

* Dr. M. Said

AL Jarrah *

الكتور

محمد سعيد الجراح

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

الندفئة والتهوئة لصناعية

حقوق التأليف والطبع والنشر محفوظة لمجامعة دمشق

١٤٠٢ - ١٤٠٣ هـ

١٩٨٢ - ١٩٨٣ م

مطبعة رياض - دمشق

مقدمة

في التدفئة والتهوية الصناعية

التدفئة :

=====

ان حاجة الانسان الى التدفئة جعلته يستعمل النار في الشتاء لتزويده بالحرارة اللازمة لتعويضه عن الحرارة التي يفقدها جسمه نتيجة للتبادل الحراري مع الجو المحيط .

وتكون التدفئة على شكلين :

أ- تدفئة مباشرة : ويتم فيها توليد الحرارة اللازمة ضمن المكان المراد تدفئته عن طريق منبع حراري يعطي الحرارة مباشرة . ويلاحظ ان هذه الطريقة سهلة وقليلة الكلفة ولا تحتاج لغير المنبع الحراري .

ب- تدفئة غير مباشرة : ويتم فيها توليد الحرارة اللازمة خارج المكان المراد تدفئته وتقل اليه بواسطة وسيط تسخين يعطي حرارته لمبادلات حرارية تعمل على تدفئة المكان . وتحتاج هذه الطريقة الى اجهزة اضافية مختلفة ذات تكاليف مرتفعة الا انها اكثر نظافة ورفاهية .

التدفئة المباشرة :

كانت اخشاب الغابات تشكل المصدر الرئيسي للوقود المستعمل للتدفئة ، ولقد اعتمدت التدفئة في بادئ الامر على النار المكشوفة ، والتطور الاول لهذه كان اضافة المدخنة فوق الموقد لتعمل على سحب غازات الاحتراق وطردها الى خارج المكان المدفأ . وسمي المكان المحدد لحرق الاخشاب مع المدخنة بالموقد المفتوح والذي ما زال يستعمل حتى الان ولكن بقصد تزيين المكان لا بقصد التدفئة .

تعتمد التدفئة باستعمال الموقد المفتوح على التبادلات الاشعاعية للحرارة مما يجعل السطح المواجه للنار ساخنا والغير مواجه للنار باردا . كما ان المدخنة المفتوحة بهذا الشكل تساعد على سحب كمية كبيرة من الهواء الساخن مع غازات الاحتراق مما يسبب نقص بكمية هواء الغرفة والذي ينتج عنه دخول كمية مساوية من الهواء البارد الخارجي الى الغرفة . وللتحكم بكمية الهواء هذه استعملت المدفأة والتي يمكن بواسطتها تغيير فتحة دخول الهواء اللازم للاحتراق وتحديد حرقه حسب المطلوب ، مما يساعد على تنظيم الاحتراق . وكذلك يمكن تغذية الوقود بطريقة آلية ، للوقود الصلب ، وتحديد التدفق للوقود السائل ، وبالتالي يمكن التحكم بكمية الحرارة المتولدة بالمكان المدفأ .

ان مردود الموقد المكشوف لم يكن يتجاوز (20%) اما مردود المدفأة فقد كان افضل قليلا من ذلك .

ان تأمين الوقود ونقله الى المكان المدفأ وتحمل الدخان المتسرب ضمن المكان المدفأ والمردود المنخفض جعل الانسان يفتش عن طرق افضل وانظف للتدفئة •

تستعمل في الوقت الحاضر مدافئ تعمل على الكهرباء و الغاز بالإضافة الى المدافئ التي تعمل على المازوت • ويوصل مردود مدافئ الكهرباء الى (100 %) بالإضافة للنظافة التامة وعدم الحاجة لمدخنة او لتبديل هواء الغرفة • وتتوزد احيانا بمروحة لتحريك الهواء وتشبه عندئذ مجموعات ارسال الهواء الساخن الصغيرة المستعملة في تسخين الهواء ، وهذه تعطي شعورا سريعا للتدفئة لأنها تعمل على تسخين هواء الغرفة بسرعة قبل ان ترتفع درجة حرارة الجدران والسطوح المحيطة اى درجة حرارة الاشعاع الوسطية للمكان •

اما المدافئ الكهربائية العادية فانها تعتمد على التبديل الاشعاعي للحرارة وهذه تسخن السطوح المواجهة لها فقط وهو نفس المبدأ الذى تعمل عليه مدافئ الغاز ، غير ان مدافئ الغاز تحرق الا كسجين وتطرح نواتج الاحتراق في الغرفة لذلك ينصح باستعمال هذه المدافئ فقط في الاماكن المفتوحة والتي يمكن ان يتجدد الهواء فيها تلقائياً •

التدفئة غير المباشرة :

ان عملية فصل مكان احتراق الوقود عن مكان الاستفادة منه

في التدفئة وتوزيع الحرارة الناتجة المتولدة في كافة الأماكن المدفأة
يعتبر أساساً للتدفئة المركزية غير المباشرة •
ويمكن تلخيص عناصر التدفئة المركزية غير المباشرة بأربعة
عناصر رئيسية :

- ١ - منبع حراري لتوليد الحرارة المطلوبة •
- ٢ - مبادلات حرارية لتوزيع الحرارة في الأماكن المراد تدفئتها •
- ٣ - شبكة اتصال بين المنبع الحراري والمبادلات الحرارية •
- ٤ - وسيط التسخين وهو المائع المناسب لنقل الحرارة •

وتقسم التدفئة غير المباشرة من حيث الأجهزة المستعملة ليث
الحرارة في المكان المراد تدفئته الى :

- ١ - تدفئة باستعمال المشعات بمختلف أنواعها •
- ٢ - تدفئة باستعمال مدافئ تيارات الحمل بدون أو مع
مروحة •
- ٣ - تدفئة باستعمال وحدات تدفئة (وحدات ارسال هواء) •
- ٤ - تدفئة باستعمال السطوح المشعة مثل (الأرض، السقف
أو الجدار) •

كما تنقسم التدفئة غير المباشرة بحسب وسيط التسخين الى :

- ١ - تدفئة بالماء الساخن •
- ٢ - تدفئة بالبخار •

- ٣ - تدفئة بالهواء الساخن مع التهوية اللازمة •
- ٤ - تدفئة باستخدام الكهرباء •
- ٥ - تدفئة وتسخين ماء الاستعمال باستخدام الطاقة الشمسية •

وتعتمد التدفئة بالماء الساخن على الاستفادة من جزء من الحرارة المحسوسة للماء ، حيث ينقل الماء الحرارة من منبع الحرارة الى المبادلات الحرارية المركبة في المكان المراد تدفئته • اما التدفئة باستعمال البخار فتعتمد على الاستفادة من الحرارة الكامنة للبخر ، وان كمية الحرارة التي يحملها واحد كيلو غرام من البخار اكبر بحوالي خمسين مرة من كمية الحرارة التي يحملها واحد كيلو غرام من الماء مما يقلل من كمية وسيط التسخين المتدفق لنقل نفس كمية الحرارة •

اما التدفئة بالهواء الساخن فتعتمد على ارسال الهواء بدرجة حرارة مناسبة لتغطية الحمل الحرارى للمكان • ويمكن الاستفادة من تجديد الهواء والترطيب لتأمين الجو المناسب والمريح •

لقد استعملت طريقة التدفئة بالهواء الساخن منذ امد طويل ، وكانت تعتمد على توزيع الهواء الساخن وتحريكه نتيجة فرق الكثافات بين الهواء الساخن الذى يرتفع الى الاعلى والهواء البارد الذى ينخفض الى الاسفل ، وكان يسخن الهواء ضمن افران خاصة ويرتفع ضمن مجارى كبيرة ويحل محله الهواء البارد وهكذا تتم حركة الهواء لتدفئة

المكان ، الا ان هذه الطريقة رغم سهولتها تحتاج الى مجارى ذات مقاطع كبيرة لتقليل الاحتكاك ، لذا فانها غير عملية لتدفئة الصالات الكبيرة وخصوصا اذا لم يكن هناك فرق بالمنسوب بين مكان تسخين الهواء والمكان المدفأ .

اما حاليا فقد عم استعمال مراوح تحريك الهواء مما يساعد على استخدام التدفئة بالهواء الساخن ، حيث يمكن توزيع الهواء بشكل قسرى وبسرعة كبيرة نسبيا مما يؤدى الى تصغير مقاطع مجارى الهواء المستعملة .

كما ان استعمال المراوح جعل من الممكن تصفية الهواء قبل تسخينه وتمريره على المرطبات لترطبيه ، اى اجراء كل ما يلزم عليه لتأمين الجو المناسب والمطلوب ضمن المكان المكيف .

وللعمل على تدفئة مكان ما يجب علينا معرفة جميع الاسس والمبادئ في التدفئة غير المباشرة وسيكون ذلك موضوع بحثنا في الفصول القادمة .

~~التهوية الصناعية :~~

تتطلب المعامل وصالات الانتاج الى تهوية عالية لتلطيف الهواء الموجود فيها وطرده نواتج الصناعة من غبار او رائحة مخرشة او حرارة .

ان تبديل الهواء يتطلب ادخال هواء جديد من خارج
المعمل • ولكي نحافظ على درجة حرارة ورطوبة محددة ضمن المعمل
يجب ان يعالج الهواء الجديد قبل ادخاله الى المعمل بتسخينه
او تبريده او بزيادة الرطوبة فيه •

وتساعد طريقة ترطيب الهواء على غسل الهواء وتنقيته من
الغبار ورفع الرطوبة فيه مع تخفيض درجة حرارته •

وللعمل على تهوية معمل او صاله ما يجب علينا معرفة المبادئ
الاساسية في التهوية وتكييف الهواء ، ومعرفة خواص المرطبات المائية
واسس الجريان في مجارى الهواء • ومعرفة طرق اختيار الفتحات
المناسبة ، وكيفية حساب وشائع التسخين اللازمة ، ومواصفات مصافي
الهواء والمراوح وغيرها ، وسنبحث بالتفصيل في الفصول القادمة
جميع المواضيع اللازمة لذلك •

لقد اعتمدت على عدة مراجع (سأذكرها في آخر الكتاب) لى
تحضير المواضيع الواردة في هذا الكتاب حول التدفئة والتهوية
وتكييف الهواء . واخذت من تلك المراجع الاسس النظرية العامة للبحث
واضفت اليها التفاصيل العائدة للشرح والنواحي العملية من خبرتي
الهندسية في المواضيع المذكورة •

ان جميع هذه المواضيع النظرية الواردة في هذا الكتاب
خالية من الامثلة العملية ، واننا سنغطي الامثلة التطبيقية الضرورية

لتفهم جميع هذه المواضيع في الدروس العملية المخصصة لهذه
المادة •

يحتاج مهندس التدفئة والتكييف الى معلومات وجداول وثوابت
عديدة ذكرنا بعضها في هذا الكتاب ، ويمكن الرجوع الى المراجع
الخاصة مثل (ASHRAE) و (IHVE) بمختلف
اجزائها للحصول على المزيد من المعلومات ، كما يمكن الاستفادة
من مختلف النشرات التي تصدرها الشركات الصانعة لاجهزة التدفئة
وتكييف الهواء لأخذ مواصفات الآلات اللازمة ، ليتمكن المهندس من
عمل دراسة متكاملة في هذا المجال •

الدكتور المهندس

محمد سعيد الجراح

ـ (الفصل الأول) ـ

١ ـ أهمية انتقال الحرارة في التدفئة :

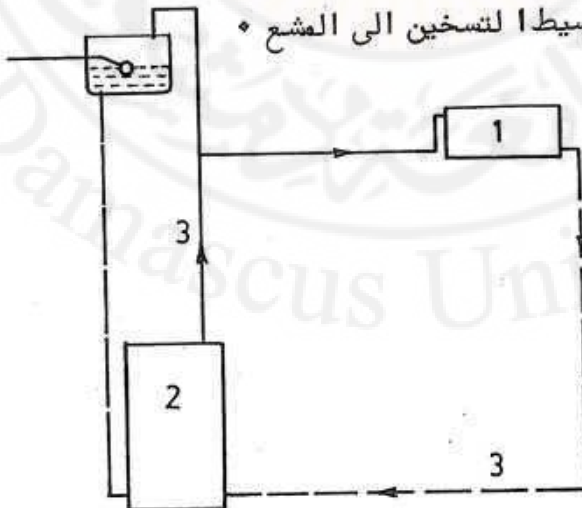
ان مجموعة التدفئة بشكل عام تتألف من مبادل حرارى يوضع ضمن المكان المراد تدفئته (مشع مثلا) ومرجل يعطي الحرارة اللازمة للتدفئة ، وانايبب لتوصيل وسيط التسخين من المراجل الى المبادل الحرارى * ويوجد في الدارة عادة تجهيزات اخرى مثل مضخة التسيير وخزان التمدد وغيره . * ويضاف احيانا دارة ماء ساخن للاستعمال .

لنأخذ على سبيل المثال مجموعة التدفئة التالية :

١ـ مشع : يعمل عمل مبادل حرارى بواسطة وسيط تسخين يمكن ان يكون الماء الساخن .

٢ـ المرجل : يعمل على تسخين وسيط التسخين .

٣ـ انايبب لتوصيل وسيط التسخين الى المشع .



— تعاريف :

Q - الاستطاعة الحرارية (الحمل الحرارى) وهي كمية الحرارة التي

يجب ان تتوفر لتأمين درجة الحرارة المطلوبة في المكان المراد

تدفئته •

هذا ويجب ملاحظة ان كمية الحرارة التي يجب ان يقدمها

المرجل تكون دائما اكبر من هذه القيمة بسبب الضياعات الحرارية في

الدائرة وغيرها •

ويمكن ان تمثل كمية الحرارة التي يبثها المشع بالعلاقة التالية :

$$Q = U_1 A_1 (t_m - t_i)^n$$



$$\frac{U_1}{U_2} = \left(\frac{\Delta t_{m1}}{\Delta t_{m2}} \right)^n$$

حيث :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{\Delta t_{m1}}{\Delta t_{m2}} \right)^n$$

U_1 معامل انتقال الحرارة الكلي للمشع ويعتمد على مواصفات المشع

A_1 مساحة الاشعاع الحرارى للمشع والتي يتم من خلالها التبادل

الحرارى •

n ثابت تابع لنوع المشع = 1

t_m درجة الحرارة الوسطية للمشع •

t_i درجة حرارة الغرفة الداخلية •

يجب ملاحظة ان للمشع تاثير كبير من حيث المساحة ومن حيث

معامل انتقال الحرارة • فاذا كان سطح المشع المستعمل صغيرا ومعامل

انتقال الحرارة للمشع ضعيف فان هذا ينعكس على كمية الحرارة التي

سيعطيها المشع وبالتالي تكون صغيرة ، ولرفع هذه الاستطاعة مع ترك

نفس الشروط يجب رفع درجة الحرارة الوسطية للمشع (t_m) •

وبالتالي تزيد كمية الحرارة التي يشعها المشع •

ولمعرفة الحمل الحرارى للمكان المراد تدفئته او تبريده واختيار الطريقة المناسبة لذلك * يجب ان يكون عند الدارس المعلومات الكافية حول موضوع انتقال الحرارة. وانتقال الحرارة يتم بالطرق الثلاثة التالية :

- | | |
|-------------|------------|
| ١- بالاشعاع | Radiation |
| ٢- بالحمل | Convection |
| ٣- بالتوصيل | Conduction |

وسنعطي فكرة موجزة عن كل منها فيما يلي :

١-١ - انتقال الحرارة بالاشعاع :

الاشعاع عبارة عن انتقال الحرارة من جسم ذي درجة حرارة مرتفعة الى جسم ذي درجة حرارة منخفضة عندما يكون الجسمين مفصولين وبينهما فراغ (او خلاء) *

وجد العالم الفيزيائي ستيفن Stefan في سنة ١٨٧٩ علاقة

بين درجة الحرارة *

وكمية الحرارة التي يشعها الجسم الاسود وفيها : (كمية الحرارة التي يشعها الجسم الاسود تتناسب مع درجة حرارته المطلقة مرفوعة للقوة الرابعة) *

$$q_r = \sigma \cdot T^4$$

الثابت σ وجدت قيمته تساوى $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

ويسمى ثابت ستيفن - بولتزمان •

عندما تكون q_r مقدرة بـ (W/m^2) و T بالكلفين $(^{\circ}K)$

وهذه العلاقة وجد لها قيمة ترموديناميكية فيما بعد العالم

بولتزمان Boltzmann في سنة ١٨٨٤ وسجلت هذه

العلاقة باسم ستيفن - بولتزمان كذلك الثابت σ •

هذا وان كمية الاشعاع المحددة بهذه العلاقة تمثل القدرة

المشعة الكلية لجسم اسود في جميع الاتجاهات ضمن نصف فضاء في

وحدة الزمن ولجميع اطوال الموجات •

في حالة الجسم المشع الحقيقي (جسم رمادي) فان العلاقة السابقة تصبح :

$$q_{rg} = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

حيث ϵ هو معامل البث والاشعاع ويساوي الواحد في حالة الجسم

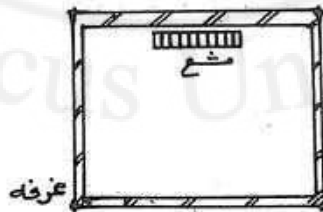
الاسود وهو النسبة بين كمية الاشعاع للجسم العادي وكمية الاشعاع

للجسم الاسود •

$$\epsilon = \frac{q_{rg}}{q_{rb}} \quad (\text{بدون وحدات})$$

- تبادل الحرارة بالاشعاع بين سطحين :

لنأخذ الحالة التالية : جسم اوسطح مشع مساحته A_1 ضمن غرفة درجة



حرارة سطوحها الوسطية T_2 ودرجة حرارة السطح المشع T_1 فيكون :

$$Q_r = \varepsilon \sigma A_1 (T_1^4 - T_2^4)$$

وذلك باعتبار معامل الشكل مساوى للواحد في هذه الحالة ، وبالتبسيط يمكن ان نكتب :

$$Q_r = \alpha_r A_1 (T_1 - T_2) = \alpha_r A_1 (t_1 - t_2)$$

$$\alpha_r = \frac{\varepsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4)}{(T_1 - T_2)} \quad \text{حيث :}$$

ويسمى α_r معامل انتقال الحرارة بالاشعاع .
ويمكن ان نكتب علاقة α_r بالشكل التالي ايضا :

$$\alpha_r = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_1^2 + T_2^2) \cdot (T_1 + T_2)$$

١-٢ - انتقال الحرارة بالحمل :

الحمل هو طريقة انتقال طاقة حرارية بفعل مركب بين توصيل الطاقة وانتقالها وحركة الوسط المائع .
يمكن تمثيل كمية الحرارة المنقولة بالحمل بين سطح صلب وبين مائع يلامسه بالعلاقة التالية :

$$Q_c = A \alpha_c (t_s - t_f)$$

حيث : α_c معامل انتقال الحرارة بالحمل
• t_s درجة حرارة السطح الصلب

• t_f درجة حرارة المائع

لتطبيق هذه العلاقة يجب إيجاد قيمة معامل انتقال الحرارة α_c وهذا يتطلب عمل دراسات وحسابات مختلفة • ان معامل انتقال الحرارة α_c تابع لعدة عوامل ، ويختلف بحسب الحالة وشروط العمل ، ويعتمد عادة على شروط السطح الصلب وايضا على الخواص الفيزيائية للمائع •

ولحساب α_c يلجأ عادة لاستعمال الاعداد الاوحدوية مثل :

Nusselt No. $Nu = \frac{\alpha_c \cdot l}{\lambda_{w/m}}$ رقم نوسلت

Reynolds No. $Re = \frac{w \cdot l \cdot \rho}{\mu}$ رقم رينولدز

Prandtl No. $Pr = \frac{C \cdot \mu}{\lambda_w}$ رقم براندل

Grashof No. $Gr = \frac{\rho^2 \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^3}{\mu^2}$ رقم كراشوف

حيث ρ عامل التمدد ($1/^\circ C$) و g التسارع الارضي (m/s^2)

والعلاقة المستعملة لحساب α_c في حالة الجريان المضطرب لها الشكل التالي :

$$Nu = f (Re \cdot Pr)$$

وفي حالة الجريان الحر :

$$Nu = f (Gr \cdot Pr)$$

وتعطي كلاً علاقة بشروط معينة كما يلي :

— نأخذ كمثال حالة مستوى عمودي :

$$Nu = \frac{\alpha_c \cdot l}{\lambda} = 0,555 (Gr \cdot Pr)^{0.25}$$

ويوجد جداول تعطي قيمة رقم براندل وقيمة $\left(\frac{g \beta}{\mu^2} \right)$

بدلالة درجة الحرارة ونوع المائع • ويؤخذ عادة تابع لدرجة الحرارة

$$t_m = \frac{t_s + t_f}{2} \quad \text{الوسطية}$$

— حالة مستوى أفقي :

يكون لدينا حالتين : الحالة الأولى السطح الساخن نحو الأعلى

والبارد نحو الأسفل :

$$Nu = 0,14 (Gr \cdot Pr)^{1/3} \quad \text{ويكون}$$

$$2 \times 10^7 < Gr < 3 \times 10^{10} \quad \text{إذا كان}$$

$$Nu = 0,54 (Gr \cdot Pr)^{1/4} \quad \text{ويكون}$$

$$10^5 < Gr < 2 \times 10^7 \quad \text{إذا كان}$$

الحالة الثانية السطح الساخن نحو الأسفل والبارد نحو الأعلى

$$Nu = 0,27 (Gr \cdot Pr)^{1/4} \quad \text{يكون}$$

$$3 \times 10^5 < Gr < 3 \times 10^{10} \quad \text{إذا كان}$$

– وفي حالة انبوب معرض يعطي Mac. Adams علاقة
للسطح الخارجي للأنبوب مع حمل حر، وهي :

$$Nu = \frac{\alpha_c d_o}{\lambda} = 0,53 (Gr \cdot Pr)^{1/4}$$

إذا كان $10^3 < Gr < 10^9$

وأيضا $Pr > 0,5$

والعلاقة المستعملة في حالة جريان مضطرب ضمن انبوب عمودي أو أفقي

$$\alpha_{ci} = 0,023 \frac{\lambda}{d_i} Re^{0,8} \cdot Pr^{0,33}$$

عند درجة الحرارة الوسطية للمائع وعندما $Re > 10^4$

وفي حالة جريان مضطرب خارج أنابيب معلقة عمودية أو أفقية

$$\alpha_{co} = 0,44 \frac{\lambda}{d_o} Re^{0,55} \cdot Pr^{0,31}$$

عند درجة الحرارة الوسطية للمائع وعندما $Re < 4 \times 10^5$

٣-١ - انتقال الحرارة بالتوصيل :

التوصيل هو حادثة انتقال الحرارة ضمن وسط (صلب ، سائل ، غازي) من جهة ذات درجة حرارة مرتفعة الى جهة ذات درجة حرارة منخفضة أو بين مواد متلاصقة •

العلاقة الأساسية لانتقال الحرارة بالتوصيل اعطيت من قبل

الباحث الفرنسي فورييه Fourier في سنة ١٨٢٢ • فقد

وجد ان كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل Q ضمن اى مادة تساوى الى حاصل ضرب المقادير الثلاثة التالية :

١ - λ معامل انتقال الحرارة بالتوصيل * وتقاس $(W/m^{\circ}C)$.

٢ - A سطح المادة التي تنتقل ضمنها الحرارة * وهذه

المساحة مقاسة عمودية على اتجاه انتقال الحرارة

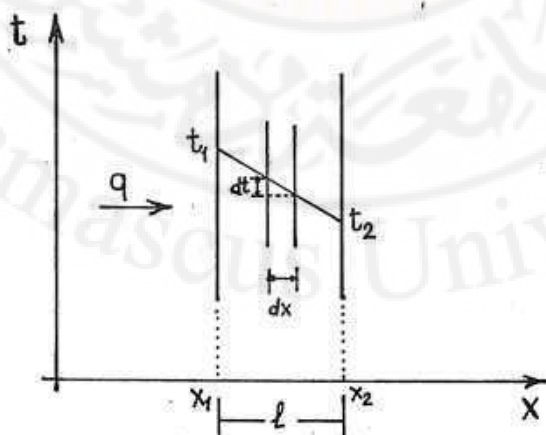
وتقاس ب (m^2) .

٣ - $\frac{\Delta t}{\Delta x}$ انخفاض او تدرج درجة الحرارة ضمن المادة * أى

تغير درجة الحرارة ضمن المسافة التي تقطعها كمية

الحرارة بالمادة * $(\frac{^{\circ}C}{m})$.

لكتابة هذه العلاقة بشكل رياضى صحيح ، يجب ان نطبق القانون الثاني للترموديناميك والذي يقول ان كمية الحرارة تنتقل من النقطة ذات درجة الحرارة المرتفعة الى النقطة ذات درجة الحرارة المنخفضة * لذلك نعتبر التدفق الحرارى موجب عندما يكون التغير بدرجة الحرارة ضمن المادة سالب



من هذا كله ينتج ان العلاقة الاساسية لانتقال الحرارة بالتوصيل على محور واحد وفي حالة الاستقرار هي من الشكل التالي لوحة السطح :

$$q = - \lambda \frac{dt}{dx}$$

من الشكل السابق لاحظ :

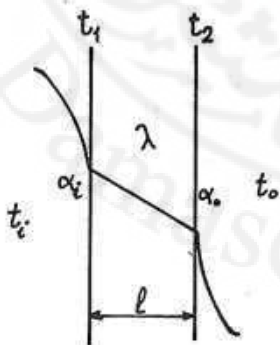
$$\int_{x_1}^{x_2} q \cdot dx = \int_{t_1}^{t_2} - \lambda \cdot dt$$

$$q = - \frac{\lambda}{l} (t_2 - t_1) = \frac{\lambda}{l} (t_1 - t_2)$$

واذا كان السطح $A (m^2)$ تصبح العلاقة :

$$Q = A \frac{\lambda}{l} (t_1 - t_2) = A \frac{\lambda}{l} (\Delta t) \dots\dots (W)$$

— وعند اعتبار معامل انتقال الحرارة بالحمل على جانبي الجدار α_1 و α_2 تصبح العلاقة كما يلي : (انظر الشكل)



$$q / \alpha_i = (t_i - t_1)$$

$$q / \frac{\lambda}{l} = (t_1 - t_2)$$

$$q / \alpha_o = (t_2 - t_o)$$

بالجمع نحصل

$$q \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_o} \right) = (t_i - t_o)$$

$$q = \frac{t_i - t_o}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\ell}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_o}} = U (t_i - t_o) \quad \text{ومنـه}$$

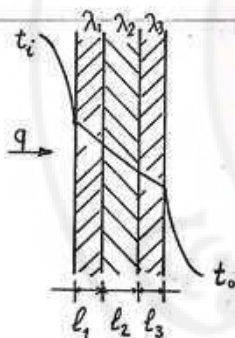
حيث U معامل انتقال الحرارة الكلي ويساوى :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\ell}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_o}} \quad \dots (W/m^2 \cdot ^\circ C)$$

واعتبار مساحة الجدار A يمكن ان نكتب :

$$Q = A \cdot q = A \cdot U \cdot (t_i - t_o)$$

في حالة جدار مؤلف من عدة طبقات يصبح معامل انتقال الحرارة الكلي بالشكل التالي :



$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\ell_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_o}}$$

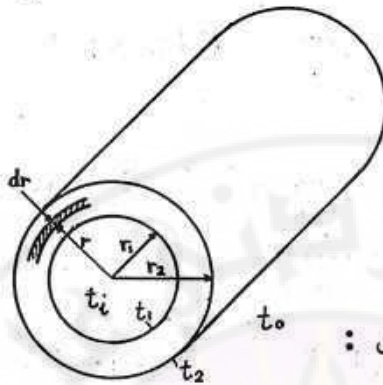
حيث n عدد الطبقات و i تتغير من واحد الى n طبقة •

١-٤ البث الحراري من الانابيب :

١- لنأخذ انبوب بنصف قطر داخلي r_1 ونصف قطر خارجي r_2 ،

إذا كانت λ معامل انتقال الحرارة لمعدن الانبوب يمكن ان نكتب

كمية البث الحراري لوحدة الطول من الأنبوب بالشكل التالي من



علاقة انتقال الحرارة بالتوصيل :

$$q = - \lambda 2 \pi r \frac{dt}{dr}$$

$$q \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = - \int_{t_1}^{t_2} \lambda 2 \pi dt$$

$$q = \frac{\lambda 2 \pi (t_1 - t_2)}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

وعند اعتبار المقاومة الداخلية والمقاومة الخارجية للأنبوب تصبح العلاقة

كما يلي :

$$q = \alpha_1 2 \pi r_1 (t_i - t_1)$$

$$q = \frac{\lambda 2 \pi}{\ln \frac{r_2}{r_1}} (t_1 - t_2)$$

$$q = \alpha_2 2 \pi r_2 (t_2 - t_o)$$

حيث t_i درجة حرارة السائل ضمن الانبوب و t_o درجة حرارة الهواء المحيط بالانبوب. و α_i للسطح الداخلي و α_o للسطح الخارجي. من هذه العلاقات الثلاثة يمكن ان نحصل على العلاقة العامة لانتقال الحرارة من داخل الانبوب الى الجو الخارجي وذلك لوحدة الطول :

$$q = \frac{2 \pi (t_i - t_o)}{\frac{1}{\alpha_i r_1} + \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_o r_2}}$$

فاذا اعتبرنا ان U معامل انتقال الحرارة الكلي للانبوب منسوب الى السطح الخارجي للانبوب تصبح العلاقة السابقة من الشكل :

$$q = U \cdot r_2 \cdot 2\pi (t_i - t_o)$$

$$U = \frac{1}{\frac{r_2}{\alpha_i r_1} + \frac{r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_o}} \quad \text{حيث :}$$

يمكن اهمال المقاومة الداخلية أى المقدار $\frac{r_2}{\alpha_i r_1}$ وايضا المقدار $\frac{r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}}{\lambda}$ لصغرهما بالمقارنة مع قيمة المقاومة الخارجية $\frac{1}{\alpha_o}$ وبذلك يمكن ان نقول $(t_i \approx t_2)$ ولايجاد قيمة معامل انتقال الحرارة للسطح الخارجي α_o يجب استعمال العلاقة التالية:

$$\alpha_o = \alpha_c + \alpha_r$$

حيث α_o هو مجموع معامل انتقال الحرارة بالحمل α_c ومعامل انتقال الحرارة بالاشعاع α_r ولايجاد كل منهما يجب استعمال العلاقات التي مرت

معنا في حالات انتقال الحرارة بالحمل والاشعاع • كما يمكن الحصول على قيمة α_c و α_r من جداول خاصة •

عند استعمال طبقات عازلة تصبح العلاقة بالشكل العام التالي ولطول انبوب معين l :

$$Q = \frac{2 \pi l (t_i - t_o)}{\frac{1}{\alpha_i r_i} + \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{\lambda_1} + \frac{\ln \frac{r_3}{r_2}}{\lambda_2} + \dots + \frac{\ln \frac{r_n}{r_{n-1}}}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_o r_n}}$$

٥ - ايجاد سماكة العازل للانبوب :

لحساب سماكة العازل يمكن ان نهمل مقاومة وسماكة الانبوب نفسه وايضا مقاومة السطح الداخلي للانبوب •

- نعتبر درجة حرارة السطح الداخلي للعازل t_1 والتي تساوى

بالتقريب درجة حرارة السائل ضمن الانبوب •

- درجة حرارة السطح الخارجي للعازل t_2

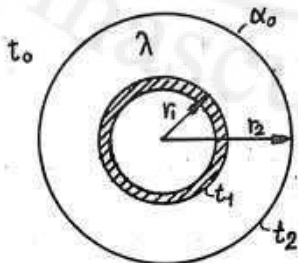
- درجة حرارة الهواء المحيط بالانبوب t_o

- قطر العازل الداخلي r_1

- قطر العازل الخارجي r_2

- معامل انتقال الحرارة للسطح

الخارجي للعازل α_o



يمكن حساب كمية الحرارة الضائعة من وحدة الطول للانبوب المعزول كما يلي :

$$q = \alpha_o 2 \pi r_2 (t_2 - t_o) \quad \text{على سطح العازل لوحدة الطول}$$

$$q = \frac{2 \pi \lambda (t_1 - t_2)}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \quad \text{ضمن العازل لوحدة الطول}$$

من تساوى العلاقتين يمكن ان نكتب :

$$\frac{t_1 - t_2}{t_2 - t_o} \times \frac{\lambda}{\alpha_o} = r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}$$

نقسم الطرفين على r_1 فنحصل على :

$$\frac{t_1 - t_2}{t_2 - t_o} \frac{\lambda}{\alpha_o r_1} = \frac{r_2}{r_1} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

نرسم خط بياني للعلاقة : $y = x \ln x$

$$y = \frac{r_2}{r_1} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad \text{حيث :}$$

$$x = \frac{r_2}{r_1}$$

لايجاد قيمة r_2 المناسبة نحسب اولا قيمة المقدار y وذلك من

العلاقة :

$$y = \frac{r_2}{r_1} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

حيث تساوى ايضا :

$$y = \frac{t_1 - t_2}{t_2 - t_o} \frac{\lambda}{\alpha_o r_1}$$

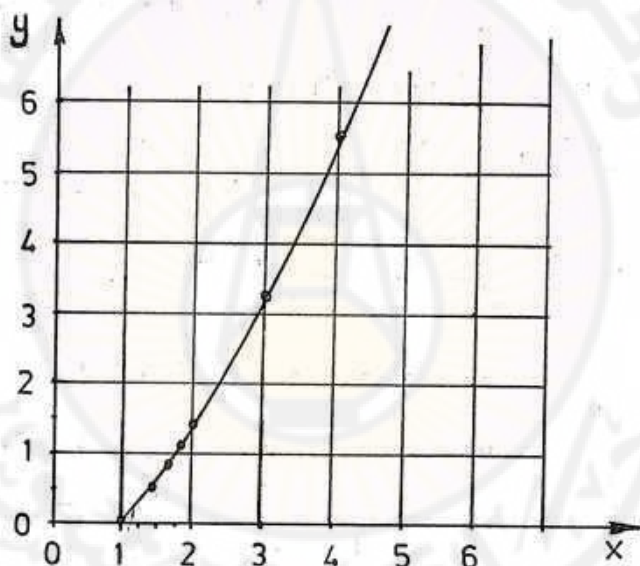
فمن معرفة درجات الحرارة وقيمة المعامل λ و α_o و r_1 يمكن

حساب y .

بعد تحديد قيمة (y) يمكن تمثيلها على المخطط البياني
وايجاد قيمة (x) التي توافقها • ومن معرفة قيمة (x) يمكن معرفة
نصف القطر الخارجي (r₂) للعازل بمعلومية نصف القطر الخارجي
للابوب (r₁) حيث :

$$x = \frac{r_2}{r_1}$$

وبذلك يمكن تحديد سماكة العازل •



لرسم الخط البياني. استعملت العلاقة :

$$y = x \ln x$$

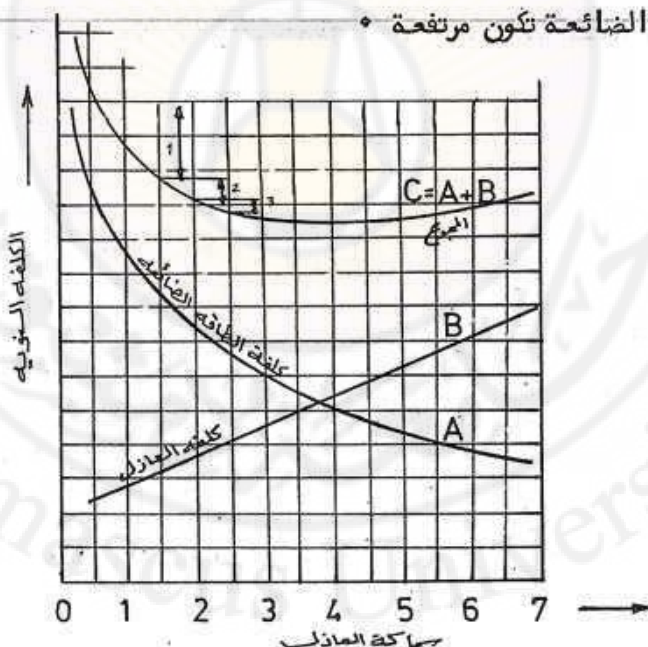
حيث اعطيت قيم لـ x وحسبت بموجبها قيم y وذلك حسب الجدول
التالي :

5	4	3	2	1,8	1,6	1,4	1	x
8,047	5,545	3,296	1,386	1,058	0,752	0,471	0	y

١-٦ العزل الحرارى والدراسة الاقتصادية لسماكة العازل :

ان كلفة العازل المستعمل سواءً للمباني المدفأة او المكيفة أو للتجهيزات المعزولة تعتمد على :

- أ- ثمن العازل او كلفته التأسيسية
- ب- قيمة الطاقة الموفرة بوضع هذه الكمية من العازل
- يلاحظ ان هناك سماكة اصغرية للعازل تعتمد على الدراسة الاقتصادية
- لكلفة الطاقة الموفرة ولكلفة المواد المستعملة للعازل
- في حال استعمال سماكة اصغرية للعازل فان تماوت التكاليف السنوية للطاقة الضائعة تكون مرتفعة



— باضافة سماكات معينة للعازل يمكن ان نصل الى قيمة اصغرية للمجموع بين كلفة العازل وكلفة الطاقة الضائعة كما موضح بالخط المنحني C

الناتج عن جمع المنحني A مع المنحني B *

— يتناقص المنحني C بالنسبة للسماكة الاولى للعازل بمقدار كبير *

بينما بالنسبة للسماكة الثانية يتناقص بقيمة اصغر ولو استمرت

زيادة السماكة للعازل فان المنحني C يمر من النهاية الصغرى ثم يبدأ

بالزيادة * تعتمد نقطة النهاية هذه على سعر الطاقة وعلى كلفة العازل،

ومع زيادة كلفة الطاقة تتحرف النهاية الصغرى للمنحني C نحو اليمين

وبالتالي فان زيادة سماكة العازل تتبع لتكاليف الطاقة المستعملة *

هناك عوامل كثيرة يمكن ان تجعلنا مضطرين لعدم اخذ القيمة

الاقتصادية بعين الاعتبار هي المحافظة على درجة حرارة محددة للبناء

أو للتجهيزات المعزولة والتي تفرض نتيجة ذلك سماكة محددة للعازل

المستعمل *

تحسب كلفة العازل على اساس زيادة الكلفة الناتجة عن اضافة

سماكة جديدة للعازل حيث الكلفة تكون مرتفعة عند اول سماكة للعازل

حيث يؤخذ بعين الاعتبار اجور التركيب والنهايات مع التأسيسات وكذلك

الارباح وهذه الاجور لا تزيد مع زيادة سماكة العازل *

— يجب ان نلاحظ ان الزيادة في سماكة العازل لا تعطي بعد حد معين

التوفير المرجو بل تصبح التكاليف اكثر من الحد الادنى كما يوضح

المنحني C *

ـ (الفصل الثاني) ـ

الفقدان الحرارى من الأبنية

في الاحوال الجوية الباردة يجب ان نحافظ على درجة حرارة مناسبة للهواء المحيط بجسم الانسان وذلك لتأمين التوازن بين كمية الحرارة التي يولدها جسم الانسان وكمية الحرارة الضائعة منه •

عندما تكون درجة حرارة الهواء الداخلي في غرفة اعلى من درجة الحرارة الخارجية يحدث انتقال حرارى من داخل الغرفة الى الجو الخارجي • ووظيفة المبع الحرارى ضمن الغرفة تعويض كمية الحرارة الضائعة للمحافظة على درجة الحرارة الداخلية المطلوبة • ويتم فقدان الحرارة من :

- ـ الجدران ، الاسقف ، الأرض ، النوافذ والابواب •
 - ـ تسرب الهواء الخارجي البارد الى داخل الغرف المدفأة •
 - ـ لتوجيه الجدران وسرعة الرياح تأثير على كمية الحرارة الضائعة •
- ويتم الانتقال الحرارى ضمن الغرفة بالحمل والاشعاع الى سطوح الغرفة وداخل الجدران والاسقف بالتوصيل ومن ثم بالحمل والاشعاع من السطوح الخارجية الى الهواء الخارجي •

٢ - ١ - معامل انتقال الحرارة للسطوح الداخلية والخارجية (α_i و α_o)

تتوقف قيمة معامل انتقال الحرارة بالحمل α على طبيعة السطح وعلى سرعة الرياح واتجاهاتها على هذا السطح • وبصورة عامة كلما كان السطح اخشن كلما كان المعامل اكبر ، كما ان قيمة المعامل α تزداد بازدياد سرعة الرياح • اما اتجاه الرياح فليس بذي اهمية كبيرة وتستعمل عادة قيم للمعامل α موافقة لاتجاه رياح موازية للسطح وهذا يعطي زيادة في الامان ، حيث ان قيمة α في هذه الحالة تكون اعظمية •

الجدول التالية تعطي مثالا لقيم ($1/\alpha_o$) للسطوح الخارجية و ($1/\alpha_i$) للسطوح الداخلية • جدول 1 و 2 •

٢ - ٢ - معامل انتقال الحرارة بالتوصيل λ :

تتوقف قيمة معامل انتقال الحرارة بالتوصيل λ على نوع المادة وكثافتها ودرجة حرارتها وتعطي مثالا لبعض القيم المستعملة في مواد البناء وذلك ضمن الجدول 3 •

كما يعطي الجدول 4 بعض القيم لمعامل انتقال الحرارة الكلي لمواد البناء •

بعض القيم لمعاملات انتقال الحرارة :

IHVE A3-4

1 مقاومة السطوح الداخلية $\frac{1}{\alpha_i} = R_i \text{ (m}^2\text{°C/w)}$			
المقاومة		اتجاه التدفق الحرارى	نوع عنصر البناء
$\varepsilon = 0,05$	$\varepsilon = 0,9$		
0,304	0,123	افقى	جدار
0,218	0,106	نحو الاعلى	سقف أو ارض
0,562	0,150	نحو الاسفل	سقف أو ارض

IHVE A3-5

$\frac{1}{\alpha_o} = R_o \quad (m^2 \text{ } ^\circ c / w)$				مقاومة السطوح الخارجية	2
المقاومة			ε	نوع عنصر البناء	
معرض	عادي	غير معرض			
0,03	0,055	0,08	0,9	جدار	
0,03	0,067	0,11	0,05	جدار	
0,02	0,045	0,07	0,9	سقف	
0,02	0,053	0,09	0,05	سقف	

بعض القيم لمعامل انتقال الحرارة بالتوصيل λ لمواد البناء ($w/m^{\circ}C$)

المادة	λ	المادة	λ	المادة	λ
اسمنت من	0,96	الصوف الزجاجي	0,035	حديد صافي	62
حسب الى	1,3	بوليسترين	0,03	حديد طرى	46
الكثافة		(سترو بور)		1% كربون	
بلوك من	1	البوليبريتان	0,021	حديد Inox	14
الى	1,7			نحاس	384
حسب الكثافة				المنيوم	204
والفراغات					
حجر	1				
زجاج	0,8				

بعض القيم لمعامل انتقال الحرارة الكلي U لمواد البناء ($w/m^2^{\circ}C$)

نوع العنصر :	غير معرض	عادي	معرض
نوافذ بزجاج مفرد مع اطار معدني بنسبة 20 %	5,0	5,6	6,7
U ($w/m^2^{\circ}C$)			
الجدران	جدار بلوك سماكة 10 cm مع طينة داخلية	2,7	2,8
	خارجية = 20 cm = = =		
السقف	سقف بيتون مع بلاط سماكة 30 cm بيتون	1,94	2,19
	سقف بيتون مع بلاط سماكة 20 cm		
	سقف بيتون مع بلاط سماكة 10 cm بيتون	3,07	

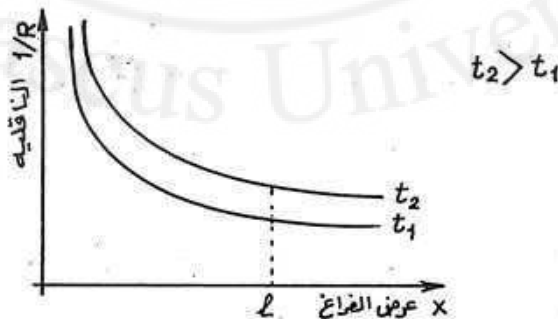
٢ - ٣ - مقاومة الفراغات الهوائية :

~~~~~

توجد الفراغات الهوائية ضمن الجدران اما لأغراض نشائية ولغرض تخفيف الفقدان الحرارى • ويتم الانتقال الحرارى عبر الفراغ الهوائي بالطرق الثلاثة على التسلسل : الحمل - التوصيل - الاشعاع . نتيجة حركة الهواء الموجودة ضمن الفراغات الهوائية فان تيارات الحمل تأخذ الحرارة من السطح الساخن وتنقلها الى السطح البارد • وتأثير تيارات الحمل هذه يتناقص مع صغر حجم الفراغ الهوائي ، ويكون اكبر ما يمكن في الفراغات الهوائية العمودية •

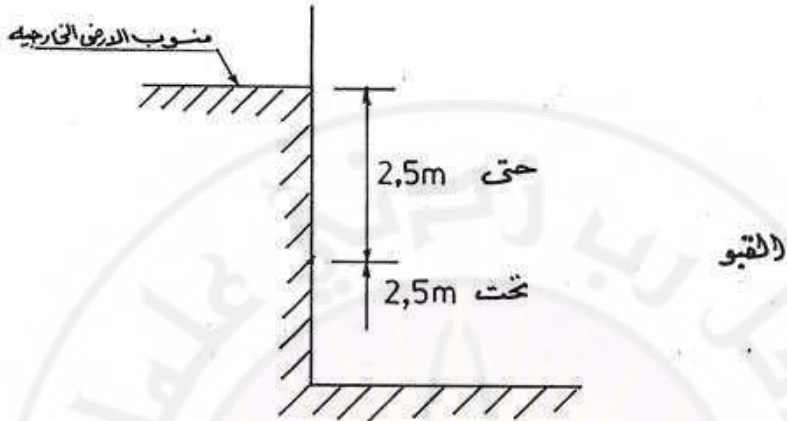
ويهمل عادة انتقال الحرارة بالتوصيل في الفراغات الواسعة تجاه انتقال الحرارة بالاشعاع وهذا الاخير يتوقف على طبيعة السطحين ودرجتي حرارتيهما •

اجريت تجارب مخبرية لدراسة مقاومة الفراغات الهوائية مع تغير عرض الفراغ ودرجة الحرارة ضمن الفراغ وقد وجد ان الناقلية ( مقلوب المقاومة ) تزداد مع زيادة درجة الحرارة ، وتنقص مع زيادة عرض الفراغ وتأخذ قيمة ثابتة تقريبا اعتبارا من عرض معين (  $l$  ) • حسب الشكل :





## • الحرارة الخارجية



الشكل يوضح وضع القبو بالنسبة لمنسوب الأرض الخارجية .

أحدى الطرق المتبعة لحساب الضياع الحرارى من ارض القبو  
تعتمد على مجموع القيم الناتجة من العلاقات التالية :

$$Q_1 = K_1 A (t_i - t_g) \quad \text{١ - للأرض}$$

$$Q_2 = K_1 A_1 (t_i - t_g) \quad \begin{array}{l} \text{٢ - للجدار المردوم} \\ \text{تحت منسوب 2,5m} \end{array}$$

$$Q_3 = K_2 L (t_i - t_o) \quad \begin{array}{l} \text{٣ - للجدار المردوم} \\ \text{حتى منسوب 2,5m} \end{array}$$

حيث :  $Q_1$  كمية الحرارة الضائعة من الأرض

$K_1$  معامل انتقال الحرارة للأرض ويؤخذ من الجدول

التالى :

| $K_1$ | ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ )      |
|-------|------------------------------------|
| 0,28  | ارض القبو                          |
| 0,45  | الجزء من الجدار تحت<br>منسوب 2,5 m |

$t_i$  درجة حرارة الغرفة "  $^\circ C$  "

$t_o$  درجة حرارة التربة وتؤخذ من الجدول التالي بدلالة درجة الحرارة الخارجية  $t_o$  :

|     |      |      |      |                 |       |
|-----|------|------|------|-----------------|-------|
| - 5 | - 10 | - 15 | - 20 | - 25 $^\circ C$ | $t_o$ |
| 19  | 17   | 14   | 12   | 10 $^\circ C$   | $t_g$ |

- A مساحة ارض القبو على التربة مباشرة .
- $Q_2$  كمية الحرارة الضائعة من الجدار المردوم تحت منسوب 2,5m
- عن الارض الخارجية .
- $A_1$  مساحة جزء الجدار المردوم تحت منسوب 2,5 m عن الارض الخارجية .
- $Q_3$  كمية الحرارة الضائعة من المحيط او الجدار المردوم حتى منسوب 2,5m عن الارض الخارجية .
- $K_2$  معامل انتقال الحرارة للمحيط او للجزء المردوم من الجدار حسب الجدول التالي :





على مواصفات الغرفة • والجدول التالي يعطي مثالا على ذلك :

| عدد مرات تبادل الهواء / ساعة | مواصفات الغرفة او المكان                          |
|------------------------------|---------------------------------------------------|
| 0,5                          | الغرف التي لا تحوى على نوافذ أو ابواب خارجية      |
| 1                            | الغرف التي تحوى على نوافذ في جدار واحد            |
| 1,5                          | الغرف التي تحوى على نوافذ في جدارين               |
| 2                            | الغرف التي تحوى على نوافذ في ثلاثة او اربعة جدران |
| 2 ÷ 3                        | مداخل الابنية                                     |
| 2 ÷ 3                        | المخازن الصغيرة                                   |

وهناك طريقة اخرى تعتمد على طول الشقوق وفرق الضغط  
لحساب كمية الهواء المتسرب الى داخل الغرفة •

وتعطى كمية الهواء المتسرب M بالعلاقة التالية :

$$(M) = G \cdot \Delta P^n \dots (m^3/s) \quad \text{طول الشقوق} \quad \text{بالمتر} \quad (2 \times 2)$$

حيث G ثابت ، و n قوة قيمتها تتراوح بين 0,5 الى 1  
 $\Delta P$  هو فرق الضغط الحركي بين خارج البناء وداخله ويساوى  
بالتقريب :

$$\Delta P = 0,64 P_v$$

حيث  $P_v$  هو ضغط الحركة ( السرعة ) ويساوى  
 $P_v = \frac{\rho w^2}{2}$   
 $\rho$  كثافة الهواء (  $Kg/m^3$  ) وتساوى تقريبا 1,2 في الدرجة

• العادية من الحرارة

W سرعة الهواء ( m/s )

$$P_v = 0,6 W^2 \quad ( N/m^2 ) \quad \text{فيكون}$$

ويوجد طريقة ثانية تمكن من الحصول على كمية الهواء المتسرب من النوافذ بواسطة جداول تربط بين نوع النافذة وفرق الضغط على طرفي النافذة او سرعة الرياح الخارجية • بالاضافة لذلك يجب الاخذ بعين الاعتبار لتسرب الهواء الناتج عن الابواب المتنوعة • (هذا وسنعود الى بحث التسرب والتهوية فيما بعد)

٢- ٥- ١- الحمل الحرارى الناتج عن تسرب الهواء :

لدينا العلاقة :

$$Q_{II} = C \cdot S \cdot (M) \cdot (t_i - t_o)$$

$$M = \frac{Q_{II}}{C \cdot S \cdot \Delta T} = \frac{0,67}{1,18} = 0,567$$

حيث :

Q كمية الحرارة المحسوسة اللازمة لتسخين الهواء المتسرب

( بالوات )

C الحرارة النوعية للهواء وتساوى تقريبا ( 1000 J/Kg °C )

ρ كثافة الهواء وتساوى تقريبا ( 1,2 Kg/m³ )

M حجم الهواء المتسرب ( m³/s )

— واذا استعملنا ( V ) حجم الغرفة و n عدد مرات تبديل الهواء فيها

• بالساعة

يكون حجم الهواء المتسرب  
بوحدة الزمن يساوي :

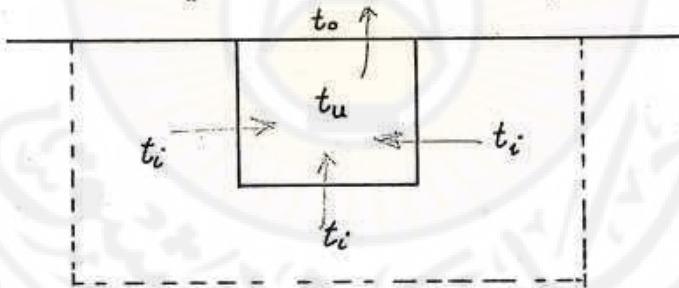
$$M = \frac{V \cdot n}{3600}$$

$t_i - t_o$  : الفرق بين درجة الحرارة الداخلية ودرجة الحرارة الخارجية  
ويمكن كتابة العلاقة بالشكل التالي :

$$Q = 1200 M (t_i - t_o) \dots\dots (w)$$

٢-٦ - درجة حرارة الغرف غير المدفأة المجاورة لغرف مدفأة :

تحتسب درجة حرارة الغرف الغير مدفأة من العلاقة التالية :  
- كمية الحرارة التي تكسبها الغرفة من الغرف المجاورة المدفأة تساوي  
لكمية الحرارة التي تخسرهما الى الجو الخارجي \*



فاذ فرضنا ان :

$t_u$  : درجة حرارة الغرفة غير المدفأة

$t_i$  : درجة حرارة الغرف المجاورة المدفأة

$t_o$  : درجة حرارة الهواء الخارجي

-----  $A_1 \cdot A_2 \cdot A_3$  : سطوح الغرفة الغير مدفأة المجاورة للغرف

المدفأة \*

-----  $U_1 \cdot U_2 \cdot U_3$  : معامل انتقال الحرارة الموافقة لهذه السطوح

-----  $B_1 \cdot B_2 \cdot B_3$  : سطوح الغرفة الغير مدفأة المجاورة للجو

• الخارجي

-----  $K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$  : معامل انتقال الحرارة الموافقة لهذه

• السطوح

$$Q = (U_1 A_1 + U_2 A_2 + U_3 A_3 + \dots) (t_i - t_u) =$$

$$= (K_1 B_1 + K_2 B_2 + K_3 B_3 + \dots + (M \cdot \rho \cdot C)) (t_u - t_o)$$

حيث (  $M \cdot \rho \cdot C$  ) الضياع الحرارى الناتج عن تسرب الهواء لواحدة

• درجة الحرارة

ومنه يمكن ايجاد  $t_u$  :

$$t_u = \frac{t_i (U_1 A_1 + \dots) + t_o (K_1 B_1 + \dots)}{(U_1 A_1 + \dots) + (K_1 B_1 + \dots + (M \cdot \rho \cdot C))}$$

٢-٧ السعة الحرارية للبناء :  
-----

وتساوى الى كمية الحرارة التي يمكن ان يخزنها البناء او الجدار

بعد الوصول الى مرحلة الاستقرار الحرارى وتحسب من العلاقة التالية :

$$q = M \cdot C \cdot \Delta t$$

حيث :

• كمية الحرارة المختزنة  $q$  ( $J/m^2$ )

- كتلة الجدار لواحدة السطح  $M \text{ (Kg/m}^2\text{)}$
- الحرارة النوعية للجدار  $C \text{ (J/Kg}^\circ\text{C)}$
- الفرق بين درجة الحرارة الوسطية  $t_m$  للجدار ودرجة حرارته البدائية  $t_o$   $(^\circ\text{C})$   $\Delta t$

ولتبسيط الحسابات يؤخذ الفرق بين درجة حرارة الجو الخارجي والجو الداخلي يساوى لدرجة واحدة أى :

$$t_i - t_o = 1^\circ\text{C}$$

وهذا الاعتبار للمقارنة فقط بين السعات الحرارية للأبنية وبذلك تصبح قيمة كمية الحرارة المختزنة  $q$  ( فرق  $^\circ\text{C}$  لكل  $\text{J/m}^2$  ) ويمكن عند اللزوم تحديد قيمة  $(q)$  الكلية بحسب قيمة  $(\Delta t)$  الحقيقية

## ٢-٨ - درجة حرارة الاشعاع الوسطية :

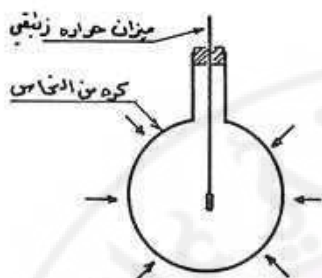
وهي متوسط مجموع درجات حرارة السطوح المحيطة

$$t = \frac{t_1 A_1 + t_2 A_2 + t_3 A_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$

أى مجموع جداء درجة حرارة السطح بمساحته مقسومة على مجموع مساحات السطوح المعتبرة

ويمكن قياس هذه الدرجة بطريقة عملية باستعمال كرة من النحاس مدهونة باللون الاسود ومعلقة ضمن المكان المراد قياس درجة حرارته الاشعاع فيه





شكل جهاز قياس درجة  
حرارة الاشعاع الوسطية  
( Globe Thermometre )

يوضع ضمن الكرة ميزان حرارة زئبقي بحيث يكون مستودع هذا الميزان في مركز الكرة تقريبا . تقوم الكرة بأشعاع كمية من الحرارة الى خزان الميزان الزئبقي تعادل كمية الحرارة التي تتلقاها الكرة بالاشعاع من السطوح المحيطة بها .

وبالتالي تكون هذه الكرة مساعد على القياس المباشر لدرجة حرارة الاشعاع الوسطية لمكان بواسطة ميزان حرارة زئبقي . وبذلك يمكن ان تعرف درجة حرارة الاشعاع الوسطية بأنها :

درجة حرارة سطح الكرة المحيطة بنقطة معينة والتي تقوم بأشعاع كمية من الحرارة الى تلك النقطة ، معادلة لكمية الحرارة التي تتلقاها بالاشعاع من مجموعة الجدران المحيطة بها ، ويمكن قراءة هذه الدرجة على ميزان الحرارة الموضوع في تلك النقطة .

## ٢-٩ - الحمل الحرارى :

لايجاد كمية الحرارة اللازمة لتدفئة بناء ما يمكن اتباع الخطوات التالية :

١- اختيار درجة الحرارة الخارجية وسرعة واتجاه الرياح من دراسة

الاحوال الجوية الخارجية •

٢ - اختيار درجة الحرارة الداخلية لكل غرفة من البناء •

٣ - حساب أو تقدير درجات الحرارة في الغرف المجاورة الغير مدفأة

وايضا لغرف القبو والغرف العلوية •

٤ - اختيار او حساب معامل انتقال الحرارة الكلي U لجميع السطوح

التي يتم من خلالها التبادل الحرارى آخذا بعين الاعتبار التوجيه

والتعرض •

٥ - حساب مساحات السطوح التي يتم من خلالها التبادل الحرارى مثل

الجدران ، السقوف ، الارض ، الزجاج ، وغيرها • وتؤخذ الابعاد

عادة من المخططات المعمارية •

٦ - حساب كميات الضياع الحرارى من جميع السطوح المذكورة مسبقا

وذلك من العلاقة :  $Q = U \cdot A \cdot \Delta t$

٧ - حساب الضياع الحرارى من ارض القبو وجد •

٨ - حساب الضياع الحرارى الناتج عن تدفئة الهواء المتسرب من خارج

الغرفة الى داخلها عن طريق الشقوق والابواب والنوافذ وغيرها •

٩ - عند استعمال تهوية آلية من الخارج الى داخل الغرف ، يمرر هذا

الهواء على جهاز تدفئة فعندها يضاف الحمل الحرارى اللازم

لتسخين هذا الهواء الخارجى الى الحمل الحرارى للبناء •

١٠ - جمع جميع عناصر الضياع الحرارى المذكورة سابقا ليتشكل الحمل  
الحرارى \*

١١ - في حال وجود منابع حرارية فعالة في البناء، فعند ذلك يطرح  
الربح الحرارى الناتج عن هذه المنابع من الحمل الحرارى الناتج في  
الفقرة ١٠ \*

١٢ - في حالة التدفئة غير المستمرة يضاف كمية من الحرارة على الحمل  
الحرارى بشكل نسبة مئوية \* وذلك بغية الوصول لدرجة حرارة التصميم  
في فترة زمنية محددة \* كما يجب الاخذ بعين الاعتبار للعوامل  
التالية :

أ - معامل التشغيل المتقطع ويؤخذ من 10% الى 15 % .

ب - معامل امان ويؤخذ حسب رأى المصمم ( تقريبا الى 10%)

ج - سرعة واتجاه الرياح

د - توجيه البناء

هـ - سرعة واتجاه الرياح :  
=====

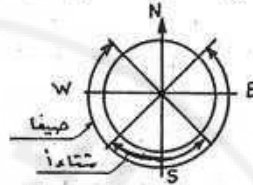
ان لسرعة واتجاه الرياح تأثير كبير على الابنية المدفأة وذلك  
لتأثيرها على زيادة معامل انتقال الحرارة بالحمل \* كما ان تعرض النوافذ  
للرياح بشكل عمودى وقوى يزيد من كمية الهواء المتسرب الى داخل المبنى  
ويضاف معامل التعرض للرياح بحسب ارتفاع البناء وتعرضه للرياح ويؤخذ  
احيانا بعين الاعتبار ضمن معاملات انتقال الحرارة السطحية الخارجية.

د - توجيه البناء :  
=====

ان لتوجيه البناء أهمية كبرى في تلقي الاشعة الشمسية فالواجهات

الشرقية، الجنوبية، والغربية للبناء لها الحظ الاوفر في تلقي الاشعة الشمسية • وذلك لأن تحرك الشمس يكون من الشرق الى الغرب منحرفا نحو الجنوب • بينما الواجهات الشمالية لا تتلقى هذه الاشعة •

الشكل يبين تقريبا تعرض الواجهات الى اشعة الشمس •



ونلاحظ انه في فصل الشتاء الواجهات الغربية والشرقية يكون تعرضها للشمس في بعض ساعات النهار واجمالا اقل بكثير من تعرض الواجهات الجنوبية للشمس •

ويمكن اعتبار ما يلي :

| توجيه الجدار    | شرق | جنوب | جنوب | غرب | شمال | شمال | شمال |
|-----------------|-----|------|------|-----|------|------|------|
| معامل التوجيه % | 10  | 5    | 0    | 10  | 20   | 20   | 15   |

اقتراح (2) ← 5 0 -5 0 5 10 5

٢-٩-١ - اختيار درجة الحرارة الخارجية :

درجة الحرارة الخارجية الجافة : تعتمد طريقة ASHRAE

الاميركية على اخذ درجة الحرارة الخارجية بأخذ الاشكال الثلاثة التالية :

I - المعدل العام لدرجات الحرارة الدنيا السنوية خلال جميع السنوات

السابقة التي لها سجلات اى اعتبار ١٠٠ % من فصل الشتاء •

II - اخذ درجة الحرارة الدنيا ل ٩٩ % من ساعات فصل الشتاء فاذا اعتبرنا



مثلا فصل الشتاء ثلاثة اشهر فيكون عدد ساعاته :

$$\text{ساعة} \quad 2160 = 24 \times 30 \times 3$$

$$\text{والنسبة } 99\% \text{ تساوي ساعة} \quad 2138 = 2160 \times 0,99$$

الفرق يساوي ( ساعة 22 ) \* وفي هذه الفترة يمكن ان  
تتخفض درجة الحرارة عن درجة حرارة التصميم \*

III - اخذ درجة الحرارة الدنيا لـ 5 ر 97 % من ساعات فصل الشتاء \*

وهذه الطريقة مشابهة بمفهومها لما ورد في الحالة الثانية II .  
وتعطي درجة حرارة اعلى من II \*

حيث  $2106 \text{ h} = 2160 \times 0,975$   
اي ان هناك 54 ساعة  
تتخفض فيها الدرجة عن درجة  
التصميم

عندما يكون البناء ذو سعة حرارية صغيرة وغير معزول وفيه مساحات  
زجاجية كبيرة ويستعمل في ابرد ساعات اليوم عند ذلك تستعمل الحالة  
الاولى I في اختيار درجة الحرارة الخارجية ، اما اذا كان البناء  
ذو سعة حرارية وسطى وفيه اعداد كبيرة من الناس ويستعمل في اوقات  
النهار فعند ذلك تستعمل الحالة الثانية II في اختيار درجة الحرارة  
الخارجية \* في حالة الابنية الكبيرة المتعددة الطوابق والمدفأة  
بشكل اجمالي وفيها مساحات زجاجية صغيرة فتؤخذ الحالة  
الثالثة III في اختيار درجة الحرارة الخارجية \*

ويمكن توضيح هذا الاختيار بالشكل التالي :

١ - بناء ذو سعة حرارية كبيرة وبالتالي يستطيع ان يخزن كمية كبيرة من  
الحرارة وذلك لأن مساحاته الزجاجية صغيرة وغير معرض للرياح  
وبالتالي اذا اعتبرنا درجة حرارة تصميم خارجية مرتفعة فان البناء من

البناء ذو سعة حرارية كبيرة وبالتالي يستطيع ان يخزن كمية كبيرة من



الداخل سوف لا يتأثر كثيرا اذا ما انخفضت درجة الحرارة الخارجية  
عن درجة التصميم لمدة قصيرة ويمكن اخذ طريقة ( III ) \*

٢- بناء ذو سعة حرارته صغيرة : وبالتالي لا يستطيع ان يخترن كمية  
كبيرة من الحرارة لأن مساحاته الزجاجية كبيرة والبناء معرض للرياح  
وبالتالي يكون تابع لتغيرات درجات الحرارة الخارجية بدون تأخير  
كبير مما يوجب في هذه الحالة اخذ درجة حرارة خارجية للتصميم  
منخفضة اى طريقة ( I ) او ( II ) حسب البناء واستعماله \*

هذا ويمكن الاعتماد هنا عند تقدير درجة الحرارة الخارجية على  
سجلات دائرة الارصاد الجوية للوصول للاختيار الصحيح لدرجة الحرارة  
الخارجية \*

تعطي جداول ASHRAE الاميركية درجة حرارة التصميم  
الخارجية بالنسبة لمدينة دمشق بحسب الحالات الثلاثة الموضحة  
اعلاه :

| III  | II   | I    |
|------|------|------|
| 32°F | 29°F | 25°F |
| 0 °C | -2°C | -4°C |

٢- ٩- ٢- اختيار درجة الحرارة الداخلية :

يعتمد اختيار درجة الحرارة الداخلية على عدة عوامل ، فمن الثابت  
ان بعض الشعوب تتقبل درجة حرارة داخلية اخفض مما تتقبله شعوب  
اخرى فدرجات الحرارة الداخلية الواردة في المراجع الاميركية اعلى من  
درجات الحرارة المقبولة في بريطانيا والمذكورة في المراجع البريطانية

كما ان درجة حرارة قاعة رياضية داخلية مثلاً لا يجوز ان تكون من نفس درجة حرارة المكاتب والحمامات •

ومن الثابت ايضا ان الكهول والمتقدمين في السن يرغبون في درجة حرارة داخلية اعلى من الدرجة التي يفضلها الصغار •

هذا ومن الممكن ان تتراوح درجات الحرارة الداخلية من 15 درجة مئوية في امكنة الرياضة والحركة الدائمة والمعامل الى 18 درجة مئوية في مداخل وممرات الابنية و 20 درجة مئوية في المكاتب والمنازل وتصل الى 25 درجة مئوية في الحمامات •

ونلاحظ ان تخفيض درجة الحرارة هذه يخفض من تكاليف التدفئة ويوفر من استهلاك الطاقة •

يمكن ان تتراوح درجة الحرارة في بلادنا للمنازل السكنية بين 20°C الى 24°C والحمامات من 22°C الى 26°C وان شعبنا يفضل درجات حرارة مرتفعة على الاغلب •

— ومن الملاحظ ان زيادة ارتفاع درجة الحرارة الناتج عن التدفئة لا يشكو منها الساكن والعكس اذا لم ترتفع درجة الحرارة الى الحد الذي يرغبه الساكن فانه يعتبر هذا التصميم غير كافٍ وغير صحيح وفي هذه الحالة فقط يقدّم احتجاجه على تجهيزات التدفئة المركبة ، علماً انه في الحالة الاولى يكون قد دفع كلفة تأسيسية عالية بدون مبرر • وفي الحقيقة الحالتين لا تحققان التصميم الصحيح والاقتصادى •

$$Q_1 = m_1 C (t_1 - t_2)_1 = U_1 A (t_m - t_i)_1$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \left( \frac{\Delta t_{m1}}{\Delta t_{m2}} \right)$$

$$Q_2 = m_2 C (t_1 - t_2)_2 = U_2 A (t_m - t_i)_2$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \frac{U_1}{U_2} \frac{\Delta t_{m1}}{\Delta t_{m2}} = \left( \frac{\Delta t_{m1}}{\Delta t_{m2}} \right)^{0.33} \left( \frac{\Delta t_{m1}}{\Delta t_{m2}} \right) = \left( \frac{\Delta t_{m1}}{\Delta t_{m2}} \right)^{1.33}$$

- ( الفصل الثالث ) -

الاجهزة المستعملة للبحث الحرارى في الاماكن المدفأة

### ١-٣ - المشعات : Radiators

~~~~~

تتكون المشعات من اجزاء متشابهة (عناصر) سهلة الصنع تضاف الى بعضها بالعدد اللازم للحصول على سطح التسخين المناسب وهذه المشعات تسمى المشعات متعددة العناصر . وهي سهلة النقل والتركيب والفك ومن اكثر الانواع المستعملة في حالة التدفئة بالماء الساخن أو البخار .

تصنع عناصر المشعات من حديد الصلب أو الالمنيوم بمقاييس متعددة وتثبت هذه المشعات النسبة الكبرى من حرارتها بطريقة تيارات الحمل والباقي بطريقة الاشعاع . ولهذا السبب وجب عدم تركيب المشعات في الامكنة التي تعيق من حركة تيارات الحمل . ومن المفضل تركيب المشعات قرب الجدران الخارجية وتحت النوافذ وبذلك يمكن التغلب على تأثير تيارات الهواء البارد المتسرب من خارج الغرفة . كما انه يفضل تركيب رف فوق المشع بارتفاع لا يقل عن عشرة سنتيمترات وذلك بغية منع تلويين الجدار فوق المشع . وهذا الرف يخفض حوالي ٤% من البث الحرارى اما الدهانات العادية التي تطلّى بها المشعات فلا تؤثر على مقدار البث الحرارى .

يوجد مشعات أخرى من الفولاذ (صفائح فولاذ تكبس وتلحم)
فإنها تباع بالمشع الواحد (وهو عبارة عن وحدة كاملة لا يمكن فصلها
أو الاضافة اليها وتمتاز هذه المشعات بخفة وزنها وقلة سماكتها
ومقاومتها للصدمات (لا تتكسر أثناء النقل) وقلة ثمنها بالنسبة
للمشعات الأخرى .

ولكنها لا تقاوم التآكل جيداً (الصدأ) ولا تتناسب التدفئة
بواسطة البخار . يتبع البث الحرارى من المشع بواسطة الاشعاع لعلاقة
الاشعاع العامة والتي مرت معنا سابقا وهي :

$$Q_r = \epsilon \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

يضاف الى مركبة الاشعاع هذه ، مركبة الحمل Q_c ومجموع المركبتين
يعطي البث الحرارى الكلي للمشع :

$$Q = Q_r + Q_c$$

ويتبع البث الحرارى الكلي من المشعات للعلاقة التجريبية التالية :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} \right)^{1.3}$$

حيث : Δt الفرق بين درجة حرارة ماء المشع الوسطية ودرجة حرارة
هواء الغرفة . وتؤخذ عادة درجة حرارة ماء المشع الوسطية على انها
الوسط الحسابي لدرجة حرارة الماء الداخل للمشع والماء الخارج منه .
وتقوم الشركات المنتجة بأجراء الحسابات النظرية والتجريبية
لتقدير كمية البث الحرارى للمشعات في الساعة .

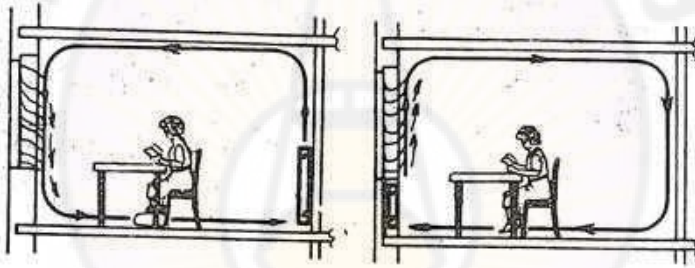
يقدم منتج المشعات نشرات تحوى على مقدار البث الحرارى لكل متر مربع
اشعاعي او لكل مقطع من انواع المشعات عند درجة حرارة ماء وسطية

معينة ودرجة حرارة معينة للغرفة • كما يوضع في النشرات ايضا قيمة المقاومة الهيدروليكية للمشع وسعته للماء •

تتعرض المشعات عادة في المصنع لتجارب ضغط يتراوح ما بين 6 الى 14 bar •

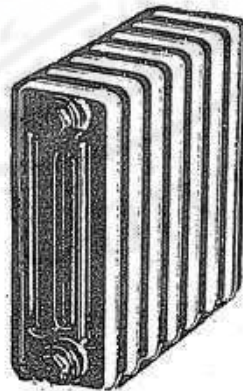
— ويجب ملاحظة ان المشعات المركبة في الطوابق السفلية من الابنية الشاهقة الارتفاع والمدفأة بشبكة واحدة تتعرض لضغط مرتفع •

الشكل يبين تيارات الهواء الناتجة عن المشع بحسب وضعه في الغرفة •

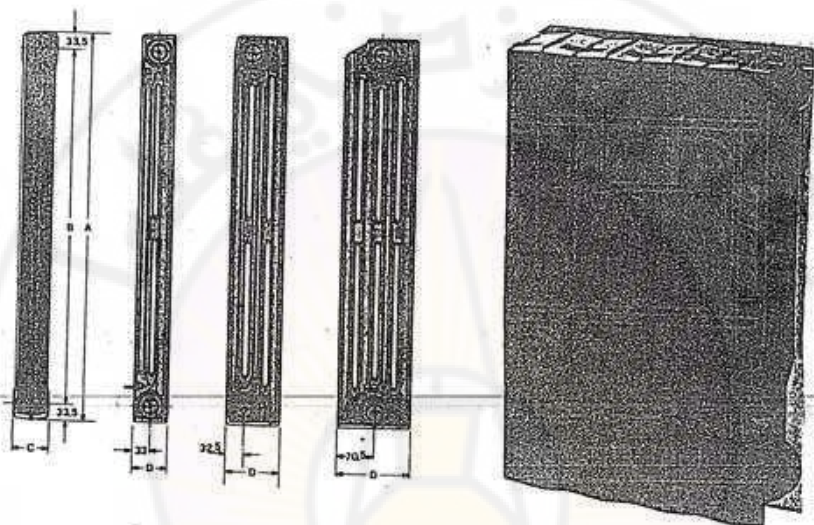


وعلاوة وضع المشع مع مكان النافذة في الغرفة •

نموذج لمشع ذي مقاطع
من الحديد الفونت

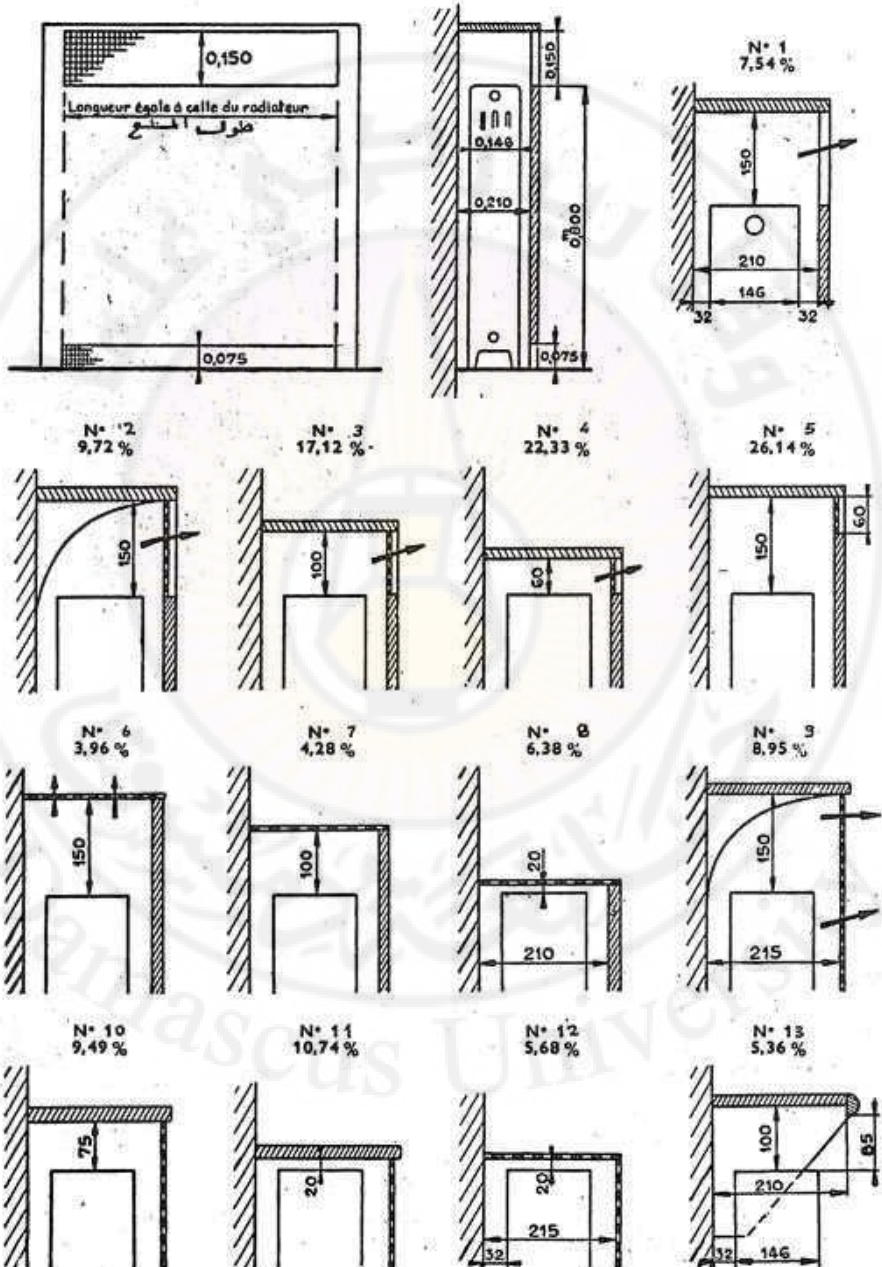


الشكل يبين احد نماذج مشعات الفونت ذات المقاطع مع مقاييسها
ومقدار البث الحرارى للمقطع الواحد *



نموذج المشع	عدد الاكاسم	البث الحرارى المقطع (w) $\Delta t = 60^\circ C$	سعة المقطع للماء (ليتر)	ابعاد المقاطع (mm)				وزن المقطع (Kg)
				A	B	C	D	
2-690	2	104	0,65	690	623	65	66	4,5
2-880	2	132	0,78	880	813	65	66	5,6
3-566	3	118	0,70	566	500	65	103	5,5
3-690	3	143	0,85	690	623	65	103	6,5
3-880	3	175	1,00	880	813	65	103	8,2
4-690	4	181	1,00	690	623	65	141	8,5
4-880	4	229	1,25	880	813	65	141	10,7

الشكل يبين مقدار التخفيض على كمية الحرارة للمشع نتيجة تغطيته أو وضع
 د ف وقه •



٢-٢ - مدافى تيارات الحمل Convectors

يتألف هذا النوع من المدافى من وشيعة تسخين تركب في مستوى منخفض من صندوق معدني حاوي على فتحات سفلية وفتحات علوية لتحسين حركة تيارات الحمل . ويكون جريان الهواء ضمن الصندوق طبيعي أو بفعل مروحة ، وفي هذه الحالة الأخيرة يسمى :

وحدة ارسال هواء : (Fan Coil Unit) . تكون الفتحة العلوية اما في الوجه الامامي او في اعلى المدفأة . وتكون فتحات الهواء السفلية في اسفل الوجه الامامي او في الوجه السفلي من المدفأة، هذا وتزود بعض المدافى بمفتاح معدل لكمية الهواء يركب على الفتحة العلوية للصندوق .

تستعمل هذه المدافى الماء الساخن او البخار كوسيط للتسخين والبهث الحرارى فيها يكون تقريبا ناتج عن تيارات الحمل . بينما تكون مركبة الاشعاع صغيرة جدا .

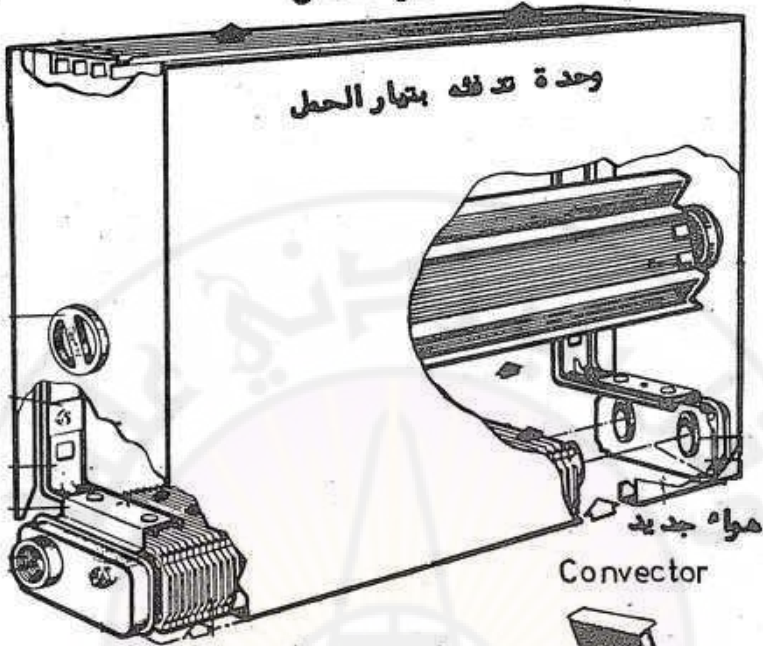
يمكن تركيب هذه المدافى على الجدران أو داخل فتحات في الجدران . ويتوقف معدل البهث الحرارى للمدفأة على فتحات الهواء بالصندوق ومكانها بالنسبة لوشيعة التسخين وعلى فرق درجة الحرارة Δt بين الهواء الداخل الى المدفأة ودرجة الحرارة الوسطية لوشيعة التسخين ويتبع البهث الحرارى للمدفأة العلاقة التجريبية التالية :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} \right)^{1,5}$$

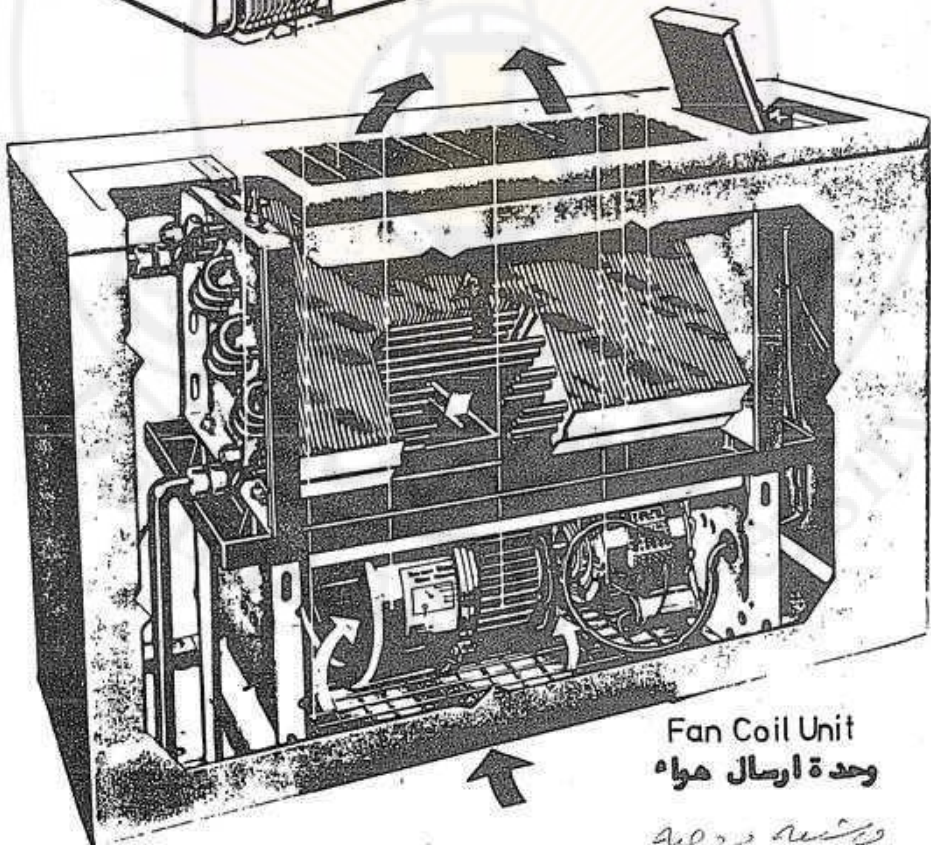
يلاحظ ان $(t_1 - t_2)$ لماء المدفأة تتراوح من $(6^\circ\text{C} \div 0,5^\circ\text{C})$.

هوا - ماسن

وحدة تدفئة بتيار الحمل



Convactor



Fan Coil Unit

وحدة ارسال هوا

وحدة تدفئة بتيار الحمل

٣-٣ - وحدات التدفئة : Unit Heaters :

تتألف هذه الوحدات من وشيعة تسخين ومروحة لدفع الهواء خلال الوشيعة لتدفئته . ويمكن ان يتم توجيه الهواء بواسطة موجهات توضع على فتحة خروج الهواء . تعلق هذه الوحدات اما بالسقف وتوجه الهواء نحو الاسفل . أو على الجدار وتوجه الهواء بشكل جانبي . ويجب ان تكون سرعة اندفاع الهواء الساخن كافية للتغلب على رغبة الهواء الساخن بالاتجاه نحو الاعلى .

تناسب هذه الوحدات الاماكن ذات السقوف العالية والمعامل والورشات وتصنع هذه الوحدات بمقاييس مختلفة وباستطاعات متنوعة ويمكن ان تستعمل الماء الساخن او البخار او الكهرباء . ومن مميزاتهما امكانية استعمالهما كمروحة لتحريك الهواء الداخلي في فصل الصيف ويمكن ايضا استعمال وشيعة التسخين كوشيعة تبريد بتمرير ماء بارد، مثلاً، وذلك للتبريد صيفاً .

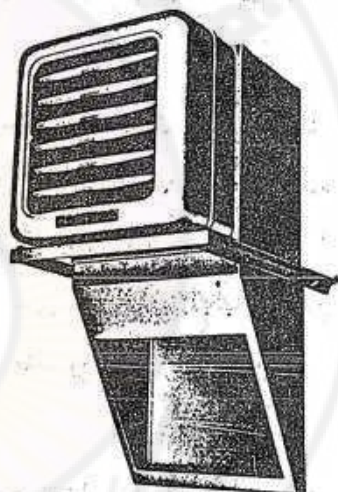
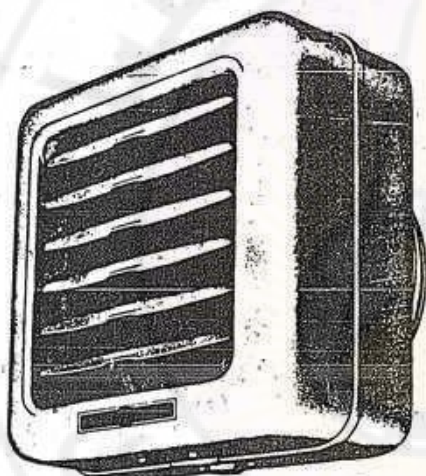
يمكن ان تستعمل هذه الوحدات هواء داخلي كلياً ويمكن ان تستعمل هواء خارجي كلياً أو بنسبة مزج معينة مع الهواء الداخلي ، وعند ذلك يجب حساب كمية الحرارة اللازمة لتسخين الهواء الخارجي الجديد وإضافة ذلك على الحمل الحرارى .

ويتوقف مقدار البث الحرارى لهذه الوحدات على معدل تصرف الهواء في الوحدة ودرجة حرارته عند الدخول ، ونوع وشيعة التسخين ودرجة حرارتها الوسطية ويتبع البث الحرارى للعلاقة التجريبية التالية :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} \right)^n$$

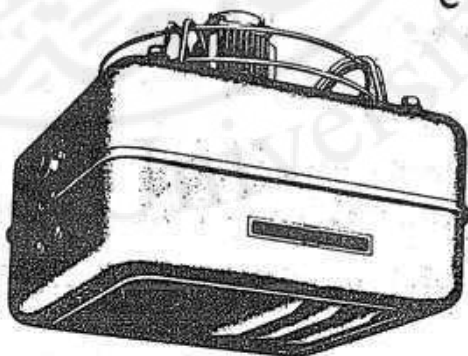
حيث n تابعة لنوع هذه الوحدة ويمكن تحديدها من المواصفات المعطاة •

ولدراسة التبادل الحراري في مدافئ تيارات الحمل أو في وحدات التدفئة لا بد من الرجوع الى دراسة المبادلات الحرارية واستعمال العلاقات المناسبة •



وحدة تدفئة مع صندوق مزج
يسمح بدخول هواء خارجي أو داخلي

أوضاع مختلفة
لوحدات التدفئة





Unit Heater

أجزاء وحدة التدفئة

٣-٤ - التدفئة باستعمال السطوح المشعة للحرارة :

تعتمد التدفئة بالسطوح مثل (الأرض ، السقف ، الجدران) على تسخين هذه السطوح لدرجة حرارة مناسبة منخفضة نسبياً كافية لإعطاء الحمل الحراري اللازم لتدفئة المكان .

أما التدفئة بواسطة الصفائح المشعة فتعتمد على تسخين هذه السطوح لدرجة حرارة عالية تصل الى أكثر من (100°C) مئوية درجة مئوية في حال استعمال الماء أو البخار وأكثر من (500°C) في حال استعمال الكهرباء .

يحسب الحمل الحراري للمكان المدفأ بنفس الطرق التي مرت معنا سابقاً مع ملاحظة ان التدفئة باستعمال احد سطوح الغرفة (الأرض ، السقف ، الجدران) يستوجب دراسة خاصة لحساب الضياع الحراري من السطح المدفأ هذا .

تقسم التدفئة بالسطوح بحسب نوع وشكل السطح المدفأ الى :

- ١- انابيب مركبة ضمن الأرض أو السقف أو الجدران وتستهلك الماء الساخن بدرجة حرارة عادية أو منخفضة .
- ٢- صفائح معدنية مع انابيب تركيب على الجدران أو السقف تستعمل الماء الساخن أو البخار بدرجات حرارة عادية أو مرتفعة .
- ٣- تمديدات كهربائية في السقف أو الأرض أو الجدران وهذه تشبه الحالة الأولى مع اختلاف وسيط التسخين فقط .

٤- تمديدات هواء ساخن لتدفئة السقف والارض والجدران وهي
تشبه الحالة الاولى مع اختلاف وسيط التسخين والطريقة •

ويجب ملاحظة استعمال انابيب جيدة ويفضل ان تتم وصلات
الانابيب باللحام ، وأن يستعمل النتي بدل الاكواع المقلوبة • كما
يفضل استعمال انابيب بلاستيك مرنة تساعد على تشكيل الدارة
المطلوبة ضمن الارض او السقف أو الجدار دون الخوف من اهتراء هذه
الدارة •

وفي جميع الحالات يجب ان تجرب الشبكة بالضغط قبل تغطيتها
أو صب الاسمنت عليها ، الى ضغط لا يقل عن ثلاث اضعاف ضغط
التشغيل وينصح ان لا يقل ضغط التجريب هذا عن عشرة بار تقريبا ،
(10 bar) •

٣- ٤- ١- المادة العازلة عند استعمال التدفئة بالسطوح :

تساعد المادة العازلة في تقليل الضياع الحرارى من الجهة الغير
مراد تدفئتها كما تساعد على توجيه الحرارة للاتجاه المطلوب بسرعة
اكبر مما يزيد في سرعة تدفئة المكان •

وعند التدفئة من الأرض فان العازل يساعد على تقليل الضياع
الحرارى باتجاه الارض والذي يصل احيانا الى (25%) من البست
الحرارى في حال عدم وجود العازل ، تتخف نسبة الضياع هذه
بحسب سماكة وسوع العازل المستعمل • وفي هذه الحالة يتم اختيار
المادة العازلة لتحمل الضغوط الواقعة عليها وكذلك يجب ان تكون

• مقاومة للرطوبة

اما في حال استعمال الصفائح الساخنة فيمكن وضع طبقة من العازل فوق الصفيحة اذا كانت معلقة لتعطي حرارتها نحو الاسفل والعازل المستعمل في هذه الحالة غالبا ما يكون (الفبير كلاس) الصوف الزجاجي المغلف بطبقة من الورق المقاوم للحرارة (ورق المنيوم مثلا) •

٣- ٤- ٢- البث الحرارى من السطوح المدفأة :

يمكن تقسيم البث الحرارى من السطوح المدفأة الى قسمين :

١- البث الحرارى بالاشعاع •

٢- البث الحرارى بالحمل •

١- البث الحرارى بالاشعاع :

=====

من علاقة البث الحرارى بالاشعاع التي مرت معنا سابقا يمكن ان نحدد كمية الحرارة هذه من العلاقة :

$$q_r = \sigma \cdot \epsilon \cdot F_{1-2} (T_s^4 - T_r^4)$$

حيث :

F_{1-2} معامل الشكل .

ϵ عامل البث الحرارى .

σ ثابت ستيفن - بولتزمان .

T_s درجة حرارة السطح المدفأ (°K) .

T_r درجة حرارة الاشعاع الوسطية لباقي السطوح غير المدفأة ($^{\circ}K$)

وفي حالة غرفة لها شكل صندوق مكعب يوجد فيها سطح مدفأ والباقي غير مدفأ فان جميع السطوح تتبادل الاشعاع وعليه يعطى معامل الشكل مع معامل البث الحرارى بالعلاقة التالية :

$$F = \varepsilon F_{1-2} = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1 \right) + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)}$$

حيث : F معامل الشكل مع معامل البث الحرارى .

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ معامل البث الحرارى للسطحين وقيمة كل منهما

(0,9) .

$\frac{A_1}{A_2}$ نسبة السطح المدفأ الى السطوح غير المدفأ
وتساوى في حالة الغرفة : $\frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{5}$.

من تعويض القيم في علاقة F ينتج ان : $F = 0,87$

وبذلك تصبح العلاقة من الشكل التالي :

$$q_r = 4,937 \times 10^{-8} (T_s^4 - T_r^4)$$

حيث اخذت قيمة الثابت $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} (w/m^2 K^4)$

فحصل على قيمة q_r كمية الحرارة الناتجة بالاشعاع (w/m^2)
لوحة السطح المدفأ .

٢- البت الحرارى بالحمل :

=====

يحسب البت الحرارى بالحمل الطبيعي من الارض أو السقف أو

$$q_e = C (t_s - t_i)^n \quad \text{الجدار كما يلي :}$$

حيث C و n ثوابت تتبع لمواصفات السطح الساخن

t_s درجة حرارة السطح المدفأ (°C)

t_i درجة حرارة هواء الغرفة (°C)

قيمة الثابت C والثابت n تعطى بالجدول التالي :

n	C	نوع السطح
1,33	1,4	جدار ساخن أو بارد
1,33	1,7	سطح افقي ساخن تدفق نحو الاعلى
1,33	1,7	سطح افقي بارد تدفق نحو الاسفل
1,25	0,64	سطح افقي ساخن تدفق نحو الاسفل
1,25	0,64	سطح افقي بارد تدفق نحو الاعلى

ونلاحظ من القيم الناتجة للاشعاع والحمل للسطح الساخن ان

النسبة بين قيمة البت الحرارى بالاشعاع والبت الحرارى بالحمل تتغير مع تغير درجة حرارة السطح • وكذلك بالنسبة لاتجاه التدفق الحرارى

لنأخذ للمقارنة القيم عند درجة حرارة سطح ساخن (90 °C)

وبفرض $t_r = t_i = 25$ °C و $(\epsilon = 0,9)$ فائنا نحصل على ما

يلي :

السطح المدفأ	الاشعاع	الحمل
الأرض	0,53	0,47
السقف	0,80	0,20
الجدار	0,58	0,42

وتزداد كمية البث الحرارى بالاشعاع مع زيادة درجة حرارة السطح الساخن * اما كمية الحرارة بالحمل فانها تزداد مع زيادة حركة الهواء على السطح الساخن وتزداد قيمة (q_c) بالنسبة المبينة بالجدول التالي مع زيادة سرعة الهواء :

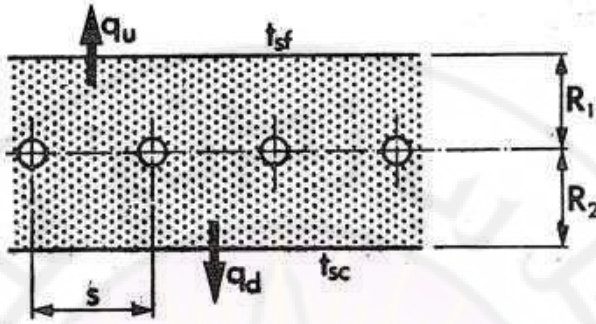
سرعة الهواء m/s	0	0,5	1,0	2,0	3,0
عامل الزيادة	1	1,3	1,7	2,4	3,1

٣-٥ - استعمال الارض أو السقف أو الجدار للتدفئة :

تركب انابيب التدفئة في هذه الحالة اثناء صب الاسمنت للسقف أو الارض أو الجدار ويعزل جيدا من الجهة التي لا يراد تدفئتها *

الشكل يبين مجموعة من الانابيب تتراوح اقطارها بين (15 mm الى 20 mm) ميلي متر معددة ضمن صبة بيتونية لسقف حيث تحدد المسافات (S) بين الانابيب بحسب الحمل الحرارى المطلوب وتتراوح من (150 — 250 — 350 — 450 — 550 mm)

• ميلي متر حسب الحاجة



يلاحظ ان المقاومة R_1 والمقاومة R_2 تتغير قيمتهما بحسب اتجاه التدفئة المطلوب ، الى الاعلى أم الى الاسفل ، ويعزل جيدا الاتجاه الذي لا يراد تدفئته وبالتالي تزداد مقاومته • ويراعى اقلال المقاومة من جهة تدفق الحرارة المطلوبة •

ويلاحظ عند استعمال هذه الطريقة من التدفئة ان درجة حرارة السطح السفلي للسقف عند استعمال التدفئة من السقف يجب ان لا تتعدى (50°C) أى ان درجة حرارة الماء الوسطية تتراوح بين $(55^\circ\text{C} \div 60^\circ\text{C})$ يمكن تطبيق هذه الدرجات على التدفئة من الجدار • اما التدفئة من الارض فان درجة حرارة سطح الارض تتراوح بين $(24^\circ\text{C} \div 30^\circ\text{C})$ وبذلك لا تزيد درجة حرارة الماء الوسطية عن (45°C) تقريبا • ويراعى في جميع الحالات ان لا يكون هبوط درجة حرارة الماء كبيرا كي لا تخفض درجة الحرارة الوسطية للماء (وسيط التسخين) •

يلاحظ ان طريقة التدفئة بالارض هي الطريقة المفضلة لانها تعطي

تدرج حرارى مريح بالغرفة وطريقة التدفئة بالسقف اقل من سابقتها من حيث الراحة ، والتدفئة بالجدران اقل من الطريقتين السابقتين راحة ولذلك هي اقل شيوعا وغالبا ما تستعمل في تدفئة المساح المغلقة •

٣-٥-١ البث الحرارى من الأرض :

وتستعمل طريقة التدفئة بالأرض في المدارس والصالات المعدة للعب الاطفال والمنازل •

تعطي العلاقة التالية كمية الحرارة المنبعثة من سطح الأرض المدفأ :

$$q_u = \alpha_u (t_{sp} - t_i) \text{ --- (1)}$$

حيث :

q_u كمية الحرارة المنبعثة نحو الأعلى (W/m^2) انظر

(الشكل السابق)

t_{sp} درجة حرارة السطح الدافئ للأرض ($^{\circ}C$)

t_i درجة حرارة هواء الغرفة ($^{\circ}C$)

α_u معامل انتقال الحرارة السطحي في حالة البث نحو الأعلى

($W/m^2 \text{ } ^{\circ}C$) •

المعامل α_u تابع لدرجة حرارة سطح الأرض ، ودرجة حرارة الاشعاع الوسطية ، ودرجة حرارة هواء الغرفة ، ولسرعة الهواء فوق السطح المدفأ •

عند حساب الاحمال الحرارية لبناء مؤلف من عدة طوابق يجب ان تبدأ الحسابات من الطابق الأعلى • وفي هذه الحالة يجب اعتبار

كمية الحرارة المنقلة نحو الاسفل ربح حرارى بالنسبة للطابق الذى تحته وتنزل هذه القيمة من الحمل الحرارى المطلوب لهذا الطابق *

اذا كانت كمية الحرارة المطلوبة تزيد عن كمية الحرارة الناتجة عن سطح الارض المعطاة بالعلاقة (1) فانه يجب العمل على تقليل كمية الضياع الحرارى من الغرفة وايضا زيادة السطح المدفأ الى مساحة الأرض الاعظمية ، تجنباً من رفع درجة حرارة سطح الارض اذ لا يجوز رفع درجة حرارة سطح الارض عن الحد الاعظمي المسموح بههدف زيادة كمية الحرارة المطلوبة *

من تركيب الارض المدفأة (انظر الشكل السابق) يلاحظان هناك

مقاومتين :

R_1 فوق شبكة الانابيب و R_2 تحت شبكة الانابيب *

يمكن تحديد المقاومة R_1 والمقاومة R_2 من جداول خاصة بحسب المواد المستعملة والجداول التالية تعطي بعض القيم لـ R_1 و R_2 ، لأن تحديد معامل انتقال الحرارة وبالتالي كمية الحرارة المنبعثة من السطح المدفأ تعتمد على تحديد هاتين المقاومتين *

قيمة: R_1

اسم المادة	السماكة mm	المقاومة m^2C/w
اسمنت	10	0,008
لينوليوم	2,5	0,021
=	6,7	0,028
خشب	13	0,088
رخام	25	0,010

قيمة : R_2

المقاومة $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$	السماكة mm	اسم المادة
0,008	10	اسمنت
0,18	6	بولي ستيرين
0,35	12	= =
0,28	10	صفائح بولي ستيرين

من تحديد المقاومتين R_1 و R_2 يمكن استعمال العلاقة التالية لتحديد قيمة البث الحراري

$$q_u = \bar{\alpha}_u (t_m - t_e) \text{ ----- (2)}$$

حيث :

$\bar{\alpha}_u$ معامل انتقال الحرارة الكلي نحو الاعلى كتابع للمقاومتين

R_1 و R_2 *

R_1 المقاومة الحرارية بين مستوى الانابيب وبين سطح الارض

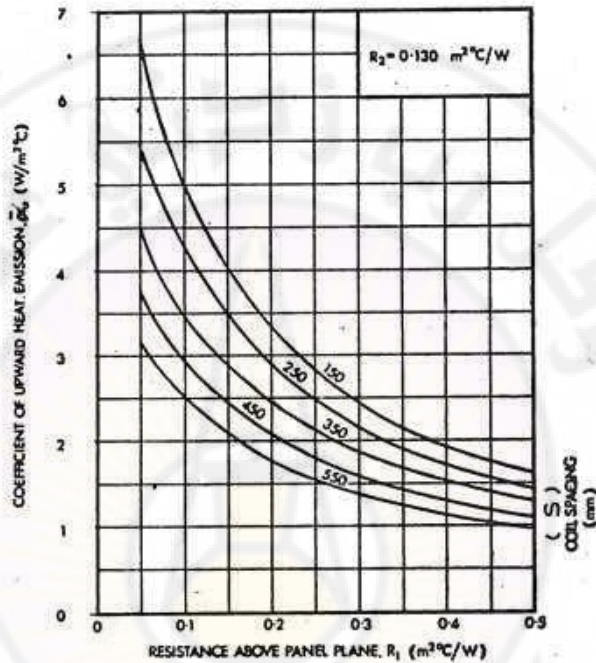
R_2 المقاومة الحرارية لما هو موجود تحت مستوى الانابيب

t_m درجة الحرارة الوسطية للماء (لوسيط التسخين)

يمكن الحصول على قيمة معامل انتقال الحرارة $\bar{\alpha}_u$ من مخططات

بيانية خاصة نعطي على سبيل المثال احد هذه المخططات حيث

يوضح المخطط البياني التالي قيمة $\bar{\alpha}_U$ بدلالة R_1 و R_2 و S .



جميع القيم لـ $\bar{\alpha}_U$ حسبت على فرض ان درجة الحرارة فوق وتحت السطح المدفأ متساوية وعندما يكون هناك خلاف عن ذلك فانه يوجد علاقة لتصحيح قيمة المقاومة (R_2) المستعملة كما يلي :

$$R_2' = R_2 \left(\frac{t_m - t_i}{t_m - t_e} \right)$$

حيث :

R_2' قيمة المقاومة الجديدة المصححة للمواد الموجودة تحت

• مستوى الانابيب

• t_e درجة حرارة المكان الذي تحت السطح المدفأ

بالاضافة الى كمية الحرارة المنبعثة نحو الاعلى من الارض المدفأة

فانه يوجد كمية من الحرارة الضائعة مقسمة كما يلي :

١ - ضياع من المحيط اذا كانت الأرض المدفأة أعلى من الأرض

الخارجية *

٢ - ضياع مشترك من المحيط الخارجي ومن الأرض باتجاه الأسفل

يؤخذ بعلاقة واحدة وحسب طبيعة الأرض المدفأة *

بالنسبة للحالة الأولى أى الضياع من محيط الأرض المدفأة، يعطى

بالعلاقة :

$$Q_e = \frac{p h (t_p + t_{sp} - 2 t_o)}{2 (R_w + R_{so})} \dots\dots (3)$$

حيث :

Q_e الضياع من المحيط (التسرب العرضي للحرارة) (w) .

p طول المحيط المعرض (m) .

h ارتفاع الأرض الداخلية عن الخارجية (m) .

t_o درجة حرارة التصميم الخارجية (°C) .

t_p درجة حرارة السطح الساخن عند مستوى انابيب التدفئة

(°C) .

t_{sp} درجة حرارة سطح الأرض المدفأة (°C) .

R_w مقاومة الجدار الخارجي الذى يتم التسرب عن طريقه

(m².°C / w)

R_{so} مقاومة السطح الخارجي للجدار (m².°C / w)

ملاحظة :

لا يوجد مقاومة للسطح الداخلي للجدار *

— عندما تعزل اطراف (محيط) البناء فان مقاومة العازل يجب

ان تضاف الى مقاومة الجدار (R_w) .

— درجة حرارة السطح الساخن (t_p) عند مستوى انايبب

التسخين تعطى بالعلاقة :

$$t_p = R_1 \cdot q_u + t_{sp}$$

الحالة الثانية (2) اى الضياع المشترك من المحيط ومن الارض نحو

الاسفل :

يحسب هذا الضياع الحرارى من تحديد كمية الحرارة المنتقلة نحو

الاسفل ومن المحيط بحسب العلاقة :

$$q_d = C_g (t_p - t_o) \dots \dots \dots (4)$$

حيث :

q_d كمية التدفق الحرارى الوسطي من المساحة الكلية بما فيها

الضياع من المحيط ومن المساحة الوسطية نحو الاسفل

. (w/m^2)

C_g معامل الضياع الحرارى من الارض والمحيط معا ($w/m^2 \cdot ^\circ C$)

يعطي المرجع (I H V E - B₁) مخططات لتحديد قيمة C_g حيث

تتراوح قيمة C_g بين (0,25 — 0,75) بحسب الارض

ومقدار التعرض الخارجى للمحيط * .

هذا ويعطي مرجع (I H V E) بنسخة عام 1965 جدولا يحدد

مقدار الضياع الحرارى من المحيط بشكل عرضي ومن الارض نحو الاسفل

بالنسبة لارض مدفأة على التربة مباشرة :

من الأرض w/m^2	من اطراف او محيط البناء w/m		المواد فوق الانابيب
	معزولة	غير معزولة	
10	48	21	اسمنت
13	57	27	خشب

وهذا الجدول يعطي قيم تقريبيه لحالة وسطية من سماكة العازل وتنوعية التربة دون تحديد تفصيلات لذلك •

يحدد الضياع الحرارى الكلي من الأرض المدفأة بجمع الضياع الحرارى من محيط اطراف البناء مع الضياع الحرارى نحو الاسفل باتجاه التربة • وفي حال وجود طابق تحت السطح المدفأ فان الضياع يكون من اطراف البناء وبأتجاه الاسفل نحو الطابق الذى تحت السطح المدفأ •

كي نتمكن من استعمال درجة حرارة اعلى لوسيط التدفئة ضمن انابيب التدفئة التي تمر ضمن الارض يمكن عزل هذه الانابيب بعازل من صفائح من الالياف وبذلك تزداد المقاومة نحو الاسفل ونحو الاعلى وتخفض نتيجة ذلك درجة حرارة السطح الى الحد المقبول •

هذا ويعطي النظام البريطاني درجة الحرارة الوسطية للماء من $(50^{\circ}\text{C} - 55^{\circ}\text{C})$ لانباب تمر ضمن الارض ومن $(70^{\circ}\text{C} - 77^{\circ}\text{C})$ لانباب معزولة تمر ضمن الارض ايضا • ويجب ان يراعى عند استعمال درجات حرارة مرتفعة استعمال مواد مناسبة لبناء السطح المدفأ

للتحمل درجات الحرارة هذه • *مكرر*

سقف 1/50	الحل 30 w/m ²	80 w/m ²	115 - 120 w	165 w
وسم في اقل	عند 23	27°C	30°C	34°C
كفقر ولتبا		26°C	29°C	33°C

الجدول التالي يعطي قيمة وسطية للبت الحراري من انابيب مطورة. بالارض بدلالة قطر الانبوب والبعد بين الانابيب وذلك بالوات للمتر الطولي للأنبوب ولكل درجة حرارة فرق بين درجة الحرارة الوسطية للماء ودرجة حرارة جو الغرفة •

المسافة بين الانابيب S (mm)	كمية الحرارة لوحدة الطول من الانبوب (w/m.°C) (95)	قطر الانبوب (mm)
230 ^{20 cm} 150	1,384 0,69	15
300 ^{25 cm} 230	1,72 0,86	20
600 — 300	2,08	25
600 — 450	2,59	32

والقيمة المحددة لكمية الحرارة هي كمية الحرارة الكلية المنبعثة

من الانبوب لوحدة الطول بجميع الاتجاهات ويمكن بشكل تقريبي اعتبار ان الضياع الحراري يشكل نسبة 20% من هذه القيمة وبذلك يبقى 80% من الحرارة تتجه نحو الاعلى • يتضح من هذا الجدول انه يمكن اخذ مقدار البت الحراري بشكل تقريبي بدون الرجوع الى تحديد المقاوومات ودرجات الحرارة وغيرها •

الصيغة لفترة الحمل المشع للبت الحراري من السقف

$$q = \alpha (t_s - t_i)^{1.1}$$

8,92

وتستعمل طريقة التدفئة بالسقف في المستشفيات والمباني

والمنازل والمكاتب والصالات الكبيرة •

العلاقة الاساسية التي تمكن من حساب البث الحرارى من السقف
بأتجاه الاسفل هي :

$$q_d = \alpha_d (t_{sc} - t_i)$$

حيث :

q_d كمية الحرارة المنبعثة من السقف نحو الاسفل $\cdot (w/m^2)$

t_{sc} درجة حرارة السطح الدافئ * للسقف $(^{\circ}C)$ $50^{\circ}C$

t_i درجة حرارة هواء الغرفة $(^{\circ}C)$

α_d معامل انتقال الحرارة السطحي للسقف للبث نحو الاسفل
 $= 6.6 \rightarrow 8 (w/m^2 \cdot ^{\circ}C)$

تماما كما مر بالنسبة للتدفئة بالارض تنطبق جميع الاعتبارات مع تبديل كمية
الحرارة المستفاد منها (انظر الشكل الاول) حيث في هذه الحالة هي
المتجهة نحو الاسفل * تعطى كمية الحرارة (q_d) هذه بدلالة درجة
الحرارة الوسطية للماء بحسب العلاقة التالية :

$$q_d = \bar{\alpha}_d (t_m - t_i)$$

حيث :

$\bar{\alpha}_d$ معامل انتقال الحرارة الكلي للبث الحرارة نحو الاسفل

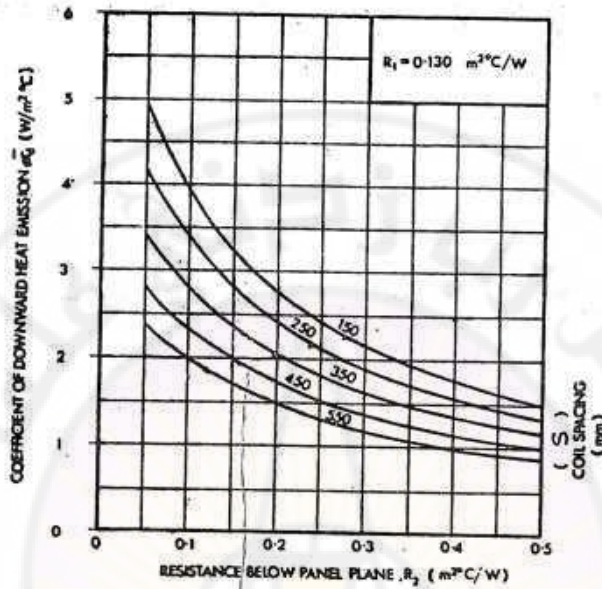
كتابع للمقاومات R_1 و R_2 المشروحة سابقا وقيمتيه

محددة با $(w/m^2 \cdot ^{\circ}C)$

والمخطط التالي يعطي قيمة $\bar{\alpha}_d$ ، حيث اخترنا هذا

المخطط لتوضيح طريقة اختيار المعامل ($\bar{\alpha}_d$) بدلالة (R_1) و (R_2)

والمسافة بين الانابيب (S)



إذا كانت درجة الحرارة فوق السطح المدفأ تختلف عن درجة الحرارة تحت السطح المدفأ فإنه يمكن أن تستعمل العلاقة التالية للتصحيح :

$$R_1' = R_1 \left(\frac{t_m - t_i}{t_m - t_i} \right)$$

حيث : R_1' القيمة المصححة للمقاومة الحرارية للمواد فوق وشيعة

التسخين *

t_i درجة الحرارة الجديدة للمكان فوق السطح المدفأ .

عند دراسة الحمل الحراري لبناء متعدد الطوابق يجب أن يبدأ التصميم من الطابق الارضي حيث تعتبر الحرارة الضائعة نحو الاعلى ربح بالنسبة للطابق الذي فوق السطح المدفأ وينزل هذا الربح من قيمة الحمل

الحرارى المطلوب للطابق ، الى ان يصل الى الطابق الاخير •
 يضاف الى هذا الضياع كمية الحرارة الضائعة افقيا ضمن اطراف البناء
 كما مر معنا في حالة البث الحرارى من الارض وذلك بحسب العلاقة (3)
 التي تحدد (Q_e) :

$$Q_e = \frac{p \cdot h \cdot (t_p + t_{sp} - 2 t_o)}{2 (R_w + R_{so})}$$

عند حساب استطاعة المرجل اللازم يجمع البث الحرارى نحو
 الاسفل مع الضياع الحرارى نحو الاعلى والضياع الحرارى من الاطراف
 للحصول على الاستطاعة الكلية المطلوبة •

٣ - ٥ - ٣ - البث الحرارى من الجدران :

التدفئة بالجدران باستعمال انابيب مطبورة ضمن الجدران ليست
 بطريقة شائعة كثيرا ، واكثر استعمالها في تدفئة صالات المسابح

المغلقة والادراج • $q = \alpha_i (t_s - t_i)$
 الجدول التالي يعطي مقدار البث الحرارى لوحدة السطح للجدران $\alpha_i = 8 \text{ w/m}^2$
 $= 9$

المدفأ بدلالة درجة حرارة السطح والمدفأ ودرجة حرارة غرفة تساوى 20°C
 ثابتة • q_i t_i

درجة حرارة السطح المدفأ ($^\circ\text{C}$)	25	30	35	40
البث الحرارى من السطح (w/m^2)	41	89	140	190

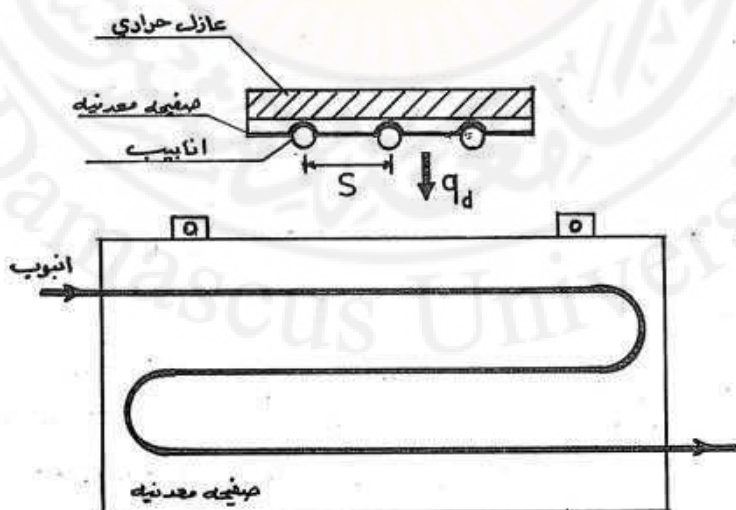
هذا وتستعمل العلاقات العامة في انتقال الحرارة التابع

للسطوح العمودية لتحديد الاحمال الحرارية المنبعثة من الجدار •

٢-٦ - استعمال الصفائح الساخنة للتدفئة (التدفئة الاشعاعية) :

تطلق هذه التسمية على طريقة التدفئة التي تستعمل درجات حرارة سطوح مرتفعة وبمساحات صغيرة اذا ما قورنت بمساحة السطوح المدفأة في السقوف أو الجدران أو الارض . وبموجب هذه الطريقة يتم البث الحرارى بغالبه الكبرى بطريقة الاشعاع . وتصنع هذه المبادلات الحرارية من صفيحة معدنية مع وشيعة انابيب فولاذية او نحاسية ملحومة عليها . يزداد معدل البث الحرارى بالاشعاع المنبعث من السطح الساخن مع زيادة درجة حرارة هذا السطح . لذلك يفضل استعمال هذه الصفائح للتدفئة عند استعمال درجات الحرارة المرتفعة اى التدفئة باستعمال الضغط المرتفع لوسيط التسخين .

الشكل المبين يبين صفيحة معدنية مثبت عليها مجموعة من الانابيب بقطر يتراوح بين (15 mm الى 20 mm) وبمسافة بينهما (S) تتراوح بين (150 mm ÷ 300 ÷ 450) مع عازل حرارى من الاعلى بشكل يوفى من تدفق حرارى اعظمي نحو الاسفل .



يمكن استعمال هذه الصفائح بالتدفئة او التبريد بامرار ماء ساخن او ماء بارد حسب الحاجة للتدفئة او التبريد * يمكن ان تكون الصفيحة المعدنية المتصلة مع الانابيب مثقبة مما يساعد ذلك على العزل الصوتي * عند استعمال اطوال كبيرة من هذه الصفائح يراعى تأمين حرية التمدد ولهذا يجب استعمال وصلات تمدد خاصة *

يعطى الحمل الحرارى لهذه الصفائح بنشرات خاصة مشابهة لنشرات المشعات من حيث المبدأ ، تحدد فيها كمية الحرارة التي يعطيها المتر الطولي من هذه الصفيحة كنابع لدرجة الحرارة الوسطية لوسيط التسخين ولدرجة حرارة هواء الغرفة عند سرعة جريان محددة للماء ضمن الانبوب *

يجب ان تعطى صفائح التسخين هذه ميلا صغيرا حوالي (3 بالالف) باتجاه نقاط تسرب الهواء للتمكن من تعبئة الشبكة بالماء ويركب اجهزة تسرب هواء تعمل بشكل آلي لتسهيل خروج الهواء من الشبكة *

يمكن استعمال هذه الطريقة في الغرف الكبيرة ذات الاجواء الواسعة كالمعامل مثلا وكذلك في الاماكن التي تتطلب عزل صوتي بالاضافة الى التدفئة اذا استعملت الصفائح الخاصة بالعزل الصوتي * تساعد هذه الطريقة للتدفئة على زيادة درجة حرارة الاشعاع الوسطية ضمن المكان المدفأ *

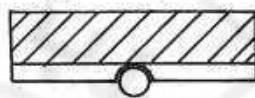
٣-٦-١ - بعض النماذج على الصفائح الساخنة المستعملة :

النموذج (a) يبين صفيحة عليها انبوب واحد عرضها حوالي

(30 cm) والنموذج (b) يبين صفيحة عليها انبوبين قطر صغير (15 mm) وانبوب بالوسط قطر كبير (20 mm) وعرض الصفيحة حوالي (30 cm)



(b)



(a)

النموذج (c) يبين امكانية جمع صفيحتين جنباً الى جنب *
اطوال هذه الصفائح يحدد بحوالي (2 m) متر ويمكن وصلها
على التسلسل لتعطي الطول المطلوب *



(c)



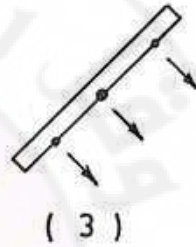
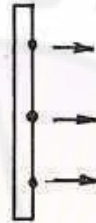
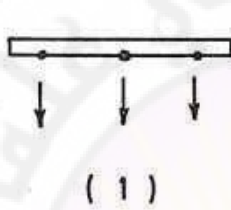
(d)

النموذج (d) يبين صفيحة يمكن ان تأخذ قياسات مختلفة ويصل عرضها
الى (1 m) متر وطولها الى (2 m) وتستعمل على الجدار او معلقة
تحت السقف *

٢-٦-٢ - وضع الصفائح الساخنة :

١- تعلق هذه الصفائح الساخنة تحت السقف بوضع افقي على ارتفاع لا

- يقل عن ثلاثة امتار عن سطح الارض
- ٢- يمكن ان توضع الصفائح الساخنة على الجدار بوضع رأسي وعلى ارتفاع لا يقل عن ثلاثة امتار عن الارض
- ٣- يمكن كذلك ان توضع الصفائح بوضع مائل متجهة نحو الارض



٣- ٦- ٣- ميزات التدفئة الاشعاعية :

- ١- تعطي توزيع منتظم للحرارة بدون تدرج حراري في المكان المدفأ
- ٢- يمكن التصميم على درجة حرارة داخلية اخفض وفي ذلك توفير للوقود
- ٣- التدفئة بهذه الطريقة توف من جوا مريحا

٣- ٦- ٤- حساب الضياع الحراري للبناء :

نتبع نفس الطريقة العادية لتحديد الحمل الحراري للبناء مع اعتبار درجة الحرارة الداخلية اقل بحوالي درجة الى درجتين عما كانت عليه في حالة التدفئة العادية • وذلك ينخفض (Δt) الفرق بين درجة الحرارة الداخلية والخارجية مما يقلل من الحمل الحراري المطلوب

٣-٦-٥ - البث الحرارى من الصفائح الساخنة :

من اجل ايجاد البث الحرارى من الصفائح الساخنة بالا شعاع والحمل يجب معرفة درجة حرارة السطح الساخن ودرجة حرارة هواء الغرفة وكذلك درجة حرارة الاشعاع الوسطية للغرفة ومعامل البث الحرارى للسطح الساخن ، ومن تطبيق علاقات انتقال الحرارة بالا شعاع والحمل نحصل على كمية الحرارة المنبعثة من الصفيحة *

تقوم الشركات المنتجة لهذه الصفائح بتقديم المعلومات اللازمة من حيث ابعاد الصفيحة وقطر الانبوب المثبت عليها وطريقة تعليقها مع جداول للبث الحرارى للمتر الطولي من الصفيحة كنابع لدرجة الحرارة الوسطية لوسيط التسخين ودرجة حرارة هواء الغرفة *

٣-٧ - المبادلات الحرارية التي تعمل على الاشعة تحت الحمراء :

يكون حجم هذه المبادلات صغيرة غير ان درجة حرارتها مرتفعة وتتراوح بين 300°C الى 3000°C *

والغاية من تصميم هذه المبادلات الحرارية هي جعل المركبة الاشعاعية للبث الحرارى اكبر ما يمكن وذلك على حساب المركبة الحملية *

يوجه البث الحرارى من هذه المبادلات بواسطة عواكس وذلك لايصال القدرة الاشعاعية الى المنطقة المراد تدفئتها حيث تقوم الاجسام الموجودة في تلك المنطقة بامتصاص القدرة الاشعاعية تحت الحمراء وترتفع بذلك درجة حرارتها *

تصلح هذه المبادلات الحرارية للصالات الكبيرة والمساح • وتسمى هذه المبادلات الحرارية بمدافىء الاشعة تحت الحمراء والسبب ان المنبع الحرارى ذى درجة الحرارة الواقعة بين ($3000^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C}$) ييثر قدرة اشعاعية لها موجات الاشعة تحت الحمراء •

وهناك انواع كثيرة ومختلفة للمدافىء هذه نذكر منها على سبيل المثال :

- ١- المدافىء التي تعمل على الغاز •
 - ٢- المدافىء الكهربائية التي تعتمد على الاشعاع •
- وعند استعمال هذه المدافىء يجب مراعاة ما يلي :

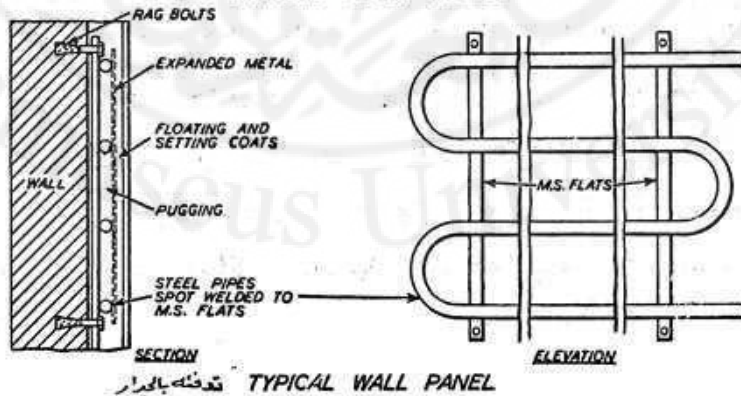
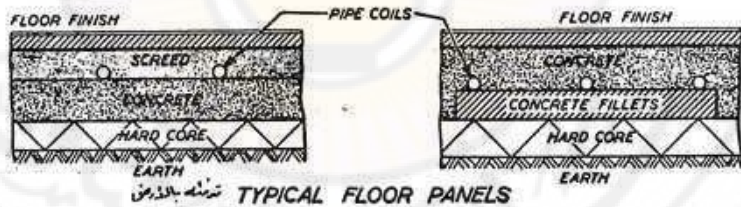
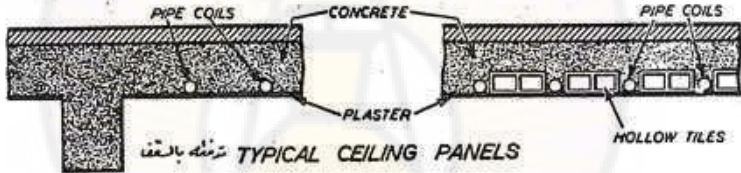
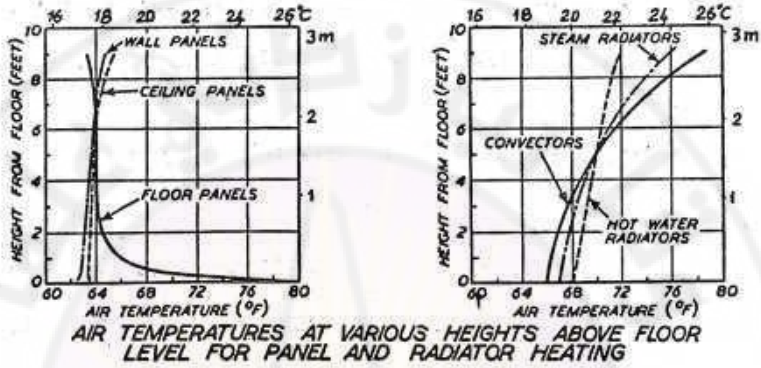
١- لا تصلح طريقة التدفئة بالاشعة تحت الحمراء للأجواء الحاوية على مواد قابلة للاشتعال •

٢- تتحلل بعض الابخرة عند تعرضها للهواء ودرجات الحرارة المرتفعة الى مواد ضارة لذلك لا تصلح هذه الطريقة اذا وجدت مثل هذه الابخرة •

٣- في حال استعمال مولدات الاشعة تحت الحمراء التي تعمل على حرق الغاز يجب تأمين كميات هواء نقي خارجي للتعويض عن الهواء المستهلك في الاحتراق وكذلك يجب تصريف وسحب نواتج الاحتراق عن طريق فتحات سحب هواء • وبذلك تكون التهوية ضرورية في هذه الحالات لتغطية حاجة التنفس وطردها الهواء العادم •

٣-٨ - مقارنة بين أنواع التدفئة الموضحة اعلاه :

المخططات تبين مقارنة لتدرج درجات الحرارة مع الارتفاع لمختلف أنواع التدفئة



- (الفصل الرابع) -

التدفئة بالماء الساخن بضغط منخفض

تقسم التدفئة بالماء الساخن بحسب درجة حرارة الماء وضغطه الى ما يلي :

أ - تدفئة بالماء الساخن بضغط منخفض حتى 120°C ، (2 bar) .

ب - تدفئة بالماء الساخن بضغط عالي اكثر من 120°C ، (2 bar) .

وتقسم التدفئة بالماء الساخن بحسب نوع حركة الماء في الدارة الى نوعين :

أ - تدفئة بالماء الساخن مع جريان تناقلي حيث تكون حركة الماء

بفعل فرق الكثافات الناتجة عن فرق درجات الحرارة للماء

الذاهب والراجع في الدارة : (Gravity Systems) .

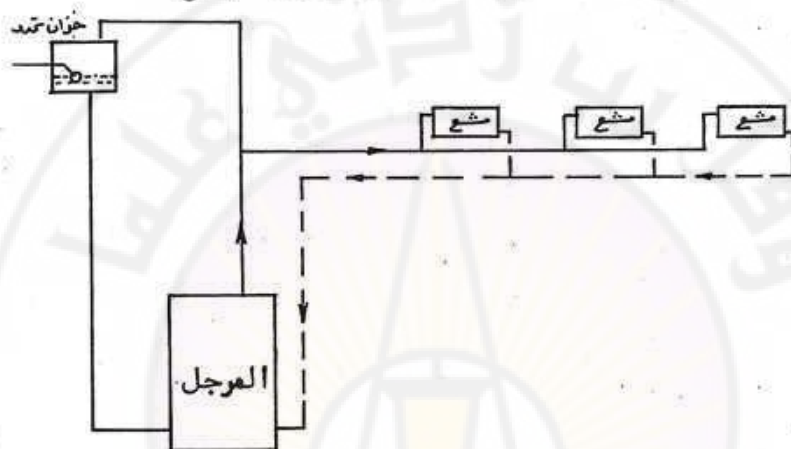
ب - تدفئة بالماء الساخن مع جريان قسرى ، وفيه تتم حركة

الماء في الدارة بواسطة مضخة تسريع مناسبة :

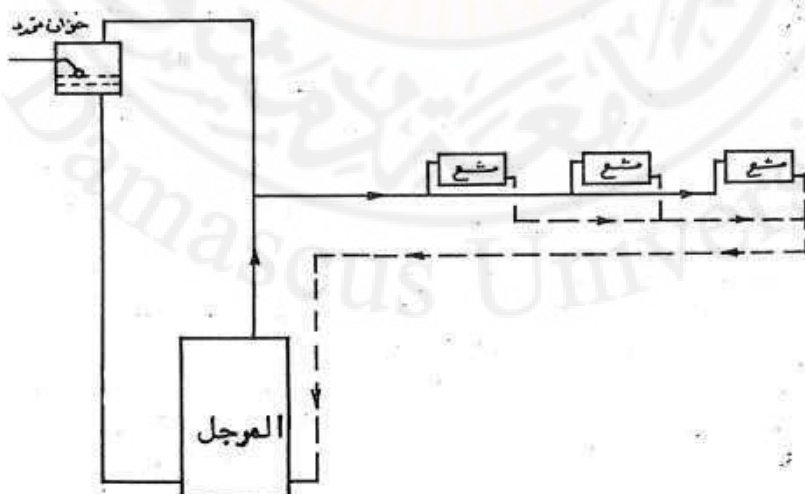
• (Forced Circulation)

٤-١ - امثلة على بعض دارات التدفئة بالماء الساخن المستغلة :

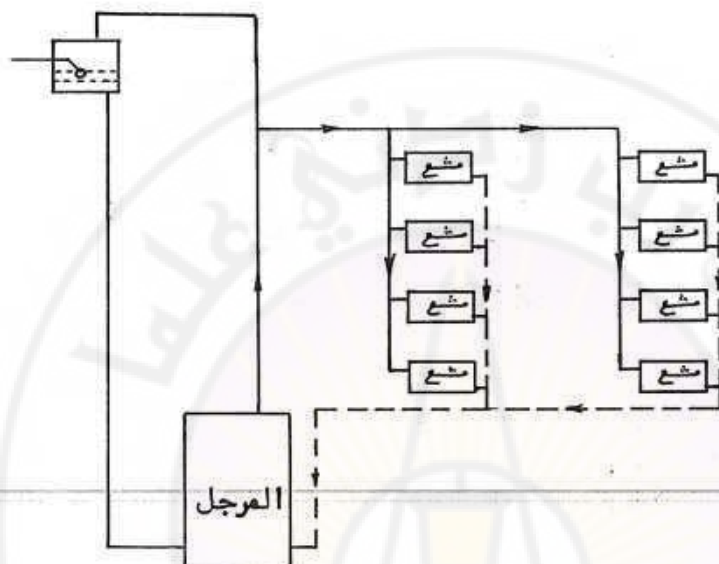
١- الدارة ذات الانبوب الذاهب والانبوب الراجع :



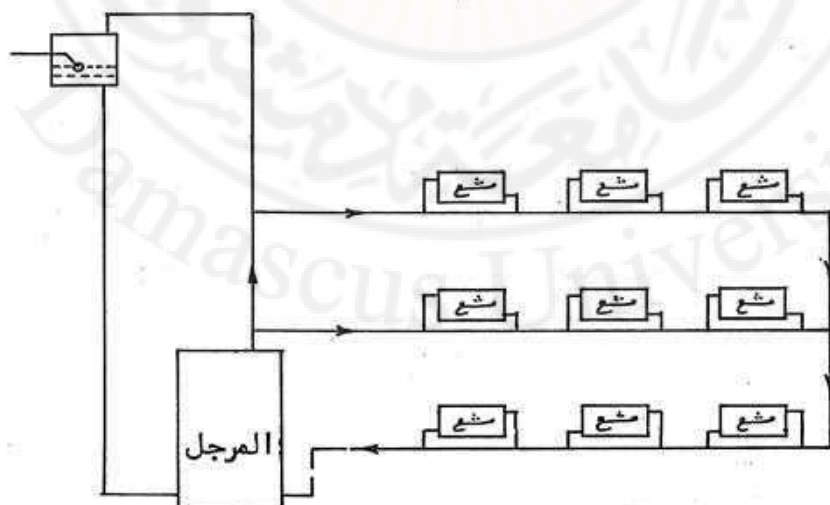
٢- الدارة ذات الانبوب الذاهب والانبوب الراجع المعكوس :



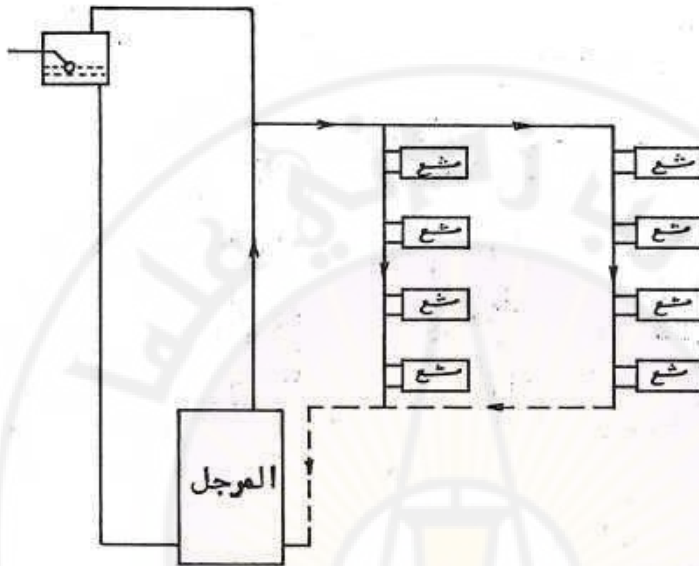
٣- الدارة بأنبوب ذاهب وانبوب راجع معكوس تغذية علوية :



٤- دارة تدفئة بأنبوب واحد اعدة طوابق •

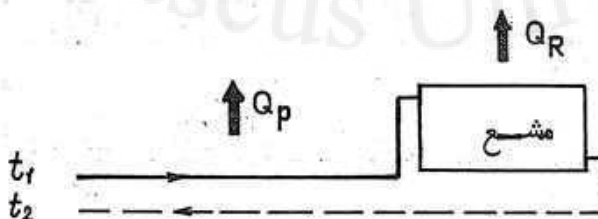


٥ - دائرة تدفئة ماء ساخن بأنبوب واحد تغذية من الأعلى :



٤ - ٢ - معدل تدفق الماء في الشبكة :

إذا كانت كمية الحرارة التي ييئها المشع تساوي Q_R وكمية الحرارة التي تبثها الانابيب تساوي Q_p وفرق درجات الحرارة بين الانبوب الذاهب والانبوب الراجع للانابيب: $\Delta t = (t_1 - t_2)$.



فتكون كمية الماء المتدفق في الدارة مساوية لـ (M) (Kg/s)

حيث :

$$M = \frac{Q}{C \cdot \Delta t} \quad \text{تدفق الماء}$$

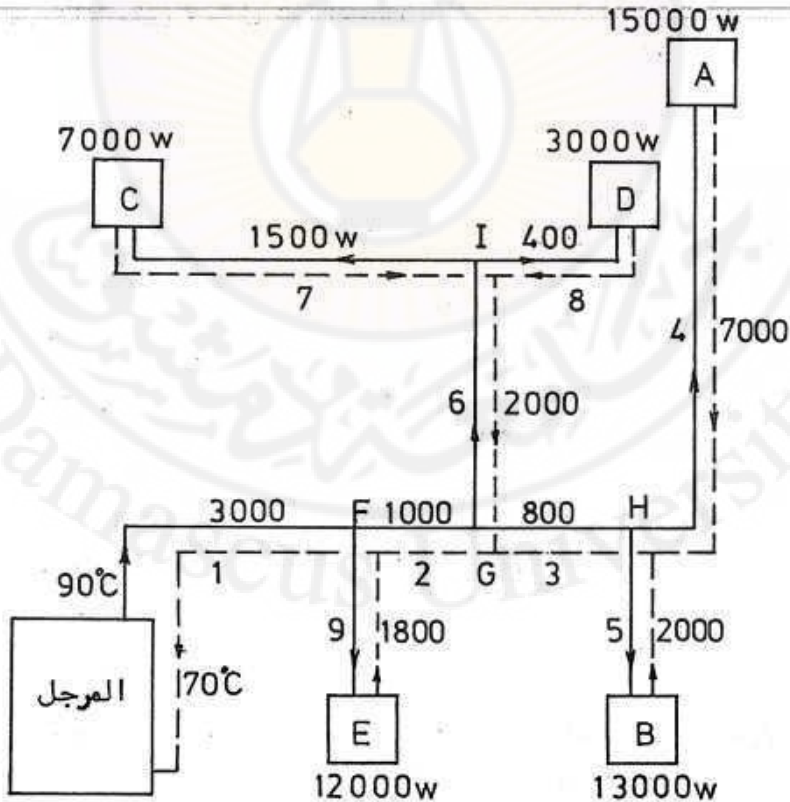
$$Q = Q_R + Q_p \quad \text{الحرارة الكلية :}$$

و C الحرارة النوعية للماء تؤخذ قيمتها بحسب الوحدات العالمية

$$(C = 4180 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}) \quad \text{وتقاس } Q \text{ بالـ } (\text{w})$$

ولتوضيح طريقة حساب التدفق في دارة معينة يمكن ان نأخذ

المثال التالي والذي يبين دارة وحدات تدفئة مع شبكة الانابيب :



قيم البث الحرارى لكل جزء من الدارة موضحة على الرسم •

بالجمع نحصل على البث الحرارى الكلي في وحدات التدفئة من A

الى E :

ويساوى (50 000 w) .

بالجمع نحصل ايضا على البث الحرارى الكلي من الانابيب من 1

الى 9 :

ويساوى (19 500 w) .

بجمع القيمتين نحصل على الحمل

الحرارى الكلي : (69 500 w) .

بمعلومية درجة الحرارة الخارجة من المرجل 90°C ودرجة الحرارة

الراجعة الى المرجل 70°C يمكن ان نحسب كمية الماء اللازم للشبكة

حيث :

$$M = \frac{Q}{C \cdot \Delta t} = \frac{69500}{(90-70) \times 4180} = 0,831 \text{ Kg/s}$$

لمعرفة كمية التدفق في كل فرع من الدارة يمكن اتباع طريقتين :

١ - بحساب فرق درجات الحرارة في كل نقطة من الشبكة •

٢ - بتوزيع التدفق الكلي على الدارة بنسبة احمال كل فرع منها •

٤-٢-١ - الطريقة الأولى :

كمية الماء M المحددة ستمر في الانبوب الاول (1) وستنقص درجة حرارتها نتيجة البث الحرارى من الانبوب (1) وقدره (3000w) وبذلك فرق درجة الحرارة ستخف بمقدار :

$$\Delta t = \frac{Q}{M \cdot C} = \frac{3000}{0,831 \times 4180} = 0,86^{\circ}\text{C}$$

أى تكون Δt في النقطة F مساوية لـ :

$$\Delta t_F = 20 - 0,86 = 19,14^{\circ}\text{C}$$

كمية الحمل الحرارى الكلي على الانبوب 9 تساوى 13800 w وبذلك تكون كمية التدفق في الانبوب 9 تساوى :

$$M_9 = \frac{13800}{19,14 \times 4180} = 0,1725 \text{ Kg/s}$$

وسيبقى اذا في الانبوب (2) كمية من الماء تساوى للفرق :

$$M_2 = 0,831 - 0,1725 = 0,6585 \text{ Kg/s}$$

نتيجة الضياع الحرارى في الانبوب (2) سينخفض فرق درجة حرارة الماء في (G) عنها في النقطة (F) بمقدار :

$$\Delta t = \frac{1000}{0,6585 \times 4180} = 0,363^{\circ}\text{C}$$

فيكون فرق درجات الحرارة عند النقطة (G) مساوى لـ :

$$\Delta t_G = 19,14 - 0,363 = 18,777^{\circ}\text{C}$$

الحمل الحرارى الكلي على الانبوب رقم (6) هو : 13900 w

وبذلك تكون كمية التدفق في الانبوب (6) تساوى :

$$M_6 = \frac{13900}{18,777 \times 4180} = 0,1771 \text{ Kg/s}$$

كمية الماء الباقية في الفرع (3) تساوى :

$$M_3 = 0,6585 - 0,1771 = 0,4814 \text{ Kg/s}$$

انخفاض فرق درجات الحرارة في الانبوب (3) يساوى :

$$\Delta t = \frac{800}{0,4814 \times 4180} = 0,3976 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

فرق درجات الحرارة عند النقطة (H) يكون :

$$\Delta t_H = 18,777 - 0,3976 = 18,3794 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

كمية الحرارة الكلية في الانبوب (5) تساوى : 15000 w

كمية التصريف للماء في الانبوب (5) تساوى ل :

$$M_5 = \frac{15000}{18,3794 \times 4180} = 0,1952 \text{ Kg/s}$$

كمية الماء الباقي في الانبوب (4) يصبح :

$$M_4 = 0,4814 - 0,1952 = 0,2862 \text{ Kg/s}$$

لحسب كمية الماء في الفرعين (7) و (8) :

انخفاض فرق درجات الحرارة في الانبوب (6) يساوى ل :

$$\Delta t = \frac{2000}{0,1771 \times 4180} = 2,70 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

فيكون فرق درجات الحرارة في النقطة (I) :

$$\Delta t_I = 18,777 - 2,70 = 16,077 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

الحمل الكلي للأنبوب (7) هو : 8 500 w

كمية الماء للفرع (7) تساوى :

$$M_7 = \frac{8500}{16,077 \times 4180} = 0,1265 \text{ Kg/s}$$

كمية الماء الباقية في الفرع (8) تساوى :

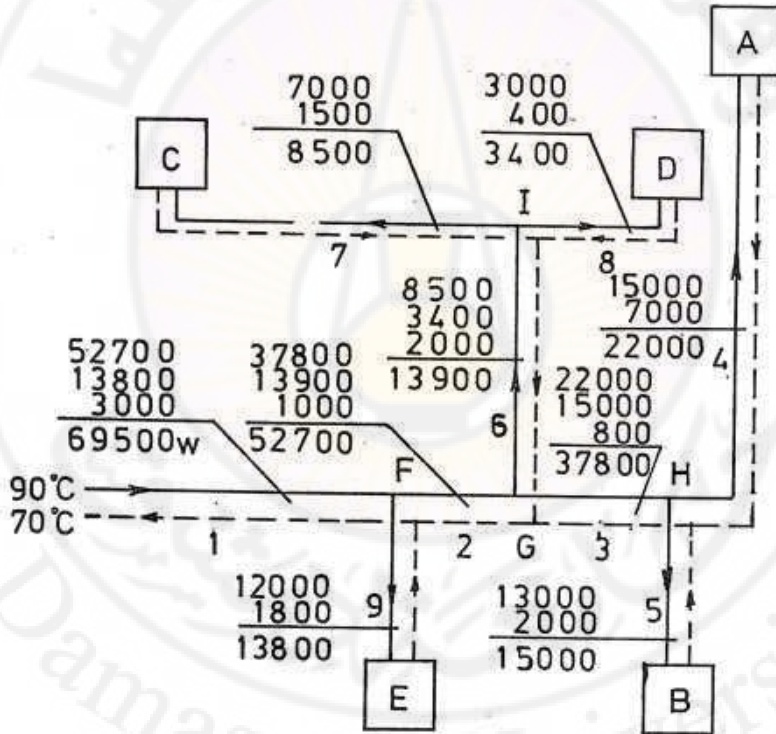
$$M_8 = 0,1771 - 0,1265 = 0,0506 \text{ Kg/s}$$

يمكن اختيار اقطار الانابيب من معلومية التدفق المحسوب (M)

لكل فرع بعد معرفة معدل انخفاض الضغط في الانبوب *

٤ - ٢ - ٢ - الطريقة الثانية :

يمكن اجراء هذه الحسابات للحصول على قيمة التدفق في كل فرع بطريقة اسهل علما ان المبدأ واحد •
لنأخذ المثال السابق ونضعه بالشكل التالي (وهذه الطريقة هي المتبعة عمليا) :



بعد حساب كمية الماء الكلية والتي تساوي $(0,831 \text{ Kg/s})$ الناتجة من تقسيم الحمل الكلي (69500 w) على $((90-70) \times 4180)$ نحسب تدفق الماء في الانبواب (9) والانبواب (2) من نسبة الاحمال الحرارية •

نقسم كمية الماء الكلية على الحمل الحرارى الكلي في النقطة (F)
ونضرب هذه النسبة بحمل الفرع المراد حساب كمية التدفق فيه، وذلك كما يلي :

$$M_1 = \frac{69500}{20 \times 4180} = 0,831 \text{ Kg/s}$$

$$M_2 = \frac{0,831}{52700 + 13800} \times 52700 = 0,6585 \text{ Kg/s}$$

$$M_2 = \left(\frac{52700}{\left(\frac{69500}{0,831} - \frac{3000}{0,831} \right)} \right) \times 0,831 = \frac{0,831 \times 52700}{52700 + 13800} = 0,6585 \text{ Kg/s}$$

$$M_3 = \frac{0,6585}{37800 + 13900} \times 37800 = 0,4814 \text{ Kg/s}$$

$$M_4 = \frac{0,4814}{22000 + 15000} \times 22000 = 0,2852 \text{ Kg/s}$$

$$M_5 = \frac{0,4814}{22000 + 15000} \times 15000 = 0,1952 \text{ Kg/s}$$

$$M_6 = \frac{0,6585}{37800 + 13900} \times 13900 = 0,1771 \text{ Kg/s}$$

$$M_7 = \frac{0,1771}{8500 + 3400} \times 8500 = 0,1265 \text{ Kg/s}$$

$$M_8 = \frac{0,1771}{8500 + 3400} \times 3400 = 0,0506 \text{ Kg/s}$$

$$M_9 = \frac{0,831}{52700 + 13800} \times 13800 = 0,1725 \text{ Kg/s}$$

وهذه الطريقة تمكننا ايضا من حساب كميات الماء في كل انبوب،

ومن تحديد انخفاض الضغط في الانبوب يمكن ايجاد قطر الانبوب
اللازم *

وسنشرح في الفقرة القادمة كيفية تحديد انخفاض الضغط هذا.

٤-٣ - حساب اقطار الانابيب في شبكات التدفئة بالماء الساخن :

يتم حساب اقطار الانابيب في جزئين :

- ١ - حسابات اولية مبينة على عدد من الفرضيات *
- ٢ - تحليل ودراسة النتائج من اجل التأكد من صحة الفرضيات *

٤-٣-١ - الحسابات الاولية :

لتحديد قطر الانبوب يجب معرفة كمية التدفق في الانبوب ومقدار
فرق الضغط للأنبوب .

أ- لحساب كمية التدفق يجب تحديد الحمل الحرارى المطلوب للمشع
والحمل الحرارى الناتج عن البث أو الضياع من الانابيب . وبما ان
البث الحرارى من الانابيب متعلق بقطر الانبوب فلا بد من فرض نسبة
معينة من كمية الحرارة لا اعتبار هذا الضياع ، وتؤخذ عادة من
(10% الى 30%) من مجمل البث الحرارى من الوحدات ،
ويتوقف ذلك على نوعية الانبوب فيما اذا كان معزولا او غير معزول.
تقسم قيمة الضياع الحرارى المحسوبة من الانابيب بنسبة الطول لكل
انبوب في الدارة .

يجمع الحمل الحرارى للوحدات الموجودة على الانبوب مع البث
الحرارى من الانبوب ومن ثم تحدد كمية التدفق في الانبوب باستعمال
الطريقة المشروحة في الفقرة السابقة *

ب - لتحديد انخفاض الضغط في الانبوب يجب مراعاة حالتين :

١- جريان الماء يتم بفعل التناقل وفي هذه الحالة يكون الضغط التحريكي محدد وبالتالي يقسم على الطول الاجمالي للدائرة لابل بعد حيث يتضمن هذا الطول طول الخط الذاهب والراجع واطول المكافىء للمقاومات المحلية مثل (اكواع ، مشعات ، مراجل وصلات وصمامات وغيره) وبوء خذ مبدئيا هذا الطول المكافىء للمقاومات المحلية من (10 % الى 50 %) من الطول الفعلي للدائرة •

وبذلك نحصل على انخفاض الضغط والذى يمكن ان يقدر بالنيوتن على المتر المربع لكل متر طولي • ($N / m^2.m$) •

٢- جريان الماء يتم باستعمال مضخة تحريك ، في هذه الحالة يصار الى تبني انخفاض ضغط وذلك من اجل تحديد اقطار الانابيب في الدارة الابل بعد • ويفترض ان هذا الضغط يبقى ثابتا لجميع انابيب الدارة الابل بعد وبوء خذ عادة من ($100 N/m^2.m$ - الى $300 N/m^2.m$) •

وهذه القيم تتأثر باستطاعة المضخة المراد استعمالها • اذ ان انخفاض الضغط الصحيح هو الذى ينتج كلفة سنوية دنيا من حيث تكاليف الانشاء والتشغيل • ويلا حظ انه بفرض انخفاض ضغط كبير ، في حالة تصرف ماء محدد ، ينتج عنه استعمال انبوب بقطر اصغر وبالتالي كلفة تأسيس اقل وكذلك كمية البث الحرارى من الانبوب اقل ولكن كلفة تحريك الماء تصبح اكبر • لذلك يتوقف اختيار انخفاض الضغط هذا على خبرة المصمم •

تستعمل عادة جداول لتحديد قطر الانبوب ويمكن الاستعانة
بجداول (I H V E - C . 4) او الجداول الموجودة مع المراجع الاخرى
والتي تعطي القطر بمعلومية التدفق وفرق الضغط للمتر الطولي .

٤-٢-٢ - تحليل النتائج :

١- احسب البث الحرارى الصحيح من الانابيب المختلفة بمعلومية القطر
ودرجة الحرارة . تضاف هذه الكميات الى البث الحرارى من وحدات
التدفئة للحصول على البث الحرارى الكلي المطلوب من المنبع
الحرارى .

٢- احسب التدفق الجديد للماء استنادا للبث الحرارى المحسوب
للا نابيب

٣- استعمل التدفق الجديد للماء والاقطار المحددة سابقا وأوجد
انخفاض الضغط الجديد الموافق من الجداول او المخططات .

٤- اوجد الطول المعادل لكل المقاومات المحلية واحسب انخفاض
الضغط الكلي في الدارة الابعد .

٥- احسب اقطار الانابيب في الدارات الاخرى بحيث يكون لكل دائرة
نفس الضغط التحريكى الاجمالي للدائرة الابعد .

لهذه الطريقة المذكورة بعض المساوئ وهي :

١- يتوقف الحل على فرضيات وعلى تقديرات ومن الصعب التأكد من ان

التصميم اقتصادى .

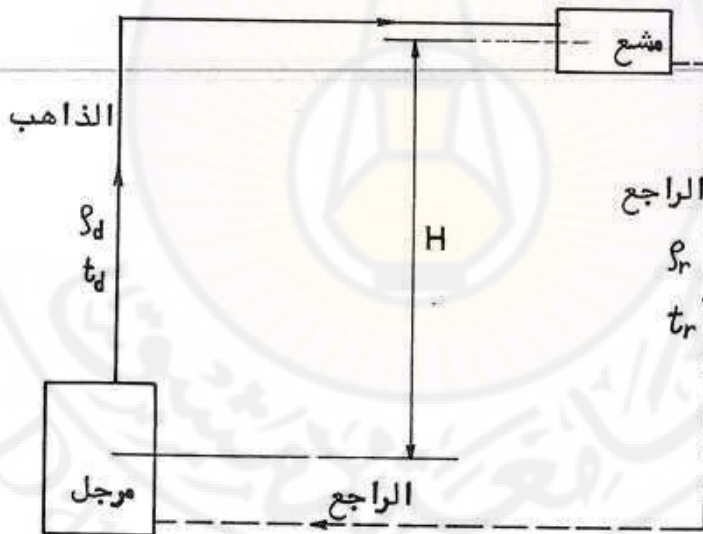
٢- صعوبة الحصول على توازن بين الدارات المختلفة .

ولهذا السبب يعمد الكثير من المصممين على اجراء التوازن بين الدارات المختلفة على الشبكة نفسها بعد التركيب بأستعمال صمامات التعبير ذات القفل حيث تقوم هذه الصمامات بتعبير كمية التدفق في دائرة المشع الفرعية وبذلك تدخل المقاومة اللازمة لموازنة الدارة مع الدارات الاخرى ومن ثم يقلل الصمام بحيث لا يمكن لاحد ان يغير عياره •

٤-٤ - الضغط التحريكي في الدارة الثقالية :

يتحرك الماء في الدارة ذات الجريان الثقالي بفعل الضغط التحريكي الناتج عن فرق كثافة الماء الراجع والذاهب ويقاوم ذلك الضغط التحريكي فعل الاحتكاك بالانابيب والمقاومات المختلفة من مشعات ومرجل ووصلات واكواع وصمامات وغيره .

في الدارة المبينة :



كثافة الماء الراجع ρ_r Kg/m (من جداول الماء بدلالة درجة الحرارة)
 كثافة الماء الذاهب ρ_d Kg/m

الارتفاع (H) بالمتر (من منتصف المشع الى منتصف المرجل)

الضغط التحريكي C.P. بالباسكال (N/m^2) Circulating Pressure

وتكون العلاقة للضغط التحريكي :

$$C.P = g \cdot H \cdot (\rho_r - \rho_d) \quad (N/m^2)$$

$$C.P = 9,81 \cdot H \cdot (\rho_r - \rho_d) \quad (N/m^2)$$

ملاحظة :

يهمل الضغط التحريكي الناتج عن فعل الثقل في حالة استعمال مضخة بالدارة ، ويؤخذ بالحساب فقط الضغط التحريكي الذي تقدمه المضخة او مجموعة المضخات *

٤ - ٥ - سرعة جريان الماء ضمن الشبكة :

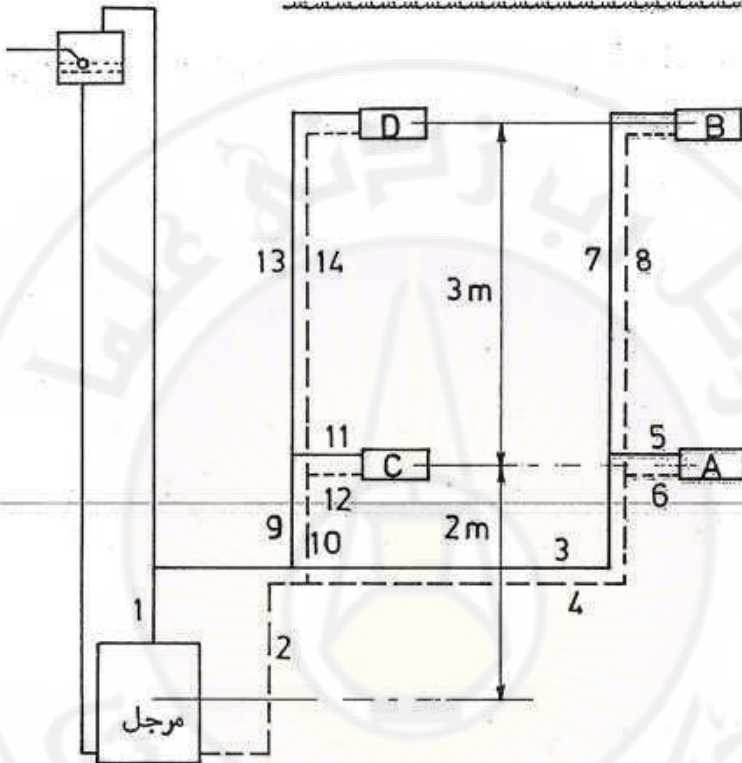
السرعة العظمى لجريان الماء ضمن شبكة انابيب التدفئة محدودة من جهة بالضجيج ومن جهة ثانية بأستواء الانابيب وتاكلها *
وسبب الضجيج هو وجود الهواء في الماء أو انخفاض الضغط المفاجيء ، أو الجريان المضطرب واحيانا تشكل البخار في بعض نقاط الدارة *

قطر الانبوب	م ² بدون شوائب m/s	م ² مع شوائب m/s	انبوب نحاسي m/s
50 mm او اقل	1,5	1	1
اكبر من 50 mm	3	1,5	1,5
انبوب مستقيم طويل وتوزيع كبير	4	2	—

والجدول التالي يبين السرعة الدنيا لجريان الماء في الشبكة :

السرعة الدنيا للماء m / s	قطر الانبوب
0,75	50 mm أو اقل
1,25	50 mm اكثر من

٤-٦ - حساب انخفاض الضغط في الدارة :



درجة حرارة الخط الذاهب $t_1 = 85^\circ \text{C}$

درجة حرارة الخط الراجع $t_2 = 65^\circ \text{C}$

الشكل يبين دارة تدفئة مركزية بأنبوب ذاهب وانبوب راجع لغرفتين فوق بعضهما • المطلوب إيجاد الضغط التحريكي لكل دارة مشع من الدارات الأربع المبينة • وكذلك إيجاد انخفاض الضغط المستعمل في الحسابات الأولية لاقطار الانابيب المبينة في الدارات

بفرض (١- الماء يتحرك بفعل التناقل (الطريقة التفاضلية))

٢- الماء يتحرك بواسطة مضخة تسريع •

الجدول يبين اطوال الانابيب الاجمالية بما فيها المقاومات المحلية :

رقم الانبوب	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
الطول الاجمالي (m)	7	10	10	10	2	3	4	5	1	1	2	3	4	5

٤-٦-١ الطريقة التقاليدية :

يمكن ايجاد الضغط التحريكي للحالة الاولى (الطريقة التقاليدية) لكل دائرة باستعمال جداول IHVE حيث يعطي الجدول (C4.8) من (IHVE-C4.-1977) الضغط التحريكي لكل متر ارتفاع بدلالة درجات الحرارة •
حيث العلاقة :

$$C.P. = \Delta P = g H (\rho_2 - \rho_1) \quad (N/m^2)$$

$$\Delta P_A = H \times 117 \quad \text{للدائرة (A) :}$$

$$= 2 \times 117 = 234 (N/m^2)$$

للدائرة (C) : لها نفس قيمة الضغط التحريكي المتوفر في الدائرة A.

$$\Delta P_C = 234 (N/m^2)$$

$$\Delta P_B = (2 + 3) \times 117 = 585 (N/m^2) \quad \text{للدائرة (B) :}$$

للدائرة (D) : لها نفس قيمة الضغط التحريكي المتوفر في الدائرة B .

$$\Delta P_D = 585 (N/m^2)$$

حيث تؤخذ القيمة (117) من الجدول والموافقة لدرجة حرارة 85°C

للخط الذاهب و الفرق بين الذاهب والراجع 20°C •

تعريف :

=====

الدائرة الأبعد :

- ١- في حالة الدائرة الثقالية : هي الدائرة الأسوأ أي التي لها أصغر قيمة للضغط التحيكي على طول الدائرة الإجمالي والدائرة التي لها أصغر قيمة لنسبة ارتفاع الدائرة على طول الدائرة .
- ٢- في حالة الدائرة مع مضخة تسريع : هي الدائرة ذات أكبر مقاومة وتكون عادة في أغلب الحالات هي الدائرة الأبعد عن المرجل .

فاذا اخذنا الحالة الثقالية : تكون النسبة للدائرة A هي :

$$\frac{2}{42} = 0,0476$$

وللدائرة B هي :

$$\frac{5}{46} = 0,109$$

أي النسبة للدائرة A أصغر وتعتبر هي الدائرة الأبعد في هذه الحالة .

A نحسب انخفاض الضغط لوحدة الطول في الدائرة A :

حيث لدينا ($\Delta P_A = 234$)

$$\Delta P = \frac{234}{42} = 5,57 \text{ (N/m}^2\text{.m)}$$

والذي بموجبه نختار قطر الأنبوب بمعلومية التدفق ، من الأنبوب رقم (1)

الى رقم (6) .

B انخفاض الضغط في الانابيب 1 و 2 و 3 و 4 سيكون نفسه المستعمل للدارة A • وهذا يساوى :

$$5,57 \times 37 = 206 \quad (N/m^2)$$

لدينا الضغط التحريكي الكلي في الدارة B : $(\Delta P_B = 585 \text{ N/m}^2)$ الباقي بين القيمتين تكون قيمة الضغط التحريكي للانبوبين 7 و 8 •

$$585 - 206 = 379 \quad (N/m^2)$$

$$\frac{379}{9} = 42,1 \quad (N/m^2.m)$$

والذى بموجبه نختار قطر الانبوبين 7 و 8 بمعلومية التدفق •

C انخفاض الضغط في الانابيب 1 و 2 سيكون نفسه المستعمل في الدارة A • وهذا يساوى :

$$5,57 \times 17 = 94,7 \quad (N/m^2)$$

انخفاض الضغط الباقي للانابيب 9 و 10 و 11 و 12 هو:

$$234 - 94,7 = 139,3 \quad (N/m^2)$$

$$\frac{139,3}{7} = 19,9 \quad (N/m^2.m)$$

والذى بموجبه نختار اقطار الانابيب 9 و 10 و 11 و 12 بمعلومية التدفق •

D في هذه الدارة الانابيب 1 و 2 مشتركة مع الدارة A وفيها فرق الضغط يساوى $(94,7 \text{ N/m}^2)$.

والانابيب 9 و 10 مشتركة مع الدارة C وفيها فرق الضغط يساوى :

$$19,9 \times 2 = 39,8 \quad (N/m^2)$$

فرق الضغط الباقي للانابيب 13 و 14 هو :

$$585 - 94,7 - 39,8 = 450,5 \quad (N/m^2)$$

فرق الضغط لوحدة الطول يكون :

$$\frac{450,5}{9} = 50,05 \quad (N/m^2.m)$$

والذى بموجبه نختار اقطار الانابيب 13 و 14 بمعلومية التدفق وذلك باستعمال الجداول المناسبة •

٤-٦-٢- الحالة الثانية :

باستعمال مضخة تسريع في الدارة :

في هذه الحالة فلن الدارة الأبعد تكون الدارة الاطول وفيها هذه الحالة هي الدارة B وفيها يمكن ان نختار فرق ضغط مناسب يتراوح بين (100) الى (300 N/m^2) •

سنأخذ مثلاً فرق ضغط ($\Delta p = 100 N/m^2$) للدارة الابعد

B والذى بموجبه نختار اقطار الانابيب 1 و 2 و 3 و 4 و 7 و 8

بمعلومية التدفق •

فيكون ضغط المضخة اللازم :

بأخذ طول الدارة B مساوى لـ (46 m)

$$46 \times 100 = 4600 \quad (N/m^2)$$

لحساب باقي الاقطار يجب ان نحقق ما امكن دارات متوازنة بفرق الضغط فمثلا فرق الضغط في الفرع 5 و 6 يجب ان يساوى فرق الضغط في الفرع 7 و 8 .

فيكون : للفرع 7 و 8 فرق ضغط مساوى لـ :

$$9 \times 100 = 900 \quad (\text{N/m}^2)$$

وفي الفرع 5 و 6 يساوى ايضا (900 N/m^2) أى لوحدة الطول يساوى :

$$\frac{900}{5} = 180 \quad (\text{N/m}^2 \text{ m})$$

والذى بموجبه نختار اقطار الانابيب 5 و 6 بمعلومية التدفق .
يجب ان يتساوى فرق الضغط بين الانابيب 3 و 4 و 7 و 8 مع 9 و 10 و 13 و 14 حيث :

فرق الضغط في الانابيب 3 و 4 و 7 و 8 هو :

$$29 \times 100 = 2900 \quad (\text{N/m}^2)$$

ويكون نفسه للانابيب 9 و 10 و 13 و 14 ونحسب منه فرق الضغط لوحدة الطول للانابيب المذكورة .

$$\frac{2900}{11} = 263,6 \quad (\text{N/m}^2 \text{ m})$$

والذى بموجبه نختار اقطار الانابيب 9 و 10 و 13 و 14 بمعلومية التدفق.
فرق الضغط في الانابيب 11 و 12 يجب ان يساوى فرق الضغط في الانابيب 13 و 14 حيث يساوى :

$$9 \times 263,6 = 2372,4 \quad (\text{N/m}^2)$$

وفي 11 و 12 يكون فرق الضغط لوحدة الطول :

$$\frac{2372,4}{5} = 474,5 \text{ (N/m}^2\text{.m)}$$

والذي بموجبه نختار قطر الانابيب 11 و 12 بمعلومية التدفق •
لاحظ الفرق بالضغط لوحدة الطول بين الدارة التثاقلية
والدارة مع مضخة تسريح وما يلزم من قطر انبوب لنفس التدفق. ولا حظ
الفرق بين الضغط لوحدة الطول في الدارة الأبعد وفي السدارات
الفرعية •

٤ - ٧ - مقاومة وصلات الانابيب والطول المكافئ (ℓ_e) :

تشكل وصلات الانابيب ما يسمى بالمقاومات وهي مثل الاكواع
والصمامات والمشعات والمراجل وغيره وهذه المقاومات يجب
ان تدخل بالحسابات عند اعتبار المقاومة الكلية للدارة وربما كانت
افضل طريقة لحساب هذه المقاومة المحلية ، اخذ ما تعادله من طول
الانبوب أي يقال عن كوع انه يعادل (0,5 m) أي انه يعادل
انبوب طوله نصف متر مركب في الدارة ويقطر معين •

يمكن اعتبار انخفاض الضغط الناتج عن وجود هذه المقاومات على
انه مرتبط بضغط السرعة أي بالعلاقة :

$$\Delta P = \zeta \frac{\rho W^2}{2}$$

حيث ζ ثابت ويسمى معامل ضغط السرعة = $\frac{4.f.l}{d}$
 $\Delta P = \Delta p \times l$

Δp انخفاض الضغط لوحدة الطول •
 l الطول

وبذلك يمكن ان نكتب :

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{\rho W^2}{2} = \frac{2 \cdot f \cdot l \cdot \rho \cdot W^2}{d}$$

$$l = l_e \cdot \zeta = \frac{d}{4 \cdot f} \cdot \zeta$$

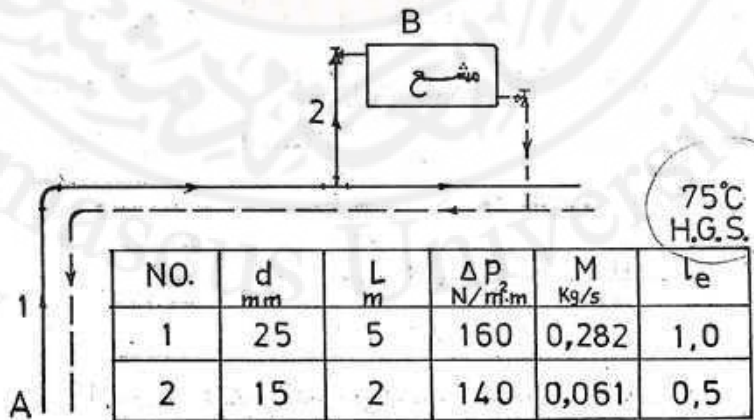
يمكن تحديد معامل ضغط السرعة ζ لكل نوع من المقاومات من جداول خاصة بقيمة e تؤخذ من جداول تحديد اقطار الانابيب بدلالة التدفق وانخفاض الضغط باعتبار $\zeta = 1$ ومنه يمكن تحديد انخفاض الضغط الناتج عن مقاومة ما بالعلاقة

التالية :

$$\Delta P = \Delta p \cdot l_e \cdot \zeta$$

٨-٤ - حساب انخفاض الضغط الفعلي في الدارة :

الشكل يبين دائرة مشع مع صمام زاوية وتيه وكوع :
احسب فرق الضغط بين (A و B)



نحسب أولا للخط الذاهب ونوجد قيمة الطول المكافئ للمقاومات المحلية:

• في الانبوب 1 لدينا كوع وتية

باستعمال الجداول (IHVE-C.4-1977) جدول (C4.36.)

نأخذ للكوع $\zeta = 0,7$ قطر من 10 - 25 mm

M.C.I. BEND

للتية :

$\zeta = 0,5$ للتية باتجاه الفرع من الانبوب 1 الى

• الانبوب 2

$\zeta = 0,7$ للكوع ضمن التية (مثل الكوع السابق)

$\zeta = 0,4$ لتقيص القطر من 25 الى 15 ،
($A_2/A_1 = 0,36$)

يكون المجموع لـ ζ للانبوب 1 مساوى :

$$\zeta = 2,3$$

$$\zeta \times l_{e1} = 2,3 \times 1 = 2,3 \text{ m} \quad \text{الطول المعادل}$$

الطول الاجمالي للانبوب الذاهب 1 :

$$2,3 + 5 = 7,3 \text{ m}$$

فرق الضغط على هذا الانبوب :

$$7,3 \times 160 = 1168 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

الانبوب رقم 2 : فيه صمام زاوية $\zeta = 5,0$

و مدخل مشع $\zeta = 2,5$

حيث نأخذ نصف قيمة ζ للمشع مع الخط الذاهب والنصف الآخر

مع الخط الراجع •

مجموع قيمة ζ للخط الذاهب رقم 2 يكون :

$$\zeta = 5,0 + 2,5 = 7,5$$

$$\zeta \times l_{e2} = 7,5 \times 0,5 = 3,75 \text{ m} \quad \text{: الطول المعادل}$$

فرق الضغط على هذا الانبوب (حيث الطول الاجمالي يساوى = 5,75):

$$(2 + 3,75) \times 140 = 805 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

فرق الضغط الكلي للخط الذاهب 1 و 2 :

$$1168 + 805 = 1973 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

فرق الضغط للخط الذاهب والراجع هو ضعف فرق الضغط على الخط

الذاهب :

$$1973 \times 2 = 3946 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

- (الفصل الخامس) -

أجهزة التدفئة بالماء الساخن

تحتوى دارات التدفئة بالماء الساخن على اجهزة متعددة تعمل بشكل مترابط لتأمين الحرارة المطلوبة ونقلها من منبع الحرارة الى المكان المراد تدفئته .

٥ - ١ - مراجل التدفئة :

يعتبر المرجل من الاجهزة الاساسية في دارات التدفئة اذ بواسطته يتم توليد الحرارة اللازمة .

تصنف مراجل التدفئة بعدة طرق كما يلي :

١- بموجب المادة المعدنية المصنوع منها المرجل ، وغالبية المراجل مصنوعة من الحديد الصلب او من صفائح الفولاذ .

٢- بموجب الوقود المستعمل في المرجل ، الفحم ، الزيت ، البترولية ، المازوت ، الغاز ، الكهرباء .

ويصمم المرجل ليعمل على نوع واحد من الوقود ، ويوجد مراجل تعمل على اكثر من نوع واحد من الوقود .

٣- من حيث غرض الاستعمال للتدفئة أو لتحضير الماء الساخن او

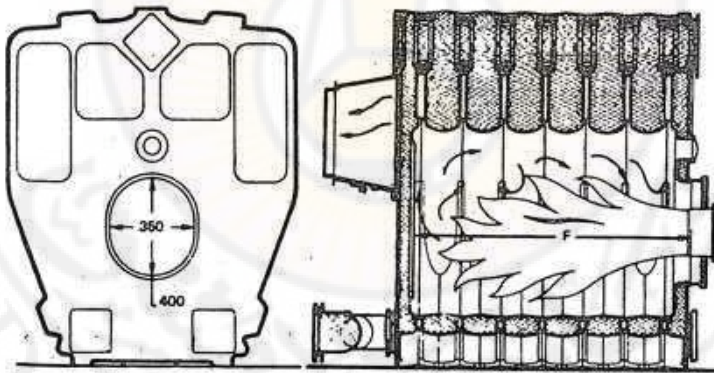
الاثنين معا .

- آ - إمكانية زيادة الاستطاعة بزيادة عدد المقاطع •
- ب - سهولة النقل والتركيب •
- ج - الأقلال من مقاومة الاحتكاك بالجريان للوسيط وللدخان نظرا لتأمين مجرى جيد لحركة الماء ولحركة غازات الاحتراق •
- د - مقاومة للصدمات والتآكل •

ولمراجيل الفونت المسماوي التالية :

- آ - قابلية للكسر في حالات تغيير درجة الحرارة المفاجئة والتجميد •
- ب - قابلية للتشقق اذا تعرضت لضغوط عالية •
- ج - وزنها ثقيل لوحدة الاستطاعة •

Hot-Water-Boiler



نموذج مرجل فونت

٥ - ١ - ٢ - المراجل الفولاذية :

تصنع المراجل الفولاذية من صفائح وانايب وتكون اما من نوع انايب اللهب حيث يمر اللهب وغازات الاحتراق داخل هذه الأنايب ويمر الماء حولها او من انايب يمر الماء داخلها وتمر غازات الاحتراق

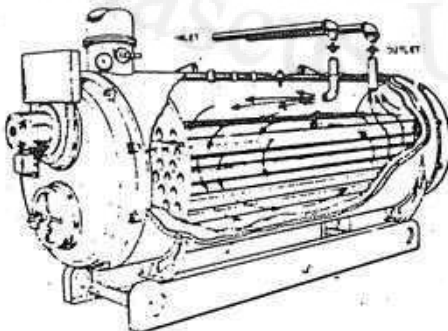
حولها • ويمكن لهذه المراجل ان تتحمل ضغوطا عالية لذا فهي
تستعمل في الابنية المرتفعة كما تستعمل في دارات ذات درجات الحرارة
المرتفعة اكثر من (110°C) •

وتتماز المراجل الفولاذية بما يلي :

- آ - معاملة انتقال حرارة جيد •
- ب - سهولة في اختيار التصميم •
- ج - وزن اخف لوحدة الاستطاعة بالمقارنة مع الفونت خصوصا للاستطاعات
الكبيرة •
- د - اقل عرضة للتلف بسبب الاهمال في التشغيل كنقصان الماء فيها
مثلا أو ارتفاع درجة الحرارة •
- هـ - سهولة الاصلاح باللحام •

ولمراجل الفولاذ المساوي التالية :

- آ - انها اقل مقاومة للصدأ او للتآكل الناتج عن غازات الاحتراق او المياه
التي بداخلها •
- ب - السعر مرتفع في الاستطاعات الصغيرة •



- TYPICAL FIRE-TUBE

HOT WATER BOILER

نموذج مرجل فولاذ

٥ - ١ - ٣ - المراحل الكهربائية :

وتكون المراحل الكهربائية على نوعين :

أ - من النوع ذي المقاومة الكهربائية المغلفة بالمعدن والمغمورة بالماء
في المرجل .

ب - من النوع ذي الاقطاب الكهربائية المغمورة في ماء المرجل ويمر
التيار من قطب الى آخر عبر المقاومة المائية لذلك يجب ان يضاف الى
الماء قليلا من الملح ليقوم مقام المقاومة الكهربائية وبذلك ترتفع
درجة حرارة الماء .

٥ - ١ - ٤ - متممات المراحل :

يزود المرجل عادة : بمقياس حرارة ، ومقياس ضغط ، وصمام
امان يفتح عند ازدياد الضغط بالمرجل عن الحد المسموح ، صمام
لتفريغ الماء من المرجل عند اللزوم ، ومنظم لدرجة الحرارة يتحكم بعمل
الخراق . كما يركب احيانا انبوب تهوية مثبت في اعلى المرجل ويوصل
الى خزان التمدد وسنعود لشرح وظيفة هذا الانبوب في الفقرة الخاصة
بخزان التمدد .

٥ - ١ - ٥ - مردود المراحل :

يتم الضياع الحرارى من المراحل على شكلين :

١ - الضياع من سطح المرجل وذلك بالتبادل الحرارى بالحملة
المرحلة

والاشعاع مع الجو الخارجي ويعتمد هذا الضياع على مقدار العزل الحرارى للمرجل •

٢- الضياع الناتج عن احتراق الوقود والضياع الحرارى في غازات المدخنة •

وهذين المقدارين يحددان مردود المرجل (η) حيث تعتمد على حجم المرجل واستطاعته ونوع الوقود المستعمل •

ويعرف مردود المرجل بنسبة كمية الحرارة التي يكسبها الماء الى كمية الحرارة التي يعطيها الوقود •

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_2}$$

ويتراوح مردود المراجل التي تعمل على الفحم الحجري وذات الاحراق اليدوى من ٥٠ % الى ٧٥ % •

ومردود المراجل التي تعمل على الفحم وذات الاحراق الآلي من ٦٠ % الى ٧٥ % •

ومردود المراجل التي تعمل على الغاز او المازوت او الزيوت البترولية من ٧٠ % الى ٨٠ % •

اما مردود المراجل الكهربائية فيمكن ان يصل الى ١٠٠ % •

٥- ١- ٦- استطاعة المرجل :

استطاعة المرجل هي كمية الحرارة الصافية التي يعطيها المرجل

خلال وحدة الزمن وتقدر بالكيلو وات •

ويجب ان تكون استطاعة المرجل كافية لا عطاء كمية الحرارة

المطلوبة لتدفئة البناء مضافا اليها مقدار الحرارة الضائعة من شبكة

الانابيب •

ولتحديد استطاعة الرجل المطلوبة يمكن الأخذ بالخطوات

التالية :

- ١ - إيجاد حمل المشعات او المدافىء الكلي .
- ٢ - إيجاد مقدار البث الحرارى الحقيقى من الانابيب (الحسابات النهائية) .
- ٣ - جمع قيمة ١ و ٢ للحصول على حمل التصميم .
- ٤ - اضافة نسبة معينة على هذا المجموع للحصول على قدرة الرجل

الكليية :

وهذه النسبة تسمى معامل زيادة التحميل او معامل بدء التشغيل وتتوقف هذه النسبة على عدة عوامل :

- أ - نوع البناء ومقدار سعته الحرارية .
- ب - الرجل المستعمل ونوع الوقود وطريقة حرقه (يدوى ام آلي)
- ج - درجة حرارة التصميم الخارجية ، فيما اذا كانت قد اخذت
- د - مقدار حمل التصميم .

ولتقدير قيمة حمل الرجل بشكل تقريبي يمكن اعتماد قيمة البث الحرارى من الانابيب من ١٠ ٪ الى ٣٠ ٪ من حمل المدافىء الكلي وقيمة معامل بدء التشغيل ٢٠ ٪ من الحمل الكلي وذلك في حال استعمال رجل مع حراق آلي .

عند اختيار رجل معين يجب تحديد مايلي :

- ١ - نوع الرجل من حيث المادة المصنوع منها والغرض المطلوب من الرجل .

٢- نوع الوقود المستعمل *

٣- استطاعة المرجل (Kw) بالكيلو واط *

٤- يجب تحديد مواصفات متممات المرجل مثل مقياس الحرارة ،

ومقياس الضغط وصمام الامان وغيرها *

٥- تحديد مقدار الضغط الذي يمكن للمرجل تحمله مقدرا بالبار

(أى ضغط التشغيل المقبول) *

٥- ١- ٧- التحكم بتشغيل المرجل :

يتم التحكم في القدرة التي يعطيها المرجل بواسطة تعديل

القدرة الداخلة اليه ويصار الى تنظيم قدرة المراجل الصغيرة

المستعملة في المنازل مثلا والتي تعمل على المازوت والغاز

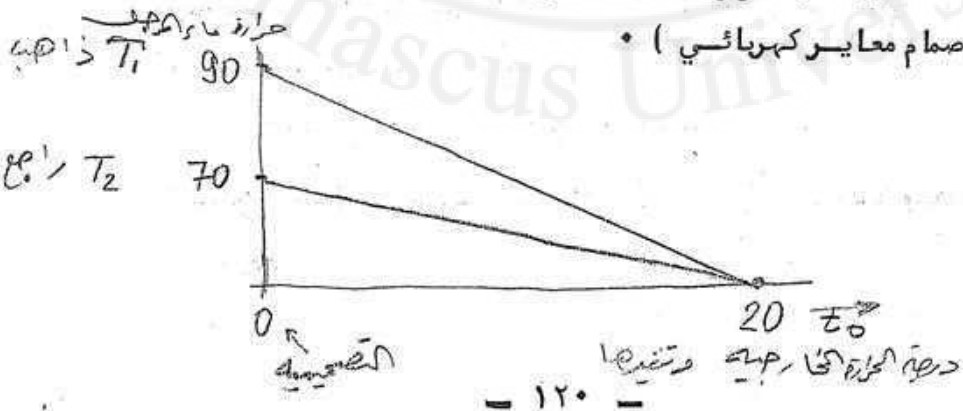
بايقاف الحراق وتشغيله بـتحكم (on-off) *

اما في المراجل الكبيرة فيمكن ان يتم التحكم بواسطة :

١- ايقاف وتشغيل الحراق (on-off)

٢- تعديل كمية الوقود الداخل الى الحراق بدون ايقافه (بواسطة

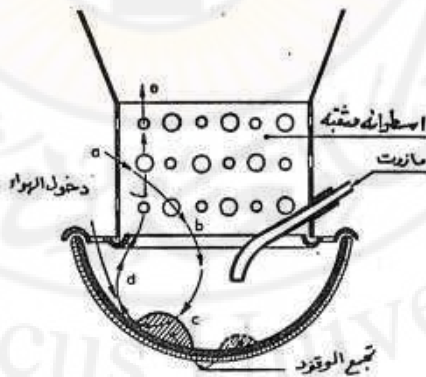
صمام معاير كهربائي) *



٥ - ٢ - حراقات المازوت :

لا يمكن استعمال الوقود السائل لحرقه بالمرجل الا بعد
تذريبه او تبخيره ومزجه مع الهواء بشكل جيد • لذلك تستعمل
حراقات خاصة تقوم بهذه العملية بشكل آلي •
وتقسم هذه الحراقات من حيث مبدأ الاشتعال الى نوعين
رئيسيين :

- أ - الحراقات من النوع المبخر للمازوت •
 - ب - الحراقات من النوع المذرر للمازوت •
- أ - في النوع الاول يتبخر الوقود السائل بفعل الحرارة ويشتعل البخار
بمزجه بكمية من الهواء المناسبة للاحتراق •



- ب - وفي النوع الثاني يذرر الوقود السائل الى جزيئات (ذرات صغيرة)
وتمزج هذه الجزيئات مع الهواء ويدخل المزيج الى غرفة
الاحتراق في المرحل •

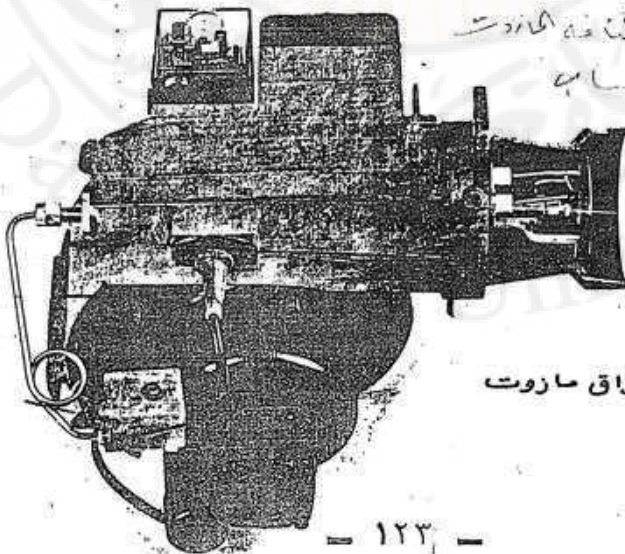
٥-٢-١- اختيار الحراق :

تحدد استطاعة الحراق بحسب استطاعة المرجل المحددة ومن مواصفات المازوت المستعمل ويعبر عن استطاعة الحراق بكمية المازوت الذي يحرقه بوحدة الزمن وتؤخذ عادة بالكيلو غرام بالساعة ويتم تحديد هذه الكمية بحسب العلاقة التالية :

$$M = \frac{Q \times 3600}{\eta \times C_v}$$

- حيث Q استطاعة المرجل الصافية بالكيلو وات : (Kw)
 η مردود المرجل (حسب نوع المرجل)
 C_v القيمة الحرارية للمازوت $\approx (41800 \text{ KJ/Kg})$

نحصل على M كمية المازوت اللازمة بالكيلو غرام بالساعة : (Kg/h) .



مردود المرجل η كثافة المازوت
 0.84 Kg/l
 قيمة الحرارة
 $\frac{M}{S} = V$

خروج حراق مازوت

٥ - ٣ - حساب كمية الوقود المستهلك :

=====

يتبع استهلاك الوقود الى عدة عوامل وهي :

- أ- الضياعات الحرارية للبناء (Q)
- ب- القيمة الحرارية للوقود المستعمل (C_v)
- ج- مردود المرجل (η)
- د- عدد الايام التي تحتاج الى تدفئة (N)
- هـ- عامل استعمال التدفئة (F)
- و- عامل الطقس واختلاف درجة الحرارة الخارجية (C)

أ- الضياع الحرارى للبناء : (Q) :

=====

يتم حساب الضياع الحرارى من البناء (Q) بحسب شروط التصميم من حيث سرعة الرياح وتسرب الهواء الى الغرف وبما ان تسرب الهواء لا يكون في جميع الاتجاهات للبناء * وباعتبار البناء كوحدة متكاملة فان ذلك يؤدى الى تخفيض مقدار الحرارة اللازمة للبناء بمقدار حوالي (20 %) عن كمية الضياع الحرارى المحسوبة * كما انه عند حساب الضياع الحرارى من البناء لم يؤخذ بعين الاعتبار الحرارة المتولدة من المصابيح الحرارية كالانارة والاشخاص وغيرها وهذا يعطى تخفيض مقداره حوالي (5 %) عن كمية الحرارة المحسوبة ويكون مجموع التخفيض نتيجة ما ذكر يساوى (25 %) عن كمية الحرارة المحسوبة وتصبح بذلك كمية الحرارة المعتبرة تساوى (0,75 Q) حيث تقدر (Q) بالكيلو واط وتساوى للضياع الحرارى

• المحسوب للبناء

ب- القيمة الحرارية للوقود : (C_v) :

=====

وتتبع لنوع الوقود المستعمل وتساوى تقريبا بالنسبة

للمازوت المستعمل بالتدفئة لمقدار (41800 KJ/Kg)

ج- مردود المرجل: (η) :

=====

ذكرنا سابقا ان مردود المرجل يتبع لنوع المرجل ومواصفات حرق الوقود فيه وان هذا المردود ينقص بعد التشغيل ويمكن اعتباره بشكل وسطي وتقريبي حوالي (75 %) •

د- عدد الايام التي تحتاج الى تدفئة : (N) :

=====

تتبع عدد الايام التي تحتاج الى تدفئة للموقع الجغرافي للمكان المدفأ فهي طويلة في المناطق الشمالية وتصل الى (300) يوما في البلاد الاسكندنافية ، اما في المناطق المعتدلة فتتراوح بين (150) يوما للمدن الداخلية و (120) يوما للمدن الساحلية •

هـ- عامل استعمال التدفئة: (F) :

=====

يعرف عامل استعمال التدفئة بنسبة عدد ساعات التشغيل الفعلية الى عدد ساعات الايام التي تحتاج الى تدفئة :

$$F = \frac{\tau \cdot n}{24 \cdot N}$$

وبتعويض قيمة كل عامل نحصل على :

$$M = \frac{0,75 \cdot 24 \cdot 0,6 \cdot 3600}{41800} \times \frac{Q \cdot N \cdot F}{\eta}$$

$$M = 0,93 \frac{Q \cdot N \cdot F}{\eta}$$

وباعتبار مدينة داخلية (N = 150) ومردود مرجل يساوي ($\eta = 75\%$)

$$M = 186 (Q \cdot F) \quad \text{يكون}$$

$$M = 186 \cdot Q \quad \text{إذا اعتبرنا} \quad F = 1 \quad \text{يكون}$$

$$M = 115 \cdot Q \quad = \quad F = 0,62$$

$$M = 72,5 \cdot Q \quad = \quad F = 0,39$$

• حيث تقدر Q بالكيلووات و M بالكيلو غرام

وكثافة المازوت تساوي : $\rho = 840 \text{ Kg/m}^3$

0- 2- 1- خزانات المازوت : Fuel Tanks

من المفضل تأمين خزانات للمازوت تستوعب استهلاك شهر على

الاقل • تصنع هذه الخزانات بشكل اسطواني او متوازي المستطيلات

من الصاج الاسود بسماكة لا تقل عن (3 mm) وتصل الى (6 mm)

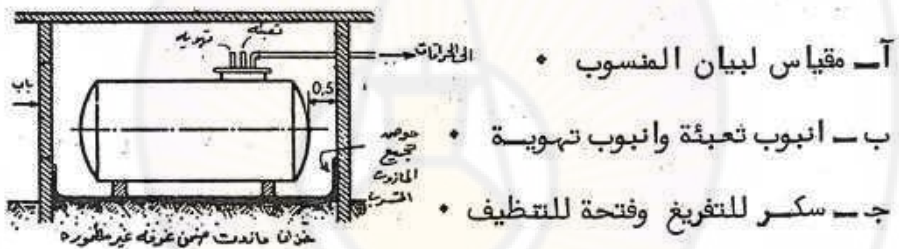
في الخزانات الكبيرة • وتكون الخزانات اما مضمورة او ضمن غرفة بيتونية

ذات منسوب منخفض عن منسوب المرجل وهذا يتطلب استخدام خزان مازوت يومي يوضع على نفس منسوب المرجل مع استخدام مضخة مازوت لتعبئته من الخزان الشهري المظفور .

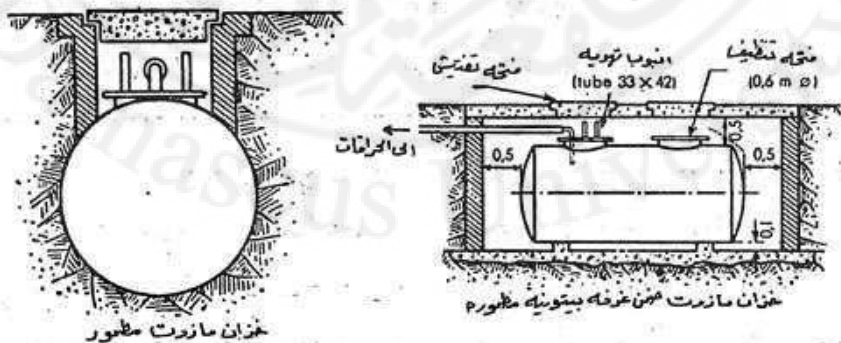
وتركب الخزانات على قواعد اسمنتية او معدنية وتعزل جيدا لمنع الصدأ اذا كانت مظلورة .

وفي التأسيسات الكبيرة من المستحسن استعمال اكثر من خزان حيث يمكن تعبئة احدهما بينما يكون الآخر في حالة الاستعمال .

يركب على خزان المازوت التجهيزات التالية :



د - صمام اغلاق على انبوب تغذية الحراق مع مصفاة مازوت ، كما يركب ايضا صمام آلي يغلق عند حدوث اى حريق في غرفة المراجل ، لمنع استمرار تدفق المازوت .



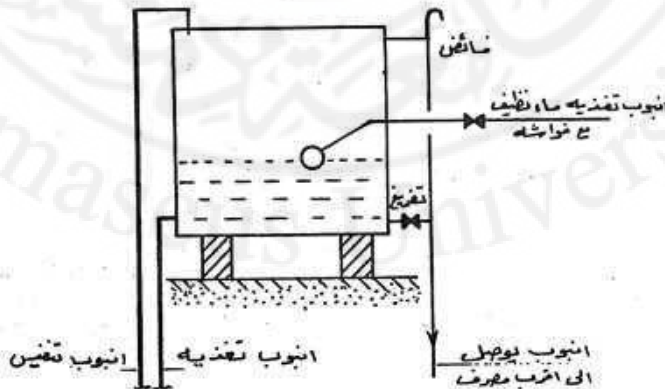
٥ - ٤ - خزان التمدد والتغذية :

يستعمل هذا الخزان من اجل تغذية مجموعة التدفئة بالماء عند التعبئة وللتعويض الدائم عن اى فقدان في كمية الماء في المجموعة. كذلك يقوم بأستيعاب الزيادة في حجم الماء المتمدد بسبب ارتفاع درجة الحرارة ليعيدها الى المجموعة عند تقلص الماء بسبب انخفاض درجة الحرارة •

يتم تركيب خزان التمدد والتغذية في مكان مرتفع من البناء بحيث يكون مستوى قاعدته اعلى من اعلى نقطة في الدارة للتمكن من تعبئة الدارة بكاملها من خزان التمدد وفرض ضغط معين على الشبكة وبصورة خاصة على المرجل بحيث يمنع هذا الضغط من تشكل البخار عند درجة الحرارة المطلوبة لماء التغذية •

يوضح الشكل نموذج لخزان تمدد مفتوح مع الانابيب الموصلة

معه :



لحساب حجم خزان التمدد المناسب يجب معرفة كمية الماء في مجموعة التدفئة • إذا كان حجم الماء الأصلي في الدارة (في المراجل - الانابيب - المدافئ ... الخ) عند درجة الحرارة البدائية t_1 هو (V) •

و درجة حرارة الماء الوسطية بعد التشغيل هي t_2

و v_1 الحجم النوعي للماء عند t_1

v_2 الحجم النوعي للماء عند t_2

يكون وزن الماء بالدارة مساويا ل :

$$m = \frac{V}{v_1} \text{ (Kg)} \quad \text{----- [1]}$$

هذا الوزن لا يتغير مع تغير درجة الحرارة وبذلك يكون حجم التمدد (E) مساويا ل :

$$E = (m v_2 - m v_1) \quad \text{----- [2]}$$

بتعويض قيمة m من [1] في [2] فنحصل على :

$$E = \frac{V}{v_1} (v_2 - v_1)$$

يؤخذ عندئذ حجم الخزان الفعلي مساويا لضعف E او اكثر •

$$\square = 2E = 0,08 V \quad \text{المحجم الخزان}$$

يمكن استعمال الجدول التالي لتحديد حجم خزان التمدد

بدلالة استطاعة المرجل كما يعطي اقطار الانابيب الموصلة

• بخزان التمدد

$\frac{m}{kg}$
 0,0010001
 0,0010004
 0,0010228
 0,0010290
 0,0010359

$$\frac{(80^\circ - 10^\circ)}{\frac{v_2 - v_1}{v_1}} = 0,0285885$$

عامل التمدد

والجدول هذا مأخوذ من مرجع (I HVE - B.16)

انبوب الفائض	انبوب التفيس	انبوب التغذية	انبوب التغذية مع القواشة	حجم الخزان الاسمي Litres	استطاعة المرجل أو مسخن الماء KdW
25	25	20	15	40	Up to 20
32	25	20	15	70	20 — 45
32	25	20	15	90	45 — 60
32	32	25	15	110	60 — 75
32	32	25	15	170	75 — 150
40	40	32	20	220	150 — 225
40	40	32	20	260	225 — 300
40	50	40	20	300	300 — 375
50	50	40	20	350	375 — 450
50	50	40	25	430	450 — 600
50	65	50	25	550	600 — 750
50	65	50	25	880	750 — 900
80	65	50	25	880	900 — 1200
80	65	50	25	1000	1200 — 1500

٥ - ٤ - ١ - الانابيب الموصلة الى خزان التمدد :

لا يجوز ان يحتوى انبوب التفيس على اى سكر من المرجل

الى خزان التمدد •

يفضل ان لا يحتوى انبوب التغذية ايضا على سكر من المرجل الى

خزان التمدد •

يقترح في بعض التصاميم استعمال خزان تمدد خاص بكل مرجل
إذا كان في الدارة أكثر من مرجل علما أن كلفة هذا الخزان بسيطة
جدا بالنسبة لكلفة باقي التجهيزات في الدارة •

يركب أنبوب الفواشة في منتصف ارتفاع الخزان بحيث يتحرك
النصف الأعلى من الخزان لاستيعاب الماء المتمدّد •

- قطر أنبوب التنفيس الخزان

$$d = 15 + 1.5 \sqrt{\frac{Q}{1000}} \quad \text{mm}$$

$$d = 15 + 1.5 \sqrt{\frac{Q}{1000}} \quad \text{أو} \quad \begin{matrix} Q \text{ kW} \\ \text{ج.م} \end{matrix}$$

قطر أنبوب التفريغ

$$d = 15 + \sqrt{\frac{Q}{1000}} \quad \text{mm}$$

حيث Q القدرة الحرارية المرجل [W]

$$d = 15 + \sqrt{Q} \quad \begin{matrix} Q \text{ kW} \\ \text{ج.م} \end{matrix}$$

لا يجوز أقل من 15mm

٥-٥ - مضخات التسريع :

تكون مضخات تسريع الماء الساخن من النوع الطارد المركزى ويتراوح ضغطها من بضعة سنتيمترات الى عدة امتار ماء وتستعمل في مجموعات التدفئة ذات الجريان القسرى •

ولمضخات التسريع نماذج متنوعة فمنها افقية ومنها رأسية وبعض المضخات الصغيرة يمكن تركيبها على الابواب مباشرة بدون قاعدة اما المضخات الكبيرة فتتركب على قاعدة اسمنتية ويفضل تركيب صمام اغلاق على كل من طرفي المضخة • وفي حال استعمال اكثر من مضخة على التفرع يجب وضع سكر عدم رجوع بعد كل مضخة •

ولا عطاء مواصفات كاملة للمضخة يجب تحديد فرق الضغط الذى تعطيه المضخة وتدققها • ويتم حساب فرق الضغط من حساب مقاومة الشبكة (أى مقاومة الدارة الابد) وذلك كما مر معنا سابقا • وبوئخذ عادة ضغط المضخة مساويا أو اكبر من هذه المقاومة بقليل ويقدر ضغط المضخة بالكيلو باسكال او بالمتري ماء • ويتم تحديد تدفق المضخة من معرفة كمية الحرارة الكلية الناتجة عن مجموع الاحمال الحرارية للدافىء والضياع الحرارى الكلي من الانابيب ، وذلك بتطبيق العلاقة التالية

$$M = \frac{Q}{C (t_1 - t_2)} \quad (Kg/s)$$

حيث :

Q كمية الحرارة الكلية بالوات (W)

C الحرارة النوعية للماء (J/Kg.°C)

t_1 درجة حرارة الماء الذاهب من المرجل •

t_2 درجة حرارة الماء الراجع الى المرجل •

نحصل على كمية الماء المتدفق M بالكيلو غرام بالثانية •

٥- ١- قوانين التشابه بالمضخات :

إذا كان لدينا مضخة تسريع مركبة في دائرة تدفئة وتعطي تدفق مقداره M_1 (Kg/s) وضغط مقداره ΔP_1 (N/m²) واستطاعتها N_1 (W) عند عدد دورات n_1 (1/s) والمطلوب حساب مواصفات المضخة عند عدد دورات n_2 (1/s) • فانه يمكن استعمال علاقات التشابه للمضخات حيث لدينا :

$$M_2 = M_1 \frac{n_2}{n_1} \quad \text{للتدفق}$$

$$\Delta P_2 = \Delta P_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \quad \text{للضغط}$$

$$N_2 = N_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 \quad \text{للاستطاعة}$$

$$N = \left(M \right)^{3/4} \times \left(\Delta P \right)^{1/4} = \left[\frac{W}{s} \right] \quad \text{حيث :}$$

ويمكن تحديد استطاعة المحرك الكهربائي اللازم للمضخة من

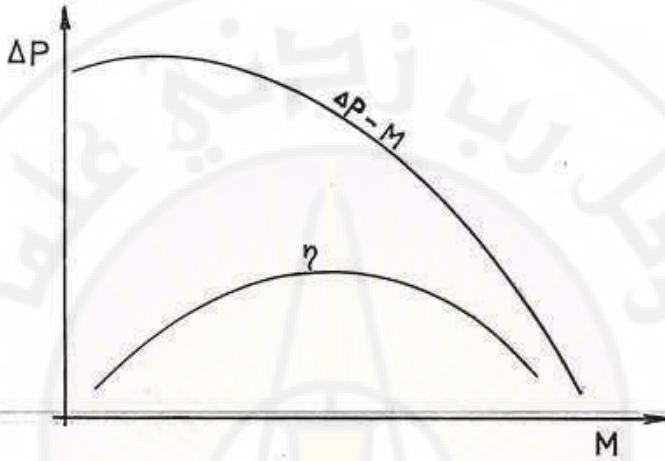
معرفة المردود الميكانيكي (η_m) ومردود المحرك الكهربائي (η_p)

استطاعة المحرك الكهربائي :

$$\tilde{N} = \frac{N}{\eta_p \cdot \eta_m}$$

٥ - ٥ - ٢ - المخططات المميزة للمضخات :

يبين الشكل مخطط التدفق والضغط لمضخة مع مخطط المردود



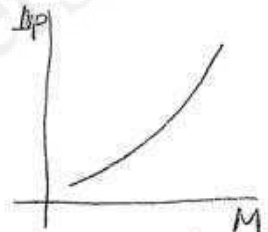
٥ - ٥ - ٣ - خصائص شبكة التدفئة ومقاومة الانابيب :

في اية شبكة تدفئة مركزية او اية شبكة مائية تتغير مقاومة الشبكة مع تغير تدفق الماء وتتبع للعلاقة التالية :

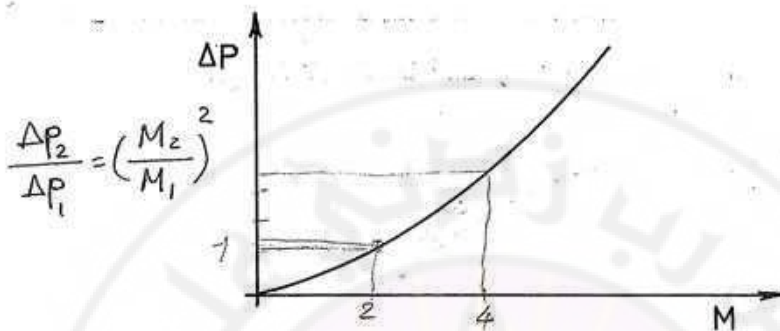
$$\frac{\Delta P_1}{\Delta P_2} = \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2$$

$$\Delta P_2 = \frac{\Delta P_1}{M_1^2} (M_2^2)$$

$$y = a \cdot x^2$$



• والمخطط البياني يبين علاقة التدفق مع مقاومة الشبكة .



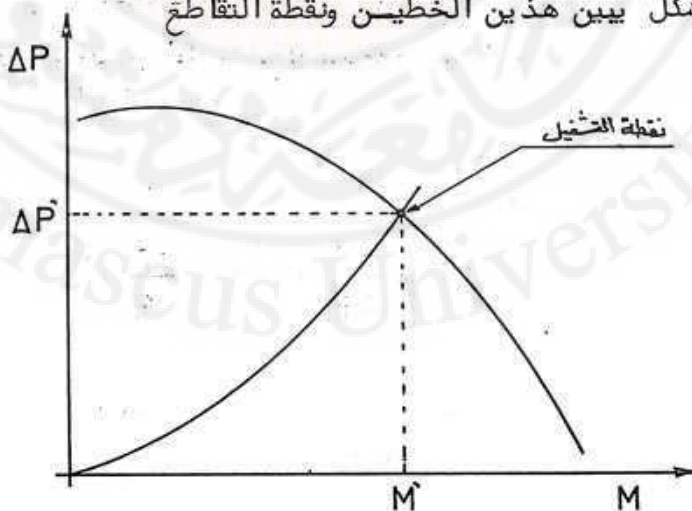
أى ان مقاومة الشبكة (ΔP) تتناسب مع مربع كمية التدفق (M)

$$\Delta P_2 = a M_2^2$$

$$a = \left(\frac{\Delta P_1}{M_1^2} \right)$$

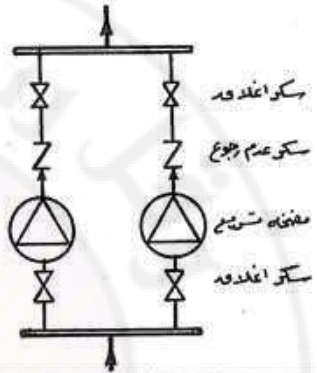
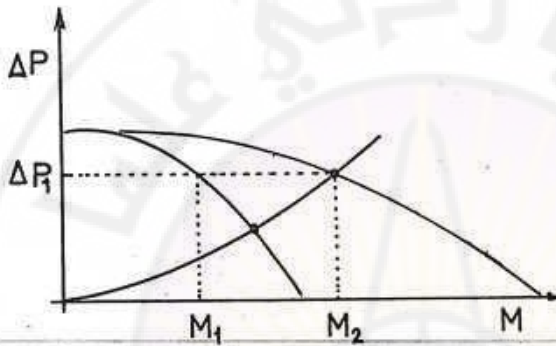
نقطة التشغيل :

لايجاد الموضع الفعلي لتشغيل المضخة عند ربطها الى الشبكة يرسم الخط البياني (تدفق - ضغط) للمضخة والخط البياني (تدفق - ضغط) للمجموعة ونقطة التقاطع تمثل نقطة تشغيل المجموعة والشكل يبين هذين الخطين ونقطة التقاطع



يمكن ربط المضخات على التفرع بقصد زيادة التدفق وذلك

حسب الشكل :

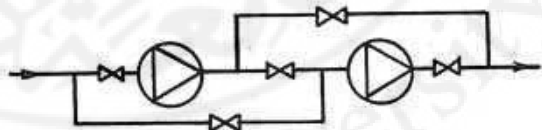
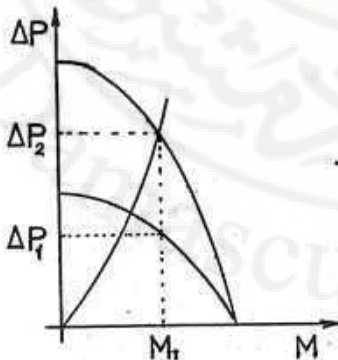


يبقى الضغط كما لو كان ضغط مضخة واحدة ويتضاعف التدفق :

$$\Delta P_1 = \text{ثابت} \quad \text{و} \quad M_2 = 2 M_1$$

يمكن ربط المضخات على التسلسل بقصد زيادة الضغط وذلك

حسب الشكل :

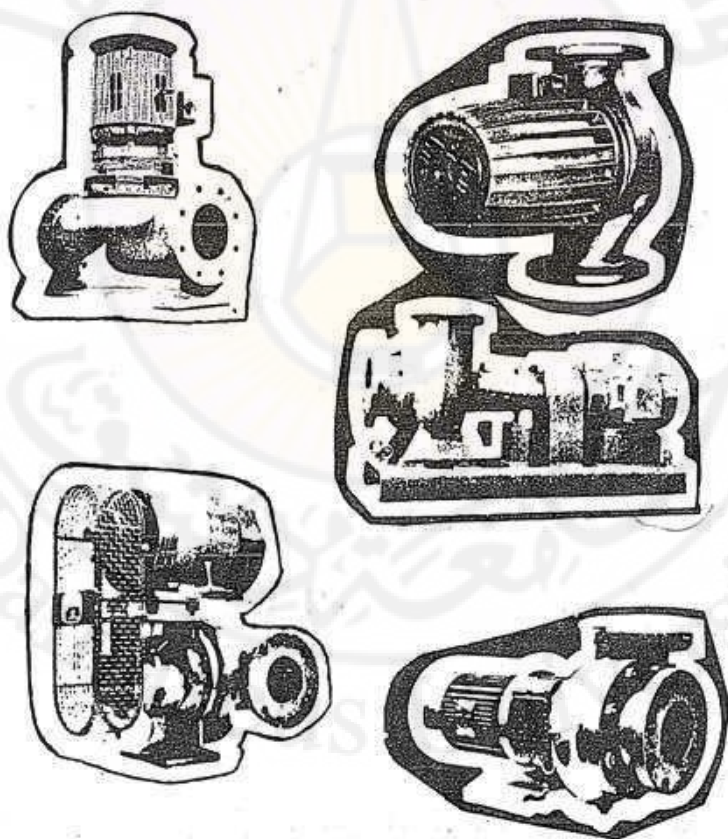


يبقى التدفق كما لو كان تدفق مضخة واحدة ويتضاعف الضغط

$$\Delta P_2 = 2 \Delta P_1 \quad \text{و} \quad M_1 = \text{ثابت}$$

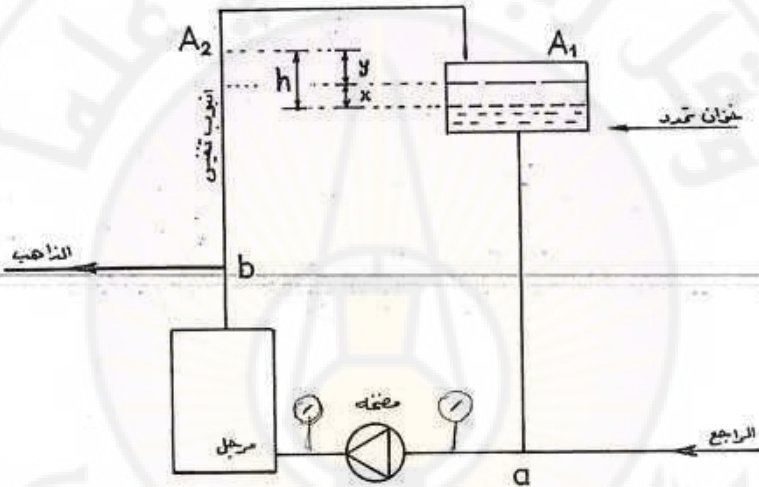
الشكل التالي يبين بعض نماذج مضخات التسريع المستعملة :

Pumps



٥ - ٦ - وضع المضخة في الشبكة وعلاقتها بخزان التمدد :

يحدد ضغط الماء عند أية نقطة في شبكة تدفئة مغلقة عندما تكون المضخة شغالة ، بواسطة الجمع الجبري للضغط الستاتيكي عند تلك النقطة • لنأخذ الشبكة المبينة بالرسم :



عندما تشغل المضخة تبدأ بسحب الماء من الخزان وإرساله في انبوب التفيس الى ان يصبح الفرق في مستوى الماء بين الخزان وانبوب التفيس مساويا للضغط المتبقي عند النقطة (b) •

فاذا كان ضغط المضخة الكلي (H) ومقدار انخفاض الضغط من a الى b هو (H_{a-b}) فعندها يكون الضغط المتبقي في النقطة (b) مساويا لـ (h) •

$$h = H - H_{a-b} = (x + y) \quad \text{حيث :}$$

• اذا فرضنا : A_1 مساحة سطح الخزان

- A_2 مساحة مقطع انبوب التفيس •
- x التغير في مستوى الماء في الخزان •
- y التغير في مستوى الماء في انبوب التفيس •

يمكن ان نكتب : $A_1 \cdot x = A_2 \cdot y$

$$y = \frac{A_1}{A_2} \cdot x$$

وبذلك يمكن ان نكتب قيمة h كما يلي :

$$h = x + y = x + \frac{A_1}{A_2} x = x \left(1 + \frac{A_1}{A_2} \right)$$

وبلا حظ ان النسبة A_1 الى A_2 كبيرة بالنسبة الى قيمة h وبالتالي
يفتح ان قيمة x صغيرة والمثال التالي يعطي فكرة عن تغير الارتفاع
 x للماء في الخزان •

مثال :

سطح الخزان $A_1 = 50 \times 50 = 2500 \text{ cm}^2$

مقطع انبوب التفيس $A_2 = 5 \text{ cm}^2$

بفرض قيمة الضغط $h = 200 \text{ cm}$

فتكون قيمة x بحسب العلاقة :

$$x = \frac{h}{\left(1 + \frac{A_1}{A_2} \right)} = \frac{200}{501} = 0,4 \text{ cm}$$

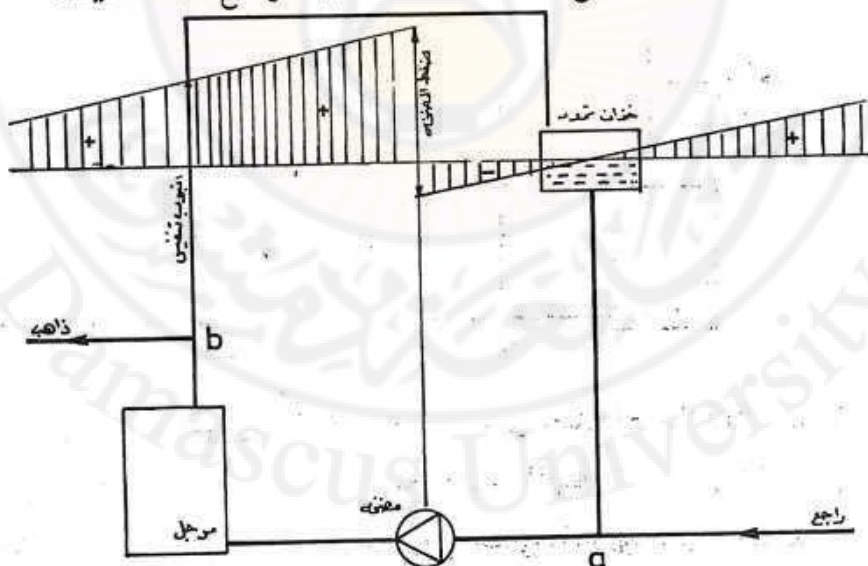
بذلك يمكن اعتبار التغير في مستوى الماء بالخزان مهملاً نتيجة

تشغيل المضخة ، وبالتالي الضغط عند النقطة (a) يبقى ثابت ويمكن اعتبارها النقطة المحايدة ومنه يمكن اعتبار الضغط الناتج عن ارتفاع خزان التمدد ثابت وبذلك سنعتبر عند دراسة توزيع الضغط في المجموعة على ان مستوى الماء في الخزان هو خط الأساس •

يمكن ملاحظة توزيع الضغط في الشبكة في الحالات الأربعة التالية لموضع المضخة في الشبكة :

الموضع الأول (A) :
=====

في الموضع A تقع المضخة بين خزان التمدد والمرجل وعلى الأنبوب الراجع • ويلاحظ انه يجب رفع مستوى انبوب التفيس فوق مستوى الخزان وذلك لمنع تدفق الماء منه نتيجة ارتفاع الضغط فيه •



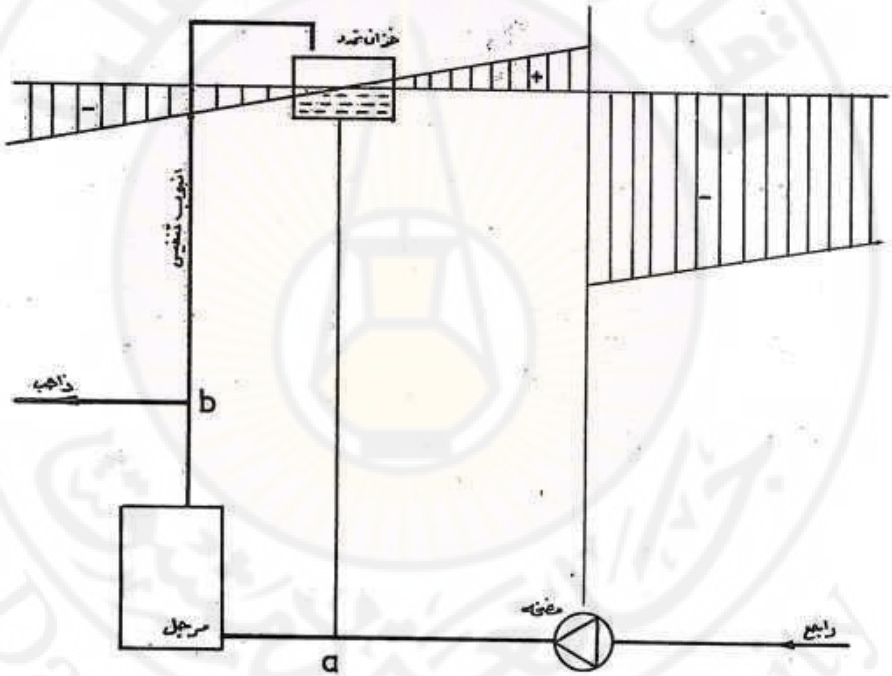
يلاحظ ان الشبكة تعمل بضغط مرتفع عندما تكون المضخة

شغالة •

الوضع الثاني (B) :

=====

في الوضع (B) تقع المضخة على الانبوب الراجع قبل خزان التمدد والتغذية • في هذه الحالة تعمل غالبية الشبكة عند ضغط اخفض من الضغط الستاتيكي الناتج عن خزان التمدد •

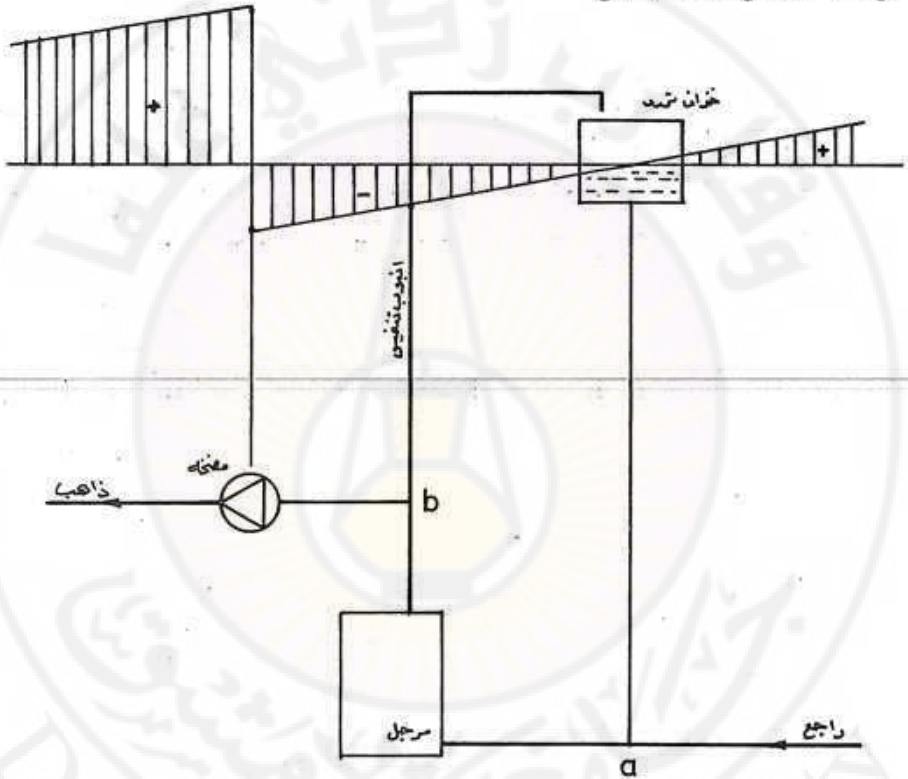


ويجب الاحتراس من انخفاض الضغط في بعض المعدات الى ضغط اخفض من الضغط الجوي حيث يدخل عندها الهواء الى الشبكة كما ان انخفاض الضغط في المرجل يشجع على حدوث الجيوب البخارية ، ويظهر ان الحسنة الوحيدة لهذا الترتيب هو عدم الحاجة لرفع مستوى انبوب التفيس الى مستوى عالي •

الوضع الثالث (C) :

=====

في هذا الوضع تقع المضخة على انبوب التغذية (الماء الذاهب)
وبعد انبوب التفيس .



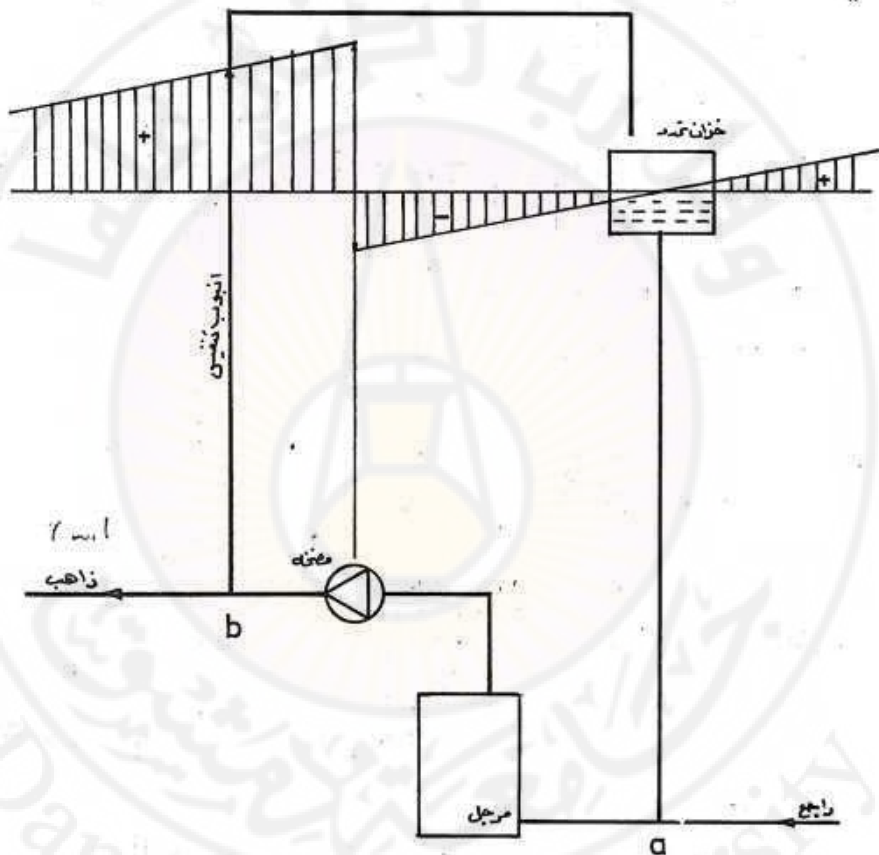
لهذا الوضع ميزات الوضع A ولكن بدون الحاجة الى رفع
الانبوب التفيس الى مستوى اعلى من خزان التمدد ، كما هو الحال
في الوضع (A) .

الوضع الرابع (D) :

=====

في هذا الوضع تقع المضخة على انبوب الماء الذاهب بين

المرجل وانبوب التفيس وبشبه هذا الترتيب الوضع (C) ولكن
هنا يجب رفع انبوب التفيس الى ارتفاع اعلى من مستوى خزان التمدد
كي لا يتدفق منه الماء *



وفي غالبية الشبكات يفضل استعمال الوضع (C)، كما يمكن
استعمال الوضع (B) عند اللزوم وهنا يجب التحقق من الضغط
في جميع اجزاء الدارة *

٥ - ٧ - المداخن : CHIMNEYS

تقوم المدخنة في منشآت التدفئة المركزية بعملين :

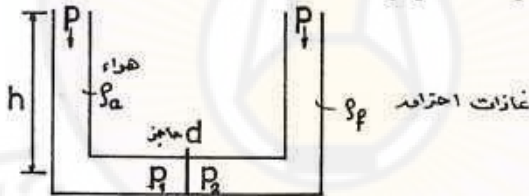
- ١ - طرح غازات العادم والاحتراق الى خارج البناء .
- ٢ - تقديم السحب اللازم للاحتراق .

٥ - ٧ - ١ - السحب الطبيعي :

وهو الذى ينتج بتأثير فعل المدخنة فقط وبدون اى مساعد

آلي اخر ويتسبب هذا السحب عن الفرق في كثافة عمود هواء

خارجي وعمود غازات احتراق مماثل له .



P = الضغط الخارجي المؤثر على اسطواناتي الهواء والغازات

بالباسكال ضغط جوى مثلا .

h = ارتفاع الاسطوانة .

ρ = الكثافة .

d = حاجز بين الاسطوانتين .

g = التسارع الارضي

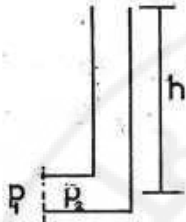
بصورة عامة الضغط الناتج في :

$$P_1 = P + g \cdot \rho_a \cdot h \quad : \text{عمود الهواء}$$

$$P_2 = P + g \cdot \rho_g \cdot h \quad : \text{عمود الغازات}$$

وبما ان $\rho_p < \rho_a$ فان $p_2 < p_1$

والفرق بين p_1 و p_2 هو الضغط المسبب لجريان الهواء عند ازالة الحاجز d . فلو ازيل الحاجز d الآن واصبح الشكل كما هو مبين بالرسم لحصلنا على المدخنة .



$$p_1 - p_2 = g (\rho_a \cdot h - \rho_p \cdot h)$$

$$\Delta p = g \cdot h (\rho_a - \rho_p) \dots (1)$$

أى ان السحب يتوقف على الارتفاع وعلى فرق الكثافات والتي تنعكس على فرق درجات الحرارة ايضا حسب ما سيشرح :

من الممكن وضع هذه العلاقة بمعلومية درجات الحرارة اذا ما

طبق قانون الغازات المثالية على الهواء وعلى غازات الاحتراق :

لنوجد قيمة ρ من قانون الغازات العام :

$$P \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{P}{R \cdot T} \quad \text{ومنـه :}$$

$$\rho_a = \frac{P_a}{R_a T_a} \quad , \quad \rho_p = \frac{P_p}{R_p T_p} \quad \dots (2)$$

نعوض قيمة ρ من (2) في العلاقة (1) فنحصل على :

$$\Delta p = g \cdot h \cdot \left(\frac{P_a}{R_a T_a} - \frac{P_p}{R_p T_p} \right)$$

ومن الممكن تسهيل هذه العلاقة واعتبار

$$P = P_a = P_p$$

$$R = R_a = R_p$$

فتصبح من الشكل :

$$\Delta p = \frac{g.h.P}{R} \left(\frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_p} \right)$$

$$\Delta p = \frac{g.h.P}{R.T_a.T_p} (T_p - T_a) \quad \text{بتوحيد المخارج}$$

أى ان مقدار السحب (Δp) يتوقف على فرق درجات الحرارة بين غازات العادم ودرجة حرارة الهواء الخارجي وعلى ارتفاع المدخنة (h)

٥-٧-٢ - اختيار المدخنة :

من اجل حساب ابعاد المدخنة لمجموعة تدفئة معينة يجب اخذ

ما يلي من العوامل بعين الاعتبار :

- ١- مقاومة المرجل للغازات وكذلك مقاومة وصلات المدخنة المعدنية •
- ٢ - حجم او كمية غازات الاحتراق المتصرفة من المدخنة •
- ٣ - درجة حرارة غازات الاحتراق عند المخرج من المدخنة وتأثير المدخنة •

ولو فرض انه امكن تحديد هذه العوامل بدقة فلا بد من اجراء بعض التعديلات على حسابات المدخنة النظرية وذلك كي تشمل مجالات تشغيل واسعة لمجموعة التدفئة لذلك فانه يوجد جداول ومخططات يمكن بموجبها تحديد مقطع المدخنة بدلالة استطاعة المرجل وارتفاع المدخنة •

كما يمكن حساب مقطع المدخنة بأستعمال العلاقات التالية :

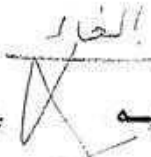
$$A_p = \frac{M}{70 \sqrt{h}} \quad \text{آ - دستور هيرودى}$$

- ١٤٧ -

$$A_p = \frac{Q (kw)}{65 \sqrt{h}}$$

$$A_p = \frac{M}{100 \sqrt{h}}$$

ب - دستور مونجولفييه



$$A_p = \frac{Q_{kw}}{871 \sqrt{H}}$$

نصف المصاحف

حيث :

A مساحة مقطع المدخنة بالمتر المربع

• وزن الوقود الذي يحرق بالكيلو غرام بالساعة (M) (Q)

h ارتفاع بالمتر بين منسوب محور الحراق وأعلى نقطة

• في المدخنة

$$h = H - 0,5 \text{ (m)}$$

حيث H ارتفاع المدخنة من منسوب أرض غرفة المراحل

إذا كانت Q الاستطاعة الحرارية للمرجل بالكيلو واط فإن M وزن
الوقود المحترق بالكيلو غرام / ساعة يساوي :

$$M = \frac{Q \times 3600}{C_v \times \eta} = \frac{Q \times 3600}{41800 \times 0,75}$$

حيث : C_v القيمة الحرارية للمازوت (KJ / Kg)

• η مردود المرجل

صندوق المدخنة

$$A_p = \frac{Q}{650 \sqrt{h}}$$

بشكل المصاحف

0 - 2 - 3 - تصنيف المدخنة :

1 - يمكن ان تصنع المدخنة من الفولاذ الصفيح

2 - من الفولاذ الصفيح المبطن بأجر ناري مقاوم للحرارة سماكة (8 cm)

- 148 -

$$A_p = \frac{Q}{1200 \sqrt{h}}$$

صندوق المدخنة
1988 - 1989

- ٣ - من بيتون مسلح مبطن من الداخل بطبقة من الآجر المقاوم للحرارة .
 ٤ - من بيتون مسلح من الخارج ومن ثم فراغ هوائي سماكة (2 cm)
 ثم آجر حراري سماكة (10 cm) من الداخل مقاوم للحرارة *
 ٥ - يمكن ان يكون مقطع المدخنة دائري او مربع او مستطيل بحسب
 امكانية المكان المتوفر لبنائها *

يفضل ان تكون المدخنة معزولة وذلك لعدم تخفيض درجة
 حرارة الغازات المنطلقة من المدخنة الى درجة حرارة اخفض من نقطة
 الندى لهذه الغازات اذ يحدث عند ذلك تكاثف الابخرة على
 المدخنة وبالطبع هذا وضع غير مرغوب به *

٥ - ٧ - ٤ - اقية اخلاء الهواء الفاسد واقنية جلب الهواء الجديد :

- يجب ان تشمل كل غرفة مراجل بالاضافة الى النوافذ
 والابواب :
- في السقف على قناة او اكثر مهمتها اخلاء الهواء الفاسد ، تصل
 هذه القناة الى ما فوق السطح الاخير *
- وقناة او اكثر تنتهي في القسم الاسفل من الغرفة مهمتها جلب
 الهواء الجديد اللازم للاحتراق *

وتكون اقية اخلاء الهواء الفاسد مجاورة ما امكن ذلك للمداخن
 مساحة مقطعها A_v مساوية على الاقل لنصف مساحة المدخنة A_p
 على ان لا تقل عن ($0,01 \text{ m}^2$) *

اما اقية جلب الهواء الجديد المعدة لتأمين الهواء اللازم

لا احتراق الوقود تؤخذ مساحة مقطعها A_a مساوية لـ :

$$A_a = \frac{A_f + A_v}{2}$$

وينصح ان تكون فتحة قناة جلب الهواء الجديد بالقرب من الارضية وعلى

ارتفاع (0,4 m) الى (0,5 m) بعيدا عن اى حاجز يعوق

دخول الهواء بحرية . وفي بعض البلاد تنص التعليمات على أن

تنتهي هذه القناة خلف المراجل .

١ - ابعاد غرفة المراجل :

$$S = \frac{\sqrt{V}}{3} \text{ m}^2 \quad S = \frac{\sqrt{V}}{20} \text{ m}^2$$

٥ - ٨ - تجهيزات غرفة المراجل :

تجهز غرفة المراجل بما يلي :

- مدخل مناسب مع فتحة تهوية احتياطية تفتح للجو الخارجي اذا حصل

حريق بالغرفة .

- اضاءة جيدة وكافية .

- اجهزة اطفاء للحريق .

- التوصيلات الكهربائية معزولة ضمن انابيب حماية معدنية وموصلة

حسب الاصول ، كما ان جميع التجهيزات موصلة بخط ارضي

مناسب لحمايتها .

- تراعى جميع ملاحظات الامان اللازمة عند اجراء الصيانة او التصليح

في غرفة المراجل .

- ١٥٠ -

المعدل اليومي
Q = $\frac{V \times 40}{24}$ تقريباً

→

يكن حجم غرفة
A =

$$\frac{V \times 40 / 24}{600 \sqrt{P}} = \frac{V / 15}{15 / 2}$$

عند ضغط 1 bar مطلق
تكون درجة الحرارة 99,64 °C

صبح اهزة الضاير المستخرجة لقياس الضغط تقيس ضغط وساط
ربما امانة الضغط الجوي اليه ليس مع ضغط المنة .

-(الفصل السادس)-

التدفئة باستعمال الماء الساخن

ذى الضغط العالي ودرجة الحرارة المرتفعة

تصنف التدفئة بالماء الساخن بحسب درجات حرارة الماء المستعمل في
الدارة كما يلي :

حتى 120°C ضغط منخفض يساوي (2) بار مطلق

من 120°C الى 180°C ضغط متوسط يساوي (2-10) بار مطلق

من 180°C الى 230°C ضغط عالي يساوي (10-30) بار مطلق

وبشكل عام يسمى ضغط عالي ما هو اعلى من ضغط (2) بار مطلق

أى بدرجة حرارة اعلى من (120 °C) * وسنعتبر في دراستنا القادمة

ان المجموعة تعمل تحت ضغط عالي مجرد زيادة الضغط عن (2) بار * مطلق

٦-١-١ - مميزات استعمال مجموعة الضغط العالي :

١- المجموعة مغلقة تماما *

٢- جميع انابيب الدارة واقعة تحت ضغط معين *

٣- يجب ان يكون الضغط الكلي في اية نقطة من المجموعة اعلى من

ضغط الاشباع الموافق لدرجة حرارة الماء في المجموعة وذلك منعاً من

تشكل البخار في هذه النقاط •

٤ - يمكن ان تأخذ الانابيب في الدارة ميلا باتجاه التدفق أو بعكسه

٥ - يمكن زيادة الفرق بين درجة حرارة الماء الذائب والماء الراجع

بهدف تقليل كمية التدفق في الانابيب ويتراوح هذا الفرق بدرجات

الحرارة من 20 °C الى 40 °C • وهذا يسمح بأستعمال انايب

ذات اقطار اصغر •

٦ - من ارتفاع درجة الحرارة الوسطية لوحداث التدفئة يمكن تصغير حجم

هذه الوحدات لنفس الاستطاعة المطلوبة *

٦- ١- ٢- مساوى استعمال مجموعة الضغط العالي :

١- زيادة التكاليف التأسيسية نظرا لمتطلبات المجموعة لمواد تتحمل

الضغط العالي من انابيب وتجهيزات ومتممات *

٢- ضرورة استعمال ماء تغذية بضغط عالي ومنتظم وهذا يتطلب

• تجهيزات تحكم خاصة وصمامات اضافية للدارة

٣ - ارتفاع درجة الحرارة في المبادلات الحرارية ، يفرض عدم وضعها

قريبة من متناول اليد *

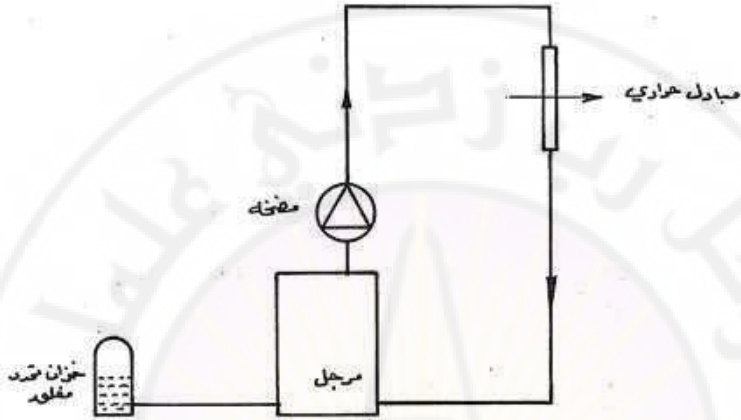
٤ - مجال استعمال دارات الضغط العالي يقتصر على الصالات الكبيرة

والاماكن التي لا يؤدى تسرب الماء بضغط مرتفع الى حوادث خطيرة

٦-٢ - مجموعة الضغط العالي للتدفئة :

الشكل يبين دائرة رمزية لمجموعة تدفئة بالضغط العالي وهي لا

تختلف من حيث المبدأ عن مجموعة الضغط المنخفض إلا في وضع ونوعية
 • خزان التمدد



ويمكن في هذه الحالة استعمال :

- أ- خزان تمدد مفتوح موضوع بمكان مرتفع بالنسبة للشبكة بحيث يوفّر من ضغوط
 سكوني على الشبكة يساوي الضغط المطلوب للحصول على درجة
 الحرارة المحددة بالإضافة للأمان اللازم لمنع تشكل البخار •
- ب- خزان تمدد مغلق يوفّر من الضغط المطلوب مباشرة يوصل مع الشبكة
 دون الحاجة لرفع منسوبه • وخزان التمدد المغلق هذا يمكن ان
 يضغط بواسطة الهواء المضغوط أو الأوت وكل خواصه وسأأتي على
 شرح ذلك فيما بعد •

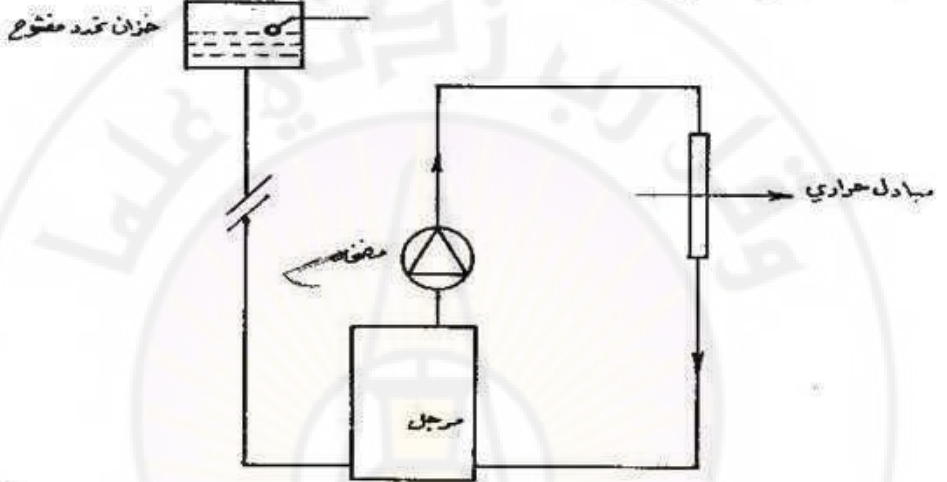
- ج- مرجل بخار يعطي الماء الساخن المضغوط بواسطة البخار المتشكل
 في المرجل وبذلك يعمل المرجل بنفس الوقت عمل خزان التمدد
 • المغلق

وسنوضح فيما يلي هذه الطرق المذكورة :

آ- الطريقة الاولى :

=====

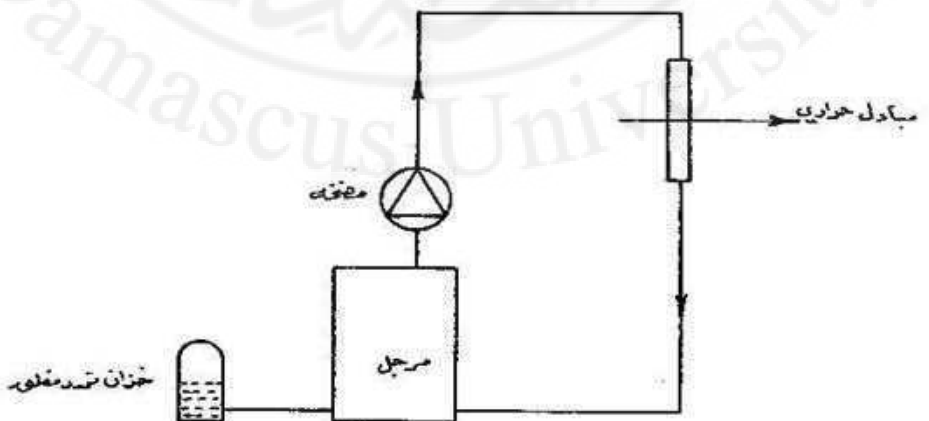
لتأمين الضغط العالي باستعمال خزان تمدد مفتوح مركب على
منسوب مرتفع عن الشبكة يعطي امكانيات محدودة لتأمين الضغط وذلك
لحاجة المجموعة الى ارتفاعات عالية للخزان لتأمين الضغط اللازم



ب- الطريقة الثانية :

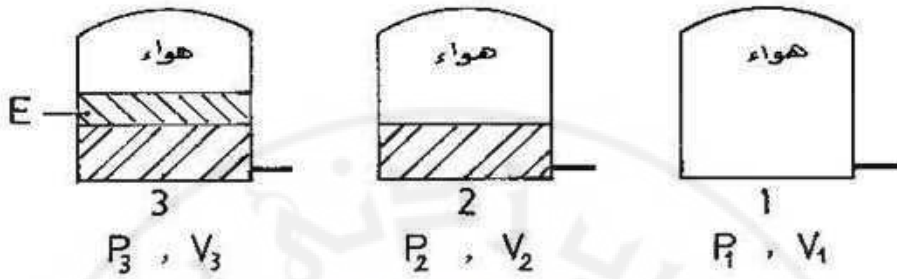
=====

بأستعمال خزان تمدد مغلق تتطلب هذه الطريقة حساب حجم
خزان التمدد المغلق من اجل تأمين الضغط المطلوب للشبكة



حساب حجم خزان التمدد المغلق :

لنأخذ خزان التمدد المغلق المبين بالشكل :



بفرض P ضغط الهواء في خزان التمدد

V حجم الهواء في خزان التمدد

١ - مجموعة التدفئة فارغة مع خزان التمدد وبذلك يكون حجم الهواء V_1

• مساو لحجم خزان التمدد كاملا

كما ان الضغط المطبق في المجموعة الفارغة هو الضغط الجوي

ويساوي P_1

٢ - تتم تعبئة المجموعة بالماء البارد تحت ضغط P_2 فيضغط هواء

خزان التمدد ونحصل على الوضع الجديد في الخزان

V_2 حجم الهواء في خزان التمدد

P_2 ضغط الهواء في خزان التمدد

٣ - بعد تسخين المجموعة يتمدد الماء بسبب ارتفاع درجة حرارة الماء

بمقدار (E) ويزداد منسوب الماء في خزان التمدد وبذلك ينقص

حجم الهواء المحصور ويزداد ضغطه ويصبح :

V_3 حجم الهواء ضمن الخزان

P_3 ضغط الهواء ضمن الخزان

مقدار التمدد (E) يحسب من العلاقة التي مرت سابقا :

$$E = \frac{V}{V_1} (V_2 - V_1)$$

حيث V حجم الماء في الشبكة محسوبا بدرجة حرارة البدء

V_1 , V_2 الحجم النوعي بدلالة درجة الحرارة للماء في الشبكة

يمكن تحديد حجم خزان التمدد المغلق V_1 باعتماد ما يلي :

يتغير حجم وضغط الهواء ضمن خزان التمدد بحسب الاجراءات

الترموديناميكية ويمكن اعتبار حالتين :

١- اجراء بثبات درجة الحرارة (ايزو ترم)

٢- اجراء بدون تبادل حرارى (اديباتي)

ـ الحالة الاولى بثبات درجة الحرارة (ايزو ترم) :

من المعلومات المعروفة بالترموديناميك يمكن ان نكتب :

$$P \cdot V = C$$

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = P_3 \cdot V_3 \quad \text{----- (1)}$$

$$V_2 = V_3 + E$$

$$V_3 = V_2 - E \quad \text{أو} \quad \text{----- (2)}$$

نبدل العلاقة 2 في 1 فنحصل على :

$$P_2 \cdot V_2 = P_3 (V_2 - E)$$

فتح الصنوط مغلقة

يوجد جدول

من المساحة
يحدد ثابت

بدلالة $V_2 - V_1$
درجات الحرارة

والتي من خلالها
نركز على مصدر
مقدار حجم المادة

ومن ثم

$$P_2 \cdot V_2 = P_3 \cdot V_2 - P_3 \cdot E$$

$$P_2 \cdot V_2 - P_3 \cdot V_2 = -P_3 \cdot E$$

$$V_2 (P_3 - P_2) = P_3 \cdot E$$

$$V_2 = \frac{P_3 \cdot E}{(P_3 - P_2)} \quad (3)$$

تستخدم

هذه العلاقة لاختزال

الضغط مع جاذبية

حيث عند ضغط الهواء

ضغط ارتفاع المادة

منه منسوب الاختزال إلى

الحال مشغ

نبدل العلاقة 3 في 1 فنحصل على :

$$P_1 \cdot V_1 = \frac{P_2 \cdot P_3 \cdot E}{(P_3 - P_2)}$$

ومن ثم يمكن ان نكتب

للاختزال العادي

بدون ضغط اولي

$$\rightarrow V_1 = \frac{P_2 \cdot P_3 \cdot E}{P_1 (P_3 - P_2)}$$

وبذلك نحصل على حجم الخزان V بدلالة الضغوط المطبقة P_1 و P_2

و P_3 وكذلك حجم التمدد E لماء الشبكة •

- الحالة الثانية : بدون تبادل حراري (ادياتي)

من العلاقات المعروفة بالثيرموديناميك نكتب :

$$P^{1/n} \cdot V = C$$

$$P_1^{1/n} \cdot V_1 = P_2^{1/n} \cdot V_2 = P_3^{1/n} \cdot V_3 \quad \text{----- (1)}$$

$$V_3 = V_2 - E \quad \text{----- (2)}$$

بأتباع نفس الخطوات المتبعة بالحالة الأولى نحصل على :

$$V_1 = \frac{P_2^{1/n} \cdot P_3^{1/n} \cdot E}{P_1^{1/n} (P_3^{1/n} - P_2^{1/n})}$$

حيث يمكن تحديد قيمة الضغوط كما يلي بالنسبة للعلاقات السابقة :

P_1 = ضغط الهواء الاصلي في الخزان وعادة يساوى الضغط الجوى .

P_2 = ضغط الهواء عندما تكون المجموعة مملوءة بالماء البارد وهو

الضغط الناتج عن ضغط خزان التعبئة البارد او ضغط الخط

الرئيسي لماء التعبئة البارد * (الضغط كبراشي للخزان)

P_3 = ضغط الهواء النهائي في الخزان * ويتم اختيار هذا الضغط

عادة للمحافظة على درجة حرارة الماء المطلوبة بدون تشكل

البخار في اجزاء الدارة مع تأمين امان مناسب *

E = حجم تمدد الماء وبحسب كما مر معنا سابقا *

n = وتساوى 1,4 للهواء او للاثزوت بالنسبة للاجراء الاديائي.

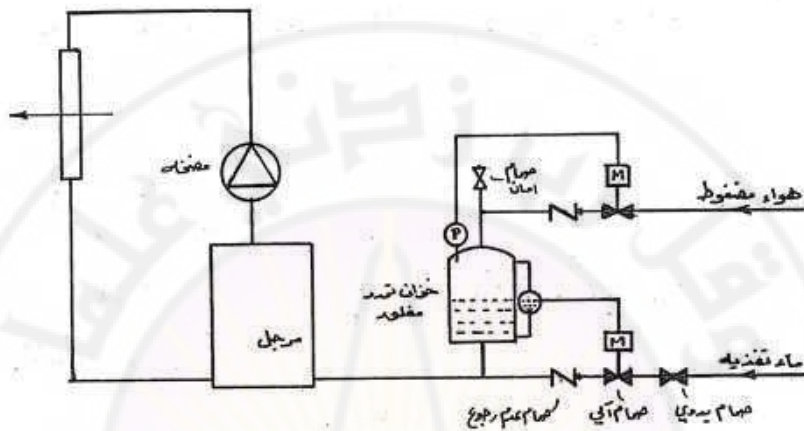
— أمثلة على الطرق المتبعة في توصيل خزان التمدد المغلق مع الدارة:

=====

الشكل يبين مخطط رمزى لتوصيل خزان التمدد المغلق مع

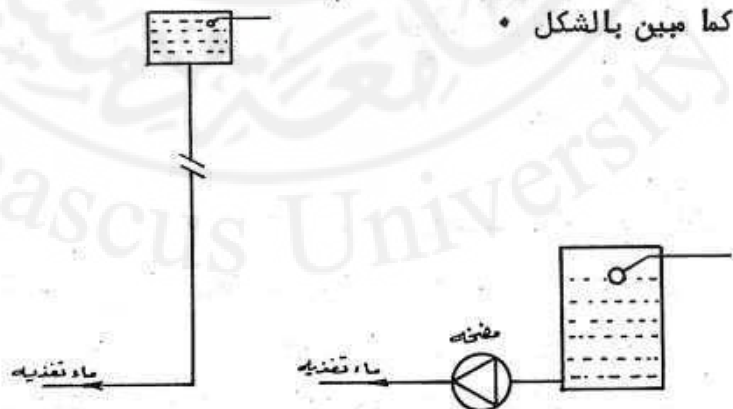
المرجل * يستعمل انبوب ماء التغذية عند تعبئة المجموعة بالماء

البارد فقط وبعد ذلك يعمل صمام عدم الرجوع على منع عودة الماء من نفس الانبوب نتيجة زيادة الضغط الناتج عن تسخين الماء بالدارة •



يمكن تحديد ضغط الهواء ضمن خزان التمدد بواسطة مضخة هواء مع صمام عدم رجوع وصمام امان معير على الضغط المطلوب •

يمكن تأمين ماء التغذية من خزان مرتفع كما مبين بالشكل ١ و مباشرة من ماء المدينة اذا كان ضغط هذه الشبكة اعلى من ضغط المجموعة المدروسة او عن طريق مضخة تغذية توؤ من الضغط المطلوب كما مبين بالشكل •

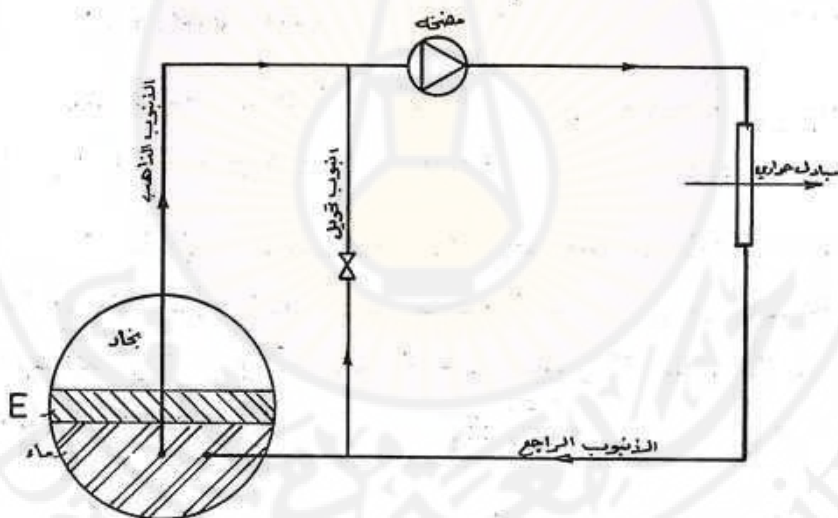


يجب استعمال سكر عدم رجوع من مواصفات جيدة بحيث يمنع رجوع الماء من انبوب التغذية • وكذلك سكر عيارى للضغط عند استعمال شبكة ماء المدينة لأن ضغطها غير ثابت ودور الصمام هو المحافظة على ضغط اعظمي ثابت • اما السكر العادى اليدوى فدوره اغلاق التغذية عند ضرورة تفريغ الشبكة لسبب الصيانة •

جـ- الطريقة الثالثة :

=====

باستعمال مرجل بخار يمكن تأمين دارة ماء ذات ضغط عالى ، كما مبين بالشكل الرمزي •



في هذه الطريقة يسمح للبخار بالتشكل بالمرجل والضغط الناتج يعمل على ضغط الماء في المجموعة بحسب الطلب • يجب ان يكون تأثير الضغط الناتج عن ضغط البخار في المرجل على أى نقطة من المجموعة اعلى من الضغط الموافق لدرجة حرارة الاشباع للماء ، ولتأمين ذلك لا بد

من استعمال انبوب تحويل من الخط الراجع الى الخط الذاهب كما مبين بالشكل .

ويمكن ان يحدث انخفاض بالضغط في احد النقط نتيجة مقادمة الاحتكاك أو بسبب انخفاض الضغط الساكن فيكون هناك خطر تشكل جيوب بخارية ولتجنب ذلك يستعمل انبوب تحويل من الخط الراجع الى الخط الذاهب وذلك بغية تخفيض درجة حرارة الماء عند خروجه من المرجل لكي لا تحدث الجيوب البخارية وتعيق عمل المضخة .

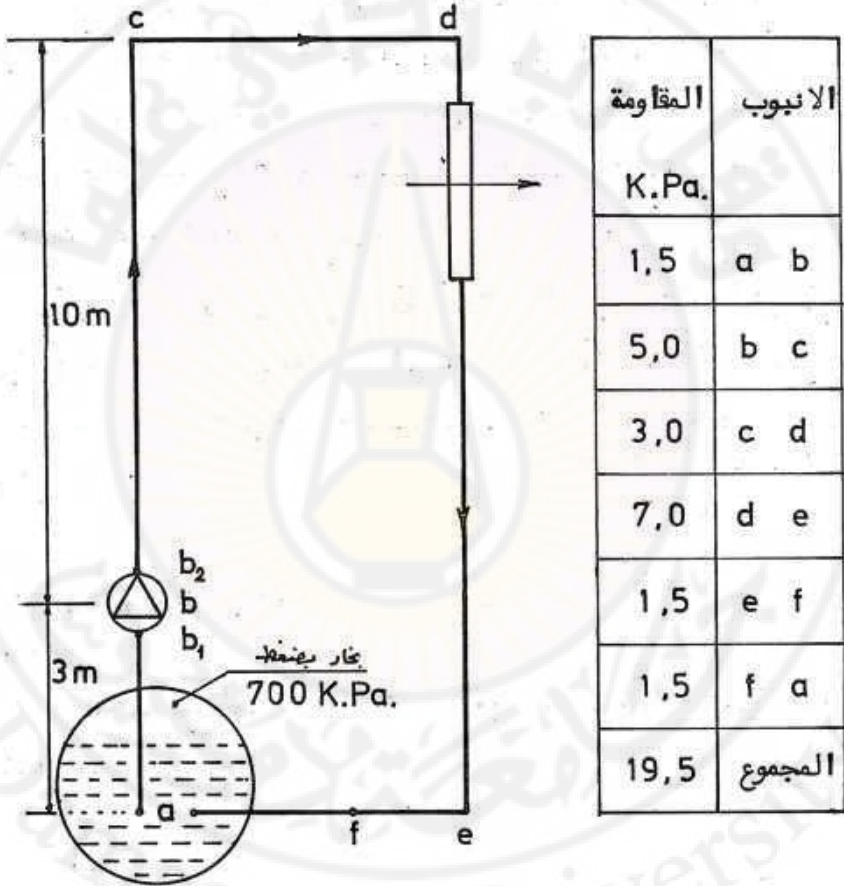
وعلى أى حال يجب ان لا يقل معامل الامان عن 10°C الى 15°C تقريبا اي ان درجة حرارة الماء الذاهب اقل بـ 10°C الى 15°C عن درجة حرارة الاشباع الموافقة للضغط العائد للنقطة ذات انخفاض ضغط اجمالي .

٦-٣ - دراسة تغير الضغط في نقاط الدارة :

لنأخذ شبكة التدفئة بالماء الساخن ذي الضغط العالي المبينة بالشكل ونميز حالتين :

٦ - ٣ - ١ - وضع المضخة على الخط الذاهب :

لنأخذ المثال التالي :



يمكن اعتبار واحد متر ماء ارتفاع يعادل عشرة كيلوباسكال وذلك

لتسهيل الحسابات أي $1 \text{ m} \approx 10 \text{ K. Pascal}$ ماء تقريبا

لتحديد الضغط في كل نقطة من الدارة لا بد من اخذ الاعتبارات

التالية :

١- ضغط البخار ثابت في المرجل وبوء خذ هذا الضغط على انه ممثلا

لخط الاساس * حيث يقاس الضغط في جميع اجزاء الشبكة بالنسبة

لهذا الضغط *

٢- تعتبر كثافة الماء ثابتة ولها قيمة وسطية محددة *

وسيتمتع لايجاد قيمة الضغط المحصل في كل نقطة من الدارة

طريقة جمع الضغوط المطبقة على كل نقطة بالطريقة البيانية كما مبين

بالشكل ، باعتبار ان كل نقطة من الدارة تخضع لحصيلة ثلاث ضغوط وهي:

١- ضغط البخار في المرجل والذي سيعتبر كأساس للرسم *

٢- الضغط السكوني للماء عند النقطة المعينة *

٣- الضغط المتبقي للمضخة عند تلك النقطة *

طريقة الحل البيانية للمثال الموضح اعلاه :

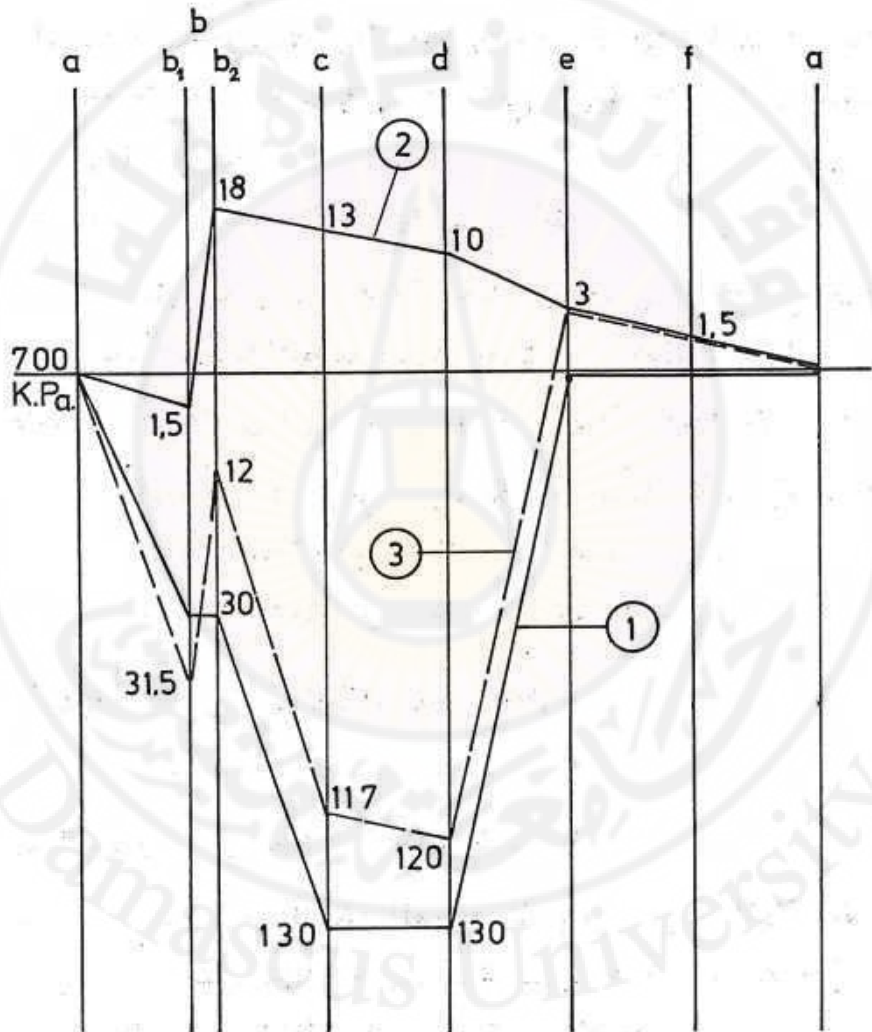
يتم الرسم بحسب الخطوات التالية :

(١) - رسم خط الضغط الساكن الناتج عن وضع النقطة بالدارة *

(٢) - رسم الخط الممثل لمقاومة الدارة عندما تكون المضخة شغالة

(٣) - بجمع الخطين جبريا نحصل على المحصلة *

يبين الشكل الحل البياني للمثال المذكور :



يظهر من خط المحصلة ان الضغط اصغر ما يكون عند النقطة (d)
والضغط عند هذه النقطة يساوى :

$$700 - 120 = 580 \text{ (K. Pa.)}$$

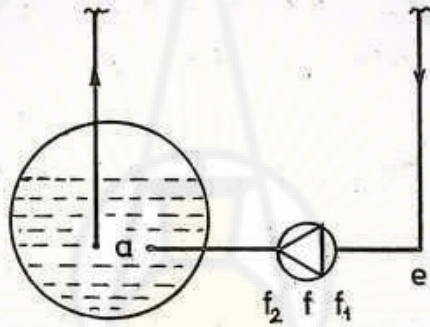
درجة حرارة الغليان الموافقة لهذا الضغط توافق تقريبا : ($157,5^{\circ}\text{C}$)
وبأخذ معامل امان لمنع تشكل البخار مقداره (10°C) فنحصل على
درجة حرارة الماء المسموح بها وتساوى $157,5 - 10 = 147,5^{\circ}\text{C}$
وعلى فرض ان المضخة توقفت عن العمل فان الضغط في كل نقطة من الدارة
هو الضغط السكوني * واصغر ضغط في هذه الحالة عند النقطة (d) و
(c) *

$$700 - 130 = 570 \text{ (K. Pa.)} : \text{ويساوى}$$

ودرجة حرارة الغليان الموافقة لهذا الضغط توافق تقريبا : (157°C)
وهذه الدرجة ما تزال اعلى من ($147,5^{\circ}\text{C}$) المعتمدة في
التصميم وبذلك لا يحدث غليان ولن تتشكل جيوب بخارية *

٦-٣-٢ - وضع المضخة على الخط الراجع :

لننقل المضخة الى الخط الراجع ولنضعها في النقطة f من الدارة السابقة ولنترك جميع المعطيات كما هي تماما * يصبح وضع المضخة كما في الشكل المبين :

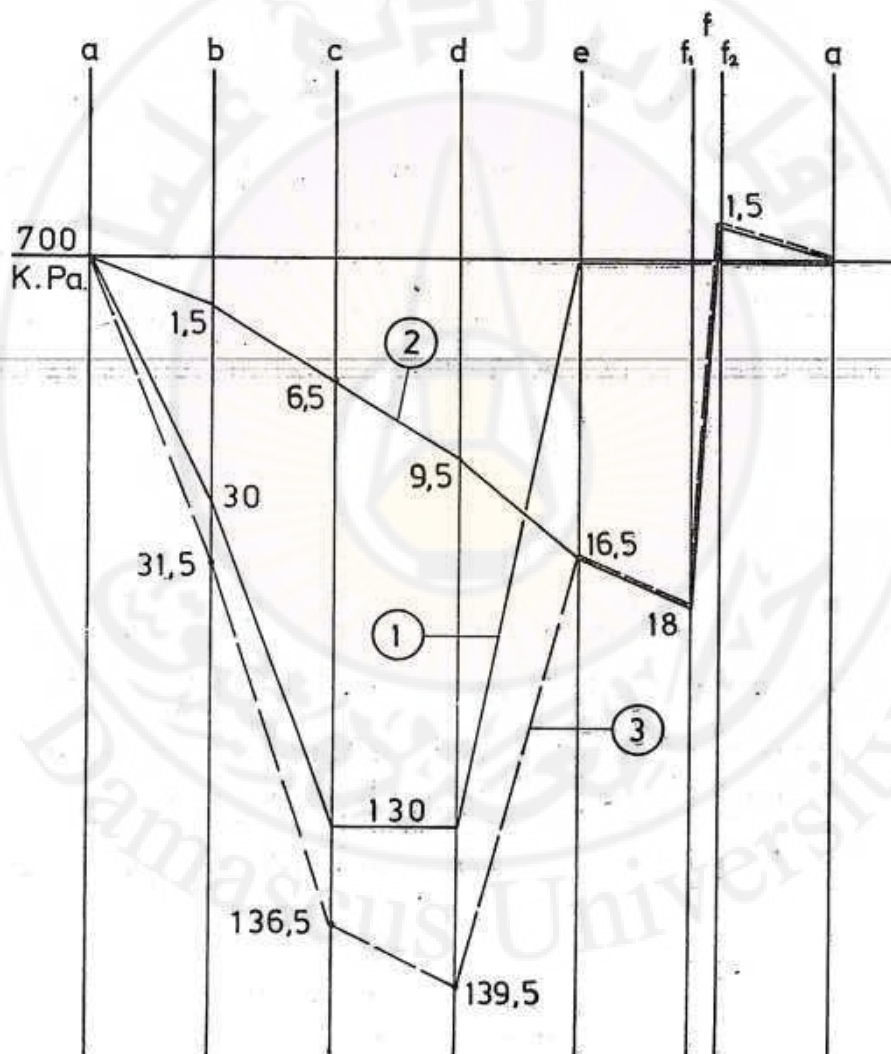


بأعتماد نفس الخطوات السابقة يمكن رسم :

- (١) - خط الضغط الساكن *
- (٢) - خط المقاومات عندما تكون المضخة شغالة *
- (٣) - وجمع الخطين نحصل على الضغط المحصل في كل نقطة *

واضح من المخطط البياني ان اقل ضغط هو عند النقطة (d) ويساوى :

$$700 - 139,5 = 560,5 \text{ (K.Pa.)}$$



ودرجة حرارة الغليان الموافقة لذلك هي (156°C)
 وبأخذ معامل امان مقداره (10°C) لمنع تشكل البخار فتحصل على
 درجة حرارة الماء المسموح بها وتساوى $156 - 10 = 146^{\circ}\text{C}$
 وعلى فرض ان المضخة توقفت عن العمل فان الضغط الاصغرى يكون كما
 في الحالة السابقة عند النقطة d و c ويساوى (570 K.Pa.)
 المطابق لـ (157°C) وفي هذه الحالة يزداد الامان او الفرق بين
 درجة الغليان ودرجة التصميم المعتمدة .

يتبين مما سبق ان درجة الحرارة المسموح بها عندما تكون
 المضخة على الخط الذاهب هي ($147,5^{\circ}\text{C}$) وعندما تكون
 المضخة على الخط الراجع هي (146°C) أى ان هناك انخفاض في
 درجة حرارة الماء المسموح بها يساوى ($1,5^{\circ}\text{C}$) مع ملاحظة ان جميع
 المعطيات الاخرى بقيت ثابتة .

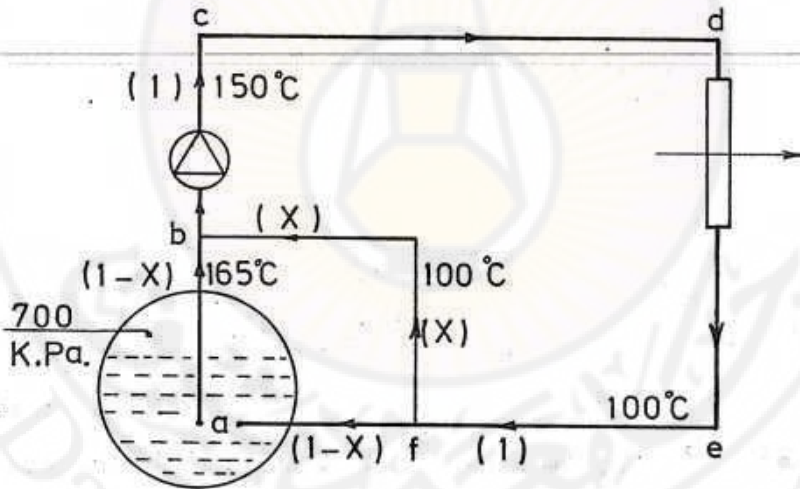
في اغلب الحالات وخصوصا عندما يكون ضغط المضخة صغير جدا
 بالنسبة لارتفاع الشبكة او الضغط السكوني في الشبكة فانه يمكن اعتماد
 خط الضغط السكوني وتصميم درجة الحرارة المسموحة بموجبه بعد اعتبار
 عامل امان لا يقل عن ($10^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C}$) . يمكن تطبيق ذلك على
 المثال المذكور اعلاه للمقارنة .

٦-٤ - دراسة كمية الماء المتحول عن المرجل :

نلاحظ ان الحالات السابقة تتطلب تخفيض درجة حرارة الماء
 الخارج من المرجل كي لا تتشكل الجيوب البخار ولمنع الغليان في

الشبكة • وهذا يحتاج كما ذكرنا سابقا الى خط تحويل للماء من الخط
الراجع الى الخط الذاهب وبحسب درجة الحرارة المطلوبة يمكن دراسة
كمية الماء المار في خط التحويل هذا •

نفرض ان درجة الحرارة المسموح بها في الشبكة هي (150°C)
وانخفاض درجة الحرارة في المبادل الحرارة هي (50°C) والاستطاعة
المتوفرة في المبادل الحرارى تساوى (20000 KW) • يمكن ان
نحدد كمية الماء الراجع الذى يجب ان يمر من فرع التحويل بدون ان
تدخل المرجل وذلك بغية المحافظة على شروط المجموعة المبينة بالشكل



حيث المضخة على الخط الذاهب واعتبر ضغط المرجل (700 K.Pa.)
من الجداول يمكن تحديد قيمة الانتالبي الموافقة لكل من درجات
الحرارة والضغط للنقاط المدروسة :

$$700 \text{ K.Pa.} \longrightarrow 697,1 \text{ KJ/Kg} \longrightarrow 165^{\circ}\text{C}$$

$$632,2 \text{ KJ/Kg} \longrightarrow 150^\circ \text{C}$$

$$419,06 \text{ KJ/Kg} \longrightarrow 100^\circ \text{C}$$

نأخذ علاقة التوازن الحراري في النقطة (b) للماء الذائب فيكون :

$$(X) 419,06 + (1 - X) 697,1 = (1) 632,2$$

$$(X) 419,06 - (X) 697,1 + 697,1 = 632,2$$

$$(X) 278,04 = 64,9$$

$$X = \frac{64,9}{278,04} = 23,4\%$$

نسبة الماء المتحول عن
المرجل

أي ان كمية الماء المار في خط التحويل (23,4%) من مجموع الماء المار في
المبادل الحراري *

معدل تدفق الماء في الشبكة بدلالة الحمل المطلوب للمبادل الحراري :

$$M_1 = \frac{20000 \text{ (KW)}}{(632,2 - 419,06) \text{ (KJ/Kg)}} = 93,84 \text{ (Kg/s)}$$

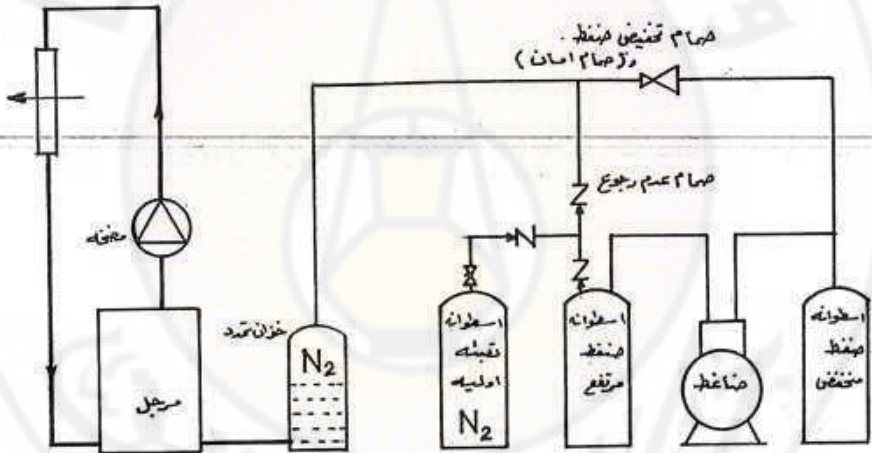
$$M_x = 93,84 \times 0,234 = 21,96 \text{ (Kg/s)}$$

$$M_{(1-x)} = 93,84 - 21,96 = 71,88 \text{ (Kg/s)}$$

وهكذا نحصل على تدفق الماء في كل اجزاء الشبكة •

٦-٥ - استعمال الآزوت في ضغط خزان التمدد المغلق :

يوصل خزان التمدد مع المرجل كما مر معنا سابقا ولتأمين ضغط محدد على خزان التمدد يوصل من الاعلى كما بالشكل بمجموعة اسطوانات آزوت لتأمين الضغط المطلوب •



يتم ضغط المجموعة اولا إلى ضغط التصميم الكامل عند ما يكون ماء التدفئة باردا وذلك بواسطة اسطوانة الآزوت للتعبئة الأولية •

عند رفع درجة الحرارة الى درجة التشغيل يرتفع الضغط الى الحد المسموح به وعندما يندفع الآزوت من وعاء التمدد الى صمام الامان حيث يمر جزء من الغاز الى اسطوانة الضغط المنخفض •

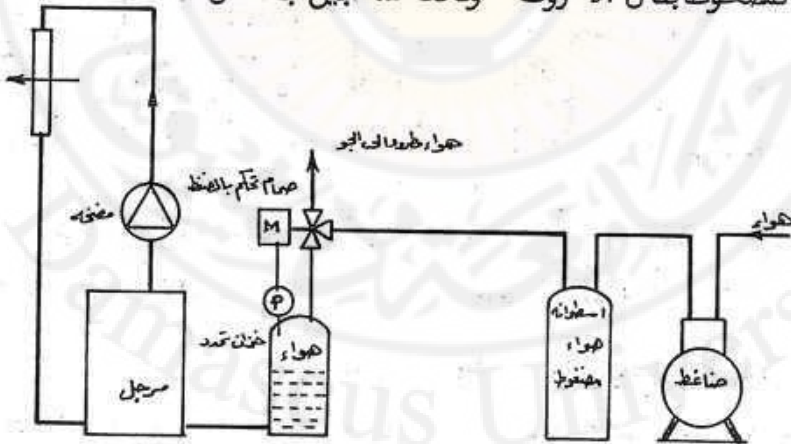
يقوم الضاغط بسحب الآزوت من اسطوانة الضغط المنخفض ودفعه

الى اسطوانة الضغط المرتفع حيث يكون اتصال هذه الاسطوانة مع خزان التمدد مباشرة وبذلك تتم المحافظة على ضغط معين في خزان التمدد •

يلاحظ هنا ان كمية الماء المتمدد يكامله يتخزن في خزان التمدد وكذلك يمكن المحافظة على ضغط ثابت في خزان التمدد بسبب امكانية تصرف جزء من الغاز الى اسطوانة الضغط المنخفض واستقبال المزيد من الغاز عن طريق اسطوانة الضغط العالي عند انخفاض الضغط في خزان التمدد •

٦-٦ - ضغط خزان التمدد المغلق بواسطة الهواء المضغوط :

هذه الطريقة تعتمد على نفس المبدأ السابق ولكن باستعمال الهواء المضغوط بدل الآزوت • وذلك كما مبين بالشكل :



في هذه الطريقة تتم المحافظة على ضغط ثابت في خزان التمدد ويستوعب خزان التمدد كل الماء المتمدد •

عند ازدياد الضغط في وعاء التمدد عن الضغط المحدد للعمل يقوم جهاز التحكم بالضغط بفتح الصمام الثلاثي للجو وإغلاق خط الهواء القادم من اسطوانة الهواء المضغوط * وعند انخفاض الضغط في خزان التمدد تقوم اسطوانة الهواء المضغوط بإمداد الخزان بالهواء اللازم *

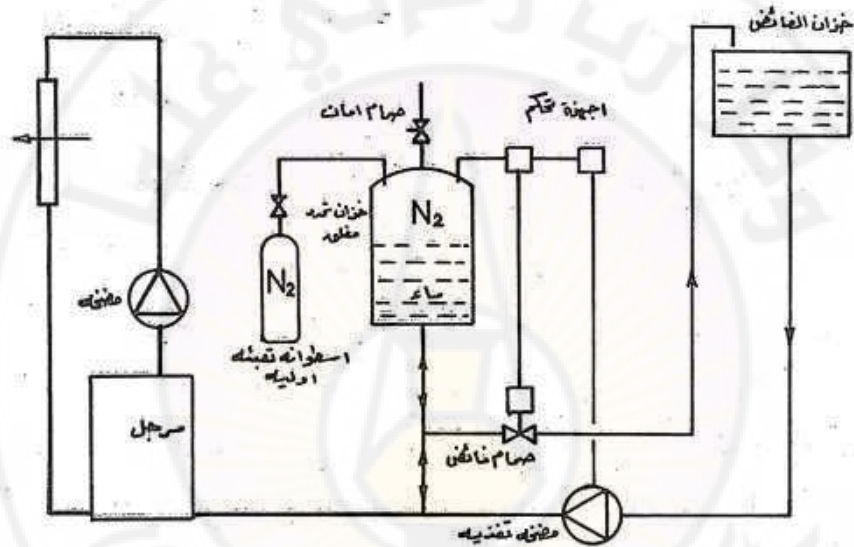
وهناك ضاغط من أجل التعويض عن النقص في كمية الهواء المضغوط *

من مميزات هذه الطريقة تلاصق الهواء مع الماء في خزان التمدد مما يساعد على الأكسدة في مجموعة التدفئة ولتقليل سطح التلامس يصنع خزان التمدد بمقطع صغير وارتفاع كبير ومن الممكن أيضاً تغطية سطح الماء بطبقة من البرافين لتعمل كحائل بين الهواء والماء *

يوصل خزان التمدد في هذه الحالة مع مجموعة التدفئة كما في الحالة السابقة *

٦-٧ - ضغط الماء بالآزوت باستعمال خزان التمدد مغلق مع خزان فائض اضافي :

في هذه الطريقة لا يستوعب خزان التمدد جميع الماء المستمد ويقوم باستيعاب جزء صغير فقط •



تستعمل اسطوانة تعبئة الآزوت الأولية من اجل شحن خزان التمدد وضغط المجموعة • يستوعب خزان التمدد كمية معينة من الماء ويعدّها يبدأ جهاز التحكم بالضغط بفتح صمام الفائض وارسال الماء الى خزان الفائض •

وبالعكس تضخ المضخة الماء الى الشبكة في حال انخفاض ضغط خزان التمدد وتعيد الماء من خزان الفائض الى الشبكة •

يتم تركيب وعيار جهاز التحكم بالضغط بحيث لا يعمل صمام الفائض ومضخة التغذية معنا •

1 Kg بخار - $P = 1 \rightarrow 2258 \text{ KJ/Kg}$ كمية الحرارة الكامنة

" " $P = 2 \rightarrow 2202$ "

" " $P = 10 \rightarrow 2015$ "

$1 \text{ Kg ماء} \times \Delta t 20^\circ \times 4.18 = 83.6 \text{ KJ/Kg}$

منه
25

- (الفصل السابع) -

التدفئة باستعمال البخار

يمكن استعمال البخار للتدفئة في جميع دارات التدفئة التي مونت سابقا عوضا عن الماء الساخن ذي درجة الحرارة العادية والمرتفعة .
في بعض الأعمال الصناعية التي تحتاج الى بخار يمكن بنفس الوقت استعمال البخار في التدفئة . ويلاحظ ان المعامل اكثر الاماكن التي تستعمل البخار للتدفئة .

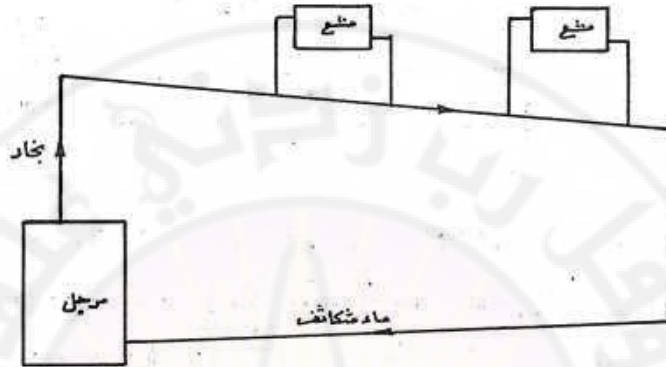
يستعمل البخار بضغط منخفض ويسمح ذلك باستعمال مشعات الفوت ومدافئ تيارات الحمل ووحدات التدفئة .
كما يمكن استعمال البخار بضغط عالي ويسمح ذلك باستعمال جميع المبادلات الحرارية عدا المشعات العادية .
يستفاد من الحرارة الكامنة للبخار فقط في تقديم الحرارة اللازمة للمبادلات الحرارية . يتحول البخار الى ماء بعد ان يعطي حرارته الكامنة حيث يعاد البخار المتكاثف هذا الى المرجل من اجل اعادة تحويله الى بخار وارسله الى الدارة من جديد .

١-٧ - دارات البخار :

١-١-٧ - دائرة بأنبوب واحد :

يخرج البخار من المرجل ويذهب الى المشع حيث يتكاثف طارحا

- حرارته الكاملة ويعود الى الانبوب الرئيسي ثم الى المرجل .



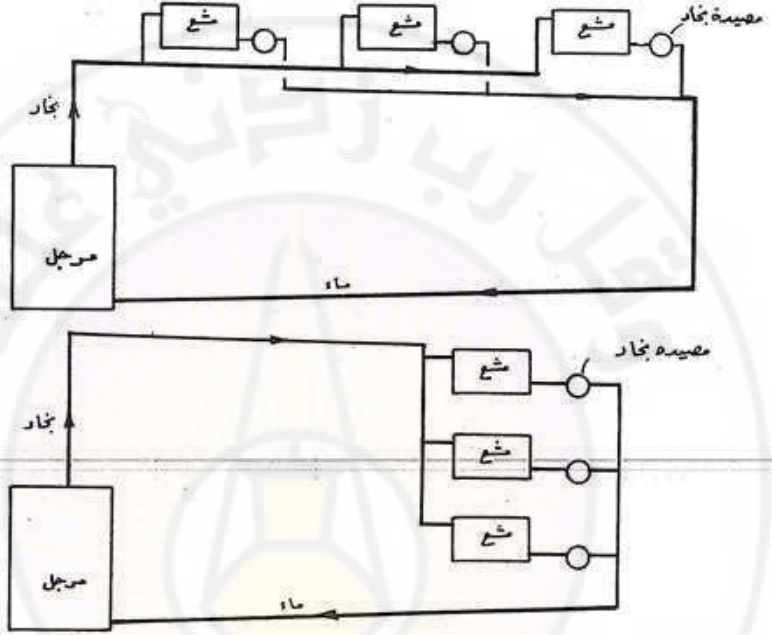
- يسير الماء المتكاثف مع البخار في انبوب واحد ، لذلك ينحصر استعمال هذه الطريقة على المجموعات الصغيرة ذات المشعات المحدود .
- يصل الضغط في مثل هذه الدارات الى (1,5) بار مطلق
- تعطى انابيب الدارة ميلا باتجاه الجريان للذهاب والراجع مقداره (0,01) واحد بالمئة .

٧-١ - ٢ - دارة بأنبوبين :

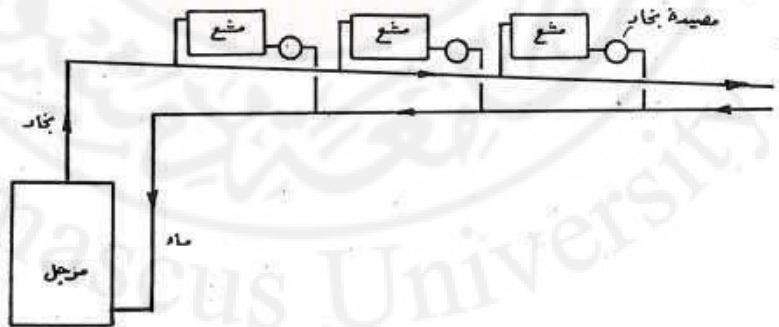
~~~~~

- تحتوى هذه الدارة على انبوب للبخار وانبوب راجع للماء المتكاثف الخارج من المشعات . تركيب مصيدة بخار على الانبوب الخارج من المشع ، تسمح للماء فقط بالمرور ، وتمنع مرور البخار .

• في الدارة الاولى والثانية تستعمل طريقة الراجع المعكوس



• وفي الدارة الثالثة تستعمل طريقة الراجع العادي



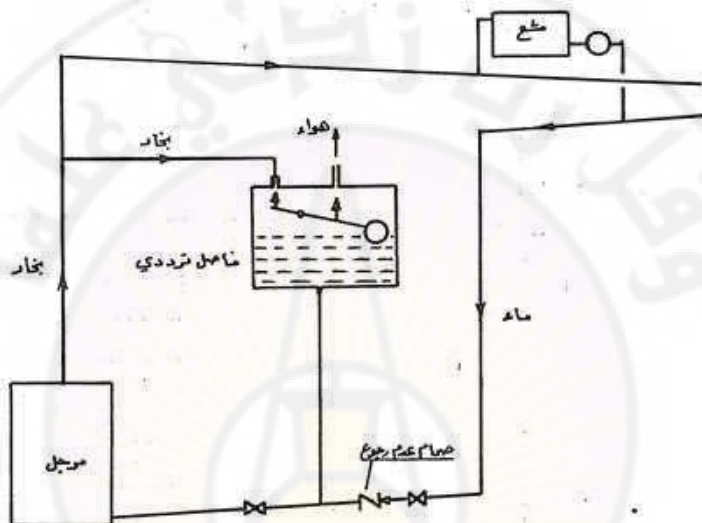
يتم جريان البخار بالاستفادة من الضغط المتوفر في المرجل ويعود

الماء المتكاثف ايضا نتيجة هذا الضغط ولكن لا يمكن ان يدخل الماء

الى المرجل بدون رفع ضغطه الى اعلى من ضغط المرجل \* لذلك يستعمل



مضخات تعويض وتغذية لماء المرجل •  
يمكن الاستفادة من ضغط البخار في ادخال الماء المتكاثف الى  
المرجل وذلك حسب الشكل المبين :



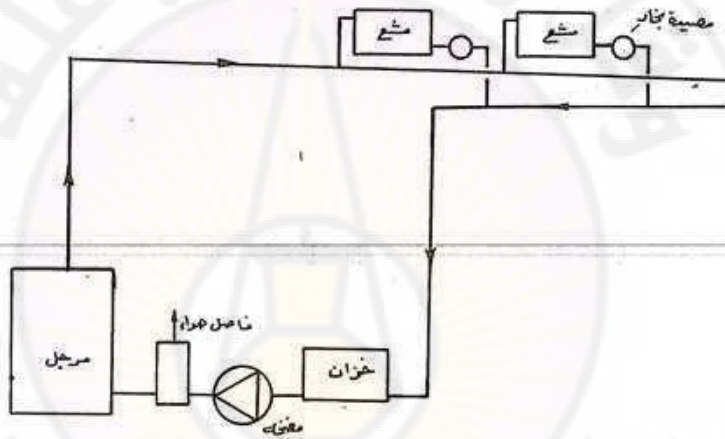
وتتم العملية كما يلي :

قبل دخول الماء الى المرجل يمر على فاصل هواء حيث يطرد  
الهواء ، ويرتفع منسوب الماء بالفاصل الى ان يخلق صمام خروج الهواء  
ويفتح صمام دخول البخار الى الفاصل • يولد ضغط البخار على الماء  
ويدخل الى المرجل تحت تأثير الضغوط الناتجة عن فرق المنسوب بين الماء  
بالفاصل والماء بالمرجل بالاضافة الى كون ضغط البخار يتساوى على  
طرفي الفاصل • وبذلك يفرغ الفاصل ويفتح من جديد صمام الهواء وتعاد  
العملية من جديد •

تجهز دارات البخار على خط الماء المتكاثف بخزان لتجميع الماء

ويمكن ان يكون خزان مغلق اذا كان الضغط مختلف عن الضغط الجوي

أو مفتوح إذا تساوى ضغط الماء مع الضغط الجوي \* توضع مضخة تضخ الماء من الخزان الى المرجل مارا ضمن فاصل هواء يعمل هذا الأخير على فصل الهواء عن الماء قبل دخوله الى المرجل ويعتمد فاصل الهواء على تخفيض سرعة الجريان لينتشي للهواء الخروج بسهولة ، والشكل يبين هذه الدارة \*

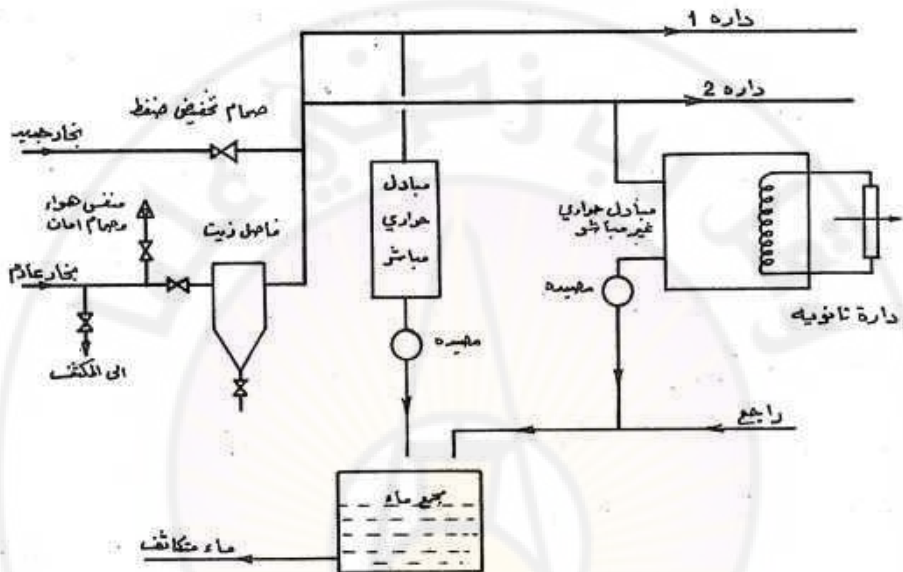


وفي حال استخدام ضغط اقل من الضغط الجوي يجب ان تكون المضخة مع اجزاء الدارة محكمة بحيث لا تسمح بتسرب الهواء وتسمى هذه المضخة بمضخة تفريغ \*

## ٧-٢- مجموعة البخار العادم :

في هذه المجموعة يتم استعمال البخار العادم الخارج من الآلات البخارية والعنفات البخارية في اعمال التدفئة وذلك عن طريق استعمال مبادل حرارى ( بخار - ماء ) أو بامرار البخار مباشرة في دائرة التدفئة

وفي الحالتين يجب التأكد من ان الضغط الفعلي للبخار لا يتجاوز ضغط العادم المسموح به ويتم ذلك بوضع صمام امان على خط العادم الرئيسي



يركب فاصل زيت من اجل تخلص البخار من الزيت العالق به، وفي حالة عدم كفاية البخار العادم لعمليات التدفئة المطلوبة يستعمل بخار جديد يمر عن طريق صمام تخفيض ضغط يعطي كمية الحرارة الاضافية اللازمة •

تشمل المجموعة على صمام لتحويل البخار العادم عن مجموعة التدفئة في حالة عدم الحاجة حيث يتحول البخار عن طريق الصمام الى مكثف خاص •

تتصف هذه الطريقة للتدفئة بتوفير الوقود نتيجة استعمال البخار العادم الذي كان سيطرح الى الخارج خلافا لذلك •

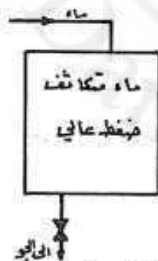
### ٣-٧ - استعادة واستعمال البخار الفلاش :

تحتاج بعض العمليات الصناعية الى بخار بدرجة حرارة مرتفعة وبالتالي بخار بضغط عالي .  
الماء المتكاثف من هذا البخار ذي درجة حرارة عالية وضغط مرتفع ويمكن ان يستفاد منه بشكلين :

( ١ ) - امرار الماء المتكاثف ذي درجة الحرارة العالية في مبادل حراري واخراج الماء من هذا المبادل بدرجة حرارة منخفضة .

( ٢ ) - امرار الماء المتكاثف على وعاء ذي ضغط منخفض لاستعادة البخار الفلاش بتبخير جزء من الماء ذي درجة الحرارة المرتفعة . وذلك لتجنب ضياع القدرة الحرارية الى الجو .

وينتج البخار الفلاش من تبخر الماء ذي الضغط العالي ودرجة حرارة الاشباع المرتفعة عندما يطرح الماء الى الجو او الى منطقة ذات ضغط اخفض من ضغط الاشباع . لنأخذ واحد كيلو غرام من الماء بضغط مقداره ( 800 ) كيلوباسكال بوضع الاشباع من جداول البخار نجد درجة الحرارة الموافقة لهذا الضغط ( 170,41°C ) والانتالبي (  $h_{f1} = 720,9 \text{ KJ/Kg}$  )



وعند خروج الماء الى الجو يصبح الضغط ( 100 ) كيلوباسكال .  
بدرجة حرارة ( 99,63 °C ) وانتالبي : (  $h_{f2} = 417,5 \text{ KJ/Kg}$  )

لذلك فان الفائض بالانتالبي يكون :

$$\Delta h_f = 720,9 - 417,5 = 303,4 \text{ (KJ/Kg)}$$

وهذه الحرارة سوف تقوم بتبخير جزء من الماء \* من جداول البخار نجد ان حرارة التبخر في الضغط ( 100 ) كيلوباسكال هي :

$$h_{fg} = 2257,7 \text{ KJ/Kg}$$

كمية البخار الفلاش المتشكل :

$$\frac{303,4}{2257,7} = 0,134 \text{ Kg}$$

ويبقى من الماء ( 0,866 Kg = 1 - 0,134 ) على شكل ماء بضغط ( 100 ) كيلوباسكال ودرجة حرارة ( 99,63 °C ) \*

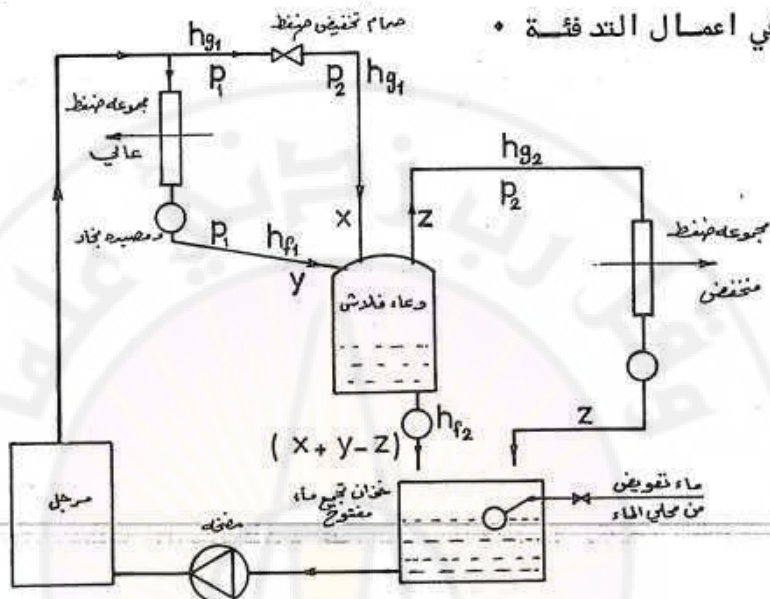
وباستفاد من بخار الفلاش خاصة في المجموعات البخارية التي تحتاج الى بخار بضغط عالي وبخار بضغط منخفض وبصورة خاصة عند توفر كميات كبيرة من الماء المتكاثف ذي الضغط العالي \*

وفي هذه الحالة يمكن استعمال البخار الفلاش من اجل عمليات الضغط المنخفض وعند عدم توفر كميات كافية من البخار الفلاش لاجال الضغط المنخفض يصار الى امداد المجموعة ببخار عن طريق صمام تخفيض الضغط \*

يبين الشكل رسماً تخطيطياً نظرياً لمجموعة بخار فلاش حيث يتحول



جزء من الماء ذي الضغط العالي الى بخار ذي ضغط منخفض يستغل في اعمال التدفئة •



حيث :

$x$  : كمية البخار الجديد بضغط  $(P_1)$  وذى انتالبي مساوية  
•  $(hg_1)$  عند  $(P_1)$

ملاحظة :

عند ما يمر البخار على صمام تخفيض ضغط فان الانتالبي النوعية للبخار تبقى ثابتة ولكن نسبة الحرارة المحسوسة الى الكافة تتغير •

$y$  : كمية البخار المتكاثف من مجموعة الضغط العالي وذى انتالبي  
• مساوية لـ  $(h_{f1})$  عند ضغط  $(P_1)$   
 $z$  : كمية البخار الفلاش بضغط  $(P_2)$  وانتالبي  $(hg_2)$  •



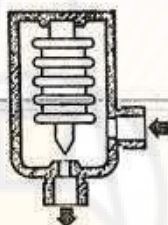
تصنع هذه المصيدة بمقاييس تتراوح بين ( 15 mm — 80 )

• ميلي متر لأقطار أنابيب التوصيل

## ٧-٤-٢ المصيدة الحرارية :

عندما يكون الماء المتكاثف الداخل الى المصيدة خاليا من البخار  
فان الصمام يكون مفتوح لذلك يتابع الماء سيره عبر المصيدة الى الانبوب  
الراجع •

Thermostatic  
steam  
trap

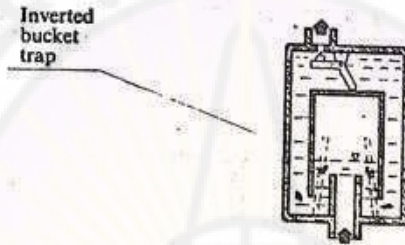


واذا وجد بخار مع الماء الداخل الى المصيدة فان درجة حرارة  
البخار العالية تؤثر على المادة الكحولية الموجودة داخل الحيز القابل  
للتمدد وتسبب زيادة الضغط ضمنها مما يؤدى الى اغلاق الصمام  
وبذلك تمنع البخار من الخروج • وعندما يتكاثف البخار وتخفض درجة  
الحرارة ضى هذا الحيز فان الصمام يفتح ويسمح للماء بالخروج •

تصنع المصيدة بأقطار لأنابيب التوصيل تتراوح من  
( 15 mm — 50 ) • ( مناسبة للضغوط المرتفعة ) •

## ٧ - ٤ - ٣ - مصيدة العلبه المقلوبة :

عندما يدخل الماء المتكاثف الى المصيدة فان العلبه المقلوبة تبقى  
بالا على الصمام مفتوح ويتابع الماء سيره عبر المصيدة الى انبوب الراجع



وعندما يدخل بخار مع الماء المتكاثف فان البخار يرتفع ضمن العلبه  
المقلوبة ويحملها على ان تغلق الصمام وبذلك يمنع خروج البخار من  
المصيدة • مناسبة للضغوط المنخفضة •

— هناك انواع اخرى من مصائد البخار مذكورة في مراجع ( IHVE ) و  
( ASHRAE )

## ٧ - ٥ - دراسة شبكة الانابيب المستعملة لمجموعات البخار :

يتوقف اختيار ضغط البخار بحسب طبيعة العمل المطلوب ومسافة  
نقل البخار وعلى هذا الضغط تستند حسابات اقطار الانابيب اللازمة

## • للشبكة

(١) - يمكن توليد البخار عند ضغط عالي وتوزيعه عند هذا الضغط في الخطوط الرئيسية وتستعمل صمامات تخفيض ضغط توء من الضغط المطلوب للدارات الفرعية • وبذلك يمكن تطبيق الضغط العالي مع انخفاض ضغط كبير نسبيا ضمن الانابيب من اجل استعمال اقطار انابيب اصغر غير ان معدات الضغط العالي اكثر كلفة من حيث المواد والصيانة • وعلى المصمم عمل دراسة اقتصادية لا اتخاذ القرار بشأن الضغط المناسبة للاستعمال •

(٢) - توليد بخار بضغط يساوى الضغط المطلوب للمبادلات الحرارية مضافا اليه فرق الضغط اللازم للتغلب على الاحتكاك في الانابيب • وهذه الطريقة تناسب دارات وتجهيزات تعمل بضغط منخفض •  
يندفع البخار في الانابيب نتيجة التقلص الحجمي الناتج عن تكاثف البخار مما يوفر استعمال سرعات لوسيط التسخين كما في حالة استعمال الماء الساخن كوسيط تسخين •

ولدراسة اقطار الانابيب فاننا نحتاج الى تحديد ما يلي :

- ١ - ضغط البخار الاصلي عند المرجل والضغط النهائي عند المبادل الحرارى ودرجة الحرارة ونوعية البخار •
- ٢ - معدل تدفق البخار بحسب المتطلبات الحرارية للمبادلات الحرارية والضياغ الحرارى من الانابيب •
- ٣ - الطول الاجمالي للانابيب (الذاهب + الراجع + المقاوالت)
- ٤ - انخفاض الضغط المسموح به في الانبوب (انخفاض الضغط لوحدة الطول) •



٥ - سرعة تدفق البخار المسموح بها في الانبوب ( وتتعلق هذه بأنخفاض الضغط ). وتعتمد الفترتين ٤ و ٥ على ما يلي :

آ - الاتجاه النسبي لكل من البخار والماء عندما يجتمعان في نفـس الانبـوب \*

ب - وضع الانبوب فيما اذا كان افقيا أو رأسيا أو مائلا باتجاه تدفق البخار او ضد التدفق \*

ج - نوعية البخار وتأثير البخار الرطب على الصمامات \*

د - امكانية قيام البخار بحمل قطرات مائية معه من المرجل ومن اوعيةة تشكل البخار الفلاش الى شبكة التوزيع \*

هـ - مستوى الضجيج المسموح به \*

والجدول التالي يعطي بعض القيم المستعملة لسرعات جريان البخار

بحسب مواصفات البخار وانبوب الشبكة :

| نوع البخار    | السرعة m/s |
|---------------|------------|
| بخار مشبع     | 40         |
| بخار محمص     | 40 — 60    |
| بخار عادم رطب | 30         |
| بخار فلاش     | 15         |
| مخرج المرجل   | 6 — 20     |
| مجمع البخار   | 10 — 25    |

في حالة المجموعات الصغيرة تؤخذ السرعة حتى ( 25 m/s ) .

في حالة دارة بأنبوب واحد افقي جريان البخار معاكس لجران الماء  
 \* ( 3 — 10 m/s )

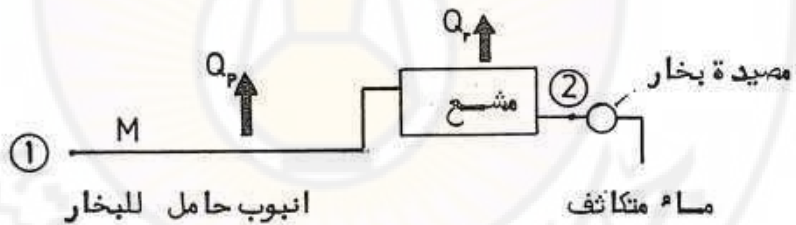
في حالة دارة بأنبوب واحد افقي جريان البخار من نفس اتجاه جريان  
 الماء \* ( 10 — 25 m/s )

دارة بأنبوب واحد صاعد ( 5 — 10 m/s )

دارة بأنبوبين ( صاعدين ) ( 6 — 12 m/s )

٧ - ٦ - تدفق البخار في الانابيب :

لدينا الدارة المبينة في الشكل :



M معدل تدفق البخار في الانبوب ( Kg/s )

$h_1$  انتالبي البخار عند الدخول للانبوب ( KJ / Kg )

$h_2$  انتالبي البخار المتكاثف عند الخروج من الانبوب ( KJ / Kg )

$Q_r$  كمية الحرارة المنبعثة من المشع \* ( KW )

$Q_p$  كمية الحرارة الضائعة من الانابيب \* ( KW )

$$M = \frac{Q_r + Q_p}{h_1 - h_2} \quad : \text{ كمية التدفق تساوى }$$

يعتبر الضياع الحرارى من الانابيب من 10% الى 15% من البث  
الحرارى للمبادلات الحرارية • بفرض ان الانابيب المستعملة معزولة •

$$Q_p + Q_r = 1,15 \times Q_r \quad \text{فيكون :}$$

$$h_1 - h_2 = h_{gf} \quad \text{والحرارة الكامنة :}$$

$$M = \frac{1,15 \times Q_r}{h_{gf}} \quad \text{ومنه}$$

لتحديد قطر الانبوب ( d ) اللازم يجب تحديد سرعة الجريان  
( w ) والحجم النوعي للبخر ( v ) بالإضافة للتدفق ( M )

$$d = \sqrt{\frac{4 \times M \times v}{\pi \times w}} \quad \text{حيث لدينا العلاقة :}$$

ومن هذه العلاقة يمكن ان نكتب علاقة السرعة

$$w = M \times v \times \frac{4}{\pi d^2}$$

حيث ( d ) القطر الداخلي الحقيقي للانبوب والذي بموجبه يمكن  
معرفة القطر الاسمي حسب الجداول المذكورة في مرجع ( IHVE-C4 ) •

٧-٧ - جداول تدفق البخار بحسب المرجع : ( IHVE - 1977 )

انخفاض الضغط الناتج عن الاحتكاك ضمن الانابيب يعطى في  
الجدول ( C 4 - 40 ) حيث تم حساب هذا الجدول من العلاقة :

$$Z_1 - Z_2 = \frac{3,032 \times M^{1,889}}{10^3 \times d^{5,027}} \times l$$

والعلاقة صحيحة ضمن المجال ( 100 K.Pa. الى 1000 K.Pa. )  
والسرعة من ( 5 m/s الى 50 m/s ) وهي اقل دقة خارج هذا المجال  
المحدد .

— طول الانبوب المحدد (  $l$  ) يعني الطول الاجمالي للأنبوب أى الطول  
الحقيقي مضافا اليه الطول المكافىء للمقاومات التي يشملها الأنبوب \*  
— معامل الضغط (  $Z$  ) هو تابع لضغط البخار وقيمته معطاة ضمن الجدول  
( 37 — 40 ) لتستعمل في الجدول ( 40 — 4 ) ويمكن ايضا  
ان تحسب من العلاقة :

$$Z = P^{1,929}$$

حيث

$P$  الضغط ويقاس بالكيلو باسكال . ( مطلق ) .

$M$  التدفق ويقاس ب ( Kg/s ) .

$d$  القطر الداخلي للأنبوب ( m ) .

الطول المكافىء (  $l_e$  ) المعطى بالجدول محسوب من العلاقة  
التالية لواحدة معامل ضغط السرعة (  $\zeta$  ) :

$$l_e = 62,5 \times d^{1,027} \times M^{0,111}$$

والطول المكافىء للوصلات والمقاومات بدلالة معامل ضغط السرعة (  $\zeta$  )  
يعطى بالعلاقة :

$$l_{ef} = l_e \times \zeta$$

حيث قيمة المعامل (  $\zeta$  ) معطى بالجدول ( 36 — 40 ) وبحسب  
كما مر معنا في دارات الماء الساخن .

يستعمل المرجع (IHVE) العلاقة التالية لحساب سرعة الجريان ضمن

$$w = K_e \times v \times M \times 10^3$$

الانابيب

والجدول ( 39 - 4 C ) يعطي قيمة الحجم النوعي للبخار بين الضغط المطلق ( 10 K.Pa. و 2000 K.Pa. ) •

والجدول ( 38 - 4 C ) يعطي قيمة المعامل ( K<sub>e</sub> ) بدلالة قطر الانبوب الاسمي •

## ٧ - ٨ - انابيب الماء المتكاثف الراجع

عند ما يطبق على المصيدة الحرارية فرق ضغط صغير بين المدخل والمخرج ، والماء المتكاثف لا يحوى على هواء أو غازات أخرى، يمكن ان تحسب مقاومة الدارة في هذه الحالة مثل مقاومة الدارة في حالة الماء الساخن التي مرت معنا •

اما اذا كان الهواء موجود مع الماء المتكاثف وكذلك البخار الفلاش الناتج عن انخفاض الضغط في مصيدة البخار والمجموعة ذات المقاومة الكبيرة ، فان مقاومة الجريان للمزيج ( ماء متكاثف + بخار + هواء ) يمكن ان تؤخذ ما بين اعتبار جداول تدفق البخار وجداول تدفق الماء الساخن •

اذا لم نستطيع تحديد التفصيلات ينصح في حال وجود البخار الفلاش الممزوج مع الماء المتكاثف اعتماد مقاومة الجريان هذه مساوية لثلاث مرات مقاومة الجريان للماء الساخن العادى •



والجدول التالي يعطي قيم لا قطار انابيب الرجوع بدلالة اقطار  
الانابيب الذاهبة للبخار التي يكون فيها الماء المتكاثف ممزوج مع  
البخار •

|     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |                          |
|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------------|
| 150 | 125 | 100 | 80 | 65 | 50 | 40 | 32 | 25 | 20 | قطر الانبوب الذاهب<br>mm |
| 80  | 65  | 65  | 40 | 32 | 32 | 25 | 20 | 20 | 15 | قطر الانبوب الراجع<br>mm |



جامعة دمشق  
Damascus University

## - ( الفصل الثامن ) -

### استعمالات الطاقة الشمسية في التدفئة وتسخين المياه

ان تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة حرارية دون استعمال وسائط تركيز لاشعة الشمس تتم بواسطة مجمعات مستوية تثبت بوضع مائل بزاوية ( $45^\circ$ ) باتجاه الجنوب وبهذه الطريقة نحصل على درجات حرارة دون ( $100^\circ\text{C}$ ) وهي مناسبة لاغراض التدفئة وللحصول على الماء الساخن للاستعمالات المنزلية \*

#### ٨-١ - المجمعات المستوية :

=====

وتقسم الى قسمين وذلك حسب الوسيط الناقل للحرارة :

##### ١ - المجمعات السائلية

##### ٢ - المجمعات الهوائية

وسنتعرض بدراسة للنوع الاول فقط \*

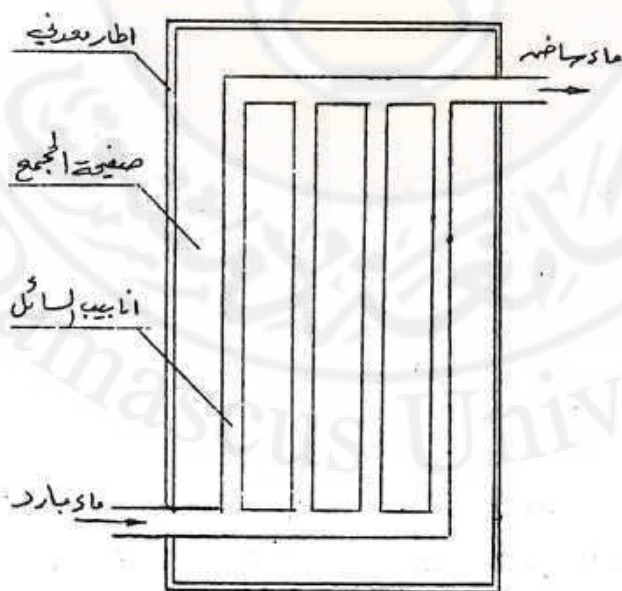
#### المجمعات السائلية :

=====

وهي تستخدم سائلا ما ( غالبا الماء ) كوسيط لا متصاص الحرارة من المجمع وتتألف المجمعات من صندوق معدني يحتوي بداخله صفيحة المجمع وهي عبارة عن صفيحة معدنية غالبا ما تكون من النحاس أو الالمنيوم أو الفولاذ الغير قابل للصدأ وبطلي سطح هذه الصفيحة

بدهان أسود او بطبقة رقيقة من أكاسيد او مركبات الكبريت السوداء وذلك لأن هذه المواد لها عامل امتصاص كبير للأشعة الشمسية ذات الموجات القصيرة وناشرية ضعيفة للموجات الطويلة ، كما يجب ان يثبت الدهان على صفيحة المجمع بشكل جيد لا يتقشر نتيجة للتمدد والتقلص المتكرر للصفيحة .

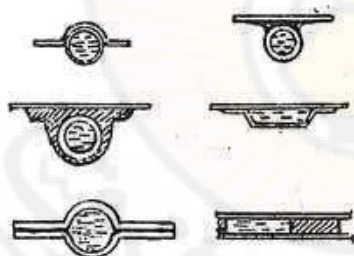
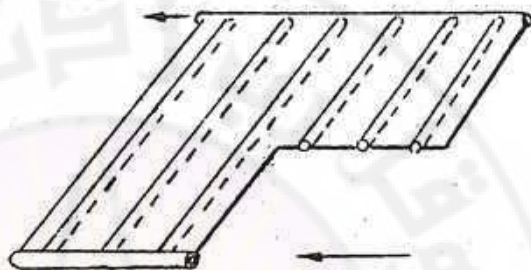
وتتألف هذه الصفيحة في بعض النماذج من صفيحة معدنية رقيقة مع جملة أنابيب نحاسية تتصل مع بعضها عبر انبوين ، انبوب سفلي وهو الذى يعطي السائل البارد الى الانابيب ، وانبوب علوى وهو الذى يجمع السائل الساخن الخارج من الانابيب، كما يوضح الشكل ( ٨ - ١ )



شكل ( ٨ - ١ )

وتثبت الانابيب على الصفيحة اما باللحام أو بالتثبيت الميكانيكي، نوضح فيما يلي عدة انواع لانباب السائل وطريقة تثبيتها مع صفيحة المجمع كما في الشكل ( ٨-٢ ) :

نموذج للسطح الماص  
لمجمع شمسي مستوي



امثلة لوصل المجرى  
الناقل مع السطح الماص

شكل ( ٨-٢ )

ويغطي صندوق المجمع عادة بغطاء شفاف وهو عبارة عن صفيحة شفافة مهمتها الأساسية السماح للأشعة الشمسية بالمرور الى السطح الماص للطاقة الشمسية ولا تسمح للاشعاعات الحرارية التي يصدرها

السطح الا سود بالخروج لتعكس مرتدة الى السطح وهذا بالاضافة الى حماية السطح من الغبار والاوساخ والاُمطار ، ويمكن ان يكون هذا الغطاء الشفاف اما من الزجاج العادى المعالج ضد الحرارة أو من الزجاج البلاستيكي ( كالبوليكربونات أو البلاكسي كلاس ) هذا ويمكن استخدام الزجاج العادى •

ويوضع عادة بين الغطاء الشفاف والهيكل الخارجى جوانبات مطاطية وذلك للحصول على مرونة بين الغطاء الشفاف والهيكل كي لا ينكسر الغطاء من جهة وكى لا يحدث تسرب مياه المطر الى داخل المجمع من جهة اخرى مما يسبب نقص في المردود الحرارى •

ولكى نمنع حدوث تسرب للحرارة من داخل المجمع لخارجه نقوم بعزل السطح الماص للطاقة الشمسية من الخلف والجوانب ويمكن أن تكون المواد العازلة من مواد مختلفة مثل :

آ-الصوف الزجاجي :  
=====

وهو عازل جيد للحرارة ويستخدم في دارات التدفئة العادية وفي عزل اسطوانات المياه الساخنة وعامل الضياع الحرارى له (  $0,035 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$  ) ومن مميزاته أنه يتحمل درجات الحرارة العالية والمنخفضة ومن مساوئه أنه يفقد خاصية العزل لدى تسرب الماء اليه ( لأنه يتبلل بالماء )

ب- البولييريتان :  
=====

وهو عازل حرارى ممتاز ويستخدم بكثرة ويتم العزل بواسطته عن



طريق حقه ليأخذ الشكل المطلوب وعامل الضياع الحرارى له ( 0,021 W/m°C ) ومن ميزاته انه لا يتأثر بتسرب الماء اليه ، ولكنه لا يتحمل درجات حرارة اكثر من ( 100 °C ) .

جـ - الستير وبور :

=====

عامل الضياع الحرارى له ( 0,03 W/m°C ) ومن مساؤه انه لا يتحمل درجات حرارة عالية ولكنه لا يتأثر بتسرب الماء اليه وهو وسط بين الصوف الزجاجي والبوليريتان .

## ٨-١ - ١- دراسة نظرية للمجمعات السائلة :

ان الدراسة النظرية للمجمعات السائلة بشكل عام هي لمعرفة كمية الحرارة المنتقلة من الصفیحة المعدنية الماصة ( السوداء ) للاشعاع الشمسي الى السائل الذى يمر في انابيب المجمع ويمكن معرفة كمية الحرارة هذه كما يلي :

ان كمية الحرارة الداخلة الى المجمع الشمسي تعطى بالعلاقة :

$$Q_{in} = A \cdot (G \cdot \tau \cdot \alpha) \dots\dots\dots (1)$$

حيث : A - مساحة سطح المجمع ( m² ) .

G - كمية الاشعاع الشمسي على وحدة السطح ( توء خذ من

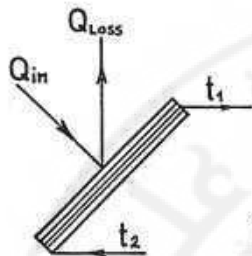
جداول خاصة ) ( W/m² ) .

$\tau$  - معامل الانتقال للاشعة المرئية .

$\alpha$  - معامل الامتصاص .

— وبذلك يمثل الجداء (  $G \cdot \tau \cdot \alpha$  ) كمية الاشعاع الشمسي  
الفعلي الواردة على وحدة سطح المجمع المدروس \*

من الشكل المجاور لدينا  $Q_{use} = Q_{in} - Q_{loss}$



وكمية الحرارة المفقودة تحدد كما يلي :

$$Q_{loss} = A \cdot U \cdot (t_s - t_a) \dots\dots\dots (2)$$

حيث :  $t_s$  — درجة حرارة سطح المجمع .

$t_a$  — درجة حرارة الهواء المحيط .

$U$  — معامل الانتقال الحرارى الكلي بين سطح المجمع

والجو المحيط (  $W/m^2 \text{ } ^\circ C$  ) \*

وبالتالي تكون كمية الحرارة المنتقلة الى السائل هي حاصل طرح  
العلاقتين ( 1 ) و ( 2 ) أى :

$$Q_{use} = Q_{in} - Q_{loss} = A [ ( G \cdot \tau \cdot \alpha ) - U ( t_s - t_a ) ] \dots\dots\dots (3)$$

وهذه العلاقة تكافئ العلاقة التالية :

$$Q_{use} = \dot{M} \cdot C ( t_1 - t_2 )$$

حيث :  $\dot{M}$  ( Kg/s ) التدفق الكتلي في المجمع

$C = ( 4180 \text{ J/Kg } ^\circ C )$  الحرارة النوعية للماء

$t_1$  درجة حرارة الماء الذاهب من المجمع

$t_2$  درجة حرارة الماء الراجع الى المجمع

( الداخل الى المجمع )

ولكن من مساوىء الحساب بهذه الطريقة أنه في العلاقة

( 2 ) تكون (  $t_s$  درجة حرارة سطح المجمع ) غير معلومة وهي تتعلق

بدرجة حرارة الماء الذاهب والراجع ، أى بدرجة الحرارة المتوسطة  
 من (  $t_m$  ) ولتلا في هذه المشكلة يمكن ان نعوض في العلاقة بـ  $t_2$  بدلا  
 من (  $t_s$  ) وهي درجة حرارة الماء الداخل وذلك اذا ادخلنا معامل  
 تحريك الحرارة (  $f_r$  ) الذى يساوى :

كمية الحرارة الفعلية الممتصة (  $Q_{use}$  )

$$f_r = \frac{\text{كمية الحرارة الداخلة اذا كانت درجة حرارة السطح مساوية لدرجة حرارة دخول الماء ( } t_2 \text{ )}}{\text{كمية الحرارة الداخلة اذا كانت درجة حرارة السطح مساوية لدرجة حرارة دخول الماء ( } t_2 \text{ )}}$$

وبالتالي تصبح العلاقة ( 3 ) بالشكل :

$$Q_{use} = A \cdot f_r \cdot [(G \cdot \tau \cdot \alpha) - U (t_2 - t_o)] \dots (4)$$

حساب مردود المجمع :   
 -----

مردود المجمع الآتي هو النسبة بين كمية الحرارة الواردة الفعلية  
 الى المجمع ، وجداء كمية الاشعة الواردة مع مساحة المجمع •

$$\eta = \frac{Q_{use}}{G \times A}$$

بتعويض قيمة (  $Q_{use}$  ) نجد :

$$\eta = f_r \cdot \tau \cdot \alpha - \frac{f_r \cdot U \cdot (t_2 - t_o)}{G} \dots (5)$$

عندما لا يكون هناك حرارة ضائعة نكتب المردود الآتي للمجمع على

الشكل التالي :

$$\eta_0 = f_r \cdot T \cdot \alpha$$

من العلاقات التي مرت معنا يتضح لنا ان مردود المجمع يعتمد على ثلاثة عوامل :

$$1 - \eta_0 \text{ و } U \text{ و } f_r$$

٢- الشروط المحيطة ( زاوية السقوط ، درجة حرارة الهواء ٠٠٠٠ الخ )

٣- شروط العمل للمجمع ( درجة حرارة الماء الداخل ، درجة حرارة الماء في الخزان ٠٠٠٠ الخ )

٤- اذا رمزنا في العلاقة ( 5 ) ب [  $\Delta t = (t_2 - t_0)$  ] يمكن ان نكتب العلاقة بالشكل :

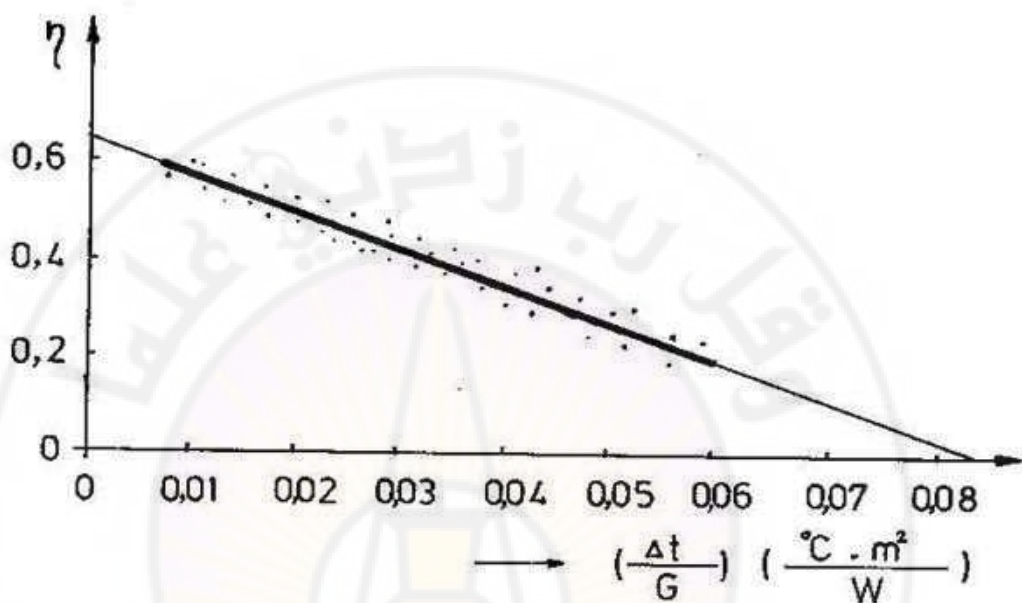
$$\eta = \eta_0 - \frac{f_r \cdot U \cdot \Delta t}{G}$$

وهي من الشكل:  $y = a - b \cdot x$

حيث (  $x = \frac{\Delta t}{G}$  ) وقيم  $a$  و  $b$  تتعلق بعدة عوامل وتختلف من بلد لآخر حسب الظروف وحسب تصميم المجمع ويمكن ان نأخذ كمثال (  $a = 0,72$  ) و (  $b = 5,2$  )

لنموذج معين من المجمعات الشمسية \*

والشكل العام لعلاقة المردود هي من الشكل التالي :



٨-١-٢ ملاحظات حول تحسين مردود المجمع :

- ١- يمكن تخفيف الاشعاعات الشمسية الضائعة أى الاشعاعات التي تنعكس على اللوح الزجاجي الخارجي دون ان يمتصها المجمع وذلك بطلي الوجه الداخلي بطبقة من اوكسيد الأنديسوم \*
- ٢- ان الضياع الحرارى عبر اللوح الشفاف في المجمع يمكن تخفيضه وذلك باستعمال اما زجاج مزدوج يحتوى على حيز مفرغ من الهواء بين اللوحين حيث لا يحصل أى انتقال للحرارة عبر الحيز المفرغ أو باستعمال زجاج يحتوى على نسبة منخفضة من اوكسيد الحديد ، ولا شك ان الحل الامثل هو استعمال لوحين زجاجيين بينهما حيز مفرغ من الهواء ويحتوى اللوحين نسبة ضئيلة من أوكسيد الحديد \*



٣ - هناك ظاهرة تتعارض مع دراستنا ظاهريا حيث يرتفع المدود كلما كانت درجة حرارة الماء الوسطية في المجمع قريبة من درجة حرارة الوسط الخارجي ومن هذا ننصح بارشادين عمليين :

أ- اعتماد سعة تخزين كبيرة لكي تصغر درجة حرارة الماء الداخلة الى المجمع ، مثلا ان اعتماد خزان سعة ( 300 L ) ودرجة حرارة وسطية (  $40^{\circ}\text{C}$  ) أفضل من استعمال خزان سعة ( 200 L ) ودرجة حرارة وسطية (  $50^{\circ}\text{C}$  )

ب- اعتماد جريان كافي وذلك لكي لا يبقى الماء طويلا في المجمع لأن بقاء الماء لوقت طويل في المجمع يؤدى الى خروج ماء ذو درجة حرارة عالية وبالتالي ضياع حرارة اكبر من سطح المجمع وعند انتقال الماء الى خزان التجميع .

٨ - ١ - ٣ - الأمور الواجب تجنبها أثناء تصنيع المجمعات :

---

١ - تسرب المياه :  
=====

ان لتسرب المياه الى داخل اللاقط أثريسيء يؤدى بالدرجة الاولى الى ترطيب العازل مما يفقده صفة العزل وبالدرجة الثانية يؤدى الى تبخر الماء المتسرب الى داخل اللاقط وبالتالي تشكل طبقة من بخار الماء العازلة على السطح الداخلي للسطح الزجاجي تؤدى لتخفيض مرور الاشعاع الشمسي الى داخل المجمع

## ٢- التركيب السيء للزجاج :

=====

يجب عدم تثبيت الزجاج بقوة على المجمع وذلك لأن الزجاج يتعرض الى تقلب قوى في درجة الحرارة مما يؤدى الى كسره ، كما يجب الانتباه الى سماكة اللوح الزجاجي المستعمل بحيث يتناسب مع حجم الاطار الخارجي للمجمع \*

## ٣- التبخر الذى يصيب بعض المواد :

=====

وتكون موجودة داخل المجمع فمثلا بعض المواد العازلة يمكن أن تتبخر تحت درجة  $70^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$  / مما يؤدى الى تشكل بخار على السطح الداخلى للزجاج. كما يجب ان يستعمل طلاء أسود غير قابل للتبخر \*

## ٤- التجمد :

=====

في كثير من الأحيان يحدث أن تنخفض درجة حرارة الجو الخارجى الى ما دون الصفر المئوى ، وهذا يسبب تجمد المياه داخل الانابيب وبالتالي هذا يعنى تلفا ميكانيكيا ناتجا عن تفجير الانابيب بسبب ازدياد حجم الماء عند تجمده ولتلافي حدوث مثل هذا العطل يلجأ لعدة أساليب :

أ- الحفاظ على دوران الماء في المجمع خلال فترة احتمال حدوث التجمد وهذا يعنى فقد كبير في الحرارة المدخرة \*

ب- تفريغ المجمع من الماء ولكن عيب هذه الطريقة أنه عند التفريغ يسمح بدخول الهواء للمجمع وبالتالي صدأ الانابيب بسبب تكرار تلامسها

## • مع الماء والهواء

جـ - استعمال وسائط منع التجمد : وتستعمل هذه الموانع في دارات التدفئة المخلقة وتعمل موانع التجمد على تخفيض درجة حرارة التجمد وذلك بإضافة نسبة مختلفة من غليكول الاثيلين •

## ٥ - الصدا :

=====

وهو يحدث كنتيجة طبيعية لوجود التماس بين أنابيب المجمع والماء وخصوصا عند استعمال أنابيب نحاسية على صفيحة من الألمنيوم أو الفولاذ إذ أول ما يبدأ الصدا عند نقاط الالتحام بين هذين المعدنين ولذلك يفضل ان يستخدم معدن النحاس لكل من الصفيحة والأنابيب ويمكننا ان نتلافى ظاهرة الصدا بأن نضع بعض مانعات الصدا مع الاقلال ما أمكن من دخول الهواء الى الدارة •

## ٨ - ١ - ٤ - توجيه المجمعات الشمسية :

توجه المجمعات الشمسية عادة باتجاه الجنوب وذلك لكي تستقبل أشعة الشمس لأكبر فترة ممكنة كما تعطى المجمعات ميلا على الافق بزاوية معينة وذلك لكي تسقط اشعة الشمس بشكل عمودي عليها عند فترة الظهيرة بسبب كون أشعة الشمس أشد ما يمكن في هذه الفترة من النهار • وتحسب الزاوية التي يجب ان تميل فيها المجمعات على الافق من العلاقة :  $\alpha - 90 = \gamma$

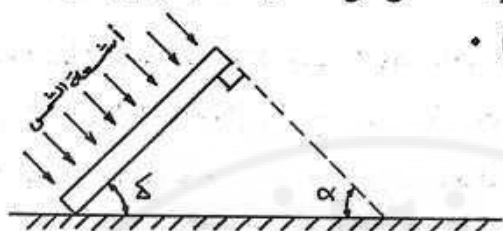
حيث :  $\gamma$  زاوية ميل المجمع على الافق •

$$\alpha = 90 - L + d$$

$$\gamma = 90 - (90 - L + d) \quad \text{ومنه}$$

$$= 200$$

حيث :  $\alpha$  زاوية ورود الشمس على الافق \* ( او زاوية ارتفاع الشمس )



$L$  زاوية خط العرض وهي لمدينة دمشق .

$d$  زاوية ميل الشمس وهي الزاوية بين الشعاع الشمسي والمستوى الموازي لمستوى الاستواء المار بالنقطة المعتبرة والجدول التالي يعطي قيمة  $d$  \*

| التاريخ                       | زاوية ميل الشمس $d$ |
|-------------------------------|---------------------|
| ٢١ حزيران ( الانقلاب الصيفي ) | 23,5                |
| ٢١ آيار ٢١ تموز               | 20,25               |
| ٢١ نيسان ٢١ آب                | 11,5                |
| ٢١ آذار ٢١ ايلول              | 0                   |
| ٢١ شباط ٢١ تشرين (١)          | - 11,5              |
| ٢١ كانون (٢) ٢١ تشرين (٢)     | - 20,25             |
| ٢١ كانون الأول                | - 23,5              |

وباصلاح العلاقة السابقة نكتب (  $\delta = L - d$  ) ولمدينة دمشق

(  $\delta = 33,5 - d$  ) \* وتعويض قيم (  $d$  ) من الجدول السابق في هذه

العلاقة ينتج لدينا أن زاوية ميل المجمعات الشمسية تتراوح بين (  $10^\circ$

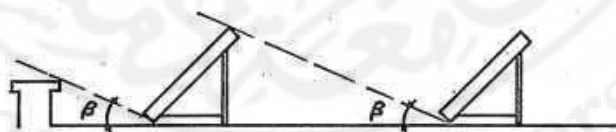
و  $57^\circ$  ) \* لذلك تمال المجمعات بزاوية ثابتة طوال العام وتكون



وسطا بين اعلى وأخفض قيمة لـ  $\delta$  فلمدينة دمشق  $\delta = 33,5^\circ$  (  $\delta = \frac{10+57}{2}$  ) وهذه الزاوية توافق زاوية خط العرض لمدينة دمشق (  $L$  ) لذلك يقال مباشرة أن المجمعات تمال بزاوية ثابتة تساوي زاوية عرض المكان المستعملة فيه ولكن بسبب كون الطاقة المجمعة في الصيف زائدة عن الاستهلاك لذلك نختار (  $\delta$  ) اكبر بحوالي (  $10^\circ$  ) وذلك لزيادة مردود المجمع في الشتاء وتعتمد قيمتها الثابتة (  $\delta = 45^\circ$  ) زاوية مناسبة لجميع الأوقات بالنسبة لمدينة دمشق \*

كما يجب ان يراعى عند تركيب المجمعات عدم سقوط ظل المباني والاشجار المجاورة عليها قدر الامكان ويجب تثبيتها بشكل جيد ضد الرياح والامطار \*

اما اذا كان تركيب المجمعات يتطلب وضعها على عمدة صفوف فيجب ان يراعى بالآ يسقط ظل الصف الاول من المجمعات على الصف الذي يليه في أسوأ حالة لوضع الشمس \* ويجب ان تكون الزاوية (  $\beta$  ) المبينة في الشكل لا تتجاوز (  $20^\circ$  ) أي (  $\beta \leq 20^\circ$  )



$$\beta = \alpha = 90 - L + \delta \quad \text{حيث :}$$

$$\beta = 90 - 33,5 - 23,5 \quad \text{في كانون الأول}$$

$$\beta = 33^\circ \quad \text{( في الظهيرة )}$$

اما وسطي اليوم فتكون الشمس منخفضة وزاويتها اقل من ذلك ، لذا ينصح



بأن لا تزيد  $(\beta)$  عن  $(20^\circ)$  \*

٨-٢- خزان ادخار الحرارة :

\_\_\_\_\_

۱۰۰۰

ان الهدف من وجود هذا الخزان / هواد خاز الطاقة الحرارية  
في الساعات الشمسية للاستفادة منها في ساعات الليل حيث يتوقف عمل  
المجمعات الشمسية • لا وسه غير المقتصد في صلقه تخزين هذه الطاقة  
على مدى السنة

يمكن صناعة الخزان من الفولاذ أو من الاسمنت وفي جميع الاحوال يجب أن يعزل عزلا جيدا \* ويقدر حجم هذا الخزان من معرفة الفترة التي يراد خزن الماء الساخن خلالها وكذلك معدل استهلاك الماء سواء كان للتدفئة أو للاستعمالات المنزلية ففي حال عدم استخدام مصدر حراري مساعد فاننا سنحتاج الى خزان تجميع كبير الحجم لا يستفاد من كامل مخزونه الا في ايام قليلة من فصل الشتاء ، أما في حال وجود مصدر حراري مساعد فيمكننا أن نصغر حجم الخزان مما يؤدى الى وفر في الكلفة التأسيسية وزيادة في كلفة التشغيل \*

ويستعمل كوسيط للتسخين اما الماء أو الهواء أو املاح ذات درجات منخفضة ولكن عادة يستعمل الماء لأن له سعة حرارية جيدة وخصائص الثمن وعملي أكثر من غيره من وسائط التسخين ويمكن القول بشكل عام أن حجم التخزين الأمثل يتعلق بمساحة المجمعات وبلزمنها بحدود ( 40 — 50 L ) لكل (  $1 \text{ m}^2$  ) من مساحة المجمعات •

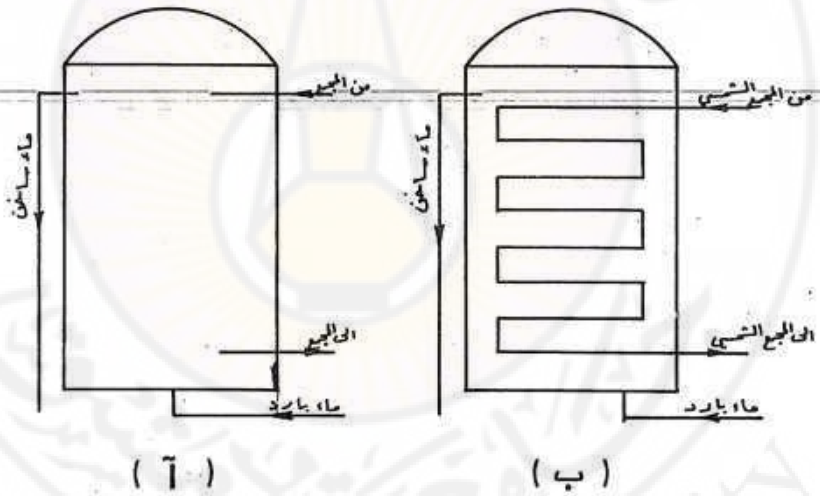
ويمكن ان يتم تسخين الماء داخل الخزان بطريقتين :

### أ - الطريقة المباشرة :

أي أن الماء الخارج من المجمع يتجه مباشرة إلى الخزان ويختلط بالماء البارد الموجود فيه ويتم تسخينه •

### ب - الطريقة غير المباشرة :

أي أن الماء الخارج من المجمع يدخل إلى الخزان عبر وشيعة تسخين ويتم تسخين الماء داخل الخزان بالتوصيل والحمل بواسطة هذه الوشيعة •



### ٨ - ٣ - استخدام الطاقة الشمسية في التدفئة :

شخصيات

### ٨ - ٣ - ١ - دراسة الحمل الحراري :

لدراسة الحمل الحراري لبناء يلزم تحديد العوامل التالية :

— نوعية السطوح التي يتم فيها انتقال الحرارة •

— معاملات انتقال الحرارة •

— كمية الهواء المتسرب •

— الفرق بين درجة الحرارة الداخلية والخارجية •

وعند الاستفادة من الطاقة الشمسية في التدفئة يجب مراعاة :

١— تقليل الحمل الحرارى الضائع من البناء الى الحد الاصغرى.

٢— استعمال المساحة الاقتصادية من المجمعات الشمسية •

ولتقليل الحمل الحرارى الضائع من البناء :

آ— يمكن العمل على عزل السطوح المعرضة للجو الخارجى بشكل جيد

بحيث نحصل على القيمة الدنيا لمعاملات انتقال الحرارة مع

مراعاة القيمة الاقتصادية لسماكة العازل •

ب— يمكن العمل على اقلال كمية الهواء المتسرب الى الحد الاصغرى

الكافى لحاجة الساكنين ضمن المنزل ويتم ذلك بأحكام النوافذ

والابواب بشكل جيد • ويمكن ان يتم ادخال الهواء المطلوب عن

طريق مسخنات هوائية شمسية توضع تحت النوافذ •

ج— يمكن تصغير قيمة الفرق بين درجة الحرارة الداخلية والخارجية ويتم

ذلك :

١— بتخفيض درجة الحرارة الداخلية وهذا ممكن بسبب ارتفاع درجة

حرارة السطوح الداخلية للبناء نتيجة لاستعمال العزل الحرارى

الجيد وكذلك باستعمال طريقة التدفئة بالارض والتي تناسب

طريقة التدفئة باستعمال المجمعات الشمسية حيث لا تتطلب

درجة حرارة مرتفعة لوسيط التسخين • بالاستناد لما ذكر يمكن  
ان تؤخذ درجة الحرارة الداخلية حوالي ( $18^{\circ}\text{C}$ ) نتيجة لارتفاع  
درجة حرارة الاشعاع الوسطية للبناء •

٢- اخذ تغير درجة الحرارة الخارجية بعين الاعتبار خلال فترة التدفئة  
المطلوبة •

من المعروف انه في دراسات التدفئة العادية نعتد درجة الحرارة  
الخارجية بالاستناد الى احدى الطرق التالية :

أ- المعدل العام لدرجات الحرارة الدنيا السنوية خلال جميع السنوات  
السابقة التي لها سجلات اي اعتبار ( $100\%$ ) من ساعات فصل الشتاء •

ب- اخذ درجة الحرارة الدنيا لـ  $99\%$  من ساعات فصل الشتاء •

ج- اخذ درجة الحرارة الدنيا لـ  $97,5\%$  من ساعات فصل الشتاء •

ولكن من المعروف ان درجة الحرارة الخارجية تتغير مع الزمن ، لذلك  
يجب تحديد درجة الحرارة الخارجية بدلالة ساعات اليوم من معرفة  
معدل تغير درجة الحرارة اليومي للمكان المراد دراسته ، وبدلالة  
درجة الحرارة الخارجية المتغيرة هذه نحسب الضياع الحراري الساعي ،  
هذه الطريقة تعطي حمل حراري للمبنى اقل بحوالي ( $25\%$ ) من الحمل  
الحراري المحسوب بطريقة اعتماد درجة الحرارة الخارجية الدنيا •

٨- ٣- ٢- استعمال المساحة الاقتصادية من المجمعات الشمسية :

من المعلومات المتوفرة عن الريح الحراري الشمسي نحدد كمية  
الحرارة الساعية المكتسبة ، وبحسب توافق فترة التدفئة مع فترة سطوع



الشمس تحدد مساحة المجمعات الشمسية حيث يلزمنا اقل ما يمكن من مساحة المجمعات الشمسية اذا كانت فترة التدفئة هي نفس فترة سطوع الشمس • ويلزمنا مساحة مجمعات شمسية اكبر مع خزن حرارى للطاقة اذا كانت فترة التدفئة اطول من فترة سطوع الشمس كما هي الحالة في المثال الموضح فيما يلي •

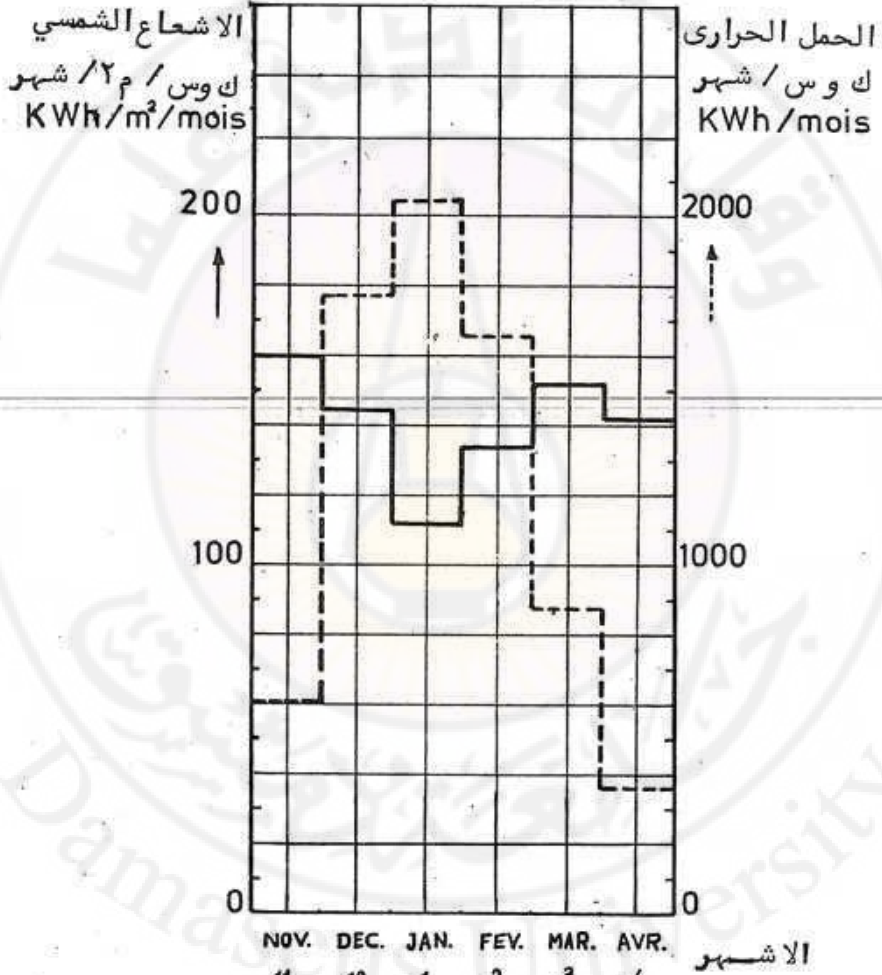
الشكل ( ٨ - ٣ ) يبين بخط مستمر كمية الاشعاع الشمسي الشهري بالكيلو واط ساعي / متر مربع / شهر ) لفصل الشتاء لمدينة دمشق على سطح مائل عن الافق بمقدار (45°) درجة • كما يبين الخط المتقطع الحمل الحرارى المحسوب بطريقة ساعية شهرية ( بالكيلو واط ساعي / لكل شهر ) لمنزل مساحته ( 120 m<sup>2</sup> ) معزول جيدا • بفرض فترة التدفئة ( 9 ) ساعات من الساعة ( 8 ) الى الساعة ( 17 ) ودرجة الحرارة الداخلية (18) درجة مئوية •

من مقارنة الحمل الحرارى المحسوب للمبنى مع الريح الحرارى الشمسي يمكن تحديد نسبة الحمل المغطى بالطاقة الشمسية •

الشكل ( ٨ - ٤ ) يوضح عامل التغطية الشمسي (α) بدلالة مساحة المجمعات ( A ) المستعملة حيث يحسب عامل التغطية الشمسي من النسبة بين كمية الريح الحرارى من الطاقة الشمسية، وهذه تعتمد على مساحة ومردود المجمعات الشمسية المستعملة، وكمية الحمل الحرارى اللازم للمنزل •



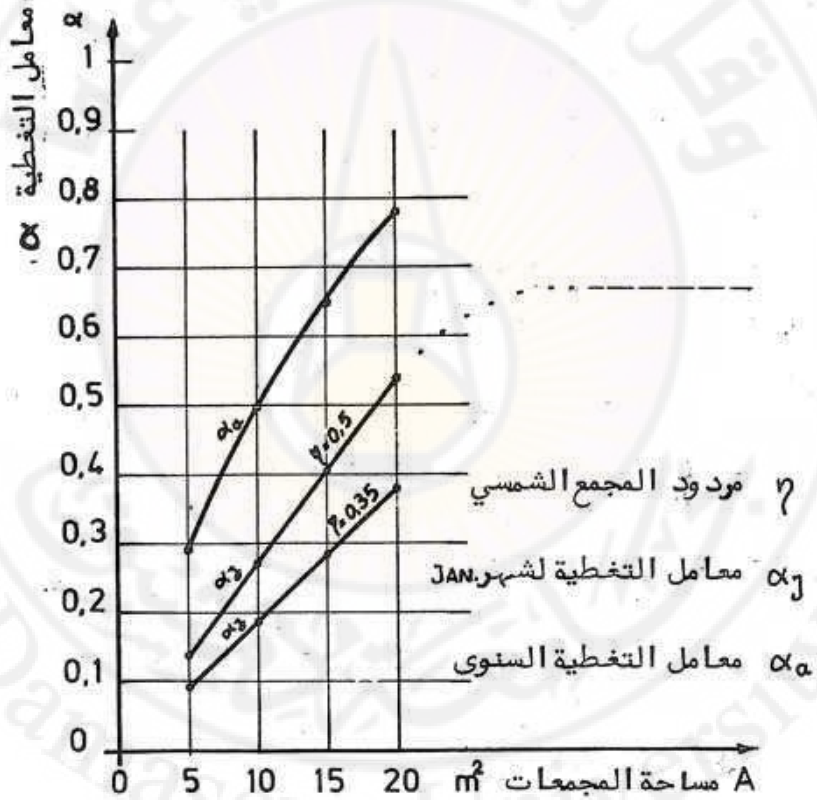
مساحة المنزل المدروس  $120 \text{ m}^2$



— الإشعاع الشمسي (دمشق  $45^\circ$ )  
 ---- الحمل الحراري للمنزل (منطقة دمشق)  
 شكل ( ٨-٣ )

عامل التغطية  $\alpha = \frac{\text{الرياح الحراري من الطاقة الشمسية}}{\text{الحمل الحراري للفتل}}$

حيث  $\alpha_g = \frac{112 \times 5 \times 0.5}{2050} = 0.1366$



شكل ( ٨ - ٤ )

فإذا اخذنا كمثال شهر كانون الثاني والذي يعتبر ابرد شهر في فصل الشتاء لمدينة دمشق • نرسم خطين لـ  $(\alpha_g)$  الأول بمردود مجمعات (35 %) والثاني بمردود (50 %) وطبعاً تزداد قيمة  $\alpha$  مع ازدياد المردود •

لنأخذ المجمعات المدروسة بمردود (50%) فنلاحظ من المخطط ان معامل التغطية الشمسي  $\alpha_g$  يتغير شبه خطياً حتى مساحة مجمعات تساوي (20 %) تقريباً عن مساحة المنزل المدفأ بينما لا تستمر التغطية بعد هذا الحد من مساحة المجمعات وبأخذ الخط شكل منحنى مقارب لقيمة تغطية تساوي (65%) •

المنحنى  $\alpha_g$  يبين معامل التغطية الشتوي بدلالة مساحة المجمعات ويمكن حسابه بأخذ مجموع الريح الحراري الشمسي مع مساحة ومردود المجمعات وتقسيم الناتج على مجموع الحمل الحراري الشتوي للمنزل •

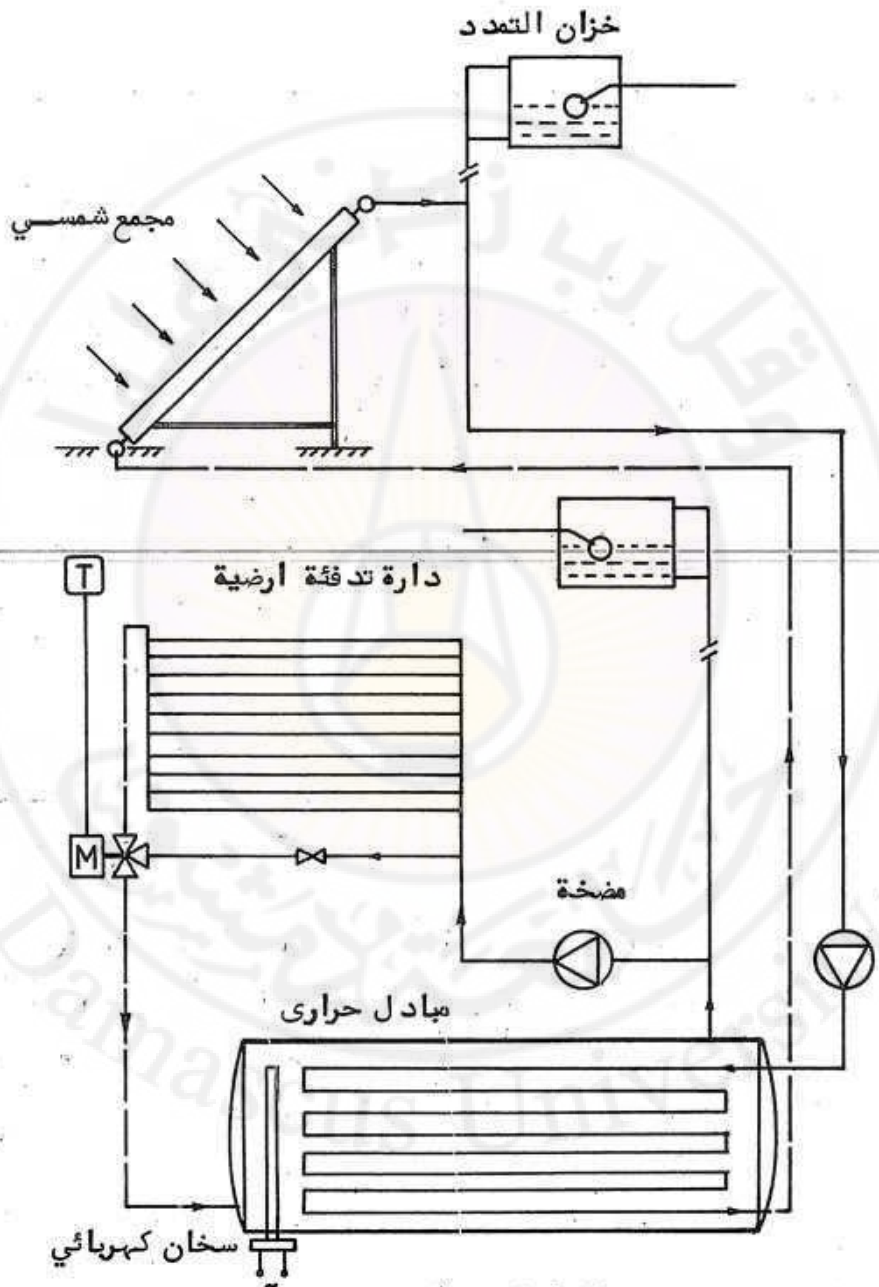
وبلاحظ ان قيمة  $\alpha_g$  تصل الى حوالي (78 %) عند مساحة مجمعات تساوي (20 m<sup>2</sup>) والتي تعادل (17 %) من مساحة المنزل المدروس •

يتضح من هذه الحسابات انه مهما زادت مساحة المجمعات فان من غير الممكن الوصول الى تغطية كامل الحمل الحرارى الشتائى المطلوب اى لا يمكن زيادة معامل التغطية الشمسي (  $\alpha$  ) \* فاذا استعملنا هذه النتائج يمكننا تصميم نظام تدفئة شمسي باختيار مساحة مجمعات شمسية ضمن الحدود المذكورة ودراسة الحمل الحرارى بأعتبار القيمة الوسطية الشهرية لدرجة الحرارة الخارجية مما يساعد كثيرا على تسهيل وتبسيط الحسابات \*

يوضح الشكل ( ٨ - ٥ ) مخطط رمزي لدارة التدفئة المقترحة بأستخدام مجمعات الطاقة الشمسية ومبادل حرارى مع دارات تدفئة ارضية \*

يمكن اعتبار بشكل تقريبي ، درجة الحرارة الوسطية للماء في دارة التدفئة الارضية ( $40^{\circ}\text{C}$ ) ودرجة الحرارة الوسطية للمبادل الحرارى ودرجة الحرارة الوسطية لدارة المجمعات الشمسية ( من  $45^{\circ}\text{C}$  الى  $50^{\circ}\text{C}$  )  
بلا حظ ضرورة استعمال صمام ثلاثي آلي مع ترموستات لكل غرفة ليحافظ على درجة حرارة ثابتة ضمن الغرفة ، ويقترح هنا استعمال سخانات كهربائية لدعم التدفئة بالفترات غير المشمسة \*

الشكل يبين دائرة تدفئة رمزية بأستعمال الطاقة الشمسية :



شكل ( ٨ - ٥ )



### ٨-٣-٣ - الدراسة الاقتصادية لسعر الكيلووات الساعي الحرارى المتولد من الطاقة الشمسية : \_\_\_\_\_

من المخططات ( ٨-٣ و ٨-٤ ) نحدد التغيرات الشهرية للطاقة الشمسية الواردة ، والحمل الحرارى اللازم لتدفئة المنزل المدروس ، ومعامل التغطية الشمسي ، وبإضافة الاسعار الحالية للتجهيزات المطلوبة ، يمكننا تقديم الكلفة الاجمالية لكل كيلووات ساعي حرارى متحول عن الطاقة الشمسية ، مع مناقشة القيمة الاقتصادية لسعر الطاقة العادية التي يمكن ان تدخل عندها الطاقة الشمسية ، بمعلومية زيادة اسعار الطاقة الحالية ، وتكون اقتصادية لأن الطاقة الشمسية سيكون سعرها متنازل مع الزمن بينما الطاقة العادية متزايد مع الزمن ، وبالتالي خلال فترة الاستثمار سيكون الناتج ان كلفة الطاقة الشمسية الاجمالي لمدة محددة مساوية أو اقل من كلفة الطاقة التقليدية المستعملة .

ان اجهزة التحويل الشمسية الحرارية لها كلفة تأسيسية مرتفعة ولكن لا يتطلب تشغيلها اعتمادات سنوية سوى التي تتعلق بأعمال الصيانة. تتطلب الدراسة الاقتصادية وضع نموذج حسابي لدراسة طرق استثمار المجمعات الشمسية ومقارنة كلفتها مع كلفة الطاقة التقليدية ، وسنعمد لذلك العلاقة التالية :

$$C = \frac{(A \times + K) F}{\alpha \times Q} = \frac{\text{كلفة التجهيز} \times F}{\text{كفاءة الحرارة الناتجة} \times Q}$$

حيث :

C سعر الطاقة المفيدة التي تولدها المجمعات الشمسية الا انه يجب ان تدرك ان هذه القيمة قد عرفت بالسعر الذي يجب ان تتميز به الطاقة التقليدية التي يتم استبدالها اقتصاديا بالطاقة الشمسية • وذلك تقدر ( C ) بالليرات السورية لكل كيلوات ساعي حرارى مولد من الطاقة الشمسية •

A مساحة المجمعات الشمسية المستعملة (  $m^2$  )

x سعر المتر المربع من المجمعات الشمسية ( ل س ) ليرة سورية •

K كلفة التأسيسات الثابتة للدارات ( ل س ) ليرة سورية •

F عامل استرداد رأس المال ويساوى :

$$F = \frac{(1+r)^n}{n(1+e)^n} = \frac{(1+r)^n}{n(1+e)^n}$$

ويساوى  $\frac{1}{n}$  عندما (  $r = e$  ) •

e نسبة الارتفاع السنوى لسعر المازوت ( او الطاقة المستعملة كهرباء مثلاً ) •

n عدد سنوات استثمار النظام الشمسي •

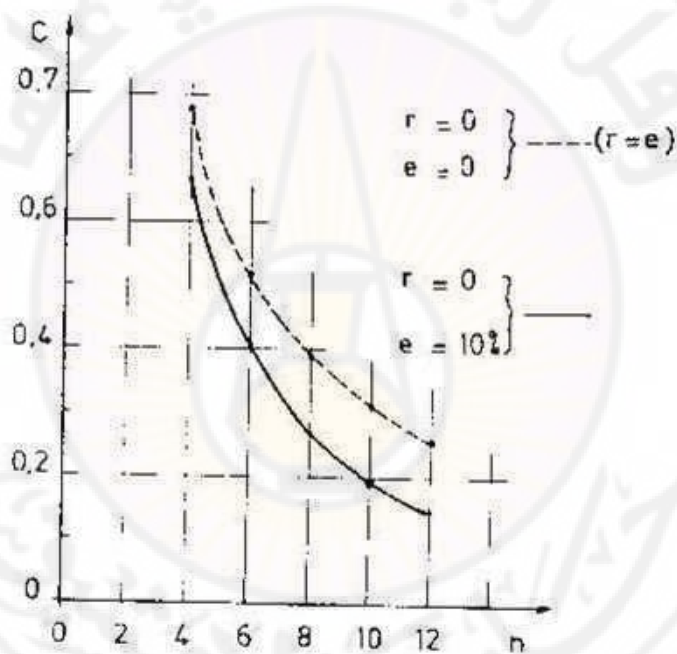
r الفائدة السنوية لرأس المال •

$\alpha$  عامل التغطية السنوى •

Q الحمل الحرارى الكلي لفصل الشتاء ( بالكيلوات ساعي ) (KWh) •

الشكل ( ٦-٨ ) يبين قيمة ( C ) بدلالة ( n ) عدد سنوات

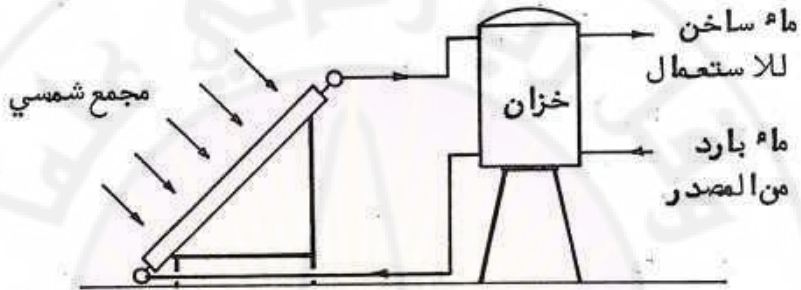
الاستثمار :



شكل ( ٦-٨ )

## ٨ - ٤ - السخان الشمسي لماء الاستعمال :

الشكل يبين نموذج بسيط لسخان شمسي لماء الاستعمال، ويتألف من مجمع شمسي وخزان ماء وتوصيلات الانابيب اللازمة \*



ولحساب مساحة المجمعات الشمسية اللازمة وحجم خزان الماء المناسب نعتد ما يلي :

ان كل شخص يلزمه يوميا حوالي (50) ليتر من الماء الساخن بدرجة حرارة تتراوح بين (40°C الى 60°C) \* وبذلك يكون الحمل الحراري اللازم لرفع درجة حرارة كتلة الماء (M) الى الدرجة (t) تساوى :

$$Q = M \times C \times \Delta t$$

حيث نعتبر (  $\Delta t = 35^\circ\text{C}$  ) فرق درجات الحرارة بين الماء

البارد والماء الساخن .

(  $C = 4,180 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{C}$  ) الحرارة النوعية للماء

M كتلة الماء المناسبة (Kg/day)

( بفرض: يوم /  $M = 50 \text{ Kg}$  )

ملاحظة  
اختيار مساحة الممتصة المناسبة - تم اختيارها

يكون :  $Q = 50 \times 4,18 \times 35 = 7315 \text{ (KJ/day)}$

للتحويل الى  
( KWh ) كيلووات ساعي  
 $Q = \frac{7315}{3600} = 2,03 \text{ (KWh/day)}$

— اذا اخذنا معطيات مدينة دمشق نحصل على قيمة (G) لكمية الاشعاع  
لشهر كانون الثاني تساوي :  $G = 3,7 \text{ KWh/m}^2 \cdot \text{day}$   
والتي يمكن الحصول عليها من الشكل ( ٨ - ٣ )  
— بفرض ان المجمعات المستعملة ذات مردود حراري لا يقل عن (50%)  
لظروف التشغيل

نحسب المساحة ( A ) بالمتر المربع للمجمعات الشمسية اللازمة :

حيث :  $A = \frac{Q}{\eta \times G}$

$A = \frac{2,03}{0,50 \times 3,7} = 1,1 \text{ (m}^2\text{)}$

أى أن كل شخص يلزمه تقريبا واحد متر مربع من المجمعات الشمسية مع  
خزان ماء لا تقل سعته عن ( 50 ) ليتر ، شرطان لا يقل  
مردود المجمعات الشمسية عن ( 50 ) %

40



## - ( الفصل التاسع ) -

### الهواء والغبار والمواد الضارة الموجودة فيه

بدأ الإنسان بالوقت الحاضر يعاني من امراض حضارية \* تلك الامراض التي هي من انتاج الانسان نفسه وهذا القول ينطبق على الواقع بدرجة كبيرة فتلوث الهواء مثلاً هو نتيجة مباشرة للتطور الحضارى للانسان وخاصة التطور الصناعى \* ويسبب تزايد تلوث الهواء اعراضاً مرضية مختلفة فاجاع الرأس وضعف الرؤية واضطرابات المعدة والاعراض السرطانية لها علاقة مباشرة بنوعية الهواء الذى يستنشقها الانسان وقد وجد على سبيل المثال انه اذا ارتفعت نسبة غاز اول اكسيد الكربون في الجوالى ( 80 جزءاً من مليون جزء ) فان قدرة الدورة الدموية للانسان على نقل الاكسجين تنخفض بنسبة ( 15 % ) وهذا يعنى بشكل آخر خسارة جسم الانسان لما يعادل حوالي نصف لتر من الدم \* ويمكن تقدير قيمة مثل هذه الاخطار التلوثية اذا ما علمنا بأنه في بعض المدن وحيث يشتد ازدحام المواصلات بأن نسبة اول اكسيد الكربون تصل الى ( 400 جزء من مليون جزء ) \*

ويمكننا في مقارنة هذا الرقم مع سابقه معرفة مدى الخطر الكامن في الهواء الملوث واثاره الخطيرة على الصحة العامة \* ويعتبر الاطفال

والمسنون اكثر الناس عرضة لأمراض المتعلقة بتلوث الهواء \* وقد لوحظ ان بعض الأمراض كمرض ذات الرئة وانتفاخ الرئة تتزايد بشكل كبير في مناطق التلوث الهوائي \*

كما دلت بعض الدراسات على ان أمراض التهاب الأغشية المخاطية والقصبات الهوائية تزداد في المناطق الصناعية عما هي عليه في المناطق غير الصناعية كما وجد ايضا ان نسبة الموت في سرطان الرئة لها علاقة قوية مع تزايد نسبة الضباب الدخاني في الجو ووضحت إحدى الدراسات على سبيل المثال ان عدد الذين يصابون بسرطان الرئة في مدينة نيويورك تصل الى ( 55 ) شخصا لكل مئة الف شخص الا ان هذا العدد ينخفض الى ( 40 ) شخص لكل مئة الف شخص في المناطق البعيدة عن نيويورك \*

## ٩-١ - الهواء والانسان :

الهواء هو ذلك الغاز الذي يحيط بنا من كل جانب والذي تقدر سماكته بما لا يقل عن ستين كيلومترا. يحتاج الفرد الى ( 15 Kg ) منه في اليوم لاحتوائه على غازات هامة اهمها الاكسجين الذي يشترك في عمليات التنفس المختلفة والذي بدوره لا تستمر الحياة سوى دقائق معدودة ، بينما يمكن للانسان ان يعيش اياما طويلة بلا غذاء او ماء لقلته حاجته اليه بالنسبة للهواء ، اذا يحتاج الى ( 1,5 Kg ) من الطعام والى ( 2,5 Kg ) من الماء في اليوم الواحد \*

فإذا ما تغير تركيب الهواء أو اختلفت نسبة الأكسجين فيه أدى ذلك لحدوث اضطراب فيزيولوجي وأمراض خطيرة لذلك لا بد لنا من أن نتكلم عن الخواص الكيميائية والفيزيائية للهواء وتأثير هذه الخواص على الإنسان \*

#### ٩ - ١ - ١ - الصفات الكيميائية للهواء :

يمكن القول بأن التركيب الكيميائي للهواء ثابت باستثناء بعض التغيرات الطفيفة التي تحدث من جراء التلوث وخاصة في المناطق الصناعية \* ومن أهم العناصر التي يمكن أن يحتويها الهواء : الأكسجين ونسبته في الهواء حوالي ( 21 % ) والازوت ( 78 % ) وغاز الفحم ( 0,04 % ) وكميات قليلة من بخار الماء والغازات النادرة \*

وقد يوجد في هواء المدن بعض المواد كالنشادر وأكسيد الفحم وأكاسيد الازوت والكبريت وبعض الأبخرة وذرات الفحم والجراثيم

#### ١ - الأكسجين $O_2$ :

=====

يعتبر هذا العنصر من العناصر الهامة والضرورية للحياة فهو يشترك في عمليات الأكسدة في جسم الإنسان وتبلغ الكمية التي يحتاجها الشخص منه في حالة الراحة ( 350 ميلي ليتر بالدقيقة ) لتزداد وتصل حتى ( 4500 - 5000 ميلي ليتر بالدقيقة ) عند القيام بأعمال مجهدة فإذا ما انخفضت نسبة الأكسجين في الجو

بسبب انخفاض الضغط الجوي وخاصة في الأماكن المرتفعة حيث تصل نسبته إلى (16 %) بدلا من (21 %) تظهر على الشخص أعراض نقص الأكسجين \*

## ٢- الأوزون $O_3$ :

تختلف نسبة هذا الغاز باختلاف المناطق والفصول فيكثر في الليل والرياح والخريف وبين الأشجار الصنوبرية وفي المناطق العليا من الجو نظرا لتأثير الأشعة فوق البنفسجية وهو عديم الثبات له خاصية محرقة نظرا لسهولة انفكاك إحدى ذراته لذا يستعمل كمادة مطهرة في تطهير الماء وإزالة الروائح الكريهة العضوية \*

أما إذا زادت نسبته عن الواحد في المليون في الهواء فقد يؤدي إلى تخريش الأغشية المخاطية التنفسية \*

## ٣- غاز الفحم $CO_2$ :

تبلغ نسبة هذا الغاز في الجو ما يقارب (0,04 %) مع تآرجح قليل في هذه النسبة تبعاً لوجود مصانع أو بحار أو غابات في المنطقة \*

وإذا زادت نسبته عن (0,07 %) يشعر الإنسان بانزعاج وعندما تصل النسبة إلى (1 %) يشعر الإنسان بضيق في التنفس وعندما تصل نسبته إلى [(4 - 5) %] تظهر على الإنسان أعراض مرضية شديدة من تخريش الأغشية المخاطية وللطرق التنفسية



وسعال وشعور بارتفاع حرارة الصدر وتسرع النبض وارتفاع الضغط

• الشرباني

٤- الأزوت  $N_2$  :

=====

هو عنصر ضروري وهام في الهواء وتبلغ نسبته حوالي (78 %) ويقوم بدور فعال في التنفس وذلك عن طريق تخفيض نسبة الأوكسجين المخزن الداخل إلى جهاز التنفس إضافة لاستفادة بعض النباتات منه •

٥- بخار الماء  $H_2O$  :

=====

يوجد بالهواء بنسب مختلفة وذلك حسب قربه من البحر وهو ينجم عن تبخر مياه البحار والمياه الأخرى وعن تنفس الكائنات الحية وعن أكسدة المواد العضوية •

ووجود بخار الماء في الهواء ضروري لترطيب الأغشية المخاطية

والجلد •

٦- الغازات الأخرى :

=====

الأمونيا (  $NH_3$  ) وينتج عن تفسخ المواد العضوية في التربة وثاني أكسيد الكبريت (  $SO_2$  ) وكبريت الهيدروجين (  $H_2S$  ) وغيرها من الغازات الناتجة عن الصناعات وأكسيد الفحم الشديد السمية الناتج عن الاحتراق الناقص •



## ٩- ١- ٢- الصفات الفيزيائية للهواء :

### ١- درجة حرارة الهواء :

يجب ان تبقى درجة حرارة جسم الانسان ثابتة مهما تغيرت درجة حرارة الهواء المحيط . يتم ذلك بفضل المراكز المنظمة للحرارة في الجسم وذلك عن طريق زيادة او نقصان الاحتراق أى تقليل الضياع الحرارى وزيادته • ويتم ذلك عن طريق الجلد والتعرق وتوسع الاوعية وعن طريق التنفس والطرق المفرغة •

تؤدى زيادة درجة حرارة الوسط المحيط مع بقاء المراكز المنظمة دون عمل الى حدوث ضربة الشمس اضافة الى زيادة الامراض الطفيلية وانتشار الحشرات وتثبيت المراكز العصبية مما يثير الخمول والكسل •

واذا ما نقصت درجة الحرارة في المحيط ادى ذلك الى تثبيء الفعل المقبض للاوعية وزيادة الاحتراقات لشدة الضياع الحرارى ويرافق ذلك بعض النقص في مقاومة الجسم مما يؤدى لحدوث الامراض الانتانية •

### ٢- رطوبة الهواء :

تعرف نسبة الرطوبة : بانها النسبة بين كتلة بخار الماء

الى كتلة الهواء الجاف في كمية من الهواء الرطب •

الرطوبة النسبية : وهي النسبة بين اجزاء المولات لبخار الماء في عينة من الهواء الرطب الى اجزاء المولات لبخار الماء لنفس العينة عندما يكون الهواء بحالة الاشباع وعند نفس درجة الحرارة والضغط •

وتختلف رطوبة الهواء باختلاف درجة حرارته فيكثر بخار الماء اذا كانت درجة الحرارة عالية ويقل اذا انخفضت •

يختلف تأثير الرطوبة بحسب درجة الحرارة والبرودة فاذا كانت نسبة الرطوبة مرتفعة ودرجة حرارة الجو مرتفعة يمكن ان يؤدى ذلك الى اضطراب في تنظيم الحرارة وخاصة اضطراب التعرق ومنه حدوث ضربة الشمس اضافة الى تأثير ميثبط بالجملة النباتية واضطراب شوارب الجسم والتخفيف من تأثير الاشعاعات ما فوق البنفسجية وزيادة فعالية الجراثيم •

ان ازدياد نسبة الرطوبة مع انخفاض درجة الحرارة يؤدى الى زيادة البرودة بسبب ازدياد النقل الحرارى لوجود بخار الماء مما يزيد من ضياع حرارة الجسم وبالتالي يساعد في انقاص مقاومة الجسم وتعرضه للافراض الانتانية •

### ٣ - حركة الهواء :

=====

تنشأ حركة الرياح عن الاختلاف المستمر بين درجات الحرارة العليا والسفلى بين القطب الجنوبي والشمالي وبين خط الاستواء فكلما سخنت طبقة من الهواء تتمدد وترتفع فيخلو مكانها ويحل محلها طبقة اخرى ذات كثافة اكبر ويسبب كون درجة الحرارة مرتفعة دوما في خط

الاستواء يكون اتجاه الرياح من القطب الى خط الاستواء ولكن حركة الارض السريعة تحرفها فتصبح جهة الحركة في نصف الكرة الشمالي من الشمال الى الجنوب والغرب والنصف الجنوبي الى الشمال والغرب وتختلف تسمية الرياح باختلاف سرعتها فاذا كانت سرعتها لا تتجاوز المتر الواحد في الثانية سميت بالريح واذا كانت نحو ( $2 \text{ m/s}$ ) سميت بالنسيم واذا زادت عن ( $22 \text{ m/s}$ ) سميت بالاعصار او الزوينة وما فوق ذلك حتى ( $40 \text{ m/s} - 45$ ) سميت بالهوجاء والعقيم وهي مخربة تقتلع الاشجار • وتقاس هذه السرعات بمقاييس خاصة ومتنوعة •

يمكن ان تؤثر حركة الهواء تأثيرا جيدا في الحالة الصحية فيما اذا احسن الاستفادة منها فهي تساعد في تهوية المسكن وتجديد هوائه الفاسد وتعديل من الحرارة لانها تساعد في زيادة تبخير السوائل اضافة الى تخفيف الرطوبة في المساكن والاماكن المختلفة مما يساعد في التخلص من الامراض التي تستفيد من الرطوبة والى التخفيف من الجراثيم التي تلائمها الاوساط الرطبة •

اما اذا حصر الهواء الفاسد في مكان مغلق فقد يساعد على زيادة نسبة السموم بالجو مما يحدث كوارث في بعض المناطق الصناعية وقد تهب من جهة حارة كالصحارى المحرقة فتلف الاجساد او من مكان رطب فتحمل الرطوبة •

#### ٤ - الضغط الجوى :

=====

يشأ الضغط الجوى عن ثقل طبقة الهواء المحيطة بالارض وهو

يخف كلما ارتفع المكان عن سطح البحر بحيث ان ارتفاع ( 100 m )  
تقريبا عن سطح البحر ينقص الضغط الجوى بمقدار ( 12 mili bar )  
بينما يزيد هذا الضغط عند الانخفاض عن سطح البحر \*

إضافة لذلك يزداد الضغط الجوى بازدياد نسبة الرطوبة  
في الهواء والضغط الجوى ضرورى جدا لحفظ وضبط الغازات وتوازنها  
داخل الجسم \* ويؤثر الضغط الجوى في جسم الانسان تأثيرات  
مختلفة اذا زاد او نقص فاذا ما زاد الضغط كما يحدث عند المشتغلين  
في اعماق البحار يؤدى هذا لحدوث ما يسمى بمرض الصندوق المغلق  
اى انحلال غاز زائد وخاصة الاوزت بالدم وفي النسيج الشحمية.  
يؤدى الصعود السريع ( الغير تدريجي ) الى انطلاق بعض الصمامات  
الغازية مما يؤدى لانسداد بعض الاوعية الدموية \*

يترافق نقصان الضغط الجوى مع نقص في الاكسجين مما  
يؤدى لحدوث تغيرات وارتكاسات فيزيولوجية او مرضية مختلفة  
بحسب سرعة التعرض لهذا الانخفاض فاذا حدث بشكل بطيء فانه  
يؤدى الى حدوث ما يسمى بداء الجبال \* المرض الذى يحدث اثناء  
تسلق بعض الجبال التدريجي واقصى ما يمكن تحمله بالنسبة للانسان  
هو ( 9000 m ) عن سطح البحر حيث يفقد الشعور فيما بعد  
ذلك ويكون مقدار الاكسجين في مثل هذا الارتفاع لا يزيد عن ( 18% )  
اما اذا حدث الانخفاض في الضغط بشكل مفاجئ فانه سيؤدى الى  
حدوث اضطرابات مختلفة كما يحدث عند الطيارين \*



## ٥ - الاشعاعات :

=====

ان الحياة على سطح الأرض تتأثر بالقوى الاشعاعية الناجمة عن الشمس \* ومن هذه القوى الاشعة المرئية التي تتراوح أطوال موجاتها الطويلة ( اى مادون الاشعة تحت الحمراء ) وبين الاشعة القصيرة الموجبة كالشعة ( X ) واشعة (  $\gamma$  ) وغيرها \*

ومن المعلوم ان لكل من هذه الاشعاعات مظاهرها وتأثيراتها الحيوية التي يظهر تأثيرها على لوحات التصوير وتأثيرها المخرب أو تأثيرها الكيماوى المحول لطليعة فيتامين ( d ) \*

هذه التأثيرات تختلف فيما بينها تبعا لنوع الاشعاع ولطول موجته ولمدة التعرض له ولدرجة الامتصاص فيه وغير ذلك من العوامل \*

وتعمل طبقة الهواء التي تحيط بالأرض على تعديل بعض اشعة الطيف الشمسي والتقليل من اثره الفعال وخاصة الضار منه ومع ذلك نرى ان اشعة الشمس الباقية عظيمة الخطر بادية الاثر في كل من يعيش على سطح الأرض وقد يكون في هذه الاشعة ما هو مفيد في الوقاية او معالجة بعض الامراض ، ومن هذه الاشعاعات :

## أ - ضوء الشمس :

=====

يعتبر هذا الضوء من العناصر الاساسية الباعثة على زيادة النشاط والحيوية فهو يزيد من العمليات الموء كسدة مما يزيد في صرف



الاكسجين ويساهم في ازدياد النمو الجسمي والنشاط العصبي والتنفس  
ويمكن تأثيره المضاد للجراثيم بزيادة الاكسدة بداخلها حتى يفنيها  
اضافة الى فعل الشمس في مكافحتها للكساح بتأثيرها على طليعة  
فيتامين ( d ) وذلك بسبب وجود الاشعة فوق البنفسجية \* من هنا  
تأتي فائدة الحمامات الشمسية وخاصة عند الاطفال \*

#### ب- الاشعاعات الراديومية ( النووية ) :

=====

يتعرض الانسان في الوقت الحاضر لهذه الاشعاعات اكثر من  
اي وقت آخر لاستعمالها في توليد القدرة النووية للاموار العسكرية او  
الصناعية او العلمية وهذا ما يضطرنا الى الانتباه للنسب الموجودة في  
الهواء والمحافظة على عدم زيادتها عن النسبة ( 0,0015 ÷ 0,0005 )  
رونجن باليوم والا تلوث الجو وحدثت بعض الامراض الخطيرة كالاصابات  
في نقي العظام والاعضاء التناسلية والجهاز العصبي والاستحالات  
السرطانية والامراض الوراثية ٠٠٠٠٠ الخ ولم تنزل الدراسات تظهر  
كثرة الامراض عند سكان هيروشيما وناغازاكي اذ ان الغبار المتساقط  
الناتج عن تفجير نووي واحد يبقى عشرات السنين مما يزيد من  
امكانية حدوث الامراض السابقة وخاصة حدوث تشوهات ولادية تتناسب  
مع مقدار الاشعاعات المؤثرة على الام والجنين \*

#### ٩ - ٢ - الغبار في الهواء :

=====

يمكن للغبار المحيط بالانسان اذ زاد عن تركيز معين ان  
يدخل مع الهواء الى الجهاز التنفسي محدثا فيه امراض تنفسية رئوية

وتختلف خطورة الغبار بحسب صفاته فكلما كانت ذراته اصغر ( اقل من 5 ميكرون ) تمكن من ان يصل الى الطرق التنفسية العميقة ويحدث اذابة في الجهاز التنفسي تحول دون وصول الاكسجين اللازم اليه •

ويختلف هذا التأثير بحسب نوع الغبار الذي نصفه كما يلي :

١ - غبار عضوى

٢ - غبار غير عضوى

٣ - غبار مختلط

١ - الغبار العضوى :

=====

وهو اما ان يكون حقيقي من منشأ نباتي كالكتان والقطن او من منشأ حيواني كالصوف والشعر واما ان يكون اصطناعي كالمطاط والنايلون •

٢ - الغبار غير العضوى :

=====

كما في اوكسيد السليس (  $SiO_2$  ) والاسمنت والحديد والفحم والا لمنيوم والبريليوم وينتج معظم هذا الغبار عن المعامل وعمن المناطق الصناعية ويساهم بشكل كبير في عملية تلوث الهواء •

٣ - الغبار المختلط :

=====

وهو عبارة عن غبار يتضمن كلا النوعين السابقين •  
ويختلف تأثير الغبار بحسب نوعه : فقد يؤدى الى ظهور

## • التهابات مختلفة

ويؤدى الغبار العضوى الى حدوث امراض اقل خطورة بشكل عام فيشاهد عادة التهاب القصبات والربو القصبي •

اما الغبار الغير عضوى فهو اشد خطورة من الغبار العضوى فهو يؤدى الى تلف عقدى منتشر او خلالي مما يؤدى الى ابعاد الانسان وعجزه وهذا الغبار الغير عضوى يشتمل على نوعين :

الاول : وتكون فيه فعالية المواد قليلة مما يؤدى لحدوث اصابة اخف ويتأخر حدوث العجز •

الثاني : تكون المواد فيه شديدة الفعالية باصابتها وتؤدى لسرعة حدوث العجز •

## ٩-٣- مصادر الانتاج التي تنشر المواد الضارة وتلوث الهواء :

يعتبر تلوث الهواء من اخطر الاخطار التي تتعرض لها البيئة في الوقت الحاضر ويعتبر الهواء ملوثا عند تغير صفاته الفيزيائية او الكيميائية اى عندما يحمل الهواء عنصرا او مادة موجودة فيه او يكون بنسب زائدة عن الحد الطبيعى • ولا يخلو الهواء الذى نستنشق من المواد الملوثة ومن مصادر هذا التلوث :

١- مصادر طبيعية •

٢- مصادر صناعية من عمل الانسان ونشاطه الصناعى •

## ٩-٣-١ - تلوث الهواء الناتج عن مصادر طبيعية :

وهو التلوث الذي ينشأ دون تدخل الإنسان فيه ويتضمن :

- ١ - بخار الماء بشكل ذرات دقيقة من الماء أو ما يدعى بالضباب •
  - ٢ - الغبار وما يحتويه من ذرات معدنية وترابية ومواد من منشأ حيواني ونباتي بما في ذلك غبار الطلع •
  - ٣ - الجراثيم وبذيراتها والفطور •
  - ٤ - الأملاح الناتجة عن رذاذ البحار والمحيطات •
  - ٥ - مركبات ناتجة عن التفسخات الحيوانية والنباتية مما يؤدى إلى تكون روائح كريهة ومزعجة •
  - ٦ - نواتج الاحتراق ذات المنشأ الطبيعي مثل الحرائق التي تحصل بالغابات • وثورات البراكين •••
  - ٧ - المواد ذات الإشعاعات الفعالة •
- ومن المحتمل ألا تكون لمثل هذه المصادر الطبيعية لتلوث الهواء سوى أثر زهيد و دور محدود في امراض البشر •
- عدا بعض العوامل الجرثومية المرضية التي يمكن ان تحدث زيادة ملحوظة في نسبة الامراض أثر بعض العواصف •

ومن المحتمل كذلك ان تزداد مستويات الإشعاعات الفعالة الطبيعية كلما ازداد سطح الارض اضطرابا بمخلفات الانسان واعماله التي تزيد عن حدودها الطبيعية • ويمكن ان توجد العواصف الجرثومية بالهواء اما بشكل ذرات دقيقة صادرة مباشرة عن منبع



قريب بشكل قطرات صغيرة واما ان توجد في الغبار وتستنشق عند  
اثارته حاملة معها العامل الانتاني

٩- ٣- ٢- مصادر صناعية من صنع الانسان :

اهم مصدر من صنع الانسان هو نواتج الاحتراق وقد ينتج  
التلوث من البيوت والمواصلات كالسيارات والقاطرات والمصانع وهي هامة  
جدا في الاقطار العربية وذلك لعدم التقيد بتطبيق الشروط الصحية  
الخاصة بها ولدخول صناعات جديدة اليها ، وينتظران تزداد  
كثافة المواد الملوثة في المستقبل باضطراد في المناطق الصناعية  
والمجتمعات المدنية حتى يطرأ تطورات في اساليب السيطرة على  
نواتج الاحتراق \*

ولقد احصى وجود اكثر من مئة مادة من نواتج الاحتراق نذكر  
اهمها :

١- مركبات الكبريت : كثنائي اوكسيد الكبريت  $SO_2$  وكبريت

الهيدروجين  $H_2S$  \*

٢- مركبات الفلور \*

٣- اكاسيد الازوت \*

٤- اولاكسيد الكربون \*

٥- الهيدروكربونات \*

٦- هباب الفحم \*

٧- مركبات الرصاص \*



## ١ - ثاني اكسيد الكبريت :

=====

وينتج عن احتراق الفحم والحجرى والمشتقات البترولية وهو من اكثر المركبات الملوثة خطورة حيث اعتبر كمؤشر لوجود التلوث ، وله اثار مؤذية منها خاصة الموء كسدة المخربة للمباني وضرره الكبير على النباتات والخضار خاصة ، اما تأثيره على الانسان فانه يزيد من نسبة الاصابة بجهاز التنفس وخاصة التهاب القصبات المزمن .

## ٢ - مركبات الفلور :

=====

تظهر في هواء المناطق القريبة من مصادر انتاج السماد والفوسفات والامنيوم ووجوده في الهواء بنسبة ( 0,001 جزء في المليون ) يحدث داء الفلور في الحيوانات ووجوده بمقادير قليلة ينقص من نسبة حدوث داء الفخرات السنية .

## ٣ - اكاسيد الازوت :

=====

تأتي هذه الاكاسيد في المرتبة الثانية من حيث الخطورة وبعد ثاني اكسيد الكبريت مباشرة وتوجد في نواتج مصانع الصناعات الكيماوية كصناعة حمض الازوت وحمض الكبريت وفي صناعة البلاستيك وتوجد في نواتج احتراق محركات الاحتراق الداخلي .

تلعب دورا كبيرا في تشكيل الضباب الدخاني وتقوم بتخريش المجارى التنفسية العميقة .

#### ٤ - أول اوكسيد الكربون CO :

=====

وينتج من محركات الاحتراق الداخلي وهو غاز عديم اللون والرائحة ولا ينحل في الماء . يوءثر هذا الغاز على الانسان فاذا بلغت نسبته ( 700 جزء من المليون ) فانه يوءدى الى الموت بعد التعرض لهذا الغاز لمدة ثماني ساعات واذا كانت النسبة اقل من النسبة المميتة فان الغاز يسبب الصداع والغثيان وفقدان القدرة على التركيز . تبلغ نسبة الـ CO في المناطق الآهلة بالسكان من ( 5 ÷ 20 ) جزء من المليون وقد تزداد هذه النسبة بازدياد كثافة السيارات على الطرقات وتسمح المعايير القياسية بازدياد النسبة في الهواء المحيط الى ( 35 جزء من المليون ) لمدة ساعة فقط .

#### ٥ - الهيدروكربونات :

=====

تضم الهيدروكربونات العديد من الغازات حسب عدد ذرات الكربون والهيدروجين وأهمها غاز ( HC ) الموجود بشكل اساسي في غازات العادم لمحركات الاحتراق الداخلي . تحت تأثير اشعة الشمس تتفاعل الهيدروكربونات مع اكاسيد الازوت لتشكل الأوزون ( OZONE ) والبيروكسيدات ( PEROXIDES ) التي توءدى وجودها في الجو الى تهيج العينين والحنجرة والانف .

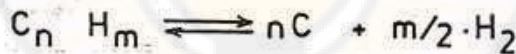
بازدياد تركيز البيروكسيدات يتشكل ضباب صناعي بني اللون ويوءدى الى اتلاف المزروعات وتشقق المواد المطاطية والى تدهور حالة المصابين بامراض التنفس والقلب .

## ٦- هباب الفحم : $C_n H_m$

=====

يتألف هباب الفحم من جسيمات صغيرة متلاصقة من الكربون تصل نسبتها في غازات العادم لمحركات الديزل إلى (  $0,01 \div 0,5 \text{ mg / Liter}$  ) قد يؤدى وجود الهباب بكميات كبيرة في المحيط الجوى إلى الإصابة بأمراض الحنجرة وإذا وصل هذا الهباب إلى الرئتين قد يسبب أمراض الرئتين \* ولكن التأثير السلبي المحسوس لهاب الفحم هو التسبب في سوء الرؤى وتوسيع القصصان البيضاء \*

ينتج هباب الفحم نتيجة للتحلل الحرارى لجزيئات الوقود في ظروف الافتقار الشديد للأكسجين حسب التفاعل :



## ٧- مركبات الرصاص :

=====

تضاف بعض مركبات الرصاص إلى وقود البنزين لمحركات البنزين لزيادة رقم الاوكتان \* وتضم هذه المركبات رابع اتيل الرصاص او رابع مтил الرصاص \*

تحتوى غازات العادم لمحركات البنزين على نسبة كبيرة من الرصاص كمركبات كيميائية تنتقل إلى جسم الانسان عن طريق الهواء والماء والطعام \* وتبعاً لآراء العديد من العلماء والأطباء فإن هذه المركبات تؤثر سلباً على صحة الانسان الجسدية والعقلية وخاصة بالنسبة للأطفال \*

#### ٩-٤ - تأثير زيادة غاز ثاني اكسيد الكربون على المدى البعيد :

ذكرنا فيما سبق المواد الضارة الملوثة للهواء بشكل مباشر ولكننا لم نذكر تأثير زيادة نسبة غاز (  $CO_2$  ) غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء على المدى البعيد .

ونسبة الزيادة سنويا بمعدل واحد في المليون من غاز ثاني أكسيد الكربون قد تبدو شيئا تافها لكنك لو حسبتها بالنسبة للغلاف الجوي ككل لتبين ان هذه النسبة الطفيفة تعني بالارقام (  $8400 \times 10^6$  طن ) زيادة في كل عام ، صحيح ان هذا الرقم ضخم امام العين ومخيف للعقل لكنه صغير بالنسبة لما يحويه الغلاف الجوي من هذا الغاز . فكتلة غاز ثاني أكسيد الكربون فيه تصل الى (  $2500 \times 10^9$  طن ) وهذه تمثل بدورها ( 0,03 % ) من كتلة الغلاف الكلي لجو الأرض .

يستطيع غاز ثاني اكسيد الكربون ان يمرر بسهولة الأشعة تحت الحمراء ( أو الاشعة الحرارية ) القادمة من الشمس الى كوكب الأرض اذ لو لم تصل هذه الاشعة لتحول كوكبنا الى كتلة من الجليد وعندئذ لن تنشأ عليه صور الحياة المعروفة لنا جميعا .



لكن الأرض بدورها تمتص جزء من الحرارة وتعكس جزءاً آخر  
فيرتد عائداً إلى الفضاء وإلى هنا تحدث موازنة حرارية بين  
ما يأتي وما يرتد ليبقى الجو محتملاً بصورته المعروفة لنا جميعاً  
ولكي يحدث هذا التوازن الحساس كان لا بد من بقاء نسبة غاز  
ثاني أكسيد الكربون ثابتة دون زيادة أو نقصان ولكن الإنسان تلعب  
بهذا الميزان فماله كلفة غاز ثاني أكسيد الكربون والنتيجة الحتمية  
لهذه الزيادة أن ترتفع درجة الحرارة •

فزيادة هذا الغاز عن حدوده المقدرة سوف يكتّم الحرارة في  
جو الأرض لأنه سيتدخل إلى حد ما في حريتها نحو الانطلاق  
إلى الفضاء ، أي أنه سيحتفظ بها كما تحتفظ بها البيوت  
الزجاجية ، وكلما زاد تركيز الغاز زادت تبعاً لذلك درجات  
الحرارة •



## ( الفصل العاشر ) -

### راحة الوسط المحيط

ان مفهوم تكييف الهواء يتضمن السيطرة الجزئية او الكلية على مواصفات الهواء الفيزيائية والكيميائية ، فالتكييف المريح يعتمد على التحكم بالهواء والسيطرة على حرارته ورطوبته ونقاوته وتوزيعه وسرعته بحسب متطلبات راحة الاشخاص ضمن المكان المكيف .

#### ١٠-١ - العوامل التي تؤثر في الوسط المحيط :

يسبب الناس القاطنون داخل الابنية تغيرات فيزيائية وكيميائية معينة في الهواء المحيط بهم ، ان كمية الاكسجين الموجودة في الهواء تتناقص بينما تزداد كمية غاز ثاني اكسيد الكربون ومن المسائل العضوية ما يعرف بالروائح التي تصدر عن الجسم والملابس ، بالاضافة الى ما يطلقه الجسم من الرطوبة والحرارة وعند تصميم انظمة التكييف نعمل على التخلص من الروائح المتصاعدة من السكان او الطبخ او مصادر اخرى ، ويمكن اتمام ذلك عن طريق ادخال الهواء النقي بكميات كافية لتخفيض تركيز الروائح ضمن البناء الى مستوى غير ضار ، وهذا الهواء النقي يمكن ان يكون الهواء الخارجي او الهواء الذي مر على مصفيات خاصة لتنقيته .

من المعروف ان الجسم البشرى يعمل كآلة تقوم بمهمتها على احسن وجه عند درجة حرارة مناسبة ولكن الجسم البشرى لا يستطيع ان يتسامح بمجال درجات حرارة كبيرة كما يحدث للآلات الاخرى ويمتاز عن تلك الآلات بأن للجسم البشرى شعور بالراحة •

وان الراحة ترتبط بالحالة التي يحافظ عليها الانسان على توازن حرارى بين نفسه والوسط المحيط به • ويعتمد الشعور بالارتياح ايضا على العمر والجنس •

وبما ان للجسم البشرى جودة تبلغ حوالي العشرين بالمائة لذلك وجب على الجسم طرح جزء كبير من القدرة الى الوسط المحيط، والمعدل الذى يطرح به الجسم البشرى الحرارة الى الوسط المحيط يسمى المعدل ( الميتابولي )

( The Metabolic Rate ) ويتفاوت هذا المعدل ما بين وضع وآخر بحسب نوع العمل الذى يقوم به الانسان والجدول التالي يوضح هذه القيم بشكل كميات حرارة محسوسة وكأنه تابعة لدرجة حرارة المحيط ونوع العمل الذى يقوم به الانسان •

تبقى درجة حرارة الانسان نسبيا ثابتة عند (  $37^{\circ}\text{C}$  )  
للا نسجة القريبة من سطح الجلد وتكون درجة حرارة الانسان صباحا اخفض بحوالي نصف درجة مئوية مما هي عليه بعد الظهر ، كما ان درجة حرارة الجسم تتغير قليلا حسب عمر الانسان وسلامة جسمه

## • صحيح

ان الجدول التالي يبين كمية الحرارة المحسوسة ( S ) وكمية الحرارة الكامنة ( L ) ( بالوات ) المنتجة من رجل طولة ( 170 Cm ) ووزنه ( 70 Kg ) بالنسبة الى درجة الحرارة الجافة للمكان المكيف ونوع العمل الذي يقوم به :

| نوع العمل            | مكان العمل          | $t_i = 20^{\circ}\text{C}$ |     | $t_i = 22^{\circ}\text{C}$ |     |
|----------------------|---------------------|----------------------------|-----|----------------------------|-----|
|                      |                     | S                          | L   | S                          | L   |
| جلوس بحالة الراحة    | مسرح - استراحة فندق | 90                         | 25  | 80                         | 35  |
| عمل بسيط حالة (جلوس) | مكتب - مطعم         | 100                        | 40  | 90                         | 50  |
| عمل بسيط (وقوف)      | مصرف محلات بيع      | 110                        | 50  | 100                        | 60  |
| عمل خفيف             | معمل - صالة         | 130                        | 105 | 115                        | 120 |
| عمل متوسط            | معمل - صالة رقص     | 140                        | 125 | 125                        | 140 |
| عمل شاق              | معامل صناعات ثقيلة  | 190                        | 250 | 165                        | 295 |

ان توليد الحرارة الزايد داخل الجسم بسبب المرض ، او توقف البث الحرارى الى الوسط المحيط بسبب تعطل نظام التحكم في الجسم يسبب ارتفاعا بدرجة حرارة الجسم •

وعند ما ترتفع درجة حرارة الجسم حتى (  $40,5^{\circ}\text{C}$  ) يتوقف عند ذلك تبخر الماء من الجسم ويصبح تسارع ارتفاع درجة

## • الحرارة متزايد

ويلاحظ ان الاشخاص الذين تعرضوا لدرجة حرارة منخفضة جدا وهبطت درجة حرارة اجسادهم الى حوالي (  $27^{\circ}\text{C}$  ) قد تمكنوا من الشفاء ، اما استمرار الجسم بدرجة الحرارة المنخفضة هذه لمدة طويلة يصبح خطرا على الحياة • ولكي يستطيع الجسم من مواجهة هذا الهبوط بدرجة الحرارة يبدأ بتوليد طاقة حرارية بواسطة الرعدة والرجفان •

ويلاحظ ان معدل البث الحراري من الجسم يتوقف على طبيعة ومعدل عمل الانسان والظروف المحيطة ، ولكي يحافظ الجسم على درجة حرارة مناسبة للشعور بالراحة يجب ان يقوم الجسم بعملية التبادل الحراري مع الوسط المحيط به • ويلاحظ ان التحكم في درجة حرارة الهواء المحيط وخصوصا في الاماكن المزدحمة يفرض ان تكون التهوية آلية مع التجديد المناسب للهواء •

ان تجديد الهواء يتطلب استعمال الهواء الخارجي ويجب هنا تصفية هذا الهواء الخارجي وتنقيته من الغبار والجزيئات الغريبة التي يمكن ان يحملها ويستعمل لذلك اجهزة غسالات الهواء او اجهزة تصفية الهواء المختلفة •

٢٦٩



## ١٠ - ٢ - الراحة الحرارية للوسط المحيط ومعادلاته :

يحافظ الجسم البشري على توازن حراري مع الوسط المحيط  
عن طريق التبادل الحراري الذي يشمل :

أ- التبخر ( حوالي 25 % )

ب- الاشعاع ( حوالي 45 % )

ج- الحمل ( حوالي 30 % )

وذلك لاشخاص جالسين مرتدين ثياب في وسط درجة  
حرارته الجافة (  $20^{\circ}\text{C}$  ) وهواء ساكن مع رطوبة نسبية حوالي  
( 50 % )

والخواص الجوية المحيطة التي يمكن ان تؤثر على عمليات  
التبادل الحراري هي :

أ- درجة الحرارة الجافة ( تؤثر على الحمل والتبخر )

ب- الرطوبة النسبية ( تؤثر على التبخر فقط )

ج- سرعة الهواء ( تؤثر على الحمل والتبخر )

د - درجة حرارة الاشعاع الوسطية ( تؤثر على الاشعاع )

ويمكن ان نكتب معادلة التوازن الحراري بين الجسم  
البشري والوسط المحيط على الشكل التالي :

$$Q_m - W = E + R + C + S$$



حيث :

$Q_m$  هو معدل الحرارة المتولدة في الجسم ( المعدل

الميتابولي ) \*

$W$  معدل انتاج العمل المفيد \*

$(Q_m - W)$  كمية الحرارة الفائضة التي يجب ان تطرح او تخزن

بالجسم \*

$E$  كمية الحرارة المتبادلة او المطروحة بالتبخر \*

$R$  كمية الحرارة التي يفقدها او يربحها الجسم بواسطة الاشعاع

وتتوقف على درجة حرارة سطح الجسم وعلى درجة حرارة الاشعاع

الوسطية فاذا كانت الاولى هي الاكبر خسر الجسم كمية من

الحرارة واما اذا كانت الثانية هي الاكبر ربح الجسم كمية من

الحرارة من الوسط المحيط \*

$C$  الحرارة التي يفقدها او يربحها الجسم بالحمل وتتوقف على درجة

حرارة سطح الجسم وعلى درجة حرارة الهواء المحيط بالجسم

فاذا كانت الاولى هي الاكبر خسر الجسم كمية من الحرارة الى

الوسط المحيط ويحدث العكس اذا كانت الثانية هي الاكبر \*

$S$  معدل اختزان الحرارة في الجسم \* ففي الحالة الصحية السليمة

وذات التوازن الحرارى الصحيح يشعر الانسان بالراحة عندما

تكون  $(S)$  مساوية للصفر \* واذا اختزن الجسم كمية كبيرة من

الحرارة ( S ) في الحالات المرضية ، فعندها يصل لدرجة  
الخطر نتيجة لارتفاع درجة حرارته •

مما سبق يتضح انه ليس من السهل تحديد الراحة او  
الشعور بارتياح عن طريق استعمال احد العوامل المذكورة اعلاه  
بمفرده كدرجة الحرارة الجافة ، الرطوبة النسبية ، سرعة الهواء ،  
او درجة حرارة الاشعاع الوسطية لأن جميع هذه العوامل تلعب  
دورها في خلق الجو والوسط المريح او المزعج •

١٠ - ٣ - قياس الرموز التي تحدد الحالة الحرارية للوسط المحيط :

ان الحرارة التي يتعرض لها الانسان في بيئة حارة ناتجة عن  
حرارة البيئة مع الحرارة التي ينتجها الانسان • يوجد عدد من  
المؤشرات يمكن استخدامها لقياس شدة الحرارة • وان جهازين  
من هذه الاجهزة لا يزالان يستعملان ولهما قيمة في عمل التقديرات  
الاولية في مقياس الراحة وهما جهاز قياس درجة الحرارة الفعالة :

[The Effective Temperature Index (ET) ]

وجهاز روبنسون للتأثير الفيزيولوجي :

[The Robinson Index of Physiological Effect (EP)]

كما انه تم مؤخرأ تطوير جهازين سمي الاول بمؤشر تنبؤ الساعات  
الاربع لمعدل التعرق :

[The Predicted Four Hour Sweat Rate  
Index ( P4SR ) ]

وسمي الثاني مؤشر شدة الحرارة المنتجة :  
[The Belding Hatch Heat Stress  
Index ( H S I ) ]

وجميع هذه الاجهزة صممت بغرض وضع مقاييس للراحة بواسطة جمع  
بعض من العوامل الاربعة ( درجة الحرارة الجافة ، الرطوبة النسبية  
سرعة الهواء ، درجة حرارة الاشعاع الوسطية ) للحصول على وحدة  
يتمثل بها كل هذه العوامل او اغلبها .

١٠ - ٣ - ١ - ميزان الحرارة الزئبقي :

يستعمل للاغراض العملية ، وانه ابسط وافضل جهاز  
لقياس درجة الحرارة في الظروف العادية للمكان . ويمكن ان نقرأ  
عليه مباشرة درجة الحرارة الجافة للهواء .  
وضع هذه المقطرة على الشكل .

١٠ - ٣ - ٢ - مقياس درجة الحرارة الفعالة : ( ET )

ان جهاز قياس درجة الحرارة الفعالة يجمع بين درجة التأثير  
للحرارى ، الرطوبة ، وسرعة الهواء على الجسم البشرى في قيمه  
مفردة .

من خلال تجارب متكررة ، درست الاستجابة الموضوعة لمجموعة من الاشخاص بالنسبة للتغيرات الحرارية ، الرطوبة ، وسرعة الهواء ، واستنتجت الحالات التي تعطي نفس الشعور بالحرارة . وقد ساهمت هذه النتائج بالحصول على درجة الحرارة الفعالة \*

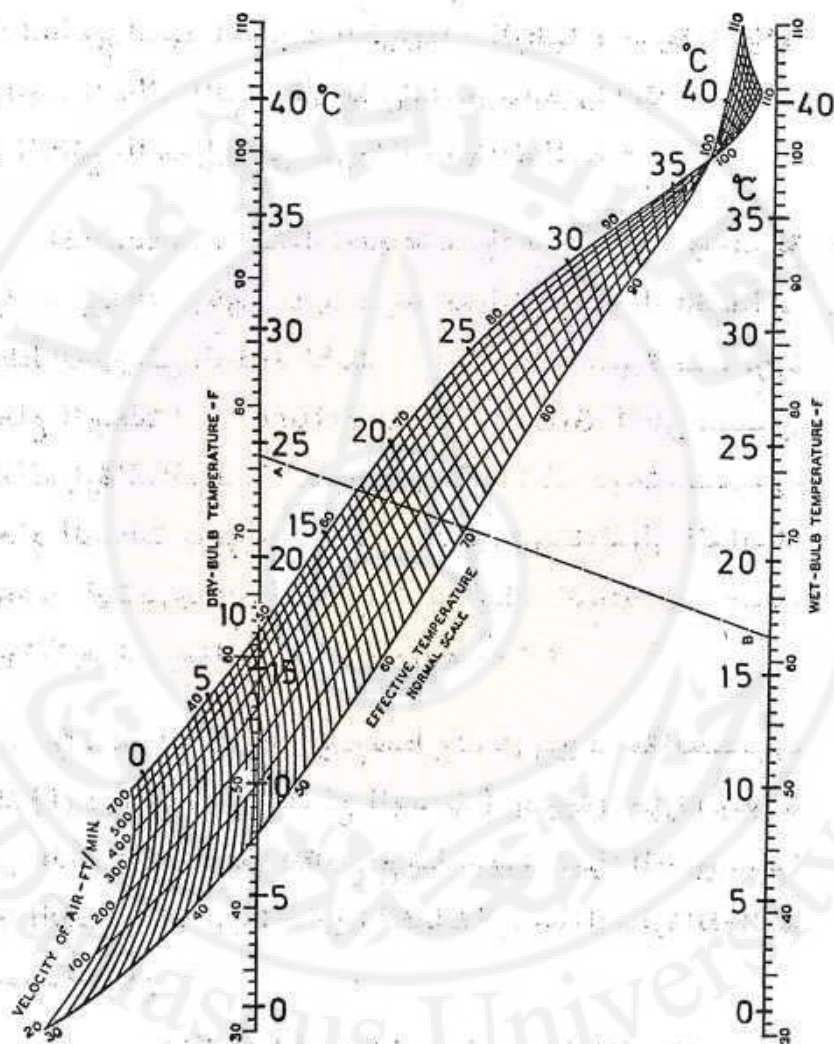
اذا كانت درجة الحرارة الجافة للهواء ، الرطوبة ، وسرعة الهواء معروفة فانه يمكن تحديد درجة الحرارة الفعالة باستخدام المخطط المبين على الصفحة التالية ، اما اذا كانت درجة حرارة الاشعاع الوسطية ( Globe Temperture ) اعلى من درجة الحرارة الجافة للهواء بدرجة مئوية واحدة فان درجة حرارة الاشعاع الوسطية يجب ان تستعمل بدلا من درجة الحرارة الجافة في تحديد قيمة درجة الحرارة الفعالة وفي هذه الحالة تسمى هذه الدرجة الاخيرة درجة الحرارة الفعالة المصححة \*

ولا استخدام المخطط توضع مسطرة لتصل بين درجة الحرارة الجافة ( او درجة حرارة الاشعاع الوسطية ) ودرجة الحرارة الرطبة للمكان للحصول على نقطة التقاطع مع خط سرعة الهواء المعروف وهذه النقطة تحدد درجة الحرارة الفعالة او درجة الحرارة الفعالة المصححة للمكان \*

ويسمى هذا المخطط بمخطط درجات الحرارة الفعالة \*



## مخطط درجات الحرارة الفعالة :



|      |      |      |      |      |      |     |         |
|------|------|------|------|------|------|-----|---------|
| 700  | 500  | 400  | 300  | 200  | 100  | 20  | FT/ MIN |
| 3,56 | 2,54 | 2,03 | 1,52 | 1,16 | 0,51 | 0,1 | m /s    |

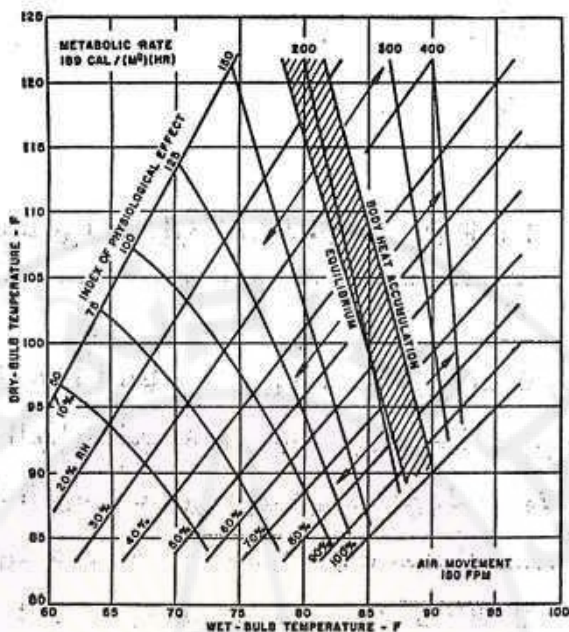


### ١٠ - ٣ - ٣ - مقياس تأثير الحرارة الفيزيولوجية ( EP ) :

في انشاء هذا المقياس ، فإن شدة الحرارة قد قدرت من الزيادة في معدل الحرارة المنتجة ، درجة حرارة الجلد ، ومعدل التعرق لاربعة اشخاص وهم يعملون او يستريحون في المخبر وفي درجات حرارة ورطوبة متعددة ، وبمعدل ثابت لحركة اليدين  $(1 \text{ m/s})$  . لقد رسمت المنحنيات الفاصلة والتي تمثل التأثير الفيزيولوجي المتساوي حسب الاشكال الموضحة ادناه .

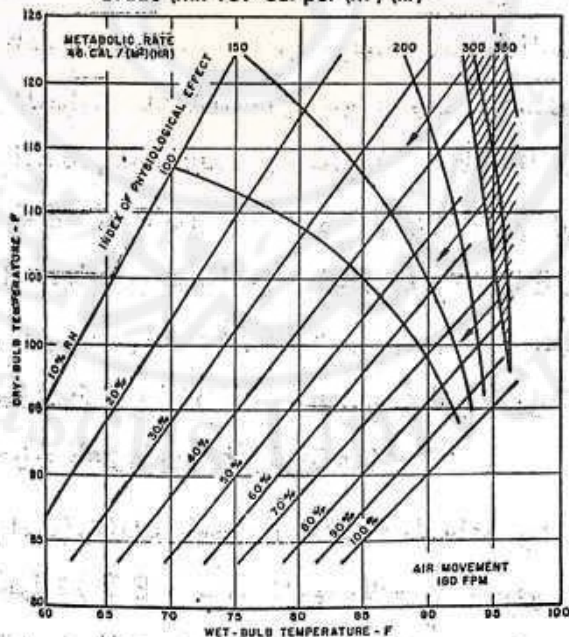
ان المخطط الذي يجب ان يستعمل سيعتمد على معدل الحرارة المنتجة . فاذا عرفت درجة الحرارة الرطبة ، ودرجة الحرارة الجافة ، ومعدل الحرارة المنتجة القصوى ومن ثم يحضر الاشخاص وهم يرتدون ملابس الطقس الحار فانه من الممكن تقدير تأثير الحرارة الفيزيولوجية ( EP ) في المجال من ( 50 - 400 ) فان التوازن الحرارى يكون ممكنا عندما تكون قيمة الحرارة الفيزيولوجية ( EP ) تحت ( 200 ) . بمعنى ان الحرارة تبدأ بالارتفاع بالجسم عندما تتجاوز الحرارة الفيزيولوجية ( EP ) ( 250 ) ، وتصبح الظروف غير محتملة عندما تكون قيمة الحرارة الفيزيولوجية فوق ( 400 ) .

ان تأثير الحرارة الفيزيولوجية ( EP ) لها فوائد ومضار اذا ما قورنت مع شدة الحرارة ( ET ) لهذا السبب فانه من المرغوب فيه ان يستخدم كلا المقياسين للكشف ( EP ) و ( ET ) واحد مقابل الآخر .



\* Each contour line of physiological effect indicates conditions of the environment which had equal effects on the working men.

(EP) The Physiological Effects of Environment on Two Clothed Men Walking at 3.5 mph up a 2.5 Percent Grade (MR 189 Cal per  $(\text{M}^2)$  (hr))



(EP) Physiological Effects of Environment on Two Men Sitting at Rest in Shorts (MR 46 Cal/ $(\text{M}^2)$  (hr))

### ١٠- ٣- ٤ - مقياس معدل التعرق المنبئ ( P4 SR ) :

ان هذا المقياس يستخدم فقط معدل التعرق كمقياس لشدة الحرارة في البيئات الحارة التي تسبب التعرق \* على ضوء العمل التجريبي البريطاني ، لقد طورت المقاييس العملية للتنبؤ بكمية العرق الممكنة بالليتر والتي يمكن ان تتسبب في مدة اربع ساعات بطريقة ملائمة \* ان هذه العملية متعاونة مع العوامل البيئية ومعدل الحرارة المنتجة ، وكمية الملا بس \*

ان مقياس التعرق هذا ( P4 SR ) سعة ( 4,5 ) ليتر قد استخدم محليا كمقياس للحد الاعلى من الاشخاص الملائين جسميا وعلى ضوء هذه القيمة ، فان الظروف الاقل قسوة يمكن ان تقدر ، ان هذه الطريقة في تحديد الشدة الحرارية صعبة التطبيق في مجال العمل وانه ما زال اداة بحث \*

### ١٠- ٣- ٥ - مقياس شدة الحرارة المولدة ( HSI ) :

يعبر هذا المقياس عن الحمل الحرارى في الاوقات التي يجب ان تتبخر كمية من العرق للحصول على موازنة لحرارة الجلد المفترضة بدرجة ( 35°C ) \* ان معدل التبخر المطلوب يقدر من معدل الحرارة المنتجة داخليا وحرارة الجسم المفقودة بواسطة الاشعاع والحرارة المنقولة مستخدما المعادلات التجريبية \* ولمقارنة هذا المعدل مع الطاقة القصوى للتبخر الجوى لرجل جلده في درجة



حرارة (35°C) وهو مبلل تماما بالعرق ، حيث انه من الممكن ان  
نقدر شدة الحرارة ونتيجة الشدة الحرارية عن طريق الفرق بين  
المعدل والنسبة بينهما \* علما بان هذا المقياس يمكن ان يعطي  
امكانيات في المستقبل مع الحقائق الجديدة التي تقترب من التحقيق  
الا انه ما يزال اداة بحث في الوقت الحاضر \*

ملاحظة : نقطة مع الشغل

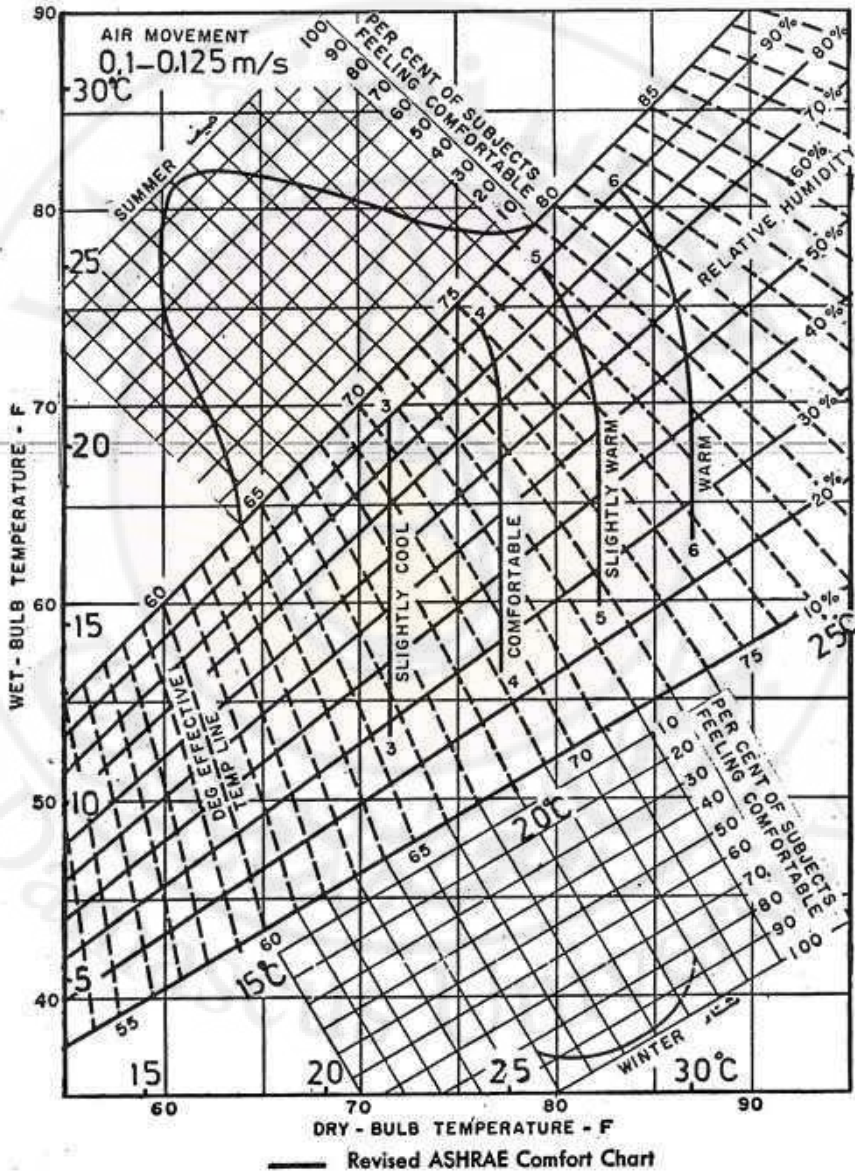
١٠-٤ - مخطط الراحة : Comfort Chart :

تقوم جمعية (ASHRAE) بأجراء تجارب على  
اشخاص في هذا المجال وتضع النتائج على مخطط يسمى مخطط الراحة  
وهو عبارة عن مخطط ساكن ومتري ، رسمت به خطوط الرطوبة  
النسبية مستقيمة وادخل على هذا المخطط خطوط درجة الحرارة  
الفعالة (ET) . يستطيع المصمم ان يأخذ من هذا المخطط  
شروط التصميم المواءمة للراحة من درجة حرارة جافة ورطوبة نسبية عند  
سرعة هواء معينة \*

تبين التجارب التي اجريت ان الغالبية العظمى من الاشخاص في  
الولايات المتحدة يشعرون بالراحة صيفا عند درجة حرارة فعالة  
قدرها (71°F = 21,7°C) (بحسب المنحنى الموضح في اعلى  
المخطط والمكتوب عليه صيفا) \*

وكذلك يشعرون بالراحة شتاء عند درجة حرارة فعالة قدرها  
(68°F = 20°C) (بحسب المنحنى الموضح في اسفل المخطط  
والمكتوب عليه شتاء) \*

# مخطط الراحة





## أثناء هذه الفترة

### ١٠-٥ - اختيار شروط التصميم الداخلية لتحقيق الراحة :

وجد بالتجارب العملية ان الفقرات التالية ضرورية من اجل شعور الانسان بالراحة في الجو المكيف :

١ - اذا كانت درجة حرارة الاشعاع الوسطية اعلى من درجة الحرارة الجافة للهواء فانه يصار الى اختيار درجة حرارة اخفض للهواء الجافة .

٢ - ترتبط سرعة الهواء في الغرفة المكيفة بدرجة حرارة الهواء الجافة والجدول التالي يبين هذا الارتباط .

| درجة الحرارة °C     | 30   | 27   | 24   | 21   | 18   | 15   |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| سرعة الهواء m/s     | 0,51 | 0,38 | 0,3  | 0,2  | 0,15 | 0,1  |
| السرعة المسموحة m/s | 0,61 | 0,51 | 0,38 | 0,25 | 0,2  | 0,15 |

حيث يتعلق هذا الارتباط كما مر معنا بدرجة الحرارة الفعالة والتي يشعر بها الانسان .

٣ - الرطوبة النسبية بين (40 %) و (60 %) على ان لا تتجاوز بأى حال (70 %) وهناك شك في ان الروائح تزداد عند ارتفاع الرطوبة النسبية فوق (60%) .

٤ - شتاء درجة حرارة الاشعاع الوسطية اعلى من درجة حرارة الهواء وعلى عكس ذلك صيفا ان امكن .

٥ - التدرج الحرارى ما بين مستوى الرأس ومستوى القدمين اصغر ما يمكن

• ويفضل ان لا يزيد الفرق عن ثلاثة درجات \*

٦ - تجنب توجيه الاشعاع الحرارى مباشرة على اعلى الرأس \*

٧ - يجب ان لا تزيد نسبة غاز الفحم عن ( 0,1 % ) \*

٨ - يرتبط اختيار الشروط الداخلية بعوامل الراحة السابقة الذكر

وبكلفة المشروع الاقتصادية ويجب ان يكون اختيار الشروط الداخلية

للمكان مبنيا على الشروط الخارجية من درجة حرارة ورطوبة

نسبية وعلى كيفية استعمال المكان المكيف وعلى نوع الاعمال

التي يقوم بها الاشخاص في هذا المكان \*

۔ (الفصل الحادی عشر) ۔

كمية الهواء اللازمة للتهوية

ان التهوية أو التكييف الصناعي للمعامل تتطلب دخول كميات كبيرة من الهواء مع سحب كميات مساوية لها تقريبا . ويمكن ان يعالج الهواء الداخل من جهة درجة الحرارة والرطوبة والتصفية وغيرها ، وبحسب الحاجة تحسب كمية الهواء اللازمة للتهوية بأحد الطرق التالية :

١- من معرفة عدد مرات تبديل الهواء في الساعة للمكان وتحسب

• (  $m^3/s$  ) بـ

٢ - معرفة كمية الهواء اللازمة للشخص الواحد  $(m^3/s.p_p)^*$

### ٣- معرفة مقدار المواد الضارة المنبعثة في المكان المكيف

• اوالمهوى

٤- منه ميزانه الحمل المبراري لمراد انرا صفة منه الحقايق .

١١-١ حساب كمية الهواء اللازم للتنوية من معرفة عدد مرات تبديل

الهواء :

عندما لا يمكن معرفة عدد الاشخاص الموجودين في المكان المكيف

تستعمل طريقة عدد مرات تبديل الهواء بوحدة الزمن، وتتعلق بحجم

• المكان المكيف وارتفاعه وموقعه

الجدول التالي يبين بعض هذه القيم التي حسبت بالتجربة ويمكن الاعتماد عليها في بعض الاحيان :

| عدد مرات تبديل الهواء بالساعة | المكان المكيف            |
|-------------------------------|--------------------------|
| 4 — 8                         | ١ - مسرح - سينما - مكتبة |
| 5 — 6                         | ٢ - مدارس                |
| 6 — 8                         | ٣ - قاعات محاضرات        |
| 5 — 8                         | ٤ - مطاعم مقاهي          |
| 2 — 3                         | ٥ - مكاتب                |
| 4 — 6                         | ٦ - كراجات               |

١١ - ٢ - حساب كمية الهواء اللازم بحسب عدد الاشخاص :

~~~~~

تحدد كمية الهواء الجديد الضرورية لكل شخص طبقا الى حاجته وتتراوح هذه الكمية من حوالي ($20 \text{ m}^3/\text{h}$) للشخص اذا كان ممنوع التدخين الى ($85 \text{ m}^3/\text{h}$) للشخص عند السماح بالتدخين مع القيام باعمال شاقة . ويمكن تخفيض هذه الكمية عند ارتفاع درجة الحرارة الخارجية او عند انخفاض درجة الحرارة الخارجية وذلك لاسباب

اقتصادية، والجدول التالي يمكن الاعتماد عليه في اختيار كمية الهواء اللازمة للأشخاص (بحسب شروط العمل والمكان المستعمل) *

الكمية الهواء اللازمة لكل شخص m^3 / h	المكان
20 — 40	مسرح ، سينما
20 — 50	مدارس ، قاعات محاضرات
50 — 85	اماكن مسموح فيها التدخين
25 — 40	اماكن غير مسموح فيها التدخين

١١-٣ حساب كمية الهواء اللازم نتيجة للمواد الضارة المنبعثة ضمن المكان المهيئ:

لدينا غرفة بحجم $[V (m^3)]$ ويراد تهويتها بهواء خارجي

بمعدل (n) مرة تبديل هواء بالثانية فيكون $M = V \times n (m^3/s)$

كمية الهواء $[M, (m^3/s)]$ اللازم للتهوية *

وإذا اعتبرنا فترة زمنية صغيرة قدرها $(d\tau)$ فيكون الهواء الداخل

خلال هذه الفترة هو : $n \times V \times d\tau = M \times d\tau$

لنرمز الآن الى تركيز المادة الضارة في هواء الغرفة بالرمز (C) مقدرا

بـ (mg / m^3) او (m^3 / m^3) •

ولنسمي التركيز في الهواء الخارجي الداخل الى الغرفة (C_1) فتكون كمية المواد الضارة الداخلة الى الغرفة هي :

$$M \times d\tau \times C_1 \quad (m^3)$$

ولو سمينا معدل توليد المواد الضارة في الغرفة $[K (m^3/s)]$

• وذلك مثل غاز الفحم المتولد عن الاشخاص مثلاً

وتكون المادة الضارة المتولدة داخل الغرفة في فترة زمنية صغيرة ($d\tau$)

$$K \times d\tau \quad (m^3) \quad \text{هي :}$$

ونتيجة لجمع الغازات القادمة الى الغرفة من الخارج مع

الغازات المتولدة داخل الغرفة يمكن ان نكتب ان كمية المادة الضارة

• الخارجة من الغرفة

$$M \times d\tau \times C \quad (m^3) \quad \text{هي :}$$

حيث (C) تركيز المادة الضارة في الغرفة مقدرة بـ (m^3 / m^3) •

وان الزيادة في كمية المواد الضارة ضمن الغرفة

$$V \times dC \quad (m^3 \cdot m^3 / m^3) \quad \text{نتيجة عدم طردها هي :}$$

يمكن ان نكتب معادلة التوازن على الشكل التالي :

$$K d\tau + M C_1 d\tau = M C d\tau + V dC$$

$$\left(\frac{K}{V} + \frac{M}{V} C_1 - \frac{M}{V} C \right) d\tau = dC$$

• أى التركيز في فترة زمن ($d\tau$) يكون (dC)

وبذلك يمكن ان نكتب العلاقة بالشكل :

$$\frac{dC}{d\tau} + \frac{M}{V} C = \frac{MC_1 + K}{V} \quad \dots\dots(1)$$

او بالشكل :

$$\frac{dC}{d\tau} + n C = n C_1 - \frac{K}{V} \quad \dots\dots(2)$$

وهذه معادلة تفاضلية من الدرجة الاولى يمكن حلها بحسب

الشروط المطبقة • فاذا فرضنا

$$C = C_i \quad \text{ان} \quad \tau = 0 \quad \text{عندما}$$

حيث (C_i) هو التركيز الاولي للغرفة، فان حل المعادلة التفاضلية

يكون من الشكل :

$$C = \left(\frac{K}{nV} + C_1 \right) (1 - e^{-n\tau}) + C_i e^{-n\tau}$$

وهي تسمى معادلة التماوت (The Decay Equation)

آ- اذا كانت التهوية داخل المكان مستمرة وحالة الهواء مستقرة وثابتة

وكان في دخل المكان مصدر للمواد الضارة فان المعادلة (1) تصبح :

$$\text{أى عندما (} \frac{dC}{d\tau} = 0 \text{) يكون :}$$

$$K + M C_1 = M C$$

$$C = K / M + C_1 \quad (m^3 / m^3)$$

أى كمية الهواء اللازم للتهوية :

$$M = \frac{K}{C - C_1} \quad (m^3/s)$$

إذا فرضنا ان الهواء الجديد لا يحوى على مواد ضارة اى ($C_1 = 0$)

$$M = K / C \quad (m^3/s) \quad \text{تصبح العلاقة :}$$

ب- إذا كانت التهوية متقطعة داخل المكان وغير مستقرة فان العلاقة (1)

$$\text{تصبح :} \quad \frac{dC}{d\tau} + \frac{M}{V} C = 0$$

أى عندما ($C_1 = 0$) و ($K = 0$) ، فان المعادلة السابقة

$$\text{تصبح :} \quad \frac{dC}{d\tau} = - \frac{MC}{V}$$

$$\text{ويحل هذه المعادلة نحصل على :} \quad \frac{dC}{C} = - \frac{M}{V} d\tau$$

$$\ln C = - \frac{M}{V} \tau + \ln A \quad \text{حيث } A \text{ ثابت التكامل ومنه :}$$

$$\ln C - \ln A = - \frac{M}{V} \tau$$

$$\ln \frac{C}{A} = - \frac{M}{V} \tau$$

$$C = A \cdot e^{-\frac{M}{V} \tau}$$

وإذا فرضنا ان ($C = C_i$) هو تركيز المواد الضارة الداخلية في المكان

المهوى عندما يكون الزمن ($\tau = 0$) اى عند ابتداء التهوية فان المعادلة

$$\text{السابقة تصبح :} \quad C = C_i e^{-\frac{M}{V} \tau} = C_i e^{-n\tau}$$

حيث (n) عدد مرات تبديل الهواء بوحدة الزمن *

— (الفصل الثانی عشر) —

طرق التهوية المستعملة

١٢ - ١ - التهوية :

التهدية عبارة عن أحداث حركة للهواء ضمن المكان المعتبر مع تجديد الهواء لتأمين الجو المناسب للإنسان. للمزيد من المعلومات الرجاء زيارة موقعنا الإلكتروني www.ksars.com

ومن المعروف ان الانسان يزفر (20 Litre / h) من غاز CO_2 وبما ان نسبة CO_2 بالهواء يجب ان لا تزيد عن (0,11%) في الاماكن التي لا يسمح بها بالتدخين فانه يمكن تحديد كمية الهواء الجديد اللازم لحاجة كل شخص من معادلة التماوت التي مرت معنا بالفصل السابق :

كمية الهواء اللازمة لكل شخص :

$$M = \frac{K}{C - C_1}$$

حيث K كمية هواء الزفير للإنسان ويساوي $20 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{h}$.

C نسبة تركيز CO_2 المسموحة بالهواء المطرود

- من الغرفة وتساوى : $0,11 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{m}^3$

C_1 نسبة تركيز CO_2 بالهواء الخارجى الجديد

• و تساوی: $0,03 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{m}^3$

M كمية الهواء اللازم للشخص الواحد m^3/h

ومنه :

$$M = \frac{20 \times 10^{-3}}{0,11 \times 10^{-2} - 0,03 \times 10^{-2}} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

والتهوية ضرورية ايضا لازالة الريح الحرارى الناتج عن الاشخاص
او الآلات والانارة •

ومن المعروف ان الانسان يعطي كمية من الحرارة المحسوسة
تتغير مع درجة حرارة المكان وطبيعة العمل الذى يقوم به الانسان
وكقيمة وسطية يمكن اعتبار كمية الحرارة المحسوسة التي يعطيها الشخص
الواحد (75 W) عندما يكون جالسا وتصل الى (135 W) .
عندما يقوم بأعمال مجهدة وقيمة الحرارة الكامنة التي يطرحها الانسان
تتغير من (40 W) عندما يكون جالسا الى (305 W) عندما يقوم
بأعمال مجهدة •

وتكون التهوية ضرورية ايضا لازالة نواتج الغازات والروائح
المنتشرة من الاطعمة والتدخين في الصالات العامة والمطاعم •
اما في ابنية المعامل فيفسد الهواء فيها بسبب نواتج العمليات
الصناعية من روائح وغازات وغيره •

كل ما تقدم يوجب ضرورة تهوية مثل هذه الاماكن للمحافظة
على الشروط الصحية للهواء الداخلى ولتحقيق جو مريح يزيد من مردود
العمل والانتاج • ونميز بين نوعين من التهوية :

آ- التهوية الطبيعية •

ب- التهوية الميكانيكية (القسرية) •

ففي النوع الاول يتبع جريان الهواء لتأثير سرعة الرياح ولفرق درجات الحرارة ، وبذلك تكون حركة الهواء متغيرة وتتم التهوية الطبيعية غالبا من تسرب الهواء الى البناء عن طريق فتحات التهوية والشقوق الموجودة في النوافذ والأبواب ، او نتيجة فتح الابواب والنوافذ ، او بواسطة مداخل التهوية •

اما في التهوية الميكانيكية (القسرية) فان حركة الهواء تتم بواسطة مراوح خاصة تدفع الهواء الى المكان المراد تهويته وتسحب الهواء من فوهات خاصة •

وتشمل التهوية الميكانيكية (القسرية) تهوية كامل المكان او جزء منه بتركيز دفع وسحب الهواء في مكان معين (وهذه تسمى التهوية المكانية) وتتبع لتوزيع العمل وترتيب الآلات في المعمل •

١٢- ٢- التهوية الطبيعية :

ان التهوية الطبيعية تنطبق على جميع انواع التهوية التي تتم بها حركة الهواء داخل الابنية بفعل :

آ- قوة الرياح (Wind Forces)

ب- فرق درجات حرارة الهواء (فعل المدخنة

(Steck Effect)

وتستعمل التهوية الطبيعية في المباني الصناعية والابنية المدرسية وابنية المزارع والكراجات

ويمكن ان تحدث حركة الهواء بفعل احد العاملين (آ) و(ب) او بمجموعهما ، وذلك يتوقف على العوامل الجوية الخارجية وطبيعة البناء وموقعه ، وبلا حظ ان معدل التهوية الطبيعية غير ثابت وذلك لاعتماده على سرعة الرياح وفرق درجات حرارة الهواء المتغيرة مع الزمن. وعند اجراء تصميم للتهوية الطبيعية تؤخذ القوتين الناتجتين عن سرعة الرياح وعن فرق درجات حرارة الهواء بين داخل البناء وخارجه معا بصورة متوافقة وغير متعاكسة .

وفي المسائل التي تتطلب ازالة حرارة من البناء يمكن حساب كمية الهواء اللازمة لازاحة هذه الحرارة من العلاقة التالية :

$$M = \frac{Q}{\rho C (t_i - t_o)}$$

- حيث Q كمية الحرارة المتولدة في البناء (W) .
M كمية الهواء المار في البناء لعملية التهوية (m³/s) .
ρ كثافة الهواء (Kg/m³) .
C الحرارة النوعية للهواء (J/Kg°C) .
t_i و t_o درجتى الحرارة الداخلية والخارجية للهواء (°C) .

١٢- ٢- ١ - تدفق الهواء الناتج عن قوة الرياح :

للاستفادة من حركة الهواء الناتجة عن قوة الرياح الخارجية

لاعمال التهوية الطبيعية ، يجب ان نأخذ مايلي بعين الاعتبار :

- آ- سرعة الرياح الوسطية
- ب- الاتجاه السائد للرياح
- ج- التغيرات اليومية والموسمية لسرعات واتجاهات الرياح
- د- تأثير المباني المجاورة والهضاب والعوائق الاخرى على حركة الرياح

ويمكن استخدام العلاقة التالية لحساب كمية الهواء التي تمر من فتحات التهوية بتأثير قوة الرياح :

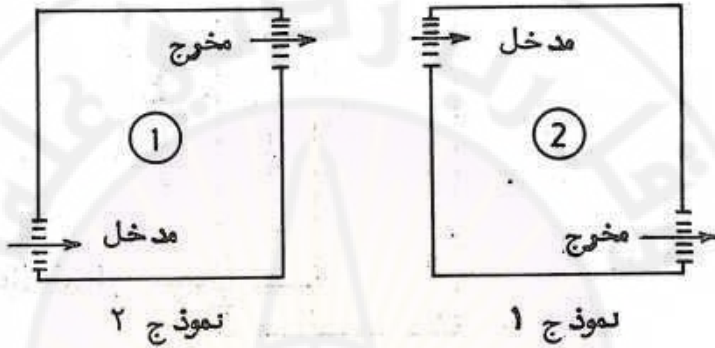
$$M = E \cdot A \cdot w$$

- حيث
- M كمية الهواء (m^3 / s)
 - A مساحة فتحات دخول الهواء (m^2)
 - w سرعة الدخول الى الفتحات وتتوقف على قوة الرياح (m/s)
 - E فعالية الفتحات وتؤخذ قيمتها من (0,5) الى (0,6)
- في حالة الرياح العمودية على الفتحات ، ومن (0,25) الى (0,35) للرياح المائلة على الفتحات

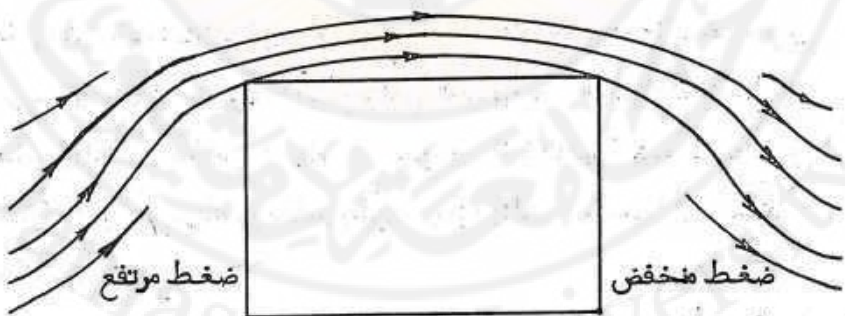
وتتوقف الدقة الناتجة من العلاقة السابقة على مواقع الفتحات

وبصورة عامة يجب ان يكون موقع فتحات الدخول مواجهة

• مباشرة للرياح الخارجية



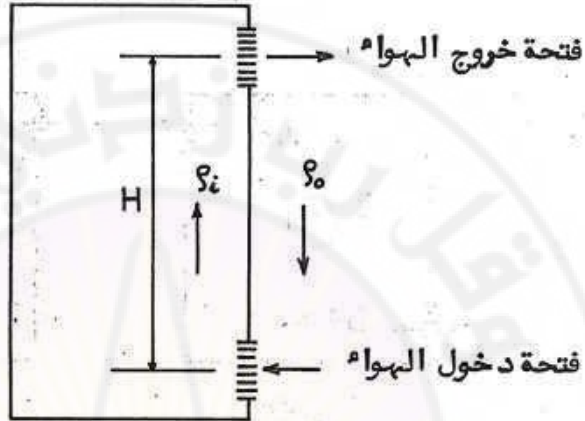
أما فتحات الخروج فيفضل أن تكون في الجدار المقابل لفتحات الدخول أو في سقف البناء وفي الموقع ذي الضغط المنخفض من السقف والجدار •



١٢-٢-٢- تدفق الهواء الناتج عن فرق درجتي الحرارة :

يفرض أن هناك حرارة متولدة داخل البناء ناتجة عن عملية

صناعية ما (فرن مثلا - آلات تنتج حرارة)



يلاحظ من الشكل انه نتيجة فرق درجات حرارة الهواء بين داخل وخارج البناء يحدث جريان للهواء نتيجة فرق الكثافات بحيث يرتفع الهواء داخل البناء ليحل محله الهواء البارد من خارج البناء مما يسبب دخول الهواء الخارجي من الفتحات السفلية وخروج الهواء الداخلي من الفتحات العلوية ويمكن تحديد مقاطع فتحات الدخول من معرفة كمية الهواء التهوية اللازم والتي تحسب من معرفة كمية الحرارة المزاحة من البناء كما مرأه ٤ ومن معرفة فعالية الفتحات كما مر معنا ايضا ٤ ومن معرفة سرعة جريان الهواء والتي تحسب في هذه الحالة كما يلي :

لدينا العلاقة التي تعطي الضغط التثريكي للهواء بفعل فرق

الكثافات :

$$C.P = H g (\rho_0 - \rho_i)$$

حيث C.P. الضغط التبريدي ،

• (Circulating Pressure)

• (N / m²)

H الارتفاع بين فتحات الدخول والخروج (m)

ρ_o كثافة الهواء الموافقة لدرجة الحرارة الخارجية

• (Kg / m³) ، (t.o)

ρ_i كثافة الهواء الموافقة لدرجة الحرارة الوسطية

الداخلية (t.i) ، (Kg / m³)

g التسارع الأرضي (m / s²)

من تطبيق قانون الغازات العام :

$$P V = m R T$$

حيث P ضغط الهواء (N / m²)

V حجم الهواء (m³)

m كتلة الهواء (Kg)

R ثابت الغازات العام (J / Kg .°K)

T درجة الحرارة المطلقة (°K)

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{P}{R T} \quad \text{نكتب :}$$

نعوض قيمة (ρ) في علاقة الضغط التبريدي فيكون :

$$C.P. = H g \left(\frac{\rho_o}{R_o T_o} - \frac{\rho_i}{R_i T_i} \right)$$

ويفرض ان : $P = P_o = P_i$

و $R = R_o = R_i$

نكتب : $C.P = \frac{P H g}{R} \left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_i} \right)$

أو بالشكل :

$$C.P = \frac{P H g}{R} \left(\frac{t_i - t_o}{T_i T_o} \right)$$

وهذه العلاقة تعطي الضغط التحيكي والذي يمكن استخدامه لحساب سرعة الهواء بحسب العلاقة :

$$C.P = \frac{\rho_a w^2}{2}$$

حيث (ρ_a) الكثافة النظامية للهواء • (بالشروط النظامية)

وبذلك تساوى السرعة (w) :

$$w = \sqrt{\frac{2}{\rho_a} \cdot C.P}$$

نعوض قيمة ($C.P$) من العلاقة السابقة فنحصل على :

$$w = \sqrt{\frac{2}{\rho_a} \cdot \frac{P H g}{R} \cdot \left(\frac{t_i - t_o}{T_i T_o} \right)}$$

يمكن اعتبار ($\rho_a \approx \frac{P}{R T_o}$) تقريباً •

فحصل على العلاقة التالية :

$$w = \sqrt{\frac{2 H g}{T_i} (t_i - t_o)}$$

$$w = 4,43 \sqrt{\frac{H}{T_i} (t_i - t_o)} \quad (m/s)$$

وبذلك يمكن تحديد مقطع الفتحة من العلاقة التالية بمعرفة التدفق والسرعة وفعالية الفتحة :

مقطع فتحة الدخول $[A \cdot (m^2)]$

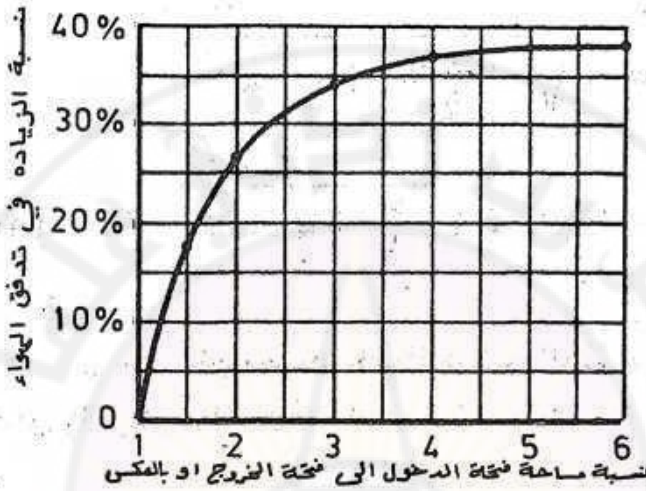
$$A = \frac{M}{w \cdot E}$$

١٢ - ٢ - ٣ - تأثير عدم تساوى فتحات الدخول والخروج :

العلاقة التي اعطيت اعلاه صحيحة اذا كانت فتحات الدخول مساوية لفتحات الخروج ، وهذا الحل يعطي اكبر تدفق هواء لوحدة المساحة •

اذا كانت فتحات الدخول اكبر من فتحات الخروج او بالعكس فاننا نطبق العلاقة السابقة على الفتحة الصغرى (دخول او خروج) ونأخذ عامل تصحيح بالزيادة من الخط

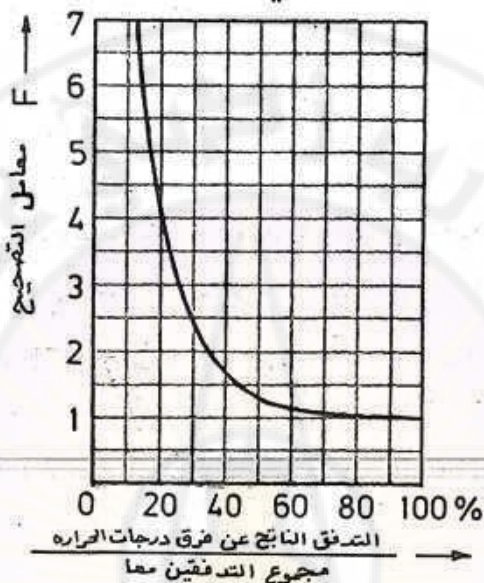
البياني للحصول على التدفق الصحيح •



١٢-٢-٤ - التأثير المشترك لقوة الرياح ولفرق درجات الحرارة :

ان العلاقات المذكورة اعلاه تسمح بحساب تدفق الهواء الناتج عن قوة الرياح وتدفق الهواء عن فرق درجات الحرارة • وعندما يعمل الموء ثران معا فاننا لا نستطيع جمع التدفقين لأن التدفق الاجمالي في هذه الحالة ينتاسب مع الجذر التربيعي لمجموع الضغطين. ولو فرضنا ان الضغط الناتج عن سرعة الرياح مساو للضغط الناتج عن فرق درجات الحرارة فان التدفق الاجمالي يساوي للتدفق الواحد مضافا اليه (10%) وتخفض هذه النسبة بسرعة مع زيادة احد الضغطين على الآخر حتى اذا اصبح الفرق بين الضغطين كبيرا يؤخذ الضغط الكبير وكأنه مؤثر بمفرده ويهمل تأثير الضغط الصغير •

ويمكن استعمال المخطط البياني الموضح بالشكل التالي للحصول على التدفق الاجمالي :



نحسب النسبة بين التدفق الناتج عن فرق درجات الحرارة ومجموع التدفقين الناتجين عن فرق درجات الحرارة وقوة الرياح . توضع هذه القيمة على محور السينات ومن التقاطع مع المنحنى تحدد قيمة معامل التصحيح على محور العيّنات وبذلك يكون التدفق الاجمالي (Q_t) مساو للتدفق الناتج عن فرق درجات الحرارة $(Q_{\Delta t})$ في عامل التصحيح (F) أي :

$$M_e \quad Q_t = Q_{\Delta t} \times F$$

وتعتبر هذه الطريقة البسيطة وافية ومناسبة وذلك لعدم ثبات الكثير من المؤثرات فمثلا لا يمكن بصورة اكيدة تحديد سرعة الرياح واتجاهها ، درجة الحرارة الخارجية او الداخلية الوسطية ، توزيع

الهواء داخل البناء • لذلك لا يمكن حساب التدفق الا جمالي بدقة
ويكتفي بالطرق التقريبية هذه •

١٢-٣ - التهوية الناتجة عن فرق الضغط : *نضام تهوية*
٣٦

نتيجة لحركة الرياح فانه يحدث فرق بالضغط بين الجو
الخارجي والداخلي ينشأ عنه جريان للهواء باتجاه الضغط المنخفض
وتعتمد كمية الهواء الداخل على فتحات الدخول ومقاييسها ويمكن ان
تكون شقوق النوافذ والابواب •

وتؤثر الرياح على البناء فتخلق منطقة ذات ضغط مرتفع
بالمكان المعرض للرياح ومنطقة ذات ضغط منخفض بالمكان الغير معرض
للرياح ، ويعتمد الضغط الناتج على السقف على نوعية وتوجيه وشكل
السقف •

ويمكن ان تتغير قيمة الضغط في الجانب المعرض للرياح من
($0,5 \div 0,9 P_v$) حيث (P_v) هو ضغط السرعة الناتج عن
حركة الرياح • وتتغير قيمة الضغط في الجانب المحجوب عن الرياح من
($0,3 \div 0,6 P_v$) وذلك من اجل بناء مربع او مستطيل الشكل
يأخذ زاوية الرياح بعين الاعتبار ، والضغط في الجوانب المتبقية من
البناء يتغير من ($0,1 \div 0,9 P_v$) • عندما تكون سطوح البناء
على شكل سطوح منحنية فانها تسبب ضغطا سالبا قد يصل الى
($-1 \div -0,8 P_v$) •

ويأخذ الضغط قيمة في السطوح المعرضة المنحنية
 $(0,2 \div 0,3 P_v)$ بينما في الجوانب المحجوبة عن الرياح فإن
 الضغط يأخذ قيمة $(-0,5 \div -0,7 P_v)$.

ولتحديد قيمة الهواء المتسرب نحتاج الى معرفة الضغط
 داخل البناء وهذا يعتمد على وضعية الشقوق بالنسبة لاتجاه الرياح .
 وفي الحالات العادية التي تكون الفتحات موزعة بانتظام فإن
 الضغط الداخلي يكون ضمن المجال $(\pm P_v)$.
 وإذا كانت الفتحات باتجاه الرياح فإن الضغط الداخلي يصبح
 $(0,8 \div 1 P_v)$ ، وإذا كانت الفتحات محجوبة عن الرياح فإن
 الضغط يأخذ قيمة سالبة $(-0,2 \div -0,4 P_v)$.
 ويمكن حساب كمية الهواء المتدفق نتيجة فرق الضغط (ΔP)
 بحسب العلاقة :

$$M = C \times \Delta P^n$$

حيث (C) ثابت و (n) تتراوح قيمتها من $(0,5)$ الى (1)
 ΔP فرق الضغط وبحسب من العلاقة :

$$\Delta P = 0,64 P_v$$

$$P_v = \frac{\rho w^2}{2} = 0,6 w^2 \quad \text{حيث :}$$

من تحديد فرق الضغط يمكن تحديد مقدار تدفق الهواء ،
 وعلى هذا المبدأ حسبت جداول ومخططات بحسب نوع النوافذ والابواب
 والشقوق الموجودة فيها بحيث تحدد نوع النافذة وتقاس اطوال الشقوق

• ويؤخذ من الجدول مقدار تدفق الهواء لوحدة الطول من الشقوق
أو ان يكون الجدول بدلالة سرعة الرياح الخارجية بدل فرق الضغط
• ويعطى ايضا بحسب نوع النافذة وطول الشقوق مقدار تدفق الهواء
• لوحدة الطول من الشقوق

وتعطي بعض الجداول كمية الهواء المتدفق عبر الابواب بحسب عدد مرات استعمالها ونوع الابواب وطريقة فتحها •

١٢ - التهوية الناتجة عن تسرب الهواء : (تقريباً ٣٥ م^٣/ساعة)

ذكرنا بالفصل الثاني لمحة عن تسرب الهواء والطريقة التقريبية في تحديد كمية الهواء المتسرب • مع طريقة حساب الحمل الحراري اللازم لتسخين الهواء المتسرب ويتم تسرب الهواء من خلال الفتحات والشقوق الموجودة في النوافذ والابواب ويمكن ان يحدث التسرب عبر الجدران والسقوف ، اذا لم تكن كتيمة •

يعتمد التسرب على شكل البناء ونوعية موادّه وتوجيهه وارتفاعه، ويتبع التسرب الى قوة الرياح والى فرق درجات الحرارة بين الجو الخارجى والداخلى. وبالتالى الى فرق الضغط المحصل بين داخل المبنى وخارجه . كما يتبع ايضا الى مقاومة الشقوق والفتحات التى يمر عبرها الهواء .

عندما يكون فرق الضغط ناتجا عن قوة الرياح الخارجية فان الهواء سيدخل الى البناء من خلال الفتحات الموجودة في الجدران

المعرضة للرياح وسيخرج من الفتحات الموجودة في الجدران الغير معرضة للرياح او يخرج من خلال فتحات التهوية الموجودة في السقف .

اما عندما يكون فرق الضغط ناتجا عن فرق درجات الحرارة بين الداخل والخارج فستكون حركة الهواء من مداخل الهواء في المستويات السفلية للبناء الى مخرج الهواء في اعلى البناء (هذا عندما يكون البناء مدفأ) اما عندما يكون البناء مكيفا فستكون حركة الهواء بشكل عكسي لما سبق .

يتعلق مقدار تسرب الهواء بمقدار تبريد او تدفئة البناء بمقدار تسرب الهواء عامل هام في تحديد كمية الرطوبة التي ستتشكل فيه وكذلك في تحديد كمية الحرارة اللازمة او المزالة من البناء .

وهناك طريقتان لحساب كمية الهواء المتسرب تعتمد الطريقة الاولى على فرض عدد مرات تبديل الهواء بالساعة حسب ما هو مذكور بالفصل الثاني السابق .

والطريقة الثانية تعتمد على تحديد فرق الضغط ومواصفات مواد البناء واستعمال جداول خاصة لمعرفة كمية الهواء المتدفق وذلك حسب ما هو مشروح بالفقرة السابقة (١٢ - ٣) .

هذا ويمكن التحكم بكمية الهواء المتسرب باستخدام طريقة او اكثر مما يلي :

١- تخفيض فرق الضغط بطريقة عزل اطارات النوافذ والابواب جيدا .

٢- عزل المداخل باستعمال انواع مناسبة من الابواب .

هذه الطريقة من التهوية يمكن تطبيقها بشكل واسع وتعطي
امكانية تحكم جيد بدرجة الحرارة والرطوبة وتجديد الهواء •

ونستعرض هنا الحالات التالية :

آ - دفع هواء الى المكان المعالج بواسطة مروحة دفع وتركه يخرج من
فتحات خروج بشكل طبيعي وفي هذه الحالة يزداد الضغط
ضمن الصالة •

ب - سحب الهواء من المكان المعالج بواسطة مروحة سحب هواء وتركه
يدخل من فتحات دخول بشكل طبيعي وفي هذه الحالة ينقص
الضغط ضمن الصالة وتستعمل هذه الطريقة اذا كان بالصالة
روائح وغازات مزعجة •

ج - دفع الهواء بواسطة مروحة دفع وسحب الهواء بواسطة مروحة سحب
وفي هذه الحالة يمكن تغيير الضغط ضمن الصالة حسب اللزوم •

ويجب ان تدرس حركة الهواء ضمن الصالات المزودة بتجهيزات
تهوية قسرية ويوزع الهواء في مختلف اركان الصالة بشكل يحقق الغاية
المطلوبة من تجديد الهواء او ازالة الحرارة او الروائح او غيرها ...
في سبيل تأمين راحة الاشخاص الموجودين في هذه الصالة •

ويستعمل لهذه الغاية تجهيزات خاصة من مراوح ومجاري
هواء ومصفيات هواء وغيرها تدرس بشكل مشابه لتجهيزات تكييف

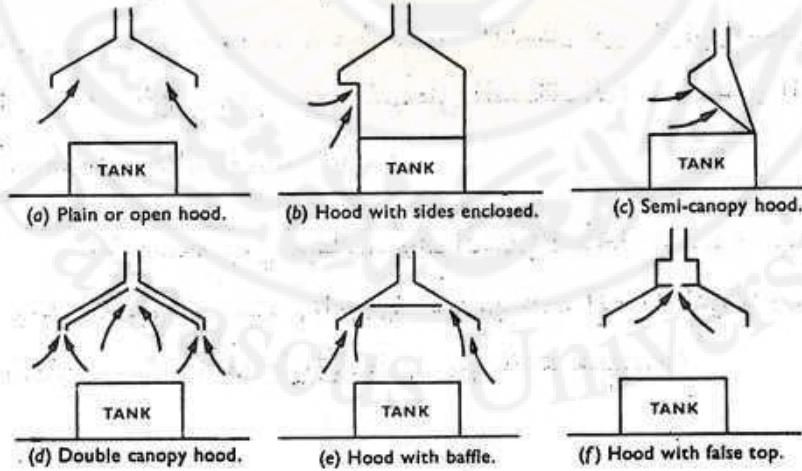
الهواء والتي سنأتي على شرحها في الفصل القادم *

١٢-٦- التهوية المكانية :

تستعمل هذه الطريقة التهوية القسرية ضمن مكان محدد وذلك عندما يكون هناك مصادر محددة للغازات الضارة او للروائح المزعجة *

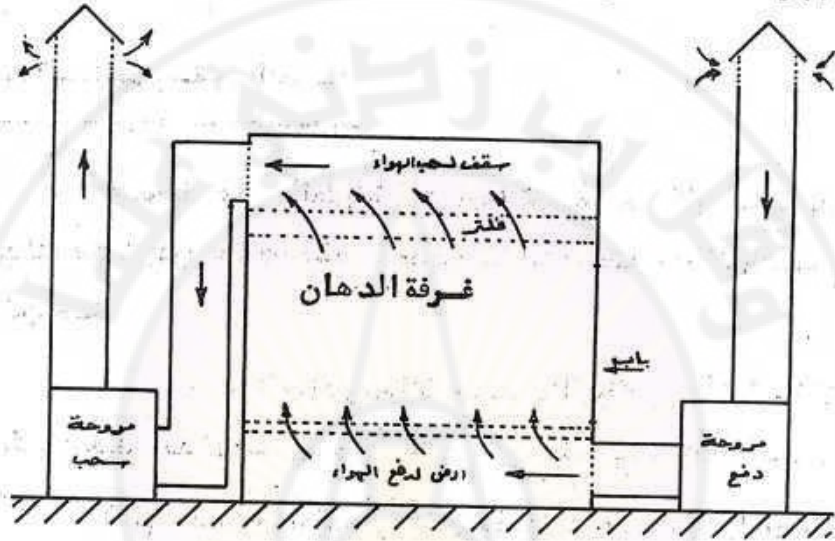
تجهز هذه المصادر بمظلات تسحب الهواء من ضمنها وبذلك يمكن تخفيض معدل التهوية في الصالة وتكون مركزة في المكان المحدد *

تكون هذه المظلات على شكل غطاء مخروطي يسمى (Hood) مجهز بمروحة سحب واحيانا يجهز بمصفي خاص كما مبين بالشكل :



وتستخدم التهوية المكانية في الغرف الصغيرة المعدة لدهان التجهيزات مثل غرف دهان البرادات ودهان السيارات

وتجهز هذه الغرف كما مبين بالشكل :



ويكون الضغط في مثل هذه الغرف سالبا ، ويؤ من دخول الهواء بواسطة مروحة دفع هواء وتكون التغذية من الارض والسحب من السقف عن طريق مصفي هواء مركب على السقف المثقب الموصول الى مروحة سحب لطرد الهواء كليا .

كما تستخدم في ورشات صيانة السيارات مأخذ سحب هواء توصل مباشرة الى عادم السيارة لتؤ من طرد العادم الى الجو الخارجي مباشرة عن طريق مجارى ومروحة سحب هواء .

١٢ - ٧ - قواعد عامة في التهوية :

من بعض الامور الهامة في التهوية :

١ - ان لا توجه الابنية بشكل تستفيد فقط من اتجاه رياح معينة بل يجب ان يعطي التصميم نتائج تهوية فعالة لكل اتجاهات الرياح الممكنة في المنطقة •

٢ - ان لا يكون هناك اى عائق على مداخل التهوية للبناء •

٣ - ان تؤخذ فتحات متساوية للدخول والخروج لتأمين قيمة عظمى للتدفق لواحدة المساحة •

٤ - ان لا يكون هناك دارات قصيرة بين فتحات الدخول والخروج تمنع حركة الهواء وتوزيعه على كامل المكان •

٥ - ان نستفيد من الضغط الناتج عن فرق درجات الحرارة بترك مسافة شاقولية بين فتحات السحب والتغذية ويفضل في هذه الحالة ان تكون فتحات السحب مرتفعة وفتحات التغذية منخفضة ، اذا كان تصميم التهوية بالمكان لا يمنع ذلك •

٦ - ان تكون مساحة الفتحات اكبر من مساحة الفتحات المحسوبة للأخذ بعين الاعتبار المساحة التي تشغلها شفرات التوجيه •

ـ (الفصل الثالث عشر) ـ

التجهيزات الأساسية لمجموعات التهوية

١٣- ١ - مجارى الهواء :

تستعمل عادة مجارى الهواء لنقل الهواء المعالج من مجموعة ارسال الهواء الى المكان المكيف وتتألف من مجارى على اشكال مختلفة مربعة ، مستطيلة أو دائرية . وان التصميم لهذه المجارى يجب أن يأخذ بعين الاعتبار عدة عوامل مثل :

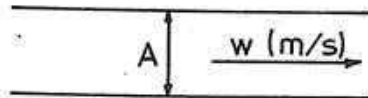
الفراغ المتوفر لمرور هذه المجارى ، طريقة توزيع الهواء مستوى الضجيج ، الضياعات الحرارية او الريح الحرارى للمجارى ، الكلفة الأساسية كلفة التشغيل .

ولكي تعمل اجهزة التكييف بشكل جيد فانه يجب علينا ان نحسب بدقة كميات الهواء المارة في كل مجرى ونحدد المقطع المناسب لذلك .

١٣- ١ - ١ - حساب ابعاد مجارى الهواء :

يعتمد حساب ابعاد المجارى الهوائية على العلاقة المعروفة :

$$M = A \cdot w$$



حيث M كمية الهواء المتدفق في المجرى مقدرا (m^3/s)

w سرعة تدفق الهواء في المجرى مقدرة (m/s) •

A مساحة مقطع المجرى مقدرة (m^2) •

ومن المتغيرات الثلاثة تكون M معروفة عادة من اعتبارات سابقة مثل الحاجة الى كمية الهواء اللازمة لأغراض التهوية ، او لتعالج حمل حرارى معين • ولذلك فان العملية تصبح تحديد سرعة هواء مناسبة أو انخفاض ضغط مناسب في مجرى الهواء • ويمكن استعمال مخططات خاصة لحساب ابعاد مجرى الهواء بدلالة التدفق وانخفاض الضغط أو السرعة •

١٣ - ١ - ٢ طرق حساب مجرى الهواء :

تستعمل لحساب مجرى الهواء عدة طرق نذكر منها :

أ- طريقة انخفاض ضغط ثابت

The equal pressure drop method

ب- طريقة انخفاض السرعة

The velocity reduction method

وسنشرح كل من الطريقتين :

أ- حساب ابعاد المجارى بطريقة انخفاض ضغط ثابت :
=====

يتم اختيار انخفاض ضغط ثابت لكل متر طولي في شبكة توزيع الهواء

وبحيث لا تزيد سرعة جريان الهواء عن الحد المسموح •

ويمكن اختيار قيمة انخفاض الضغط طبقا لما يلي :
— ٢٨٧ —

— تمديدات مجارى بضغط منخفض

$$\Delta P = 0,5 - 0,8 - 1,2 \quad (N / m^2 \cdot m)$$

— تمديدات مجارى بضغط متوسط

$$\Delta P = 1,6 - 2,5 \quad (N / m^2 \cdot m)$$

— تمديدات مجارى بضغط عالي

$$\Delta P = \text{—} 4 \quad (N / m^2 \cdot m)$$

وبمعلومية كمية الهواء في كل مقطع يتم ايجاد قطر المجرى من مخطط اختيار مقطع مجارى الهواء • وهنا لا بد من السؤال ما هو انخفاض الضغط الواجب استعماله ليكون التصميم اقتصادى والجواب ان انخفاض الضغط الكبير يسبب سرعة هواء كبيرة وبالتالي ابعاد مجارى صغيرة ولكن كلفة دفع هواء في المجرى عالية بالنظر للحاجة الى مروحة ذات ضغط مرتفع •

اما اذا كان انخفاض الضغط صغير فينتج عن ذلك سرعة هواء صغيرة وابعاد مجارى كبيرة ولكن كلفة دفع الهواء تكون قليلة •

وهذا التعليل نفسه ناقشناه في حساب اقطار الانابيب من اجل دارات التدفئة وكذلك هنا يجب ان يدخل عامل الاقتصاد بعين الاعتبار من اجل الحصول على القطر الاقتصادى لمجرى الهواء وبذلك يتعلق انخفاض الضغط الاقتصادى بنوع جهاز التكييف وبالتدفق الاعظمى للهواء وبعدد ساعات التشغيل •

بعد تعيين وحساب جميع المقاطع الرئيسية والفرعية نحسب انخفاض الضغط الكلي لأبعد نقطة عن المروحة وهذا يكون الضغط الكلي المطلوب من المروحة ويساوى :

$$\Delta P_t = \Delta P (L_1 + L_2)$$

حيث L_1 طول المجرى الرئيسي بـ (m)
 L_2 الطول المكافئ للوصلات الموجودة في المجرى بـ (m)

ب - طريقة انخفاض السرعة :

=====

تستعمل هذه الطريقة عند حساب مجارى الهواء لاجهزة التكييف والتهوية التي تعمل بضغط منخفض وتعتمد على اختيار سرعات مناسبة لجميع اجزاء الشبكة بشكل متناقص من المقطع الرئيسي الى المقطع الفرعي وهكذا * ويتم اختيار السرعات بناء على خبرة المهندس المصمم وطبقا للقيم التي توصي بها الشركات الصانعة ، بعد الاخذ بعين الاعتبار طول المجرى والتدفق ، والكلفة ، والضجيج .

والجدول التالي يبين بعض القيم الموصى بها للسرعات (m / s)

المجرى الفرعي		المجرى الرئيسي		نوع الجهاز
السرعة العظمى	السرعة الموصى بها	السرعة العظمى	السرعة الموصى بها	
				تكيف بضغط منخفض في الابنية :
5	3	6	3,5 — 4,5	المسكونة
6,5	3 — 4,3	8	5 — 6,5	العامة
9	4 — 5	11	6 — 9	الصناعية
23	10	25 — 30	8 — 13	تكيف بضغط عالي

من معرفة التدفق (M) واختيار السرعة المناسبة للهواء (w)
يتم حساب مقطع المجرى (A) من العلاقة :

$$A = \frac{M}{w} \quad (m^2)$$

ثم نحسب انخفاض الضغط في اجزاء الدارة وتجمع الضياعات الكلية
التابعة للدارة الأبعد لتحديد ضغط المروحة * ويتوجب علينا توازن
الدارات والعمل على توازنها بزيادة او تنقيص السرعات *

١٢-٢- توزيع الهواء : Air Distribution

يتم توزيع الهواء في الأماكن المكيفة بواسطة مجارى الهواء كما مر سابقا ثم الى الغرف المكيفة بواسطة فتحات خاصة * وتكون هذه الفتحات مناسبة لاعطاء سرعة هواء محددة في المكان المكيف اذ ان الشعور بالراحة يتوقف على سرعة الهواء بالجو المكيف بالإضافة الى عوامل درجة الحرارة والرطوبة النسبية واتجاه الهواء *

١٣-٢-١ فتحات تغذية الهواء Supply Air Grilles

يوجد انواع عديدة من فتحات تغذية الهواء نذكر منها
الانواع التالية :

١- فتحة مجهزة بشبك Grille Outlets

٢- فتحة ضيقة ومستطيلة Slote Diffuser Outlets

٣- انيموستات سقفي (Anemostat) Ceiling Diffuser

٤- سقوف مثقبة Perforated Ceiling Outlets

ويجب مراعاة الراحة الحرارية عند اختيار الفتحات بحيث لا تزيد السرعة في الغرفة فوق الرأس عن (0,35 m/s) ولا تقل عن (0,1 m/s)

١٣-٢-٢ تعاريف اساسية :

١- السطح الاسمي للفتحة Core Area ونرمز له A_c وهو

• سطح الفتحة مقاسة من الداخل

٢- السطح الحر Free Area ونرمز له A_f وهو السطح الكلي الحر ويساوى السطح الاسمي ناقص السطح الذى تشغله الشفرات الموجهة للهواء والعوائق الاخرى الموجودة في الفتحة ويكون :

$$A_f = R \cdot A_c$$

حيث R عامل يعطى من قبل الشركة الصانعة للفتحة •

٣- سطح الجريان ونرمز له A_o وهو سطح الجريان في اضيق مقطع بعد الفتحة وقيمته تساوى :

$$A_o = C_d \cdot A_f = C_d \cdot R \cdot A_c$$

حيث C_d عامل التصفيق وقيمته تتراوح بين (0,9 — 0,65)

٤- ثابت الفتحة K ويعبر عن مواصفات شدة مزج الهواء بعد الفتحة •

٥- مسافة قذف الفتحة Throw وهي المسافة التي يقطعها

تيار الهواء افقيا أو رأسيا بعد مغادرته الفتحة الى مكان على محور

هذه الفتحة حيث تنقص سرعة الهواء المحورية الى (0,5 m/s)

او لسرعة اخرى مثل (0,3 m/s) حسب التعريف •

٦- هبوط تيار الهواء Drop هي المسافة العمودية التي يهبطها

تيار الهواء وتقاس على محور الفتحة بين الفتحة والوضع الذى يأخذه

الهواء في نهاية هبوطه •

٧- صعود تيار الهواء Rise وهي عكس هبوط تيار الهواء •

٨- الهواء الاولي Primary Air وهو الهواء الخارج من

الفتحة •

٩- الهواء الثانوى Secondary Air وهو الهواء

الثانوى الذى يحمله الهواء الاولي عند خروجه من الفتحة •

١٠- الهواء الكلي Total Air ويساوى مجموع الهواء الاولي والهواء الثانوى •

١١- سرعة خروج الهواء Outlet Velocity وهي سرعة خروج الهواء الوسطية عند المخرج ويمكن اعتبار السرعة w_c من السطح الاسمي و w_r من السطح الحرو و w_o من سطح الجريان حيث:

$$M = A_o \cdot w_o = A_r \cdot w_r = A_c \cdot w_c$$

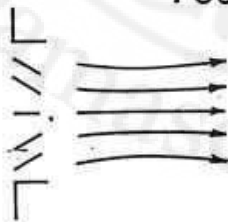
١٢- معبر الهواء Damper ويسمى احيانا صمام الهواء ويستعمل لتغيير كمية الهواء التي تمر عبر الفتحة وذلك بتغيير فتحة الصمام الهوائي كما يعمل ايضا على توجيه الهواء وادخال المقاومة في الشبكة للموازنة •

١٣- شفرات التوجيه Vanes ويمكن ان تكون باشكال مختلفة :



وتسبب الشفرات المستقيمة انفراجا لتيار الهواء قدره من $(14^\circ - 24^\circ)$

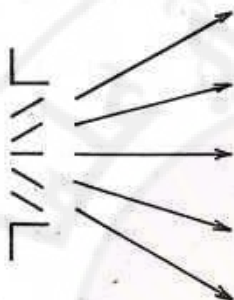
ب- شفرات متقاربة : Converging Vanes



ويظهر تناقص الانتشار لتيار الهواء في بادىء الامر وبعد ذلك يتزايد انتشار تيار الهواء بشكل مشابه للوضع (آ) • تعطي هذه الشفرات

• مسافة قذف أطول بقليل من الوضع (آ)
تتجه هذه الشفرات الى اعطاء انتشار لتيار الهواء في المستوى
الرأسي كذلك بالإضافة الى الانتشار في المستوى الافقي •

جـ - شفرات متباعدة : Diverging Vanes :

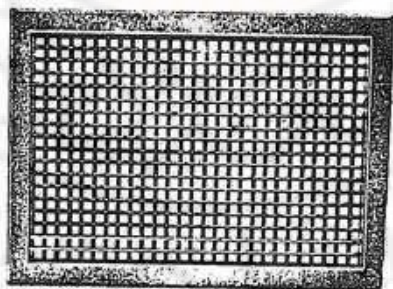


عندما تكون الزاوية للريشة
الاخيرة (45°) ينتج انفرادا في
تيار الهواء قدره حوالي (60°)
وفي هذه الحالة تتناقص مسافة
القذف الى حوالي النصف •

١٣ - ٢ - ٣ - انواع الفتحات :

آ - الفتحات المجهزة بشبك :

وتكون الشفرات في وضع ثابت وعلى صفين صفاما مي وهو الشفرات



شكل فتحة تغذية جدارية بصفين من الشفرات

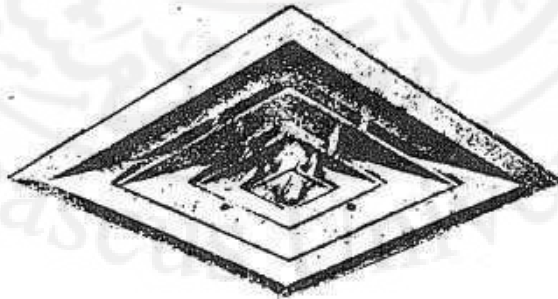
الرأسية وخلف هذا الصف يوجد صف آخر من شفرات افقية ، تستعمل هذه الفتحات عندما يكون اتجاه تيار الهواء محدد ولا يـسـرـاد
تغييره •

بـ الفتحات الضيقة المستطيلة :

وتكون هذه الفتحات ذات شفرات مستقيمة او شفرات متقاربة أ. و
متباعدة ولكل منها استعمالا لها • ويمكن ان تزود الفتحة بمنظم
لتحديد كمية الهواء في الفتحة •

جـ الفتحات السقفية :

وتكون الفتحات السقفية ذات شكل دائري او مربع او مستطيل
وتتألف هذه الفتحات من عدة حلقات تعمل كشفرات توجيه كما يمكن
ان تزود بمنظم لتحديد كمية الهواء المتدفق من الفتحة •
الشكل المبين يوضح احد النماذج للفتحات السقفية •



شكل لفتحة سقفية مربعة

١٣ - ٢ - ٤ - فتحات الرجوع: Return & Extract Grilles:

عند اختيار فتحات رجوع الهواء يجب أخذ العوامل التالية بعين

الاعتبار :

١- السرعة :

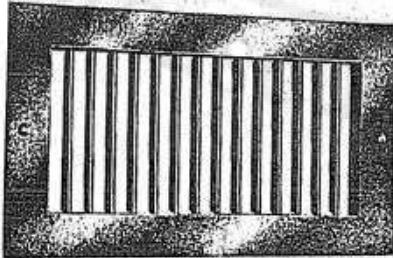
تزداد سرعة جريان الهواء باتجاه فتحة الرجوع وينصح باستعمال سرعات محددة ضمن فتحات الرجوع تتبع لنوع المكان المكيف ولوضعية الفتحة في الغرفة وتتراوح هذه السرعات بين (1 m/s) الى (4 m/s)

٢- الضجيج :

يحدد مستوى الضجيج في فتحات الرجوع بحسب مكان الفتحة وقربها من مستوى الأذن كما يتبع لنوع المكان المكيف * وان مستوى الضجيج في الفتحة يتبع لسرعة الهواء ضمن الفتحة ويزداد مع زيادة هذه السرعة *

٣- انخفاض الضغط :

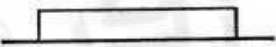
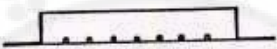
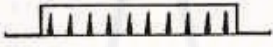
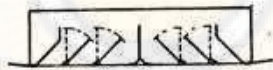
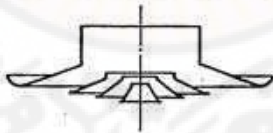
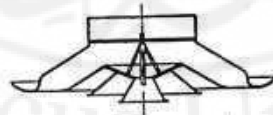
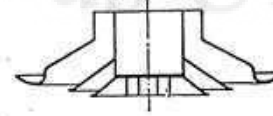
للحصول على انخفاض الضغط الكلي او الضغط السكوني للمروحة يضاف انخفاض الضغط في الفتحات الى مقاومة أو انخفاض الضغط في مجارى الهواء وتعطي الشركات الصانعة للفتحات نشرات خاصة يمكن منها تحديد انخفاض الضغط بالفتحة *



RETURN AIR GRILLE

شكل لفتحة رجوع
جدارية

الشكل يبين بعض النماذج لفتحات التغذية والرجوع :

AIR GRILLES Type		Application
Perforated or stamped lattice		Natural exhaust or transfer
Fixed bar		Extract transfer supply
Aerofoil vane. One row of adjustable louvres	 Hinged	Supply extract
Aerofoil vane. Two rows of directional louvres	 Hinged	Supply
Linear diffusers	 Fixed or hinged	Supply extract
Diffusers fixed cones		Supply extract
Diffusers adjustable cones		Supply
Diffusers supply and extract		Combined supply and extract

١٣ - ٣ - صورة الجريان :

~~~~~

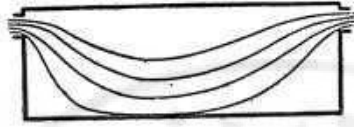
### ١٣ - ٣ - ١ - دراسة حركة الهواء داخل الصالات المكيفة :

لتأمين الشروط الصحية المطلوبة والراحة الضرورية للأشخاص يجب دراسة حركة الهواء داخل الصالات المكيفة بطرق التهوية الصناعية وذلك من دراسة درجة حرارة وسرعة الهواء وتوزيعه بشكل جيد عن طريق توزيع فتحات التغذية والرجوع بالصالة •  
وتتعلق حركة الهواء بالشكل الهندسي للصالة والشروط الحرارية لهواء التغذية وهواء الصالة •  
ويمكن هنا استعراض بعض الحالات لتوزيع الهواء ضمن الصالات :  
أ- اذا كانت الصالة المكيفة عالية والهواء المرسل ساخنا يفضل وضع فتحات تغذية الهواء في الأعلى وارسال الهواء باتجاه فتحات سحب الهواء السفلية كما مبين بالشكل :



ب- عندما يكون ارتفاع الصالة المكيفة صغيرا بالنسبة لطولها يمكن وضع فتحات التغذية والرجوع على جدارين متقابلين وعلى ارتفاع ( 2/3 ) من الجدار مع توجيه الهواء المرسل الى الأسفل كما

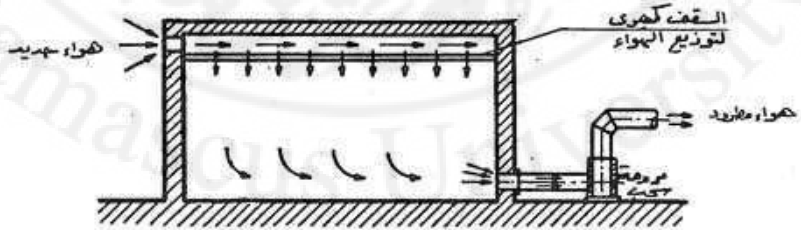
مبين بالشكل :



ج - يمكن وضع فتحات الرجوع تحت فتحات التغذية لبعض الحالات التي يمكن فيها ان يتم دوران الهواء دون حدوث دارات قصيرة ولذلك يجب اختيار سرعة هواء كافية مع اعطاء الهواء اتجاه صحيح لتغطية كامل المكان المكيف .



د - اذا كانت الصالة المكيفة تتطلب كميات كبيرة من الهواء فانه يمكن استخدام السقف المثقب كفتحة تغذية للهواء وذلك كما مبين بالشكل وتركيب فتحات رجوع بالاسفل .



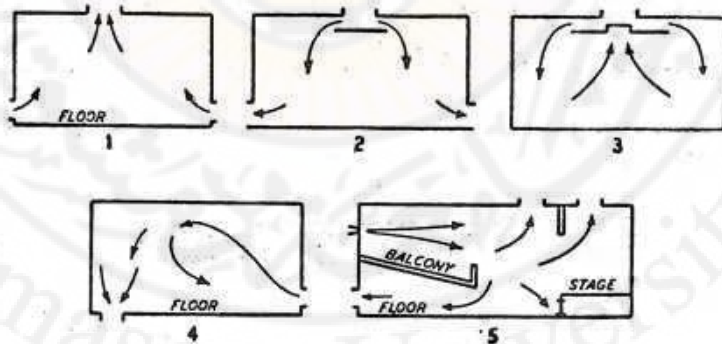
هـ - لتهوية المعامل او الصالات الكبيرة او الكراجات فانه يمكن استخدام طرق مختلفة بحسب توضع آلات المعمل او بحسب طبيعة العمل وبذلك



يمكن ان تكون التغذية للهواء علوية مع سحب علوى او سحب علوى وسفلى مشترك بحيث يتم سحب ثلث كمية الهواء من الاعلى والثلثين من الاسفل كما هي الحال في الكراجات ويوجد العديد من الامثلة على طرق توزيع الهواء سنورد فيما يلي بعض الرسومات التي تعطي فكرة عن النماذج المستعملة ويجب ان يتم اختيار توزيع الهواء في الصالة بحسب الحاجة وطبيعة البناء وعلى المصمم اختيار التوزيع المناسب \*

#### Schemes of Air Distribution :

- Fig. 1. Upward flow system.  
 .. 2. Downward flow system.  
 .. 3. High supply and return openings.  
 .. 4. Low supply and return openings.  
 .. 5. Ejector system.



Diagrammatic Views (In Elevation) showing how various systems of Air Distribution are applied in buildings.

الشكل يبين عدة نماذج لحركة الهواء في الاماكن المكيفة

تقوم المراوح بدفع الهواء ضمن مجارى الهواء في اجهزة التهوية والتكييف . وتعتبر من الاقسام الرئيسية في هذه الاجهزة ، وتعمل المروحة كمضخة هوائية تتغلب على فرق الضغط الناتج عن مقاومة جريان الهواء ضمن مختلف التجهيزات .

وتعطي هذه المراوح فرق ضغط صغير ويعرف فرق الضغط على طرفي المروحة بالفرق بين الضغط الكلي عند مخرج المروحة والضغط الكلي عند مدخل المروحة .

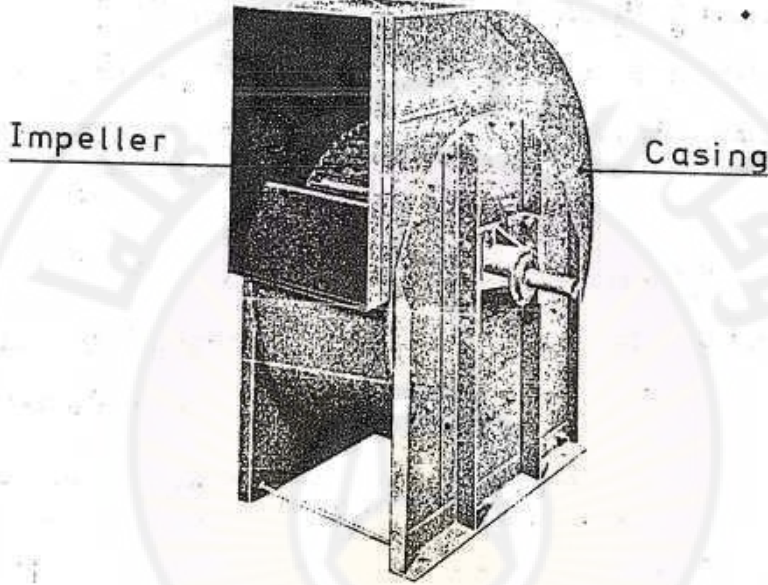
### ١٣ - ٤ - ١ - الاجزاء الرئيسية التي تتألف منها المراوح :

تتألف المراوح عادة من الاجزاء الرئيسية التالية :

- أ- الغلاف Casing او الهيكل وهو القسم الثابت المغلف للجزء الدوار والذي يوجه الهواء ويكون بشكل ( Diffusor ) ( متباعد ) بالنسبة للمراوح المحورية وبشكل حلزوني ( ناشر ) ( Spiral ) بالنسبة للمراوح الطاردة المركزية .
- ب- الجزء الدوار ( الدافع Impeller ) وهو القسم الذى يؤدى دورانه الى دفع الهواء ، ويمكن ان يكون بالمروحة دافع او اكثر ويتصل مع المحور الدوار ومع المحرك اما بشكل مباشر او عن طريق وصلات وسيور .

ج- الجزء الموجة : ( Guide Vanes شفرات التوجيه )

وهي عبارة عن شفرات لتوجيه الهواء عند دخوله او خروجه الى الجزء الدوار ومهمتها توجيه الهواء بشكل صحيح للحصول على أعلى سرودود للمروحة •

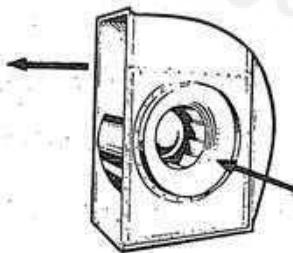


١٣-٤-٢- تصنيف المراوح :

١- تصنيف المراوح بحسب طريقة تصميمها :

آ- المراوح الطاردة المركزية : Centrifugal Fans :

وفي هذه المراوح يدخل الهواء بشكل محوري ويخرج منها بشكل عمودي على هذا المحور كما يبين الشكل :

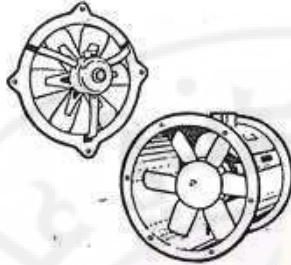


( مروحة طاردة مركزية )

## Axial Flow Fans

## ب- المراوح المحورية

وفي هذه المراوح يدخل الهواء بشكل محوري ويخرج منها بشكل محوري كما مبين بالشكل :



( مروحة محورية )

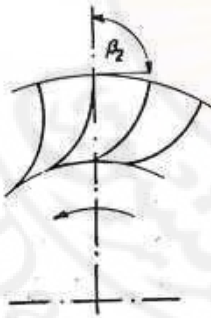
PROPELLER AND AXIAL FLOW FANS

٢- تصنف المراوح طبقا لشكل شفرات المروحة :

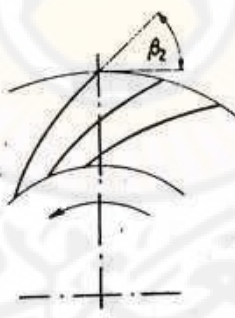
آ- شفرات منحنية الى الامام  $\beta_2 > 90$

ب- شفرات منحنية الى الخلف  $\beta_2 < 90$

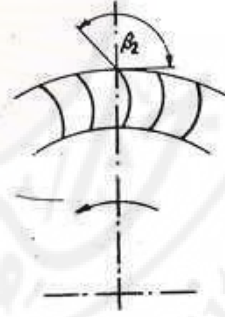
ج- شفرات قطرية  $\beta_2 = 90$



شفرات قطرية



شفرات منحنية  
الى الخلف



شفرات منحنية  
الى الامام

٣- تصنف المراوح طبقا لفرق الضغط الكلي على طرفيها :

آ- مراوح ذات فرق ضغط منخفض  $\Delta P_t = 0 \div 1000 \text{ Pa}$   
- ٣٠٣ -



ب - مراوح ذات فرق ضغط متوسط  $\Delta P_t = 1000 + 3000 \text{ Pa}$ .

ج - مراوح ذات فرق ضغط عالي  $\Delta P_t = 3000 + 10\,000 \text{ Pa}$ .

٤ - تصنف المراوح طبقا الى عدد المراحل التي تشملها :

آ - مراوح بمرحلة واحدة •

ب - مراوح بعدة مراحل •

١٣ - ٤ - ٣ - المواصفات التي تميز المراوح :

---

سنعتمد الرموز والتعاريف التالية عند حساب المراوح :

آ - الضغط •

- الضغط السكوني عند المدخل أو المخرج للمروحة

(  $P_s$  ) أو ( S.P ) Static Pressure

- الضغط الحركي عند المدخل أو المخرج للمروحة

(  $P_v$  ) أو ( V.P ) Velocity Pressure

- الضغط الكلي عند المدخل أو المخرج للمروحة

(  $P_t$  ) أو ( T.P ) Total Pressure

- ضغط المروحة السكوني

(  $\Delta P_s$  ) أو ( F.S.P ) Fan Static Pressure

- ضغط المروحة الحركي

(  $\Delta P_v$  ) أو ( F.V.P ) Fan Velocity Pressure

— ضغط المروحة الكلي

Fan Total Pressure (F.T.P) او ( $\Delta P_t$ )

ويمكن كتابة العلاقات التالية بين الضغوط بالنسبة للمراوح :

— عند المدخل او المخرج يكون  $T.P = P_t = P_s + P_v$

— للمدخل  $P_{t1}$  - للمخرج  $P_{t2}$   $F.T.P = \Delta P_t$

— للمدخل  $P_{t1}$  - للمخرج  $P_{s2}$   $F.S.P = \Delta P_s$

— للمدخل  $P_{t1}$  - للمخرج  $P_v$  - للمخرج  $P_{t2}$

$= \Delta P_t - P_{v2}$  للمخرج

ب- التدفق : ( M ) Volume Flow Rate

وهو حجم الهواء الذى تدفعه المروحة في واحدة الزمن (  $m^3/s$  )  
محسوبة طبقا لمواصفات هواء الدخول .

ج- استطاعة المروحة ( N ) Power Output of a Fan

وتتعلق استطاعة المروحة عادة بتدفق الهواء وفرق الضغط الكلي للمروحة  
حسب العلاقة التالية :

$$N = \Delta P_t \times M \quad ( W )$$

د- المردود الميكانيكي للمروحة

Mechanical Efficiency of a Fan

ويساوى النسبة بين الاستطاعة المأخوذة N والاستطاعة المقدمة للمروحة

(  $\tilde{N}$  ) او الاستطاعة التي تستهلكها المروحة :

$$\eta = N / \tilde{N}$$

وبتراوح مردود المروحة من (30 %) في المراوح الصغيرة الى (90%) في  
المراوح الكبيرة •

### ١٣-٤-٤ - قوانين التشابه في المراوح :

اذا كان لدينا مروحة مركبة في مجموعة ارسال هواء وتعطي كمية  
من الهواء  $[M_1 (m^3/s)]$  وضغط كلي  $[\Delta P_{t1} (N/m^2)]$  واستطاعتها  
 $[N_1 (W)]$  عند عدد من الدورات تساوى  $[n_1 (1/s)]$  يمكن حساب  
مواصفات المروحة الجديد عندما تتغير عدد الدورات وذلك باستخدام  
العلاقات التالية :

$$M_2 = M_1 \left( \frac{n_2}{n_1} \right) \quad \text{التدفق:}$$

$$\Delta P_{t2} = \Delta P_{t1} \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2 \quad \text{الضغط:}$$

$$N_2 = N_1 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^3 \quad \text{الاستطاعة:}$$

ويمكن ان يتغير بالاضافة الى عدد الدورات قطر الدافع ( d )  
وكثافة المائع (  $\rho$  ) وبذلك تصبح العلاقات بشكلها العام :

$$M_2 = M_1 \left( \frac{n_2}{n_1} \right) \cdot \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^3 \quad \text{التدفق:}$$

$$\Delta P_{t2} = \Delta P_{t1} \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2 \cdot \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^2 \cdot \left( \frac{\rho_2}{\rho_1} \right) \quad \text{الضغط:}$$

$$N_2 = N_1 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^3 \cdot \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^5 \cdot \left( \frac{p_2}{p_1} \right) \quad \text{الاستطاعة :}$$

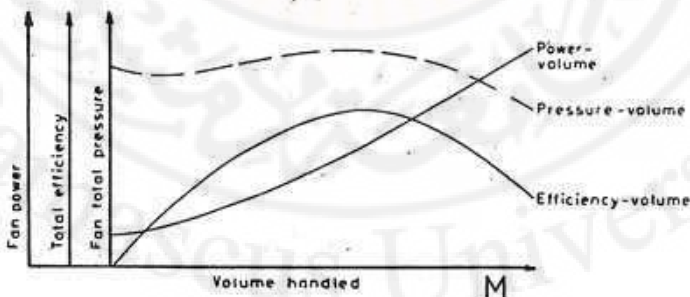
مستوى ضغط الصوت :

$$LW_2 = LW_1 + 70 \log\left(\frac{d_2}{d_1}\right) + 50 \log\left(\frac{n_2}{n_1}\right) + 20 \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right)$$

١٣ - ٤ - ٥ - المنحنيات المميزة للمراوح :

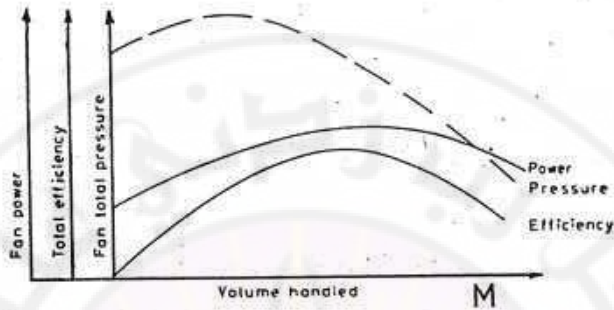
تعطي الشركات الصانعة مواصفات المراوح بواسطة منحنيات تربط بين فرق الضغط على طرفي المروحة والتدفق وكذلك الاستطاعة المعطاة للمروحة والمردود الكلي

وتبين الاشكال التالية نماذج لهذه المنحنيات بالنسبة لبعض انواع المراوح المستعملة :

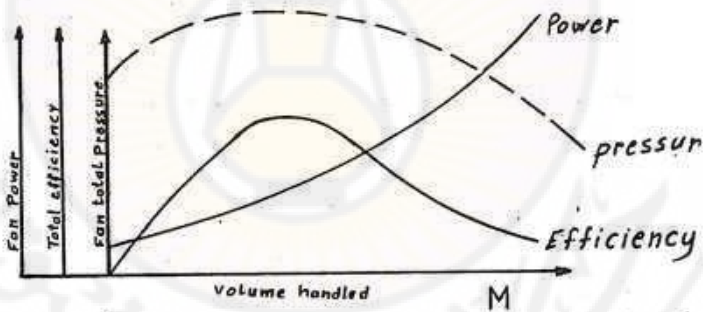


مراوح ذات شفرات منحنية الى الامام





مراوح ذات شفرات منحنية الى الخلف



مراوح ذات شفرات قطرية

١٣-٤-٦- الفحني المميز للمجارى :

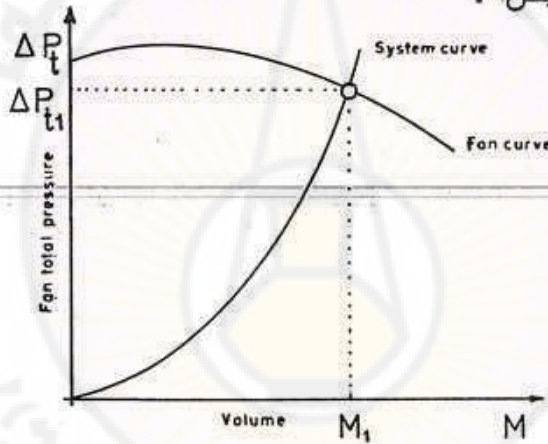
هناك علاقة تربط بين تدفق الهواء في المجموعة وانخفاض الضغط او مقاومة المجموعة ويمكن تمثيل هذه العلاقة بمنحني يسمى الفحني المميز للمجارى او المجموعة . ويلاحظ من التجارب ان هذه

العلاقة هي من الشكل التالي بالنسبة للجريان المضطرب :

$$\Delta P = C \cdot M^2$$

وهذه المعادلة تمثل قطعاً مكافئاً في الاحداثيات (  $\Delta P - M$  )  
( التدفق - انخفاض الضغط ) للمجموعة \*

ويمكن رسم المنحني المميز للمجاري مع المنحني المميز لعمل المروحة ويلاحظان نقطة التشغيل تمثل بالتقاطع الناتج ، والشكل يبين هذين المنحنيين :

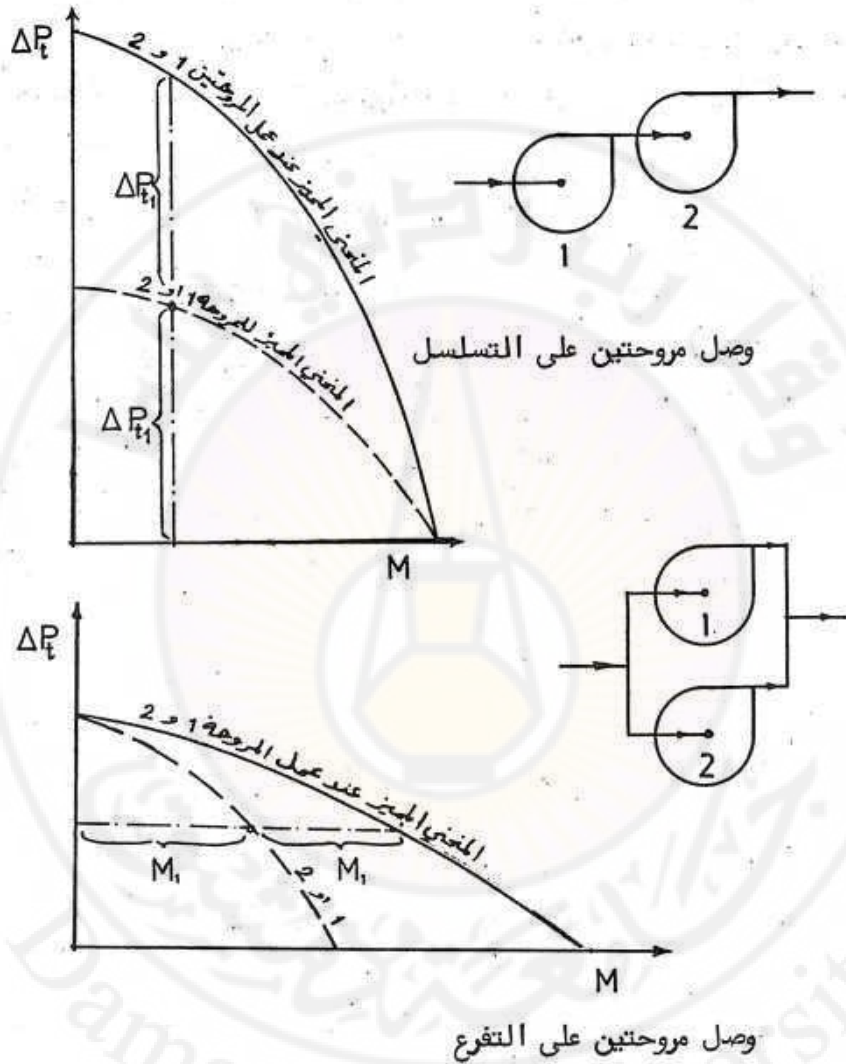


١٣ - ٤ - ٦ وصل المراوح على التسلسل وعلى التفرع ( التوازي ) :

يمكن وصل المراوح على التسلسل او على التوازي بحسب الغرض المطلوب في الدارة فاذا كان المطلوب تدفق كبير فانه يمكن جمع المراوح على التفرع وبذلك نحصل على مجموع التدفق للمراوح بدون زيادة بفرق الضغط \*

واذا كان المطلوب فرق ضغط كبير فانه يمكن جمع المراوح على التسلسل وبذلك نحصل على مجموع لفرق الضغط للمراوح بدون

زيادة بالتدفق بغرض ان المراوح المستعملة متماثلة بالواصفات •



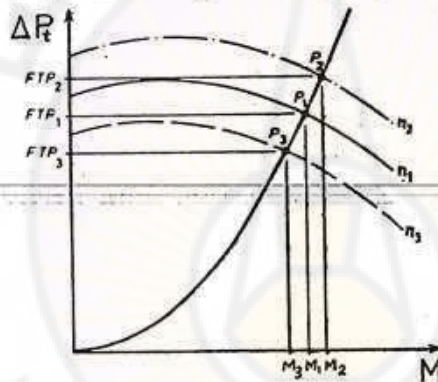
١٣ - ٤ - ٧ - التحكم بخواص المراوح :

يتم التحكم بتغيير خواص المراوح بهدف الحصول على التدفق وانخفاض الضغط المطلوبين للدائرة ومن المعروف ان أى تغيير على

انخفاض الضغط يرافقه تغير بالتدفق او بالعكس ومن المعروف ايضا ان تغيير عدد دورات المروحة يغير من مواصفاتها كما مر معنا بعلاقات التشابه للمراوح وبذلك يمكن التحكم بالماواح عن طريق :

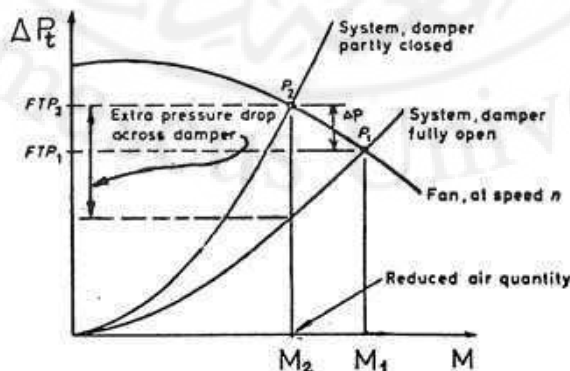
آ - تغيير عدد دورات المروحة :

وذلك عن طريق تغيير سرعة المحرك الكهربائي الموصل معها او عن طريق علبة سرعة أو بكرات وسيور تعمل على تعديل سرعة المروحة \*



ب - اضافة مقاومات بالدارة :

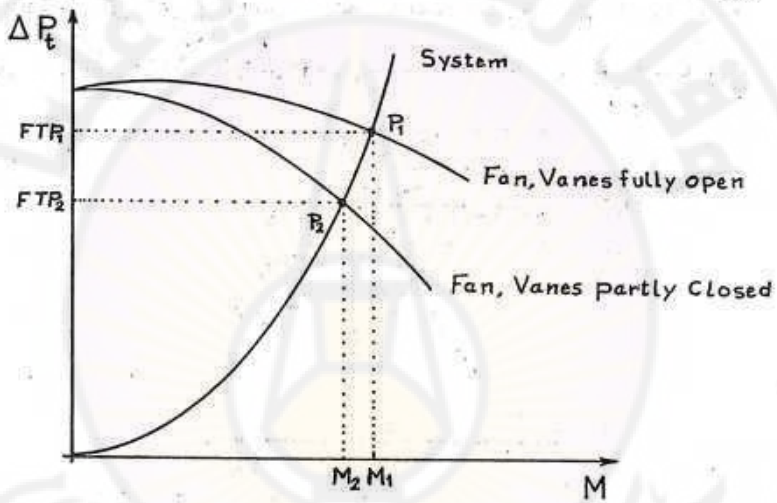
ويتم ذلك بتسكير جزئي لمعيرات الهواء ( صمامات الهواء ) في الدارة وبذلك يتغير التدفق ونحصل على المطلوب \*





جـ - بواسطة تدوير الشفرفات الموجهة :

وبذلك تتغير مواصفات جريان الهواء ضمن المروحة ونحصل على خواص جديدة للمروحة وهذه الطريقة غالبا ما تستعمل في المراوح المحورية •



• وملوثات الهواء عبارة عن جزيئات صغيرة جدا تقاس بالميكرون ( Microns ) ويرمز للميكرون بـ (  $\mu$  ) وهو جزء من مليون من المتر .

|         |                  |
|---------|------------------|
| Solid   | أ - ملوثات صلبة  |
| Liquid  | ب - ملوثات سائلة |
| Gaseous | ج - ملوثات غازية |
| Organic | د - ملوثات عضوية |

=====

• عن الاحتراق الغير كامل للمواد

## ب- الملوثات السائلة :

=====

ويكون مثل الضباب ( Fogs ) و ( Mist ) وهو عبارة عن

• ملوثات اصغر من (  $100 \mu$  ) على شكل قطرات صغيرة جدا

## ج- الملوثات الغازية :

=====

وتكون مثل الابخرة والغازات ( Gases ) و ( Vapors ) وهي

• عبارة عن مواد غازية عند درجة حرارة عادية وضغط عادى

## د - الملوثات العضوية :

=====

والجزيئات العضوية ( Organic Particles )

مثل البكتريا وقياس جزيئاتها (  $0.2 \mu \div 5.0 \mu$  ) وتعتمد

• البكتريا على ذرات الغبار كواسطة لنقلها

## ١٣- ٥- ١- مصافي الهواء وطرق اختبارها :

ان وجود الملوثات السابقة الذكر في الهواء وما لها من ضرر

على الصحة وتأثير مزعج على الجو المكيف يوجب تنقية الهواء وتنقيته من

هذه الملوثات والأدات المستعملة لذلك تسمى مصفاة الهواء

( Air Filter ) ولتحديد مواصفات مصفى الهواء واختياره

لا بد من التعرف على طريقة قياس جودة مصفى الهواء وفعاليتة، والغاية

منها معرفة مدى امكانية المصفاة على حجز الغبار وقدرتها على التنظيف

ونذكر اختبارين هما :

The Gravimetric Test

أ- الاختبار التحليلي

The Discoloration Test

ب- اختبار اختلاف اللون

أ- الاختبار التحليلي :

=====

يعتمد على اجراء اختبار تحليلي على المصفاة وذلك بموزن المصفاة قبل الاختبار وبعده مع معرفة وزن الغبار الذي اضيف الى الهواء قبل الدخول الى المصفاة ومن ثم تحديد الجودة التحليلية كما يلي :

$$\text{الجودة} = \frac{\text{وزن الغبار المحجوز بالمصفاة}}{\text{وزن الغبار المقدم للمصفاة}}$$

وزن الغبار المقدم للمصفاة

وفي الواقع تعطي هذه الجودة دليلا على مدى قدرة المصفاة على حجز الغبار ومن الواضح ان مقاومة المصفاة لتدفق الهواء تزداد مع ازدياد تراكم الغبار عليها ولذلك فان قدرة المصفاة على حجز الغبار تعسرف بوزن الغبار المتجمع على المصفاة عندما تزداد مقاومتها بمقدار ( 120 Pa. ) باسكال او بمقدار ضعف المقاومة الاصلية وبوخذ دائما الرقم الاكبر .

ب- اختبار اختلاف اللون :

=====

يتم هذا الاختبار بحقن مادة صباغية من محلول الميتلين الازرق في الماء ( Methlene Blue ) في تيار الهواء قبل المصفاة . واثناء مرور الهواء في المجرى الذاهب الى المصفاة يتبخر الماء بينما يبقى الصباغ الازرق محمولا في تيار الهواء على

#### • جزئيات صغيرة صلبة

وقطر هذه الجزئيات حوالي (  $2,0 \mu \div 0,2 \mu$  )  
وحوالي ( 50 % ) من هذه الجزئيات وزنا ذات قياس اكبر من (  $0,5 \mu$  )

تؤخذ عينة محدد الكمية من هذا الهواء قبل مروره على  
المصفاة بواسطة مضخة سحب ( Vacuum Pump )  
وتمرر هذه الكمية على ورقة تصفية بيضاء ، كذلك تؤخذ عينة اخرى من  
الهواء بنفس الاسلوب ولكن بعد المصفاة وتمرر على ورقة تصفية بيضاء  
ايضا •

ويحدد مقدار تلوث التيار الهوائي لورقة التصفية البيضاء  
بواسطة امرار شعاع ضوئي خلال هذه الورقة وقياس شدة الاشعاع  
النافذ من الورقة •

يمكن هذا الاختبار من تحديد جودة المصفاة ويعتبر هذا  
الاختبار دقيقا واساسا للمقارنة وتتم المقارنة بين المصافي بموجب الجودة  
الناتجة عن الاختبار •

١٣- ٥- ٢- انواع مصافي الهواء :

١- المصافي اللزجة Viscos Filters

٢- المصافي الجافة Dry Filters

٣- المصافي الكهربائية Electric Filters

٤- المصافي الرطبة Wet Filters



5 - المصافي السنترفيوج Centrifugal Collectors

أو Cyclone

6 - المصافي الماصة Adsorption Filters

7 - المصافي الثقالية Gravity Filters

١ - المصافي اللزجة :

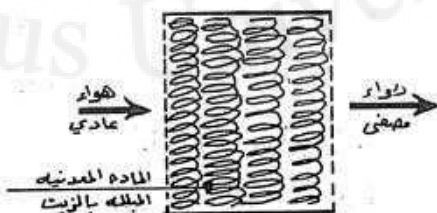
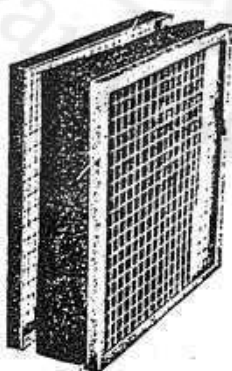
=====

وتكون على نوعين :

آ - على شكل خلية The Cell Type

ب - تتحرك آليا Automatic Type

آ - تتألف المصفاة التي على شكل خلية من صندوق معدني مفتوح من الامام والخلف ومملوء بقطع صغيرة معدنية من الحديد او النحاس الناتجة عن عمليات الخراطة . وتكون هذه القطع المعدنية مبللة بالزيت المناسب ومن شروط الزيت هذا ان يكون غير قابل للاشتعال ، غير سام ، وغير قابل للتبخر وله خواص ثابتة لا تتغير مع مرور الزمن تستبدل هذه المصفاة بعد الاستعمال بوحدة جديدة كما يمكن غسلها واعادة تبلييلها بالزيت .



ب- النموذج المتحرك آليا ويكون عبارة عن سير يتحرك بواسطة محرك

كهربائي تغطس المصفاث الحاملة للغبار في خزان الزيت •

من خصائصها ان لها قدرة على تجميع كمية كبيرة من الغبار

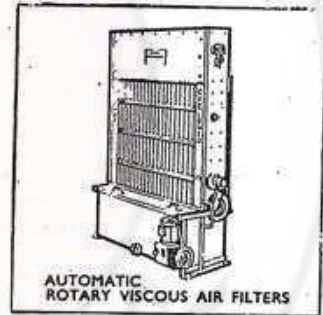
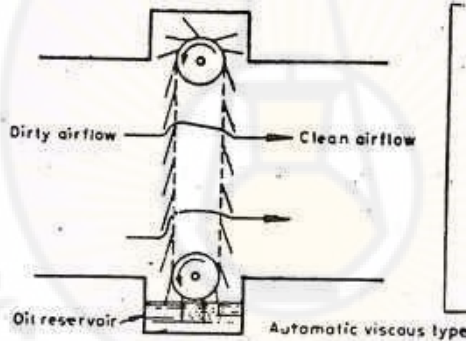
وتستعمل في الاماكن الصناعية ذات التلوث العالي ويتراوح

انخفاض الضغط في مثل هذه المصافي من (38 Pa) الى (63 Pa)

والسرعات المنصوص بها على وجه المصفاة من ( 2 ÷ 3 m/s )

وتعتبر هذه المصافي غير فعالة من اجل ملوثات اصغر من

( 0.5  $\mu$  )



٢- المصافي الجافة :

=====

وتكون على نوعين :

آ- على شكل خلية

ب- على شكل سير متحرك

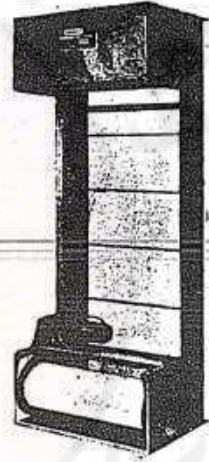
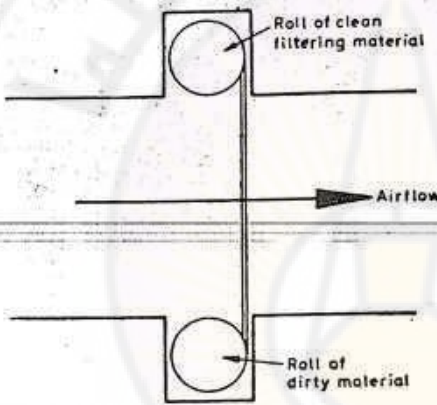
آ- المصفي عبارة عن صندوق مفتوح من طرفين متقابلين يسمح بمرور

الهواء ومملوء بمواد من الصوف الزجاجي او الاميانت او من مواد

بلاستيكية ذات مسامات حسب الحاجة • والا أنوع البلاستيكية

• غالبا ما تكون قابلة للغسيل وإعادة الاستعمال

ب- المصفي الذي يتحرك بشكل آلي ويتألف من اسطوانتين تلف المادة المصفية على الاولى وتنقل بالدوران الى الثانية ويمر الهواء من خلال هذه المادة المتحركة بسرعة تتناسب مع اتساخها وتستبدل هذه المادة المصفية بعد استعمالها •



AUTOROLL

تدور الاسطوانة بواسطة محرك كهربائي وتحدد سرعته بحسب الحاجة •

٣- المصافي الكهربائية :

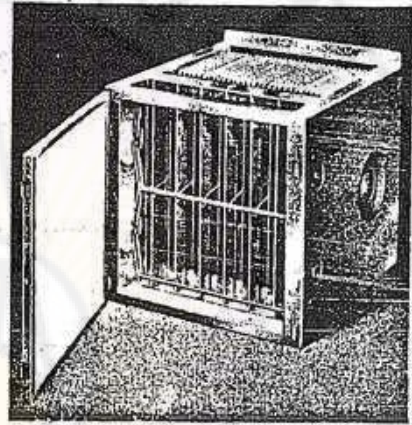
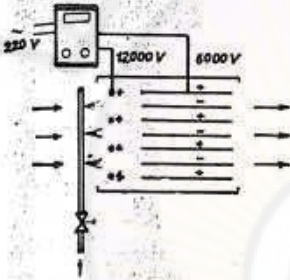
=====

وتستعمل للجزيئات التي تتراوح بين (  $1,0 \mu$  —  $0,001$  )

• ميكرون

عندما يمر الهواء بين ناقلين مختلفي الشحنة يصبح مؤين  
إذا كان فرق التوتر بين القطبين كبيرا ، ويتشكل ايونات موجبة  
وايونات سالبة وتكون الايونات الموجبة هي الاكثر • ويفعل التلامس

مع جزيئات الغبار الموجود في الهواء تمتد الشحنة الى الغبار وبهذا الشكل تكتسب حوالي ( 80 % ) من جزيئات الغبار المار في مجال التأين شحنة موجبة وحوالي ( 20 % ) من جزيئات الغبار شحنة سالبة •



يكون فرق التوتر بين القطبين تقريبا ( 7800 V — 13000 V ) تتجمع الجزيئات المشحونة بشكل موجب على الصفائح السالبة والجزيئات المشحونة بشكل سالب على الصفائح الموجبة ويتم تنظيف هذه الصفائح بواسطة غسلها بالماء او بالماء والصابون •

#### ٤ - المصافي الرطبة :

=====

وهي عبارة عن غسالات الهواء او مرطبات الهواء وسأأتي على



شرحها مع مرطبات الهواء وتقوم هذه المرطبات بالاضافة الى مهمة الترطيب بتنقية الهواء من بعض الغازات الممزوجة معه مثل ثاني اكسيد الكبريت الذي يمكن ان يأخذه الماء .

٥- المصافي السنترفيوج :

=====

وتستعمل في المنشآت التي تعطي نفايات او عادم ويقوم بفصل الغبار او النشارة او الجزيئات الغريبة عن الهواء .  
وتكون على نوعين :

أ- ذات قطر كبير Centrifugal Large dia. Cyclone

ويستخدم لحجز الجزيئات من (  $40 \mu$  ÷  $60 \mu$  ) ميكرون .

ب- ذات قطر صغير Centrifugal Smalle dia. Cyclone

ويستخدم لحجز الجزيئات من (  $20 \mu$  ÷  $30 \mu$  ) ميكرون .

ويقاس عامل الفصل للمصفي ( S )

Separation Factor of Cyclone

من العلاقة :

$$S = \frac{w^2}{g \cdot r}$$

حيث: w السرعة المماسية . ( m / s )

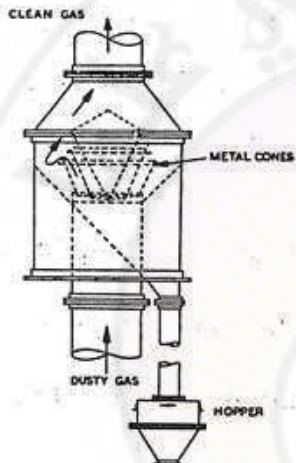
Tangential Velocity

r نصف قطر السيكلون . ( m )

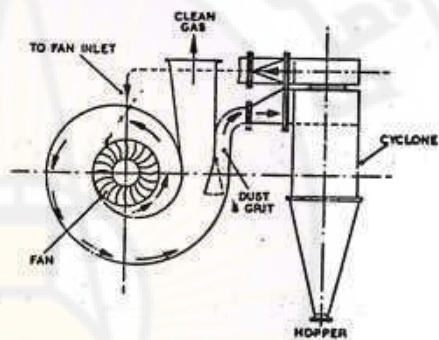
g التسارع الأرضي . ( m / s<sup>2</sup> )



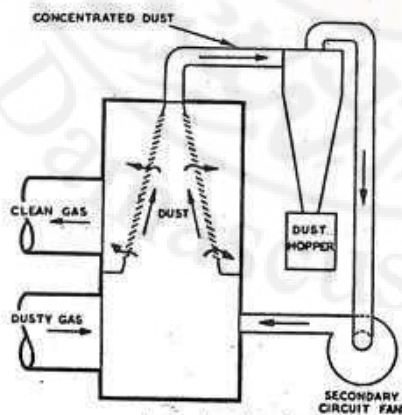
الاشكال التالية تبين بعض النماذج للمصافي السنترفيوج :



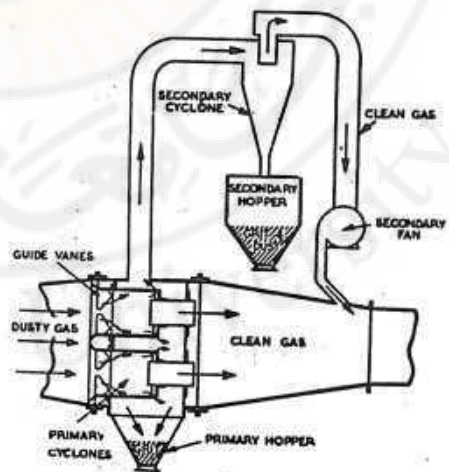
Simple inertial type collector.



Scroll type collector



Louvred cone collector.



Multi-unit cyclone collector.

## ٦\_المصافي الماصة :

تظهر فعالية هذه المصفاة في ازالة الروائح المزعجة من

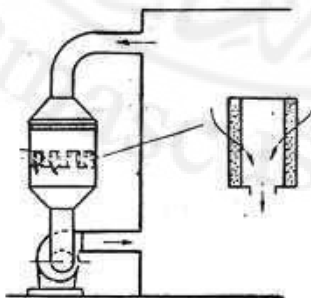
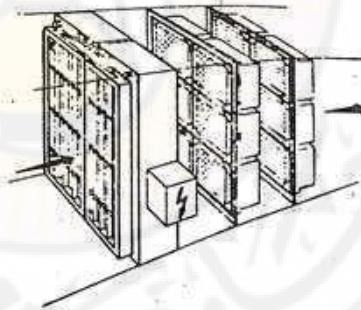
الهواء وكذلك ازالة المواد السامة مثل ثاني اكسيد الكبريت \*

والمصفاة عبارة عن صندوق يحتوى على مواد فحمية نشيطة :

### Activated Carbon Filter

يحضر هذا الفحم المنشط من قشور جوز الهند وبعد ان تقوم المصفاة  
بأمتصاص الغازات لدرجة الاشباع تؤخذ وتسخن الى درجة حرارة حوالي  
( 550 °C ) لاعادة تنشيط الفحم المستعمل \*

مصفي ماص يوضع ضمن مجرى  
الهواء

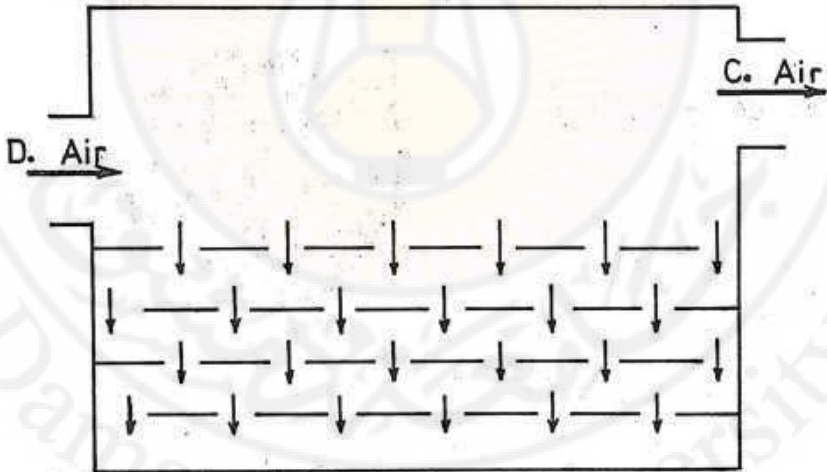


مصفي ماص مع مروحة تحريك  
الهواء

## ٧- المصافي التناقلية :

=====

ويستخدم لحجز الجزيئات التي قياسها حوالي (200 $\mu$ ) ميكرون وتعمل المصفاة على خاصية سقوط الجزيئات المحمولة بالهواء وذلك بأمرار الهواء ضمن المصفي الموء لف من غرفة كبيرة تحتوى على سطوح مثقبة، ويمكن استخدام الماء لحجز الغبار •



شكل مبسط لمصفي تناقلي

## ١٣ - ٦ - غسالات ومربطات الهواء :

تعتمد هذه التجهيزات على تبادل الحرارة المحسوسة والحرارة الكامنة بين الماء والهواء ، وان أبراج التبريد وغسالات الهواء والمربطات ، تعتمد هذا المبدأ من التبادل الحرارى .  
وتكون هذه التجهيزات على نوعين :

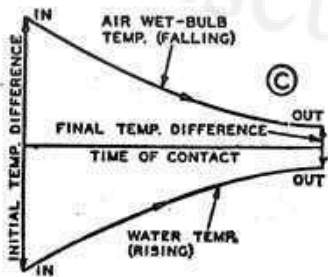
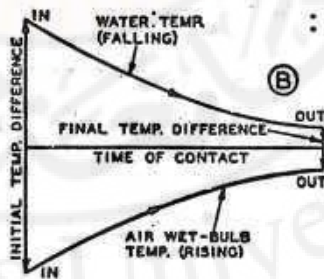
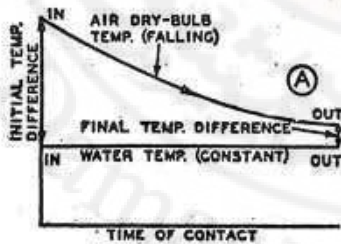
١- اجهزة لتبريد الهواء ( غسالات ومربطات الهواء )

٢- اجهزة لتبريد الماء ( أبراج التبريد )

وسنتكلم في هذه الفقرة فقط على النوع الاول وعن استعمال غسالات الهواء للتطهير او ازالة الرطوبة . ويمكن ان تسمى غسالة هواء او مرطبة حسب استعمالها ومقاييسها .

تعتمد المربطات على تبخير الماء المزرر في تيار من الهواء والشكل يبين ويوضح التغيرات الترموديناميكية التي تحدث بين الهواء

والماء :



Interaction of Air and Water in  
Evaporative Air Cooling Apparatus

١- الماء يدور بشكل مستمر ضمن دائرة مغلقة من الحوض الى البخاخات  
وهكذا \* وبذلك يأخذ الماء درجة الحرارة الرطبة للهواء \*  
وتكون درجة الحرارة الثابتة للماء اقل من درجة الحرارة الجافة  
لدخول الهواء ولذلك تقترب درجة حرارة الهواء من درجة حرارة  
الماء \* وتسمى هذه الحالة المرطبة الادبياتيكية ( الحالة A )  
حيث ان درجة الحرارة الرطبة للهواء تبقى ثابتة ، اما درجة الحرارة  
الجافة للهواء فتتخفض مع زيادة الرطوبة فيه \*

٢- اذا كان يراد تسخين الهواء فان الماء الحار الداخل الى الجهاز  
يتبرد ودرجة الحرارة الرطبة للهواء تزداد ( الحالة B ) \* في مثل  
عمليات التسخين هذه تقترب درجة الحرارة الرطبة النهائية للهواء  
من درجة الحرارة النهائية للماء \*

٣- اذا كان يراد تبريد الهواء فان الماء البارد الداخل الى الجهاز  
سيسخن ودرجة الحرارة الرطبة للهواء تتخفض ( الحالة C ) \* في  
مثل عمليات التبريد هذه فان درجة الحرارة الرطبة النهائية للهواء  
سكنون دائما اعلى من درجة حرارة الماء النهائية \*

ويتم التبريد ضمن المرطبات التبخيرية على شكلين : مباشرة وغير  
مباشرة \*

والاول يستعمل وسط رطب حيث يتبخر الماء بشكل مباشر  
في الهواء الذي يمر عليه ويتبرد ، ويمكن الحصول على الوسط الرطب  
بتزوير الماء كما هو الحال في غسالات الهواء او بواسطة استعمال



سطوح مبللة بالماء مثل اجهزة تبريد الهواء المباشر •

والثاني يعتمد على مبدأ التبخر لتبريد الماء حيث يؤخذ الماء المبرد للاستعمال كما هي الحال في أبراج التبريد المستخدمة في تبريد مكثفات آلات التبريد مثلاً •

وتبريد الهواء من تبخر الماء إحدى الطرق المتبعة في تكييف الهواء وخصوصاً في التكييف الصناعي للاماكن التي تتطلب رطوبة مرتفعة كمعامل النسيج مثلاً •

وفي مثل هذه الحالات تستخدم تجهيزات مشابهة لتجهيزات تكييف الهواء مع الفارق اننا نستعمل التبريد بالترييب ( من تبخر الماء )

### ١٢-٦-١ - المرطبة ذات البخاخات :

وتشمل هذه المرطبة بشكل رئيسي على غرفة تحتوي على فالات لتزير الماء وحوض لتجميع الماء المتساقط وصفائح لحجز قطرات الماء التي لا تتبخر وتبقى عالقة بالهواء وهذه القطرات تعود الى حوض تجميع الماء •

مضخة تدوير للماء ذات تدفق عالي لزيادة عملية التزير وزيادة معدل التبخر •

ان التلامس بين تيار الهواء ورزاز الماء يسبب تبادل حراري مع تبادل بالكتلة بين الماء والهواء •

يتغير طول غسالات الهواء من (1,3 m) الى (3,3 m) متر  
وهذا يعتمد على عدد صفوف البخاخات • مساحة المقطع العرضي  
تحدد بحسب سرعة جريان الهواء المصممة ضمن غرفة المرطبة •  
وغسالات الهواء مناسبة لتدفق من (1 m<sup>3</sup>/s) الى (140m<sup>3</sup>/s)  
ولا يوجد حدود نظامية لذلك • فكل منتج او شركة صانعة تعطي  
مواصفات التجهيزات والخواص الفيزيائية لمنتجاتها ، مثل :  
تدفق وسرعة الهواء ، كثافة بخاخات الماء ، ضغط بخ  
الماء ، وباقي المواصفات التصنيعية العامة •

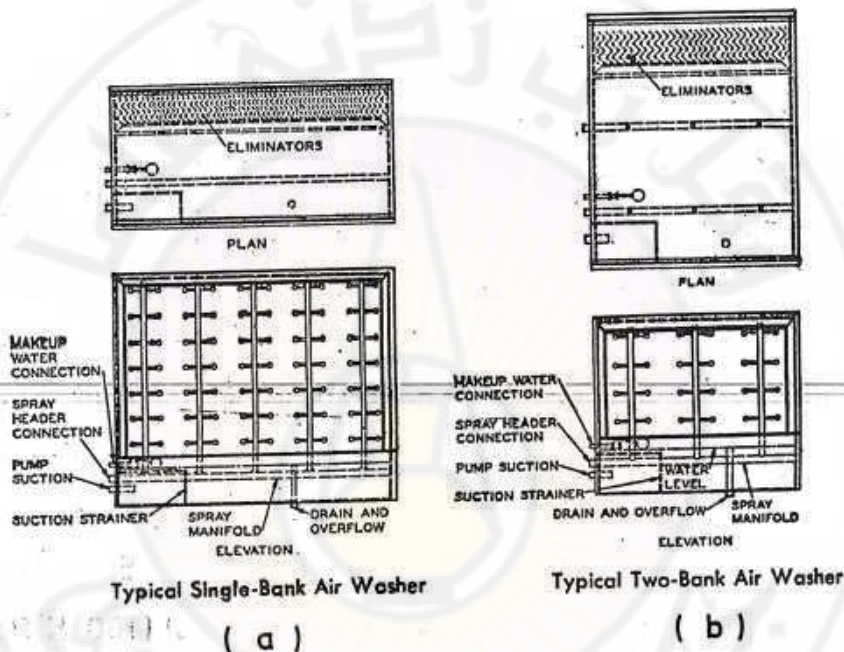
والتصميم البسيط للمجموعة التي تحتوى على صف واحد من  
البخاخات مع صندوق بطول من (1,3 m) الى (2,3 m) • وهذا  
النموذج يمكن ان يستعمل كمixer تبريدى او مرطبة او كمنظف هواء  
اذا كان هناك غبار بالهواء • ويمكن زيادة مردود تنقية الهواء  
بإضافة بخاخات لغسل الصفائح المانعة لمرور قطرات الماء،  
ويستعمل صفين من البخاخات واكثر عندما يكون هناك حاجة لا يصل  
الهواء الى درجة الاشباع (اي زيادة مردود المرطبة) ويستعمل الماء  
المبرد لتبريد الهواء ولازالة الرطوبة منه •

ويمكن استعمال مرحلتين لازالة الرطوبة اذا كانت درجة  
حرارة الماء غير كافية او اعلى من الدرجة المطلوبة •

ترتب البخاخات بحيث تعطي تيارات متعاكسة من الماء وهذا يتطلب  
كمية أقل من الماء ودرجة حرارة اعلى للماء لنفس النتيجة •

شكل ( a ) و ( b ) يوضح نموذج بصف ونموذج

بصفين من البخاخات لغسالة هواء •



والشيء الرئيسي الواجب تأمينه في غسالات الهواء هو جريان الهواء بشكل منتظم ضمن غسالة الهواء وتوزيعه بانتظام على المقطع العرضي للغسالة • وتكون سرعة الهواء من (1,7 m/s) الى (4 m/s) في غرفة الترطيب • الضغط في بخاخات الماء من (250 K.Pa) الى (390 K.Pa) كيلو باسكال (مطلق) ويجب ان يكون التوزيع جيد للبخاخات على المقطع العرضي لجريان الهواء مع طول كاف لمرور الهواء عبر البخاخات وسطوح الترطيب كما تستخدم صفائح فعالة مانعة لخروج قطرات الماء مع الهواء تركب في نهاية المرطبة •

تكون غسالات الهواء في اغلب الحالات ذات مقطع مربع وهذا يعود للاقتصادية في تصنيع الجهاز . اما الطول فانه يتغير بشكل كبير من جهاز الى آخر ويكون الفراغ من ( 0,75 m ) الى ( 1,5 m ) بين صفوف البخاخات المستعملة . والصف الاول والاخير يكونان على بعد من ( 0,3 m ) الى ( 0,45 m ) من طرفي الدخول والخروج لغسالة الهواء . يمكن ان تزود غسالة الهواء بوشية تسخين او تبريد وهذه الوشية يمكن ان تزيد من طول غسالة الهواء .

كمية الماء المبخوخ من بخاخات الماء في غسالات الهواء المستعملة للتطهير او للتبريد بالتبخير تتغير من ( 0,3 Kg/s ) في حالة صف واحد الى ( 0,7 Kg/s ) في حالة صفين من البخاخات لكل ( 0,5 m<sup>3</sup>/s ) من الهواء . ضاغط المضخة المستعملة يتراوح من ( 180 K.Pa. ) الى ( 270 K.Pa. ) وهذا يعتمد على الضغط في البخاخات ، ( ضغط البخار ) ، ارتفاع الجهاز ، الضياع نتيجة انخفاض الضغط بالجريان في الانابيب ومصفيات الماء والصمامات وغيرها .

مقاومة جريان الهواء عبر غسالة الهواء يتغير بحسب محتويات غسالة الهواء من حواجز وبخاخات ومانع قطرات وسطوح ترطيب وعدد صفوف البخاخات واتجاهاتها وسرعة الهواء ، ووجود وشية تسخين او تبريد وحجم الغسالة ، وكذلك كثافة الهواء ، وتتراوح هذه المقاومة من ( 60 Pa. ) الى ( 250 Pa ) باسكال . وعند اختيار غسالة هواء يجب الرجوع الى نشرات الشركات الصانعة لمعرفة المقاومة الكلية



• للغسالة وكذلك لتحديد القياسات والمواصفات الخاصة بها

يصنع غلاف وخزان الماء في غسالة الهواء من معادن مختلفة ،  
والصاج المزنبق هو الشائع لمثل هذه الحالات ويقوى بزوايا داخلية  
ويربط الغطاء بواسطة براغي • وتزود بباب واكثر لا عمال الصيانة •  
في غسالات الهواء التي تزيل الرطوبة يبرد الماء بأخذه من حوض  
الغسالة الى مبرد الماء ضمن دائرة انابيب ومضخة خاصة لذلك •

تبعد صفائح مانعة مرور قطرات الماء عن بعضها مسافة من  
( 2,5 cm ) الى ( 5 cm ) وتركب على مخرج غرفة الترطيب • وتكون  
مشكلة بعدد من الانحناءات •

يمكن ان تركيب صفيحة مثقبة على مدخل غسالة الهواء لتساعد على  
توزيع الهواء على كامل مقطع الجريان فيها • كما يمكن تركيب منظم هواء  
على المدخل او المخرج لتحديد كمية الهواء الداخل ، وهو عبارة عن  
صفائح متحركة بشكل ( دامبر Damper ) •

تصمم الفلات لتزوير الماء الى ذرات صغيرة ومنتظمة ويتغير  
الضغط من ( 250 K.Pa. ) الى ( 390 K.Pa. ) كيلو باسكال مطلق.  
ان الفلات ذات الفتحات الصغيرة مع ضغط مرتفع 390 K.Pa. تعطي  
التزوير الناعم والضرورى من اجل زيادة مردود المرطبة • واذا كانت  
فتحات الفلات كبيرة مع ضغط 280 K.Pa. تكون مناسبة لازالة الرطوبة.  
وتكون الفلات المستعملة من النوع القابل للتنظيف والفك •  
والندفق من كل فالة يتغير من ( 0,07 Kg/s ) الى ( 0,25 Kg/s ) •

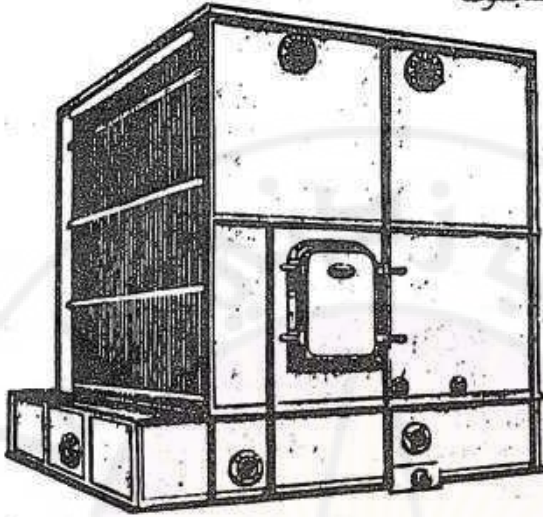


وكثافة البخ تكون عادة من  $(0,7 \text{ Kg/s})$  الى حوالي  $(3,4)$  على المتر المربع من مساحة المقطع العرضي • تتغير المسافات بين الفلات بحيث يركب من  $(8)$  الى  $(27)$  فالة في المتر المربع لكل صف من الفلات •

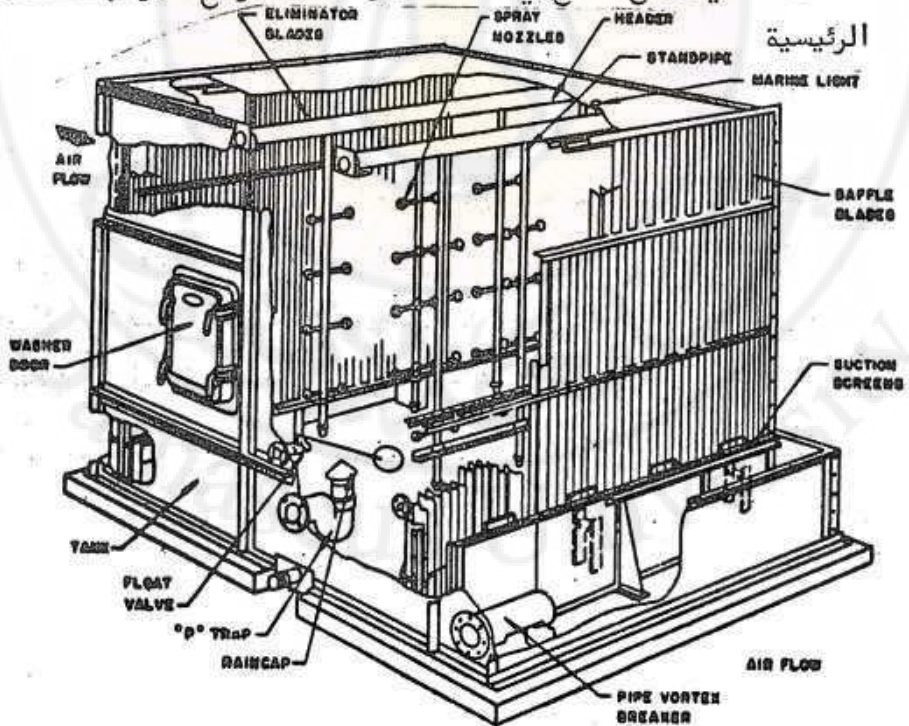
الفلات المستعملة لغسيل صفائح مانعات قطرات الماء ذات تدفق حوالي  $(0,07 \text{ Kg/s})$  للفتحة وضغط من  $(121 \text{ K.Pa})$  الى  $(136 \text{ K.Pa})$  مطلق • يركب عادة مصفاة ماء على مأخذ ماء السحب من حوض تجمع ماء غسالة الهواء ، وتكون عادة من صفائح مثقبة من النحاس ملفوفة على شكل اسطوانة مركبة على مأخذ انبوب السحب للمضخة الموصلة الى الحوض ، ويجب ان تكون هذه المصفاة قابلة للتنظيف والفك والتبديل عند اللزوم • ويمكن استخدام انواع اخرى من مصافي الماء لهذا الغرض •

يجهز حوض الماء في غسالة الهواء بصمام فواشة للمحافظة على منسوب معين للماء ويجهز الحوض بأنبوب تصريف الفائض اذا ارتفع منسوب الماء عن حد معين • كما يجهز الحوض بمصرف تفريغ للتمكن من تنظيفه عند اللزوم ويوضع جهاز اشارة من النوع الذي يعمل ضمن الماء في غرفة المرطبة لضرورات المراقبة والصيانة •

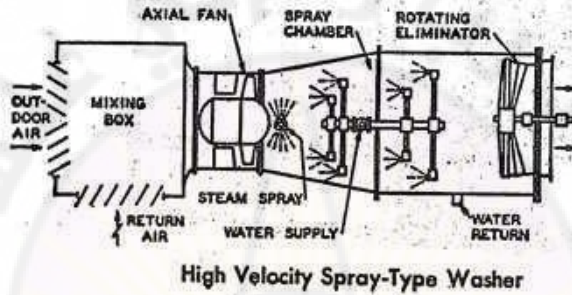
الشكل يبين غسالة هواء يمكن وصلها مع مجموعة ارسال هواء بحيث تكون  
 احد العناصر في المجموعة •



الشكل التالي يوضح مقطع في غسالة الهواء بحيث يوضح اجزائها



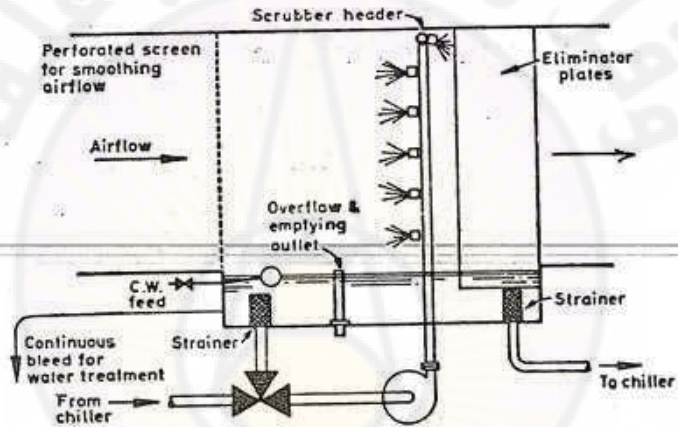
والشكل التالي يبين مرطبة هواء ذات سرعات عالية للهواء :



مرطبة هواء ذات سرعات عالية

وهي مؤلفة من غرفة مزج ومروحة دفع هواء محورية ومجرى ذي مقطع متزايد ومرطبة بخارية وبخاخات للترطيب المائي وصفائح مانعة لمرور القطرات ويمكن ان تركيب البخاخات على عدة صفوف ، اربعة صفوف مثلا كما مرفى الشكل المبين .  
وتستعمل هذه المرطبة لتبريد الهواء اول لتفقيته من البخار .

الشكل التالي يبين توصيل انابيب الماء بين حوض تجميع الماء  
في غسالة الهواء والبخاخات ويتضح في الشكل مضخة تدوير الماء  
ومصفيات الماء ، وطريقة وصل الدارة مع مبرد الماء •



الشكل التالي يبين غسالة هواء مع مضخة تدوير الماء وتوصيلاتها  
الخارجية





## ( الفصل الرابع عشر ) -

### تكييف الهواء

#### ١٤ - ١ - تعريف وهدف تكييف الهواء :

~~~~~

التكييف بشكل عام هو اصلاح الهواء للحصول على درجة الحرارة والرطوبة المطلوبة ، وعلى نظافة وسرعة جريان هواء مناسبة. ان الاهتمام باصلاح الهواء هو احد الاسس الرئيسية لزيادة المستوى الحياتي والثقافي الى الناس، كما انه عامل فعال في زيادة الانتاج الصناعي للطبقة العاملة وتحسين نوعية المنتج .

تقسم هندسة التكييف الى قسمين :

- أ - تكييف لأجل راحة الانسان .
- ب - تكييف لأجل الصناعة (لراحة الآلات) .

ومهمة التكييف الصناعي تأمين الجو المناسب لزيادة وتحسين الانتاج ، والحفاظ على مردود جيد لآلات الانتاج مثل صناعة التبغ ، صناعة الورق ، صناعة الغزل والنسيج ، وغيرها ، وتستعمل لذلك المرطبات بقصد تبريد وترطيب الهواء ، كما تستخدم الآلات

التبريد التي تعمل على وسيط التبريد مثل غاز النشادر أو الفريون بأنواعه ، عندما يكون هناك حاجة للتبريد الى درجات حرارة لا يمكن تأمينها عن طريق تبريد الهواء بالترطيب .

١٤ - ٢ - الهواء الرطب :

هو الهواء العادي الذي يحتوى على بخار الماء ، وبشكل اساسي اخذت الوحدة هي المتر المكعب هواء . هذه الوحدة لم تكن عملية لأن كتلة المتر المكعب من الهواء تتغير مع تغير درجة الحرارة .

وفي سنة - 1911 (Carrier) كارير الامريكية اخذت الوحدة التالية :

كمية الهواء الرطب التي تحتويها وحدة الكتلة للهواء الجاف (أى الكمية منسوبة الى واحد كيلو غرام من الهواء الجاف) .
وفي البلاد التي تستعمل الوحدات المترية ، وحدة الهواء الرطب تكون كمية الهواء الرطب ضمن واحد كيلو غرام من الهواء الجاف .

١٤ - ٢ - ١ - الرموز التي تحدد رطوبة الهواء :

١ - نسبة الرطوبة (w) : عبارة عن النسبة بين كتلة بخار الماء وكتلة الهواء الجاف لعينة من الهواء الرطب :

$$w = \frac{m_w}{m_a} = \frac{M_w}{M_a}$$

- حيث m_w تدفق بخار الماء (Kg/s)
- m_a تدفق الهواء الجاف (Kg/s)
- M_w كمية بخار الماء في عينة من الهواء الرطب (Kg)
- M_a كمية الهواء الجاف في نفس العينة (Kg)

٢- الرطوبة النوعية (q) : عبارة عن النسبة بين بخار الماء والكتلة الكلية للهواء الرطب في عينة من الهواء الرطب

$$q = \frac{M_w}{M_a + M_w} = \frac{w}{1 + w}$$

حيث ($M_w/M_a = w$) و ($M_a = 1 \text{ Kg dry air}$)

٣- كثافة الهواء الرطب (ρ) : عبارة عن النسبة بين الكتلة الكلية للهواء الرطب والحجم الكلي للهواء الرطب

$$\rho = \frac{M_a + M_w}{V}$$

١٤-٢-٢ الرموز التي تحدد رطوبة الهواء في حالة الاشباع :

- ١- نسبة الرطوبة المشبعة (w_s) : عبارة عن نسبة الرطوبة للهواء الرطب المشبع عندما يكون بحالة الاشباع ببخار الماء عند درجة الحرارة (t) الضغط (p)

٢- درجة الاشباع (μ) : عبارة عن النسبة بين نسبة الرطوبة (w)

للـهـواء الرطب الى نسبة الرطوبة المشبعة (w_s) للهـواء الرطب المشبع عند نفس درجة الحرارة والضغط

$$\mu = \frac{w}{w_s} \Big| (t, P)$$

٣ - الرطوبة النسبية ϕ : عبارة عن النسبة بين اجزاء مولات بخار الماء X_w (Mole Fraction) في عينة من الهـواء الرطب الى اجزاء مولات بخار الماء X_{ws} لنفس العينة ، عندما يكون الهـواء في حالة الاشباع وعند نفس درجة الحرارة والضغط .

$$\phi = \frac{X_w}{X_{ws}} \Big| (t, P)$$

٤ - درجة حرارة نقطة الندى . وتساوى الى درجة حرارة الهـواء الرطب عند خفض درجة حرارتهم بثبات الضغط الى ان يصل الى درجة الاشباع .

٥ - درجة الحرارة الرطبة (t_w) وتساوى الى درجة الحرارة التي يعطيها ميزان حرارة محاط خزانة بقماش مبلل بالماء عندما يصبح بحالة التوازن الحرارى مع الوسط المحيط ، مع سرعة جريان هـواء حوالي (4 m/s) .

٦ - درجة الحرارة الرطبة التيرموديناميكية (t_w^*) وتساوى درجة حرارة الماء بحالة التبخر ضمن الهـواء الرطب الذى يصل الى حالة الاشباع .

١٤ - ٢ - ٣ - قوانين الهواء الرطب وعلاقتها بقوانين الغازات المثالية :

يتبع الهواء الرطب في درجة الحرارة العادية لقوانين الغازات المثالية • وكل من بخار الماء والهواء الجاف يتبع المعادلة العامة للغازات :

$$P_w \cdot V = n_w \cdot R \cdot T \quad \text{بخار الماء}$$

$$P_a \cdot V = n_a \cdot R \cdot T \quad \text{الهواء الجاف}$$

حيث P_w الضغط الجزئي لبخار الماء •

P_a الضغط الجزئي للهواء الجاف •

V الحجم الكلي لبخار الماء والهواء الجاف عند الضغط (P) •

n_w عدد المولات لبخار الماء •

n_a عدد المولات للهواء الجاف •

R ثابت الغازات العام $(8315 \text{ J / K mol } ^\circ\text{K})$ •

T درجة الحرارة المطلقة •

كما ان خليط بخار الماء والهواء الجاف يتبع للمعادلة التالية :

$$(P_w + P_a) \cdot V = (n_w + n_a) \cdot R \cdot T$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

حيث :

$$P = (P_w + P_a) \quad \text{الضغط الكلي للخليط}$$

العدد الكلي لمولات الخليط $n = (n_w + n_a)$

وبذلك تساوى نسبة المولات (Mole Fraction) للهواء الجاف (X_a) :

$$X_a = \frac{n_a}{n} = \frac{\frac{P_a V}{R T}}{\frac{P V}{R T}} = \frac{P_a}{P} = \frac{P_a}{P_a + P_w}$$

ونسبة المولات (Mole Fraction) لبخار الماء (X_w)

$$X_w = \frac{n_w}{n} = \frac{\frac{P_w V}{R T}}{\frac{P V}{R T}} = \frac{P_w}{P} = \frac{P_w}{P_a + P_w}$$

وبحسب تعريف نسبة الرطوبة يمكن ان نكتب نسبة الرطوبة بالنسبة لواحد كيلو غرام من الهواء الجاف كما يلي :

$$w = \frac{M_w}{M_a} = \frac{P_w}{R_w \cdot T} \times \frac{R_a \cdot T}{P_a}$$

$$= \frac{R_a}{R_w} \times \frac{P_w}{P_a}$$

$$= \frac{287}{461} \times \frac{P_w}{P_a} = 0,622 \times \frac{P_w}{P_a}$$

$$= ٢٤١$$

$$w = 0,622 \times \frac{P_w}{P - P_w}$$

$$w = 0,622 \times \frac{X_w}{X_a}$$

حيث ($R_a = 287 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{K}$) للهواء الجاف و ($R_w = 461 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{K}$) لبخار الماء .

وان نسبة الرطوبة المشبعة (w_s) تساوى :

$$w_s = 0,622 \times \frac{P_{ws}}{P - P_{ws}}$$

حيث (P_{ws}) يمثل الضغط الاشباعي لبخار الماء عند درجة الحرارة (t) .

والرطوبة النسبية ϕ تساوى :

$$\phi = \frac{X_w}{X_{ws}} \Big|_{(t, P)} = \frac{P_w}{P_{ws}} \Big|_{(t, P)}$$

ويكون الحجم النوعي للهواء الرطب (v) مساويا لحجم كتلة من الهواء تساوى [($1 + M_w$) Kg] حيث تعتبر كمية الهواء الرطب الذي فيه كمية الهواء الجاف مساوية لواحد كيلو غرام و (M_w) كتلة البخار الموجودة في الهواء الرطب .
وبذلك يساوى الحجم النوعي :

$$v = \frac{V}{M_a} = \frac{R_a \cdot T}{P_a}$$

حيث (v) الحجم الكلي للهواء الرطب

(M_a و P_a و R_a) الكتلة والضغط وثابت الغازات
التابعة للهواء الجاف •

وانتالبي النوعية للهواء الرطب تساوي مجموع انتالبي الخليط للهواء
الجاف وبخار الماء :

$$h = h_a + w h_w \quad (\text{KJ/Kg dry air})$$

حيث h_a الانتالبي النوعية للهواء الجاف (KJ/Kg d.a.) •

h_w الانتالبي النوعية لبخار الماء (KJ / Kg) •

w نسبة الرطوبة (Kg / Kg dry air) •

ويمكن اعتماد العلاقة التالية لحساب الانتالبي النوعية للهواء الرطب

$$h = (1,007 t - 0,026) + w (2501 + 1,84 t)$$

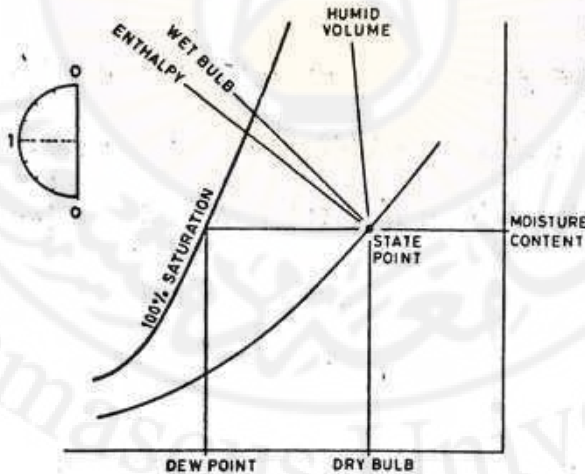
والتي تنطبق ضمن المجال من (0 °C) الى (60 °C) •

١٤-٣- مخططات الهواء الرطب (المخطط السايكر ومترى) :

يستعمل مخطط الهواء الرطب لتعيين التحولات التي تحدث للهواء تحت ضغط ثابت • وسنشرح فيما يلي المخطط السايكر ومترى الشائع لعمال تكييف الهواء :

١٤-٣-١- المخطط السايكر ومترى : Psychrometric Chart :

وهو مبين بالشكل التالي حيث تمثل درجة الحرارة الجافة على المحور الافقي وكمية الرطوبة على المحور العمودي :



ويوضح الشكل اتجاه الخطوط لكل من درجة الحرارة الرطبة والحجم

النوعي وكمية الحرارة الكلية الانتالبي (علما ان الانتالبي اعتبرت
صفر عند درجة حرارة صفر مئوية) والمحنيات التي تمثل الرطوبة
النسبية للهواء .

ويكتب على كل مخطط الضغط المعتمد لرسمه

كما موضح المنقطة التي تمكن من تحديد خط نسبة الغرفة .

Room Ratio Line (R.R.L.)

وميل خط نسبة الغرفة يحدد من النسبة بين كمية الريح الحرارى

المحسوس والريح الحرارى الكلي .

أى :

$$\text{ميل الخط} = \frac{\text{الريح الحرارى المحسوس}}{\text{الريح الحرارى الكلي}} = \tan \theta$$

حيث الريح الحرارى الكلي = الريح الحرارى المحسوس + الريح

الحرارى الكامن .

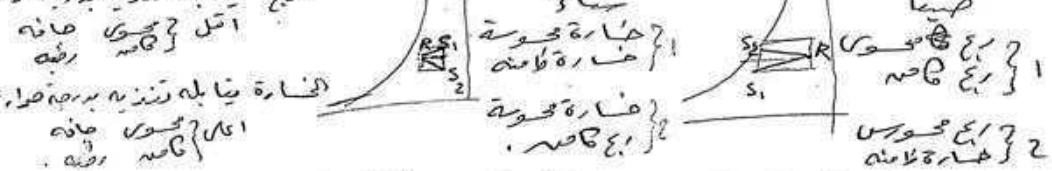
ويرسم خط نسبة الغرفة بين النقطة (S) التي تمثل هواء

التغذية الداخل للغرفة وبين النقطة (R) التي تمثل شروط الغرفة

اوشروط الهواء الخارج من الغرفة . ويمكن ان تكون النقطتين (S)

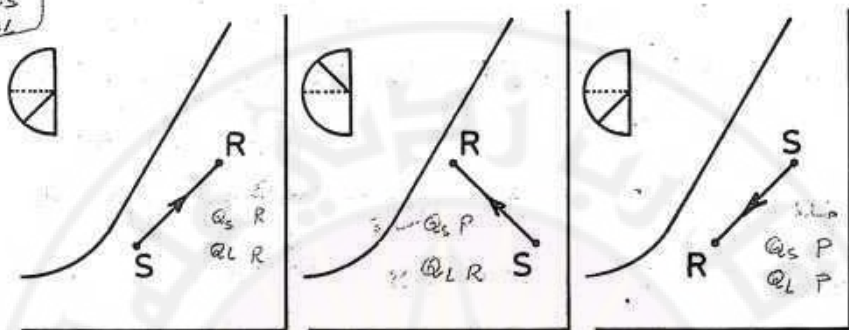
و (R) في أى مكان على المخطط . وتستعمل عادة طريقة زلق

المثلثات لرسم هذا الخط على المخطط بعد ان يصار الى



تحديده على المنقلة المبينة في أعلى المخطط الساير ومترى

كما هو مبين على الأشكال التالية :



(a)

(b)

(c)

(d)

١- أ- إذا كانت كل من الحرارة المحسوسة والكامنة ربح فيكون ميل الخط

كما مبين على الشكل (a) .

٢- ب- أما إذا كانت الحرارة الكامنة ربح والحرارة المحسوسة ضياع

فعتها يرسم الخط بالشكل المبين على الشكل (b) .

٣- ج- وإذا كانت كل من الحرارة المحسوسة والكامنة ضياع فانه يرسم

الخط في هذه الحالة كما مبين على الشكل (c) .

٤- د- إذا كانت الحرارة المحسوسة ربح والحرارة الكامنة ضياع فانه يرسم الخط في هذه الحالة (d) .

١٤- ٣- ٢- الأجراء الحرارية على المخطط الساير ومترى :

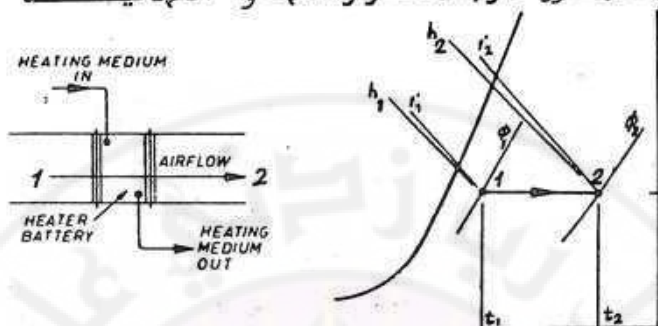
آ- التسخين المحسوس :

=====

يحدث هذا النوع من التسخين عندما يتدفق الهواء عبر

وشية التسخين والشروط الوحيدة هوان درجة حرارة الوشية

- يجب ان تتجاوز درجة حرارة الهواء النهائية



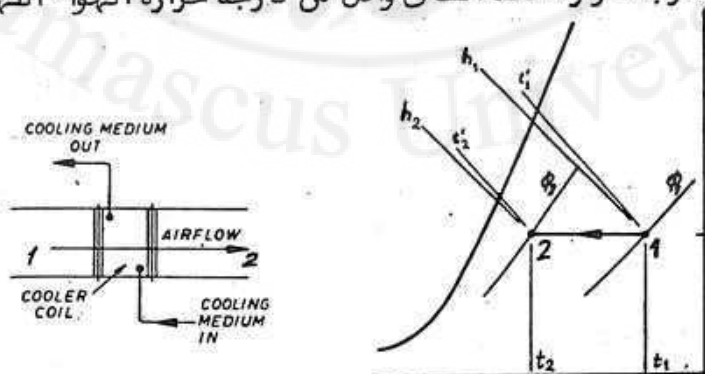
يحدث هذا النوع من التسخين عند كمية رطوبة ثابتة وبلا حظ ارتفاع درجة حرارة الهواء الجافة وزيادة كمية الحرارة ، اما الرطوبة النسبية فتتقص وتبقى درجة حرارة الندى ثابتة •

ب- التبريد المحسوس :

=====

يحدث هذا النوع من التبريد عندما يتدفق الهواء عبر وشيعة تبريد وبشترط في هذا النوع ان لا تهبط درجة حرارة الهواء الى درجة حرارة نقطة الندى الموافقة له كي لا يحدث اى تكاثف ببخار الماء المحمول بالهواء •

ويمكن تأمين ذلك اذا كانت درجة حرارة سطح وشيعة التبريد اعلى من درجة حرارة نقطة الندى واقل من درجة حرارة الهواء النهائية



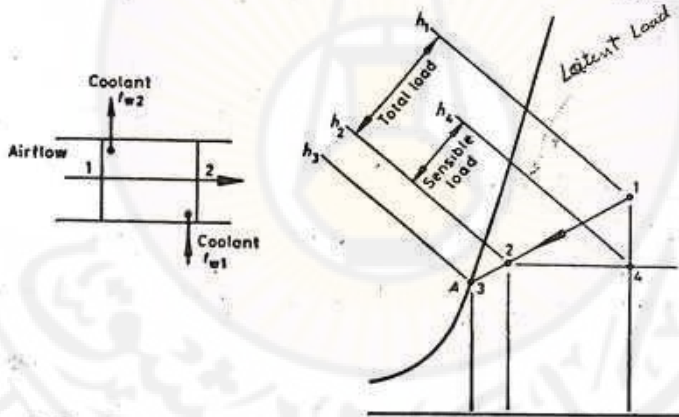
يحدث هذا النوع من التبريد عند كمية رطوبة ثابتة وبلا حظ انخفاض درجة حرارة الهواء الجاف ونقص كمية الحرارة اما الرطوبة النسبية فتزداد وتبقى درجة حرارة نقطة الندى ثابتة .

جـ- التبريد مع ازالة الرطوبة من الهواء :

=====

وهي عملية تبريد الهواء الى درجة حرارة اقل من درجة حرارة

نقطة الندى



يتم ذلك بامرار الهواء الرطب عبر وشيعة تبريد حرارتها اخفض من درجة حرارة نقطة الندى للهواء الرطب فيحدث التكاثف وتهبط درجة حرارة الهواء الناتج . ويعبر عن مردود وشيعة التبريد

بفا يلي :

Contact Factor : $C.F. = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_3} =$ عامل التلامس

By-Pass Factor: $B.F. = 1 - C.F. = \frac{h_2 - h_3}{h_1 - h_3} =$ عامل التحويل

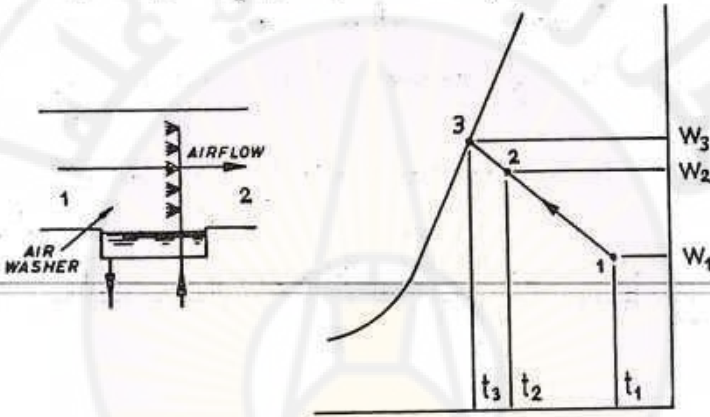
مكتبة بالترتيب

د - الترطيب :

=====

ويتم باضافة كمية من الرطوبة الى الهواء ، ويضاف الماء عادة

في جهاز الترطيب او في مجرى الهواء او في الغرفة المكيفة .



$$\eta = \frac{W_2 - W_1}{W_3 - W_1}$$

وتقاس فعالية الترطيب بالنسبة :

وتعمل المرطبة بحسب درجة حرارة الماء المستعمل فيها

بعدة حالات :

١ - الترطيب الاديائي :

=====

للحصول على ترطيب اديائي يجب تحقيق ما يلي :

آ - يعاد استعمال ماء الترطيب كلياً مع عدم وجود تبادل حراري

في انابيب الماء او في حوض المرطبة .

٢ - غرفة الترطيب والحوض والانابيب بحالة عزل تام .

٣ - درجة حرارة الماء المضاف الى الحوض للتعويض عن الماء المتبخر

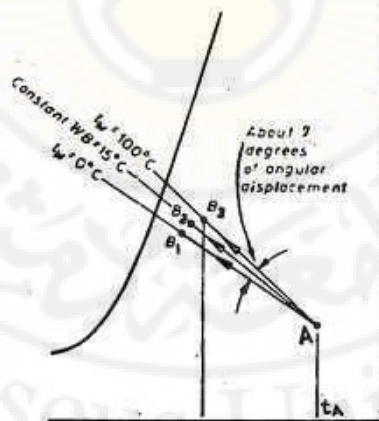
• هي درجة حرارة الاشباع الاديائية

وفي هذه الحالة يمكن ان تتبع العملية خط الانتالبي الثابتة
ويلاحظ انه في درجات الحرارة المستعملة في تكييف الهواء ، فان
اجراء الترطيب يمر على خط درجة الحرارة الرطبة باعتبار ان درجة
الحرارة الرطبة تساوي درجة حرارة الاشباع الاديائية •

٢- الترطيب بماء ذي درجات حرارة مختلفة :
=====

يتم بخ الماء في مجرى الهواء ونلاحظ ان الاجراء على المخطط
السايكرومترى يتم بحسب درجة حرارة الماء •

عند درجة 100°C
 $h_w = 419 \text{ KJ/kg}$



للتبريد 3.5 KW = 17031
 $\frac{3.5 \times 3600}{2430} = 5.18 \text{ Kg ماء}$
 $t'' - t' = 2430 \text{ KJ/kg}$
صحة عند 30°C للتبريد

١- اذا حقن الماء عند درجة حرارة مقدارها ($t = 0^\circ\text{C}$) عندئذ يكون

• (AB_1) خط حرارة كلية ثابتة (انتالبي ثابت)

٢- اذا حقن الماء عند درجة الحرارة الرطبة للهواء أى ($t = t_{w.B}$)

عندئذ تتبع العملية الخط (AB_2) •

٣- اذا حقن الماء عند درجة حرارة قدرها ($t = 100^\circ\text{C}$) وتبخر الماء

بكامله فعندئذ تتبع العملية الخط AB_3 ويتوقف اقتراب النقطة B من خط الاشباع على كمية الماء المحقون في تيار الهواء وبالتالي مردود المرطبة •

ويمكن تحديد النقطة B من معادلات التوازن التالية :

$$h_B = h_A + h_w \quad \text{لكمية الحرارة}$$

$$m_B = m_A + m_w \quad \text{لكتلة الماء والهواء}$$

$$w_B = w_A + \frac{m_w}{m_a} \quad \text{لكمية الرطوبة}$$

حيث m_w كمية الماء المتبخر •

٣- الترطيب باستعمال البخار :

=====

كما في حالة الحقن بالماء من الممكن كتابة علاقات التوازن

عند الحقن بالبخار :

اذا حقن ($m_s \text{ Kg/s}$) من البخار المشبع في تيارهواء

يتدفق بمعدل ($m_a \text{ Kg/s}$) •

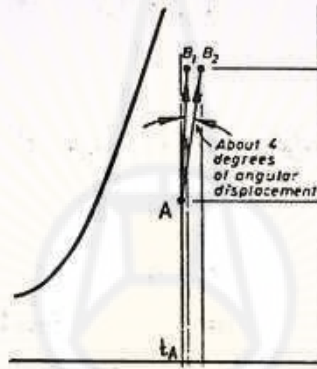
يمكن ان نكتب :

$$W_B = W_A + \frac{m_s}{m_a}$$

$$h_B = h_A + h_s$$

عند درجة حرارة 100°C

$$h_w = 2676 \text{ kJ/kg Steam}$$



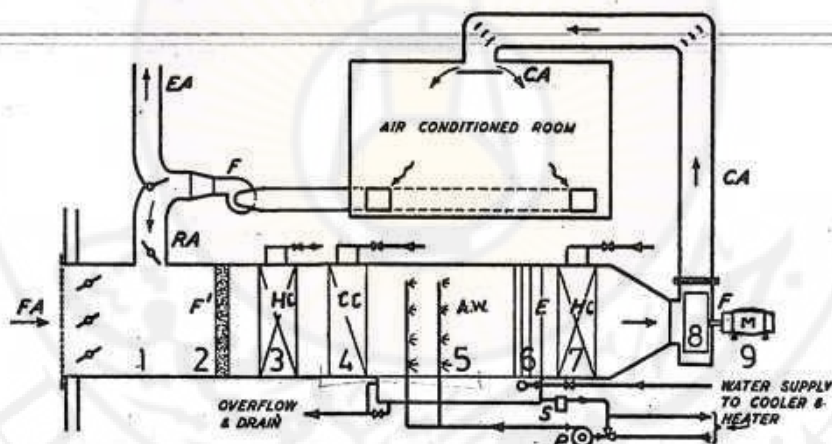
إذا عرفنا حالة الهواء الرطب الأصلية (A) وحالة البخار عندئذ من الممكن إيجاد حالة الهواء الناتج شريطة ان لا يتكاثف شيء من البخار المحقون • ويحدث التغير من (A) إلى (B1) عند خط درجة حرارة جافة ثابت تقريبا •

أما إذا كان البخار زائد التسخين فعندها ترتفع درجة حرارة الهواء الناتج قليلا ويتوقف ذلك على درجة حرارة زيادة تسخين البخار المستعمل ويحدث التغير من (A) إلى (B2) •

٤ - ١ - مجموعات ارسال الهواء المكيف : A.H.U. Air Handling Units:

لا تختلف مجموعة ارسال الهواء المكيف عن مجموعة التهوية الا بأنها تحتوى على اجهزة اضافية لتبريد الهواء وترطيه بالإضافة الى اجهزة التحكم المختلفة لتأمين الشروط المطلوبة . كما تشمل، كما في مجموعة التهوية اجهزة مصافي الهواء ووشائع التسخين والمروحة وشبكة توزيع الهواء (المجارى) وفوهات الهواء .

الشكل يبين مجموعة ارسال هوا نموذجية



الاقسام الرئيسية للمجموعة :

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| ١ - صندوق المزج | ٢ - مصافي الهواء |
| ٣ - وشيعة التسخين الاولى | ٤ - وشيعة التبريد |
| ٥ - المرطبة | ٦ - مانعة مرور قطرات الماء |
| ٧ - وشيعة التسخين النهائية | ٨ - المروحة |
| ٩ - المحرك الكهربائي | |

١ - صندوق المزج :

=====

ويتم فيه مزج الهواء الجديد مع الهواء المعاد ويوجد شفرات على مداخل صندوق المزج مركبة بصورة متعكسة وموصولة مع بعضها بحيث ان زيادة فتحة احد المدخلين يؤدى الى انقاص فتحة المدخل الثاني وذلك لعيار نسبة المزج وان اعادة استعمال الهواء المعاد من المكان المكيف يتم لخاية اقتصاديية .

٢ - مصافي الهواء :

=====

تركب مصافي الهواء عادة بعد صندوق المزج وتكون على انواع مختلفة بحسب طبيعة التصفية المطلوبة ونوع المكان المكيف . ومنها ما يكون قابل للغسيل او الاستبدال .

٣ - وشيعة التسخين الالوية :

=====

تستعمل هذه الوشيعة لتسخين الهواء في فصل الشتاء قبل ترطيبه واكثر الانواع المستعملة هي مجموعة الانابيب ذات الشفرات الرقيقة .

٤ - وشيعة التبريد :

=====

تستعمل هذه الوشيعة لتبريد الهواء في فصل الصيف وتبريد هذه الوشيعة يتم بوسيط تبريد يمكن ان يكون ماء مبرد من آلة تبريد

أوسائل تبريد وبذلك تقوم وشيعة التبريد هذه مقام مبخرة آلة التبريد وتسمى في هذه الحالة وشيعة تبريد مباشرة •

٥ - المرطبة :

=====

ومهمتها تزيير الماء بشكل جيد ليتمزج بالهواء لترطيه ويمكن استعمال عملية الترطيب لتأمين رطوبة معينة للهواء المكيف أو لتبريد الهواء أو لغسله • ولغاية اقتصادية يعاد استعمال الماء المتساقط الذي لم يتبخر مع الهواء وذلك الى حوض المرطبة وتستعمل مضخة تعمل على تدوير الماء من الحوض الى بخاخات المرطبة وهناك مصدر ماء يحافظ على منسوب ماء محدد في حوض المرطبة •

٦ - مانعة مرور قطرات الماء :

=====

وهي جزء من المرطبة ومهمتها منع مرور قطرات الماء التي قد تبقى عالقة بالهواء و تصنع على شكل صفائح مثنية اكثر من مرة بحيث ان الهواء اثناء مروره في طريق متعرج تتساقط قطرات الماء منه •

٧ - وشيعة التسخين النهائية :

=====

بعد مرور الهواء على المرطبة فان درجة حرارته تنخفض بحسب كمية الرطوبة التي يكتسبها ووظيفة وشيعة التسخين النهائية رفع درجة حرارة الهواء الى درجة الحرارة المطلوبة وعلى هذه الوشيعة يتم التحكم بدرجة حرارة هواء التغذية •

٨ - المروحة :

=====

ومهمتها تحريك الهواء ضمن مجموعة ارسال الهواء وارساله
في شبكة توزيع الهواء وايصاله الى فوهات التغذية والتغلب على جميع
المقاومات الناتجة عن جريان الهواء ضمن مجارى الهواء ومجموعة ارسال
الهواء .

٩ - المحرك الكهربائي :

=====

ويقوم بتدوير المروحة مباشرة بواسطة سيور وبكرات بحيث تدور
المروحة بسرعة دوران محددة .

١٤ - ٥ - حساب كمية الحرارة اللازمة لتسخين او تبريد الهواء :

=====

١٤ - ٥ - ١ - الضياع الحرارى :

مر معنا كيفية حساب الضياع الحرارى للابنية ويمكن ان نضيف
هنا انه يوجد احيانا ربح حرارى كامن من الاشخاص وايضا ضياع
حرارى كامن نتيجة تسرب الهواء يجب ان يؤخذ بعين الاعتبار عند
حساب الضياع الحرارى اللازم لتكييف الهواء .

كما يجب ان يراعى اذا كان هناك ربح حرارى مستمر ناتج عن
الآلات او الانارة او غيرها ، بحيث تنزل من الضياع الحرارى للمكان .

الفاصلة
١٩٧٢
١٩٧٧
دور ٥
٨١

١٤ - ٥ - ٢ - الحمل الحرارى والحمل التبريدى :

لحساب الريح الحرارى لمكان هناك عدة طرق سنذكر منها

الطريقتين التاليتين :

١- يمكن اعتماد الطريقة المشروحة في (ASHRAE - 1972)
حيث يتم حساب الريح الحرارى من السطوح التي لا تسمح بنفوذ اشعة
الشمس من العلاقة التالية :

$$Q = A \times U \times \Delta t_e \quad (W)$$

حيث :

A مساحة السطح (m^2)

U معامل انتقال الحرارة الكلي ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

Δt_e الفرق الكلي لدرجة الحرارة المكافئة اى :

Δt_e : T.E.T.D. Total Equivalent Temperature Difference

وقيمة Δt_e تعطى بجداول خاصة لكل نوع من الجدران او الاسقف
بحيث تأخذ بعين الاعتبار ساعة وشهر التصميم ولون الجدار وعامل
انتقال الحرارة الكلي له وعامل وكثافة الجدار وتوجيه الجدار
ويتوجب عند اخذ مثل هذه القيم من الجداول اجراء التصليحات
اللازمة عليها لتصبح القيمة موافقة للمكان المدروس .

اما السطوح التي تسمح بنفوذ الاشعاع الشمسي من خلالها

فان حساب الريح الحرارى يتم بحسب العلاقة التالية :

$$Q_g = A [S.H.G.F \times S.C. + U_g (t_o - t_r)]$$

حيث :

— A مساحة الزجاج المعتبر . (m^2)

— S.H.G.F هو عامل الريح الحراري الشمسي ويعطى
بجداول خاصة للزجاج العادي سماكة (5 mm) ولجميع خطوط
العرض المطلوبة ولجميع الاوقات ولمختلف الاتجاهات (W / m^2)

— S.C. هو عامل التظليل وتؤخذ قيمته من جداول
خاصة ويتبع لنوع تظليل الزجاج ومواصفاته .

— U_g معامل انتقال الحرارة الكلي للزجاج ($W / m^2 \text{ } ^\circ C$)

— t_o درجة حرارة الهواء الخارجي ($^\circ C$) .

— t_r درجة حرارة الهواء الداخلي للغرفة ($^\circ C$) .

— حمل التبريد :

من معرفة الريح الحراري من خلال الجدران والسقوف
والنوافذ ومن التهوية والفنايع الحرارية ضمن المكان مثل الاضاءة
والاشخاص وغيرها .

يقسم هذا الريح الحراري الى مركبة ريح حراري حملي
ومركبة ريح حراري اشعاعي وذلك طبقا للجدول التالي :

العنصر	الحرارة الحملية % L	الحرارة الاشعاعية % R
جدران وسقوف	40	60
زجاج بدون ستائر	0	100
زجاج مع ستائر	42	58
مصابيح اضاءة عادية	20	80
مصابيح اضاءة فلويسانت	50	50
اشخاص	20	40
تهوية طبيعية	100	0
آلات واجهزة واستعمالات اخرى	80 → 20	20 ← 80

— يتم اعتبار مركبة الحمل للريح الحرارى الآتي على انها حمل تبريد آني

وتحسب بدلالة (Δt_e) °

— يصار الى تخفيض المركبة الاشعاعية للريح الحرارى بسبب وجود عامل

السعة الحرارية التخزيني ويتوقف ذلك على فترة التأخير الزمني وتحسب

بدلالة $(\Delta t_{e \text{ avr}})$

ففي حالة البناء الخفيف نعتبر ان الحمل التبريدى الآتي عبارة عن

متوسط الريح الحرارى الاشعاعي الآتي لفترة (2 أو 3) ساعات تسبق

وتشمل ساعة التصميم °

واذا كان البناء من النوع الثقيل يؤخذ المتوسط لفترة من ستة ساعات

• وحتى ثمانية ساعات تسبق وتشمل ساعة التصميم

— يكون الحمل التبريدى الا نى الاجمالي هو مجموع المركبات الحملية ومتوسط المركبات الاشعاعية •

وبذلك يحسب حمل التبريد الا نى للجدران والسقوف من العلاقة التالية :

$$Q_{cooling} = A \times U [\Delta t_e (L\%) + \Delta t_{e_{avr.}} (R\%)]$$

اما بالنسبة للنوافذ فيحسب حمل التبريد الا نى من العلاقة التالية :

$$Q_{cooling} = A [(S.H.G.F \times L\% + S.H.G.F_{avr.} \times R\%) SC + U_g (t_o - t_r)]$$

اما بالنسبة للانارة العادية او بواسطة الفلوريسانت فيكون حمل التبريد الا نى مساويا الى الريح الحرارى الكلي لها (اذا كانت الاضاءة مستمرة) ، وكذلك حمل التبريد الا نى بالنسبة للتهوية الطبيعية والى الآلات والاجهزة الموجودة داخل المكان المكيف •

اما بالنسبة للاشخاص فان حمل التبريد الا نى يؤخذ 60% من الريح الحرارى للاشخاص •

ب- ويمكن ايضا اعتماد الطريقة المشروحة في (ASHRAE 1977) حيث يتم حساب الريح الحرارى في هذه الطريقة باستعمال فرق درجة الحرارة للحمل التبريدى :

C.L.T.D. : Cooling Load Temperature Difference .

ويحسب الحمل التبريدى الناتج من السطوح التي لا تسمح بنفاذ الاشعة الشمسية من المعادلة :

$$Q = A \times U \times C.L.T.D.$$

وتعطى (C.L.T.D.) في جداول خاصة من اجل الجدران والسقوف وتؤخذ قيمتها بحسب ساعة التصميم ونوعية مواد البناء المستعملة للجدران والسقوف ، وعامل انتقال الحرارة (U) ، وتوجيه الجدران •

ان الجداول محسوبة على اساس خط عرض 40° عندما تكون درجة الحرارة الداخلية ($25,6^\circ\text{C} \equiv 78^\circ\text{F}$) ومعدل تغير درجة الحرارة الخارجية اليومية يساوى ($11,7^\circ\text{C} \equiv 21^\circ\text{F}$) ويجب اجراء التصليحات اللازمة للحصول على الارقام المناسبة للمكان المدروس وذلك باستعمال الملاحظات المذكورة مع الجداول •

كما يحسب الحمل التبريدى الناتج من السطوح التي تسمح بنفاذ اشعة الشمس من المعادلة التالية :

$$Q_g = A \times S.H.G.F. \times S.C. \times C.L.F. + A \times U \times C.L.T.D. \text{ (Max) Corr}$$

حيث : S.H.G.F. : Maximum Solar Heat Gain Factor

الرياح الحرارى الشمسي ، ويؤخذ من جداول خاصة بحسب خط العرض للمكان والشهر والتوجيه للزجاج المعتبر •

Shading Coefficient : S.C.

- معامل التظليل للزجاج ويعتمد على نوع الزجاج وتظليله

Cooling Load Factor : C.L.F.

C.L.F. عامل الحمل التبريدى ونجد قيمته في الجداول بالنسبة

- الى الوقت الشمسي ونوع التظليل ولون وتوجيه الزجاج

C.L.T.D. فرق درجة الحرارة للحمل التبريدى بالحمل للزجاج وتعطى

- في جداول خاصة وتؤخذ بحسب ساعة التصميم

والحمل التبريدى من المصادر الاخرى مثل الانارة -

الاشخاص وغيرها ٠٠٠٠٠ فنحصل عليه بضرب الريح الحرارى

بعامل الحمل التبريدى (C.L.F.) المعطى بجداول

خاصة بالنسبة لمختلف انواع الريح الحرارى المختلفة

- والمذكورة سابقا

١٤-٦ - اختيار شروط درجة الحرارة والرطوبة الداخلية للمكان :

ان الشروط المطلوب تأمينها بواسطة اجهزة تكييف الهواء تتعلق بالدرجة الاولى بالمادة الخام المستعملة وبطريقة الصنع المتبعة والارقام الواجب تحقيقها هي عادة غير معلومة بدقة لدى مهندس تكييف الهواء وينبغي تحديدها من قبل الاختصاصيين العائدين لنوع الصناعة موضوع البحث وغالباً ما يتم ذلك بالاستناد الى خبرة سابقة او الاستناد الى التجربة، الا اننا اردنا اعطاء فكرة عن الموضوع بتلخيص المعطيات اللازمة والعائدة لآنواع مختلفة من الصناعات في الجدول التالي :

المكان	درجة الحرارة الداخلية °C	الرطوبة النسبية %
المطابع :		
مخزن الورق	23 — 20	60 — 50
الطبع العادي	26 — 24	60 — 45
صناعة التبغ :		
خزن التبغ الخام	32	88 — 85
صنع السجائر	24 — 21	65 — 55
التغليف	23	65
معمل النسيج	25 — 20	90 — 50 بحسب نوع النسيج
معمل الشوكولاته	18	60 — 50

ويوجد الكثير من الجداول التي تعطي المواصفات الحرارية المطلوبة بحسب نوع العمل .

١٤- ٧- حساب كمية الهواء اللازم للتكييف :

ان التكيف يتطلب دخول كميات من الهواء مع سحب كميات مساوية لها تقريبا وتتناسب كمية الهواء مع مقدار الحمل الحرارى المطلوب معالجته • ويعالج الهواء الداخل من جهة درجة الحرارة والرطوبة والتصفية وغيرها بحيث يصبح مناسباً لتأمين الحمل الحرارى والراحة المطلوبة • وبحسب الحاجة تحسب كمية الهواء الكلية اللازمة للتهوية وللتكييف وكمية الهواء المعاد والهواء الجديد بأحدى الطرق التالية :

- ١- من معرفة الريح الحرارى المحسوس للمكان المراد تكييفه.
- ٢- من معرفة الضياع الحرارى المحسوس للمكان المراد تكييفه.
- ٣- من معرفة نسبة الرطوبة المطلوبة في المكان المكيف .
- ٤- حساب كمية الهواء الجديد وكمية الهواء المعاد

١٤-٧-١ - حساب كمية الهواء اللازم من معرفة الريح الحساسة المحسوس للمكان:

تحتسب كمية الهواء اللازم للتنقية أو للتكييف من العلاقة التالية :

$$M_v = \frac{Q}{\rho C (t_r - t_s)} \quad (m^3/s)$$

$$\dot{M} = \frac{Q}{C (t_r - t_s)} \quad (\text{Kg/s})$$

378

- حيث : M_v كمية الهواء اللازم (m^3 / s)
 M كمية الهواء اللازم (Kg / s)
 ρ الكتلة النوعية للهواء عند درجة حرارة الدخول
 (Kg / m^3)
 C الحرارة النوعية للهواء الرطب عند درجة حرارة
 الدخول ($J / Kg \text{ } ^\circ C$)
 t_s درجة حرارة هواء الدخول ($^\circ C$)
 t_r درجة حرارة هواء الغرفة ($^\circ C$)
 Q الريح الحرارى المحسوس للمكان (W)

والحرارة النوعية للهواء الرطب تختلف عن الحرارة النوعية للهواء الجاف عند نفس درجة الحرارة . فاذا فرضنا (1 Kg) من الهواء الجاف يحتوى على نسبة رطوبة [$m \text{ (Kg / Kg dry air)}$] بدرجة حرارة (t_s) يستعمل للحفاظ على درجة حرارة داخلية للغرفة تساوى (t_r) مع وجود ربح حرارى محسوس [$Q_s \text{ (W)}$] فان معادلة التوازن الحرارى تكتب بالشكل :

$$Q_s = M \times 1012 (t_r - t_s) + m \times 1890 (t_r - t_s)$$

حيث (1012) الحرارة النوعية للهواء الجاف عند ضغط ثابت
 ($J / Kg \text{ } ^\circ C$)
 (1890) الحرارة النوعية لبخار الماء عند ضغط ثابت
 ($J / Kg \text{ } ^\circ C$)

ومنه

$$Q_s = (M \ 1012 + m \ 1890) (t_r - t_s)$$

وعندما ($M_i = 1 \text{ Kg}$) يكون الحد :

($1012 + m 1890$) ممثلا

- للحرارة النوعية للهواء الرطب لوحد كيلو غرام من الهواء الجاف
- وإذا كانت كمية الرطوبة m صغيرة فان مقدار التغير بقيمة الحرارة النوعية للهواء الرطب عنها للهواء الجاف يكون صغيرا واحيانا مهملًا

١٤ - ٧ - ٢ - حساب كمية الهواء الكلية من معرفة الضياع الحراري المحسوس للمكان :

تحتسب كمية الهواء اللازم للتهوية او للتكييف من العلاقة التالية :

$$M_v = \frac{Q}{\rho C (t_s - t_r)} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$M = \frac{Q}{C (t_s - t_r)} \quad (\text{Kg/s})$$

- حيث استعملت نفس الرموز المشروحة بالفقرة السابقة
- يمكن اخذ درجة حرارة التغذية :

• في المعامل $t_s = 40^\circ\text{C} \div 60^\circ\text{C}$

• لاغراض الراحة $t_s = 30^\circ\text{C} \div 45^\circ\text{C}$

١٤-٧-٣ - حساب كمية الهواء الكلية من معرفة نسبة الرطوبة المطلوبة في المكان :

تحتسب كمية الهواء اللازم لزالة كمية من الرطوبة مقدارها $m \text{ (Kg / s)}$ من المعادلة التالية :

$$M_v = \frac{m}{\rho (w_r - w_s)} \quad (\text{m}^3 / \text{s})$$

حيث ρ الكتلة النوعية للهواء عند درجة حرارة الدخول
(Kg / m^3)

w_r نسبة الرطوبة في الهواء داخل المكان المكيف
($\text{Kg} / \text{Kg dry air}$)

w_s نسبة الرطوبة في هواء التغذية الداخل الى المكان
المكيف ($\text{Kg} / \text{Kg dry air}$)

M_v حجم هواء الدخول عند درجة حرارة هواء التغذية
(m^3 / s)

ويمكن حساب كمية الهواء (M_v) من معرفة الريح الحرارى الكامن للمكان وذلك من المعادلة :

$$M_v = \frac{Q_L}{h_{fg}} \times \frac{1}{\rho (w_r - w_s)} = \frac{m}{\rho (w_r - w_s)}$$

حيث Q_L الريح الحرارى الكامن للمكان (KW)

h_{fg} الحرارة الكامنة اللازمة لتبخير واحد Kg من بخار الماء
(KJ / Kg)

$$\text{و } m \text{ تساوى } \left(\frac{Q_L}{h_{fg}} \right) \cdot ($$

١٤ - ٧ - ٤ - حساب كمية الهواء الجديد وكمية الهواء المعاد :

من الفقرات السابقة يمكن تحديد كمية الهواء الكلي اللازم لمعالجة الريح او الضياع الحرارى للمكان • ومن علاقة التوازن التالية :

$$\text{كمية الهواء الكلي} = \text{كمية الهواء الجديد} + \text{كمية الهواء المعاد}$$

يمكن حساب كمية الهواء الجديد والمعاد وغالبا ما تكون كمية الهواء المطرود مساوية لكمية الهواء الجديد اذا لم يكن هناك ضرورة في زيادة او نقصان الضغط داخل الصالة المكيفة •

وتحسب كمية الهواء الجديد بحسب حاجة الاشخاص أو لضرورة التهوية ضمن المكان المكيف كما مر معنا سابقا في الفصل الحادى عشر •

١٤ - ٨ - التكييف بترطيب الهواء وحساب كمية الهواء اللازم لذلك :

ان عملية الترطيب التي يفتج عنها تبريد الهواء يمكن استخدامها في التكييف الصناعي ويمكن اتباع الخطوات التالية في اجراء الحسابات :

١ - تحديد الرشح الحرارى للمكان بحسب الطرق العادية المعروفة
• (Q_r)

٢ - تحديد اجراء الترطيب على المخطط الساكرومترى من معرفة درجة حرارة الماء المستعمل للترطيب • واستعمال هواء جديد خارجي فقط •

٣ - تحديد مردود الرطوبة المستعملة •

من الفقرتين (٢ و ٣) السابقتين يمكن تحديد درجة حرارة التغذية للهواء (t_s) •

يمكن حساب كمية هواء التغذية اللازم من العلاقة التالية :

$$M_v = \frac{Q}{\rho C (t_r - t_s)}$$

حيث M_v كمية هواء التغذية اللازم (m^3/s)

Q الرشح الحرارى الكلي للمكان (W)

ρ كثافة الهواء (Kg/s)

C الحرارة النوعية للهواء ($J/Kg \text{ } ^\circ C$)

t_r درجة الحرارة الداخلية للمكان ويتم اختيارها بحسب شروط العمل ($^{\circ}\text{C}$) .

t_s درجة حرارة هواء التغذية ونحصل عليها من المخطط الساير ومترى ($^{\circ}\text{C}$) .

ويلاحظ ان كمية الهواء (M_v) تزداد مع نقصان الفرق بين (t_r و t_s) وتنقص بزيادة هذا الفرق ، وبذلك يمكن ان يتم اختيار درجة الحرارة الداخلية (t_r) بحيث نؤ من الحصول الاقصادى الذى يربط بين كلفة التأسيسات ودرجة حرارة المكان المكيف .

ويلاحظ ان الفرق بين درجة الحرارة الخارجية (t_o) ودرجة حرارة التغذية (t_s) التى نحصل عليها يتعلق بالجو الخارجى وبالرطوبة النسبية فيه ، ففي المناطق الصحراوية ، حيث نسبة الرطوبة المنخفضة ، نحصل على فرق كبير بين (t_o و t_s) وعلى العكس فى المناطق الساحلية ، حيث نسبة الرطوبة المرتفعة ، نحصل على فرق صغير بين (t_o و t_s) وتصبح بالتالى طريقة التبريد بالترطيب غير مجدية اقتصاديا ولا ينصح باستعمالها .

ـ (الفصل الخامس عشر) ـ

التحكم الآلي في مجموعات التدفئة والتهوية

ان الاستطاعة التصميمية بصورة عامة لأى جهاز في مجموعة التدفئة لا توافق الحمل الحرارى المطلوب بشكل دائم • فالاحمال الحرارية متغيرة بصورة مستمرة و تتبع لتغير درجة الحرارة الخارجية وقد حسبت مجموعات التدفئة لحالة استقرار حرارى يوافق درجة حرارة داخلية مناسبة عندما تكون درجة الحرارة الخارجية مساوية الى درجة التصميم الخارجية المعتمدة ، واذا تركت مجموعة التدفئة تعمل بدون تحكم فان الاستطاعة المتوفرة سوف تزيد عن الحمل الحرارى المطلوب في غالبية ساعات التشغيل نتيجة ارتفاع درجة الحرارة الخارجية عن الحد الادنى المعتمد • وحرصا على اقتصادية عمل مجموعة التدفئة يركب عليها اجهزة تحكم لتحافظ على اعطاء كمية الحرارة المطلوبة دون زيادة •

١٥ - ١ ـ مجموعة التدفئة باستعمال الماء الساخن :

في مجموعة التدفئة على الماء الساخن يمكن تغيير كمية البث الحرارى من المبادلات الحرارية بتغيير درجة حرارة الماء الخارج من المرجل وهذا يغير مباشرة درجة الحرارة الوسطية

للمبادل الحرارى والتي تؤثر بدورها على تغيير البث الحرارى منه ولتخفيض مقدار البث الحرارى ، تخفض اذاً درجة حرارة الماء الخارج من المرجل. وذلك بالتحكم بتخفيض كمية الحرارة المقدمة للمرجل عن طريق :

تغيير كمية الهواء اللازم للاحتراق في المراجل التي تستعمل الوقود الصلب ، أو تغيير كمية الوقود السائل وتنظيم كميته ، او بالتحكم بفترة تشغيل حراق المازوت *

كما يمكن المحافظة على درجة حرارة ثابتة عند الخروج من المرجل ثم تغيير درجة حرارة الماء الداخل الى المبادل الحرارى بمزج جزء من الماء الراجع مع الماء الذاهب للحصول على درجة حرارة مزيج متغيره حسب الطلب *

ويمكن ايضا تعديل كمية البث الحرارى في المبادل الحرارى بتغيير كمية وسيط التسخين المار به . تحدد درجة حرارة الماء الساخن الخارج من المرجل بحسب الحمل الحرارى اللازم ضمن المكان المدفأ والذي يحدد بدلالة درجة الحرارة الخارجية *

في الحالة المستقرة حراريا يمكن ان نكتب علاقة الحمل الحرارى للبناء بالشكل التالي :

$$Q = (\sum U A + C_p \dot{m} V) (t_i - t_o) \dots \dots \dots (1)$$

وكمية الحرارة التي يعطيها المبادل الحرارى :

$$Q = \dot{U} \bar{A} \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_i \right)^N \dots \dots \dots (2)$$

وكمية الحرارة التي يخسرها وسيط التسخين (الماء)

$$Q = M \bar{C} (t_1 - t_2) \dots \dots \dots (3)$$

حيث :

$(\sum UA + C_{\text{fan}} V)$ تعتمد على مواصفات البناء •

$\bar{U}$ و n تعتمد على مواصفات المبادل الحرارى •

$\bar{C}$ تعتمد على مواصفات وسيط التسخين •

t_1 درجة حرارة الدخول للمبادل الحرارى والتي

نعتبرها مساوية لدرجة حرارة الماء الخارج

من المرجل (°C) ، (بأهمال الضياع الحرارى

من الانابيب) •

t_2 درجة حرارة الماء الخارج من المبادل الحرارى

(°C)

t_i درجة الحرارة الداخلية للبناء (°C)

t_o درجة الحرارة الخارجية (°C)

M كمية تدفق وسيط التسخين (الماء) ضمن

المبادل الحرارى (Kg/s)

Q الحمل الحرارى بالوات (W)

في المجموعة التي تعتمد على الجريان القسرى (مع مضخة

تسريع) يمكن اعتبار التدفق M ثابت ولا يعتمد على التغير في درجة

الحرارة t_1 و t_2 للماء الذاهب والراجع (ويمكن في هذه الحالة

اهمال تأثير الدارة التفاضلية) •

وباعتبار ان الحالة الحرارية مستقرة فان العلاقات الثلاثة السابقة متساوية فاذا حسبت مجموعة التدفئة لدرجة حرارة خارجية (t_{o1}) فان درجة حرارة الماء الداخل الى المبادل الحرارى ستكون (t_{i1}) ودرجة حرارة الماء الخارج من المبادل الحرارى (t_{21}) ، يمكن بذلك كتابة مجموعتين من العلاقات :

$$Q_1 = (\Sigma UA + C_p \dot{m} V) (t_i - t_o) = \bar{U} \bar{A} \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_i \right)^n = \\ = M \bar{C} (t_1 - t_2) \dots\dots (4)$$

$$Q_2 = (\Sigma UA + C_p \dot{m} V) (t_{i1} - t_{o1}) = \bar{U} \bar{A} \left(\frac{t_{i1} + t_{21}}{2} - t_{i1} \right)^n = \\ = M \bar{C} (t_{i1} - t_{21}) \dots\dots (5)$$

بتقسيم العلاقة (4) على العلاقة (5) نحصل على :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{t_i - t_o}{t_{i1} - t_{o1}} = \left(\frac{\frac{t_1 + t_2}{2} - t_i}{\frac{t_{i1} + t_{21}}{2} - t_{i1}} \right)^n = \frac{t_1 - t_2}{t_{i1} - t_{21}} \dots\dots (6)$$

يمكن كتابة العلاقة (6) على الشكل التالي :

$$t_1 + t_2 = 2 t_i + (t_{i1} + t_{21} - 2 t_{i1}) \left(\frac{t_i - t_o}{t_{i1} - t_{o1}} \right)^{1/n} \dots\dots (7)$$

$$t_1 - t_2 = (t_{11} - t_{21}) \left(\frac{t_i - t_o}{t_{i1} - t_{o1}} \right) \dots \dots \dots (8)$$

من هاتين العلاقتين يمكن تحديد قيمة (t_1) و (t_2) بدلالة درجات الحرارة الباقية *

نفرض أن :

$$t_{o1} = -5^\circ \text{C}$$

$$t_i = t_{i1} = 18^\circ \text{C}$$

$$t_{11} = 90^\circ \text{C}$$

$$t_{21} = 80^\circ \text{C}$$

يكون لدينا بتطبيق العلاقتين (7) و (8) :

$$t_1 + t_2 = 36 + 134 \left(\frac{18 - t_o}{23} \right)^{1/n} \dots \dots \dots (9)$$

$$t_1 - t_2 = 10 \left(\frac{18 - t_o}{23} \right) \dots \dots \dots (10)$$

حيث أن قيمة n تتراوح من 1,15 الى 1,5 بحسب نوع المبادل الحرارى المستعمل وتؤخذ في حالة المشعات ($n = 1,3$) وللتدفئة بالأرض والسقف ($n = 1$) وللصفائح المشعة المعلقة ($n = 1,1$) *

لنأخذ حالة المشع ($n = 1,3$) ونفرض أن ($t_o = +10^\circ \text{C}$)

من تطبيق العلاقتين (9) و (10) ينتج :

$$t_1 = 49,5^{\circ}\text{C} \quad \text{و} \quad t_2 = 46^{\circ}\text{C}$$

لنأخذ حالة التدفئة بالصفايح المشعة ($n = 1,1$) و ($t_0 = +10^{\circ}\text{C}$)

يكون من نفس العلاقتين :

$$t_1 = 45,4^{\circ}\text{C} \quad \text{و} \quad t_2 = 41,9^{\circ}\text{C}$$

يمكن تحديد قيمة (t_1) و (t_2) حسابيا لكل المجموعات المدروسة ولقيم متغيرة لـ (t_0) ولكن هذه الحسابات تعتمد على الحالة المستقرة حراريا علما ان (t_0) تتغير باستمرار مع الزمن ولذلك للمحافظة بقدر الامكان بشكل مستمر على درجة حرارة داخلية (t_i) للمكان المدفأ يجب التحكم بدرجة الحرارة (t_1) بحسب برنامج يأخذ بالا اعتبار ليس فقط تغير (t_0) بل ايضا السعة الحرارية للبناء ولا جبهة التدفئة المستعملة * ويمكن ان يتم ذلك بوضع برنامج تجريبي بالاعتماد على النتائج الحسابية *

لنأخذ حالة دائرة تناقلية ونلاحظ طريقة وامكانية عمل التحكم عليها :

التدفق (M) يعتمد على تغير درجات الحرارة (t_1) و (t_2) لأن الضغط التحريري يتناسب مع ($t_1 - t_2$) ، بحسب العلاقة للضغط التحريري في الدائرة التناقلية لدينا :

$$\Delta P = H g (\rho_2 - \rho_1) \dots \dots \dots (11)$$

ومنه يمكن ان نكتب :

$$\Delta P = C_1 (t_1 - t_2) \dots \dots \dots (12)$$

والتدفق (M) يتناسب مع الضغط التبريدي بحسب العلاقة :

$$M = C_2 (\Delta P)^{0,5} \dots \dots \dots (13)$$

بتعويض قيمة ΔP من العلاقة 12 في العلاقة 13 ينتج :

$$M = C_3 (t_1 - t_2)^{0,5} \dots \dots \dots (14)$$

حيث C_1 و C_2 و C_3 ثوابت *

وبحسب العلاقة العامة لتوازن الاحمال الحرارية في حالة الدارة التثاقلية يمكن أن نكتب بالاستفادة من العلاقات (1 و 2 و 3) التي ذكرت سابقا *

$$\begin{aligned} Q_1 &= (\sum UA + C_p \dot{m} V) (t_i - t_o) = \bar{U} \bar{A} \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_i \right)^n = \\ &= C_3 \bar{C} (t_1 - t_2)^{1,5} \dots \dots \dots (15) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= (\sum UA + C_p \dot{m} V) (t_{i1} - t_{o1}) = \bar{U} \bar{A} \left(\frac{t_{11} + t_{21}}{2} - t_{i1} \right)^n = \\ &= C_3 \bar{C} (t_{11} - t_{21})^{1,5} \dots \dots \dots (16) \end{aligned}$$

بتقسيم العلاقة 15 على العلاقة 16 نحصل على العلاقة التالية :

(بفرض C_3 تقريبا لا يتغير)

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{t_i - t_o}{t_{i1} - t_{o1}} = \left(\frac{\frac{t_1 + t_2}{2} - t_i}{\frac{t_{11} + t_{21}}{2} - t_{i1}} \right)^n = \left(\frac{t_1 - t_2}{t_{11} - t_{21}} \right)^{1,5} \dots \dots \dots (17)$$

= ٣٧٧ -

بتطبيق هذه العلاقة مع اختيار درجة حرارة t_1 للخروج من المرجل تسمح بالحصول على درجة حرارة داخلية t_i عند درجة حرارة خارجية t_o يكون :

$$t_1 + t_2 = 2 t_i + (t_{11} + t_{21} - 2 t_{i1}) \left(\frac{t_i - t_o}{t_{i1} - t_o} \right)^{1/n} \dots\dots\dots (18)$$

$$t_1 - t_2 = (t_{11} - t_{21}) \left(\frac{t_i - t_o}{t_{i1} - t_{o1}} \right)^{1/1.5} \dots\dots\dots (19)$$

ومن ثم يمكن حساب قيمة (t_1) و (t_2) :

مثال :

إذا فرضنا انه لدينا المعطيات التالية :

$$t_{o1} = -5^{\circ}\text{C} \quad \text{و} \quad t_i = t_{i1} = 18^{\circ}\text{C}$$

$$t_{11} = 90^{\circ}\text{C} \quad \text{و} \quad t_{21} = 70^{\circ}\text{C}$$

نعوض القيم السابقة بالعلاقات (18) و (19) فنحصل على :

$$t_1 + t_2 = 36 + 124 \left(\frac{18 - t_o}{23} \right)^{1/n} \dots\dots\dots (20)$$

$$t_1 - t_2 = 20 \left(\frac{18 - t_o}{23} \right)^{1/1.5} \dots\dots\dots (21)$$

بفرض ان ($n = 1,3$) للمشعات و ($t_0 = +10^{\circ}\text{C}$) نحصل على :

$$t_1 = 50,5^{\circ}\text{C} \quad \text{و} \quad t_2 = 40,6^{\circ}\text{C}$$

وبفرض ان ($n = 1,1$) للصفائح المشعة و ($t_0 = +10^{\circ}\text{C}$) نحصل على

$$t_1 = 46,7^{\circ}\text{C} \quad \text{و} \quad t_2 = 36,8^{\circ}\text{C}$$

في الحقيقة لا يتناسب التدفق دائما مع الجذر التربيعي للضغط
التحريكي ولكن يتناسب بقوة تتراوح من (0,55) تقريبا للجريان
المضطرب إلى (1) للجريان الصفائحي .

وفي بعض الحالات التي يكون فيها التدفق بين المضطرب
والصفائحي يصعب تحديد قيمة القوة اذ تتراوح بين (0,55 و 1)
لذلك يصعب تطبيق العلاقات السابقة لتصميم اجهزة التحكم لتعمل
في جميع الحالات .

١٥-٢ - مجموعة التدفئة بالبخار :

أ- بخار بضغط عالي :

في مجموعات التدفئة بالبخار بالضغط العالي ليس عمليا
ان نتحكم بالبت الحرارى الا بتشغيل كامل او توقف كامل للمبادل
الحرارى ، وهذا التحكم يمكن الحصول عليه بتوقيف مولد البخار او
تشغيله ، بتوقيف او تشغيل الحراق، وهذا يعطي تقطع جريان البخار
في الدارة . يعتمد توقيت التوقيف والتشغيل على الحاجة
للحرارة ، وغالبا يقتصر استعمال التدفئة بالبخار ذى الضغط
العالي على المعامل التي تستعمل بخار بضغط عالي للصناعة .

ب- بخار بضغط منخفض :

في حالة التدفئة بالبخار ذي الضغط المنخفض يصل البخار الى المبادل الحرارى بضغط اعلى من الضغط الجوى بحوالى (100 Pa.) ويتكاثف بدرجة حرارة قريبة من (100 °C) من غير الممكن مع هذا النظام ان نغير كمية البث الحرارى للمبادل الحرارى من تغيير درجة حرارة وسيط التسخين . نستطيع بالمقابل عندما تكون الحاجة للتدفئة اقل من المقرر الاعظمى ان نقلل تدفق البخار المرسل الى المشع ، فلا يملأ تماما المشع، وهذا يجعل السطح الساخن بدرجة حرارة (100 °C) على جزء من السطح بينما يبقى باقى السطح الاعلى باردا .

تغير تعبئة المشع يمكن الحصول عليها بتغيير ضغط البخار على مخرج المرجل .

انخفاض الضغط الناتج عن الجريان في الشبكة (ΔP) يتناسب مع مربع تدفق البخار (M) ، وهذا التدفق يتناسب مع الحاجة الحرارية للبناء وبالتالي التغير بين درجة الحرارة الخارجية والداخلية للبناء ($t_i - t_o$) .

وبذلك يكون الضغط المتوفر على مخرج المرجل متناسب مع مربع الفرق بين درجة الحرارة الداخلية والخارجية .

(ان ما نعنيه بالضغط عند المخرج من المرجل هو الزيادة بالضغط عن الضغط الجوى أى الضغط المقاس والذي يعنى بالنتيجة فرق

الضغط بالشبكة اذا كان الضغط عند المبادلات الحرارية يساوى تقريباً الضغط الجوى) •

لنفرض ان المجموعة حسبت لتأمين درجة حرارة داخلية (t_{i1}) عندما تكون درجة الحرارة الخارجية (t_{o1}) وليكن (P_1) الضغط الموافق لمخرج المرجل (أى ضغط التشغيل للمجموعة) اذا اصبحت درجة الحرارة الخارجية (t_o اعلى من t_{o1}) ونرغب تأمين درجة حرارة داخلية (t_{i1}) ثابتة ، يجب اعتماد ضغط بخار (P) على مخرج المرجل . باستخدام العلاقات التي تربط بين فرق الضغط وفرق درجات الحرارة يمكن ان نكتب العلاقة التالية :

$$\frac{P}{P_1} = \left(\frac{t_{i1} - t_o}{t_{i1} - t_{o1}} \right)^2$$

اذا كان :

$$t_{i1} = t_i = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{o1} = -5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{P}{P_1} = \left(\frac{18 - t_o}{23} \right)^2$$

الجدول التالي يبين التخفيض التقريبي الواجب تطبيقه في هذه الشروط على ضغط التشغيل (P_1) حسب درجة الحرارة الخارجية (t_o) •

التخفيض الواجب عمله على ضغط التشغيل للمرجل البخارى

يتبع لدرجة الحرارة الخارجية بحسب الجدول التالي حيث :

ضغط التشغيل الاعظمي يوافق درجة حرارة خارجية تساوى

($t_{o1} = - 5^{\circ}\text{C}$) ودرجة حرارة داخلية ($t_{i1} = 18^{\circ}\text{C}$)

t_o ($^{\circ}\text{C}$)	$\frac{P}{P_1}$	t_o ($^{\circ}\text{C}$)	$\frac{P}{P_1}$
- 5	1	+ 5	0,31
- 3	0,85	+ 7	0,23
- 1	0,69	+ 9	0,15
+ 1	0,55	+ 11	0,09
+ 3	0,42	+ 13	0,05

هذا الجدول يبين انه عند ما تكون الاستطاعة المطلوبة

صغيرة فان ضغط التشغيل يصبح صغيرا ومن الصعب الحصول على

هذا الضغط بدقة •

ومن المناسب عند التشغيل على الاستطاعة الصغيرة ان تزداد

قيمة ضغط التشغيل الناتج للأخذ بعين الاعتبار للضياء الحرارى

• من انابيب التوصيل

يلاحظ أن التحكم الذي يعتمد على هذه النظرية يفرض أن الحسابات بالنسبة للأنابيب تمت بدقة وأن الضياع الحراري من الأنابيب مهمل أمام البث الحراري من المشعات ، ولتحقيق هذه العبارة الأخيرة يجب أن تكون الأنابيب معزولة تماما .

جهاز التحكم المستعمل في حالة البخار هذه يشابه ما استعمل في حالة الماء حيث استعمل مع الماء ترموستات لقياس وضبط الحرارة وتوقيت أو تغيير الاشتعال للحراق وهنا يستعمل ما نومتــــر لقياس وضبط الضغط وتوقيت أو تغيير الاشتعال للحراق .

١٥ - ٣ - التدفئة بالهواء الساخن :

يمكن التحكم في هذه الحالة بشكل يشبه للتحكم في دارات الماء الساخن ، حيث يمكن تغيير درجة حرارة وسيط التسخين أو كمية وسيط التسخين .

$$Q = (\sum UA + C_p \dot{m} V) (t_i - t_o) = M C (t_1 - t_i) \dots \dots (24)$$

وفيه نحصل على العلاقة التالية بالاستناد لما مر سابقا :

$$\frac{t_i - t_o}{t_{i1} - t_{o1}} = \frac{t_1 - t_i}{t_{11} - t_{i1}} \dots \dots \dots (25)$$

إذا فرضنا ان ($t_{d1} = t_{d1} = 18^{\circ}\text{C}$) و ($t_{o1} = -5^{\circ}\text{C}$) يكون

$$\frac{18 - t_o}{23} = \frac{t_1 - 18}{t_{11} - 18} \dots \dots (26)$$

بفرض ان ($t_{11} = 50^{\circ}\text{C}$) واصبحت ($t_o = +10^{\circ}\text{C}$) يكون

$$t_1 = 18 - 32 \frac{8}{23} = 29,1^{\circ}\text{C} .$$

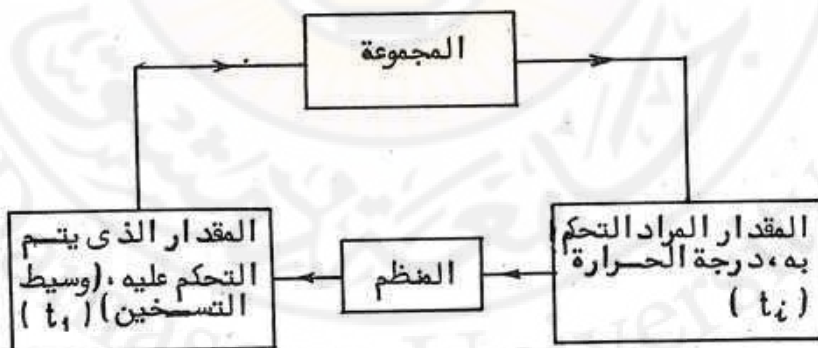
١٥ - ٤ - مبدأ اجهزة التحكم الآلي :

ان اجهزة التحكم الآلي للتدفئة تتطور بشكل سريع بحسب متطلبات الاجهزة الحديثة المستعملة للتدفئة . ويجب ان تعطي اجهزة التحكم التنظيم المطلوب بشكل جيد بحيث تؤمن الغرض من استعمالها من حيث التحكم بكمية أو بدرجة حرارة وسيط التسخين .
يضمن التحكم الآلي بشكل عام المحافظة على قيمة ثابتة مفروضة على جهاز القياس ، ولتكن (g) المقدار المتحكم به والمتعلق بعدة متغيرات اخرى مثل : (g_1 , g_2 , g_3) ، وعلى جهاز التحكم تثبيت قيمة (g) مع تغير قيمة هذه المتغيرات (وسيط التسخين ، والشروط الخارجية) ليكن المقدار (g) المطلوب التحكم به (درجة حرارة الغرفة مثلا) والذي يجب ان يثبت على قيمة (g_o) محددة على عنصر القياس ، بالتأثير على احد المتغيرات ولتكن (g_1) على سبيل المثال (وسيط التسخين مثلا) ، جهاز التحكم يربط بين المقدار المتحكم به (g) والمتغير الذي يتم التحكم عليه (g_1) .

والشكل التالي يبين ربط رمزي لجهاز التحكم والمجموعة :



الشكل يبين عنصر القياس الذي يتحسس قيمة (g) المراد التحكم بها ويحدد الفرق بين (g) و (g_0) المطلوبة ويرسل إشارة بوجود هذا الفرق الى مضخم الإشارة الذي بدوره يرسل إشارة الى جهاز التحكم النهائي والذي بدوره يتحكم بقيمة (g_1) ويمكن تمثيل سلسلة التحكم هذه بحسب الشكل التالي :



وهذه السلسلة تبين تأثير التغير الناتج عن تغير درجة الحرارة الخارجية • وباعتباره لا يمكن التحكم بدرجة الحرارة الخارجية فأننا نتحكم بدرجة حرارة وسيط التسخين او بتدفق وسيط التسخين وذلك للمحافظة على درجة حرارة ثابتة داخل الغرفة المدفأة •

وبذلك يمكن ان نقول ان درجة الحرارة الداخلية (t_i)
 تابعة لدرجة حرارة وسيط التسخين (او ضغطه) ولدرجة الحرارة
 الخارجية •

حيث :

$$\text{للماء الساخن} \quad t_i = f (t_o , t_1)$$

$$\text{للبخار} \quad t_i = f (t_o , P)$$

- t_i درجة حرارة المكان المراد التحكم بها •
- t_o درجة الحرارة الخارجية والتي لا يمكن التحكم بها. (متغيرة مع الزمن)
- t_1 درجة حرارة وسيط التسخين والتي يمكن التحكم بها •
- P ضغط وسيط التسخين والذي يمكن التحكم به •

ان تحديد درجة الحرارة t_1 (او الضغط P) الموافقة
 لدرجة الحرارة t_o بحسب البرنامج المحدد يمكن ان يتم يدوياً ،
 وذلك باستعمال جدول يربط بين t_o و t_1 أو (t_o و P) ولكن
 يمكننا ان نستعمل جهاز تحكم يتحسس درجة الحرارة الخارجية t_o
 ويطلب بحسب الجدول المقرر الحصول على درجة الحرارة t_1 و
 (الضغط P) الموافقة لذلك •

يمكن وضع برنامج تشغيل زمني يمكننا من تشغيل المجموعة
 على استطاعة منخفضة في بعض ساعات النهار او في بعض ايام محددة

من الاسبوع وباستطاعة عالية لباقي الاوقات ولا جراء التحكم بصورة آلية
يجب تحديد ما يلي :

- ١ - قياس درجة حرارة هواء الغرفة *
- ٢ - تسجيل مقدار التغير عن درجة الحرارة المطلوبة واستعمال هذا التغير لارسال اشارة الى جهاز التحكم النهائي (العنصر المعدل) *
- ٣ - شدة الاشارة المرسله تستعمل مباشرة او تضخم وترسل من اجل تعديل شروط وسيط التسخين حسب نوعية التحكم المعتمد *
- ٤ - يجب ان يتم ذلك في فترة زمنية وجيزة بحيث نتفادى وقوع تفاوت كبير بين استطاعة المبادل الحرارى وتغيرات الحمل للمبنى
يتضح مما سبق ان هناك عنصر يتحسس درجة الحرارة ويحدد الابتعاد عن الدرجة المعينة ويرسل الاشارة المطلوبة الى عنصر التصحيح الذى يقوم بعمل التعديل المناسب على وسيط التسخين *

١٥ - ٥ - العناصر الاساسية المستعملة في التحكم بدرجة حرارة المكان
يمكن التحكم بدرجة حرارة المكان المدفأ باستعمال عنصر قياس لدرجة الحرارة يسمى (ترموستات) يركب اما في المكان المدفأ وبذلك يقيس درجة الحرارة الداخلية او خارج البناء وبذلك يقيس درجة الحرارة الخارجية ويعطي اشارة بمقدار الفرق عن الدرجة المحددة عليه الى عنصر التحكم المعدل لوسيط التسخين *

من العناصر المعدلة لوسيط التسخين الصمام المعدل الآلي

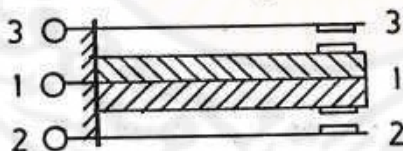
والصمام الثلاثي الذي يعمل على مزج وسيط التسخين بدون تغيير
درجة حرارته •

١٥ - ٥ - ١ - عنصر قياس درجة الحرارة (الترموستات) :

مهمة عنصر قياس درجة الحرارة في دائرة التحكم هي قياس
التغير في درجة الحرارة عن الدرجة المحددة ، وإرسال الإشارة
بمقدار الانحراف إلى عنصر التعديل ويمكن أن تأخذ هذه الإشارة
شكل : قوة أو إزاحة أو ضغط أو فرق طاقة ، أو تيار كهربائي
والعناصر الأكثر شيوعاً لقياس درجات الحرارة في مجموعات التحكم
هي :

أ- الترمومتر ذي المعدن المزدوج :

وهو عبارة عن صفيحتين رقيقتين من معدنين مختلفين مثبتتين
معاً وللمعدنين معاً تمدد مختلفين •

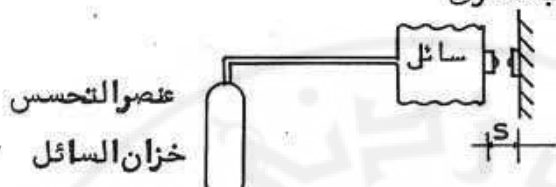


يتسبب عن ارتفاع درجة حرارة الجو ، حيث يوجد الترمومتر ،
تمدد المعدنين وبالتالي انحناء الصفيحة المركبة بحيث يكون المعدن
الأكثر تمدداً على الخارج • ينتج عن هذه الحركة فصل أو وصل
الدائرة الكهربائية حسب الطلب •

ب- ترمومتر على تمدد السائل :

عنصر التحسس في هذه الحالة هو خزان السائل والجزء

الذى يسبب الاشارة هو عبارة عن مستودع من قابل للتمدد موصل
مع الخزان بواسطة انبوب شعري *

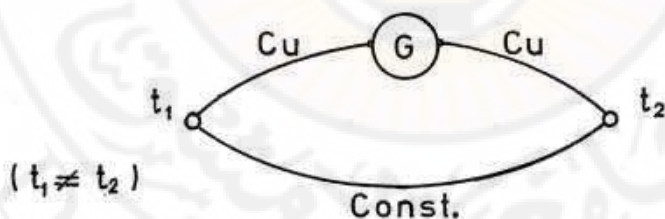


تؤ من حركة المستودع المرن تقدم نقطة التأثير الى الامام
بحركة خطية لتعطي الاشارة المطلوبة *

جـ - المزدوجة الحرارية (الترموكابل) :

عند وصل سلكين من معدنيين مختلفين (نحاس وكونستانتان)

مثلا بحيث تكون احدى نقاط الوصل بدرجة حرارة باردة والنقطة
الثانية بدرجة حرارة ساخنة فانه يسرى بالدائرة تيار كهربائي تتوقف
شدته على فرق درجات الحرارة بين نقطتي الاتصال ، وعلى نوع
السلكين *



تستغل هذه الظاهرة لتسجيل درجة حرارة الهواء او سطح

ما ومن ثم ارسال الاشارة اللازمة *

د - ترمومتر المقاومة الكهربائية :

يعتمد قياس درجة الحرارة على تغير المقاومة الكهربائية مع

ارتفاع درجة الحرارة ويستفاد من هذا التغير بالحصول على الاشارة

المطلوبة *

هـ - الترمستور :

وهي عبارة عن اشباه نواقل من اكاسيد المعادن تتصرف بأن لها مقاومة كبيرة ومن خواصها ان مقاومتها تتغير سلبا مع ارتفاع ^{عسا} درجات الحرارة وتستعمل كما في حالة المقاومة الكهربائية السابقة الذكر .

١٥ - ٥ - ٢ - عنصر التحكم النهائي أو الصمام المعدل :

ويمكن ان يكون التحكم بقطع الدارة الكهربائية وتوقيف محرك الحراق مثلا او بتعديل كمية وسيط التسخين بواسطة صمام معدل أو تعديل درجة حرارة الوسيط بواسطة صمام ثلاثي المجارى . ويتم تحريك الصمام المعدل او الصمام الثلاثي بواسطة محرك كهربائي يأخذ اشارته من عنصر القياس .

١٥ - ٦ - انواع دارات التحكم المستعملة :

١ - دارة التحكم الذاتي :

في هذه الدارة تستعمل الاشارة التي يعطيها عنصر القياس والتي تكون على شكل قوة او ضغط مباشرة من اجل تحريك العنصر النهائي المعدل كالصمام مثلا . ويعتبر هذا النظام في التحكم بسيطاً وتاسبياً

٢ - دارة التحكم الهوائية :

في هذه الدارة يتم استعمال الهواء المضغوط من ضاغط

١٥ - ٧ - ١ - التحكم غير المستمر :

وبكــــون :

آ- (تشغيل او توقف)

ب- (تشغيل او توقف مع فاصل زمني محدد)

ج- (تشغيل او تخفيف الى الحد الاصغرى)

— تأتي الاشارة من عنصر القياس من اجل قيمتين x_1 و x_2 للمقدار

المحدد (x) المراد التحكم به (درجة حرارة المكان مثلا)

— العنصر النهائي المؤثر على المقدار المتحكم عليه (وسيط

التسخين) يأخذ وضعين y_1 و y_2 بحيث يوافق اشارة عنصر

القياس من اجل القيمتين x_1 و x_2 .

— الاشارة الموافقة ل x_1 تطلب تغيير وضع العنصر النهائي من

الوضع y_2 الى الوضع y_1 والاشارة الموافقة ل x_2 تطلب

التغيير من الوضع y_1 الى الوضع y_2 .

لنفرض $x_1 < x_2$ عندما تعمل الاشارة الموافقة ل x_1

على تغيير حالة العنصر النهائي الى الوضع y_1 فان المقدار

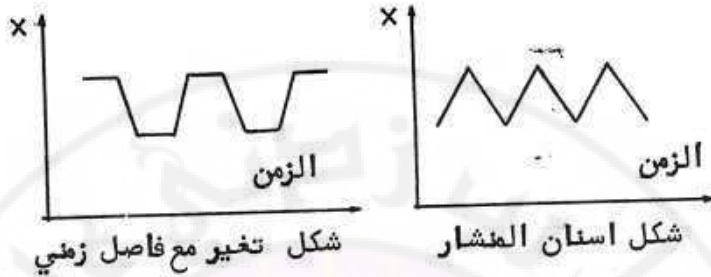
المتحكم به يتغير من الوضع x_1 الى الوضع x_2 وعندها الاشارة

الموافقة ل x_2 تعمل على تغيير الحالة الى الوضع y_2 . وبذلك

المقدار المتحكم به يتغير ليعود الى الوضع x_1 وهكذا .

في هذا الحالة المقدار المتحكم به يتبع بتغييراته لخط

بياني مع الزمن من الشكل المتغير بانتظام كما مبين :



آ- وضع إيقاف أو تشغيل (on - off)
=====

في هذا النوع من التحكم يشغل عنصر التحكم النهائي المعدل احد وضعين فقط باستثناء الفترة القصيرة التي ينتقل بها بين الوضعين يكون احد الوضعين في حالة الصمام مثلا هو حالة التصريف الكلي والوضع الآخر حالة الاغلاق الكلي . او في حالة الحراق يكون احد الوضعين وضع التشغيل والوضع الآخر هو وضع التوقف عن العمل .

يصلح هذا النظام للتحكم في مجموعات التدفئة المنزلية وفي تشغيل وإيقاف محركات مراوح وحدات التدفئة وفي حالة التدفئة بالكهرباء في هذا النوع من التحكم لا يحدث توافق بين الحمل والاستطاعة المقدمة ففي غرفة مدفأة مثلا لا يستطيع جهاز التحكم من متابعة درجة الحرارة أي ان جهاز التحكم يقوم بتصحيح وضع قد مضى مسبقا وليس وضعاً متغيراً الآن . ولذلك يقتضى استعمال هذا النظام في المجموعات التي يكون بها التأخير الجمالي صغيراً .

ب- وضع إيقاف أو تشغيل مع مؤقّت زمني
=====

تشبه هذه الطريقة الحالة السابقة غير ان الانتقال من وضع

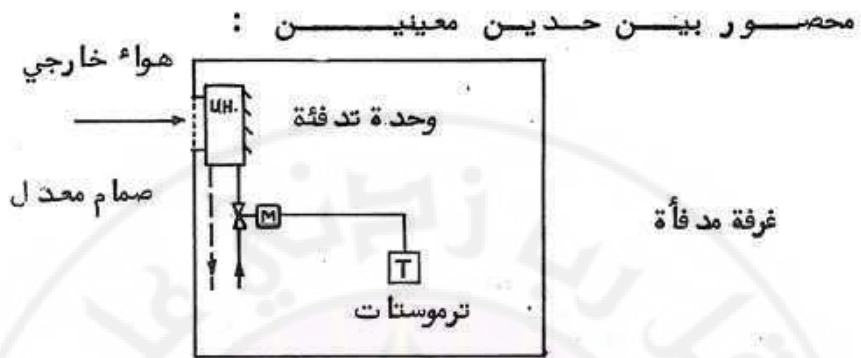
التشغيل الى وضع الايقاف يتم بموجب مؤقت زمني او بموجبه تغيير درجات الحرارة . فاذا كان الضياع الحرارى من غرفة هـ — (30 000 W) واستطاعة الحراق (60 000 W) فيكفي ان يعمل الحراق نصف ساعة كل ساعة من اجل تقديم كمية الحرارة اللازمة ، لذلك قد تكون تغيرات التشغيل والايقاف نصف ساعة متكررة او ربع ساعة عمل مع ربع ساعة توقف وهكذا . من الممكن استعمال مؤقت حرارى يتأثر بدرجة حرارة الغرفة ويغير من تواتر التشغيل والايقاف بحسب درجة الغرفة اى أنه من الممكن اطلالة فترة التشغيل او تقصيرها حسب الحاجة .

جـ - وضع التشغيل او تخفيض الاستطاعة الى الحد الاصغرى :
=====

تشبه هذه الطريقة للحالات السابقة مع ابقاء المجموعة شغالة على قيمة دنيا قفي حالة الصمام لا يمكن ان يخلق تماما ان يجب ان ييقي فتحة صغرى لتعطي تدفق اصغرى او مثلا بوجود خط فرعى صغير مع الصمام حيث يخلق الصمام تماما ويبقى الفرع الصغير .

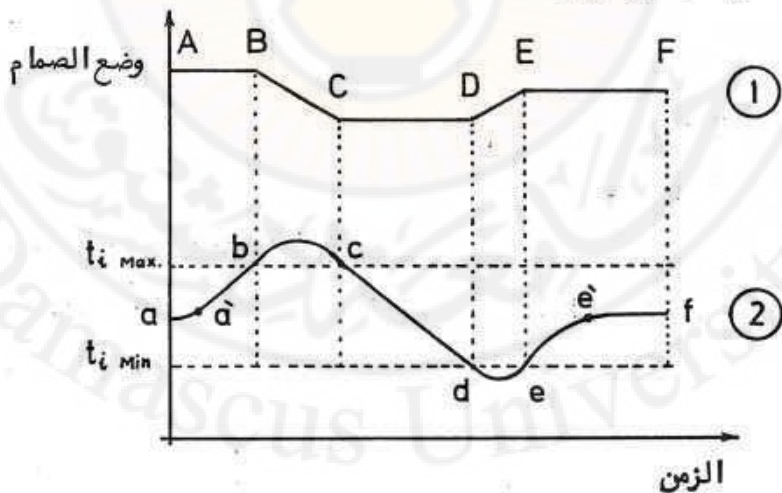
١٥ - ٧ - ٢ - التحكم العائم : Floating Control :

ويدعى بهذا الاسم لأن عنصر التحكم النهائي (الصمام) يعوم في وضع معين ما دام المتغير (درجة الحرارة)



وسنوضح ذلك بالمخطط البياني التالي :

عندما يكون حمل الغرفة ثابتا أى ان الضياع الحرارى من الغرفة ثابتا يكون الصمام في وضع معين ممثلا بالخط AB وذلك عندما تكون درجة الحرارة واقعة بين الحد الأعلى والحد الأدنى كما مبين بالخط $a\bar{a}$.



في هذه الحالة تكون استطاعة وشيعة التسخين موافقة للحمل الحرارى للغرفة فلو فرض حدوث ارتفاع في درجة حرارة الهواء الخارجي مع بقاء فتحة الصمام على حالها أى ثبات معدل تدفق الماء إلى

الوشيجة فعند ذلك تبدأ درجة حرارة هواء التغذية بالارتفاع كما مبين بالخط (a b) •

عند ارتفاع درجة حرارة هواء التغذية الى الحد الاعلى الممثل بالنقطة b يبدأ الصمام بالاغلاق كما مبين بالخط (BC) من الخط (1) وفي هذه الاثناء ترتفع درجة حرارة هواء التغذية قليلا بسبب التأخير ومن ثم تعود لتهدأ كما هو ممثل بالخط (bc) من الخط (2) • وعند وصول درجة الحرارة الى الحد الاعلى عند النقطة (c) تتوقف حركة الصمام عن الاغلاق ويأخذ الصمام وضعاً معيناً ممثلاً بالنقطة C في الخط (1) ويبقى الصمام بهذا الوضع ممثلاً بالخط (CD) من الخط رقم (1) •

فلو فرض ان فتحة الصمام هذه صغيرة بحيث ان استطاعة الوشيجة اقل من الحمل الحرارى للغرفة فعند ذلك تستمر درجة حرارة هواء التغذية بالانخفاض حتى الوصول الى النقطة d أى الحد الادنى •

عند هذه النقطة يبدأ الصمام بالفتح بحسب الخط (DE) رقم (1) وبذلك يزداد معدل تدفق الماء وترتفع درجة حرارة هواء التغذية من e الى e' خط رقم (2) وتستمر درجة حرارة هواء الغرفة ثابتة من e الى f ما لم يحدث تغير بدرجة الحرارة الخارجية •

استعمالات هذا النوع من التحكم قليلة ومحدودة والسبب الرئيسى لذلك هو استعداد الصمام للفتح والاغلاق بفترات متكررة بسبب التغيرات المتعددة في الحمل الحرارى وقد يكون هذا ناجحاً في اول الامر ولكن

بعد مضي فترة على الاستعمال تتخفّض دقة وتجاوب عمل الصمام •

١٥ - ٧ - ٣ - التحكم التناسبي :

في هذا النوع من التحكم يأخذ عنصر التحكم النهائي (الصمام) وضع متناسب مع انحراف المتغير (درجة حرارة الغرفة) عن النقطة المحددة • أي أن هناك وضع معين واحد فقط للصمام لكل قيمة من قيم المتغير • ولذلك فإن وضع الصمام عبارة عن تابع خطي مستمر لقيمة المتغير •



يظهر من الشكل أن المتغير يساوي لنقطة العيار فقط عندما يكون الصمام نصف مفتوح وإى زيادة أو نقص في المتغير يقابله زيادة أو نقص في فتحة الصمام •

ويمكن أن يقابل الزيادة بالمتغير زيادة أو نقص في فتحة الصمام بحسب التحكم المستعمل ووسيط التسخين ودرجة حرارته •

١٥ - ٨ - التحكم الآلي بدرجة حرارة الأماكن المدفأة :

لتنظيم درجة حرارة الأماكن المدفأة يمكن أن يتغير نظام التحكم الآلي بحسب طبيعة المكان وأهمية مجموعة وطريقة التدفئة .

النظام المثالي يعتمد على تنظيم الحرارة لكل مكان أفراد يسكنه بواسطة منظم حراري يتحكم على سبيل المثال بتدفق وسيط التسخين الذي يمر ضمن المبادل الحراري . وهذا الحل مثالي ولكن قليلًا ما يستعمل .

بالواقع أننا نحاول أن نجمع أجهزة التحكم في مكان توليد الحرارة وعلى مستوى توزيعها . والتحكم المركزي يأخذ بالاعتبار تغيير درجة حرارة الجو الخارجي الذي يسبب بشكل أساسي تغيير درجة الحرارة الداخلية للمكان . وهذا التغيير بدرجة الحرارة الخارجية هو نفسه بالنسبة لجميع الأماكن المدفأة بمجموعة تدفئة واحدة ، ومنطقي أن نستعمل جهاز تحكم مركزي واحد في مثل هذه الحالة .

إذا كان هناك مجموعة مباني تستمد تدفئتها من مولد حرارة واحد وغير متماثلة بالتوجيه ولا ببرنامج التشغيل فإنه من المفضل في مثل هذه الحالات استعمال التحكم بالأفراد بكل مجموعة مباني متماثلة (متماثلة من حيث درجة الحرارة الخارجية وسرعة الرياح والتوجيه وشدة الإشعاع الشمسي وبرنامج التشغيل) أو بكل مبنى على أفراد . وهذا التحكم الإجمالي منصوح حتى عند الحاجة لعمل تحكم أفراد على درجات الحرارة لكل مكان إذ في هذه

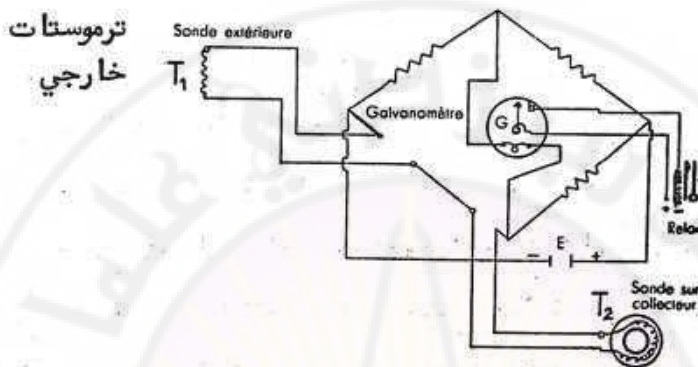
الحالة يعتمد التحكم على مرحلتين مرحلة التحكم الالجمالي ومرحلة التحكم الافرادی في كل مكان *

استعرضنا في الفقرات السابقة المبدأ الاساسي للتحكم وكيفية تغيير درجة حرارة وسيط التسخين بدلالة تغيير درجة الحرارة الخارجية لعدة وسائط تسخين (ماء ، بخار ، هواء) ولإدارة قسرية ودارة تناقلية *

استعرضنا ايضا ان التحكم يمكن ان يتم عند المرجل ويكون بحسب نوع الوقود ففي حالة الوقود الصلب والسحب الطبيعي للمدخنة فان التحكم يتم باغلاق وفتح فتحة دخول الهواء اللازم للاحتراق وفي حالة السحب الآلي بقطع او تشغيل التهوية الآلية اللازمة للاحتراق وفي حالة استعمال حراق آلي للمازوت بتوقيف او تشغيل الحراق * ويتم التشغيل والتوقيف نتيجة اشارة من (ترموستات) او (مانوستات) موضوع على مخرج المرجل اى على وسيط التسخين الخارج من المرجل والذي حددت درجة حرارته او ضغطه بحسب الطلب *

ان التغيير في درجة حرارة وسيط التسخين عند مخرج المرجل يتبع لدرجة الحرارة الخارجية ويمكن اجراء التحكم

للحصول عليها بشكل عام بواسطة جسر مقاومات كهربائي كما مبين بالشكل :



ترموستات
على انبوب الماء الذاهب من المرجل

في احد الفروع يوجد على التسلسل مقاومتين حراريتين واحدة لقياس درجة الحرارة الخارجية ، والثانية لقياس درجة حرارة وسيط التسخين على مخرج المرجل . هاتان المقاومتان يمكن ان تتغير قيمتهما بحيث يحقق مجموعهما توازن الجسور بحيث تحقق دائماً العلاقة بين قيمتيهما الحاجة الحرارية للمبنى .

من اجل المحافظة على درجة حرارة خروج ثابتة من المرجل ومحددة بدلالة درجة الحرارة الخارجية يمكن اعتماد طريقتين :

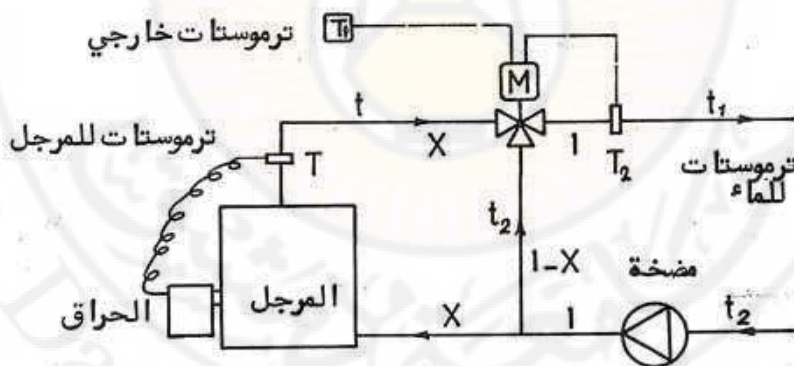
١- الطريقة الاولى :

وتعتمد على ترك كامل وسيط التسخين يمر من المرجل والمبادلات الحرارية (اى التدفق ثابت) والعمل على تغيير درجة حرارة وسيط التسخين عند خروجه من المرجل بالتحكم بالحراق (أ ي

بكمية الحرارة المقدمة للمرجل (وهذه الطريقة المتبعة بشكل واسع حتى اليوم)

٢ - الطريقة الثانية :

تطبق فقط على الدارات القسرية وهي تعتمد على مرور كمية وسيط ثابتة في المبادلات الحرارية ومتغيرة في المرجل مع تثبيت درجة حرارة وسيط التسخين الخارج من المرجل * بوضع صمام مزج على الخط الذاهب موصل مع الخط الراجع بحيث يسمح بمزج وسيط التسخين الخارج من المرجل مع وسيط التسخين العائد الى المرجل وبذلك تنخفض درجة حرارة المزيج كما مبين بالشكل التالي :



حيث T_1 يعطي الإشارة الى T_2 وهو بدوره يعطي الإشارة الى المحرك M الذي يغير فتحة الصمام ويبدل نسبة المزج بحسب درجة الحرارة المطلوبة *

إذا كانت X كمية الماء التي تمر بالمرجل و $(1 - X)$ كمية الماء المتحول عن المرجل و (1) كمية الماء التي تمر في المبادلات

• الحرارية

- t درجة حرارة الماء الخارج من المرجل
- t_2 درجة حرارة الماء العائد من المبادل الحرارى
- t_1 درجة حرارة المزيج (الماء الذاهب الى المبادل الحرارى)

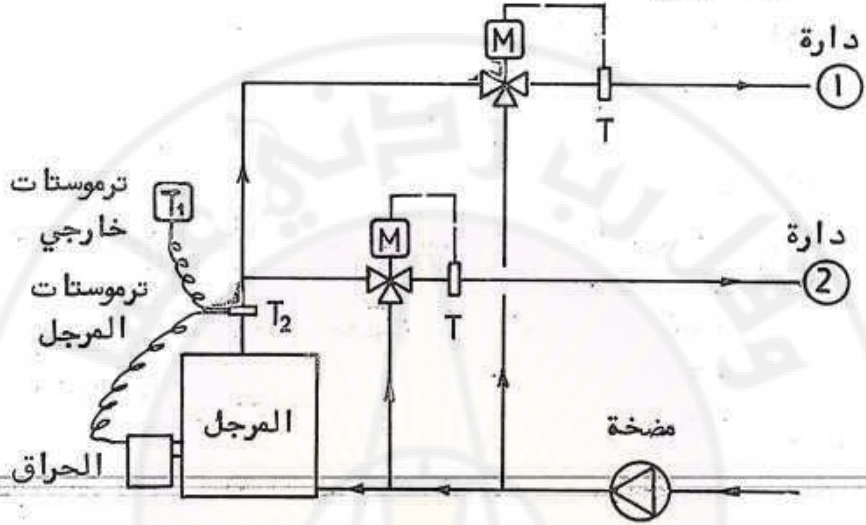
يمكن ان نكتب علاقة التوازن الحرارى :

$$t_1(1) = t_2(1 - X) + t X$$

ان t_1 هي درجة الحرارة المطلوبة وتابعة لدرجة الحرارة الخارجية t_0 هذه الطريقة من التحكم تصلح بشكل جيد لطريقة التدفئة بالسطوح المشعة حيث اننا نمرر وسيط التسخين فيها بدرجة حرارة لا تزيد عن (50°C) والتي يمكن الحصول عليها من مزج ماء المرجل الذى يعطي درجة حرارة ماء تساوى (90°C) عند الخروج منه ، مع الماء الراجع من المبادلات الحرارية •

في المجموعات التي تتضمن عدة انواع من المبادلات الحرارية وتستعمل وسيط تسخين واحد بدرجات حرارة مختلفة، مثلاً ، مشعات بدرجة (90°C) و سطوح مشعة

بدرجة (50 °C) يمكن عمل تحكم بكل دائرة على حده حسب
الشكل المبين :



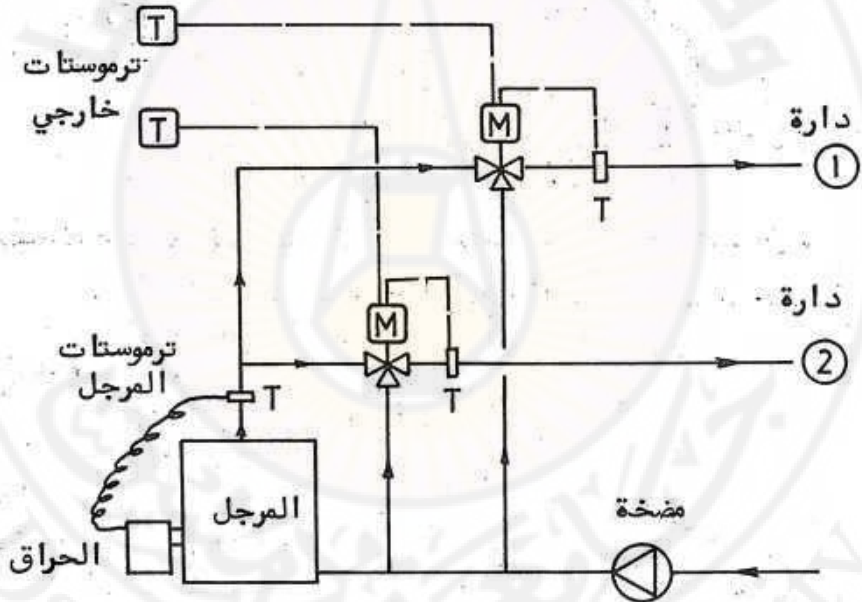
المرجل يعطي درجة حرارة ماء خروج متغيرة بحسب درجة الحرارة الخارجية وهذه الدرجة لها قيمة اعلى من اعلى درجة حرارة مطلوبة للدارات ويمكن تخفيض هذه الدرجة بطريقة المزج في كسل دائرة بحسب المطلوب لتغذية المبادلات الحرارية *

يعبر صمام المزج يدويا لمرة واحدة على اعطاء درجة الحرارة الاعظمية المطلوبة عندما يكون الماء الخارج من المرجل بدرجة الاعظمية * وعندما تخفض درجة حرارة الماء الخارج من المرجل نتيجة تغيير درجة الحرارة الخارجية فان درجة حرارة المزج ستخفض تابعة لها مباشرة دون تغيير نسبة المزج *

هذه الطريقة يمكن تطبيقها على دائرة تتطلب تقديـم

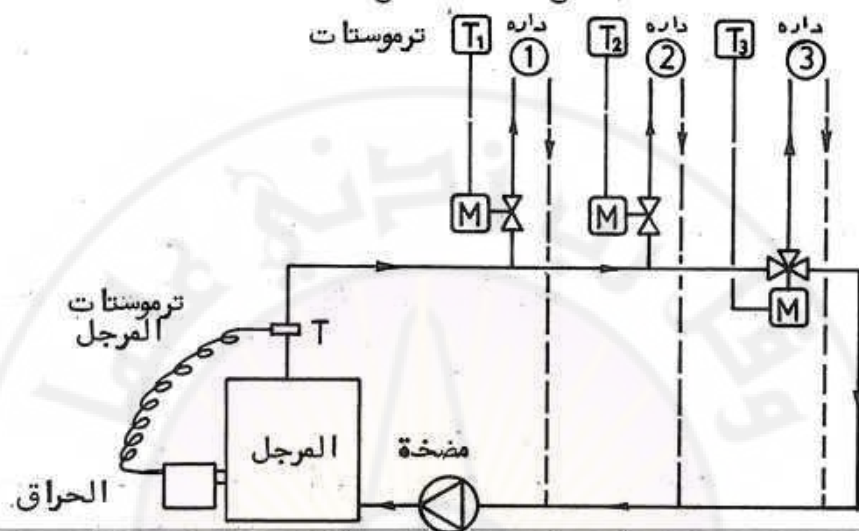
وسيط تسخين بعدة درجات حرارة ولكن دقة التحكم في هذه الحالة سيئة الا في بعض الحالات البسيطة الخاصة •

انتاج وسيط تسخين من الماء الساخن (مثلاً) بدرجة حرارة ثابتة من المرجل غير متعلقة بدرجة الحرارة الخارجية •



يمكن الحصول في كل دائرة على درجة الحرارة المطلوبة تابعة لتغير درجة الحرارة الخارجية بواسطة مزج الماء الخارج من المرجل مع قسم من الماء الراجع حيث يقيس التدفق ثابت في كل دائرة فرعية •

طريقة تدفق متغير مع مضخة تسريع واحدة لكل الدارات الفرعية :



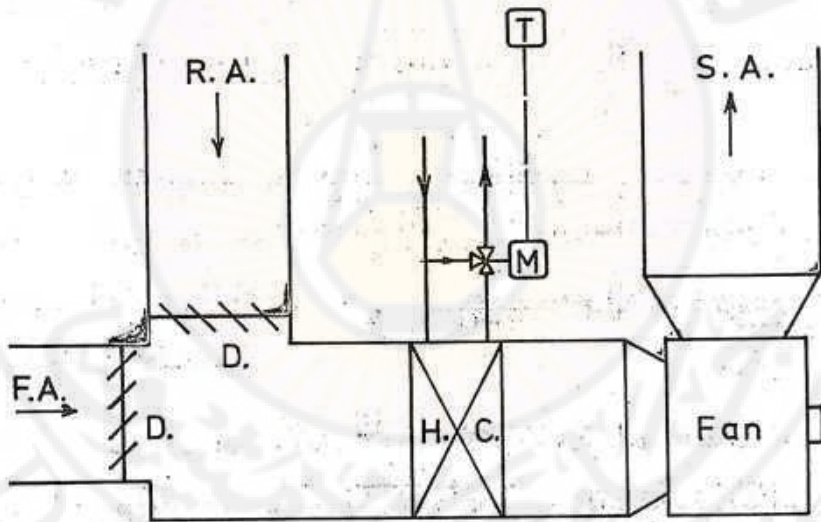
مجموعة تدفق مع تحكم بكل دارة بواسطة صمام معدل يغير التدفق ،
الدارة الأخيرة مزودة بصمام ثلاثي يسمح برجع الماء الى المرجل عند
عدم الحاجة الى الماء في الدارة الأصلية ليستمر الماء بالجريان
في الدارة الرئيسية *

يمكن ان يكون الصمام المعدل ذى وضعين اما فتح كامل او
اغلق كامل وبأخذ اشارته من الترموستات هذه الطريقة من التحكم
تولد تأخر بين طلب الحرارة وتوزيع الحرارة على المبادلات الحرارية
والذى يسبب تواتر في فتح واغلاق سريع للصمام *

اما اذا كان الصمام المعدل تناسبي فانه يكون قادر على
تغيير التدفق بحسب الحاجة ولهذه الطريقة ميزات على الطريقة
السابقة بتجنب التغير الكبير في الاستطاعة المطلوبة من المرجل
وتسمح بسهولة تجنب التراوح الكبير بدرجات الحرارة *

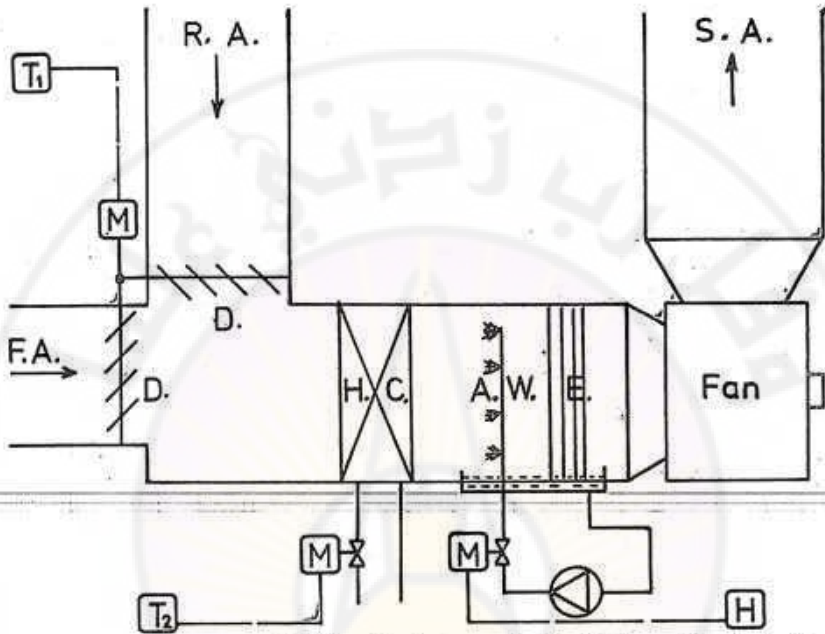
١٥ - ٩ - حالة التحكم في التدفئة بالهواء الساخن مع الترطيب ، صيفا
شــتاء :

ان نسبة الهواء الجديد الى الهواء المعاد يمكنها ان تغيّر من درجة حرارة المزيج وكذلك من نسبة رطوبته . وفي بعض الحالات يمكن ان يتم تعيير كمية الهواء الجديد بشكل ثابت لا يتغير وعليه يتم التحكم فقط بكمية الحرارة ضمن وشيعة التسخين وذلك عن طريق صمام ثلاثي آلي كما مر سابقا .



ويمكن استعمال صمام ثنائي آلي بدل الصمام الثلاثي في مثل هذه الحالات •

١٥- التحكم بالمرطبة عند استعمال التبريد بالترييب :

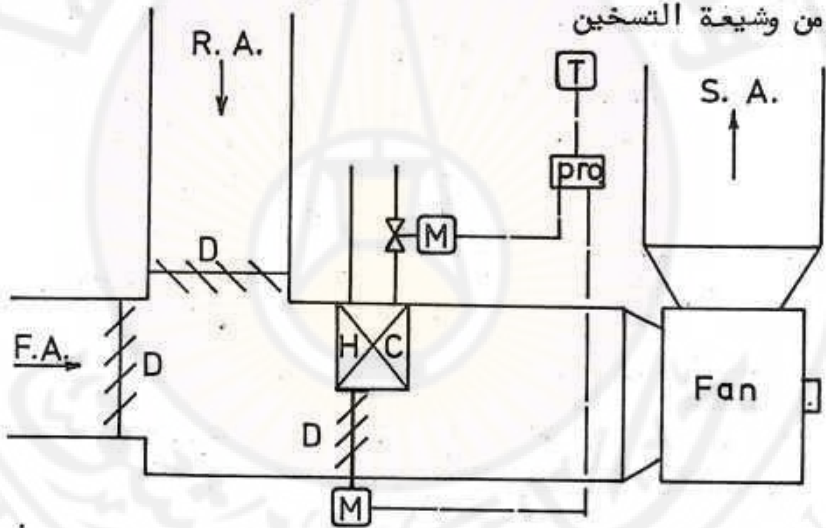


صيفاً : يفتح ويفلق فتحات دخول الهواء الجديد حسب درجة الحرارة الداخلية ، الى ان تصل درجة الحرارة الداخلية الى حد معين (t) اعظمية تبدأ عندها المرطبة بالعمل ويكون عندها الهواء (100 %) هواء جديد يزداد عمل المرطبة حتى تصل الرطوبة الى الحد المطلوب مع اعطاء درجة حرارة اصغرية من الترييب *

شتاءً : يعمل الترموستات (T₂) على التحكم بوشيعية التسخين للحصول على درجة الحرارة المطلوبة * وكذلك يعمل الهيو ميديستات (H) على تأمين الرطوبة اللازمة للمكان * ويمكن ان يكون في هذه الحالة جميع الهواء معاد عدا الجزء البسيط الاصغري

اللازم للتهوية الضرورية لحاجة الاشخاص وبذلك يعمل الترموستات (T_1) مرحلة اولى بأغلاق الهواء الجديد الى الحد الاصغرى وبعد ما يعمل الترموستات (T_2) بطلب زيادة التسخين من وشيعة التسخين .

في بعض الحالات يعمل مجرى تحويل عن وشيعة التسخين او عن المرطبة عندما لا يكون هناك ضرورة لأن يمر كامل الهواء من المرطبة أو من وشيعة التسخين



و يوجد طرق عديدة للتحكم بمثل هذه الحالات يمكن الرجوع اليها عند اللزوم حيث اننا عرضنا نماذج منها في بحثنا هذا .

١٥ - ١١ - الصمام الثلاثي الآلي :

~~~~~

يلاحظ ان الصمام الثلاثي الآلي يعمل كصمام مزج ويمكن تركيبه على الخط الازدواج او على الخط الراجع بحسب الاشكال

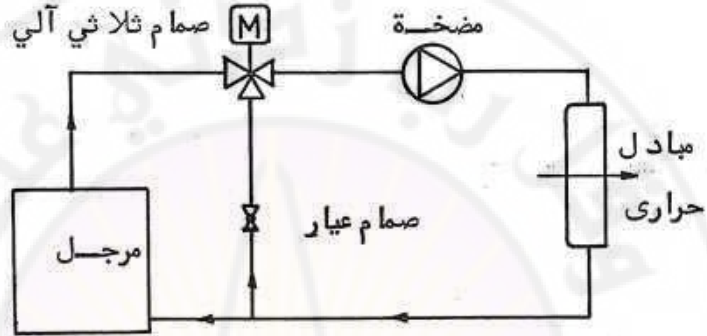
المبينة .



آ - وضع الصمام على الخط الذاهب :

يعطي تدفق ثابت ودرجة حرارة متغيرة على الخط

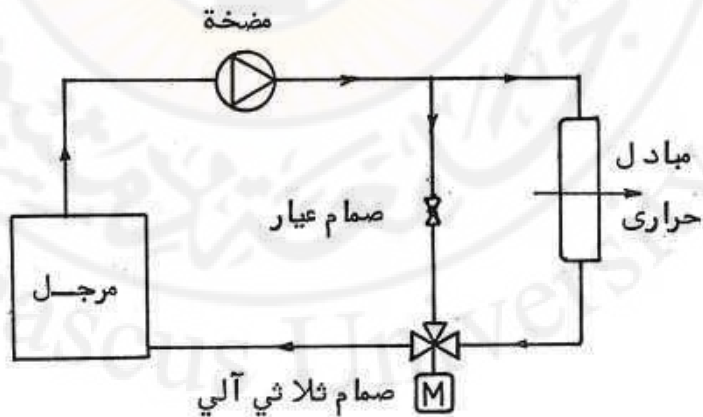
الذاهب وبالمبادل الحرارى كما مر معنا بالدارات السابقة \*



ب - وضع الصمام على الخط الراجع :

يعمل على تفريق الخط الذاهب ويعطي درجة حرارة

ثابتة مع تدفق متغير على الخط الذاهب \*



لا حظ وضع المضخة في الدارين \*



— ( المراجع ) —

- 1 \_ E.W. SHAW - Heating and Hot Water Services - CROSBY LOCKWOOD - 1980.
- 2 \_ J. PORGES - Handbook of Heating Ventilating and Air Conditioning - NEWNES BUTTERWORTHS LONDON - 1976.
- 3 \_ O. FABER and J. R. KELL - Heating and Air Conditioning of Building - The Architectural Press LONDON - 1961.
- 4 \_ ASHRAE - 1967 - 1972 - 1977 - 1980.
- 5 \_ IHVE - 1965 , IHVE - A.B.C - 1970 , IHVE - A - B - C - 1975 - 1976 - 1977 .
- 6 \_ Carrier Handbook of Air Conditioning System - Design - 1965 .
- 7 \_ F. KREITH - Transmission de la Chaleur et Thermodynamique - Masson - Paris - 1967.
- 8 \_ Encyclopédie Pratique de la Construction et du Batiment - II - 1<sup>er</sup> Partie (QUILLET), Chauffage et Conditionnement d'Air .
- 9 \_ S. V. SZOKOLAY - World Solar Architecture.
- 10 - Solar Energy and Building .
- 11 - DUFFIE and BECKMANN - Solar Energy - Thermal Process .



## - ( الفهرس ) -

### الصفحة

١ مقدمة في التدفئة والتهوية الصناعية

### - الفصل الأول -

٩ ١- أهمية انتقال الحرارة في التدفئة

١١ ١-١- انتقال الحرارة بالا شعاع

١٣ ١-٢- انتقال الحرارة بالحمل

١٦ ١-٣- انتقال الحرارة بالتوصيل

١٩ ١-٤- البث الحرارى من الأُنابيب

٢٢ ١-٥- ايجاد سماكة العازل للأُنابيب

٢٥ ١-٦- العزل الحرارى والدراسة الاقتصادية لسماكة العازل

### - الفصل الثاني -

٢٧ فقدان الحرارى من الأُبنية

٢٨ ١-١- معامل انتقال الحرارة للسطوح

٢٨ ١-٢- معامل انتقال الحرارة بالتوصيل

٣١ ١-٣- مقاومة الفراغات الهوائية



## الصفحة

|    |                                                      |
|----|------------------------------------------------------|
| ٣٢ | ٤-٢ الضياع الحرارى من ارض القبو                      |
| ٣٥ | ٥-٢ تسرب الهواء                                      |
| ٣٧ | ٥-٢-١ الحمل الحرارى الناتج عن تسرب الهواء            |
| ٣٨ | ٦-٢ درجة حرارة الغرف غير المدفأة المجاورة لغرف مدفأة |
| ٣٩ | ٧-٢ السعة الحرارية للبناء                            |
| ٤٠ | ٨-٢ درجة حرارة الاشعاع الوسطية                       |
| ٤٢ | ٩-٢ الحمل الحرارى                                    |
| ٤٤ | ٩-٢-١ اختيار درجة الحرارة الخارجية                   |
| ٤٦ | ٩-٢-٢ اختيار درجة الحرارة الداخلية                   |

## الفصل الثالث -

|    |                                                    |
|----|----------------------------------------------------|
| ٤٨ | الأجهزة المستعملة للبحث الحرارى في الأماكن المدفأة |
| ٤٨ | ٣-١ المشعات                                        |
| ٥٣ | ٣-٢ مدافئ تيارات الحمل                             |
| ٥٥ | ٣-٣ وحدات التدفئة                                  |
| ٥٨ | ٣-٤ التدفئة باستعمال السطوح المشعة للحرارة         |

## الصفحة

- ٥٩ ٣-٤-١ - المادة العازلة عند استعمال التدفئة بالسطوح \*
- ٦٠ ٣-٤-٢ - البث الحرارى من السطوح المدفأة
- ٦٣ ٣-٥-٠ - استعمال الأرض أو السقف أو الجدار للتدفئة
- ٦٥ ٣-٥-١ - البث الحرارى من الأرض
- ٧٢ ٣-٥-٢ - البث الحرارى من السقف
- ٧٥ ٣-٥-٣ - البث الحرارى من الجدران
- ٧٦ ٣-٦-٠ - استعمال الصفائح الساخنة للتدفئة
- ٧٧ ٣-٦-١ - بعض النماذج على الصفائح الساخنة المستعملة \*
- ٧٨ ٣-٦-٢ - وضع الصفائح الساخنة
- ٧٩ ٣-٦-٤ - حساب الضياع الحرارى للبناء
- ٨٠ ٣-٦-٥ - البث الحرارى من الصفائح الساخنة
- ٨٠ ٣-٧-٠ - المبادلات الحرارية التي تعمل على الأشعة تحت الحمراء \*
- ٨٢ ٣-٨-٠ - مقارنة بين أنواع التدفئة

## الفصل الرابع -

- التدفئة بالماء الساخن بضغط منخفض ٨٣
- ٤ - ١ - أمثلة على بعض دارات التدفئة ٨٤
- ٤ - ٢ - معدل تدفق الماء في الشبكة ٨٦
- ٤ - ٣ - حساب اقطار الأنابيب في شبكات التدفئة بالماء الساخن ٩٥
- ٤ - ٤ - الضغط التبريدي في الدارة التثاقلية ٩٩
- ٤ - ٥ - سرعة جريان الماء ضمن الشبكة ١٠١
- ٤ - ٦ - حساب انخفاض الضغط في الدارة ١٠٣
- ٤ - ٧ - مقاومة وصلات الأنابيب والطول المكافئ ١٠٩
- ٤ - ٨ - حساب انخفاض الضغط الفعلي في الدارة ١١٠

## الفصل الخامس -

- اجهزة التدفئة بالماء الساخن ١١٣
- ٥ - ١ - مراحل التدفئة ١١٣
- ٥ - ١ - ١ - مراحل الحديد الصلب ١١٤

الصفحة

|     |                                            |
|-----|--------------------------------------------|
| ١١٥ | ٥-١-٢ - المراحل الفولاذية                  |
| ١١٧ | ٥-١-٣ - المراحل الكهربائية                 |
| ١١٧ | ٥-١-٤ - متممات المراحل                     |
| ١١٧ | ٥-١-٥ - مردود المراحل                      |
| ١١٨ | ٥-١-٦ - استطاعة المرجل                     |
| ١٢١ | ٥-٢ - حراقات المازوت                       |
| ١٢٣ | ٥-٢-١ - اختيار الحراق                      |
| ١٢٤ | ٥-٣ - حساب كمية الوقود المستهلك            |
| ١٢٧ | ٥-٣-١ - خزانات المازوت                     |
| ١٢٩ | ٥-٤ - خزان التمدد والتغذية                 |
| ١٣١ | ٥-٤-١ - الأنبوب الموصلة الى خزان التمدد    |
| ١٣٣ | ٥-٥ - مضخات التسريع                        |
| ١٣٤ | ٥-٥-١ - قوانين التشابه بالمضخات            |
| ١٣٥ | ٥-٥-٢ - المخططات المميزة للمضخات           |
| ١٣٥ | ٥-٥-٣ - خصائص شبكة التدفئة ومقاومة الأنبوب |

## الصفحة

١٣٦ ٥-٥-٤ - نقطة التشغيل

١٣٧ ٥-٥-٥ - وصل المضخات

١٣٩ ٥-٦ - وضع المضخة في الشبكة وعلاقتها بخزان  
التمدد \*

١٤٥ ٥-٧- المداخن

١٤٥ ٥-٧-١ - السحب الطبيعي

١٤٧ ٥-٧-٢ - اختيار المدخنة

١٤٨ ٥-٧-٣ - تصنيع المدخنة

١٤٩ ٥-٧-٤ - اقنية اخلاء الهواء الفاسد واقنية جلب  
الهواء الجديد

١٥٠ ٥-٨ - تجهيزات غرفة المراحل

- الفصل السادس -

١٥١ التدفئة باستعمال الماء الساخن ذي الضغط العالي  
ودرجة الحرارة المرتفعة \*

١٥١ ٦-١-١ - مميزات استعمال مجموعة الضغط العالي

١٥٢ ٦-١-٢ - مساوى استعمال مجموعة الضغط العالي



الصفحة

١٥٢ ٦-٢ - مجموعة الضغط العالي للتدفئة

١٥٥ - حساب حجم خزان التمدد المغلق

١٦١ ٦-٣ - دراسة تغير الضغط في نقاط الدارة

١٦٢ ٦-٣-١ - وضع المضخة على الخط الذاهب

١٦٦ ٦-٣-٢ - وضع المضخة على الخط الراجع

١٦٨ ٦-٤ - دراسة كمية الماء المتحول عن المرجل

١٧١ ٦-٥ - استعمال الآزوت في ضغط خزان التمدد المغلق

١٧٢ ٦-٦ - ضغط خزان التمدد المغلق بواسطة الهواء  
المضغوط \*

١٧٤ ٦-٧ - ضغط الماء بالآزوت باستعمال خزان تمدد مغلق  
مع خزان فائض اضافي \*

- الفصل السابع -

١٧٥ التدفئة باستعمال البخار

١٧٥ ٧-١ - دارات البخار

١٧٩ ٧-٢ - مجموعة البخار العادم

١٨١ ٧-٣ - استعادة واستعمال البخار الفلاش

١٨٤ ٧-٤ - مصائد البخار

١٨٦ ٧-٥ - دراسة شبكة الانابيب المستعملة لمجموعات البخار

١٨٩ ٧-٦ - تدفق البخار في الانابيب

١٩٠ ٧-٧ - جداول تدفق البخار بحسب المرجع (IHVE)

١٩٢ ٧-٨ - انابيب الماء المتكاثف الراجع

## - الفصل الثامن -

١٩٤ استعمال الطاقة الشمسية في التدفئة وتسخين المياه

١٩٤ ٨-١ - المجمعات المستوية

١٩٨ ٨-١-١ - دراسة نظرية للمجمعات السائلية

٢٠٢ ٨-١-٢ - ملاحظات حول تحسين مردود المجمع

٢٠٣ ٨-١-٣ - الأمور الواجب تجنبها اثناء تصنيع المجمعات

٢٠٥ ٨-١-٤ - توجيه المجمعات الشمسية

٢٠٨ ٨-٢ - خزان ادخار الحرارة

٢٠٩ ٨-٣ - استخدام الطاقة الشمسية في التدفئة

- ٢٠٩ ٨-٣-١ - دراسة الحمل الحرارى
- ٢١١ ٨-٣-٢ - استعمال المساحة الاقتصادية من المجمعات الشمسية \*
- ٢١٨ ٨-٣-٣ - الدراسة الاقتصادية لسعر الكيلو ووات الساعي الحرارى المتولد من الطاقة الشمسية \*
- ٢٢١ ٨-٤-٤ - السخان الشمسي لماء الاستعمال

## - الفصل التاسع -

- ٢٢٣ . الهواء والغبار والمواد الضارة الموجودة فيه
- ٢٢٤ ٩-١ - الهواء والا نسان
- ٢٢٥ ٩-١-١ - الصفات الكيميائية للهواء
- ٢٢٨ ٩-١-٢ - الصفات الفيزيائية للهواء
- ٢٣٣ ٩-٢ - الغبار في الهواء
- ٢٣٥ ٩-٣ - مصادر الانتاج التي تنشر المواد الضارة وتلوث الهواء \*
- ٢٣٦ ٩-٣-١ - تلوث الهواء الناتج عن مصادر طبيعية
- ٢٣٧ ٩-٣-٢ - تلوث الهواء من مصادر صناعية من صنع الانسان

## الصفحة

٩-٤ - تأثير زيادة غاز ثاني اكسيد الكربون على المدى ٢٤١  
البعيد \*

## - الفصل العاشر -

٢٤٣ راحة الوسط المحيط

١٠-١ - العوامل التي تؤثر في الوسط المحيط ٢٤٣

١٠-٢ - الراحة الحرارية للوسط المحيط ومعادلته ٢٤٧

١٠-٣ - قياس الرموز التي تحدد الحالة الحرارية  
للوسط المحيط \*

١٠-٣-١ - ميزان الحرارة الزئبقي ٢٥٠

١٠-٣-٢ - مقياس درجة الحرارة الفعالة ٢٥٠

١٠-٣-٣ - مقياس تأثير الحرارة الفيزيولوجية ٢٥٣

١٠-٣-٤ - مقياس معدل التعرق المني ٢٥٥

١٠-٣-٥ - مقياس شدة الحرارة المولدة ٢٥٥

١٠-٤ - مخطط الراحة ٢٥٦

١٠-٥ - اختيار شروط التصميم الداخلية لتحقيق  
الراحة \*

— الفصل الحادى عشر —

- ٢٦٠ كمية الهواء اللازمة للتهوية
- ١١-١ — حساب كمية الهواء اللازم للتهوية من معرفة عدد ٢٦٠  
مرات تبادل الهواء •
- ١١-٢ — حساب كمية الهواء اللازم بحسب عدد الاشخاص ٢٦١
- ١١-٣ — حساب كمية الهواء اللازم نتيجة للمواد الضارة ٢٦٢  
المنبعثة ضمن المكان المهووى •

— الفصل الثانى عشر —

- ٢٦٦ طرق التهوية المستعملة
- ١٢-١ — التهوية ٢٦٦
- ١٢-٢ — التهوية الطبيعية ٢٦٨
- ١٢-٢-١ — تدفق الهواء الناتج عن قوة الرياح ٢٦٩
- ١٢-٢-٢ — تدفق الهواء الناتج عن فرق درجتى الحرارة ٢٧١
- ١٢-٢-٣ — تأثير عدم تساوى فتحات الدخول والخروج ٢٧٥
- ١٢-٢-٤ — التأثير المشترك لقوة الرياح ولفرق درجات ٢٧٦  
الحرارة •



## الصفحة

٢٧٨ ١٢ - ٣ - التهوية الناتجة عن فرق الضغط

٢٨٠ ١٢ - ٤ - التهوية الناتجة عن تسرب الهواء

٢٨٢ ١٢ - ٥ - التهوية القسرية

٢٨٣ ١٢ - ٦ - التهوية المكانية

٢٨٤ ١٢ - ٧ - قواعد عامة في التهوية

## الفصل الثالث عشر -

٢٨٦ التجهيزات الأساسية لمجموعات التهوية

٢٨٦ ١٣ - ١ - مجارى الهواء

٢٨٦ ١٣ - ١ - ١ - حساب ابعاد مجارى الهواء

٢٨٧ ١٣ - ١ - ٢ - طرق حساب مجارى الهواء

٢٩١ ١٣ - ٢ - توزيع الهواء

٢٩١ ١٣ - ٢ - ١ - فتحات تغذية الهواء

٢٩١ ١٣ - ٢ - ٢ - تعاريف اساسية للفتحات

٢٩٤ ١٣ - ٢ - ٣ - انواع الفتحات

٢٩٦ ١٣ - ٢ - ٤ - فتحات الرجوع

الصفحة

|     |                                                          |
|-----|----------------------------------------------------------|
| ٢٩٨ | ١٣ - ٣ - صورة الجريان                                    |
| ٢٩٨ | ١٣ - ٣ - ١ - دراسة حركة الهواء داخل الصالات<br>المكيفة • |
| ٣٠١ | ١٣ - ٤ - المراوح                                         |
| ٣٠١ | ١٣ - ٤ - ١ - الاجزاء الرئيسية التي تتألف منها المراوح    |
| ٣٠٢ | ١٣ - ٤ - ٢ - تصنيف المراوح                               |
| ٣٠٤ | ١٣ - ٤ - ٣ - المواصفات التي تميز المراوح                 |
| ٣٠٦ | ١٣ - ٤ - ٤ - قوانين التشابه في المراوح                   |
| ٣٠٧ | ١٣ - ٤ - ٥ - المنحنيات المميزة للمراوح                   |
| ٣٠٩ | ١٣ - ٤ - ٦ - وصل المراوح على التسلسل وعلى التفرع         |
| ٣١٠ | ١٣ - ٤ - ٧ - التحكم بخواص المراوح                        |
| ٣١٣ | ١٣ - ٥ - مصافي الهواء                                    |
| ٣١٤ | ١٣ - ٥ - ١ - مصافي الهواء وطرق اختبارها                  |
| ٣١٦ | ١٣ - ٥ - ٢ - انواع مصافي الهواء                          |
| ٣٢٥ | ١٣ - ٦ - غسالات ومرطبات الهواء                           |

## ١- الفصل الرابع عشر -

٣٣٦

تكييف الهواء

٣٣٦

١٤-١- تعريف وهدف تكييف الهواء

٣٣٧

١٤-٢- الهواء الرطب

٣٣٧

١٤-٢-١- الرموز التي تحدد رطوبة الهواء

٣٣٨

١٤-٢-٢- الرموز التي تحدد رطوبة الهواء في حالة

الاشباع \*

٣٤٠

١٤-٢-٣- قوانين الهواء الرطب وعلاقتها بقوانين

الغازات المثالية \*

٣٤٤

١٤-٣- مخططات الهواء الرطب

٣٤٤

١٤-٣-١- المخطط السايكرومتري

٣٤٦

١٤-٣-٢- الاجراءات الحرارية على المخطط

السايكرومتري \*

٣٥٣

١٤-٤- مجموعات ارسال الهواء المكيف

الصفحة

١٤ - ٥ - حساب كمية الحرارة اللازمة لتسخين أو تبريد الهواء • ٣٥٦

١٤ - ٥ - ١ - الضياع الحرارى ٣٥٦

١٤ - ٥ - ٢ - الحمل الحرارى والحمل التبريدى ٣٥٧

١٤ - ٦ - اختيار شروط درجة الحرارة والرطوبة الداخلية للمكان • ٣٦٣

١٤ - ٧ - حساب كمية الهواء اللازم للتكييف ٣٦٤

١٤ - ٧ - ١ - حساب كمية الهواء اللازم من معرفة الريح الحرارى المحسوس للمكان • ٣٦٤

١٤ - ٧ - ٢ - حساب كمية الهواء الكلية من معرفة الضياع الحرارى المحسوس للمكان • ٣٦٦

١٤ - ٧ - ٣ - حساب كمية الهواء الكلية من معرفة نسبة الرطوبة المطلوبة في المكان • ٣٦٧

١٤ - ٧ - ٤ - حساب كمية الهواء الجديد والهواء المعاد ٣٦٨

١٤ - ٨ - التكييف بترطيب الهواء وحساب كمية الهواء اللازم لذلك • ٣٦٩

## الصفحة

### الفصل الخامس عشر -

- التحكم الآلي في مجموعات التدفئة والتهوية ٣٧١
- ١٥- ١ - مجموعة التدفئة باستعمال الماء الساخن ٣٧١
- ١٥- ٢ - مجموعة التدفئة بالبخار ٣٧٩
- ١٥- ٣ - التدفئة بالهواء الساخن ٣٨٣
- ١٥- ٤ - مبدأ أجهزة التحكم الآلي ٣٨٤
- ١٥- ٥ - العناصر الأساسية المستعملة في التحكم  
بدرجة حرارة المكان المدفأ \*
- ١٥- ٥- ١ - عنصر قياس درجة الحرارة ٣٨٨
- ١٥- ٥- ٢ - عنصر التحكم النهائي أو الصمام المعدل ٣٩٠
- ١٥- ٦ - أنواع دارات التحكم المستعملة ٣٩٠
- ١٥- ٧ - أنواع التحكم الآلي المستعمل ٣٩١
- ١٥- ٧- ١ - التحكم غير المستمر ٣٩٢
- ١٥- ٧- ٢ - التحكم العائم ٣٩٤
- ١٥- ٧- ٣ - التحكم التناسبي ٣٩٧



الصفحة

٣٩٨ ١٥ - ٨ - التحكم الآلي بد رجة حرارة الاماكن  
• المد فأة

٤٠٦ ١٥ - ٩ - حالة التحكم في التدفئة بالهواء الساخن  
• مع الترطيب ، ( صيفا - شتاء )

٤٠٧ ١٥ - ١٠ - التحكم بالمرطبة عند استعمال التبريد  
• بالترطيب

٤٠٨ ١٥ - ١١ - الصمام الثلاثي الآلي

٤١٠ المراجع

٤١١ الفهرس