها السطح الخارجي والتي يتم نقلها إلى الحيز المبرد. يمكن حساب تأثير التسخين الشمسي بسهولة عن طريق إضافة بضع درجات إلى درجة الحرارة المحيطة. بأخذ اتجاه الجدار ولونه بعين الاعتبار.

ملاحظة: حمل التبريد الأكبر يكون عند درجة حرارة خارجية تصميمية مرتفعة لذلك نأخذ الدرجة الخارجية في الصيف حسب المنطقة.

٢. حمل التسريب أو التهوية (Infiltration load):

كسب الحرارة بسبب دخول الهواء الدافئ المحيط إلى الحيز المبرد من خلال الشقوق والأبواب المفتوحة يسمى حمل التسريب لنظام التبريد ويتغير الحمل مع الوقت.

يمكن أن يتراوح من ربع إلى ثلث إجمالي حمل التبريد ويعد من الأحمال الرئيسية.

في حال عدم وجود أي رياح، يرجع حمل التسريب إلى اختلاف الكثافة بين الهواء البارد في المستودع والهواء الدافئ المحيط.

هناك قدر كبير من عدم اليقين في تحديد حمل التسريب، والخبرة العملية مفيدة في ذلك. تتمثل الطريقة العملية لتحديد حمل التهوية (التسريب) في تقدير معدّل تسريب الهواء من حيث تغيرات الهواء في الساعة، وهو عدد المرات التي يتم فيها استبدال محتوى هواء الغرفة بالكامل بهواء التسرب في الساعة.

وبسبب تبادل الهواء بين الوسط الخارجي ومستودع التبريد هناك مزيج من الحمل المحسوس والكامن، حيث من الممكن أن يكون الهواء الخارجي ذو رطوبة أعلى وفي هذه الحالة وعندما تعمل الغرفة في درجات الحرارة تحت التجمد فإن الرطوبة ستترسب على الملفات مما يتطلب إزالة الجليد مع الحمل المصاحب له ونقصان الكفاءة.

بمجرد تقدير عدد مرات تغير الهواء في الساعة، يتم تحديد معدل تدفق كتلة الهواء المتسرب إلى الغرفة.

ويمكن حساب حمل التسريب من العلاقة:

$$\mathrm{Q} = \mathrm{n}.V_r\,.\rho.\Delta h$$

n: عدد مرات تغيير الهواء بالساعة وإذا لم تعطى في نص المسألة نفرضها 3 مرات في اليوم، وللتحويل إلى عدد المرات في الثانية: $n = \frac{3}{24\times3600}$

V_r: حجم المستودع (m^3)

ρ: الكتلة النوعية للهواء $\rho = 1.25\ {}^{kg}/_{m^3}$.

Δh :فرق أنتالبي الهواء بين الداخل والخارج. ${}^{kj}/_{kg}$.

٣. حمل المنتج (Product Load):

الحرارة المنبعثة من المنتجات الغذائية عند تبريدها إلى درجة حرارة التبريد والحرارة المنبعثة مع تنفس الفواكه والخضراوات الطازجة في التخزين تشكل حمل المنتج لنظام التبريد.

بالنسبة للأطعمة غير المجمدة ، تشتمل أحمال التبريد في المنشأة التي تُعزى إلى المنتج الغذائي على خفض درجة الحرارة وإزالة حرارة التنفس .لكن تجميد الأطعمة يتضمن التبريد إلى درجة حرارة التجمد (إزالة الحرارة المحسوسة) والتجميد (إزالة الحرارة الكامنة) والتبريد الإضافي إلى درجة التجميد المطلوبة (إزالة الحرارة المحسوسة من الأطعمة المجمدة).

في مصنع تجميد الأغذية ، عادة ما يكون حمل المنتج هو المسيطر ، بينما بالنسبة للمستودع المبرد الذي يخزن الأطعمة المجمدة ، قد يكون حمل المنتج طفيفًا بسبب توقع أن يكون المنتج الوارد بالفعل في درجة حرارة التخزين .على الرغم من هذا التوقع ، من الناحية الواقعية ، عادة ما يكون المنتج الوارد في درجة حرارة أعلى إلى حد ما من تلك التي سيتم تخزينه بها .بدون استثناء تقريبًا ، إذن ، يوجد حمل تبريد المنتج في أي مكان يتم فيه مناولة الطعام.

يمكن تحديد المكونات الثلاثة لحمولة المنتج كما يلي:

$$Q_{cooling,fresh} = m.c_{p(fresh)}.(T_1 - T_{freeze})$$

$$Q_{freezing} = m.h_{latent}$$

$$Q_{cooling,freeze} = m.c_{p(frozen)}.(T_{freeze} - T_2)$$

حيث:

m: كتلة المنتج (معدل الإدخال اليومي) kg.

$c_{p(fresh)}$: الحرارة النوعية للغذاء قبل التجميد ($^{kj}/_{kg.k}$).

$c_{p(frozen)}$: الحرارة النوعية للغذاء بعد التجميد.

h_{latent} : الحرارة الكامنة لذوبان الغذاء.

T_{freeze} : درجة حرارة تجمد الطعام.

T_1 : درجة الحرارة الأولية للطعام (قبل التبريد).

T_2 : درجة الحرارة النهائية للطعام (بعد التجميد).

- **حمل التنفس (Breathing Load):**

يعطى حمل التنفس للمنتجات الغذائية بالعلاقة:

$$Q = \frac{M.q_r}{3600}$$

حيث:

M : وزن المنتج كاملاً أو السعة الكلية لمستودع التبريد kg.

q_r : حرارة التنفس($^{kj}/_{kg.h}$).

٤. الحمل الداخلي (Internal Load):

تشكل الحرارة التي يولدها الأشخاص والأضواء والمحركات الكهربائية ومعدات تبديد الحرارة الأخرى في مساحة التبريد الحمل الداخلي لنظام التبريد.

يعتمد معدل تبديد الحرارة من قبل الأشخاص على حجم الشخص ودرجة حرارة مكان التبريد ومستوى النشاط والملابس.

كما يجب أن يولد الشخص مزيداً من الحرارة عند درجات حرارة منخفضة للتعويض عن زيادة معدل انتقال الحرارة عند الاختلافات العالية في درجات الحرارة.

يعطى حمل الأشخاص بالعلاقة:

$$Q = n.q.\frac{\text{عدد ساعات التشغيل}}{24}$$

حيث:

n: عدد الأشخاص person (في حال لم يعطى في نص المسألة نفرضه 3 أشخاص) .

q : حمل الشخص الواحد(كمية الحرارة التي يطرحها) وفي حال لم يعطى يتم فرضه $450\ {}^{W}/_{Per.}$.

حمل الإنارة: يختلف باختلاف الوظيفة ، في حالة تحضير اللحوم تكون المساحة أكبر بكثير من مساحة تخزين الأطعمة المجمدة. ويمكن أن يكون في نطاق $16\ \text{W/m}^2$ ولكن وسطياً يؤخذ $5\ \text{W/m}^2$.

ويعطى حمل الإنارة بالعلاقة:

$$Q = \text{مساحة الأرضية} . \text{حمل الإنارة لواحدة السطح} . \frac{\text{عدد ساعات التشغيل}}{24}$$

ملاحظة: إذا لم يعطى حمل الإنارة لواحدة السطح يفرض $5\ {}^{W}/_{m^2}$.

يعطى حمل المحرك بالعلاقة:

$$Q = \text{استطاعة المحرك} . \frac{\text{عدد ساعات التشغيل}}{24}$$

ملاحظة: إذا لم تعطى استطاعة المحرك نعتبر أنها $4\ kW$، وعدد ساعات تشغيل الأجهزة 16ساعة

الحمل الكلي Q_{tot} هو مجموع الأحمال السابقة جميعها في حال عدم إهمال البعض منها لصغرها.

حمل معدات التبريد (Refrigeration Equipment Load):

يشير حمل معدات التبريد إلى الحرارة التي تولدها معدات التبريد نفسها لأنها تؤدي مهاماً معينة مثل تدوير الهواء البارد باستخدام مروحة، وهناك حمل المحركات اللازمة لتشغيل المراوح حيث تستخدم (8–15%) من سعة التبريد لإزالة حرارة محرك المروحة . وإعادة التسخين الكهربائي لمنع التكثيف على أسطح الثلاجة. وإزالة الجليد لمنع تراكم الصقيع. عندما يتم تحديد إجمالي حمل التبريد من الشائع تطبيق عامل أمان بنسبة 10% لتغطية أي موقف غير متوقع.