التدفئة وتكييف الهواء (١)

كلية الهندسة الميكانيكية

قسم الطاقة + الطيران

السنة الرابعة

الفصل الثاني

التدفئة وتكييف الهواء (١)

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

منشورات جامعة حلب
كلية الهندسة الميكانيكية

التدفئة وتكييف الهواء (١)

الدكتور
أحمد نحاس
أستاذ في قسم هندسة الطاقة

الدكتورة
ماجدة برمدا
أستاذ مساعد في قسم هندسة الطاقة

المهندسة
ناهد سردار
قائمة بالأعمال في قسم هندسة الطاقة

لطلاب السنة الرابعة
قسم هندسة الطاقة

مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية
١٤٢٨ هـ – ٢٠٠٧م

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفهرس

الموضـــــــــــــــــوع	رقم الصفحة
المقدمة	٩
الفصل الأول : أساليب التدفئة	
1-1- تمهيد	١١
1-2- الموقد	١١
1-3- المدفأة الكهربائية	١٢
1-4- التدفئة المركزية	١٢
1-5- اقتصادية أجهزة التدفئة	١٦
1-6- مراحل دراسة أي مشروع تدفئة	١٧
الفصل الثاني : الضياعات الحرارية في الأبنية	
2-1- تمهيد	١٩
2-2- مبادئ انتقال الحرارة	١٩
2-3- حساب الضياعات الحرارية	٢٩
2-4- لوحة حساب الضياعات الحرارية	٤٨
2-5- التهوية	٤٨
الفصل الثالث : أجهزة التدفئة بالماء الساخن	
3-1- تمهيد	٥٣
3-2- أنظمة التدفئة بالماء الساخن	٩٣

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

3-3- مزايا التدفئة بالماء الساخن ٩٨
3-4- ضياعات الاحتكاك أو هبوط الضغط ٩٩
3-5- درجات حرارة ماء التدفئة ١٠٣
3-6- تحديد مقدار تدفق الماء ١٠٤
3-7- تصميم شبكة نظام الجريان القسري ١٠٥
3-8- تفاصيل تمديدات الأنابيب والملحقات ١٠٦
3-9- تحضير الماء الساخن للاستخدام الصحي ١٠٧
3-10- مضخات التسريع ١١٠
3-11- المقارنة بين أساليب التدفئة ١١٦

الفصل الرابع : أجهزة التدفئة المركزية بالماء الساخن

4-1- تمهيد ١٢١
4-2- المراجل ١٢١
4-3- الحراق ١٢٩
4-4- خزان التمدد ١٣٥
4-5- موقع غرف المراجل ١٤٥
4-6- ترتيب وتنفيذ غرف المراجل ١٤٦
4-7- غرف الوقود ١٤٩
4-8- الأقنية المتصلة بغرف المراجل ١٤٩
4-9- طرائق التحكم الأساسية بكمية الحرارة ١٥٦
4-10- تجهيزات إطفاء الحريق في غرفة المراجل للأبنية السكنية ١٦٠

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

الفصل الخامس : مبادئ تكييف الهواء

5-1- تمهيد ١٦١

5-2- تركيب الهواء ١٦١

5-3- تعاريف ١٦٢

5-4- المخطط البسايكرومتري ١٦٤

5-5- العمليات البسايكرومترية ١٦٦

5-6- مزج الهواء ١٧٧

الفصل السادس : استخدام الطاقة الشمسية في التدفئة والتكييف

6-1- تمهيد ١٨٥

6-2- الإشعاعات الشمسية ١٨٧

6-3- الآثار الهندسية للحركة الظاهرية للشمس ١٩١

6-4- الطرائق الرئيسية لاستغلال الطاقة ١٩١

6-5- الدراسة النظرية للمجمعات السائلة ١٩٧

6-6- توجيه المجمعات الشمسية ٢٠٢

6-7- خزان ادّخار الحرارة ٢٠٥

6-8- استخدام الطاقة الشمسية في التدفئة ٢٠٦

6-9- السخان الشمسي لماء الاستعمال ٢١٥

الفصل السابع : دراسة تدفئة جناح لإقامة الأطباء في مشفى في مدينة حلب بالماء الساخن

٢١٧

المصطلحات العلمية ٢٣٥

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

المقدمة

يتضمن هذا الكتاب الجزء الأول لمقرر التدفئة وتكييف الهواء لطلاب قسم هندسة الطاقة وقد راعينا في هذا الجزء سرد المواضيع الرئيسية فيه والذي يحتوي على المنهاج المقرر للسنة الرابعة هندسة الطاقة .

يعتبر علم التدفئة والتكييف أحد فروع الهندسة الحرارية. هذا ويلعب علم التدفئة والتكييف دوراً هاماً في حياتنا اليومية حيث يمس أهم متطلبات الحياة الرئيسة والمتمثلة بالطاقة بمختلف أنواعها .

وقد اختص هذا الجزء بدراسة تدفئة المباني بالماء الساخن (مشعات، تدفئة أرضية، وحدات تسخين) ودراسة الظروف المريحة للإنسان من درجة حرارة ورطوبة والعمليات على مخطط الارتياح السايكومتري وبغية زيادة الفائدة المرجوة من الكتاب فقد اتبع أغلب المواضيع بمسائل محلولة تساعد الطالب على استيعاب وتفهم الأفكار العملية وبعض الأمثلة التي قد يصادفها في الحياة العملية.

وفي الختام لايسعنا سوى أن نتقدم بالشكر الجزيل لكل من ساهم معنا وساعدنا في إعداد هذا الكتاب، راجين أن نكون قد وفقنا في كل ماكنا نطمح أن نقدمه لطلابنا من فائدة.

والله الموفق

المؤلفون

د. نحاس، د. برمدا م. سردار

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفصل الأول

أساليب التدفئة

Methods of heating

1-1-تمهيد :

كانت الشمس بالنسبة للإنسان البدائي المصدر الوحيد للطاقة الحرارية والضوئية، ثم لجأ الإنسان إلى جلود الحيوانات التي يصطادها لتقيه من البرد في الشتاء. استمر الأمر به هكذا حتى قادته الصدفة لاكتشاف النار، وتعلم كيفية إشعالها متى شاء، وهكذا بدأت حقبة جديدة في تاريخ البشرية.

استمرّ الإنسان فترة من الزمن في حرق الأخشاب والأعشاب وأوراق الشجر الجافة داخل السكن بشكل مكشوف ودفعته حاجته الماسة للتخلص من نواتج الاحتراق الخانقة إلى اكتشاف المدخنة. وهكذا بنى الإنسان أول موقد.

2-1- الموقد Fire place:

يسخن الموقد الغرفة بوساطة الإشعاع الحراري ولذلك فهو لايسخن هواء الغرفة بصورة مباشرة، وإنما يتم تسخين الهواء بشكل متأخر عن طريق ملامسته لجدران المدخنة الساخنة، ومن ملامسته لجدران ومحتويات الغرفة الساخنة التي تكون قد امتصت عن طريق الإشعاع مباشرة من الموقد، يكون التأثير الحراري في هذا النوع من التدفئة على الجسم الإنساني غير متجانس، إذ بينما يكون سطح الجسم المواجه للنار دافئاً يكون الطرف غير المواجه للنار بارداً ولذا لايشعر الإنسان بالارتياح، كما تحدث المدخنة امتصاصاً قوياً لهواء الغرفة مما يعرض الموجودين للشعور بوجود تيار هوائي بارد يمر عليهم بغية تحسين مردود الموقد وحاجته إلى عدد من المواقد يوزعها على الغرفة المتعددة

في مسكنه إضافة إلى ظهور المعادن دفعت الإنسان إلى تعديل الموقد التقليدي وتحويله إلى المدفأة المعدنية.

المدفأة المعدنية Stove:

يتم حرق الوقود ضمن المدفأة المعدنية بمردود أعلى من حالة الموقد التقليدي نظراً لإمكانية التحكم بكمية الهواء المسحوبة، ولإمكانية توصيل معظم الحرارة المتولدة ضمن المدفأة إلى الغرفة عن طريق الغلاف المعدني للغرفة وعن طريق الأنابيب المعدنية التي تحمل غازات الاحتراق إلى خارج الغرفة. كما يمكن في المدفأة استعمال الوقود الصلب أو الوقود السائل، حيث يمكن في هذه الحالة التحكم بكمية الحرارة المتولدة بسهولة عن طريق التحكم بكمية الوقود السائل.

1-3- المدفأة الكهربائية :

تمتاز المدفأة الكهربائية بسهولة استعمالها ونظافتها، إذ إنها لاتحتاج إلى وقود أو إلى تنظيف. كما أن مردودها الحراري عالي جداً إذ يبلغ (100%) تكون المدفأة عادة بشكل قطع مكافئ وتتوضع الوشيعة في محرق القطع وذلك لتوجيه الحرارة نحو جهة معينة. وقد تزود المدافئ الكهربائية بمروحة لتحريك الهواء وتسريع عملية انتقال الحرارة. ولاختيار مدفأة كهربائية يكفي حساب الضياعات الحرارية للمكان المراد تدفئته وزيادة هذه القيمة بمعدل (20%) آخذين بعين الاعتبار الحرارة اللازمة لإيصال المكان إلى النظام المستقر في وقت غير طويل.

بناء التجمعات السكنية المتعددة لاستيعاب التزايد السكاني إضافة إلى الرغبة في إبعاد عملية الاحتراق عن الناس في منازلهم أدى إلى تطوير أسلوب حديث في التدفئة وهو نظام التدفئة المركزية (غير المباشرة).

1-4- التدفئة المركزية Central heating :

إن وظيفة أي جهاز تدفئة مهما كان نوعه هو المحافظة على درجات حرارة ثابتة مريحة للإنسان في الغرف التي يشغلها. ولذلك فمن الضروري تزويد كل غرفة

بشكل مستمر بكميات حرارة مساوية للحرارة الضائعة منها إلى المحيط المجاور البارد.

وتقوم وظيفة أجهزة التدفئة المركزية على استخراج الحرارة اللازمة من عملية حرق الوقود في مكان مناسب خارج الأماكن المراد تدفئتها ثم حمل هذه الحرارة وتوزيعها على كافة الأماكن المراد تدفئتها بالكميات المطلوبة. وتتألف التدفئة المركزية من العناصر الأربعة التالية:

1- مائع مناسب لنقل الحرارة (الماء أو البخار أو الهواء).

2- حجرة احتراق يتم فيها حرق الوقود لإنتاج الحرارة اللازمة لتسخين المائع الناقل للحرارة.

3- شبكة من الأنابيب أو المجاري لنقل المائع إلى الأماكن المطلوب تدفئتها.

4- أجهزة خاصة لتوزيع الحرارة في الغرف.

1-4-1- **التدفئة بالبخار** Vapor heating :

يعتبر البخار من الأجسام الملائمة لحمل الحرارة إذ إنه يعطي عندما يتكاثف حرارة التبخر الكامنة التي يحملها عند درجة حرارة أعلى بشكل ملحوظ من درجات حرارة الغرف المطلوب تدفئتها، لذا يمكن حمل كميات من الحرارة بوساطة كمية صغيرة من المائع الوسيط.

كما يوجد ميزة أخرى للبخار حيث إن الضغط اللازم لإحداث الجريان يمكن الحصول عليه بشكل تلقائي. تتألف أجهزة التدفئة بالبخار من مرجل بخاري لتوليد البخار ومن وحدات تسخين في كل غرفة كالمشعات أو غيرها ومن شبكة أنابيب لحمل البخار من المرجل إلى وحدات التسخين ولإعادة الماء المتكاثف إلى المرجل.

إلاّ أن أكبر عيوب التدفئة بالبخار هو عجزه عن التلاؤم مع المتطلبات الحرارية المتغيرة للغرفة، إذ إن المشع العادي المستعمل في التدفئة بالبخار إما أن يعطي كامل

استطاعته الحرارية أو أن يغلق ولايعطي أي حرارة على الإطلاق. تلائم طريقة التدفئة بالبخار الأبنية الكبيرة العامة نظراً لقوة جريانه الناشئة عن الضغط، ولرخص كلفة تأسيساته نسبياً ولإمكانية حمل كميات كبيرة من الحرارة، ولايسمح باستخدام هذه الطريقة في المنازل نظراً لارتفاع درجة حرارة وحدات التسخين.

1-4-2- **التدفئة بالماء الساخن** Hot – water heating:

عندما يستعمل الماء كمائع حامل للحرارة فإنه يعطي قسماً من حرارته المحسوسة في المشعات ومن ثم يعود إلى المرجل لإعادة تسخينه، وبما أن كمية الحرارة المحمولة بهذه الطريقة من قبل واحد كيلو غرام ماء تعادل فقط حوالي (1/50) من الحرارة المحمولة من قبل واحد كيلوغرام بخار، لذا يجب تحرير حوالي (50) مرة ماء أكثر من البخار وزناً (حوالي 30 مرة حجماً) لإعطاء نفس كمية الحرارة، وتعتبر عادة درجة الحرارة (90 درجة مئوية) أعلى درجة ملائمة لعمل نظام الماء الساخن.

إن من مميزات نظام التدفئة بالماء الساخن هو مقدرته على توصيل الحرارة بأي معدل مطلوب من الصفر إلى استطاعته العظمى، ويمكن تحقيق ذلك عن طريق التحكم بدرجة حرارة الماء بالنسبة لدرجة حرارة الجو الخارجي، ولذا يمكن الحصول على تلاؤم جيد بين كمية الحرارة الواصلة إلى الغرف وبين كمية الحرارة اللازمة للتدفئة التي تتغير حسب درجة الحرارة الخارجية، وهناك وسائل كثيرة متوفرة للتحكم بدرجات حرارة الماء التي تجعل من نظام التدفئة بالماء الساخن طريقة ممتازة للتدفئة.

1-4-3- **التدفئة بالهواء الساخن** Warm – air heating :

يطلق اسم التدفئة بالهواء الساخن على عدة أنواع من التدفئة التي يتم فيها تسخين الأمكنة المراد تدفئتها بوساطة الهواء الساخن. ويمكن تسخين الهواء المرسل إلى الغرف إما بتمريره ضمن فرن خاص حيث يتم فيه حرق الوقود وتوليد الحرارة وبالتالي انتقالها إلى الهواء المار على سطوح الغرف الساخنة، أو بوساطة مسخنات خاصة تتلقى

حرارتها إما من مرور بخار الماء ضمنها أو الماء الساخن، أو بوساطة مقاومات كهربائية تعطي الحرارة اللازمة.

وتتم التدفئة بالهواء الساخن بإحدى الطرائق الثلاث التالية:

1- يتم سحب كل الهواء المراد تسخينه من المحيط الخارجي فيسخن ثم يرسل إلى الغرف ويطرد الهواء الدافئ المستعمل إلى المحيط الخارجي، تعتبر هذه الطريقة ذات كلفة تشغيل عالية، فعلى جهاز تسخين الهواء أن يقوم برفع درجة حرارة الهواء البارد المسحوب من الخارج وتسخينه إلى درجة حرارة عالية تكفي لتدفئة الغرف (يستعمل في المشافي).

2- يتم سحب كل الهواء الموجود في الغرف ويسخن من جديد ثم يُعاد كله إلى الغرف وهكذا يدور الهواء ضمن دارة مغلقة. تعتبر هذه الطريقة أكثر اقتصادية من غيرها، فجهاز التسخين يرفع درجة حرارة الهواء الدافئ إلى درجة الحرارة المطلوبة، وبالتالي يستهلك كمية قليلة من الوقود. من مساوئ هذه الطريقة أنها لاتسمح بتهوية الغرف وتجديد هوائها، لذا لاينصح باستخدامها في الأماكن المكتظة بالسكان لكونها غير صحية.

3- يمكن دمج الطريقتين ببعضهما البعض وذلك بسحب جزء من الهواء من الغرف والجزء الآخر من المحيط الخارجي بشكل تتأمن معها تهوية الغرف دون تكبّد مصاريف تشغيل كبيرة، ويمكن التحكم بنسبة الهواء الجديد مع الهواء المستعمل حسب الحاجة، فعندما تهبط مثلاً درجة الحرارة الخارجية هبوطاً ملحوظاً تنخفض نسبة الهواء الجديد (لتوفير الوقود) كما يمكن أيضاً عند الابتداء بتدفئة المكان الاستغناء نهائياً عن الهواء الخارجي وتشغيل الجهاز بدارة مغلقة فترة من الزمن حتى تدفئة المكان بسرعة وبأقل كلفة ممكنة.

يتم تسخين الهواء في جهاز التسخين الخاص الموضوع في مكان معين من البناء ثم يوزع الهواء الساخن على كافة أرجاء المكان بوساطة مجاري خاصة تنتهي بفتحات إرسال مناسبة، كما يسحب الهواء العائد من عدة نقاط بوساطة فتحات سحب متصلة بمجاري العودة حيث يمتزج بالهواء الخارجي قبل إدخاله بجهاز التسخين لإعادة تسخينه وتوزيعه.

1-5- اقتصادية أجهزة التدفئة:

تتوقف اقتصادية أي جهاز تدفئة على مقدار درجة الاستفادة من الحرارة الموجودة في الوقود لتدفئة البناء وإن أهم الطرائق التي تضيع فيها الحرارة دون فائدة هي التالية:

1- احتراق الوقود احتراقاً غير كامل.

2- الحرارة الضائعة مع غازات الاحتراق الخارجة من المدخنة.

3- بقايا الوقود في الرماد (في حالة الوقود الصلب).

4- الحرارة الضائعة في المرجل أو الفرن عن طريق الإشعاع.

5- الحرارة الضائعة عن طريق الإشعاع في الأنابيب.

6- الخسارة الناتجة عن تدفئة البناء إلى درجات حرارة أعلى من اللازم.

يتوقف مقدار الضياع في الحالات الثلاث الأولى على كيفية تصميم الفرن أو المرجل أكثر مما يتوقف على نوع التدفئة المستعملة، أما ضياعات الحرارة من المرجل أو الفرن بالإشعاع فيُستفاد منها جزئياً عن طريق تدفئة القبو الموضوع فيه المرجل أو الفرن وكذلك عن طريق إرسال بعض هذه الحرارة إلى الغرف الواقعة في الطابق الأرضي فوق غرفة المرجل. إن كمية الضياع هذه هي تقريباً ثابتة بغض النظر عن مقدار الحرارة التي يولدها المرجل أو الفرن، لذا فإنها تصبح ذات نسبة كبيرة فيما إذا كانت الحرارة المتولدة منخفضة، كما يحدث عادة في أيام الشتاء الدافئة وينخفض عندئذ مردود التدفئة انخفاضاً كبيراً، ويلاحظ بشكل خاص ضعف المردود عند الحمولات المنخفضة في حالة التدفئة بالبخار حيث يتم حرق كمية لابأس بها من الوقود دون وصول أية حرارة إلى البناء.

تستعمل الحرارة اللازمة للتدفئة بوساطة أي جهاز تدفئة على الشكل التالي:

1- الحرارة اللازمة للتعويض عن الحرارة الضائعة من البناء.

2- الحرارة اللازمة لتسخين الهواء اللازم للتهوية.

مما لاشك فيه أن الحرارة اللازمة للتعويض عن الحرارة الضائعة من البناء هي الغاية الرئيسية من أي جهاز تدفئة. إلاّ أنه قد يصبح جزء من هذه الحرارة خسارة غير ضرورية وذلك عندما تصبح درجات حرارة المبنى أعلى مما يجب خلال الساعات التي يكون فيها مسكوناً أو خلال الليل أو في أي وقت آخر عندما يكون من الممكن تخفيض درجة حرارة البناء.

يتوقف مقدار الحرارة اللازمة لتسخين هواء التهوية على كمية الهواء الجديد الداخل إلى المبنى. يخرج الهواء الداخل إلى المبنى للتهوية بدرجة حرارة مساوية لدرجة حرارة الغرف. ولذا فإن كمية الحرارة التي يحملها معه زيادة عن الحرارة الموجودة بالهواء الخارجي تعتبر الخسارة الناتجة عن التهوية. وبالرغم من أن هذه الحرارة ينظر إليها من وجهة نظر التدفئة كخسارة إلاّ أنها الثمن الواجب دفعه لتأمين تهوية جيدة وضرورية لراحة الساكنين في المبنى.

1-6- مراحل دراسة أي مشروع تدفئة:

لدراسة أي مشروع تدفئة يمكن تقسيم المشروع إلى المسائل الخاصة التالية:

1- تعيين الحاجات الحرارية للأمكنة (الضياعات الحرارية من الأبنية والأحمال الحرارية الأخرى).

2- إنتاج الحرارة اللازمة لتدفئة الأمكنة ويشمل تحديد استطاعات التجهيزات (المرجل وملحقاته، الحراق، المدخنة، وخزانات الوقود ...الخ).

3- نقل الحرارة بوساطة حامل حراري (الماء أو البخار أو الهواء) ويشمل تصميم شبكة مجاري للماء أو البخار أو الهواء بحسب اللزوم ويجب تحديد استطاعة المضخة أو المروحة التي تحرك الحامل الحراري.

4- توزيع الحرارة ويشمل تحديد عدد وأنواع الأجهزة (مشعات، وحدات تسخين، مبادلات، ...الخ) وأماكنها.

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفصل الثاني

الضياعات الحرارية في الأبنية

Heat losses from buildings

تمهيد :

تعتبر التدفئة المركزية من أهم تطبيقات علم انتقال الحرارة الذي يعتبر بدوره أحد أهم أسس الهندسة الحرارية حيث يعطي رؤية صحيحة للتحليل الهندسي والاقتصادي لدارات التدفئة المركزية وأجهزة تسخين الوسيط العامل.

وحتى نتمكن من تقدير الضياعات الحرارية في المباني بشكل مقبول علينا استثمار المبادئ الأساسية الثلاثة في علم انتقال الحرارة والتي ما هي إلاّ تبسيط رياضي كبير لمعادلات غاية في التعقيد مع المحافظة دائماً على بقائنا ضمن الحلول المثلى لاستثمارات التدفئة.

2-1- مبادئ انتقال الحرارة Principles of heat transfer :

تنتقل الحرارة بوجود منبعين حراريين أحدهما عالي والآخر منخفض بإحدى الطرائق التالية:

2-1-1- **التوصيل** Conduction:

يعتبر التماس المباشر بين ذرات المادة سبب انتقال الحرارة في الأجسام الصلبة، ناهيك عن انتشار الإلكترونات الحرة المتناسبة طرداً مع ارتفاع درجة الحرارة، وتختلف شدة الحرارة بالتوصيل مع اختلاف الطور الفيزيائي للمادة، ففي الموائع يكون التصادم المرن للجزئيات سبب لها أما في الغازات تتصادم ذرات الغاز. كذلك تختلف هذه الشدة مع اختلاف المادة في الطور الواحد، ففي الأجسام الصلبة مثلاً المعادن أفضل المواد الناقلة للحرارة، أما الفلين فهو يستعمل كعازل حراري كونه سيء النقل للحرارة.

وسنعتمد قانون فوريه في التوصيل الحراري في الحالة المستقرة والذي ينص على أن السيالة الحرارية العنصرية (dQ) المنتقلة عبر سطح عنصري سماكته (dx) ومساحته (dA) تعطى بالعلاقة:

$$dQ = -\lambda \frac{dt}{dx}.dA \qquad (2\text{-}1)$$

حيث (λ) عامل التناسب الذي يحدد مدى قدرة المادة على توصيل الحرارة ويسمى بعامل التوصيل الحراري ويعرف بأنه كمية الحرارة المنتقلة في واحدة الزمن من سطح مساحته واحدة السطوح لدى وجود تدرج حراري مقداره درجة مئوية واحدة ويقدر بواحدة $\lambda\left[\frac{W}{m.^oC}\right]$ وتعتبر المادة عازلة للحرارة عندما تكون إيصالتها أقل من 0. $3[w/m.^oC]$. وتعتمد الإيصالية الحرارية على كثافة المادة حيث تتناسب طرداً معها كما أن زيادة الرطوبة ودرجة الحرارة للمادة يؤدي إلى زيادة إيصاليتها الحرارية والجدول (2-1) ينظم قيم الإيصالية الحرارية لمواد البناء (λ).

تعطى قيمة الإيصالية الحرارية (λ) لمواد البناء والمواد العازلة ضمن جداول خاصة وإن قيمة عامل التوصيل الحراري للمواد العازلة ومواد البناء ضمن المجال $\left[\lambda = 0.004....4\right]\frac{W}{m.^oC}$.

ويراعى عند حساب كمية الحرارة الإجمالية المارة من سطح ما التوضع الإنشائي لطبقات البناء . وفيما يلي نوضح هذه الحالات:

أ – جدار مستوي متجانس : الجدار متوازي الطرفين سماكته (δ) مكون من مادة متجانسة إيصاليتها (λ) ودرجتا حرارة السطحين ثابتة (t_1, t_2) حيث درجة الحرارة تتغير فقط بالاتجاه العمودي على سطح الجدار وذلك كما هو موضح بالشكل (2-1) فتعطى كمية الحرارة المنتقلة عبر هذا الجدار مساحته $A\left(m^2\right)$ بالعلاقة:

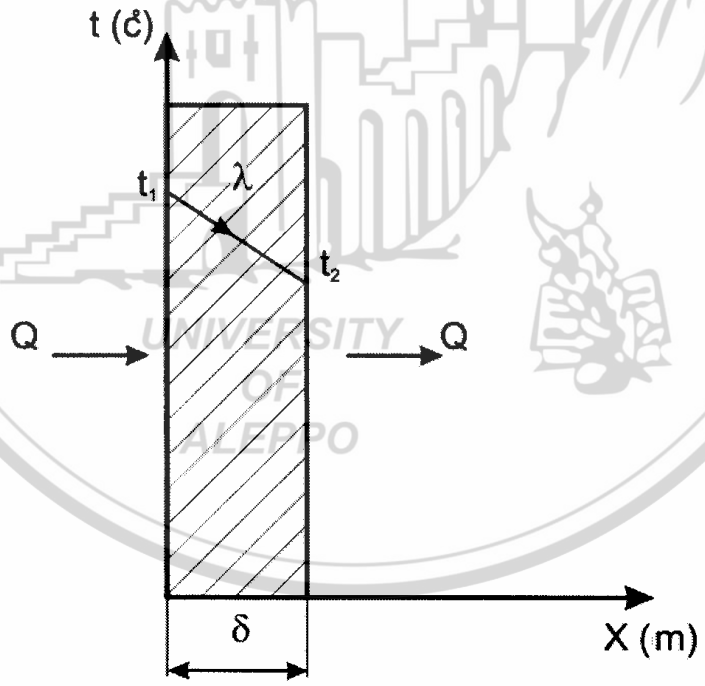
$$Q = \frac{\lambda}{\delta}(t_1 - t_2)A \qquad [W] \qquad (2\text{-}2)$$

الجدول (1-2) الإيصالية الحرارية والكثافة لمواد البناء

نوع المادة	$\lambda(W/m.C^o)$	$R\left(kg/m^3\right)$
بيتون مسلح	1.745	2250
بيتون عادي	1.4	2000
بيتون رغوي	0.233-0.7	1000-400
مؤونة اسمنتية	1.4	1850
بلوك اسمنتي مصمت	1.163	1800
بلوك اسمنتي مفرغ	0.7	1400
حجر كلسي أو رملي	1.86	2400
حجر كثيف (رخام، بازلت ، غرانيت)	3.49	3000
توريقة (زريقة) كلسية	0.87	1860
توريقة جبصينية	0.814	1680
توريقة اسمنتية	1.163	2000
خشب قاسي (بلوط ، سنديان)	0.163	720
خشب طري (شوح، صنوبر)	0.116	510
ألواح اسبستوس مع الاسمنت	0.58	1100
ألواح خشب معاكس	0.116	550
كرتون	0.256	-
ألواح من الفلين	0.04	120
صوف (معدني، زجاجي، صخري)	0.04	50
نشارة خشب غير مرصوصة	0.065	200
بلاط	1.4	2000
قرميد أحمر عادي	0.721	-
بورسلان	1.28	-
ألمنيوم	209.34	2700
حديد مطاوع	60.48	7700
حديد صب	47.68	7100
زجاج	0.814	2500
ورق	0.134	1000
أسبستوس	0.157	2500

تابع الجدول (1-2) الإيصالية الحرارية والكثافة لمواد البناء

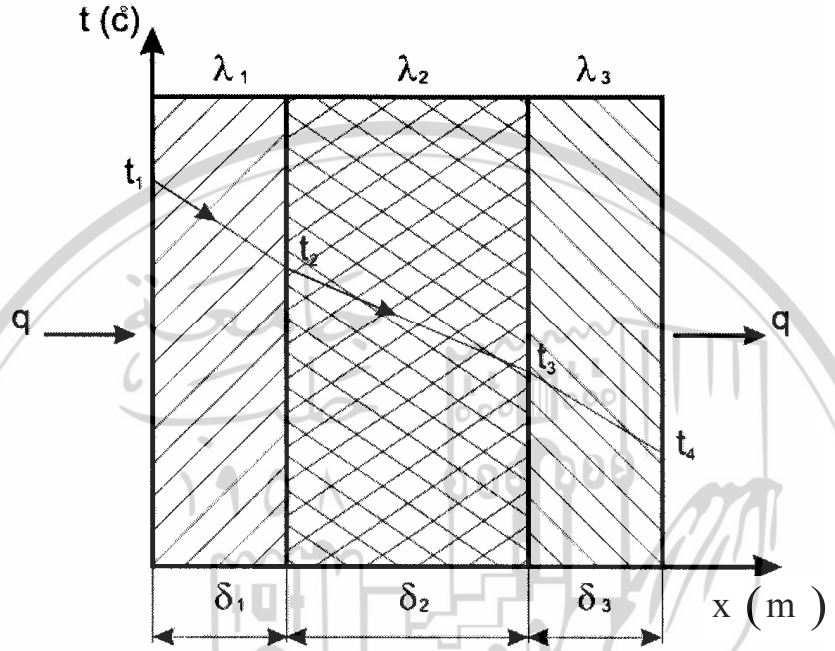
لباد	0.038	-
صوف	0.038	1320
أسفلت	0.7	2100
لينوليوم	0.186	1200
رماد	0.07	700
فحم الخشب	0.088	400
رمل ناشف	0.349	1600
تراب ردم	0.582	-
رمل وبحص برطوبة طبيعية	1.4	-
رمل وبحص ناشف	0.814	-
البوليستيرين	0.036	180-30
البولي اوريتان	0.027	60
قرميد أحمر ناري	0.35	-



الشكل (1-2) مخطط تغير درجات الحرارة على جدار شاقولي

ب – جدار مستوي مركب : تكون عادة الجدران المكونة للأبنية مكونة من عدة طبقات مختلفة المواد والسماكات وليكن لدينا جدار مكون من ثلاث طبقات سماكتها

$(\delta_1,\delta_2,\delta_3)$ وعامل التوصيل الحراري لها $(\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3)$ على التوالي ودرجتا حرارة السطحين الخارجيين للجدار هما (t_1,t_4) ثابتة ومعلومة كما هو موضح بالشكل (2-2).



الشكل (2-2) **مخطط تغير درجات الحرارة لجدار شاقولي مؤلف من ثلاث طبقات**

سنعتبر أن سطوح التماس بين الطبقات هي سطوح متساوية الأحرار (ذات درجة حرارة ثابتة) وأن الحرارة تنتقل بشكل عمودي عليها وسنفرض بأنه لايوجد انتقال للحرارة موازي للسطوح، وفي حالة الاستقرار تكون كمية الحرارة المنتقلة عبر كل طبقة هي نفسها بتطبيق علاقة فوريه نجد:

$$q = \frac{\lambda_1}{\delta_1}(t_1 - t_2)$$

$$q = \frac{\lambda_2}{\delta_2}(t_2 - t_3) \qquad (2\text{-}3)$$

$$q = \frac{\lambda_3}{\delta_3}(t_3 - t_4)$$

وبالتالي فرق درجات الحرارة عبر السطوح يساوي:

$$t_1 - t_2 = q\frac{\delta_1}{\lambda_1}$$

$$t_2 - t_3 = q\frac{\delta_2}{\lambda_2}$$

$$t_3 - t_4 = q\frac{\delta_3}{\lambda_3}$$

بجمع المعادلات نجد:

$$t_1 - t_4 = q\left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}\right) \qquad (2\text{-}4)$$

ومنه تكون السيالة الحرارية المتدفقة عبر الجدار مساوية إلى:

$$q = \frac{t_1 - t_4}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} \quad \left[W/m^2\right] \qquad (2\text{-}5)$$

$$Q = \frac{t_1 - t_4}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} \quad [W] \qquad (2\text{-}6)$$

ج – حالات خاصة في الجدران المستوية :

1- جدار مؤلف من عدة طبقات موازية للسيالة الحرارية: نفرض أن السيالة الحرارية الكلية هي (Q) عامل التوصيل الحراري لكل طبقة $(\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3)$ وباعتبار أن درجة حرارة السطحين الخارجيين للجدار ثابتة هي (t_1,t_2) فكمية الحرارة المنتقلة عبر الجدار وكما هو موضح بالشكل (2-3).

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \frac{\lambda_1}{\delta_1}(t_1 - t_2)A_1 + \frac{\lambda_2}{\delta_2}(t_1 - t_2)A_2 + \frac{\lambda_3}{\delta_3}(t_1 - t_2)A_3 \qquad (2\text{-}7)$$

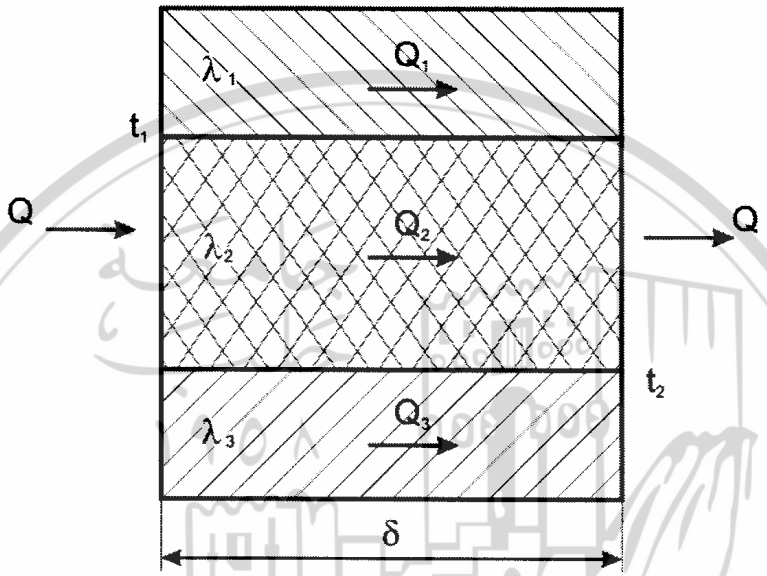
$$Q = \left(\frac{\lambda_1}{\delta_1}A_1 + \frac{\lambda_2}{\delta_2}A_2 + \frac{\lambda_3}{\delta_3}A_3\right)(t_1 - t_2) \qquad (2\text{-}8)$$

أو بدلالة الإيصالية الحرارية المكافئة :

$$Q = \frac{A.\lambda_m}{\delta}(t_1 - t_2) \qquad (2\text{-}9)$$

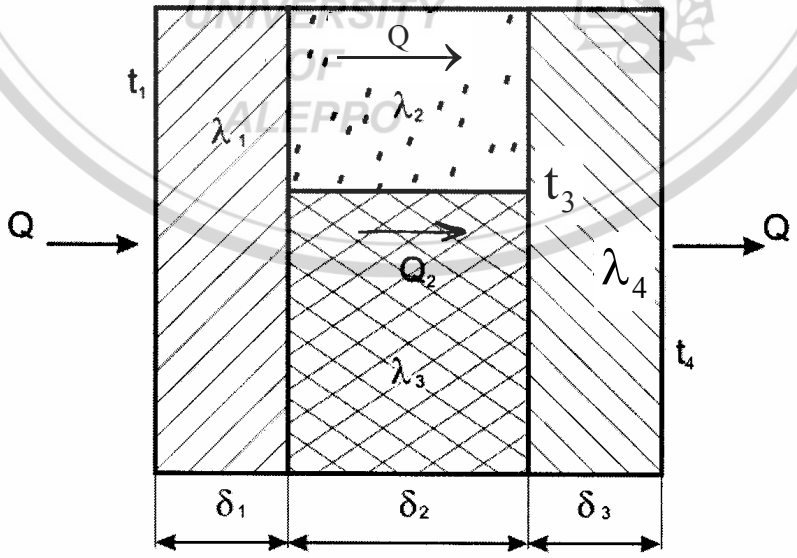
$$A = A_1 + A_2 + A_3$$

$$\lambda_m = \frac{\lambda_1 A_1 + \lambda_2 A_2 + \lambda_3 A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$



الشكل (2-3) **كيفية انتقال السيالة الحرارية عبر جدار أفقي مؤلف من ثلاث طبقات**

2- جدار مؤلف من عدة طبقات موازية وعمودية على السيالة الحرارية من الشكل (2-4) نستطيع أن نكتب:



الشكل (2-4) **كيفية انتقال السيالة الحرارية لجدار مؤلف من طبقات موازية وعمودية على السيالة الحرارية**

$$Q = \frac{\lambda_1}{\delta_1} A (t_1 - t_2)$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{\lambda_2}{\delta_2} A_2 (t_2 - t_3) + \frac{\lambda_3}{\delta_2} A_3 (t_2 - t_3) \qquad (2\text{-}10)$$

$$Q = \frac{\lambda_4}{\delta_3} A (t_3 - t_4)$$

نحل المعادلات السابقة بالنسبة إلى فرق درجات الحرارة:

$$t_1 - t_2 = Q \frac{\delta_1}{\lambda_1 A}$$

$$t_2 - t_3 = Q \frac{\delta_2}{\lambda_m A} \qquad (2\text{-}11)$$

$$t_3 - t_4 = Q \frac{\delta_3}{\lambda_4 A}$$

بجمع المعادلات الثلاث السابقة نجد:

$$t_1 - t_4 = Q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1 A} + \frac{\delta_2}{\lambda_m A} + \frac{\delta_3}{\lambda_4 A} \right) \qquad (2\text{-}12)$$

ومنه تعطى علاقة كمية الحرارة المنتقلة:

$$Q = \frac{t_1 - t_4}{\frac{\delta_1}{\lambda_1 A} + \frac{\delta_2}{\lambda_m A} + \frac{\delta_3}{\lambda_4 A}} \quad [w] \qquad (2\text{-}13)$$

حيث :

$$A = A_2 + A_3$$

$$\lambda_m = \frac{\lambda_2 A_2 + \lambda_3 A_3}{A_2 + A_3}$$

2-1-2- **الحمل** Convection:

الحمل الحراري هو انتقال للمادة والطاقة معاً. ويمكن إيضاح هذه الظاهرة من خلال جريان مائع (سائل أو غاز) على سطح صلب حيث يتم انتقال الحرارة من خلال

شكلين الأول هو انتقال الحرارة بالتوصيل عبر التماس المباشر بين جزئيات المائع والجسم الملامس له، أما الشكل الثاني هو انتقال الحرارة بالحمل ويفسر بحركة جزئيات المائع ونقلها للحرارة معها. إن حركة المائع تكون حرة (نتيجة تغير كثافة المائع الناجم عن تغير درجة الحرارة) وتسمى العملية عندئذ بالحمل الحر (Natural convection) وقد تكون قسرية باستخدام (مراوح – مضخات) وتسمى العملية عندئذ بالحمل القسري (Forced convection) .

ولابدّ من التنويه بأن انتقال الحرارة بين المائع والسطح يتم أساساً داخل الطبقة الحدية التي يشكلها المائع على السطح الملامس له بوساطة التوصيل الحراري ومن المهم في حادثة الحمل الحراري تأمين إزالة سريعة ومستمرة للطبقة الملامسة للسطح الصلب عن طريق تحريك المائع أو باستخدام سطوح ذات أشكال تمنع تشكل وتزايد الطبقة ا لحدية.

إن الحمل الحراري حادثة معقدة جداً تتعلق بعوامل عديدة يصعب تحديدها بدقة نذكر منها:

- طبيعة السطح ووضعيته ونعومته.
- سرعة المائع على السطح (زيادة سرعة المائع تساعد على إزالة وتحطيم الطبقة الحدية التي تعيق انتقال الحرارة).
- طبيعة المائع وخواصه الفيزيائية.

نتيجة لما سبق فإن حساب كمية الحرارة المنتقلة بالحمل تتم استناداً إلى صيغ تجريبية والتي تعطى بشكل لابعدي (باستخدام أرقام عديمة الأبعاد) وتعطى علاقة نيوتن للحمل:

$$Q = \alpha . A \left(t_f - t_w \right) \qquad [W] \qquad (2\text{-}14)$$

حيث:

α : عامل الحمل الحراري بواحدة $\left[W/m^{2o}C\right]$

وهو يعبر عن فعالية انتقال الحرارة بالحمل ويُعرف عددياً بأنه كمية الحرارة المنتقلة في واحدة الزمن عبر واحدة المساحة من أجل فرق في درجة الحرارة بين المائع والسطح الملامس له مقداره درجة مئوية واحدة.

(t_f) درجة حرارة المائع.

(t_w) درجة حرارة السطح الملامس للمائع.

2-1-3- **الإشعاع** Radiation :

هو انتقال سريع للحرارة لمسافات كبيرة دون أن تكون هناك حاجة لوجود وسط مادي وذلك كما يحدث تماماً عند انتشار الضوء.

وقد لوحظ فيزيائياً أن الحرارة والضوء والموجات الكهرومغناطيسية هي ظواهر متشابهة وذات خصائص متطابقة وتختلف فقط بطول الموجة، فالإشعاع الحراري عبارة عن موجات حرارية (موجات تحت الحمراء) ذات أطوال تتعلق أساساً بدرجة حرارة الجسم المشع.

ويمكن تعريف انتقال الحرارة بالإشعاع الحراري بعملية تحول الطاقة للجسم إلى أمواج كهرومغناطيسية تنتقل باتجاه الجسم الآخر ولدى اصطدامها به تتحول إلى طاقة حرارية يمتصها هذا الجسم والأمواج الكهرومغناطيسية التي أطوالها تتراوح ضمن المجال $[0.8-40\mu m]$ تسمى بالأشعة الحرارية أو الأشعة تحت الحمراء وتستطيع أغلب المواد امتصاصها وتحويلها إلى حرارة. وبما أن الأشعة الحرارية ذات طبيعة مشابهة للأشعة المرئية (الضوء) فيمكننا تطبيق قوانين الضوء (الانعكاس، الامتصاص، النفوذ) على الأشعة الحرارية. فهناك أجسام تسمح للأشعة الحرارية بالنفوذ منها (أجسام شفافة) بينما هناك أجسام لاتسمح لها بالنفوذ وتقوم بامتصاصها (أجسام عاتمة) أو تعكسها (أجسام

عاكسة) وهناك أجسام تسمح بنفوذ قسم من هذه الأشعة وتمتص قسماً آخر ويمكن أن تعكس البعض منها.

وبسبب صعوبة إيجاد قوانين مبسطة للإشعاع الحراري. ونظراً لكون تأثير الإشعاع الشمسي هو حل ما يهمنا في أبحاث التدفئة والتكييف. فيمكن أن ندمج حادثي الحمل والإشعاع معاً خلال معامل التوصيل السطحي (f) المعبر عن تأثير الحادثتين معاً ويعطى ضمن جداول خاصة حسب انتقال الحرارة وسرعة الهواء صيفاً أو شتاءً.

الجدول رقم (2-2) عامل التوصيل الحراري السطحي f

	وضعية السطوح	اتجاه انتقال الحرارة	$f(W/m^2.C^o)$	$Rs=1/f$ $M^2.C^o/W$
هواء ساكن	أفقي	إلى الأعلى	9.3	0.108
	أفقي	إلى الأسفل	6.2	0.16
(سطح داخلي)	شاقولي	أفقي	8.4	0.12
هواء متحرك (سطح خارجي) سرعة الهواء				
للشتاء (25 كم / سا)	أية	أية	33.72	0.03
للصيف (10 كم/ سا)	وضعية	وضعية	23.26	0.043

2-2- حساب الضياعات الحرارية Heat losses calculation:

2-2-1- مصادر الضياعات الحرارية Heat losses sources:

ينتج عندما تكون درجة الحرارة الداخلية للمبنى أعلى من درجة حرارة الجو الخارجي ضياع مستمر للحرارة من المبنى إلى المحيط الخارجي. وتكون وظيفة أجهزة التدفئة عندئذ تقديم كمية الحرارة للمحافظة على درجة حرارة المبنى المطلوبة. وتتعلق كمية الحرارة اللازمة لغرفة ما للمحافظة على مستوى درجة حرارتها الداخلية شتاءً ذاتها ولاعلاقة لها مطلقاً بنوع التدفئة المستعملة فهي تتعلق بأبعاد الغرفة وبنوع المواد المستعملة في بنائها وبأبعاد السطوح الخارجية. كما تتعلق بدرجة الحرارة الداخلية ودرجة حرارة المحيط الخارجي.

يعتبر حساب كمية الحرارة الضائعة من كل غرفة من غرف المبنى ذو أهمية أساسية في تصميم أجهزة التدفئة، حيث تستخدم هذه الحسابات لتعيين حجم المشعات

اللازمة وبالتالي تحديد أقطار الأنابيب المطلوبة لنقل وسيط التدفئة بين هذه المشعات واستطاعة المرجل اللازمة ويجب أن تكون كمية الحرارة المتولدة عن أجهزة التدفئة مساوية إلى مجموع كميات الحرارة الضائعة إلى المحيط الخارجي آخذين بعين الاعتبار عامل أمان تقره طريقة الدراسة المتبعة.

معتبرين ثبات درجة الحرارة للوسطين الداخلي والخارجي مع مرور الزمن.

يتم ضياع الحرارة من البناء بعدة طرائق:

أ – يحدث أكبر وأهم ضياع حراري عن طريق التوصيل عبر السطوح الخارجية الفاصلة كالجدران وزجاج النوافذ والسقوف النهائية. وتتعلق كمية الحرارة المتسربة خلال هذه السطوح على سماكتها من جهة وعلى قيمة عامل التوصيل الحراري لكل طبقة من طبقات البناء من جهة أخرى، وكذلك على أبعادها وعلى مقدار فرق درجات الحرارة بين طرفي كل سطح.

ب – يلزمنا كمية كبيرة من الحرارة لتسخين الهواء الخارجي البارد المتسرب عبر شقوق الأبواب والنوافذ إلى داخل الغرفة.

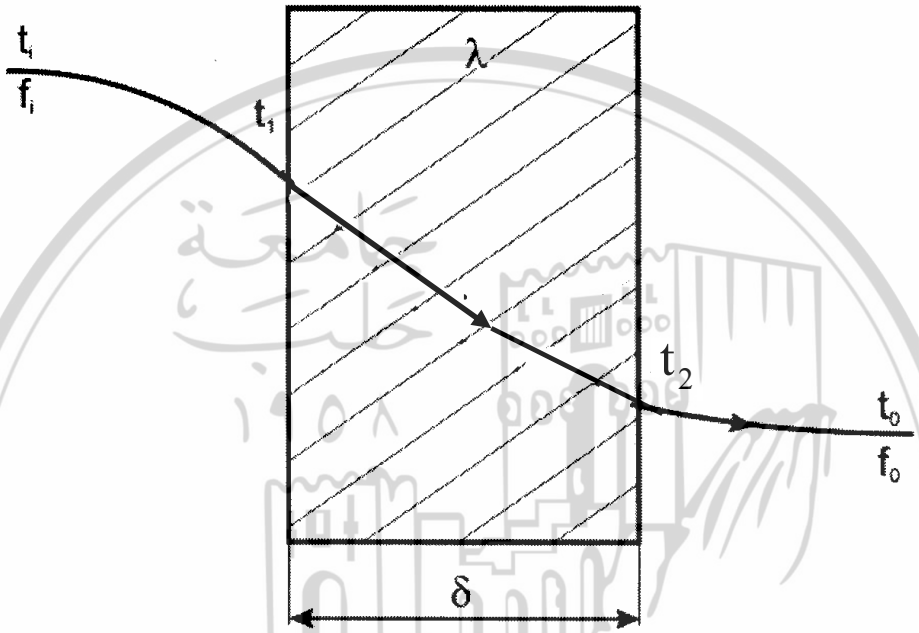
ج – كما يضيع قسم من الحرارة عن طريق التوصيل إلى الأرض عبر السطوح الملامسة للتراب، كما هي الحالة في جدران الأقبية والأرضية.

ويتم حساب كمية الحرارة الضائعة في كل حالة من الحالات الثلاث السابقة بشكل مستقل، ويشكل مجموع الكميات الثلاث الضياع الكلي من الغرفة.

2-2-2- **انتقال الحرارة عبر الجدران** Heat transmission through walls:

تتألف الجدران من أنواع البناء البسيط من مقطع صلب ذي مادة وحيدة ويتم انتقال الحرارة من هواء الغرفة إلى السطح الداخلي للجدار بوساطة الحمل بينما يتم انتقال الحرارة ضمن الجدار نفسه بوساطة التوصيل، ويتم انتقال الحرارة من سطح الجدار الخارجي إلى الهواء الخارجي بوساطة الحمل والإشعاع.

يمكن تمثيل تغير درجة الحرارة عبر جدار ما بالخط $(t_i - t_1 - t_2 - t_o)$ مع ملاحظة أن درجة حرارة السطح الداخلي للجدار (t_1) أقل من درجة حرارة الغرفة (t_i) كما أن درجة حرارة السطح الخارجي للجدار (t_2) أعلى من درجة حرارة الهواء الخارجي (t_o) والشكل (5-2) يوضح تغيرات درجة الحرارة بيانياً.



الشكل (5-2) مخطط تغيرات درجة الحرارة من t_i وعبر جدار حتى t_o

ومن الملائم إيجاد علاقة رياضية يمكن بوساطتها حساب كمية الحرارة المنتقلة عبر الجدار بدلالة درجتي حرارة الهواء الداخلي (t_i) والهواء الخارجي (t_o) في حالة الاستقرار فإن كمية الحرارة المنتقلة من الهواء الداخلي إلى الجدار تساوي إلى كمية الحرارة المنتقلة عبر الجدار وتساوي إلى كمية الحرارة المنتقلة من الجدار إلى الهواء الخارجي وبالتالي:

$$q = f_i(t_i - t_1) \Rightarrow t_i - t_1 = \frac{q}{f_i}$$

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

$$q = f_o(t_2 - t_o) \Rightarrow t_2 - t_o = \frac{q}{f_o}$$

وبجمع المعادلات نحصل على:

$$t_i - t_o = q\left(\frac{1}{f_i} + \frac{\lambda}{\delta} + \frac{1}{f_o}\right)$$

$$q = \frac{t_i - t_o}{\frac{1}{f_i} + \frac{\lambda}{\delta} + \frac{1}{f_o}} = u\left(t_i - t_o\right)$$

حيث f_o, f_i عوامل التوصيل السطحي (الداخلي والخارجي وتعطى من الجدول (2-2). حيث u عامل انتقال الحرارة الإجمالي:

$$u = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{\lambda}{\delta} + \frac{1}{f_o}} \quad \left[W/m^2\,{}^oC\right] \qquad (2\text{-}15)$$

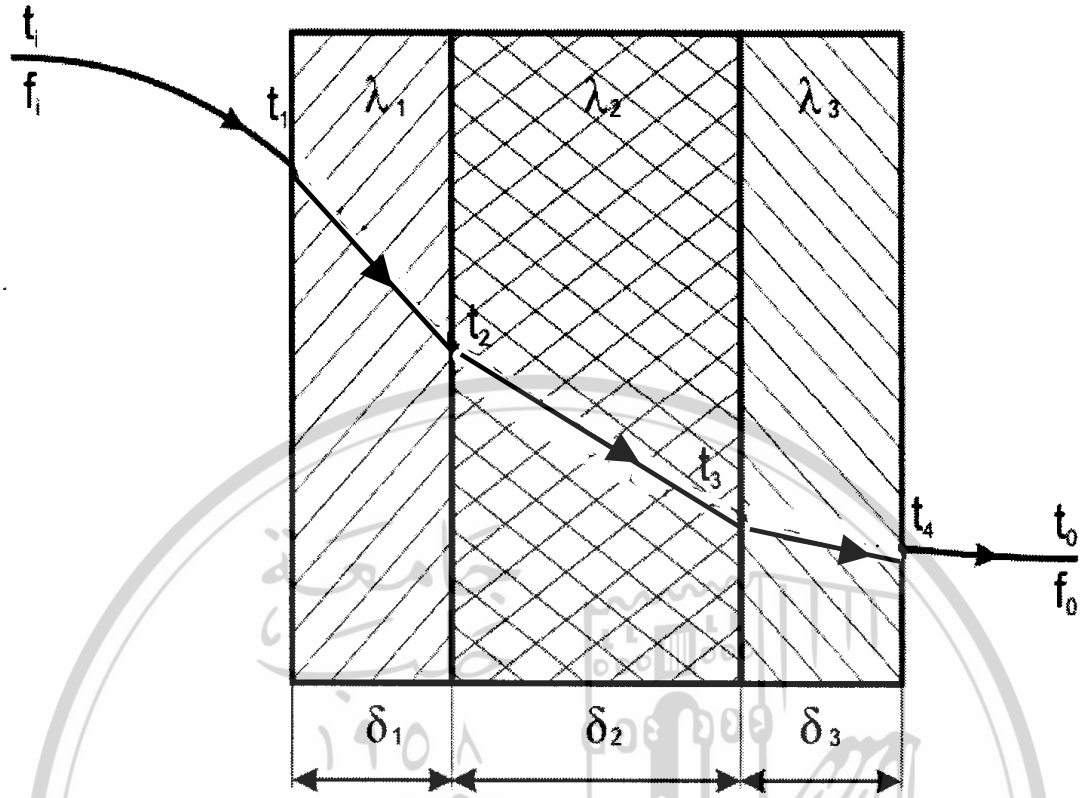
وتكون كمية الحرارة المنتقلة عبر جدار مساحته (A) مساوية إلى:

$$Q = A.u.\left(t_i - t_o\right) \qquad [W] \qquad (2\text{-}16)$$

ويمكن بالطريقة نفسها حساب عامل انتقال الحرارة الإجمالي لأي نوع من الجدران عند معرفة عامل التوصيل السطحي الداخلي والخارجي وعامل التوصيل الحراري لكل مادة من المواد المؤلفة لهذا الجدار. فعامل انتقال الحرارة الإجمالي لجدار مؤلف من عدة طبقات مختلفة عامل التوصيل الحراري لكل منها $(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$ وسماكة كل منها $(\delta_1, \delta_2, \delta_3)$ كما في الشكل (2-6) يساوي إلى :

$$u = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{f_o}} = \qquad [W/m^2.{}^oC] \qquad (2\text{-}17)$$

$$Q = u.A.\left(t_i - t_o\right) \qquad [W]$$

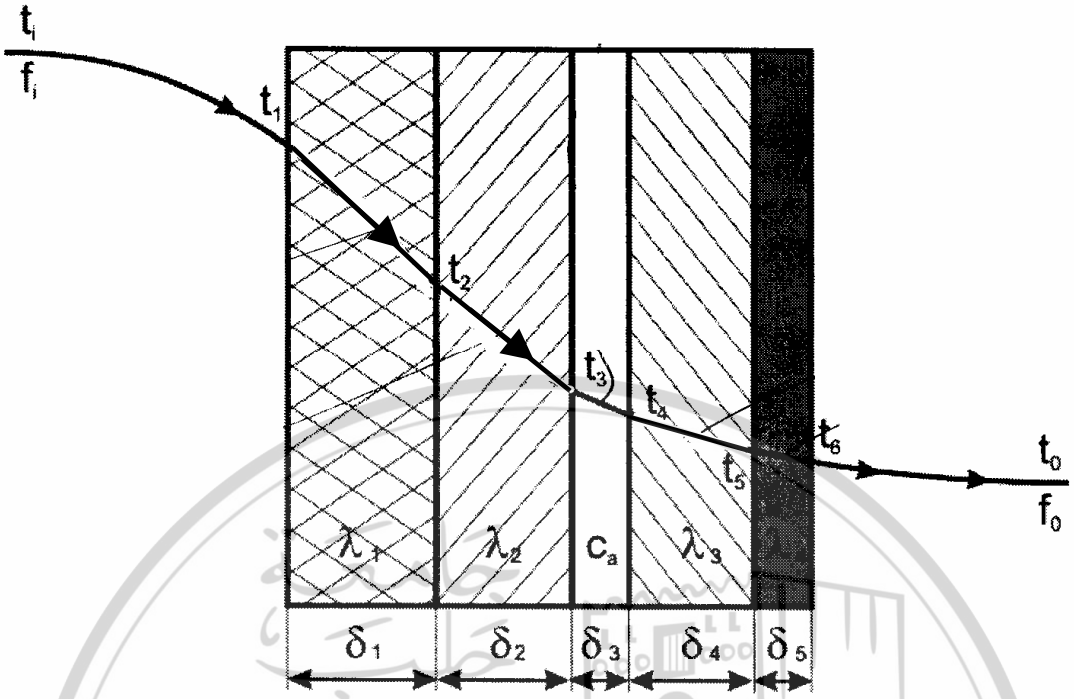


الشكل (2-6) تغير درجات الحرارة من t_i حتى t_o عبر جدار شاقولي مؤلف من ثلاث طبقات

وإذا احتوى الجدار على فراغ هوائي بين طبقاته فيجب عندئذ الأخذ بعين الاعتبار عامل توصيل الفراغ الهوائي (C_a) تعطى قيمته بالجدول رقم (2-3) والشكل (2-7) يوضح هذه الحالة.

الجدول (2-3) عامل التوصيل للفراغ الهوائي C_a

وضعية الفراغ	اتجاه انتقال الحرارة	سماكة الفراغ الهوائي	Ca(W/m².C°)	Rs=1/Ca M².C°/W
أفقي	إلى الأعلى	10-2	6.75	0.15
	إلى الأسفل	2	5.6	0.18
	إلى الأسفل	10	4.65	0.22
شاقولي	أفقي	10-2	5.82	0.172



الشكل (7-2) تغير درجات الحرارة من t_i حتى t_o

عبر جدار شاقولي مؤلف من أربع طبقات مع فراغ هوائي

ويعطى عامل انتقال الحرارة الإجمالي u بالعلاقة التالية:

$$u = \frac{1}{\frac{1}{f_o} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{C_a} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{f_o}} = \quad \left[W/m^2.^oC\right] \quad (2\text{-}18)$$

أ – التوصيل السطحي Surface conductance:

تعتمد قيمة التوصيل السطحي لجسم ما على صفات سطحه (لونه ونعومته) وكذلك على سرعة واتجاه انتقال الحرارة (من الأعلى إلى الأسفل أو من الأسفل إلى الأعلى) وبصورة عامة يؤدي ازدياد خشونة السطح إلى ازدياد توصيله الحراري، كما أن لسرعة الرياح تأثيراً كبيراً، إذ يزداد التوصيل الحراري لسطح ما بازدياد سرعة الرياح المتعامدة عليه.

وفي الجداول اعتبرنا قيم (f_i) من أجل سرعة رياح مساوية للصفر ولكن آخذين بعين الاعتبار اتجاه انتقال الحرارة، إذن قيمة (f_i) من أجل سطح أفقي تمر الحرارة عبره

من الأسفل إلى الأعلى أكبر من قيمتها عندما تمر الحرارة من الأعلى إلى الأسفل وذلك بسبب وجود دوامات هوائية في الحالة الأولى ناتجة عن تلامس هواء الغرفة الساخن بالسطح الأفقي ذي درجة الحرارة الأقل. وهذه الظاهرة طبعاً غير موجودة في الحالة الثانية إذ يكون هواء الغرفة أبرد من السطح الأفقي الملامس له، كما نأخذ بعين الاعتبار وضعية السطح (أفقي أو شاقولي).

أما قيم (f_o) فقد اعتبرت من أجل سرعة رياح تعادل (25 km/h) بالنسبة للشتاء و (15 km/h) بالنسبة للصيف ولايوجد تأثير لاتجاه انتقال الحرارة أو لوضعية السطح على قيمة (f_o) إذ تتوقف هذه القيمة على مقدار سرعة جريان الرياح فقط.

ب – توصيل الفراغ الهوائي Ca:

تحتوي كثير من الجدران والأسقف على فراغات هوائية بين طبقات المواد المؤلفة منها، وذلك إما لأسباب إنشائية أو من أجل تقليل مقدار الحرارة الضائعة. تنتقل الحرارة عبر الفراغ الهوائي بوساطة الحمل والتوصيل والإشعاع وتعتمد قيمتها على مقدار سماكة الفراغ، وعلى مقدار عاكسية سطحيه المتقابلين. لذا تعتبر عملية انتقال الحرارة عبر الفراغ الهوائي عملية معقدة جداً ومن الصعوبة بمكان تحديد عامل التوصيل الحراري للفراغ الهوائي رياضياً. ولكن يمكن قياسها تجريبياً من أجل شروط محددة كما في الجدول (3-2).

مثال (1):

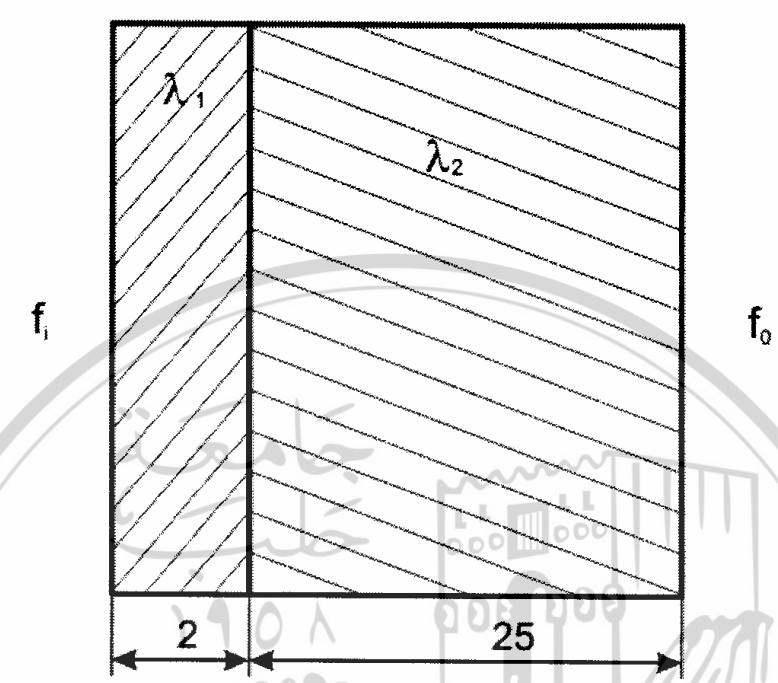
احسب قيمة عامل انتقال الحرارة الإجمالي (U) لجدار يتألف من 25 cm حجر كلسي و 2 cm توريقة اسمنتية داخلية والموضح بالشكل (8-2).

الحل:

من الجدول (1-2) نوجد قيمة عامل التوصيل الحراري لطبقتي الجدار.

عامل التوصيل الحراري للتوريقة الاسمنتية:

$$\lambda_1 = 1.163 \left[\frac{W}{m.^oC} \right]$$



الشكل (8-2) جدار مؤلف من طبقتين

عامل التوصيل الحراري للحجر الكلسي :

$$\lambda_2 = 1.86 \left[\frac{W}{m.^oC} \right]$$

ومن الجدول (2-2) نوجد قيمة عامل التوصيل السطحي.

عامل التوصيل السطحي الداخلي:

$$f_i = 8.4 \left[\frac{W}{m^2.^oC} \right]$$

عامل التوصيل السطحي الخارجي:

$$f_o = 33.72 \left[\frac{W}{m^2.^oC} \right]$$

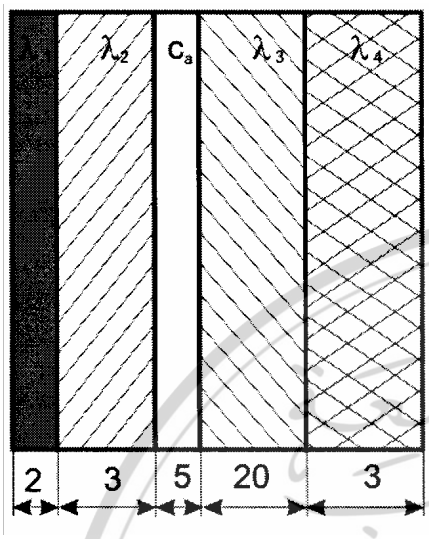
وبالتالي عامل انتقال الحرارة الإجمالي:

UNIVERSITY OF ALEPPO

$$U=\frac{1}{\frac{1}{8.4}+\frac{0.02}{1.163}+\frac{0.25}{1.86}+\frac{1}{33.72}}=3.329\quad\left[\frac{W}{m^2.{}^oC}\right]$$

مثال (2):

احسب قيمة عامل التوصيل الحراري الإجمالي لجدار مؤلف من 2 cm توريقة داخلية كلسية يليها لوح فلين سماكته 3 cm ثم فراغ هوائي سماكته 5 cm ثم بلوك اسمنتي مصمت سماكته 20 cm وأخيراً توريقة اسمنتية خارجية 3 cm.



الشكل (2-9) جدار مؤلف من عدة طبقات مع فراغ هوائي

الحل:

تؤخذ قيمة عوامل التوصيل الحراري $(\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3,\lambda_4)$ من الجدول (2-1)، أما عوامل التوصيل السطحي فتؤخذ قيمتها من الجدول (2-2) فتكون قيمة عامل التوصيل:

$$U=\frac{1}{\frac{1}{f_i}+\frac{\delta_1}{\lambda_1}+\frac{\delta_2}{\lambda_2}+\frac{1}{C_a}+\frac{\delta_3}{\lambda_3}+\frac{\delta_4}{\lambda_4}+\frac{1}{f_o}}$$

$$U=\frac{1}{\frac{1}{8.4}+\frac{0.02}{0.87}+\frac{0.03}{0.04}+\frac{1}{5.82}+\frac{0.2}{1.163}+\frac{0.03}{1.163}+\frac{1}{33.72}}=0.774\left[\frac{W}{m^2.{}^oC}\right]$$

ج – عامل التوصيل الحراري الإجمالي:

يمكن بعد معرفة قيمة (λ) للمواد المؤلفة للجدار حساب قيمة عامل التوصيل الحراري الإجمالي (4) لهذا الجدار. ولقد أعطيت في الجدول (2-4) قيم لمختلف أنواع النوافذ الزجاجية، وفي الجدول (2-5) أعطيت قيم لمختلف أنواع الأبواب.

2-2-3- العزل الحراري Thermal insulation:

يمكن تقدير مزايا العزل الحراري بالنسبة لمقدار ضياع الحرارة عبر جدار ما إذا لاحظنا تأثير قيمة الحد الثالث في مقام الكسر في المثال السابق الذي يدل على مقدار مقاومة العازل. ويعتبر العزل ذو فائدة كبيرة من الناحية الاقتصادية إذ يؤدي استعمال المواد العازلة في الأبنية إلى نقصان ملموس بمقدار الحرارة الضائعة وهذا يؤدي بالتالي إلى توفير في حجم واستطاعة أجهزة التدفئة اللازمة وفي كمية الوقود المستعملة سنوياً. كما يؤدي استعمال المواد العازلة في المباني إلى خلق جو أكثر راحة وذلك بسبب تخفيض مقدار انتقال الحرارة عبر الجدران.

الجدول (2-4) عامل التوصيل الحراري الإجمالي U للنوافذ الزجاجية [$w/m^2.^oC$]

	النوافذ الخارجية			النوافذ الداخلية		
	نافذة خشبية	نافذة فولاذية	نافذة ألمنيوم	نافذة خشبية	نافذة فولاذية	نافذة ألمنيوم
زجاج عادي مفرد	5.83	6.4	7.1	4.5	4.5	4.65
زجاج مزدوج 0.5	3.26	4.2	4.54	2.68	3.37	3.72
مع رفع فراغ 1.0	3	3.72	4.1	2.44	3.14	3.37
هوائي سماكته سم 2.0	2.9	3.6	4	2.44	3	3.26
نوافذ مزدوجة	2.68	3.37	3.72			

الجدول (2-5) عامل التوصيل الحراري الإجمالي U للأبواب [$w/m^2.^oC$]

	نوع الباب	u.
باب خارجي	م. معدني	6.4
	خشبي(سماكة 5 ملم)	2.44
	مع زجاج بسيط	4.65
	مع زجاج مزدوج	2.79
باب داخلي	مع خشب عادي سماكة (4 ملم)	2.21
	مع خشب معاكس مزدوج	1.75

إن للعزل الحراري فوائد صحية بالإضافة إلى الفوائد الاقتصادية ذلك لأنه لايمكن تأمين شروط الارتياح في غرفة ذات ضياعات حرارية كبيرة وتوليد حراري كبير في داخلها فالتيارات المتولدة نتيجة التدرج الحراري تضر وتزعج السكان.

ويجدر بالذكر بأن المواد العازلة تتصف بإيصالية حرارية منخفضة.

ونقول عن مادة ما بأنها مادة عازلة إذا كانت قيمة عامل التوصيل الحراري لها أقل من [0.2 W/m.°C] ومن أهم العوازل نذكر الفلّين، الأسبستوس، الخشب، اللبّاد، والاتجاه حالياً نحو الاعتماد على المواد العازلة المصنّعة وهي عبارة عن خلائط من مواد مختلفة تحوي غالباً على مسامات كثيرة ونذكر منها:

- الصوف الزجاجي ويصنع من خبث الزجاج المصهور والمذرى بالبخار.
- الترونوليت ويصنع من الميكا المتكلسة.
- اسبوميكا وهو مزيج من الأسبستوس والميكا.
- السوفيليت وهو منتج بتروكيميائي.

إن الإيصالية الحرارية لأي مادة تتعلق إلى حد بعيد بمسامية المادة، فكلما ازدادت مسامية المادة انخفضت إيصاليتها الحرارية. وعموماً فإن مسامية المادة هي تابع عكسي مع الكثافة (الوزن النوعي) وعند اختيار المادة العازلة يجب الانتباه إلى الخواص الميكانيكية وتحملها للحرارة والرطوبة. لأن العازلية الحرارية تتأثر كثيراً بالرطوبة فتقل كلما ازدادت الرطوبة.

2-2-4- ضياعات الحرارة من أرضية القبو وجدرانه

Heat losses from basement floor and its walls

يتوقف مقدار انتقال الحرارة خلال جدران وأرضية القبو إلى الأرض الملاصقة على الفرق بين درجة حرارة هواء القبو ودرجة حرارة الأرض. كما تتوقف أيضاً على نوع المواد المؤلفة للجدران والأرضية، وعلى عامل التوصيل الحراري للأرض الملاصقة. ويمكن اعتبار درجة حرارة الأرض أعلى بـ (10) درجات عن درجة حرارة الهواء الخارجي. ولقد دلّت التجارب على إمكانية اعتبار قيمة عامل انتقال الحرارة الإجمالي للأرضية الواقعة تحت مستوى الأرض والملتصقة بها مساوية إلى [$W/m^2.°C$] 0.93 أما مقدار الحرارة الضائعة من خلال النوافذ وجدران القبو الواقعة فوق مستوى الأرض فيجب أن

تحسب بالطريقة العادية أو باعتبار درجة الحرارة الخارجية وعوامل التوصيل الحراري العادية.

2-2-5- **تسرب الهواء** Air infiltration:

لايوجد عملياً بناء محكم بشكل كامل، بل لابد من تسرب الهواء بكميات ذات شأن من خلال شقوق النوافذ والأبواب، وكذلك من خلال وصلات البناء. وبالنظر لأن درجة حرارة الغرفة المدفأة أعلى من درجة حرارة المحيط الخارجي البارد، لذا يكون التسرب دوماً من خارج البناء إلى داخله لأن كثافة الهواء الخارجي البارد هي أكثر طبعاً من كثافة الهواء الداخلي الدافئ.

هناك طريقتان لتقدير كمية الحرارة اللازمة لتسخين الهواء البارد الداخل إلى المبنى عن طريق التسرب ورفع درجة حرارته حتى تبقى مساوية لدرجة حرارة الغرفة.

- الطريقة الأولى : وتعتمد على مقياس طول شقوق النوافذ والأبواب ومن ثم ضرب هذا الطول برقم مناسب (يعين تجريبياً) يمثل حجم الهواء المتسرب بالساعة من شق طوله متر واحد ويختلف هذا الرقم باختلاف مقدار كثافة النوافذ والأبواب المستعملة.

تفيد هذه الطريقة وهي الأكثر دقة وصعوبة في التطبيق بسبب احتياجها إلى القيام بقياسات كثيرة لتحديد أطوال شقوق النوافذ والأبواب وإلى إجراء عمليات حسابية عددية. وعلى كل حال فقد تم إنجاز جداول خاصة لمختلف أنواع النوافذ والأبواب بحيث تعطي هذه الجداول مباشرة مقدار الحرارة الضائعة عن طريق التسرب وذلك بمعرفته أبعاد أي نافذة أو باب ولكنها توافق شروط حرارية خاصة بأوروبا الغربية.

- الطريقة الثانية : وتسمى هذه الطريقة بطريقة تغير الهواء، تفرض هذه الطريقة أن حجم الهواء الموجود في غرفة ما أو مبنى ما يتغير عدداً معيناً من المرات في الساعة الواحدة ويسمى بعدد تغيرات الهواء وتعتبر هذه الطريقة سهلة التطبيق

وعملية وتعطي في معظم الحالات نتائج ذات دقة كافية. يبين الجدول (6-2) عدد تغيرات الهواء لغرفة ما. يمكن بالمعادلة (19-2) حساب كمية الحرارة اللازمة بالساعة لتسخين الهواء المتغير:

$$Q = 0.35.v.n\left(t_i - t_o\right) \quad [W]$$
$$Q = 1.256.v.n\left(t_i - t_o\right) \quad [kJ/h] \qquad (2\text{-}19)$$

حيث إن 1.256 الحرارة النوعية الحجمية للهواء وواحدتها $\left[kJ/m^3.^oC\right]$

v : حجم الغرفة $[m^3]$

N : عدد مرات تغير الهواء بالساعة [h/ مرة].

t_i : درجة حرارة هواء الغرفة $[^oC]$

t_o : درجة حرارة هواء الغرفة $[^oC]$

الجدول (6-2) تغير الهواء في مختلف أنواع الغرف (شتاء)

وصف الغرف	عدد مرات التغير في الساعة(n)
غرفة بدون نوافذ أو أبواب خارجية	0.5
غرفة ذات نوافذ أو أبواب خارجية على جهة واحدة	1
غرفة ذات نوافذ أو أبواب خارجية على جهتين	1.5
غرفة ذات نوافذ أو أبواب خارجية على 3 أو 4 جهات	2
غرفة يتراوح حجمها بين 100 و 500 m^3 } بصرف النظر عن عدد الحبيبات	0.75
غرفة يتراوح حجمها بين 500 و 1000 m^3	0.50
مداخل الأبنية	3
الأبنية العامة	3-1
المطاعم	2
الحمامات	3-2
المطابخ	25-5
المدارس : غرف الدرس وغرف الأساتذة وغرف المطالعة	2
الممرات	2
المكاتب	2

6-2-2- تسرب الهواء في المباني العالية:

تظهر في البنايات العالية ظاهرة جريان الهواء من الطوابق السفلية إلى الطوابق العلوية. وتدعى هذه الظاهرة بـ " ظاهرة المدخنة".

إذ يعتبر البناء في هذه الحالة كمدخنة مرتفعة حيث يسبب اختلاف كثافة الهواء الداخلي الدافئ عن كثافة الهواء الخارجي البارد جريان الهواء من الأسفل إلى الأعلى. ويؤدي ذلك إلى ازدياد تسرب الهواء في الطوابق السفلية من الخارج إلى الداخل. بينما يحدث العكس في الطوابق العلوية. إذ يتسرب الهواء الداخلي إلى الخارج أما في الطوابق المتوسطة فتوجد منطقة محايدة يتعادل فيها الضغط الداخلي مع ضغط الهواء الخارجي، فيتوقف الهواء عن الجريان من الداخل إلى الخارج أو بالعكس.

يمكن التقليل من تأثير ظاهرة السحب بإغلاق جميع الفتحات بين الطوابق إغلاقاً تاماً بقدر الإمكان مثل مطلع الدرج ومحور المصعد، ويعتبر ذلك مهم جداً وضروري في الأبنية المرتفعة إذ بدونه سوف تظل الطوابق السفلية باردة بالنسبة للطوابق العلوية.

2-2-7- درجة الحرارة الداخلية الملائمة:

تتوقف درجة الحرارة الداخلية الملائمة لمكان ما على الغرض من استعمال هذا المكان فغرف ا لجلوس مثلاً تحتاج إلى درجات حرارة أعلى من غرف النوم ويعطي الجدول (2-7) درجات الحرارة المطلوبة لمختلف أنواع الغرف، وتعتبر درجة الحرارة هذه بأنها درجة الحرارة الجافة المقاسة على ارتفاع مستوى خط التنفس لشخص واقف وهذا يعادل (150 cm) عن مستوى أرض الغرفة، أو يمكن اعتبارها (حسب استعمال الغرفة) على ارتفاع مستوى خط تنفس شخص في حالة القعود وهذا يعادل ارتفاع (100cm) عن مستوى أرض الغرفة. كما يجب أن تقاس درجة الحرارة في منطقة تمثل الشروط السائدة في معظم أرجاء الغرفة. فلايجوز مثلاً قياسها في منطقة مجاورة لنافذة خارجية كما لايجوز قياسها بالقرب من مشع.

الجدول (7-2) درجة الحرارة الداخلية في الشتاء لأبنية مختلفة

استعمال الغرف	درجة الحرارة
دور السكن : غرف الجلوس ، النوم ، الطعام	22
المداخل والممرات ودورات المياه	16
الحمامات	26
المطابخ	18
بيت الدرج	12
المكاتب : غرف المكاتب ، غرف الاجتماعات	20
المداخل ، الممرات ، دورات المياه	16
بيت الدرج	15
الفنادق : غرف الجلوس ، النوم ، الطعام	20
المداخل ، المطابخ ، دورات المياه	16
بيت الدرج	15
الحمامات	22
المدارس : الصفوف، غرف الإدارة ، غرف الاجتماع الطعام ، المطالعة	20
الحمامات	22
الممرات ، بيت الدرج ، دورات المياه	16
الملاعب المغلقة وغرف الألعاب	15
المسابح الشتوية	24
المستشفيات : الغرف الخاصة والعنابر	20
غرف المعاينة	22
غرف العمليات	35
الحمامات	26
بيت الدرج ، الممرات ، دورات المياه	18
المسارح ودور السينما : صالات العرض وغرف الاستراحة	20
دورات المياه	16
الجوامع والكنائس ، المخازن ومحلات البيع	18
المطاعم	20
المصانع والورش الميكانيكية	16
الكراجات	12

إن درجة حرارة الهواء عند سقف الغرفة أعلى من درجة حرارته عند مستوى التنفس، كما أن درجة حرارة الهواء عند مستوى أرض الغرفة أقل من ذلك. لذا يجب أن يؤخذ ذلك بعين الاعتبار عند حساب كميات الحرارة الضائعة عبر السقف وخصوصاً عندما يكون ارتفاع السقف كبيراً ويعطي الجدول (8-2) نسبة الإضافة إلى كميات الحرارة المحسوبة للغرف المرتفعة السقوف.

الجدول (8-2) نسبة الإضافات (الجهة، ارتفاع السقف، التقطع)

الجهات	%		بناء خفيف	بناء ثقيل
جنوب ، جنوب غرب، جنوب شرق	0	بناء يدفأ خلال النهار فقط	%10	%15
شرق ، غرب	5	بناء لا يستخدم يومياً	%25	%30
شمال، شمال غرب، شمال شرق	10	بناء بدون تدفئة لمدة طويلة	%40	%50

ارتفاع السقف (متر)	3	4	5	6	7	8	9	12
الإضافة (%)	0	2	3	5	7	10	12	20

من الملاحظ أن الشخص الموجود في غرفة مدفأة ذات نوافذ زجاجية كبيرة يشعر عندما لاتكون أشعة الشمس مخيمة على هذه النوافذ بالبرد مع أن درجة حرارة الغرفة تكون مساوية أو أعلى من المستوى المطلوب، والسبب في ذلك يعود لتأثير درجة حرارة سطح الزجاج المنخفضة التي تسبب امتصاص الحرارة من جسم الإنسان عن طريق الإشعاع الحراري باتجاه هذه السطوح الباردة، فيشعر عندئذ المرء بالبرد بالرغم من أن درجة حرارة الغرفة بالمستوى المطلوب، ويجب في هذه الحالة رفع درجة حرارة الغرفة للتغلب على هذا الشعور.

8-2-2- درجة الحرارة الخارجية وسرعة الرياح:

يتوقف مقدار الحرارة الضائعة من غرفة مدفأة إلى المحيط الخارجي – بالإضافة لما ذكر سابقاً – على كل من درجة حرارة الجو الخارجي وسرعة هبوب الرياح واتجاهها بالنسبة للغرفة، ويتوقف مقدار نسبة أهمية كل من هذين العاملين على تصميم المبنى الإنشائي. لذا فمن أجل المباني العادية حيث تصمم أجهزة التدفئة على أسس الحمولة الحرارية العظمى، قد يكون من المرغوب فيه انتقاء أسوأ الشروط بالنسبة لدرجة الحرارة وسرعة الرياح التي يتوقع حدوثها إلاّ أن هذا غير ضروري عملياً ويؤدي إلى إسراف في التصميم وليس من المعتاد اختيار أخفض درجة حرارة سجلت للمنطقة التي سيشيد عليها المبنى وإنما يتم تحديد درجة حرارة التصميم الخارجية بحيث تكون أعلى $(8\,^{o}C)$ على الأقل من درجة الحرارة المطلقة لهذه المنطقة إذ إن السعة الحرارية للبناء كفيلة بالتغلب على درجات الحرارة المنخفضة جداً التي تحدث خلال عدة ساعات فقط في

بعض الليالي الشديدة البرودة وتدل الدراسات التي تمت على تسجيلات درجات الحرارة الخارجية الدنيا إذ إن شروط الطقس المنخفضة جداً لاتتكرر كل سنة. فإذا تم تصميم أجهزة التدفئة باستطاعة كافية لشروط الطقس الدنيا فيكون هناك دوماً استطاعة زائدة خلال معظم الأيام التي تعمل خلالها الأجهزة. يعطي الجدول (9-2) الشروط الصحيحة لبعض المدن السورية.

الجدول (9-2) الشروط التصميمية لبعض المدن السورية

اسم المدينة	الارتفاع عن سطح البحر(m)	عدد الأيام التي تنخفض فيها الحرارة تحت الصفر	درجة الحرارة الخارجية (C)	الرطوبة النسبية (%)
دمشق	729	19	1-	70
حلب	392	32	2-	80
حمص	487	28	2-	80
حماه	316	20	1-	80
دير الزور	204	23	1-	25
اللاذقية	10	2	4+	75
طرطوس	15	0	5+	70
النبك	1325	_	5-	70
الزبداني	1200	57	5-	80
صلخد	1447	17	2-	70
الحسكة	300	45	2-	80
السلمية	480	36	2-	80
الرقة	251	31	2-	80
السويداء	1010	11	2-	70
القامشلي	467	12	2-	70
القنيطرة	141	5	2-	80
تدمر	404	22	1-	75
صافيتا	350	0	3+	70
جبلة	14	0	5+	70

9-2-2- تأثير الجهة والتعرض للرياح:

يؤثر اتجاه جدران الغرفة الخارجية في كمية الحرارة اللازمة لها وذلك بسبب الإشعاع الشمسي المباشر على جدرانها الخراجية ونوافذها المتجهة للجهة المشمسة. فالغرفة التي لها واجهة جنوبية تكون عادة أدفأ من الغرفة المماثلة التي لها واجهة شمالية وذلك بسبب تعرض الغرفة الأولى إلى أشعة الشمس وعدم تعرض الغرفة الثانية

لذلك يجب أخذ ذلك بعين الاعتبار عند حساب كمية الحرارة اللازمة. يعطي الجدول (8-2) النسب المئوية الواجب إضافتها إلى كميات الحرارة المحسوبة لكل غرفة من الغرف وذلك بالنسبة لاتجاه جدرانها الخارجية فقط، ويجب عندما يكون للغرفة أكثر من جدار خارجي أن يؤخذ أكبر عامل إضافة من أجل كامل الغرفة.

كما أن لمقدار تعرض المبنى للرياح تأثيراً في مقدار الحرارة الضائعة منه فالطوابق العلوية مثلاً (أعلى من ستة طوابق) تتعرض لرياح أقوى من الطوابق السفلية في المبنى نفسه. وبالتالي فإن كمية الحرارة الضائعة من طابق علوي تكون أكثر من الحرارة الضائعة من طابق سفلي. وقد نجد من الضروري إضافة مقدار (10-20%) إلى الحرارة اللازمة للطوابق العلوية للتغلب على تأثير الرياح.

2-2-10- تأثير التقطع في العمل:

هناك أبنية أو بعض أجزاء البناء لاتعمل بصورة مستمرة مثل المعامل، المدارس، الجوامع وما شابه فعند إيقاف التدفئة تنخفض درجة حرارة المبنى والأثاث ويتطلب إعادة تدفئتها كميات إضافية من الحرارة تابعة لمدة التدفئة ونوعية البناء والجدول (8-2) يعطي النسب المئوية الواجب إضافتها إلى كميات الحرارة المحسوبة لكل غرفة.

2-2-11- مصادر الحرارة المساعدة:

أ – الحرارة التي تصل عن طريق الأشخاص ويتعلق مقدارها بنوع النشاط الذي يقوم به الشخص ويعطي الجدول (10-2) كمية الحرارة المنتشرة من الأشخاص.

ب – الحرارة من المحركات الكهربائية والآلات $Q = E . P$.

حيث P استطاعة الآلة الكهربائية، E : المعادل الحراري وقيمته 1000 عندما تكون الاستطاعة مقدرة بالكيلواط و 746 عندما تكون الاستطاعة مقدرة بالحصان.

الجدول (10-2) كمية الحرارة المنتشرة من الأشخاص

نوع النشاط	التطبيقات العملية	متوسط كمية الحرارة المنتشرة [W]	درجة الحرارة الجافة للغرفة 27 C°		26 C°		المكيفة 24 C°		[w]
المنفذ من قبل الأشخاص			كمية الحرارة المنتشرة		مـــن		الأشخاص		
			محسوسة	كامنة	محسوسة	كامنة	محسوسة	كامنة	
التمدد في الفراش		70	-	-	46.5	23.5			
جلوس بدو حركة	السينما،المسرح	105	58.5	46.5	64	41	70	35	
جلوس مع حركة خفيفة جداً		116	58	58	64	52	70	46	
عمل خفيف جداً (عمل مكتبي،وقوف، سير بطيء	مكتبات ، فنادق،مخازن تجارية صغيرة	128	58	70	64	64	70	58	
عمل خفيف	المصارف، المخابر	145	58	87	64	81	75	70	
عمل خفيف متوسط	مطاعم،مخازن	163	64	99	70	93	81.5	81.5	
عمل متوسط	ورش،مصانع صغيرة	220	64	156	75	145	87	133	
عمل مجهد	رقص،تمثيل، رياضة	245	70	175	82	163	93	152	
عمل شاق	، مصانع	290	85	205	100	190	115	175	
عمل شاق جداً	حدادة،رياضة عنيفة	410	135	275	145	265	150	260	

ج – الحرارة المنبعثة من الأنوار الكهربائية :

لمبات عادية متوهجة $Q = P$

لمبات فلورسانت $Q = 1.25\ P$

حيث P استطاعة اللمبة مقدرة بالواط أو يمكن اعتبار كمية الحرارة المنبعثة من الأنوار الكهربائية تساوي $Q = 20$ [W] لكل متر مربع من المساحة الأرضية.

د – مصادر أخرى : وتشمل الحرارة الناتجة عن عمليات الاحتراق والعمليات الصناعية وكذلك الحرارة المنبعثة من السطوح الساخنة مثل المدخنة وأنابيب الماء الساخن أو البخار... الخ.

في الأبنية السكنية نهمل عادة حساب المصادر المساعدة لعملية التدفئة نظراً لضآلتها ولكونها تدخل كعنصر مساعد غير مضمون، أما في الأبنية الصناعية أو في المطاعم أو السينما حيث تشكل مصادر الحرارة المساعدة كميات هامة فيجب عندئذ حسابها كما لها من تأثير اقتصادي على مجمل عملية التدفئة.

2-3- لوحة حساب الضياعات الحرارية:

وهي تسهل الحساب وتقلل إلى حد بعيد أخطاء الحساب وتنظم العملية بشكل متسلسل. وجدير بالذكر أن فرق درجات الحرارة Δt هو كمية جبرية يمكن أن تأخذ إشارة (+) عندما يكون انتقال الحرارة من المكان المراد حسابه إلى الخارج وتأخذ إشارة (−) عندما يكون الاتجاه بصورة عكسية، وهذه الملاحظة مهمة بشكل خاص عند حساب الأحمال الحرارية للممرات، ففي كثير من الأحيان تزيد الحرارة المتسربة إلى الممر من الغرف المجاورة (والتي عادة تكون ذات درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الممر) عن كمية الحرارة الضائعة للخارج وعندها لايحتاج الممر إلى أي تدفئة.

2-4- التهوية:

يمكن تهوية مكان ما بنوعين من التهوية:

- تهوية طبيعية
- تهوية ميكانيكية.

لقد وضعت قاعدة عامة لمعرفة ما إذا كانت كمية الهواء المتسربة تكفي أو لاتكفي لأغراض التهوية ومن مقتضيات هذه القاعدة أن يكتفى بهذا التسرب في تهوية المساكن والمكاتب إذ لم يوجد بها كمية كبيرة من التدخين أو الأطعمة أو الروائح غير المقبولة أي أن التهوية طبيعية تكون كافية وذلك عند توفر الشروط التالية:

1- أن نخص الفرد من مساحة أرض الغرفة كحد أدنى $\left(5\mathrm{m}^2\right)$.

2- أن يخص الفرد من حجم الغرفة كحد أدنى $\left(15\mathrm{m}^3\right)$.

3- أن تكون نسبة النوافذ والفتحات بالجدران 5% على الأقل من مساحة أرض الغرفة.

ملاحظة : في الأماكن العامة حيث يكون مكوث الشخص أقل من ثلاث ساعات يمكن الاكتفاء بنصف الرقم الأول أي أن يخص الفرد من مساحة المكان $\left(2.5m^2\right)$ كحد أدنى فقط.

ويكون عادة حمل التهوية في المعادلة (20-2) يساوي:

$$Q = 0.35 \,.n.v\Delta t \qquad (2\text{-}20)$$

حيث n : عدد الأشخاص الكلي.

v : كمية الهواء اللازمة للشخص الواحد.

عادة نحسب حمل التسرب وحمل التهوية وفي الأماكن غير السكنية نأخذ الحمل الأكبر أما في الأماكن السكنية نأخذ دائماً حمل التسرب.

مثال (3):

احسب الضياع الحراري للغرفة رقم (1) في منزل سكني في الطابق الخامس والأخير ويقع في مدينة حلب، وإن ارتفاع الغرفة (3m). وتركيب السقف :

1- 2 cm زريقة كلسية، 2- 15 cm بيتون مسلح، 3- 10cm بلوك اسمنتي مفرغ ، 4- 2 cm تراب ردم ، 5- 3 cm بلاط.

تركيب الجدران الخارجية :1- 10cm حجر كلسي،

2- 10cm فراغ هوائي

3- 10cm قرميد مصمت (بلوك اسمنتي)،

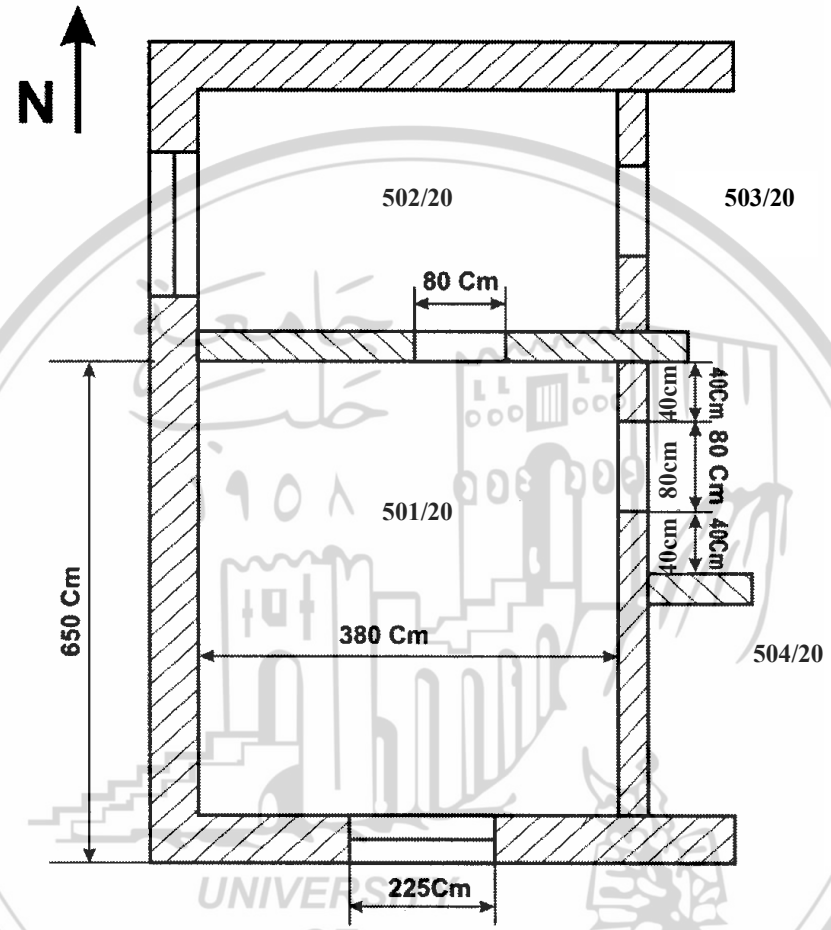
4- 2cm توريقة كلسية.

تركيب القواطع الداخلية:

1- قرميد مفرغ 15cm.

2- زريقة كلسية من الجانبين سماكة 2 cm.

ارتفاع الباب وهو من خشب معاكس مزدوج 2m وارتفاع النافذة 150cm وإنها نافذة ألمنيوم.



الشكل (10-2)

الحل:

نحسب أولاً عامل انتقال الحرارة للجدران الخارجية والداخلية والسقف:

- عامل انتقال الحرارة للسقف:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{C_a} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{f_o}}$$

من الجدول (2-1) نوجد عامل التوصيل الحراري لمواد البناء، ومن الجـدول (2-2) نوجد عامل التوصيل الحراري السطحي f.

$$f_i = 9.3 \left[\frac{W}{m^2.{}^oC}\right]$$

$$f_o = 33.72 \left[\frac{W}{m^2.{}^oC}\right]$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{9.3}+\frac{0.02}{0.87}+\frac{0.15}{1.745}+\frac{0.1}{0.7}+\frac{0.02}{0.582}+\frac{0.03}{1.4}+\frac{1}{33.72}} = 2.248\left[\frac{W}{m^2.{}^oC}\right]$$

- عامل انتقال الحرارة للجدران الخارجية.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8.4}+\frac{0.1}{1.86}+\frac{1}{5.82}+\frac{0.1}{1.163}+\frac{0.02}{0.87}+\frac{1}{33.72}} = 2.07\left[\frac{W}{m^2.{}^oC}\right]$$

- عامل انتقال الحرارة للقواطع الداخلية:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8.4}+\frac{0.02}{0.87}+\frac{0.15}{0.7}+\frac{0.02}{0.87}+\frac{1}{8.4}} = 2\left[\frac{W}{m^2.{}^oC}\right]$$

لايوجد انتقال حرارة بين الأرض والمكـان الـذي في أسـفله لأن الغرفـة الـتي في أسفلها لها درجة الحرارة نفسها.

- عامل انتقال الحرارة للأبواب من الجدول (2-5) :

$$U = 1.75 \left[\frac{W}{m^2.{}^oC}\right]$$

- عامل التوصيل الحراري الإجمالي U للنوافذ من الجدول (2-4):

$$U = 3.72 \left[\frac{W}{m^2.{}^oC}\right]$$

بما أننا في مدينة حلب نختار درجة الحرارة التصميمية (2-) في الجدول (2-9) .

- الأحمال تحسب من العلاقة:

$$Q = U.A.\Delta t$$

ويمكن أن نرتب الحسابات في لوحة العمل رقم (1):

1. Heat loss calculations

Room No (t.^{o}C)	Structures Or air change	No off	Dimensions meter			Area or volume m^2 or m^3		Heat Coeff $W/m^2.{}^{o}C$	Δt ^{o}C	Heat loss W
			L	W	H	Gross	Net			
501	Wind. S	1	2.25	-	1.5	3.75	3.75	3.72	22	276
	Wall S	1	3.8	-	3	11.4	8.025	2.07	22	365
	Wall. W	1	6.5	-	3	19.5	19.5	2.07	22	888
	Door E	1	-	0.8	2	1.6	1.6	1.75	5	14
	Wall E	1	1.6	-	3	4.8	3.2	2	5	32
	Ceiling	1	6.5	3.8	-	24.7	24.7	2.248	22	1221
	Air change	1	6.5	3.8	3	74.1	74.1	0.35	22	570
										3366
	Addition	%0 + %10 + %5 = %15 of total								505
		Total losses								3871

UNIVERSITY OF ALEPPO

الفصل الثالث

أجهزة التدفئة بالماء الساخن

Apparatus of Hot – Water Heating

3-1-تمهيد :

نحتاج في أنظمة التدفئة بالماء الساخن إلى أجهزة توضع في الأمكنة المراد تدفئها حيث تعمل على استخلاص الطاقة الحرارة من الماء الساخن ونقلها إلى المكان المدفأ وأشهر أنواع (أجهزة بث الحرارة) هي المشعات التي تطلق الحرارة بوساطة الإشعاع والمبادلات بوساطة الحمل وأيضاً هناك وحدات تسخين التي تعطي حرارتها لتيار من الهواء تحركه مروحة خاصة وأخيراً هناك الوشائع المكشوفة أو المطمورة داخل الجدران، الأرض والسقف.

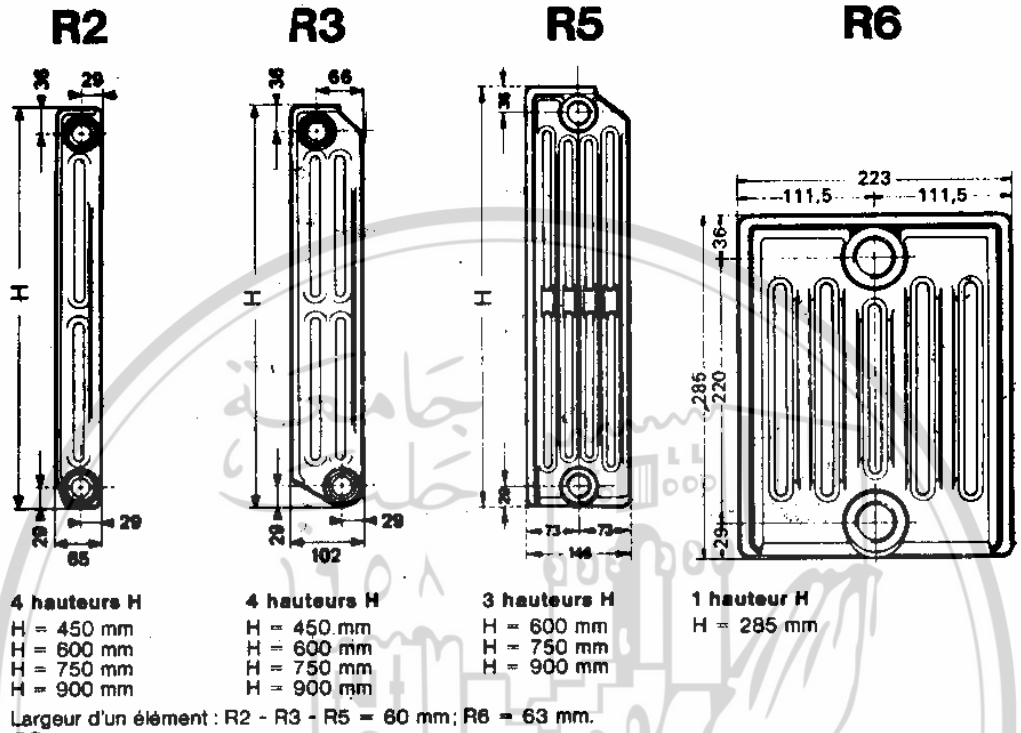
3-1-1- **المشعات** Radiators:

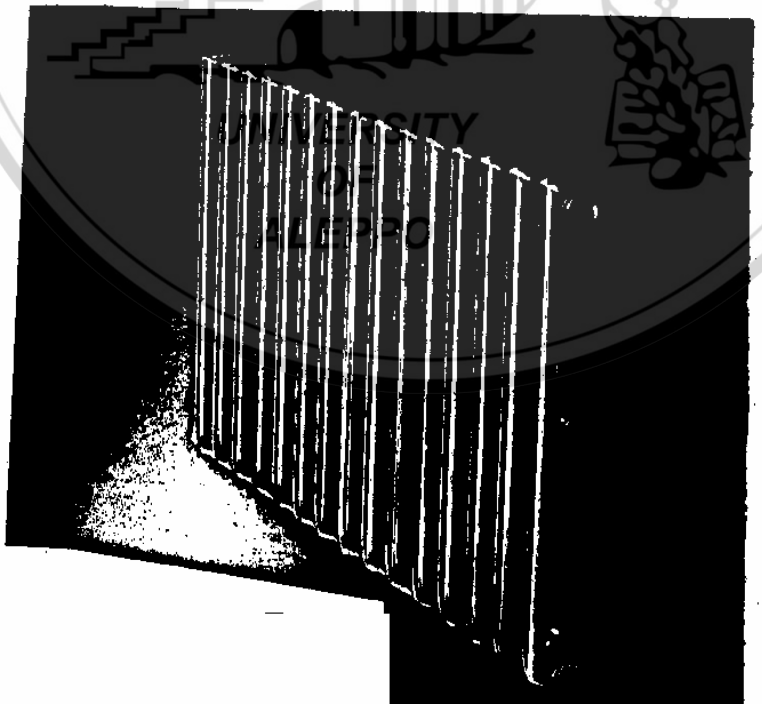
وتصنع عادة من حديد الصب أو من الفولاذ وحديثاً بدأ يشيع استخدام خلائط الألمنيوم، ويشكل المشع من مجموعة من مقاطع منفصلة تجمع إلى بعضها البعض بواسطة صواميل مضاعفة اللولب وتصنع المقاطع بأبعاد مختلفة بحيث إنه من أجل مشع ذو مساحة إشعاع محددة فهناك مجال واسع أمام المصمم لأن يختار الشكل والمقاس ليلائم المكان الذي سيوضع فيه، والشكل (3-1) يوضح بعض أشكال المشعات.

يعلق المشع على الجدار بوساطة حمّالات خاصة وقد اتفق على توحيد سمك المقطع الواحد بحيث يكون 60mm وبهذا الشكل يسهل حساب طول المشع

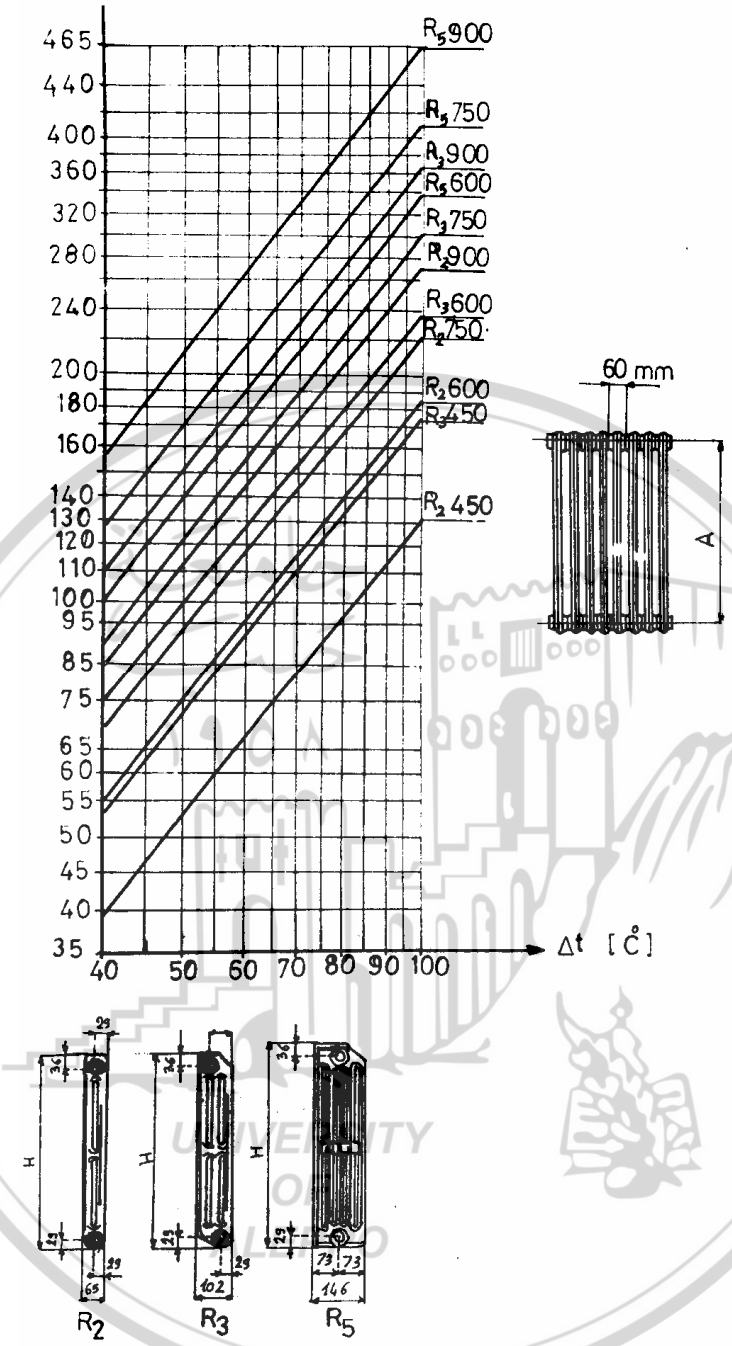
طول المشع = عدد المقاطع × 60 + 30[mm]

بعد تحديد طراز المشع المناسب يمكن تحديـد عـدد مقاطعـه اسـتناداً إلى اسـتطاعة المقطع الواحد والذي يعطيه الصانع الموضح بالشكل (2-3)





الشكل (3-1) مشعات من حديد الصب



الشكل (2-3) المشعات مع استطاعة المقطع الواحد من المشع

مثال (1) :

ماهو عدد المقاطع من المشعات نوع R_2 ارتفاع 900mm اللازمة لتدفئة غرفة يبلغ مجموع الضائعات الحرارية منها 2800W حيث إن درجة حرارة الغرفة ($20C^{\circ}$) ودرجة حرارة الماء الساخن ($85C^{\circ}$) والماء الراجع ($75C^{\circ}$).

الحل:

درجة الحرارة الوسطية للماء في المشع :

$$\frac{85+75}{2}=80C^{o}$$

فرق درجة الحرارة :

$$80-20=60C^{o}$$

ونلاحظ من الشكل (2-3) أن الإشعاع الحراري يبلغ [144W] = q لكل مقطع عدد المقاطع اللازمة هو:

$$n=\frac{Q}{q}=\frac{2800}{144}=19.4\approx 20 \text{ مقطع}$$

إن تجميع المقاطع لتشكيل المشعات وتحديد أماكن هذه المشعات يجب أن يخضع لبعض المعايير نذكر منها:

- لايجوز تجميع أكثر من 40 مقطعاً في كل مشع.
- عندما يتجاوز عدد المقاطع في مشع (20) مقطعاً يجب أن تكون جهة دخول الماء من أحد أطراف المشع وخروجها من الطرف الآخر ولايجوز أن تتم التغذية والرجوع من نفس الطرف إلاّ من أجل مشع تقل عدد مقاطعه عن 20 مقطعاً.
- لايجوز تغذية أكثر من (4) مشعات من نفس الصاعد في نفس الطابق.
- إن للدهان تأثير هام على مقدار الإشعاع الحراري يمكن إيجازه كما يلي:
  - مشع عادي (بدون دهان) يشع حرارة نسبية 100%
  - مشع مدهون بالألمنيوم 93.7%
  - مشع مدهون بالذهبي (برونز مذهب) 92.6%
  - مشع مدهون بلون كريم 104%

ولا تدخل هذه الفروقات في الحساب العملي لأن لون المشع قد يتغير بتغير ديكور المنزل.

أين نضع المشع ؟ :

للإجابة على هذا السؤال لابد من دراسة التأثير التسخيني للمشعات !

في أي غرفة مدفأة هناك تدرج حراري بين الأرضية والسقف ناتج عن ارتفاع الهواء الساخن نحو الأعلى. وبما أن المنطقة التي يشغلها السكان هي المنطقة السفلية من الغرفة فالحرارة يجب أن تقدم إلى الغرفة عند المستوي السفلي.

ومن النواحي الصحية يفضل أن يكون التدرج الحراري ضمن المنطقة المأهولة صغيراً فالإنسان يتأثر ولايشعر بالارتياح عندما يكون هناك مشع درجة حرارته مرتفعة وخاصة إذا كان مضطراً إلى مجاورة المشع لمدة طويلة كما هو الحال في المدارس ويجب عند ذلك تغطية المشع بأغطية تمنع الإشعاع الحراري المباشر. ولكن هذه الأغطية تخفف استطاعة المشع.

مثال (2) :

حدد المشعات المناسبة للغرفة (1) في المنزل السكني في المثال السابق.

الحل:

إن ارتفاع النافذة هو 110cm لذلك فارتفاع المشع يجب أن يكون أقل من ذلك نختار مشع ارتفاعه 75cm وفيه ثلاثة أصابع وبفرض أن درجة حرارة ماء التغذية 90/70 فتكون درجة الحرارة الوسطية:

$$tm = \frac{90+70}{2} = 80C^{o}$$

ويكون فرق درجات الحرارة $t_m - t_i = 80 - 20 = 60C^{o}$ تقاطع هذه القيمة مع النموذج $R_3 750$ في الشكل (2-3) فنجد أن الإشعاع الحراري لكل مقطع يساوي $q = 155W$.

يكون عدد المقاطع اللازمة:

$$n = \frac{Q}{q} = \frac{3871}{155} = 24.97 \approx 25 \text{ مقطع}$$

$$L = 25 \times 60 + 30 = 1530[mm] \text{ طول المشع}$$

ويمكن أن نرتب الحسابات في لوحة العمل رقم (2).

2. Heat Required and Radiators

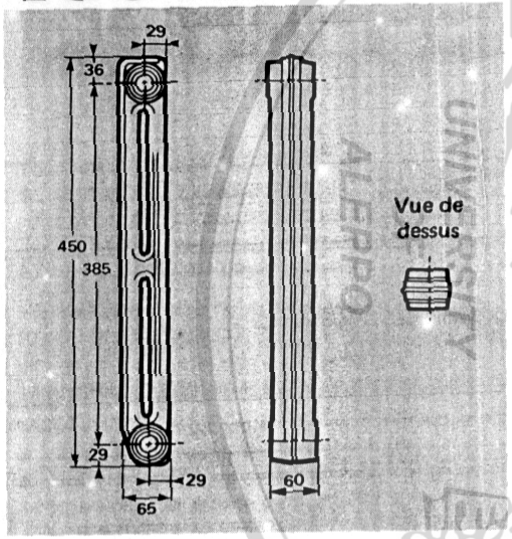
Room			Radiators						
No. (C^o)	Disign	Heat Req W	t_m-t_l C^o	Type	Size	No. of Coil	Heat Per.sec W	No of Rad x sec	Total heat W
501	Leaving room	3871	60	R3	750	3	155	1 × 25	3875

UNIVERSITY OF ALEPPO

الاستطاعة الحرارية للمقطع الواحد من المشعات تبعاً لفرق درجات الحرارة

Radiateurs Rideau R2

450 mm



caractéristiques principales

Diamètre bague assemblage	1" (26/34)
Contenance en eau pour 10 éléments	3,41 litres
Surface de chauffe conventionnelle pour 10 éléments	1 m^2
Poids approximatif d'un élément assemblé	2,70 kg

Puissances calorifiques d'un radiateur de 10 éléments (voir page 126)

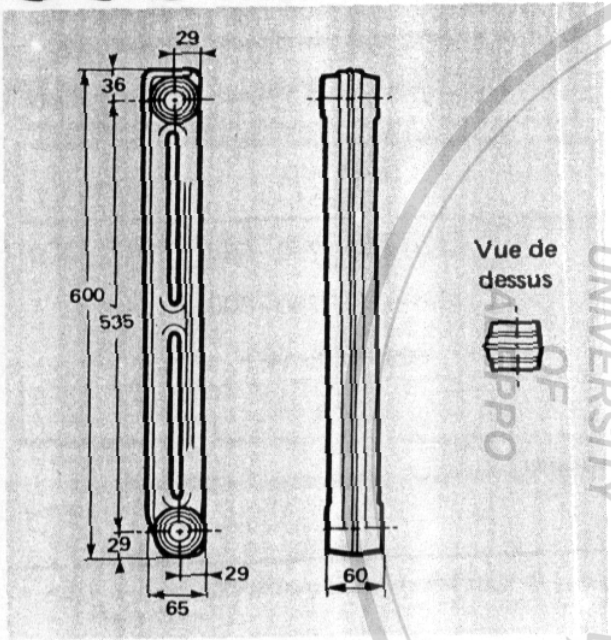
Température moyenne du fluide	Puissance calorifique pour différentes températures du local									
	16°C		18°C		20°C		22°C		26°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
100°C	893	768	865	744	839	721	813	699	759	653
95°C	826	710	799	687	773	665	747	642	695	598
90°C	759	653	734	631	708	609	683	587	632	543
85°C	695	598	670	576	644	554	620	533	570	490
80°C	632	543	607	522	583	501	558	480	509	438
75°C	570	490	545	469	521	448	498	428	450	387
70°C	509	438	486	418	462	397	438	377	393	338
65°C	450	387	427	367	404	347	381	328	337	290
60°C	393	338	370	318	348	299	326	280	283	243

Puissances calorifiques pour une température moyenne du fluide de 80°C (voir page 126)

Nombre d'éléments	Longueur (mètres)*	Contenance en eau (litres)	Puissance calorifique pour différentes températures du local							
			18°C		20°C		22°C		26°C	
			W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
5	0,300	1,70	304	261	292	251	279	240	250	219
6	0,360	2,05	364	313	318	301	335	288	306	263
7	0,420	2,39	424	365	408	351	391	336	357	307
8	0,480	2,73	486	418	466	401	447	384	407	350
9	0,540	3,07	547	470	525	451	502	432	458	394
10	0,600	3,41	622	522	583	501	558	480	509	438
11	0,660	3,75	668	574	641	551	614	528	561	482
12	0,720	4,09	728	626	699	601	670	576	612	526
13	0,780	4,43	790	679	757	651	726	624	662	569
14	0,840	4,77	850	731	818	701	782	672	713	613
15	0,900	5,11	911	783	875	752	837	720	764	657

* A la longueur du radiateur, ajouter 15 mm pour chaque bouchon ou réduction placé aux extrémités.

600 mm



caractéristiques principales

Diamètre bague assemblage	1" (26/34)
Contenance en eau pour 10 éléments	4,20 litres
Surface de chauffe conventionnelle pour 10 éléments	1,350 m^2
Poids approximatif d'un élément assemblé	3,26 kg

Puissances calorifiques d'un radiateur de 10 éléments (voir page 126)

Température moyenne du fluide	Puissance calorifique pour différentes températures du local									
	16°C		18°C		20°C		22°C		26°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
100°C	1197	1029	1161	998	1123	966	1087	935	1016	874
95°C	1106	951	1070	920	1034	889	999	859	929	799
90°C	1016	874	982	844	947	814	912	784	843	725
85°C	929	799	894	769	861	740	827	711	759	653
80°C	843	725	809	696	776	667	743	639	678	583
75°C	759	653	727	625	694	597	662	569	598	514
70°C	678	583	645	555	614	528	583	501	521	448
65°C	598	514	566	487	536	461	506	435	445	383
60°C	521	448	491	422	461	396	431	371	373	321

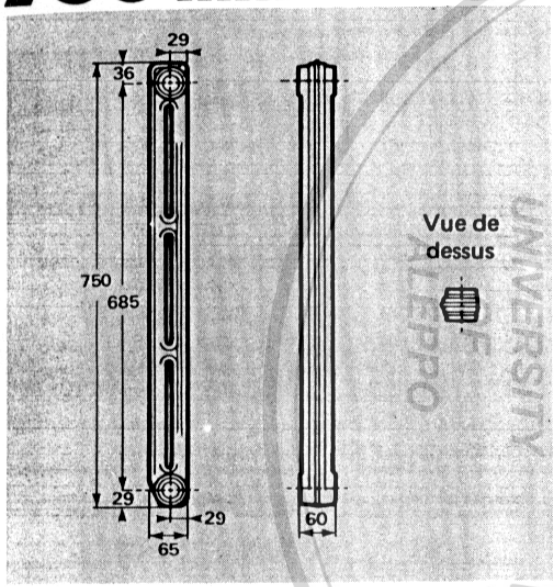
Puissances calorifiques pour une température moyenne du fluide de 80°C (voir page 126)

Nombre d'éléments	Longueur (mètres)*	Contenance en eau (litres)	Puissance calorifique pour différentes températures du local							
			18°C		20°C		22°C		26°C	
			W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
5	0,300	2,10	405	348	388	334	372	320	340	292
6	0,360	2,52	486	418	465	400	445	383	407	350
7	0,420	2,94	566	487	543	467	520	447	475	408
8	0,480	3,36	648	557	621	534	594	511	546	466
9	0,540	3,78	728	626	698	600	669	575	611	525
10	0,600	4,20	809	696	776	667	743	639	678	583
11	0,660	4,62	891	766	854	734	818	703	745	641
12	0,720	5,04	971	835	930	800	892	767	814	700
13	0,780	5,46	1053	905	1008	867	966	831	882	758
14	0,840	5,88	1133	974	1086	934	1041	895	949	816
15	0,900	6,30	1214	1044	1164	1001	1115	959	1018	875

* A la longueur du radiateur, ajouter 15 mm pour chaque bouchon ou réduction placé aux extrémités.

UNIVERSITY OF APPO

750 mm



caractéristiques principales

Diamètre bague assemblage	1" (26/34)
Contenance en eau pour 10 éléments	4,96 litres
Surface de chauffe conventionnelle pour 10 éléments	1,720 m^2
Poids approximatif d'un élément assemblé	4,03 kg

Puissances calorifiques d'un radiateur de 10 éléments (voir page 126)

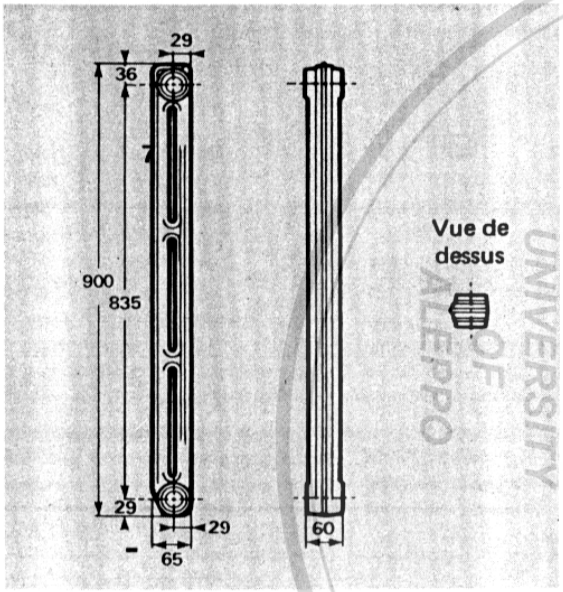
Température moyenne du fluide	Puissance calorifique pour différentes températures du local									
	16°C		18°C		20°C		22°C		26°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
100°C	1455	1251	1411	1213	1367	1175	1322	1137	1236	1063
95°C	1344	1156	1301	1119	1258	1082	1215	1045	1130	972
90°C	1236	1063	1194	1027	1151	990	1110	954	1027	883
85°C	1130	972	1089	936	1047	900	1006	865	925	795
80°C	1027	883	986	848	946	813	905	778	826	710
75°C	925	795	885	761	846	727	806	693	729	627
70°C	826	710	787	677	748	643	711	611	635	546
65°C	729	627	691	594	654	562	616	530	544	468
60°C	635	546	599	515	562	483	527	453	457	393

Puissances calorifiques pour une température moyenne du fluide de 80°C (voir page 126)

Nombre d'éléments	Longueur (mètres)*	Contenance en eau (litres)	Puissance calorifique pour différentes températures du local							
			18°C		20°C		22°C		26°C	
			W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
5	0,300	2,48	493	424	473	407	452	389	413	355
6	0,360	2,98	592	509	568	488	543	467	495	426
7	0,420	3,47	691	594	662	569	634	545	578	497
8	0,480	3,97	789	678	756	650	723	622	661	568
9	0,540	4,46	887	763	851	732	814	700	743	639
10	0,600	4,96	986	848	946	813	905	778	826	710
11	0,660	5,46	1085	933	1040	894	996	856	908	781
12	0,720	5,95	1184	1018	1135	976	1086	934	991	852
13	0,780	6,45	1282	1102	1229	1057	1176	1011	1073	923
14	0,840	6,94	1380	1187	1323	1138	1267	1089	1156	994
15	0,900	7,44	1479	1272	1419	1220	1357	1167	1239	1065

* A la longueur du radiateur, ajouter 15 mm pour chaque bouchon ou réduction placé aux extrémités.

900 mm



caractéristiques principales

Diamètre bague assemblage	1" (26/34)
Contenance en eau pour 10 éléments	6,83 litres
Surface de chauffe conventionnelle pour 10 éléments	2,070 m^2
Poids approximatif d'un élément assemblé	4,85 kg

Puissances calorifiques d'un radiateur de 10 éléments (voir page 126)

Température moyenne du fluide	Puissance calorifique pour différentes températures du local									
	16°C		18°C		20°C		22°C		26°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
100°C	1774	1525	1719	1478	1665	1432	1612	1386	1505	1294
95°C	1639	1409	1585	1363	1532	1317	1479	1272	1375	1182
90°C	1505	1294	1453	1249	1400	1204	1349	1160	1247	1072
85°C	1375	1182	1323	1138	1272	1094	1222	1051	1122	965
80°C	**1247**	**1072**	**1197**	**1029**	**1147**	**986**	**1098**	**944**	**1001**	**861**
75°C	1122	965	1073	923	1025	881	977	840	883	759
70°C	1001	861	954	820	906	779	859	739	768	660
65°C	883	759	836	719	791	680	745	641	657	565
60°C	768	660	722	621	678	583	635	546	550	473

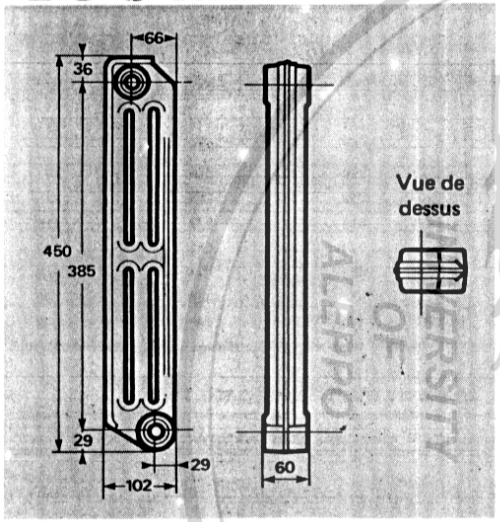
Puissances calorifiques pour une température moyenne du fluide de 80°C (voir page 126)

Nombre d'éléments	Longueur (mètres)*	Contenance en eau (litres)	Puissance calorifique pour différentes températures du local							
			18°C		20°C		22°C		26°C	
			W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
5	0,300	3,41	599	515	573	493	549	472	501	431
6	0,360	4,10	718	617	688	592	658	566	601	517
7	0,420	4,78	837	720	802	690	769	661	701	603
8	0,480	5,46	957	823	918	789	878	755	801	689
9	0,540	6,15	1077	926	1032	887	989	850	901	775
10	0,600	6,83	1197	1029	1147	986	1098	944	1001	861
11	0,660	7,51	1317	1132	1262	1085	1207	1038	1101	947
12	0,720	8,20	1436	1235	1376	1183	1318	1133	1201	1033
13	0,780	8,88	1556	1338	1491	1282	1427	1227	1301	1119
14	0,840	9,56	1676	1441	1605	1380	1537	1322	1401	1205
15	0,900	10,24	1796	1544	1720	1479	1647	1416	1501	1292

* A la longueur du radiateur, ajouter 15 mm pour chaque bouchon ou réduction placé aux extrémités.

UNIVERSITY OF ALEPPO

450 mm



caractéristiques principales

Diamètre bague assemblage	1" (26/34)
Contenance en eau pour 10 éléments	4,25 litres
Surface de chauffe conventionnelle pour 10 éléments	1,460 m^2
Poids approximatif d'un élément assemblé	3,45 kg

Puissances calorifiques d'un radiateur de 10 éléments (voir page 126)

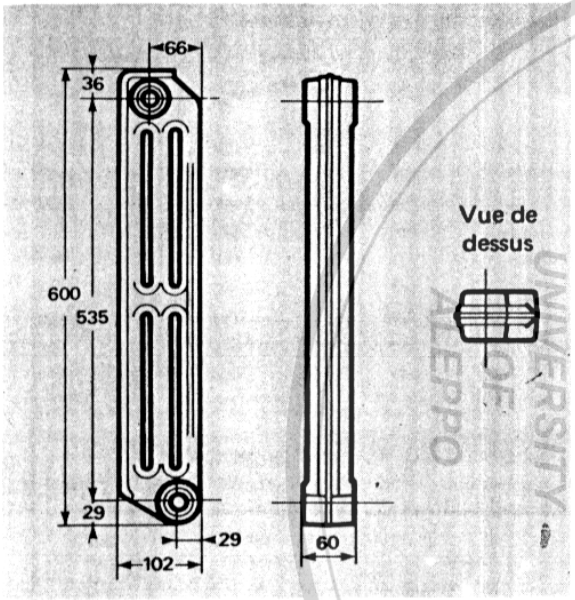
Température moyenne du fluide	Puissance calorifique pour différentes températures du local									
	16°C		18°C		20°C		22°C		26°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
100°C	1232	1059	1194	1027	1158	996	1121	964	1049	902
95°C	1140	980	1104	949	1066	917	1032	887	959	825
90°C	1049	902	1013	871	978	841	942	810	872	750
85°C	959	825	925	795	890	765	855	735	787	677
80°C	872	750	839	721	804	691	770	662	704	605
75°C	787	677	754	648	720	619	687	591	622	535
70°C	704	605	670	576	637	548	606	521	542	466
65°C	622	535	590	507	558	480	527	453	465	400
60°C	542	466	512	440	480	413	450	387	391	336

Puissances calorifiques pour une température moyenne du fluide de 80°C (voir page 126)

Nombre d'éléments	Longueur (mètres)*	Contenance en eau (litres)	Puissance calorifique pour différentes températures du local							
			18°C		20°C		22°C		26°C	
			W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
5	0,300	2,12	420	361	402	346	385	331	352	303
6	0,360	2,55	504	433	483	415	462	397	422	363
7	0,420	2,97	587	505	563	484	538	463	493	424
8	0,480	3,40	671	577	643	553	616	530	563	484
9	0,540	3,82	755	649	723	622	693	596	634	545
10	0,600	4,25	839	721	804	691	770	662	704	605
11	0,660	4,67	922	793	884	760	847	728	775	666
12	0,720	5,10	1006	865	964	829	923	794	844	726
13	0,780	5,52	1090	937	1044	898	1001	861	915	787
14	0,840	5,95	1173	1009	1125	967	1078	927	985	847
15	0,900	6,37	1258	1082	1206	1037	1155	993	1056	908

* A la longueur du radiateur, ajouter 15 mm pour chaque bouchon ou réduction plac aux extrémités.

600 mm



caractéristiques principales

Diamètre bague assemblage	1" (26/34)
Contenance en eau pour 10 éléments	5,25 litres
Surface de chauffe conventionnelle pour 10 éléments	1,970 m^2
Poids approximatif d'un élément assemblé	4,49 kg

Puissances calorifiques d'un radiateur de 10 éléments (voir page 126)

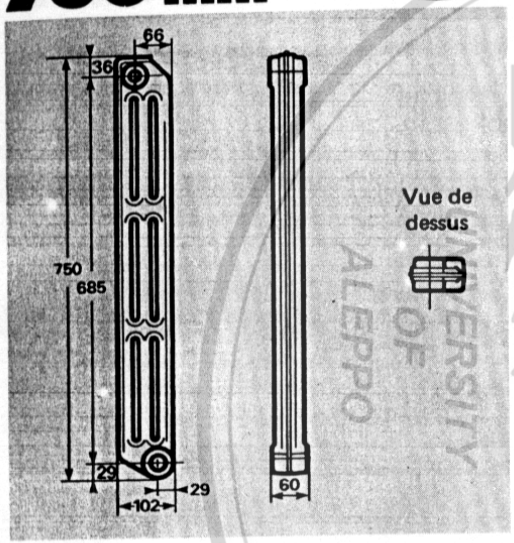
Température moyenne du fluide	Puissance calorifique pour différentes températures du local									
	16°C		18°C		20°C		22°C		26°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/
100°C	1586	1364	1537	1322	1490	1281	1442	1240	1348	115
95°C	1467	1261	1419	1220	1371	1179	1325	1139	1233	106
90°C	1348	1159	1301	1119	1255	1079	1210	1040	1119	96
85°C	1233	1060	1186	1020	1142	982	1097	943	1008	86
80°C	1119	962	1075	924	1030	886	986	848	900	77
75°C	1008	867	964	829	921	792	879	756	794	68
70°C	900	774	857	737	815	701	773	665	692	59
65°C	794	683	754	648	713	613	672	578	593	51
60°C	692	595	652	561	613	527	573	493	498	42

Puissances calorifiques pour une température moyenne du fluide de 80°C (voir page 126)

Nombre d'éléments	Longueur (mètres)*	Contenance en eau (litres)	Puissance calorifique pour différentes températures du local							
			18°C		20°C		22°C		26°C	
			W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/
5	0,300	2,62	537	462	515	443	493	424	450	38
6	0,360	3,15	644	554	619	532	592	509	540	46
7	0,420	3,67	752	647	721	620	691	594	630	54
8	0,480	4,20	859	739	825	709	789	678	720	61
9	0,540	4,72	968	832	927	797	887	763	811	69
10	0,600	5,25	1075	924	1030	886	986	848	900	77
11	0,660	5,77	1182	1016	1134	975	1085	933	990	85
12	0,720	6,30	1290	1109	1236	1063	1184	1018	1080	92
13	0,780	6,82	1397	1201	1340	1152	1282	1102	1170	100
14	0,840	7,35	1505	1294	1442	1240	1380	1187	1261	108
15	0,900	7,87	1612	1386	1546	1329	1479	1272	1350	116

* A la longueur du radiateur, ajouter 15 mm pour chaque bouchon ou réduction plac aux extrémités.

750 mm



caractéristiques principales

Diamètre bague assemblage	1" (26/34)
Contenance en eau pour 10 éléments	6,25 litres
Surface de chauffe conventionnelle pour 10 éléments	2,490 m^2
Poids approximatif d'un élément assemblé	5,50 kg

Puissances calorifiques d'un radiateur de 10 éléments (voir page 126)

Température moyenne du fluide	Puissance calorifique pour différentes températures du local									
	16°C		18°C		20°C		22°C		26°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
100°C	1921	1652	1863	1602	1805	1552	1747	1502	1633	1404
95°C	1776	1527	1719	1478	1662	1429	1605	1380	1493	1284
90°C	1633	1404	1577	1356	1521	1308	1465	1260	1356	1166
85°C	1493	1284	1437	1236	1383	1189	1329	1143	1222	1051
80°C	1356	1166	1303	1120	1248	1073	1196	1028	1091	938
75°C	1222	1051	1169	1005	1116	960	1065	916	963	828
70°C	1091	938	1040	894	989	850	939	807	840	722
65°C	963	828	913	785	864	743	815	701	719	618
60°C	840	722	791	680	743	639	695	598	604	519

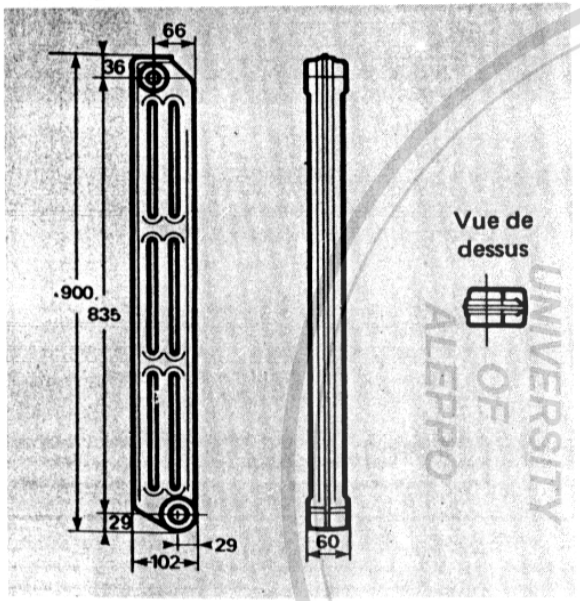
Puissances calorifiques pour une température moyenne du fluide de 80°C (voir page 126)

Nombre d'éléments	Longueur (mètres)*	Contenance en eau (litres)	Puissance calorifique pour différentes températures du local							
			18°C		20°C		22°C		26°C	
			W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
5	0,300	3,12	651	560	625	537	598	514	545	469
6	0,360	3,75	782	672	749	644	718	617	655	563
7	0,420	4,37	912	784	873	751	837	720	764	657
8	0,480	5,00	1042	896	998	858	956	822	872	750
9	0,540	5,62	1172	1008	1123	966	1080	925	982	844
10	0,600	6,25	1303	1120	1248	1073	1196	1028	1091	938
11	0,660	6,87	1433	1232	1372	1180	1315	1131	1200	1032
12	0,720	7,50	1563	1344	1498	1288	1435	1234	1310	1126
13	0,780	8,12	1693	1456	1622	1395	1554	1336	1418	1219
14	0,840	8,75	1824	1568	1747	1502	1674	1439	1527	1313
15	0,900	9,37	1954	1680	1872	1610	1793	1542	1636	1407

* A la longueur du radiateur, ajouter 15 mm pour chaque bouchon ou réduction placé aux extrémités.

UNIVERSITY OF ALEPPO

900 mm



caractéristiques principales

Diamètre bague assemblage	1" (26/34)
Contenance en eau pour 10 éléments	7,25 litres
Surface de chauffe conventionnelle pour 10 éléments	3 m^2
Poids approximatif d'un élément assemblé	6,66 kg

Puissances calorifiques d'un radiateur de 10 éléments (voir page 126)

Température moyenne du fluide	Puissance calorifique pour différentes températures du local									
	16°C		18°C		20°C		22°C		26°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
100°C	2291	1970	2220	1909	2150	1849	2082	1790	1945	1672
95°C	2115	1819	2047	1760	1978	1701	1910	1642	1776	1527
90°C	1945	1672	1876	1613	1808	1555	1742	1498	1611	1385
85°C	1776	1527	1710	1470	1643	1413	1578	1357	1449	1246
80°C	**1611**	**1385**	**1546**	**1329**	**1482**	**1274**	**1418**	**1219**	**1292**	**1111**
75°C	1449	1246	1386	1192	1323	1138	1262	1085	1140	980
70°C	1292	1111	1230	1058	1170	1006	1110	954	991	852
65°C	1140	980	1079	928	1021	878	962	827	848	729
60°C	991	852	934	803	876	753	820	705	709	610

Puissances calorifiques pour une température moyenne du fluide de 80°C (voir page 126)

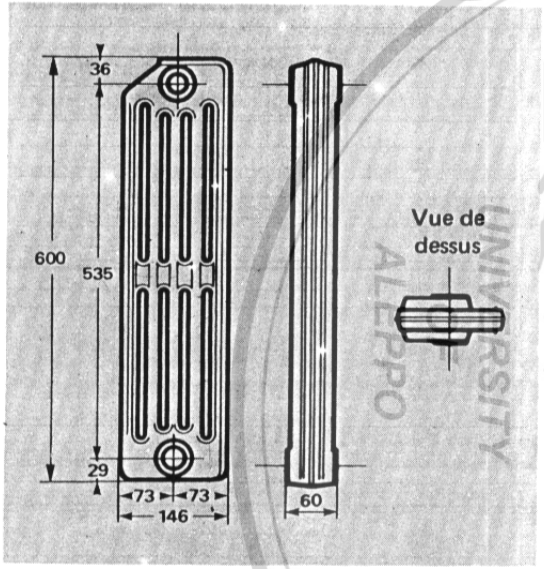
Nombre d'éléments	Longueur (mètres)*	Contenance en eau (litres)	Puissance calorifique pour différentes températures du local							
			18°C		20°C		22°C		26°C	
			W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
5	0,300	3,62	773	665	741	637	709	610	647	556
6	0,360	4,35	927	797	889	764	850	731	776	667
7	0,420	5,07	1082	930	1037	892	942	853	905	778
8	0,480	5,80	1236	1063	1185	1019	1134	975	1034	889
9	0,540	6,52	1391	1196	1334	1147	1276	1097	1163	1000
10	0,600	7,25	1546	1329	1482	1274	1418	1219	1292	1111
11	0,660	7,97	1700	1462	1629	1401	1560	1341	1421	1222
12	0,720	8,70	1855	1595	1778	1529	1701	1463	1550	1333
13	0,780	9,42	2010	1728	1926	1656	1843	1585	1679	1444
14	0,840	10,15	2164	1861	2075	1784	1985	1707	1808	1555
15	0,900	10,87	2319	1994	2222	1911	2127	1829	1939	1667

* A la longueur du radiateur, ajouter 15 mm pour chaque bouchon ou réduction placé aux extrémités.

UNIVERSITY OF ALEPPO

Radiateurs rideau R5

600 mm



caractéristiques principales

Diamètre bague assemblage	1" (26/34)
Contenance en eau pour 10 éléments	9,30 litres
Surface de chauffe conventionnelle pour 10 éléments	2,91 m^2
Poids approximatif d'un élément assemblé	6,48 kg

Puissances calorifiques d'un radiateur de 10 éléments (voir page 126)

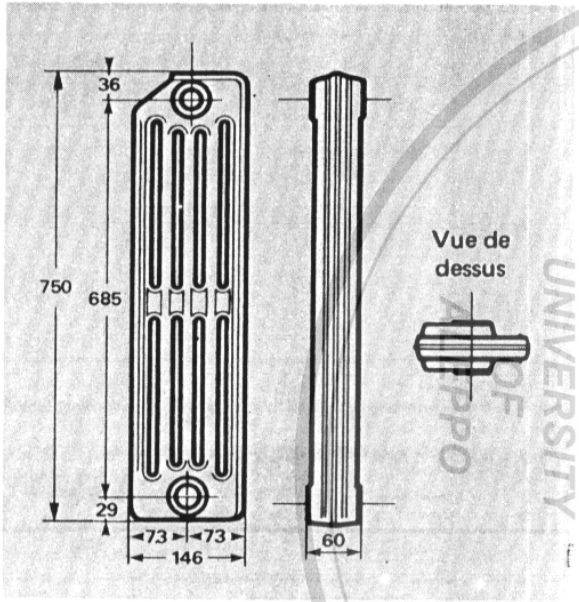
Température moyenne du fluide	Puissance calorifique pour différentes températures du local									
	16°C		18°C		20°C		22°C		26°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
100°C	2192	1885	2125	1827	2056	1768	1989	1710	1856	1596
95°C	2022	1739	1956	1682	1889	1624	1824	1568	1693	1456
90°C	1856	1596	1791	1540	1726	1484	1661	1428	1534	1319
85°C	1693	1456	1629	1401	1565	1346	1503	1292	1378	1185
80°C	**1534**	**1319**	**1471**	**1265**	**1408**	**1211**	**1348**	**1159**	**1227**	**1055**
75°C	1378	1185	1317	1132	1256	1080	1197	1029	1079	928
70°C	1227	1055	1168	1004	1108	953	1050	903	937	806
65°C	1079	928	1022	879	965	830	909	782	800	688
60°C	937	806	882	758	827	711	772	664	668	574

Puissances calorifiques pour une température moyenne du fluide à 80°C (voir page 126)

Nombre d'éléments	Longueur (mètres)*	Contenance en eau (litres)	Puissance calorifique pour différentes températures du local							
			18°C		20°C		22°C		26°C	
			W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
5	0,300	4,65	736	633	705	606	675	580	614	528
6	0,360	5,58	883	759	846	727	808	695	736	633
7	0,420	6,51	1030	886	986	848	943	811	859	739
8	0,480	7,44	1177	1012	1127	969	1078	927	982	844
9	0,540	8,37	1325	1139	1268	1090	1213	1043	1105	950
10	0,600	9,30	1471	1265	1408	1211	1348	1159	1227	1055
11	0,660	10,23	1619	1392	1549	1332	1483	1275	1350	1161
12	0,720	11,16	1765	1518	1690	1453	1618	1391	1472	1266
13	0,780	12,09	1913	1645	1831	1574	1753	1507	1596	1372
14	0,840	13,02	2060	1771	1971	1695	1888	1623	1718	1477
15	0,900	13,95	2207	1898	2113	1817	2022	1739	1841	1583

* A la longueur du radiateur, ajouter 15 mm pour chaque bouchon ou réduction placé aux extrémités.

750 mm



caractéristiques principales

Diamètre bague assemblage	1" (26/34)
Contenance en eau pour 10 éléments	11,20 litres
Surface de chauffe conventionnelle pour 10 éléments	3,667 m^2
Poids approximatif d'un élément assemblé	8,06 kg

Puissances calorifiques d'un radiateur de 10 éléments (voir page 126)

Température moyenne du fluide	Puissance calorifique pour différentes températures du local									
	16°C		18°C		20°C		22°C		26°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
100°C	2706	2327	2620	2253	2535	2180	2452	2108	2285	1965
95°C	2493	2144	2410	2072	2326	2000	2243	1929	2081	1789
90°C	2285	1965	2203	1894	2121	1824	2041	1755	1883	1619
85°C	2081	1789	2002	1721	1921	1652	1843	1585	1689	1452
80°C	**1883**	**1619**	**1804**	**1551**	**1727**	**1485**	**1650**	**1419**	**1500**	**1290**
75°C	1689	1452	1613	1387	1537	1322	1463	1258	1318	1133
70°C	1500	1290	1427	1227	1354	1164	1283	1103	1142	982
65°C	1318	1133	1247	1072	1177	1012	1107	952	972	836
60°C	1142	982	1073	923	1005	864	939	807	809	696

Puissances calorifiques pour une température moyenne du fluide à 80°C (voir page 126)

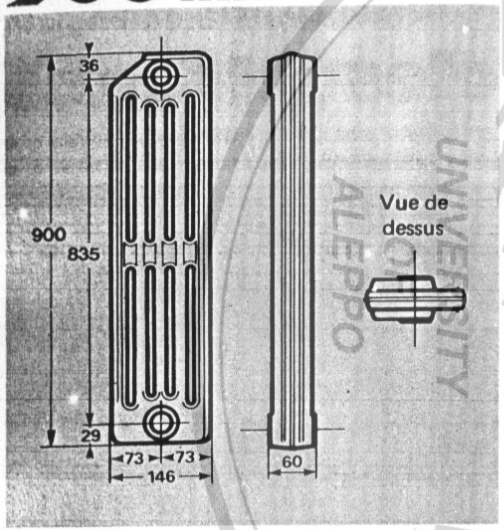
Nombre d'éléments	Longueur (mètres)*	Contenance en eau (litres)	Puissance calorifique pour différentes températures du local							
			18°C		20°C		22°C		26°C	
			W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
5	0,300	5,60	902	776	864	743	826	710	750	645
6	0,360	6,72	1083	931	1036	891	990	851	900	774
7	0,420	7,84	1263	1086	1210	1040	1155	993	1050	903
8	0,480	8,96	1443	1241	1382	1188	1320	1135	1200	1032
9	0,540	10,08	1624	1396	1550	1337	1485	1277	1350	1161
10	0,600	11,20	1804	1551	1727	1485	1650	1419	1500	1290
11	0,660	12,32	1984	1706	1900	1634	1815	1561	1650	1419
12	0,720	13,44	2164	1861	2072	1782	1981	1703	1800	1548
13	0,780	14,56	2345	2016	2246	1931	2146	1845	1950	1677
14	0,840	15,68	2525	2171	2418	2079	2311	1987	2100	1806
15	0,900	16,80	2706	2327	2591	2228	2476	2129	2250	1935

* A la longueur du radiateur, ajouter 15 mm pour chaque bouchon ou réduction placé aux extrémités.

UNIVERSITY OF APPO

Radiateurs en fonte chappee

900 mm



caractéristiques principales

Diamètre bague assemblage	1" (26/34)
Contenance en eau pour 10 éléments	13,50 litres
Surface de chauffe conventionnelle pour 10 éléments	4,43 m^2
Poids approximatif d'un élément assemblé	9,61 kg

Puissances calorifiques d'un radiateur de 10 éléments (voir page 126)

Température moyenne du fluide	Puissance calorifique pour différentes températures du local									
	16°C		18°C		20°C		22°C		26°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
100°C	3224	2772	3121	2684	3021	2598	2921	2512	2725	2343
95°C	2971	2555	2873	2470	2774	2385	2676	2301	2483	2135
90°C	2725	2343	2627	2259	2531	2176	2435	2094	2248	1933
85°C	2483	2135	2389	2054	2295	1973	2202	1893	2018	1735
80°C	**2248**	**1933**	**2155**	**1853**	**2063**	**1774**	**1972**	**1696**	**1795**	**1543**
75°C	2018	1735	1927	1657	1839	1581	1750	1505	1577	1356
70°C	1795	1543	1706	1467	1620	1393	1535	1320	1368	1176
65°C	1577	1356	1492	1283	1408	1211	1326	1140	1165	1002
60°C	1368	1176	1285	1105	1205	1036	1126	968	971	835

Puissances calorifiques pour une température moyenne du fluide à 80°C (voir page 126)

Nombre d'éléments	Longueur (mètres)*	Contenance en eau (litres)	Puissance calorifique pour différentes températures du local							
			18°C		20°C		22°C		26°C	
			W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
5	0,300	6,75	1078	927	1032	887	986	848	898	772
6	0,360	8,10	1293	1112	1237	1064	1184	1018	1077	926
7	0,420	9,45	1508	1297	1444	1242	1380	1187	1256	1080
8	0,480	10,80	1724	1482	1650	1419	1578	1357	1435	1234
9	0,540	12,15	1940	1668	1857	1597	1775	1526	1615	1389
10	0,600	13,50	2155	1853	2063	1774	1972	1696	1795	1543
11	0,660	14,85	2370	2038	2269	1951	2170	1866	1974	1697
12	0,720	16,20	2587	2224	2476	2129	2367	2035	2154	1852
13	0,780	17,55	2802	2409	2680	2306	2564	2205	2333	2006
14	0,840	18,90	3017	2594	2889	2484	2761	2374	2512	2160
15	0,900	20,25	3233	2780	3095	2661	2959	2544	2692	2315

* A la longueur du radiateur, ajouter 15 mm pour chaque bouchon ou réduction placé aux extrémités.

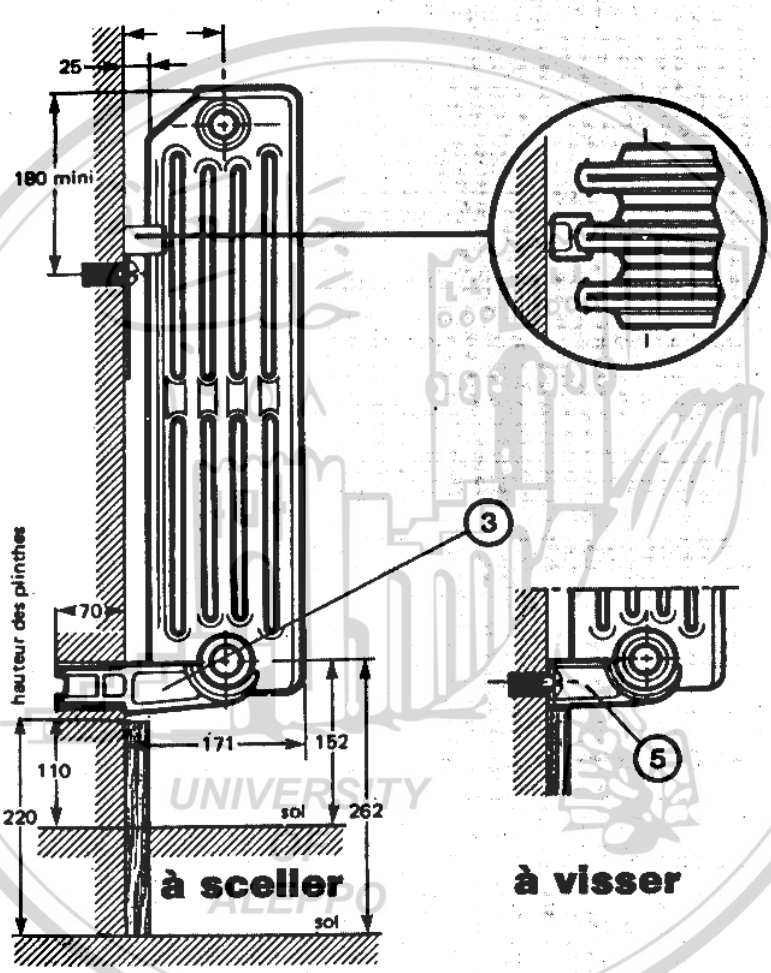
UNIVERSITY OF ALEPPO

éloignement 25mm du mur

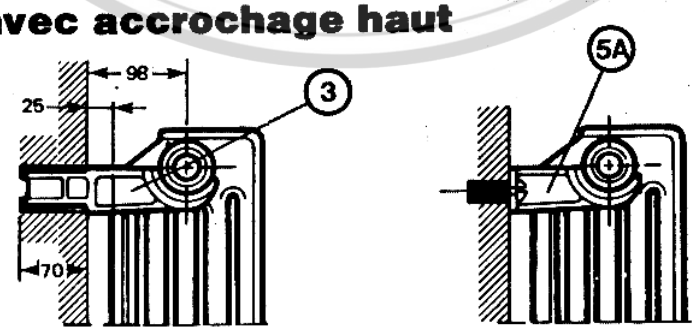
consoles

- à sceller sectionnable (pour connexion haute ou basse)
- à visser courte (pour connexion haute ou basse)

avec accrochage bas



avec accrochage haut

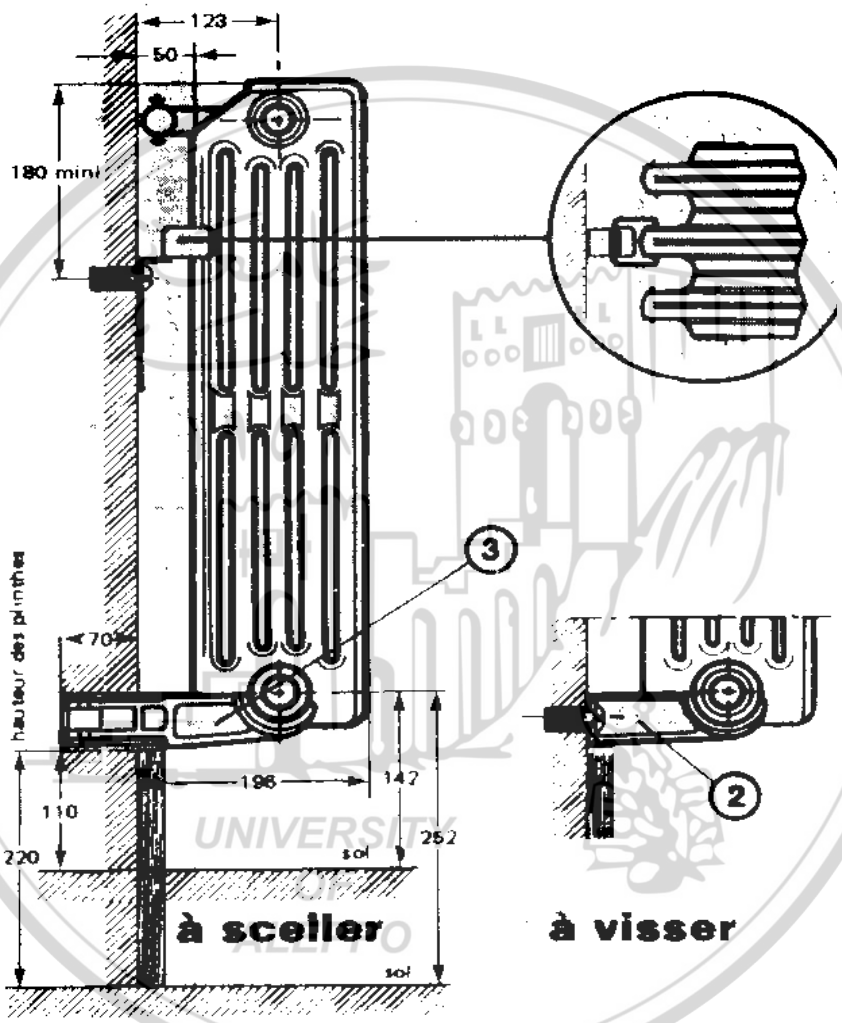


éloignement 50 mm du mur

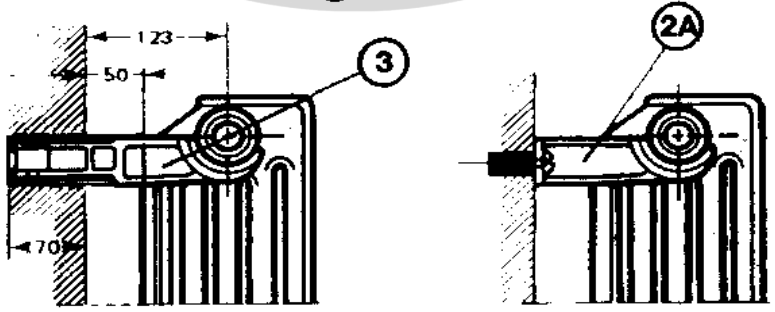
consoles

- à sceller sectionnable (pour connexion haute ou basse)
- à visser longue (pour connexion haute ou basse)

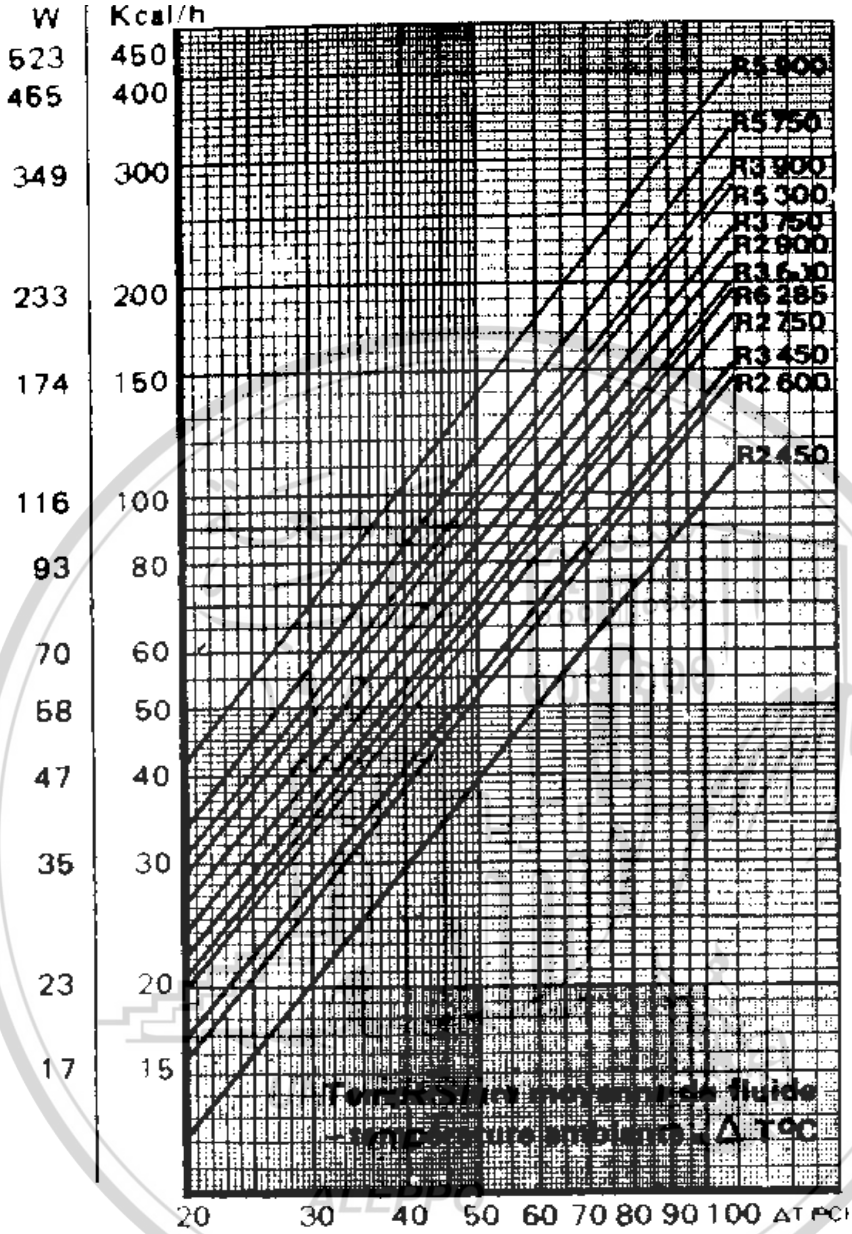
avec accrochage bas



avec accrochage haut



Puissances calorifiques à l'élément des radiateurs RIDEAU

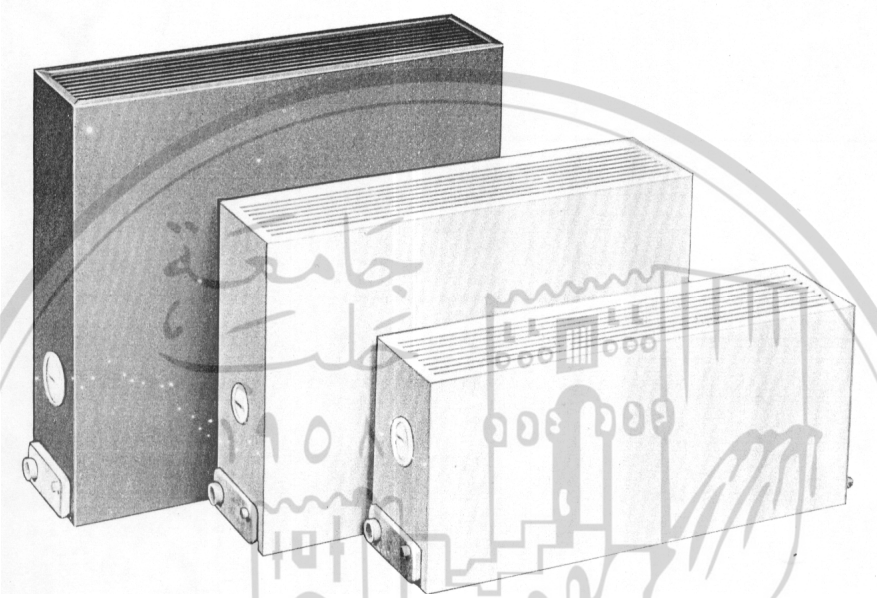


3-1-2- **مبادلات الحمل** Convection:

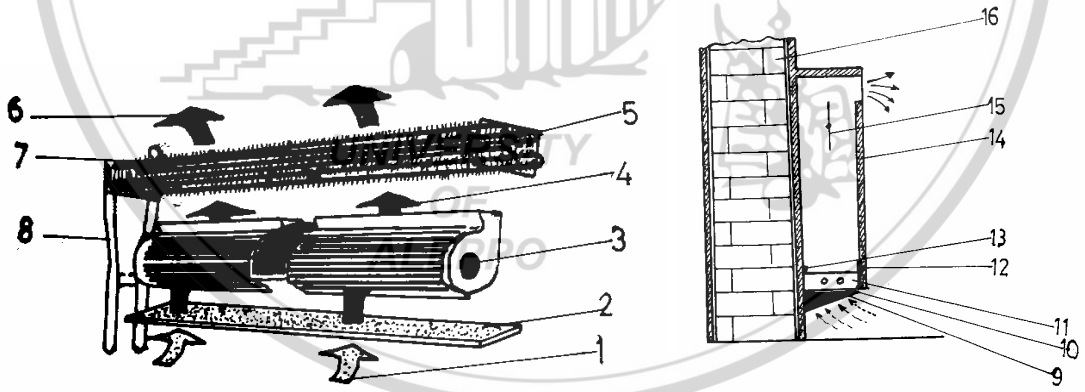
وهي على أشكال منوعة منها الذي يوضع داخل تجويف الجدار أسفل النافذة ومنها الذي يصنع على شكل علبة معدنية كما في الشكل (3-3).

ويطلق اسم مبادل حمل على جسم التدفئة المصنوع من أنابيب مزودة بزعانف (جنيحات) عديدة ومغطى من الأمام بغطاء مزود بفتحتين طولانيتين لدخول الهواء البارد من الأسفل ولخروج الهواء الساخن من الأعلى.

إن انتقال الحرارة من عنصر التسخين إلى الهواء يتم عن طريق الحمل فقط ومن هنا أتت تسميته. ولما كان الهواء الساخن يخرج من الفتحة العلوية ممتصاً الهواء البارد من الفتحة السفلية فإن هذه الحادثة تسبب سحباً مستمراً لهواء الغرفة عبر المبادل مما يجعل درجة حرارة الهواء الداخلي ترتفع بسرعة إلى درجة الحرارة المطلوبة.

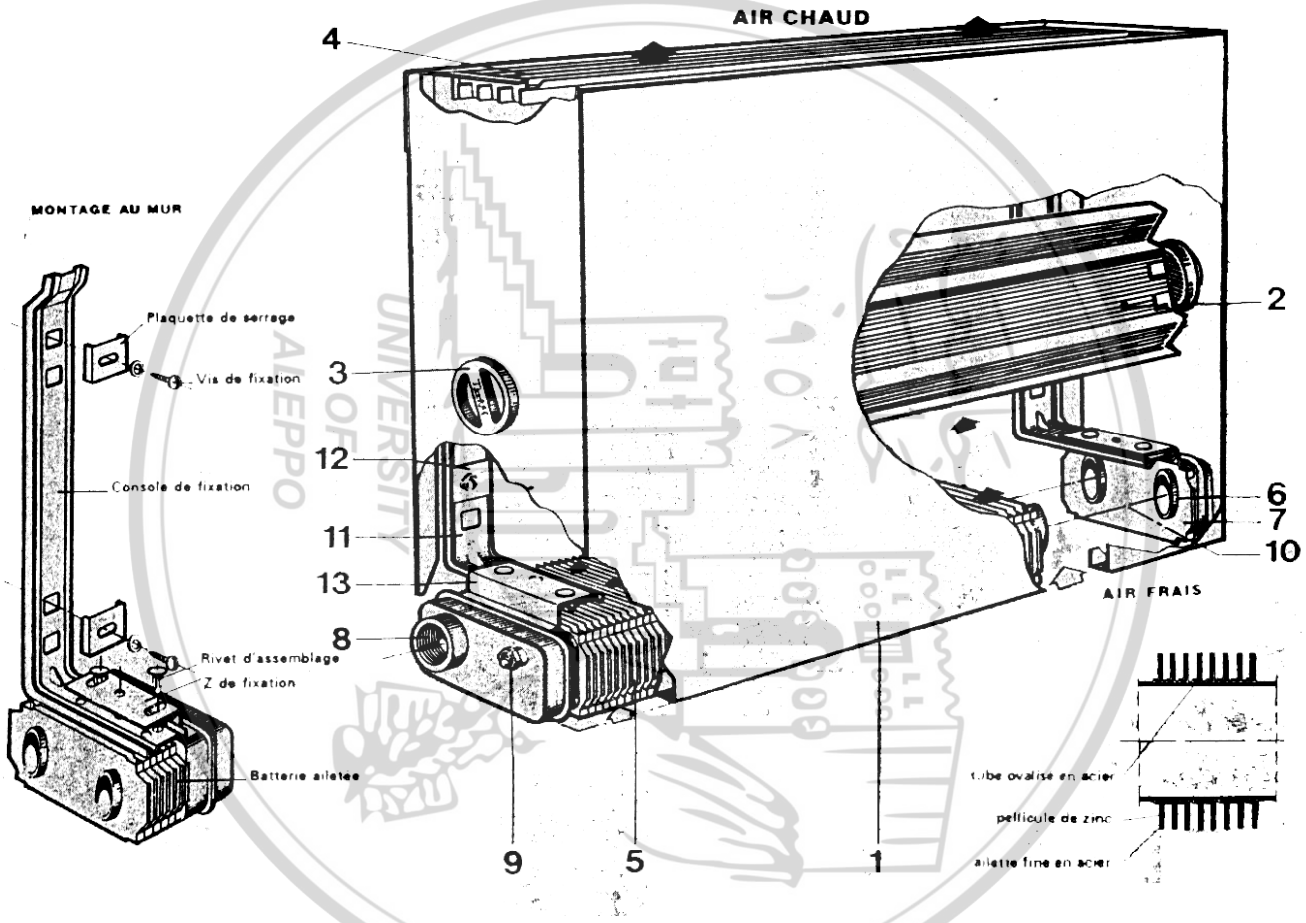


الشكل (3-3-A)



الشكل (3-3-B) **مبادلات الحمل**

1) هواء، 2) فلتر، 3) مروحة، 4) هواء نظيف، 5) ترموستات، 6) هواء ساخن، 7) وشيعة تسخين، 8) ماء، 9) حامل، 10) حديد مبروم، 11) عنصر التسخين، 12) عازل حراري، 13) وتد تثبيت، 14) غطاء قابل للفتح من أجل التنظيف، 15) مخمد لعيار كمية الهواء المارة عبر المبادل



الشكل (C-3-3) مقطع في مبادل حمل

إن أغلب الملاحظات التي ذكرت في بحث المشعات تنطبق أيضاً في حالة المبادلات.

يتم تحديد طراز المبادل في الجدول (1-3) حيث يعطي هذا الجدول مقدار الحرارة التي يطلقها المبادل اعتماداً على فرق درجات الحرارة Δt حيث $\Delta t = t_m - t_i$.

الجدول (1-3) الاستطاعة الحرارية لمبادلات الحمل

MODELE	CARACTÉRISTIQUES	ÉCART DANS BATTERIE
112 P 680	Profondeur : 112 mm Hauteur : 680 mm Type : P	10°C

Longueur nominale en mm / Δt (°C)	42°C		46°C		50°C		54°C		58°C		60°C		62°C		66°C		70°C		74°C		78°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
300	236	203	271	233	308	265	345	297	385	331	405	348	426	366	468	402	512	440	556	478	602	518
350	279	240	321	276	364	313	408	351	455	391	479	412	504	433	554	476	605	520	658	566	712	612
400	323	278	371	319	421	362	472	406	527	453	554	476	582	500	640	550	699	601	761	654	823	708
450	368	316	421	362	478	411	537	462	598	514	629	541	662	569	727	625	794	683	864	743	937	806
500	412	354	472	406	536	461	602	518	671	577	706	607	742	638	815	701	891	766	969	833	1049	902
550	457	393	525	451	594	511	668	574	744	640	783	673	822	707	904	777	989	850	1075	924	1164	1001
600	502	432	576	495	654	562	734	631	818	703	861	740	904	777	993	854	1086	934	1182	1016	1279	1100
650	548	471	628	540	713	613	800	688	892	767	939	807	986	848	1084	932	1185	1019	1289	1108	1396	1200
700	593	510	680	585	772	664	868	746	966	831	1018	875	1069	919	1175	1010	1284	1104	1397	1201	1512	1300
750	640	550	734	631	833	716	935	804	1042	896	1097	943	1153	991	1267	1089	1384	1190	1505	1294	1631	1402
800	686	590	787	677	893	768	1003	862	1118	961	1176	1011	1236	1063	1358	1168	1485	1277	1614	1388	1748	1503
850	733	630	841	723	954	820	1071	921	1193	1026	1256	1080	1320	1135	1450	1247	1585	1363	1725	1483	1868	1606
900	779	670	894	769	1014	872	1140	980	1270	1092	1336	1149	1405	1208	1543	1327	1688	1451	1835	1578	1986	1708
950	827	711	949	816	1076	925	1208	1039	1347	1158	1418	1219	1490	1281	1638	1408	1789	1538	1946	1673	2107	1812
1000	875	752	1003	862	1137	978	1278	1099	1424	1224	1499	1289	1575	1354	1731	1488	1892	1627	2057	1769	2228	1916
1050	922	793	1057	909	1200	1032	1348	1159	1501	1291	1581	1359	1661	1428	1825	1569	1995	1715	2169	1865	2349	2020
1100	970	834	1113	957	1262	1085	1418	1219	1579	1358	1662	1429	1747	1502	1920	1651	2098	1804	2282	1962	2471	2125
1200	1065	916	1222	1051	1387	1193	1558	1340	1735	1492	1827	1571	1920	1651	2110	1814	2306	1983	2509	2157	2716	2335
1300	1163	1000	1334	1147	1513	1301	1699	1461	1893	1628	1993	1714	2095	1801	2302	1979	2516	2163	2735	2352	2962	2547
1400	1260	1083	1446	1243	1640	1410	1842	1584	2052	1764	2160	1857	2269	1951	2495	2145	2726	2344	2966	2550	3211	2761
1500	1358	1168	1558	1340	1768	1520	1985	1707	2217	1902	2328	2002	2446	2103	2689	2312	2939	2527	3196	2748	3461	2976

MODELE	CARACTÉRISTIQUES	ÉCART DANS BATTERIE
167 P 680	Profondeur : 167 mm Hauteur : 680 mm Type : P	**10°C**

Longueur nominale en mm \ Δt (°C)	42°C		46°C		50°C		54°C		58°C		60°C		62°C		66°C		70°C		74°C		78°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
500	637	548	725	623	814	700	908	781	1004	863	1054	906	1104	949	1205	1036	1310	1126	1417	1218	1526	1312
600	776	667	883	759	993	854	1107	952	1225	1053	1284	1104	1344	1156	1469	1263	1596	1372	1726	1484	1860	1599
700	918	789	1043	897	1173	1009	1308	1125	1447	1244	1519	1306	1590	1367	1736	1493	1888	1623	2041	1755	2198	1890
800	1061	912	1206	1037	1357	1167	1513	1301	1674	1439	1755	1509	1839	1581	2007	1726	2182	1876	2360	2029	2541	2185
900	1206	1037	1371	1179	1542	1326	1719	1478	1902	1635	1995	1715	2089	1796	2282	1962	2480	2132	2682	2306	2889	2484
1000	**1353**	**1163**	**1537**	**1322**	**1729**	**1487**	**1927**	**1657**	**2132**	**1833**	**2236**	**1923**	**2342**	**2014**	**2559**	**2200**	**2780**	**2390**	**3006**	**2585**	**3239**	**2785**
1100	1499	1289	1705	1466	1918	1649	2138	1838	2364	2033	2481	2133	2598	2234	2838	2440	3083	2651	3334	2867	3591	3088
1200	1648	1417	1874	1611	2107	1812	2349	2020	2599	2235	2726	2344	2855	2455	3119	2682	3389	2914	3666	3152	3948	3395
1300	1798	1546	2045	1758	2299	1977	2563	2204	2835	2438	2974	2557	3115	2678	3402	2925	3697	3179	3998	3438	4307	3703
1400	1948	1675	2216	1905	2692	2143	2778	2389	3073	2642	3224	2772	3376	2903	3688	3171	4007	3445	4333	3726	4667	4013
1500	**2100**	**1808**	**2388**	**2053**	**2687**	**2310**	**2995**	**2575**	**3312**	**2848**	**3474**	**2987**	**3639**	**3129**	**3974**	**3417**	**4318**	**3713**	**4671**	**4016**	**5031**	**4326**

Convecteurs montes en derivation

MODELE	CARACTÉRISTIQUES	ÉCART DANS BATTERIE
112 P 500	Profondeur : 112 mm Hauteur : 500 mm Type : P	**10°C**

Longueur nominale en mm \ Δt (°C)	42°C		46°C		50°C		54°C		58°C		60°C		62°C		66°C		70°C		74°C		78°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
200	143	123	163	140	184	158	206	177	228	196	240	206	251	216	276	237	300	258	326	280	351	302
250	181	156	207	178	234	201	262	225	291	250	306	263	320	275	351	302	383	329	414	356	448	385
300	221	190	252	217	285	245	320	275	355	305	372	320	391	336	428	368	466	401	505	434	545	469
350	262	225	299	257	337	290	378	325	419	360	440	378	462	397	506	435	551	474	597	513	644	554
400	302	260	345	297	390	335	436	375	484	416	508	437	534	459	585	503	636	547	691	594	745	641
450	344	296	393	338	443	381	495	426	550	473	578	497	606	521	664	571	723	622	785	675	847	728
500	386	332	441	379	497	427	556	478	618	531	648	557	680	585	744	640	812	698	879	756	950	817
550	428	368	488	420	551	474	616	530	684	588	719	618	754	648	826	710	900	774	976	839	1054	906
600	470	404	537	462	606	521	678	583	752	647	791	680	829	713	908	781	989	850	1072	922	1158	996
650	513	441	585	503	661	568	740	636	821	706	862	741	904	777	991	852	1079	928	1170	1006	1263	1086
700	556	478	635	546	716	616	801	689	890	765	934	803	980	843	1073	923	1170	1006	1268	1090	1369	1177
750	599	515	684	588	772	664	864	743	958	824	1007	866	1056	908	1157	995	1261	1084	1367	1175	1476	1269
800	643	553	734	631	828	712	927	797	1028	884	1080	929	1133	974	1241	1067	1351	1162	1465	1260	1583	1361
850	686	590	784	674	885	761	990	851	1098	944	1154	992	1210	1040	1326	1140	1444	1242	1565	1346	1690	1453
900	730	628	834	717	941	809	1053	905	1170	1006	1228	1056	1287	1107	1411	1213	1536	1321	1665	1432	1798	1546
950	775	666	884	760	998	858	1116	960	1239	1065	1301	1119	1365	1174	1496	1286	1629	1401	1767	1519	1907	1640
1000	**819**	**704**	**935**	**804**	**1056**	**908**	**1180**	**1015**	**1311**	**1127**	**1376**	**1183**	**1443**	**1241**	**1582**	**1360**	**1722**	**1481**	**1868**	**1606**	**2017**	**1734**
1050	863	742	986	848	1113	957	1244	1070	1382	1188	1451	1248	1522	1309	1668	1434	1817	1562	1969	1693	2126	1828
1100	908	781	1037	892	1171	1007	1310	1126	1453	1249	1527	1313	1601	1377	1754	1508	1911	1643	2071	1781	2236	1923
1200	998	858	1140	980	1286	1106	1440	1238	1597	1373	1678	1443	1760	1513	1927	1657	2100	1806	2277	1958	2459	2114
1300	1089	936	1243	1069	1404	1207	1570	1350	1742	1498	1831	1574	1920	1651	2103	1808	2291	1970	2484	2136	2682	2306
1400	1180	1015	1348	1159	1521	1308	1701	1463	1889	1624	1984	1706	2081	1789	2279	1960	2483	2135	2692	2315	2906	2499
1500	**1272**	**1094**	**1453**	**1249**	**1640**	**1410**	**1834**	**1577**	**2035**	**1750**	**2138**	**1838**	**2242**	**1928**	**2456**	**2112**	**2676**	**2301**	**2902**	**2495**	**3132**	**2693**

MODELE	CARACTÉRISTIQUES	ÉCART DANS BATTERIE
167 P 500	Profondeur : 167 mm Hauteur : 500 mm Type : P	**10°C**

Longueur nominale en mm \ Δt (°C)	42°C		46°C		50°C		54°C		58°C		60°C		62°C		66°C		70°C		74°C		78°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
500	563	484	642	552	723	622	808	695	896	770	941	809	986	848	1079	928	1175	1010	1273	1095	1374	1181
600	686	590	782	672	882	758	985	847	1092	939	1147	986	1203	1034	1315	1131	1433	1232	1551	1334	1675	1440
700	811	697	925	795	1042	896	1165	1002	1291	1110	1356	1166	1421	1222	1556	1338	1693	1456	1835	1578	1979	1702
800	937	806	1069	919	1205	1036	1347	1158	1493	1284	1568	1348	1643	1413	1798	1546	1957	1683	2121	1824	2289	1968
900	1065	916	1214	1044	1370	1178	1531	1316	1697	1459	1782	1532	1868	1606	2045	1758	2225	1913	2411	2073	2600	2236
1000	**1194**	**1027**	**1362**	**1171**	**1536**	**1321**	**1717**	**1476**	**1903**	**1636**	**1998**	**1718**	**2093**	**1800**	**2292**	**1971**	**2495**	**2145**	**2703**	**2324**	**2916**	**2507**
1100	1325	1139	1511	1299	1704	1465	1904	1637	2110	1814	2217	1906	2323	1997	2542	2186	2767	2379	2998	2578	3234	2781
1200	1456	1252	1660	1427	1872	1610	2092	1799	2319	1994	2435	2094	2553	2195	2794	2402	3041	2615	3295	2833	3554	3056
1300	1589	1366	1811	1557	2042	1756	2282	1962	2530	2175	2656	2284	2785	2395	3047	2620	3317	2852	3594	3090	3877	3334
1400	1721	1480	1963	1688	2213	1903	2474	2127	2741	2357	2878	2475	3018	2595	3303	2840	3596	3092	3895	3349	4203	3614
1500	**1865**	**1595**	**2115**	**1819**	**2385**	**2051**	**2666**	**2292**	**2955**	**2541**	**3103**	**2668**	**3253**	**2797**	**3560**	**3061**	**3875**	**3332**	**4198**	**3610**	**4530**	**3895**

Choix des convecteurs

MODELE	CARACTÉRISTIQUES	ÉCART DANS BATTERIE
112 P 330	Profondeur : 112 mm Hauteur : 330 mm Type : P	**10°C**

Longueur nominale en mm / Δ t (°C)	42°C		46°C		50°C		54°C		58°C		60°C		62°C		66°C		70°C		74°C		78°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
400	247	212	285	245	326	280	369	317	414	356	437	376	461	396	509	438	559	481	612	526	665	572
500	314	270	363	312	415	357	470	404	527	453	557	479	587	505	649	558	713	613	779	670	848	729
600	383	329	443	381	506	435	573	493	643	553	679	584	715	615	791	680	869	747	950	817	1034	889
700	452	389	523	450	599	515	677	582	759	653	802	690	846	727	935	804	1028	884	1123	966	1222	1051
750	487	419	564	485	645	555	730	628	819	704	865	744	912	784	1008	867	1107	952	1211	1041	1318	1133
800	523	450	606	521	692	595	783	673	878	755	928	798	978	841	1080	929	1189	1022	1299	1117	1413	1215
850	558	480	647	556	740	636	836	719	939	807	991	852	1044	898	1155	993	1269	1091	1387	1193	1510	1298
900	594	511	688	592	786	676	890	765	998	858	1054	906	1111	955	1228	1056	1350	1161	1476	1269	1606	1381
950	630	542	729	627	834	717	944	812	1058	910	1118	961	1178	1013	1303	1120	1432	1231	1565	1346	1704	1465
1000	**666**	**573**	**771**	**663**	**882**	**758**	**998**	**858**	**1119**	**962**	**1182**	**1016**	**1246**	**1071**	**1377**	**1184**	**1514**	**1302**	**1655**	**1423**	**1801**	**1549**
1050	702	604	813	699	930	800	1053	905	1180	1015	1247	1072	1314	1130	1453	1249	1597	1373	1746	1501	1899	1633
1100	704	636	856	736	978	841	1107	952	1241	1067	1311	1127	1382	1188	1528	1314	1679	1444	1835	1578	1998	1718
1200	813	699	941	809	1075	924	1216	1046	1364	1173	1441	1239	1519	1306	1679	1444	1846	1587	2018	1735	2196	1888
1300	886	762	1026	882	1172	1008	1327	1141	1489	1280	1571	1351	1656	1424	1832	1575	2013	1731	2202	1893	2395	2059
1400	961	826	1112	956	1271	1093	1439	1237	1613	1387	1704	1465	1796	1544	1985	1707	2182	1876	2385	2051	2596	2232
1500	**1035**	**890**	**1198**	**1030**	**1370**	**1178**	**1550**	**1333**	**1739**	**1495**	**1836**	**1579**	**1935**	**1664**	**2140**	**1840**	**2352**	**2022**	**2571**	**2211**	**2798**	**2406**

MODELE	CARACTÉRISTIQUES	ÉCART DANS BATTERIE
167 P 330	Profondeur : 167 mm Hauteur : 330 mm Type : P	**10°C**

Longueur nominale en mm \ Δ t (°C)	42°C		46°C		50°C		54°C		58°C		60°C		62°C		66°C		70°C		74°C		78°C	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
500	490	421	562	483	637	548	715	615	797	685	839	721	882	758	969	833	1058	910	1151	990	1247	1072
600	597	513	685	589	777	668	872	750	971	835	1022	879	1075	924	1180	1015	1291	1110	1404	1207	1520	1307
700	706	607	809	696	918	789	1032	887	1149	988	1210	1040	1270	1092	1396	1200	1526	1312	1660	1427	1797	1545
800	815	701	937	806	1062	913	1192	1025	1328	1142	1398	1202	1469	1263	1614	1388	1764	1517	1919	1650	2077	1786
900	927	797	1063	914	1206	1037	1355	1165	1510	1298	1589	1366	1669	1435	1834	1577	2005	1724	2181	1875	2361	2030
1000	**1040**	**894**	**1192**	**1025**	**1353**	**1163**	**1519**	**1306**	**1692**	**1455**	**1781**	**1531**	**1871**	**1609**	**2057**	**1769**	**2248**	**1933**	**2445**	**2102**	**2647**	**2276**
1100	1153	991	1322	1137	1500	1290	1685	1449	1877	1614	1976	1699	2076	1785	2281	1961	2493	2144	2711	2331	2935	2524
1200	1267	1089	1454	1250	1649	1418	1851	1592	2063	1774	2171	1867	2282	1962	2507	2156	2740	2356	2980	2562	3226	2774
1300	1382	1188	1585	1363	1798	1546	2020	1737	2250	1935	2368	2036	2489	2140	2735	2352	2989	2570	3251	2795	3519	3026
1400	1498	1288	1719	1478	1949	1676	2190	1883	2439	2097	2567	2207	2697	2319	2964	2549	3240	2786	3523	3029	3815	3280
1500	**1614**	**1388**	**1853**	**1593**	**2100**	**1806**	**2360**	**2029**	**2628**	**2260**	**2767**	**2379**	**2908**	**2500**	**3195**	**2747**	**3491**	**3002**	**3797**	**3265**	**4111**	**3535**

مثال (3):

حدد المبادلات المناسبة للغرفة (1) في المثال السابق.

الحل:

بفرض أن درجة حرارة ماء التغذية 95/85 ودرجة حرارة الغرفة [20C°] وكمية الحرارة المطلوبة هي [3871W].

$$t_m = \frac{95+85}{2} = 90C^o$$

$$\Delta t = t_m - t_i \Rightarrow \Delta t = 70C^o$$

ومن الجدول (1-3) واعتماداً على Δt يمكن أن نختار مبادل من طراز 167P 680 واستطاعته [4318[W وله الأبعاد التالية :

$$L = 1500[mm]$$
$$H = 680[mm]$$
$$P = 112[mm]$$

ويمكن أن نرتب النتائج في لوحة العمل '2.

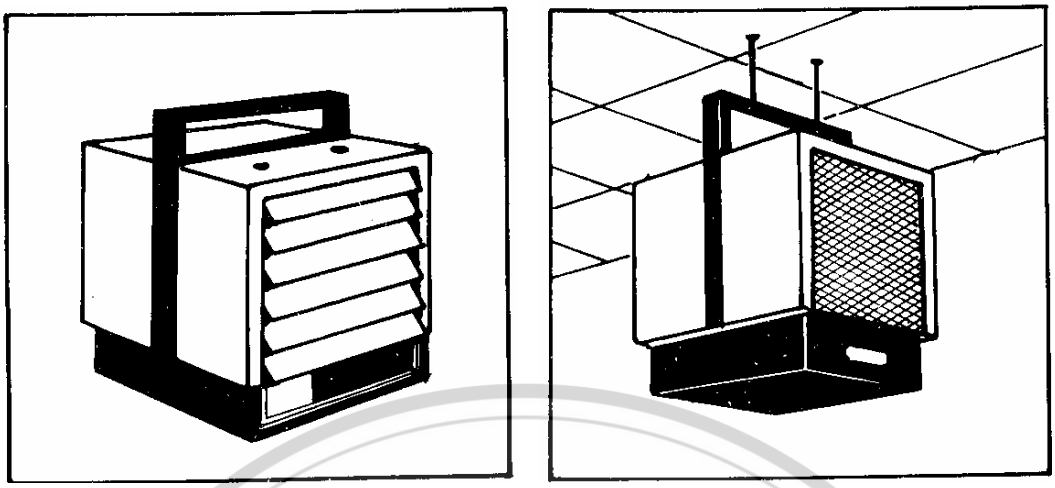
2'. Heat required and convectors

Room		Convector								
No. (t^oC)	Heat Reguired	t_1/t_2 ^oC	ΔtC^o	Type	Heat Per Conv.	No. of Conv.	Total Heat W	Dimention [mm]		
								L	H	P
501	3871	95/85	70	167P680	4318	1	4318	1500	680	167

3-1-3- **وحدات التسخين** Unit – Heaters:

عبارة عن جهاز صغير يتم فيه التبادل الحراري بين بخار الماء أو الماء الساخن وبين الهواء. ويمكن عندئذ تدفئة مكان واسع أو عدد كبير من الغرف بالهواء الساخن دون الحاجة إلى إنشاء شبكة مجاري هوائية بل يكفي توزيع عدد مناسب من هذه الوحدات على الغرف ثم ربطها بشبكة أنابيب لتوصيل الماء الساخن أو بخار الماء إليها.

تتألف هذه الوحدات المبينة في الشكل (4-3):



الشكل (4-3) وحدات التسخين السقفية

من مبادل حراري مصنوع من مجموعة أنابيب مزودة بشفرات لتكبير سطح التبادل يمر ضمنها بخار الماء أو الماء الساخن ومن مروحة كهربائية تدفع الهواء عبر المبادل لتسخينه كما تزود بفوهة إرسال ذات صفائح لتوجيه التبادل وإرساله باتجاه معين ويوضع في كل غرفة واحدة أو أكثر حسب الحاجة وتربط هذه الوحدات بشبكة أنابيب البخار أو الماء الساخن فتؤمن الحرارة اللازمة للغرفة عند تشغيل المروحة الكهربائية كما يمكن وصل هذه الوحدات أو بعضها بالمحيط الخارجي لتأمين التهوية اللازمة للمكان بسحبها هواء جديد وتسخينه وإرساله إلى الداخل وتسمى عندئذ بوحدات التهوية.

إن لهذه الأجهزة عدة مزايا:

1- انخفاض كلفة تأسيسها : إذ إن شبكة أنابيب الماء الساخن أو البخار هي أقل كلفة من شبكة مجاري الهواء.

2- شدة فعاليتها : إذ إنها تعطي كمية كبيرة من الحرارة بالنسبة لحجمها.

3- مرونتها : إذ إنه يمكن تشغيلها وتوقيفها حسب الحاجة وذلك بتشغيل مروحتها الكهربائية دون الحاجة إلى إيقاف جريان الماء الساخن أو البخار إذ إن كمية الحرارة التي يعطيها المبادل الحراري دون استعمال المروحة الكهربائية هي كمية ضئيلة لاتزيد

عن (25%) من كمية الحرارة الاعتيادية لذا تعتبر كل وحدة مستقلة عن الأخرى من حيث التشغيل والإيقاف.

4- إمكانية تأمين التهوية : وذلك بوصل بعضها بالمحيط الخارجي.

5- إمكانية استعمالها لتبريد المكان صيفاً بالإضافة إلى تدفئته شتاءً وذلك بتمرير ماء مبرد بدلاً من الساخن ضمن نفس الشبكة فتمتص عندئذ حرارة الهواء المار وتعيد إرساله مبرداً.

6- سهولة وضعها في أي مكان من الغرفة وتوجيه الهواء الخارج منها إلى النقاط المطلوبة.

يوجد أشكال متعددة من هذه الوحدات فمنها مايمكن وضعه تحت النوافذ مع تأمين فتحة خارجية له لتجديد الهواء ويكون اتجاه الهواء الساخن عند خروجه منها إلى الأعلى. ومنها ما يثبت على الجدران كما في الشكل (5-3) ويوجه الهواء عندئذ إلى الأسفل ومنها ما يعلق بالسقوف .

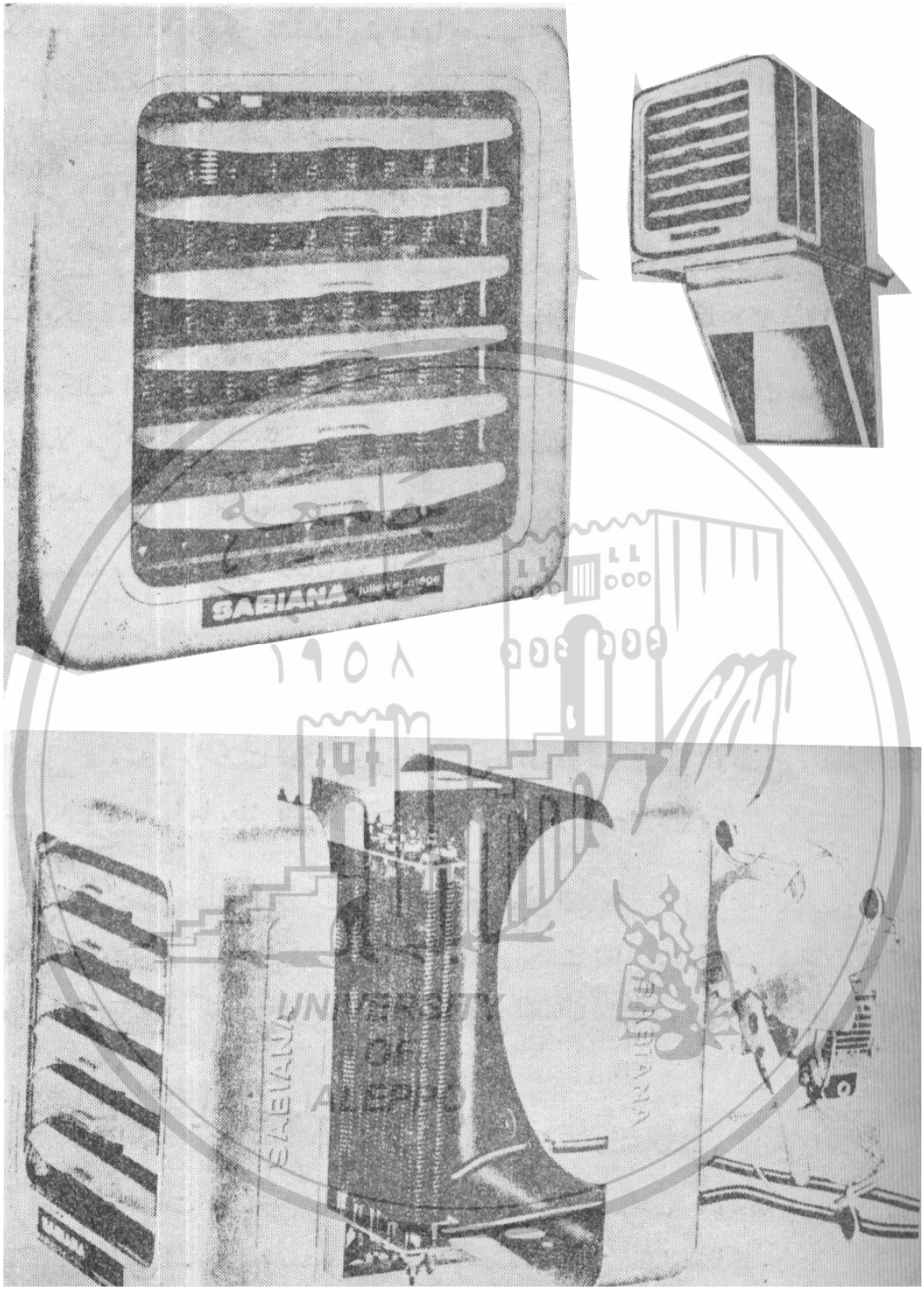
يمكن استعمال هذه الوحدات في أبنية السكن وفي الفنادق وفي أبنية المكاتب والمدارس والدوائر الرسمية كما يمكن استعمالها في المصانع حيث تعلق بالسقوف وتثبت في أعالي الجدران فلاتعيق الحركة ثم توجه إلى مناطق تجمع العمال لتدفئتهم.

حساب واختيار وحدات التسخين :

تصنع وحدات التسخين باستطاعات متنوعة ويستحسن وضع وحدة تسخين جدارية لكل $(800-1500)\,m^2$ من مساحة الأرضية.

ونضع وحدة تسخين سقفية لكل $(100-250)\,m^2$ من مساحة أرض الغرفة.

في الوحدات الجدارية يجب الانتباه إلى وضعها إذ يجب أن ترتفع فوهة إرسال الهواء أكثر من (2m) عن سطح الأرض ويمكن أن نزيد من درجة حرارة الهواء الخارج من الوحدة كلما رفعنا فوهة الإرسال والمعدل المعروف هو $(1-3)^{o}C$ لكل متر ويوضح الجدول (2-3) كيفية اختيار وحدة التسخين.



الشكل (5-3) **وحدة تسخين جدارية**

الجدول (2-3) وحدات التسخين

Nominal Datas 3-Rows Coil - Standard version - Volt 230/1/50 Hz

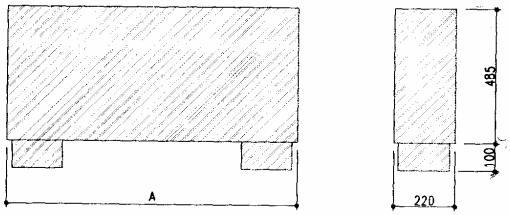
Size of Unit	Speed	F	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Nominal Air Flow	High	m^3/h	190	360	500	710	850	1015	1185	1360	1510	1700
	Med	m^3/h	140	280	420	550	730	790	970	1110	1285	1460
	Low	m^3/h	100	200	320	400	540	625	760	760	1060	1200
Total Cooling capacity	High	kW	1,0	2,7	4,0	5,9	6,8	8,1	9,2	10,9	11,8	13,6
3-Rows coils 10 tubes	Med	kW	0,9	2,2	3,5	4,8	6,0	6,6	7,9	9,3	10,4	12,0
Air 27°C 50% Water 7-12°C	Low	kW	0,7	1,7	2,8	3,7	4,7	5,5	6,5	6,8	8,9	10,3
Sensible Cooling capacity	High	kW	0,8	1,8	2,6	3,8	4,4	5,2	6,0	7,0	7,6	8,7
3-Rows coils 10 tubes	Med	kW	0,6	1,4	2,3	3,0	3,9	4,3	5,1	6,0	6,7	7,7
Air 27°C 50% Water 7-12°C	Low	kW	0,5	1,1	1,8	2,3	3,0	3,5	4,2	4,3	5,7	6,6
Chilled Water Flow	Med	l/h	148	376	605	822	1034	1143	1355	1599	1789	2068
Water Pressure Drop	Med	kPa	0,5	3,5	9,7	19,4	29,4	21,7	15,0	21,8	26,9	37,2
Total Cooling capacity	High	kW	0,8	2,2	3,4	5,0	5,3	6,6	7,7	9,1	9,8	11,3
2-Rows coils 10 tubes	Med	kW	0,7	1,9	3,0	4,1	4,7	5,6	6,7	7,9	8,7	10,1
Air 27°C 50% Water 7-12°C	Low	kW	0,6	1,5	2,5	3,2	3,8	4,7	5,6	6,6	7,6	8,8
Sensible Cooling capacity	High	kW	0,6	1,5	2,2	3,2	3,5	4,4	5,1	5,9	6,4	7,3
2-Rows coils 10 tubes	Med	kW	0,5	1,3	2,0	2,7	3,2	3,6	4,4	5,1	5,7	6,6
Air 27°C 50% Water 7-12°C	Low	kW	0,4	1,0	1,6	2,1	2,5	3,1	3,7	3,9	5,0	5,7
Chilled Water Flow	Med	l/h	116	320	519	711	817	959	1150	1355	1503	1743
Water Pressure Drop	Med	kPa	0,7	5,4	15,3	31,2	14,6	21,8	18,9	27,4	33,2	46,5
Heating capacity (2-pipe coils)	High	kW	1,3	2,8	4,1	5,9	6,8	8,2	9,4	11,0	11,9	13,6
3-Rows coils 10 tubes	Med	kW	1,0	2,3	3,6	4,8	6,0	6,7	8,0	9,3	10,5	12,0
Air 20°C Water 50-40°C	Low	kW	0,8	1,7	2,8	3,6	4,7	5,5	6,5	6,7	9,0	10,2
Chilled Water Flow	Med	l/h	88	200	309	412	522	577	686	807	910	1044
Water Pressure Drop	Med	kPa	0,2	1,2	3,1	6,1	9,3	6,7	4,6	6,4	8,0	11,0
Heating capacity (4-pipe coils)	High	kW	1,5	3,1	4,5	6,3	6,9	8,3	9,9	11,5	12,2	13,9
1-Rows coils 10 tubes	Med	kW	1,2	2,6	4,0	5,4	6,4	7,2	8,8	10,2	11,1	12,7
Air 20°C Water 70-60°C	Low	kW	1,0	2,1	3,4	4,4	5,3	6,2	7,6	8,1	9,9	11,3
Hot Water Flow	Med	l/h	109	2131	353	471	557	627	769	894	973	1114
Water Pressure Drop	Med	kPa	1,5	7,3	19,4	38,8	52,0	15,9	25,4	36,4	42,4	58,6
Heating capacity (4-pipe coils)	High	kW		2,5	3,8	5,4	6,0	7,4	8,6	10,1	10,7	12,2
Additional 1-Rows coils 8 tubes	Med	kW		2,2	3,5	4,7	5,5	6,5	7,7	9,0	9,8	11,2
Air 20°C Water 70-60°C	Low	kW		1,8	3,0	3,9	4,7	5,7	6,7	7,2	8,8	10,0
Hot Water Flow	Med	l/h		193	305	413	484	568	676	790	860	984
Water Pressure Drop	Med	kPa		4,5	13,1	27,5	36,3	57,1	13,4	19,9	23,7	32,9
Nominal power V230/1/50-60Hz	IP 42	Watt	7	25	25	35	35	35	35	2x35	2x35	2x35
Max motor power absorption	High	Watt	37	61	79	96	100	110	129	2x81	2x82	2x93
Max Full Load Current	High	Amp	016	026	0,37	0,42	0,46	0,52	0,57	0,68	0,74	0,82
Coil Height 250 mm (10 tubes)	Lenght	mm	200	400	600	800	800	1000	1200	1400	1400	1600
Additional 1-Row coil (8 tubes)	Lenght	mm		350	550	750	750	950	1150	1350	1350	1550
Coil Face area	3-Row	m^2	0,05	0,10	0,15	0,20	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35	0,40
Coil water volume	3-Row	Lt	0,45	0,90	1,38	1,83	1,83	2,28	2,73	3,18	3,18	3,65
Std capacity Electric Element	V230/1	Watt		700	1000	1500	1500	2000	2500	3000	3000	4000
High capacity Electric Element	V230/1	Watt		1000	1200	2000	2000	2500	3000	4000	4000	5000
Sound Pressure Level (Lp)	Med	dB(A)	30,6	32,4	34,7	38,7	37,6	43,8	44,9	36,9	38,9	42,7
Noise Criteria curves (ARI-Lp)	Med	NC	17,5	22,5	25,0	27,0	27,0	35,5	36,0	26,5	29,0	33,5
Noise Rating curves (ISO-Lp)	Med	NR	20,0	24,5	27,0	28,0	28,0	36,6	36,5	27,5	30,0	34,0

MOTOR Class 'F' PSC/AOM with thermal protection Sinterized sleave bearings – COIL 8 & 10 Tubes Louver Fin ½F water connections
NOISE Global S P L and Noise Criteria (NC) & Rating (NR) curves in Reverberant Chamber (ISO 3741) with Room absorption of 12 dB

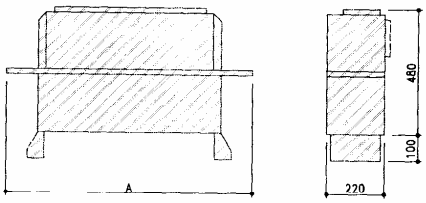
Due to Manufacturer continuous product improvement it is reserved the right to change any data of the products at any time without prior notice

تابع الجدول (2-3)

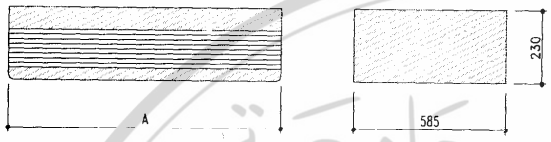
Serie FM-FMH



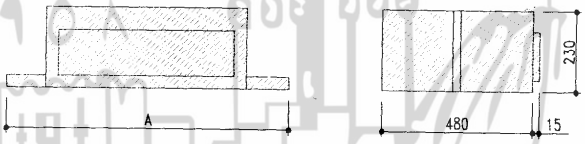
Serie FI - FIH



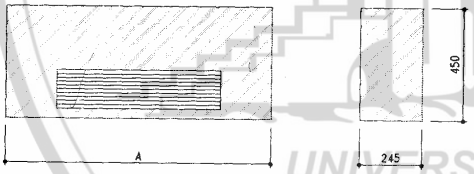
Serie **FMO-G**



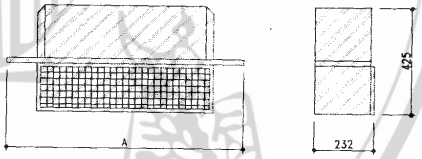
Serie **FO-FOH**



Serie **LBM**



Serie **LBI**



Mod/Type		FM-FMH	FI-FIH	FMO-G	FO-FOH	LBM	LBI
F/L	FH	A mm	A mm	A mm	A mm	A mm	A mm
01	--	640	540				
02	025	840	740	840	700	840	740
03	035	1040	940	1040	900	1040	940
04-05	050	1240	1140	1240	1100	1240	1140
06	060	1440	1340	1440	1300	1440	1340
07	070	1640	1540	1640	1500	1640	1540
08-09	090	1840	1740	1840	1700	1840	1740
10	105	2040	1940	2040	1900	2040	1940

مثال (4)**:** صالة حملها الحراري [W]6800 المطلوب اختيار وحدات التسخين المناسبة.

الحل: من الجدول (2-3) واعتماداً على الحمل المطلوب يمكن أن نختار ثلاثة وحدات من نوع (02) باستطاعة [kW]2.3 وطراز FM-FMH حيث أبعادها :

A = 840[mm] , H=585 [mm] , P=220 [mm]

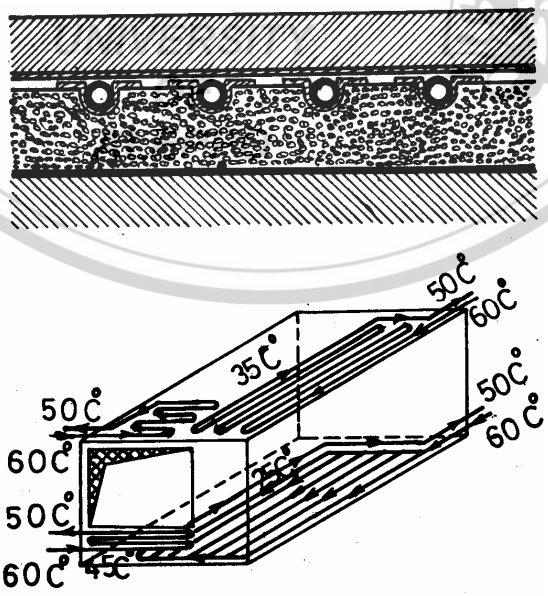
3-1-4- التدفئة باستعمال السطوح المشعة للحرارة:

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 بوساطة الصفائح المشعة فتعتمد على تسخين هذه السطوح لدرجة حرارة عالية تصل إلى أكثر من (100C̊) مئة درجة مئوية في حال استعمال الماء أو البخار وأكثر من (500C̊) في حال استعمال الكهرباء بحسب الحمل الحراري للمكان المدفأ بنفس الطرق التي مرت معنا سابقاً مع ملاحظة أن التدفئة باستعمال أحد سطوح الغرفة (الأرض، السقف، الجدار) يستوجب دراسة خاصة لحساب الضياع الحراري من السطح المدفأ هذا.

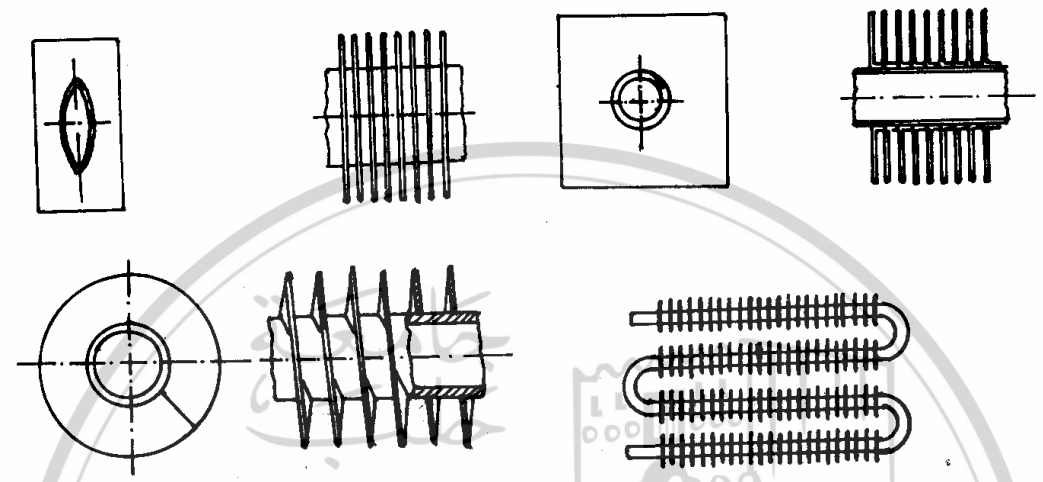
تقسم التدفئة بالسطوح بحسب نوع وشكل السطح المدفأ إلى :

1- أنابيب مركبة ضمن الأرض أو السقف أو الجدار وتسمى بالوشائع المطمورة وتستعمل الماء الساخن بدرجة حرارة عادية أو منخفضة والشكل (3-6) يعطي فكرة عن طريقة تركيب هذه الأنابيب.



الشكل (3-6) الوشائع المطمورة وكيفية توزيعها في الأسقف والأرضيات والجدران مع درجات الحرارة المناسبة

2- صفائح معدنية مع أنابيب تسمى بالوشائع المكشوفة تركب على الجدار أو السقف تستعمل الماء الساخن أو البخاربدرجات حرارة عادية أو مرتفعة. والشكل (7-3) يوضح هذا النوع من السطوح.



الشكل (7-3) نماذج مختلفة للوشائع المكشوفة المزعنفة

3- تمديدات كهربائية في السقف أو الأرض أو الجدران وهذه تشبه الحالة الأولى مع اختلاف وسيط التسخين فقط.

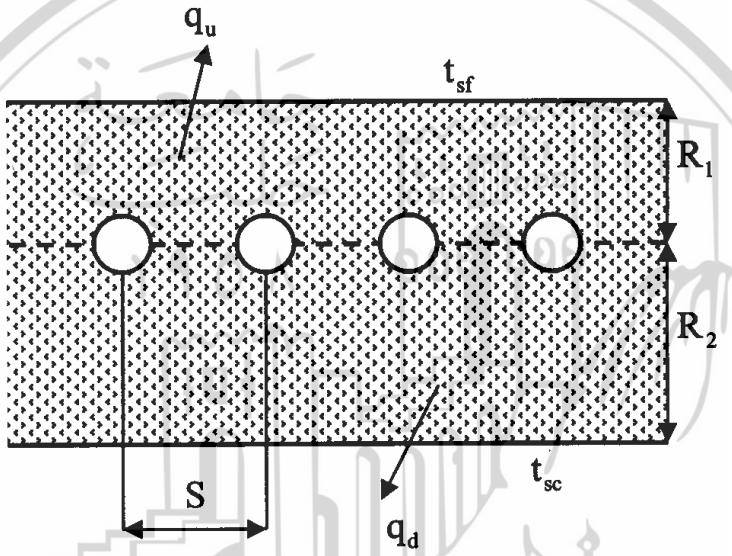
4- تمديدات هواء ساخن لتدفئة السقف أو الأرض أو الجدران وهي تشبه الحالة الأولى مع اختلاف وسيط التسخين والطريقة.

ويجب ملاحظة استعمال أنابيب جيدة ويفضل أن تتم وصلات الأنابيب باللحام وأن يستعمل الثني بدل الأكواع المقلوظة كما يفضل استعمال أنابيب بلاستيك مرنة تساعد على تشكيل الدارة المطلوبة ضمن الأرض أو السقف أو الجدار دون الخوف من اهتراء هذه الدارة. والتي عادة تكون مصنعة من مادة البولي ايتيلين العالي الكثافة الخالي من مادة البيروكسيد الضارة بالصحة.

وفي جميع الحالات يجب أن تجرب الشبكة بالضغط قبل تغطيتها أو صب الاسمنت عليها إلى ضغط لايقل عن ثلاث أضعاف ضغط التشغيل.

ففي الحالة الأولى تركب أنابيب التدفئة أثناء صب الاسمنت للسقف أو الأرض أو الجدار ويعزل جيداً من الجهة التي لايُراد تدفئتها.

وتتراوح أقطار هذه الأنابيب بين $(20 \div 15)\,mm$ ويترك بين هذه الأنابيب مسافة من التباعد (S) بحسب الحمل الحراري المطلوب وتتراوح من [600-450-350-250-150mm] حسب الحاجة. والشكل (8-3) يبين طريقة تركيب هذه الأنابيب.



الشكل (8-3)

حيث المقاومة R_1 والمقاومة R_2 تتغير قيمتها بحسب اتجاه التدفئة المطلوب إلى الأعلى أم إلى الأسفل ويعزل جيداً الاتجاه الذي لايُراد تدفئته وبالتالي تزداد مقاومته ويراعى إقلال المقاومة من جهة تدفق الحرارة المطلوبة.

ويلاحظ عند استعمال هذه الطريقة من التدفئة أن درجة حرارة السطح السفلي للسقف عند استعمال التدفئة من السقف يجب أن لاتتعدى [50C̊] أي أن درجة حرارة الماء الوسطية تتراوح بين (60-55C̊) ويمكن تطبيق هذه الدرجات على التدفئة من الجدار. أما التدفئة من الأرض فإن درجة حرارة سطح الأرض تتراوح بين (30-24C̊) وبذلك لاتزيد درجة حرارة الماء الوسطية عن (45 C̊) تقريباً. ويراعى في جميع الحالات

أن لايكون هبوط درجة حرارة الماء كبيراً كي لاتنخفض درجة الحرارة الوسطية للماء (وسيط تسخين).

يلاحظ أن طريقة التدفئة بالأرض هي الطريقة المفضلة لأنها تعطي تدرج حراري مريح بالغرفة وطريقة التدفئة بالسقف أقل من سابقتها من حيث الراحة، والتدفئة بالجدران أقل من الطريقتين السابقتين راحة ولذلك هي أقل شيوعاً وغالباً ما تستعمل في تدفئة المسابح المغلقة.

البث الحراري من الأرض :

تستعمل طريقة التدفئة الأرضية في المدارس والصالات المعدة لألعاب الأطفال والمنازل وتعطي العلاقة التالية كمية الحرارة المنبعثة من سطح الأرض المدفأة:

$$q_u = \alpha_u \left(t_{sf} - t_i \right) \qquad (3\text{-}1)$$

حيث:

q_u : كمية الحرارة المنبعثة نحو الأعلى $[W/m^2]$.

t_{sf} : 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 $[W/m^2.^{\circ}C]$.

والمعامل α_u تابع لدرجة حرارة سطح الأرض ودرجة حرارة الإشباع الوسطية ودرجة حرارة هواء الغرفة ولسرعة الهواء فوق السطح المدفأ.

وعند حساب الأحمال الحرارية لبناء مؤلف من عدة طوابق نبدأ الحسابات من الطابق الأعلى أو في هذه الحالة يجب اعتبار كمية الحرارة المنتقلة نحو الأسفل ربح حراري بالنسبة للطابق الذي تحته وبالتالي تقل قيمة الحمل الحراري المطلوب لهذا الطابق.

والجدول (3-3) يعطي بشكل تقريبي قيمة وسطية للبث الحراري من أنابيب مطمورة بالأرض بدلالة قطر الأنبوب والبعد بين الأنابيب وذلك بالوات للمتر الطولي للأنبوب بدون الرجوع إلى تحديد المقاومات ودرجات الحرارة وغيرها.

الجدول (3-3)

قطر الأنبوب [mm]	كمية الحرارة لوحدة الطول من الأنبوب [W/m.C]	المسافة بين الأنابيب (S) mm
15	1.384	230 – 150
20	1.72	300 – 230
25	2.08	450 – 300
32	2.59	600 - 450

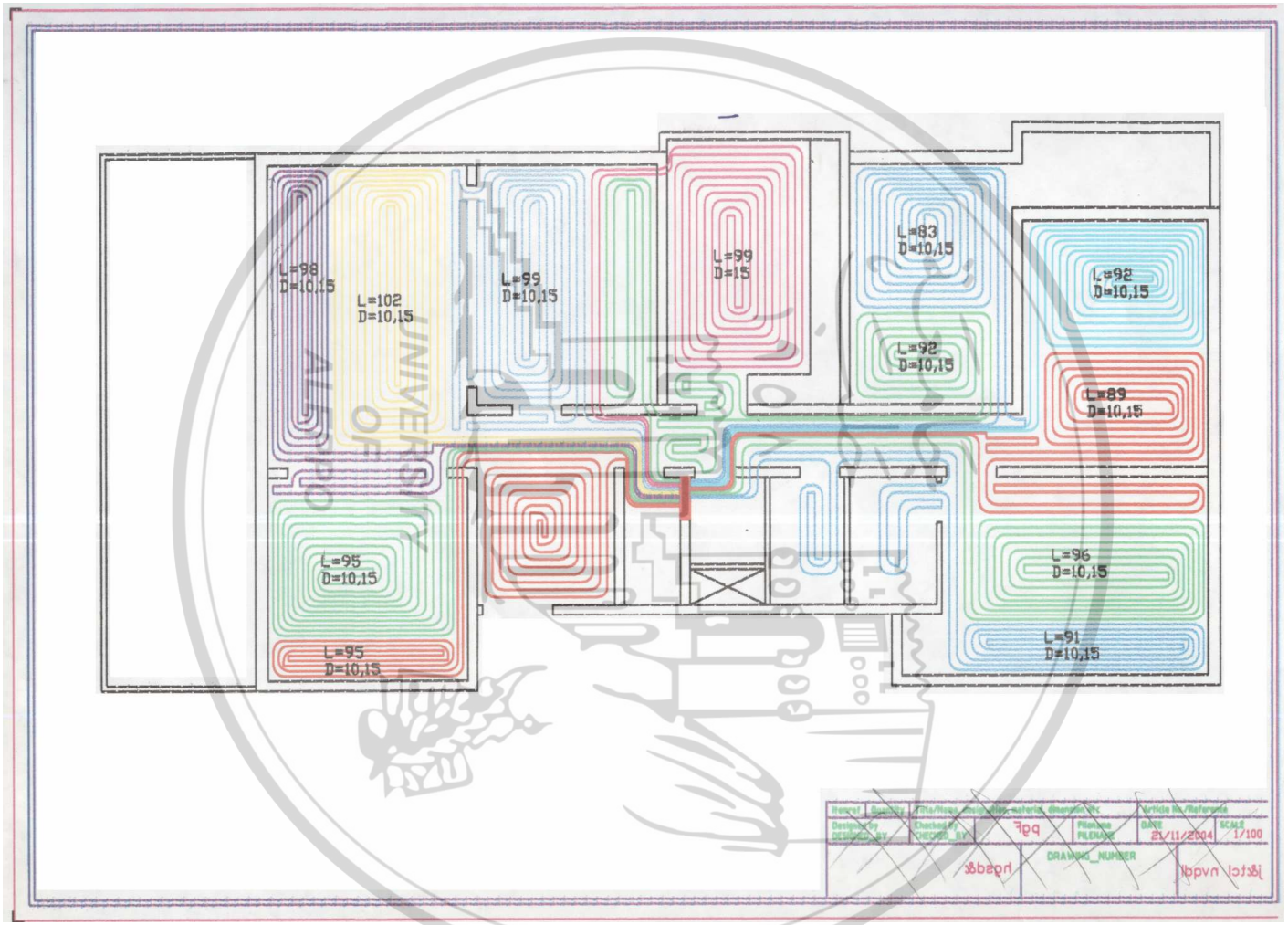
والقيمة المحددة لكمية الحرارة هي كمية الحرارة الكلية المنبعثة من الأنبوب لوحدة الطول بجميع الاتجاهات ويمكن بشكل تقريبي اعتبار أن الضياع الحراري يشكل نسبة 20% من هذه القيمة وبذلك يبقى 80% من الحرارة تتجه نحو الأعلى والشكل (3-9) يعطي فكرة عن طريقة تمديد الأنابيب في التدفئة الأرضية.

المادة العازلة عند استعمال التدفئة بالسطوح :

تساعد المادة العازلة في تقليل الضياع الحراري من الجهة غير المراد تدفئتها كما تساعد على توجيه الحرارة للاتجاه المطلوب بسرعة أكبر مما يزيد في سرعة تدفئة المكان.

وعند التدفئة من الأرض فإن العازل يساعد على تقليل الضياع الحراري بالاتجاه الآخر والذي يصل أحياناً إلى (25%) من البث الحراري في حال عدم وجود العازل.

وتنخفض نسبة الضياع هذه بحسب سماكة ونوع العازل المستعمل وفي هذه الحال يتم اختيار المادة العازلة لتتحمل الضغوط الواقعة عليها وكذلك يجب أن تكون مقاومة للرطوبة ، أما في حال استعمال الصفائح الساخنة فيمكن وضع طبقة من العازل فوق الصفيحة إذا كانت معلقة لتعطي حرارتها نحو الأسفل والعازل المستعمل في هذه الحالة غالباً ما يكون الصوف الزجاجي المغلف بطبقة من الورق المقاوم للحرارة.



الشكل (3-9) **التدفئة الأرضية بوساطة الوشائع المطمورة**

وكي نتمكن من استعمال درجة حرارة أعلى لوسيط التسخين ضمن أنابيب التدفئة التي تمر ضمن الأرض يمكن عزل هذه الأنابيب بعازل من صفائح الأميانت وبذلك تزداد المقاومة نحو الأسفل ونحو الأعلى وتنخفض نتيجة ذلك درجة حرارة السطح إلى الحد المقبول.

هذا وتعطي المواصفات القياسية البريطانية درجة الحرارة الوسطية للماء من ̊C (50-55) لأنابيب تمر ضمن الأرض ومن ̊C (70-77) لأنابيب معزولة تمر ضمن الأرض أيضاً. ويجب أن يراعى عند استعمال درجات حرارة مرتفعة استعمال مواد مناسبة لبناء السطح المدفأ لتتحمل درجات الحرارة هذه.

2-3- **أنظمة التدفئة بالماء الساخن** Hot water heating systems

تمهيد:

يستعمل في هذه الأنظمة الماء لحمل الحرارة من المرجل إلى المشعات وذلك بوساطة شبكة أنابيب تصل بين المشعات والمرجل ويمكن تصنيف أنظمة التدفئة بالماء الساخن من حيث درجة حرارة ماء التغذية إلى صنفين:

أ – الأنظمة ذات درجة الحرارة المنخفضة Low – temperature

ب – الأنظمة ذات درجة الحرارة المرتفعة High – temperature

في الأنظمة ذات درجة حرارة التغذية المنخفضة لاتزيد درجة حرارة ماء التغذية عن 90̊C بينما تكون درجة حرارة ماء التغذية في الأنظمة ذات الحرارة المرتفعة أعلى من 120̊C كما يمكن تصنيف أنظمة التدفئة بالماء الساخن من حيث منشأ القوة المسببة لجريان الماء ضمن شبكة التوزيع إلى صنفين:

الشبكة ذات الجريان الحر (أو النقل) والشبكة ذات الجريان القسري. ففي الصنف الأول يتم الجريان بسبب اختلاف كثافة الماء باختلاف درجات حرارة الماء الذاهب عن الماء العائد أما في الصنف الثاني فتستخدم مضخة مناسبة لتأمين الجريان اللازم.

تمتاز أنظمة الجريان القسري بما يلي:

1- تحتاج إلى شبكة أنابيب ذات أقطار صغيرة بسبب توفر القوة الدافعة لتدوير الماء ضمن الشبكة.

2- سهولة موازنة جريان الماء إلى مختلف المشعات.

3- سهولة في التصميم.

4- تستجيب إلى تغيرات درجة الحرارة بشكل سريع وفعّال.

كما يمكن تصنيف أنظمة التدفئة بالماء الساخن من حيث شكل شبكة التوزيع.

يمكن أن نميز ثلاثة أنواع رئيسية:

1- شبكة التوزيع المفردة.

2- شبكة التوزيع المزدوجة ذات العودة المباشرة.

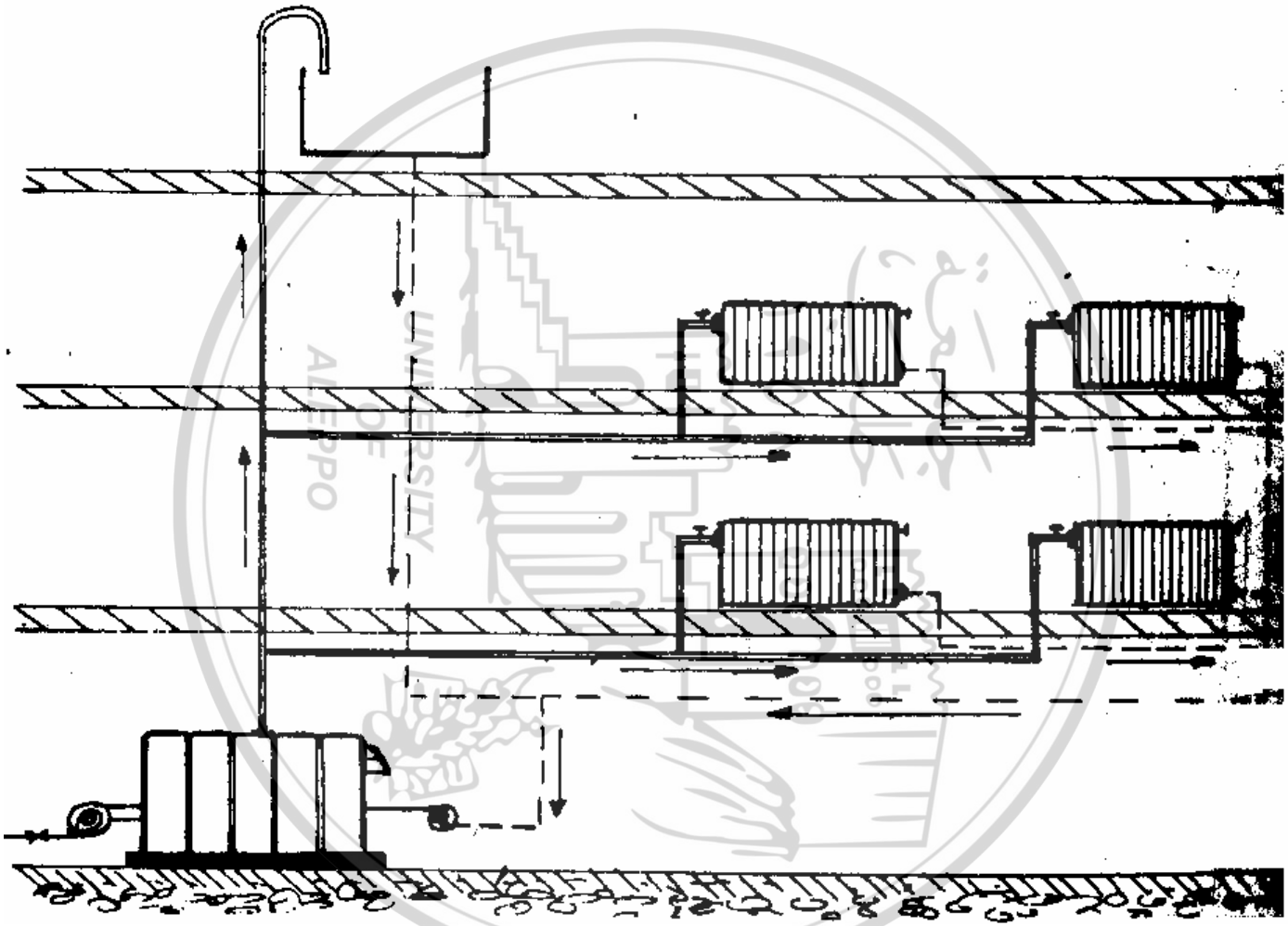
3- شبكة التوزيع المزدوجة ذات العودة المعكوسة.

سنتناول النظام الثالث لأنه أكثرها توازناً.

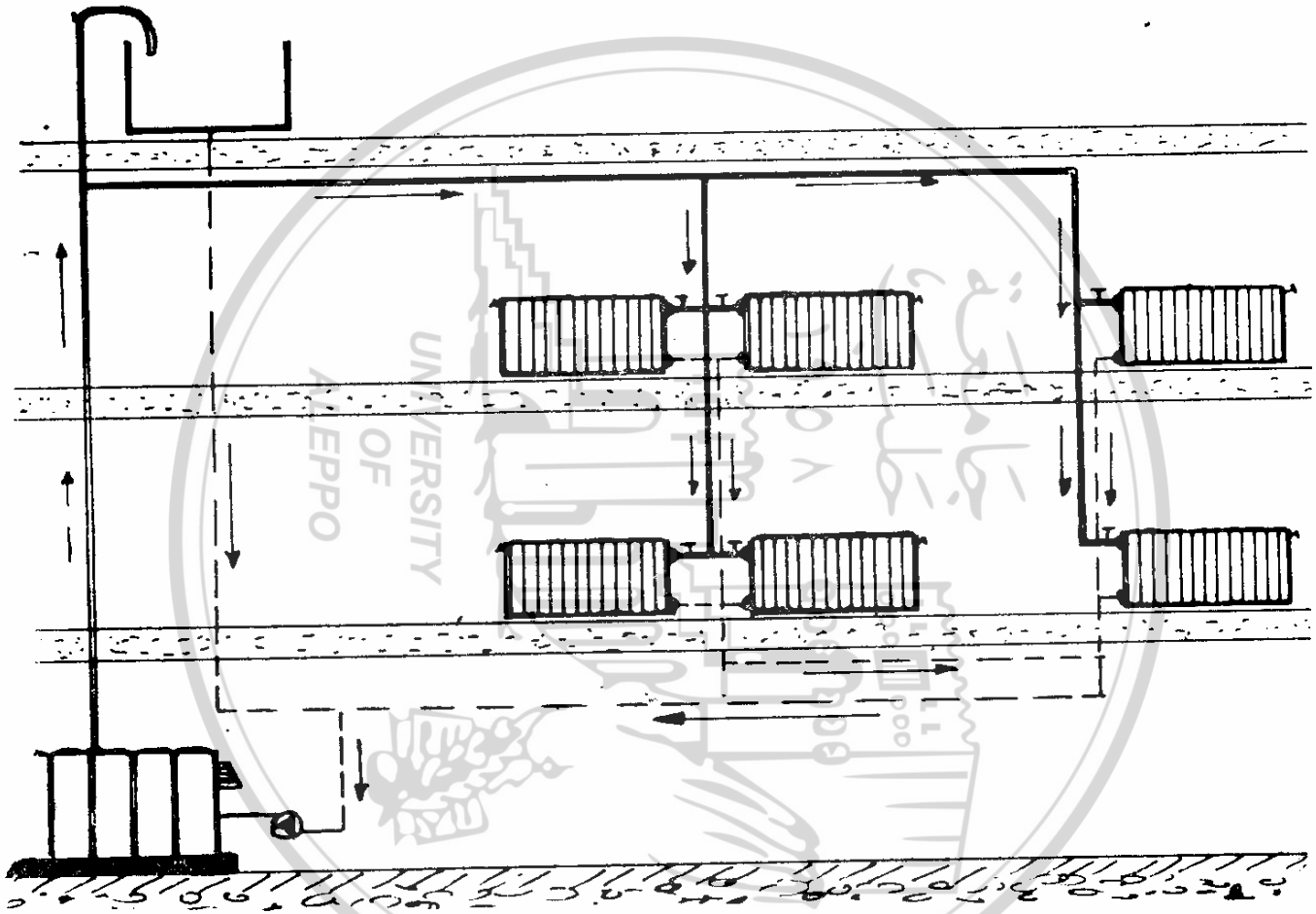
نظام الشبكة المزدوجة ذو العودة المعكوسة:

يمتاز هذا النظام عن نظام العودة المباشرة بأن طول المسافة التي يجتازها الماء من المرجل إلى كل مشع ثم إلى المرجل ثانية هي تقريباً متساوية. لذا يعتبر هذا النظام متوازناً من نفسه دون أن يكون هناك ضرورة لإجراء حسابات دقيقة لمقاطع أنابيب الشبكة إلاّ أنه من المرغوب به على كل حال القيام بحسابات دقيقة للشبكة كي تتوزع الحرارة بشكل متجانس وللحصول على أقل كلفة ممكنة لقيمة أنابيب الشبكة يعتبر نظام الشبكة المزدوجة ذو العودة المعكوسة ملائماً وعملياً للأبنية المؤلفة من عدة طوابق حيث توضع المشعات فوق بعضها البعض بشكل شاقولي. والشكلان (3-10) و (3-11) يوضحان هذا النوع من الشبكات.

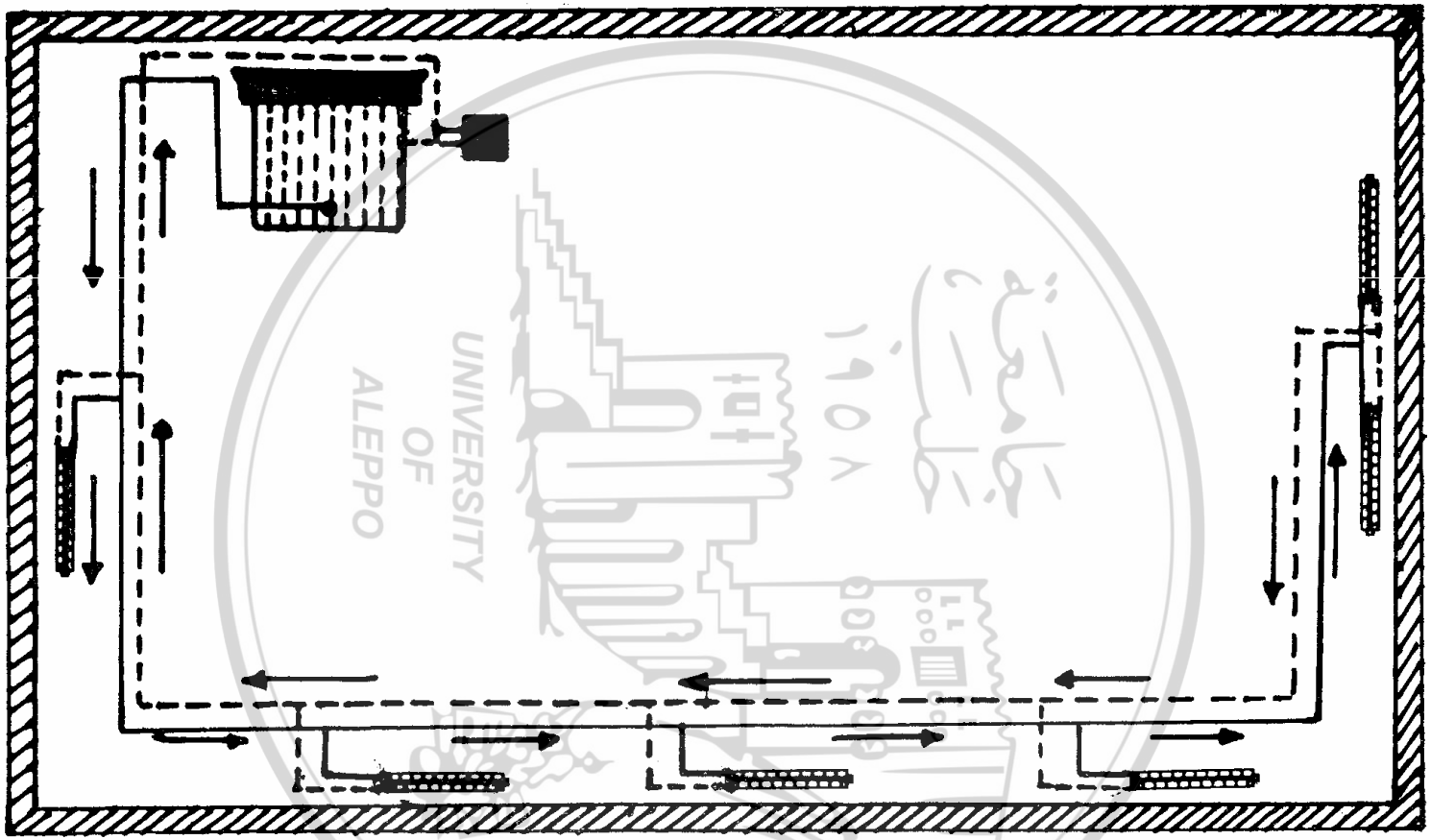
ويوضح الشكل (3-12) نظام الشبكة المزدوجة ذو العودة المعكوسة المستعمل لطابق واحد.



الشكل (10-3) نظام التدفئة بالماء الساخن ذي الشبكة المزدوجة والعودة المعكوسة والتغذية للأعلى



الشكل (11-3) نظام التدفئة بالماء الساخن ذي الشبكة المزدوجة والعودة المعكوسة والتغذية للأسفل



الشكل (12-3) نظام الشبكة المزدوجة ذو العودة المعكوسة لطابق واحد

3-3- مزايا التدفئة بالماء الساخن:

تمتاز التدفئة بالماء الساخن على التدفئة بالبخار بما يلي:

1- لاتحتاج شبكة الأنابيب لأن تمدد على مستوي معين بل يمكن تغيير اتجاهها صعوداً أو نزولاً حسبما تقتضي ضرورات البناء المعمارية والإنشائية. كما لاتحتاج الأنابيب الأفقية أن تعطى ميلاً خاصاً. على أنه يجب تهوية النقاط العليا من الشبكة وتجهيز النقاط السفلى بصمامات تفريغ.

2- ليس هناك ضرورة لاستعمال بعض الأجهزة المعقدة التي تستعمل مع بخار الماء كالمصايد وغيرها التي تحتاج إلى عناية خاصة وصيانة مستمرة. كما لايحتاج مرجل الماء الساخن إلى تحكم خاص للمحافظة على مستوى الماء فيه.

3- يمكن تعديل درجة حرارة الماء الساخن لتتلاءم مع شروط الطقس الخارجي بسهولة أكبر مما يمكن مع البخار فيمكن مثلاً في الطقس المعتدل تخفيض درجة حرارة ماء التغذية إلى 40ْC أو 50ْC بينما يمكن في الأيام شديدة البرودة التي تحتاج إلى حرارة كبيرة رفع درجة حرارة ماء التغذية إلى 90ْC أو 100ْC ويتم التحكم بدرجة حرارة ماء التغذية بوساطة أجهزة خاصة حساسة لتغيرات درجة حرارة الطقس الخارجي. ويمكن عندئذ التحكم بكميات الحرارة اللازمة في كل حالة بدقة تامة. مما يجعل الأماكن المدفأة ذات درجة حرارة ثابتة بالرغم من تغير درجة حرارة الجو الخارجي.

4- تستعمل في أنظمة التدفئة بالماء الساخن نفس الماء بشكل مستمر مما يقلل إمكانية الترسبات على سطوح التسخين في المرجل أو في المشعات أو في أنابيب الشبكة.

5- يمكن التخلص من الهواء في الشبكة بشكل كامل تقريباً. مما يقلل أسباب الصدأ أو التأكسد.

6- يتم جريان الماء ضمن الشبكة الأنابيب المصممة والمركبة بشكل جيد من دون اهتزاز أو صوت أو ما يسمى بخبط الماء.

7- يمكن استعمال الشبكة نفسها للتدفئة شتاء وللتبريد صيفاً وذلك بتمرير ماء مبرد عوضاً عن الماء الساخن.

3-4- ضياعات الاحتكاك أو هبوط الضغط:

يحتاج المائع حتى يجري ضمن أنبوب فرق ضغط بين بداية الجريان ونهايته وذلك بسبب وجود احتكاك بين المائع وجدران الأنبوب الداخلية يتوقف مقدار هذا الاحتكاك على سرعة جريان المائع وعلى قطر الأنبوب الداخلي ومقدار درجة خشونة سطحه الداخلي. ويجب التمييز في دارة ما بين أقسام الأنابيب المستقيمة وبين القطع الخاصة المتصلة بها مثل (الأكواع، المفرعات، النقاصات، السكور، المشع، المرجل، ...الخ) فبينما يتناسب احتكاك الماء ضمن أقسام الأنابيب المستقيمة مع سرعة الجريان مرفوعة للقوة (1.78) يتناسب هذا الاحتكاك ضمن القطع الخاصة مع مربع سرعة الجريان.

وبما أن ضياعات الاحتكاك في جميع القطع الخاصة تتناسب بشكل عام مع مربع سرعة الجريان لذا يمكن الاستعاضة عن كل قطعة خاصة موجودة في دارة ما بعدد معين من الأكواع العادية يكافئ من حيث ضياعات الاحتكاك لهذه القطعة ويسمى هذا العدد بـ " عدد الأكواع المكافئ" ويعطي الجدول A(4-3) عدد الأكواع المكافئة للمقاومات الخاصة.

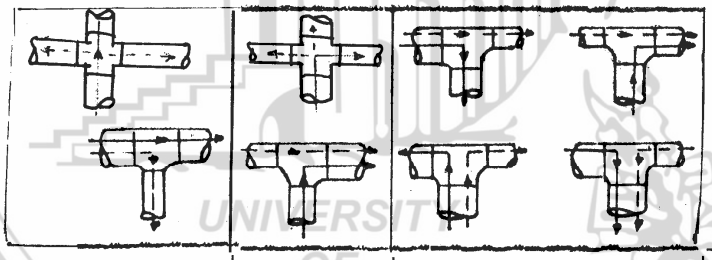
ويعطي الجدول B(4-3) عدد الأكواع المكافئ للمفرعات (T) حسب شكل التفريع وحسب نسبة الماء الداخلة ضمن الدارة إلى مقدار الماء الكلية.

ويمكن تحويل عدد الأكواع المكافئة بالنسبة لقطر معين وسرعة الجريان معينة إلى طول مكافئ لأنبوب مستقيم ويعطي الجدول (5-3) طول الأنبوب المكافئ بالنسبة لسرعات مختلفة وأقطار متنوعة وبإضافة الأطوال المكافئة لمختلف القطع الخاصة الموجودة ضمن دارة ما إلى طول الأنابيب المستقيمة نحصل على الطول الكلي المكافئ لهذه الدارة.

الجدول رقم A(3-4) عدد الأكواع المكافئة للمقاومات الخاصة

Fittings	عدد الاكواع المكافئة	نوع المقاومـــــــة
90 – DEG ELBOW	1	كوع (٩٠) درجة
90 – deg . long–radius elbow	0.5	كوع (٩٠) درجة بقطر كبير
45 – deg elbow	0.7	كوع (٤٥) درجة
Open Return Bend	1	كوع مزدوج مفتوح (∩)
Reducer	0.4	نقاصـــــــة
Open Gate Valve	0.5	سكر جارور مفتوح
Open Globe Valve	12	سكو حوض مفتـــــوح
Angle Radiator Valve	2	سكر زاوية للمشع
Check Flow Valve	20	صمام عدم رجوع
Radiator	3	مشـــــــع
Boiler or Heater	3	مرجل او مسخن
Header	1	مجمـــــــع
Tee : See Table no (3.4) B	—	مفرعة(T)انظر الجدول رقم(٣–٤)ب

الجدول رقم B(3-4) عدد الأكواع المكافئة للمفرعات T حسب نوع الجريان

X	نـــــوع الجريان في المفرعـــــة (T)			
نسبة الماء المار بالتغريعة ذات الخط الكامل				
10	100	70		
15	40	23		
20	20	12		
25	13	8.0	6.0	
30	10	5.5	3.7	
35	7	4.2	2.0	
40	6	3.3	1.5	
45	4.5	2.8	1.0	
50	4	2.3	0.6	
55	3.5	2.0	0.45	
60	3	1.8	0.3	
65	2.7	1.6	0,25	
70	2,5	1.4	0.2	
75	2,3	1.3	0.15	
80	2.2	1.2	0.12	
85	2,1	1.1	0.10	
90	2	1.0	–	
100	1,9	0.9	–	

UNIVERSITY OF ALEPPO

الجدول رقم (5-3) طول الأنبوب المكافئ لكوع واحد

سرعة الماء	قطر الأنبوب Pipe diameter (in)											
م/ثانية	½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	3½	4	5	6
0.2	0.34	0.50	0.64	0.88	1.00	1.30	1.56	1.92	2.20	2.50	3.05	3.56
0.3	0.36	0.52	0.67	0.92	1.06	1.37	1.65	2.04	2.35	2.60	3.20	3.72
0.4	0.39	0.54	0.70	0.95	1.11	1.44	1.72	2.14	2.46	2.70	3.32	3.91
0.5	0.41	0.56	0.73	0.98	1.16	1.50	1.78	2.22	2.54	2.80	3.44	4.05
0.6	0.43	0.58	0.76	1.02	1.19	1.54	1.83	2.28	2.62	2.9	3.55	4.17
0.7	0.44	0.59	0.78	1.04	1.22	1.58	1.87	2.34	2.68	3	3.64	4.28
0.8	0.45	0.60	0.80	1.07	1.25	1.61	1.91	2.39	2.74	3	3.73	4.37
0.9	0.46	0.61	0.81	1.09	1.28	1.64	1.95	2.43	2.79	3.1	3.81	4.44

وهو يساوي بالتعريف إلى طول أنبوب مستقيم ذو قطر معين يسبب نفس مقدار المقاومة للجريان التي تسببها الدارة الفعلية المؤلفة من أنابيب مستقيمة وقطع خاصة متصلة معها على التسلسل ويمكن بمعرفة التدفق في الأنبوب حساب هبوط الضغط الناتج عن مرور الماء فيه وذلك بالاستعانة بالجدول رقم (3-6) الذي يعطي مقدار هبوط الضغط بالمتر الطولي الواحد (R) لأنبوب ذو قطر معين وتدفق معروف وبضرب الطول المكافئ للأنبوب بمقدار هبوط الضغط بالمتر الطولي يمكن الحصول على مقدار هبوط الضغط الكلي للأنبوب الناتج عن تدفق معين.

الجدول رقم (3-6) هبوط الضغط ضمن الأنابيب

R mm/m	قطر الأنبوب (انش) pipe diamiter								
	-	½	¾	1	1¼	1½	2	2 1/2	3
5	W	0.1	0.3	0.50	1.20	1.8	3.40	6.9	10
	V	0.2	0.20	0.30	0.40	0.40	0.50	0.50	0.6
6	W	0.1	0.3	0.6	1.30	2	3.7	7.6	12
	V	0.20	0.30	0.30	0.40	0.40	0.50	0.60	0.70
7	W	0.1	0.3	0.6	1.40	2	4	8	12
	V	0.20	0.30	0.30	0.40	0.50	0.50	0.70	0.80
8	W	0.2	0.4	0.75	1.50	2.30	4.4	8.9	14
	V	0.30	0.30	0.40	0.50	0.50	0.60	0.70	0.80
9	W	0.2	0.4	0.7	1.60	2.4	4.60	9.4	15
	V	0.30	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90
10	W	0.2	0.4	0.8	1.7	2.6	5	10	15
	V	0.30	0.40	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90
11	W	0.2	0.4	0.8	1.8	2.70	5	10	16
	V	0.30	0.40	0.50	0.50	0.60	0.70	0.80	1.0
12	W	0.2	0.5	0.8	1.9	2.80	5.40	11.0	17
	V	0.30	0.40	0.50	0.60	0.60	0.70	0.80	1.0
13	W	0.2	0.5	0.9	1.90	3	5.6	11	18
	V	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.1
14	W	0.2	0.5	0.9	2	3	6	12	18
	V	0.40	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.1
15	W	0.2	0.5	1	2	3	6	12	19
	V	0.40	0.50	0.50	0.60	0.70	0.80	1.0	1.2

R mm/m	قطر الأنبوب (انش) pipe diamiter								
	-	½	¾	1	1¼	1½	2	2 2/2	3
16	W	0.22	0.5	1.02	2	3	6	13	20
	V	0.40	0.50	0.60	0.70	0.8	0.90	1.0	1.2
17	W	0.24	0.5	1.04	2	3	6	13	20
	V	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.1	1.2
18	W	0.26	0.6	1.06	2.3	3.5	6.6	13	21
	V	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.1	1.3
19	W	0.28	0.6	1.08	2.4	3.6	6.9	14	22
	V	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.1	1.3
20	W	0.3	0.6	1.1	2.4	3.7	7	14	22
	V	0.40	0.50	0.60	0.80	0.9	1.0	1.1	1.3

3-5- درجات حرارة ماء التدفئة :

1- درجة حرارة ماء التغذية : هي درجة حرارة الماء الساخن عند خروجه من المرجل.

2- درجة حرارة ماء العودة : هي درجة حرارة الماء الساخن عند عودته إلى المرجل.

3- درجة حرارة الماء المتوسطة : تساوي نصف مجموع درجتي حرارة ماء التغذية وماء العودة.

4- هبوط درجة حرارة الماء : يساوي للفرق بين درجتي ماء التغذية وماء العودة ويعطي الجدول (3-7) درجات الحرارة المفضلة لكل نوع من أنواع وحدات التدفئة المستعملة.

الجدول رقم (3-7)

نوع التدفئة	درجة حرارة ماء التغذية Ĉ	هبوط درجة الحرارة الأعظمي Ĉ
تدفئة بشبكة أنابيب موضوعة ضمن السقف	55	11
تدفئة بشبة أنابيب موضوعة ضمن الأرضية	45	8
تدفئة بالمشعات أو بمسخنات (جريان قسري)	80 – 120	10 – 20
تدفئة بالمشعات أو بمسخنات الحمل (جريان بالثقل)	80 – 120	20 – 25

ويجب عند اختيار درجة حرارة ماء التغذية الأخذ بعين الاعتبار الأمور التالية:

1- تأثيرها على حجم وحدات التدفئة.

2- تأثيرها على الأشخاص الذين قد يوجدون بالقرب من وحدات التدفئة.

3- عدم إمكانية غليان الماء في المرجل عندما يختلف الضغط.

يؤثر مقدار هبوط درجة حرارة الماء على تدفق الماء اللازم لإعطاء الحرارة المطلوبة وتؤثر درجة حرارة ماء التغذية على استطاعة وحدات التدفئة حيث تزداد كمية الحرارة المنبعثة من وحدة التدفئة بازدياد درجة حرارة ماء التغذية كما يزداد تبعاً لذلك مقدار هبوط درجة الحرارة ضمن هذه الوحدة. وعندما يجري التحكم بدرجة حرارة ماء التغذية بوساطة درجة الحرارة الخارجية بحيث ترتفع درجة حرارة ماء التغذية عندما تنخفض درجة الحرارة الخارجية والعكس بالعكس ويفضل استخدام القيم النظامية التالية :

90/70 – 90/75 – 85/70 – 80/65

3-6- تحديد مقدار تدفق الماء Water flow rate

يتوقف مقدار تدفق الماء في أنظمة التدفئة بالماء الساخن على الأمور الثلاثة التالية:

1- كمية الحرارة المطلوب حملها بوساطة الماء Q[kW].

2- الحرارة النوعية للماء C [kJ/kg ̊C].

3- مقدار هبوط درجة حرارة الماء عند مروره ضمن وحدات التدفئة ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة التالية :

$$Q = \dot{m}_W . C_W . \Delta t / 3600$$

$$\dot{m}_W = \frac{Q}{C.\Delta T} \times 3600 \qquad (3\text{-}2)$$

حيث $\dot{m}_W$: غزارة الماء المتدفق بالساعة [kg/h].

3-7- تصميم شبكة نظام الجريان القسري:

عند تصميم الشبكة يجب ملاحظة الأمور التالية:

1- من المعتاد فرض هبوط في درجة حرارة الماء يتراوح بين Ċ (20-10) ويمكن تجاوز هذه القيم عندما يكون ذلك ضرورياً.

2- تتراوح عادة درجة حرارة ماء التغذية بين Ċ (100-75) ويمكن في حالة الأنظمة ذات الضغط العالي استعمال درجات حرارة أعلى قد تصل إلى Ċ (150) .

3- تتراوح سرعة جريان الماء ضمن الأنابيب بين m/sec(1.5-0.5) ولايجذ استعمال سرعات أكبر من 1.5m/s إذ قد تولد ضوضاءً وأصواتاً مسموحة إلاّ أنه يمكن عند تدفئة الأبنية الصناعية حيث تستعمل أقطار أنابيب كبيرة تجاوز هذا الحد إلى المقدار 3m/s.

4- يتوقف مقدار ضياع الاحتكاك الكلي في الشبكة على نوع مضخات التسريع المتوفرة في الأسواق وعلى منحنياتها المميزة وعلى الموازنة الاقتصادية بين استعمال أنابيب ذات أقطار صغيرة حيث تحتاج إلى مضخة ذات ضغط عالي وبالتالي كلفة تشغيل مرتفعة أو استعمال أنابيب ذات أقطار كبيرة مع مضخة ذات ضغط منخفض.

5- يجب عند وجود أكثر من دارة واحدة في شبكة تدفئة أن تحسب مقاومة أطول شبكة لتعيين الضغط المطلوب من المضخة.

6- يمكن في المباني الكبيرة استخدام عدة مضخات منفصلة بحيث تغذي كل منها منطقة معينة من المبنى ويكون لها تحكم منفصل.

وتتألف عملية تصميم شبكة النظام القسري مما يلي:

1- يجب انتقاء المشعات اللازمة لكل غرفة حسب كمية الحرارة الضائعة.

2- تعيين أمكنة المشعات على مخططات المساقط الأفقية للبناء ثم توصل هذه المشعات ببضعها البعض بوساطة شبكة أنابيب مؤلفة من دار واحدة أو عدة دارات.

3- ينظم لكل دارة من دارات الشبكة مخططاً تفصيلياً يبين عليه مختلف أجزائها مع أطوال الأنابيب الفعلية المستعملة كما يبين عليها كمية الحرارة المطلوبة من كل مشع.

4- تحسب كمية الماء اللازمة لكل مشع مع الأخذ بعين الاعتبار إضافة النسبة اللازمة للتعويض عن الحرارة الضائعة ضمن شبكة الأنابيب. وتقدر هذه النسبة (15-30%).

5- تعيين كمية الماء المارة في كل جزء من أجزاء الشبكة حسب الكميات المحسوبة.

6- نختار قيمة وسطية لمقاومة الاحتكاك (R).

7- تعين أقطار الأنابيب وسرعة الماء ضمن الأنابيب من الجداول (6-3).

8- تؤشر على أبعد دارة وتسمى بالدارة العظمى.

9- يتم حساب مقدار هبوط الضغط الفعلي في كل جزء من أجزاء الدارة وذلك بمعرفة قطر أنبوبه وسرعة جريان الماء ضمنه وطوله المكافئ وقيمة R الفعلية العائدة لكل جزء منه.

10- يتم حساب مقدار هبوط الضغط الفعلي لهذه الدارة وذلك بجمع قيم الهبوط الجزئي لكل جزء من أجزائها ويجب أن يساوي هبوط الضغط في هذه الدارة للضغط الذي تعطيه مضخة التسريع.

11- يجب التأكد من أن هبوط الضغط الفعلي في بقية الدارات مساو أو أقل من هبوط الضغط في الدارة العظمى.

3-8- تفاصيل تمديدات الأنابيب والملحقات:

فيما يلي بعض الملاحظات التي من المناسب أخذها بعين الاعتبار عند تركيب شبكة تدفئة بالماء الساخن.

1- لاينصح باستعمال أنابيب فولاذية يقل قطرها عن "1/2 ولايسمح بتمرير الأنابيب في الحمامات أو التواليتات كيلا تتقاطع مع المجاري الصحية ولتجنب الرطوبة.

2- من الملائم عند تغير حجم الأنبوب في التمديدات الأفقية استعمال نقاصات غير مركزية للمحافظة على جعل القسم العلوي من الأنبوب مستوياً.

3- تحتاج الأنابيب المستقيمة التي يزيد طولها عن عشرة أمتار إلى وصلات تمدد مناسبة .

4- يجب لحظ وسائل كافية لتفريغ الماء من داخل الشبكة والمشعات بشكل كامل وذلك بتركيب سكور تفريغ في نقاط منخفضة مناسبة.

5- يجب لحظ وسائل لتهوية النقاط العلوية من الشبكة وذلك لإخراج ما يتجمع فيها من هواء وكذلك إخراج الهواء المتجمع في أعلى المشعات.

6- يجب تغليف جميع الأنابيب الموضوعة على جدران خارجية وعزلها بشكل كاف لمنع تجمد الماء فيها عند إيقاف الأجهزة في بعض أيام الشتاء.

7- يجب تزويد كل مشع بسكر تعيير للتحكم بمقدار تدفق الماء منه وذلك إما بشكل يدوي أو آلي حسب درجة الحرارة المطلوبة كما يجب تزويد كل صاعد بسكر لفصله عن الدارة عند الإصلاح الجزئي.

3-9- تحضير الماء الساخن للاستخدام الصحي:

من الضروري عند تصميم نظام تدفئة مركزية تأمين ماء ساخن للاستخدام الصحي في الحمامات والمطابخ ويمكن توفير الماء الساخن بأجهزة ادخار (مبادل حراري) ذات سعة متناسبة مع الاحتياجات العظمى للمبنى.

يمكن القول إن كمية الماء العظمى اللازمة للاحتياجات المنزلية للشخص الواحد بين (30-50) ليتراً في اليوم بدرجة حرارة ĊC(50-65) وفي الأمكنة ذات الطابع الصناعي أو الجماعي مثل المدارس والفنادق والثكنات. فإن الاحتياجات تتعلق بأسلوب استهلاك الماء وساعات الاستهلاك (أوقات العمل) والجدول المرفق يبين احتياجات الشخص حسب طريقة الاستهلاك:

الجدول رقم (3-8) احتياج الشخص من الماء الساخن الصحي

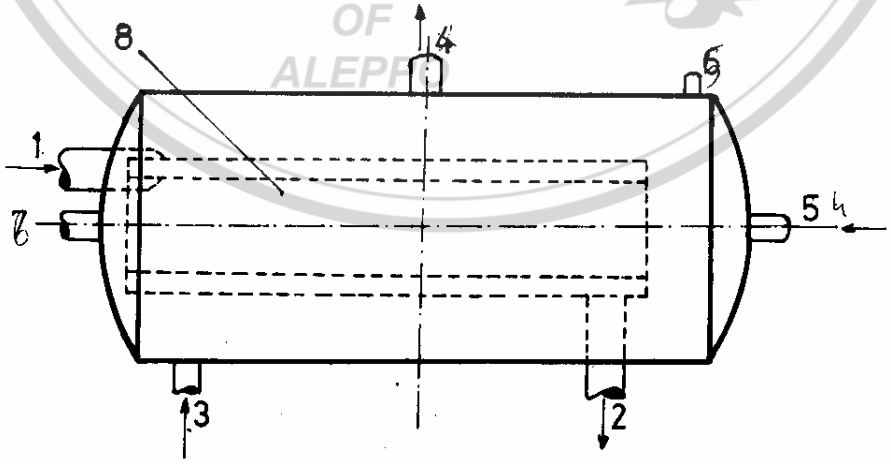
الجهاز	ليتر ماء/يوم لكل شخص	أنسب درجة حرارة Ċ للماء	تدفق الماء lit/hr
مغاسل فردية	30	40	100
أدواش	50	32	125
مغاطس	150	37	300
مغاسل جماعية	30	40	60 لكل حنفية
مجلى جماعي	100	65	100

يفضل استعمال أسطوانة خاصة لكل مسكن وإذا كانت أماكن الاستخدام متباعدة فيفضل وضع أسطوانة خاصة لكل مكان يبعد بأكثر من (10m) عن أقرب أسطوانة فمثلاً في المساكن الكبيرة يمكن وضع أسطوانة ماء تغذي المطبخ وأسطوانة أخرى تغذي الحمام إذا كان الحمام يبعد بأكثر من (10m) عن المطبخ.

تجهيزات تحضير الماء الساخن:

3-9-1- أسطوانة الماء الساخن:

يتم تسخين الماء فيها بوساطة ماء المرجل وتحتوي الأسطوانة على سطح تسخين غاطس في الماء الصحي المراد تسخينه وفي هذا السطح يجري ماء المرجل.



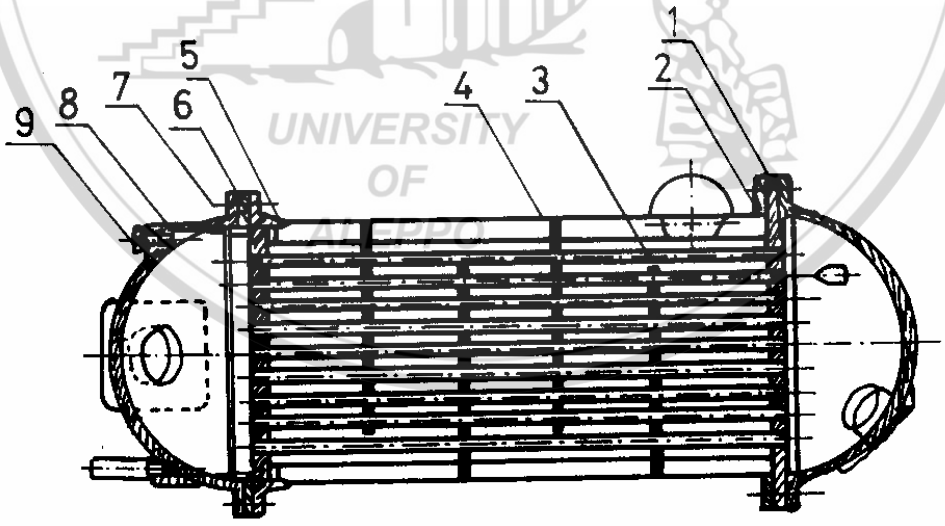
الشكل (3-13) 1) مدخل الماء الساخن، 2) مخرج الماء الساخن، 3) مدخل الماء الصحي البارد، 4) مخرج الماء الصحي الساخن، 5) فتحة تهوية، 6) فتحة تنظيف

يمكن أن تكون الأسطوانات شاقولية أو أفقية، وسطح التسخين فيها قد يكون من النوع القابل للفك (الأسطوانات الكبيرة) وتعزل الأسطوانات بشكل جيد من الخارج لتخفيف الضياعات الحرارية.

3-9-2- المبادلات الحرارية:

تستعمل الآن المبادلات الحرارية لتأمين الماء الصحي ويتألف المبادل الحراري من وعاء يحوي بداخله على حلزون أو حزمة أنابيب يجري فيها الماء الساخن الآتي من المرجل بينما الماء الصحي بالأنابيب من الخارج ويتم التبادل الحراري عبر جدران الأنابيب.

يختلف المبادل الحراري عن الأسطوانة في أنه يدخر ماء أقل لذلك فهو أسرع في تسخين المياه. ويستخدم المبادل عندما يكون سحب الماء الصحي ثابتاً على مدار العام. يجب أن تصنع المبادلات الحرارية من معدن مقاوم للصدأ وأن تكون سهلة الفك والتركيب لكي تسهل عملية تنظيف المبادل من الرواسب والأوحال بشكل دوري شكل رقم (14-3).



الشكل (14-3) تفصيلات المبادل الحراري

1) صفيحة حافظة للأنابيب، 2-5) فلنجة، 3) حزمة أنابيب، 4) جسم المبادل، 6) حلقة إحكام، 7) براغي تثبيت، 8) غطاء – و – فتحة مراقبة

الاستطاعة الحرارية اللازمة لتوليد الماء الساخن الصحي تعطى بالعلاقة:

$$Q = \dot{m}_W . c_W . \frac{\Delta t}{3600} \qquad (3\text{-}3)$$

حيث:

Q : استطاعة أسطوانة الماء الساخن [W].

$\dot{m}_W$: تدفق الماء [lit/h]

c_W : الحرارة النوعية للماء $c_W = 4186[J/kg\,^oC]$

Δt : فرق درجة الحرارة بين الماء الساخن الصحي والماء البارد الداخل إلى أسطوانة الماء.

3-10- مضخات التسريع Circulating pumps :

تستعمل مضخات التسريع لمساعدة الماء على الدوران في أنظمة التدفئة بالماء الساخن القسرية، وهي عادة مضخات نابذة ذات ضغط منخفض وتدفق كبير، تدور بوساطة محرك كهربائي متصل بها اتصالاً مباشراً بحيث يؤلفان قطعة واحدة وتكون عادة استطاعة المحرك اللازم لتدوير هذا النوع من المضخات صغيرة نسبياً إذ إن وظيفة هذه المضخات هي التغلب على المقاومة الناشئة عن احتكاك الماء بجدران الأنابيب وليس كالمضخات العادية المستعملة لدفع الماء من مستوى منخفض إلى مستوى مرتفع. وتصنع هذه المضخات بحيث تعمل بسكون ودون اهتزاز وبحيث لاتحتاج إلى أقل مقدار من العناية وغالباً ما تصمم هذه المضخات بحيث تسمح بمرور الماء فيها عند توقفها عن الدوران حتى نضمن وجود جريان ولو بطيء للماء.

يتم انتقاء مضخة التسريع اللازمة لمشروع ما حسب مقدار تدفق الماء اللازم والارتفاع المانومتري الذي يجب أن تؤمنه هذه المضخة للتغلب على الاحتكاك ضمن أنابيب الشبكة.

يمكن حساب استطاعة المضخة بالمعادلة التالية:

$$P_P = \frac{\dot{m}_W . H}{102 . \eta_P} \qquad [kW] \qquad (3\text{-}4)$$

حيث:

P_P : استطاعة المضخة [kW].

$\dot{m}_W$: مقدار تدفق الماء الكتلي [kg/s].

H : الارتفاع المانومتري المطلوب [m].

η_P : مردود المضخة الميكانيكي.

ملاحظات:

1- يفضل تركيب المضخة على الأنبوب الراجع لضمان درجة الحرارة الأدنى وبالتالي العمر الأطول وطبعاً ليس هناك خطأ بتركيبها على الأنبوب الذاهب.

2- تركب مضخة التسريع في المكان ذو الضغط الأدنى.

3- نهمل تأثير الارتفاعات لأن دارة المضخة مغلقة ووظيفة مضخة التسريع هي فقط التغلب على الضياعات الناتجة عن الاحتكاك والمقاومات الخاصة.

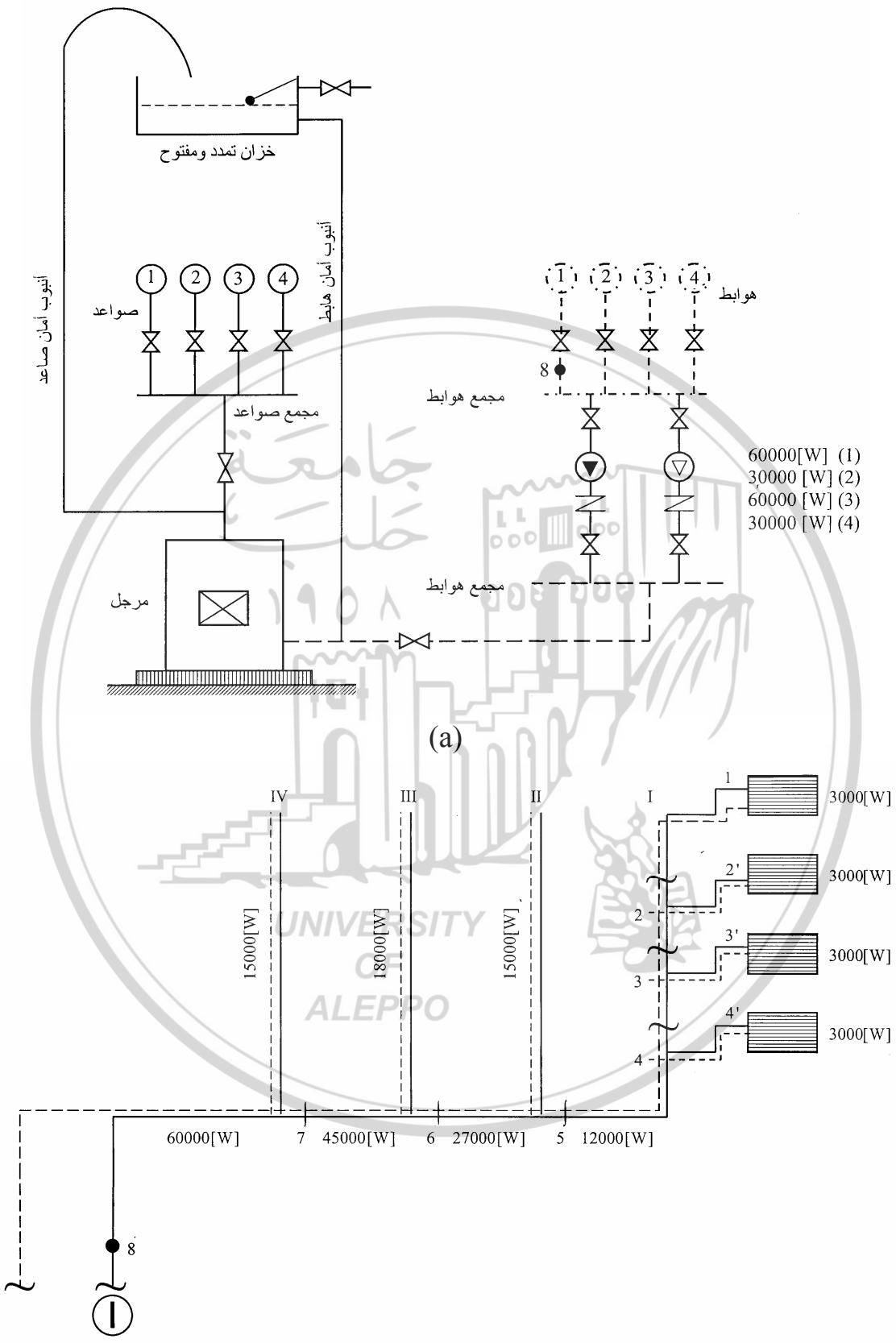
مثال (5):

احسب أقطار الشبكة المبينة في الشكل (3-15) وهبوط الضغط حيث أطوال الأنابيب تؤخذ من المخطط المعماري:

الحل:

نحسب أقطار شبكة الصاعد I من الشبكة (b) ونضع النتائج في لوحة العمل رقم (3) بنفس الطريقة نحسب الصواعد IV, III, I.

المرحلة الثانية هي حساب الأقطار من المجمعات إلى المراجل وتؤخذ الأبعاد من الشكل (a).


خزان تمدد ومفتوح
أنبوب أمان هابط
أنبوب أمان صاعد
صواعد
مجمع صواعد
مرجل
هوابط
مجمع هوابط
مجمع هوابط
60000[W] (1)
30000 [W] (2)
60000 [W] (3)
30000 [W] (4)
(a)
IV
III
II
I
15000[W]
18000[W]
15000[W]
3000[W]
3000[W]
3000[W]
3000[W]
60000[W]
45000[W]
27000[W]
12000[W]
(b)

الشكل (3-15)

3.Pipe sizing

section	Length m	Heat Required W	20% of Heat req W	Water Flow Δt=15% t/h	Pip Size inch	Velocity V m/sec	Friction Loss mm/m
(1-2)b	6	3000	3600	0.154	1/2	0.25	7
(2-3)b	4	6000	7200	0.309	3/4	0.3	6
(3-4)b	4	9000	10800	0.464	3/4	0.45	12
(4-5)b	15	12000	14400	0.619	1	0.35	7
(5-6)b	4	27000	32400	1.393	$1\frac{1}{4}$	0.45	7
(6-7)b	11	45000	54000	2.322	$1\frac{1}{2}$	0.55	9
(7-8)b	10	60000	72000	3.096	$1\frac{1}{2}$	0.75	15
من المجمع إلى المرجل	6	180000	216000	9.288	$2\frac{1}{2}$	0.75	9
(2-2')	2	3000	3600	0.154	1/2	0.25	7
(3-3')	2	3000	3600	0.154	1/2	0.25	7
(4-4')	2	3000	3600	0.154	1/2	0.25	7

لحساب هبوط الضغط نعين الدارة Index circuit وهي دارة أعلى وأبعد مشع عن المجمع . وهنا في مثالنا فإن الدارة 12345678 هي الدارة الدليلية ونرتب نتائج الحل في لوحة العمل رقم (4).

$$\Delta P = \Sigma R.L \times 2 \times 1.1$$

$$\Delta P = 1076.33 \times 2 \times 1.1 = 2367.9\left(mmH_2O\right)$$

$$\Delta P = 2.3679\left(mH_2O\right)$$

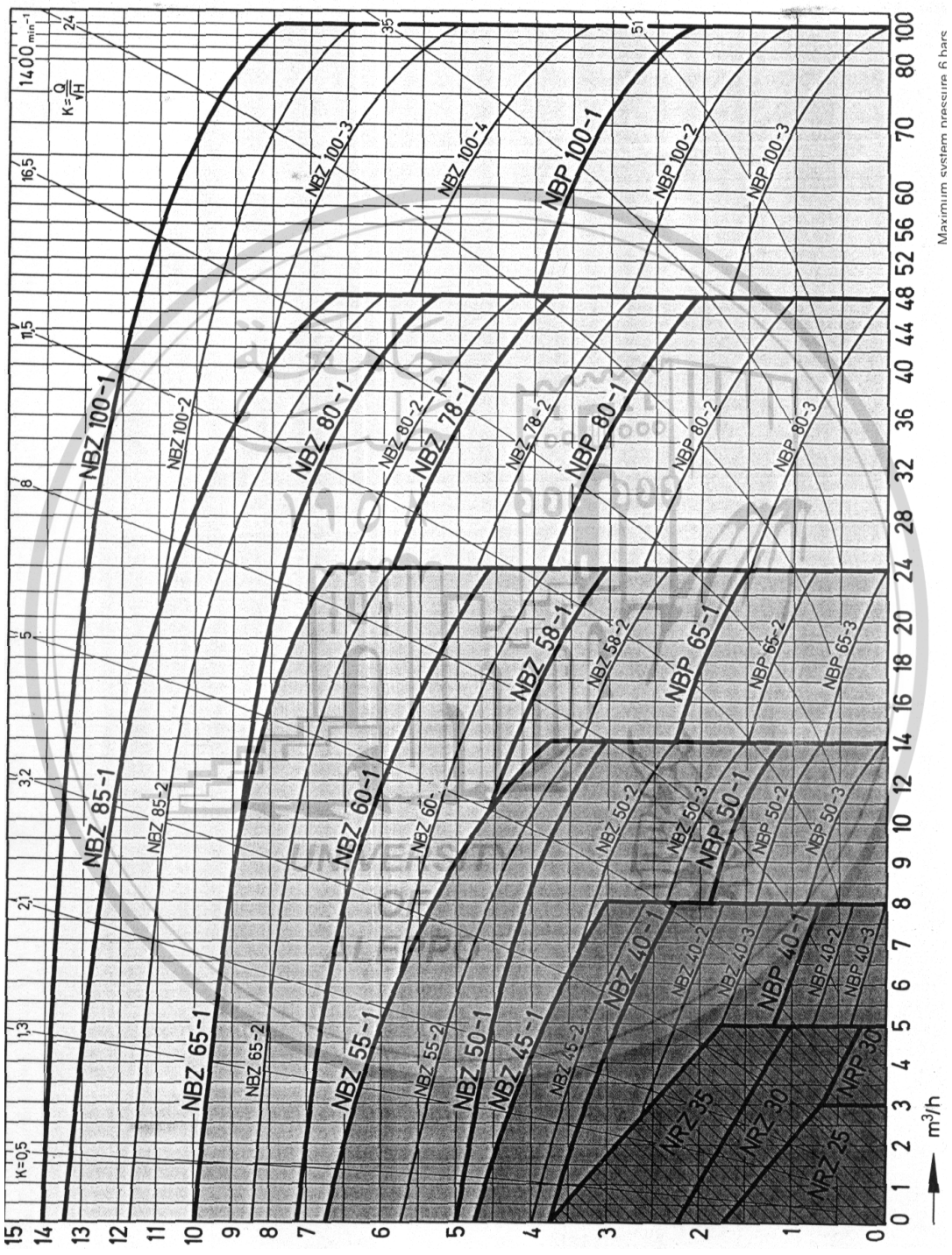
$$\Rightarrow P = \frac{W.\Delta P}{102.\eta} = \frac{9.288 \times 10^3 \times 2.3679}{102 \times 0.7 \times 3600}$$

$$P = 0.0855\left[kW\right] \Rightarrow P = 85.5[W]$$

4. Pump pressure

section	Pipe Size d (inch)	Water Flow W (t/h)	Velocity V m/sec	Fittings Designation	Fittings No of el Eq.	Eq of Leng one el (m)	Eq leng Of fitt (m)	Pipe Leng l (m)	Total Leng L (m)	Fric Loss R Mm/m	Press Drop R.L mmH2O
(1-2)b	1/2	0.154	0.25	(1/2) RAD (1) VAL (2) El (1) El-B	1.5 2 2 0.5						
				total	6	0.35	2.1	6	8.1	7	56.7
(2-3)b	3/4	0.309	0.3	RED Tee50%	0.4 0.6						
				total	1	0.52	0.52	4	4.52	6	27.1
(3-4)b	3/4	0.464	0.45	Tee 67%	0.21	0.55	0.12	4	4.12	12	49.4
(4-5)b	1	0.619	0.35	Tee 75% El RED	0.15 1 0.4						
				Total	1.55	0.685	1.06	15	16.1	7	112.4
(5-6)b	1(1/4)	1.393	0.45	Tee45% RED	1 0.4						
				Total	1.4	0.965	1.35	4	5.35	7	37.45
(6-7)b	1(1/2)	2.322	0.55	Tee 60% RED	0.3 0.4						
				Total	0.7	1.175	0.82	11	11.82	9	106.38
(7-8)b المجمع	1(1/2)	3.096	0.75	Tee75% (2) El (1) VAL	0.15 2 0.5						
				Total	2.65	1.235	3.27	10	13.27	15	199.1
المجمع – المجمع	2(1/2)	9.288	0.75	(1.5)Col (1) (ch-VAL) 1 EL (1/2) Boiler (3) VAL	1.5 20 1 1.5 1.5						
				Total	25.5	1.89	48.2	6	54.2	9	487.8
										∑R.L	1076.33

وبدلالة الارتفاع المانومتري للمضخة والتدفق يمكن أن نحدد طراز المضخة اللازم تركيبها على هذه الشبكة وذلك من الشكل (16-3) ونجد بأنها من طراز NBZ50-3.



الشكل (16-3) المنحنيات المميزة للمضخات

Quick selection chart: low-speed pumps for the circulation of water in closed systems. Type NRZ, NBZ, NRP and NBP

11-3- المقارنة بين أساليب التدفئة:

قبل تحديد خيارنا لنظام التدفئة لابد من الأخذ بعين الاعتبار عدة عوامل:

1- عامل الكلفة:

- إن استخدام الهواء هو أرخص الطرق فإذا كانت تكلفة واحدة تدفئة المبنى بالهواء 100 فإنه للماء الساخن 150 وللبخار 165.

2- عامل المتطلبات الخاصة:

- فمثلاً إذا طلب تدفئة حوض سباحة فهو يحتاج إلى أحمال حرارية كبيرة لذا نضطر لاستخدام البخار لتدفئته وتسخينه، وكذلك إذا كان هناك مطبخاً كبيراً فإنه بحاجة إلى البخار لتشغيل أجهزته.
- وفي المشافي الضخمة : فإن ضرورات العمل تقتضي إرسال وسحب مستمر للهواء في غرف العمليات لذلك يصبح استخدام الهواء هو الأنسب وتستخدم وشائع البخار أو الماء الساخن ضمن المجاري الذاهبة إلى غرف العمليات وتستخدم مبادلات الحمل في بقية فعاليات المشفى.

3- عامل التبريد الصيفي:

- إذ يفضل استخدام الهواء الساخن إذا كان مطلوباً تبريد المبنى صيفاً ويتم حساب المجاري على أساس الحمل الصيفي لأن غزارة الهواء أكبر.

4- عامل الربط مع نظام تدفئة آخر :

كأن يكون المشروع توسعاً لمشروع موجود وهنا نفاضل بين استخدام أسلوب جديد أو تكرار الأسلوب القديم. وذلك للاستفادة من تجهيزات المشروع القديم (مدخنة، غرف ...).

5- عامل المبنى المقطع :

- فمثلاً مجموعة ما ضمن الحرم الجامعي أو مباني يقطعها شارع... وهنا يجب أن نقرر استخدام شبكة وحيدة أو عدة شبكات. والشبكة المركزية سوف تحتاج إلى شبكة

تمديدات أرضية مكلفة إلاّ أن مزايا التحكم المركزي وسهولة المراقبة تبرز كعنصر مقابل.

- إن استخدام مجاري الهواء لمثل هذه الأبنية غير عملي، وإذا أردنا الهواء الساخن كأسلوب فيجب أن نفكر بوحدات التسخين باستخدام البخار أو الماء من شبكة مركزية.

6- العامل المعماري:

- مشكلة تمرير المجاري ضمن عناصر المبنى وتركيب أسقف مستعارة.
- مشكلة الأنابيب الرئيسية وخطوط التغذية الطويلة وما لها من مشاكل (تمدد، ميلان ...) ولهذا يلزمنا الاستفسار عن عدة نقاط وهي:

أ – عن كلفة تنفيذ المشروع بالهواء أو الماء أو البخار.

ب – هل للمشروع متطلبات خاصة من بخار أو ماء أو هواء.

ج – هل للمشروع متطلبات تبريد أو تهوية ولو مستقبلاً.

د – هل هناك إمكانية توسع.

هـ – هل يمكن ربط المشروع مع مشروع آخر قديم أو مستقبلي.

و – هل المتطلبات المعمارية تحدد أي شروط على الشكل أو المظهر.

وبالتالي فالإجابة النهائية تتعلق بنوعية المبنى.

1- المساكن :

الاختيار هنا يتأثر بالرغبات الشخصية وبالعوامل الاقتصادية وبالقوانين البلدية. ويمكن بإدخال العدادات الحرارية تحسين شروط الاستثمار في الأبنية الكبيرة (مجمّعات سكنية).

وفي هذه الحالة نستخدم:

أ – ماء ساخن بالمشعات.

ب – هواء ساخن بوساطة فان كويل لكل طابق ويتم التسخين بوساطة الماء الساخن من مرجل في نفس الطابق أو في قبو كل طابق. أما في المباني السكنية ذات الشقق المتعددة طابقياً. مكاتب، فيمكن أن نجمعها بتدفئة مشتركة بمرجل واحد لكل ثلاث أو أربع شقق إما شاقولياً أو أفقياً وعادة تخصص مساحة 5 متر مربع في القبول لكل 100 متر مربع مساحة طابقية. وتركب عدادات حرارية خاصة لكل شقة ، مكتب، يمكن من خلالها حصر استهلاك المياه الساخنة لكل على حدة، وبالتالي لايحصل أي خلاف بين المستهلكين.

2- المباني التجارية:

وهنا تتميز بواجهات زجاجية كبيرة وبنية إنشائية خفيفة مما يجعلها عرضة لتغيرات سريعة بدرجات الحرارة لذلك تحتاج إلى نظام تدفئة سريع الاستجابة، كونفكتور، كما علينا أن نلحظ إمكانية التكييف صيفاً.

3- المباني العامة :

كالمدارس، الجامعات، الفنادق، القاعات، المسارح ...

ويراعى هنا :

- المظهر المعماري
- الحاجة للتهوية.
- مساحة المبنى
- الديكورات

4- المباني الصناعية:

وهنا يكون الاختيار هو الاقتصادي.

UNIVERSITY OF ALEPPO

- فإذا وجد خط بخار فإننا نفكر بالتدفئة بالبخار بوساطة وحدات التسخين.
- كما يمكن استخدام الماء المتوسط أو العالي الضغط بوحدات تسخين أيضاً.
- أما إذا كان المبنى ممتداً فيمكن استخدام مسخنات الهواء المباشرة.

5- المباني المرتفعة :

فيمكن بهذه الحالة تقسيم المباني أفقياً (كل أربعة طوابق معاً) وإذا كانت مساحة الأرض كبيرة أو جدران ذات واجهات زجاجية كبيرة فيمكن تقسيم كل قسم إلى عدة دارات ولاينصح بتغذية مثل هذه المباني بالماء الساخن من القبو لأن الضغط الستاتيكي لمثل هذه المباني قد يزيد عن ما يتحمله المرجل (فمثلاً مبنى 10 طوابق بارتفاع 30 متر يولد ضغط 3 ضغط جوي).

ولنتذكر أن مراجل حديد الصب تجرب على ضغط 2 ضغط جوي ولهذا نلجأ إلى:

أ – إما أن نستخدم مرجل بخار مع محولات (مبادلات) في القبو، تتحمل المحولات 7 ضغط جوي.

ب – أو نستخدم مرجل بخار في القبو ونضع المحولات في أماكن مناسبة في الطوابق العلوية (محولة لكل أربعة طوابق) وضغط البخار يغذي هذه المتحولات.

ج – وقد يجوز استخدام مراجل ماء ساخن لكل قسم ولكن هذا الحل مكلف وتتعقد مشكلة المدخنة ومشكلة التزود بالوقود.

6- المباني المتشعبة :

وهنا نحتاج لعدد من المضخات لتأمين الأحمال الحرارية المختلفة بين أجزاء المبنى وذلك تبعاً لـ (جهة الواجهة، فعالية القسم ...).

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفصل الرابع

أجهزة التدفئة المركزية بالماء الساخن

Hot water heating equipment

تمهيد :

تحتاج أنظمة التدفئة بالماء الساخن لأجهزة متعددة تعمل بشكل مترابط كي تؤمن توليد الحرارة ونقلها وتوزيعها على الأمكنة المطلوب تدفئتها بالكميات اللازمة وبصورة منظمة وأمينة.

4-1- المراجل Boilers:

المرجل هو الجهاز الأساسي في التدفئة إذ بوساطته يتم توليد الحرارة اللازمة بشكل اقتصادي ومنتظم. تعمل المراجل إما بالوقود الصلب (فحم حجري، أو فحم الكوك) أو بالوقود السائل (مازوت) أو بالوقود الغازي (الغاز الطبيعي أو غيره) وبالنظر لوفرة الوقود السائل في بلادنا ورخص سعره وسهولة نقله وخزنه فإنه يعتبر الوقود الرئيسي المستعمل في مراجل التدفئة المركزية.

تقسم المراجل إلى قسمين رئيسيين : المراجل المتعددة العناصر المصنوعة من حديد الصب والمراجل المصنوعة من الفولاذ.

4-1-1- المراجل متعددة العناصر Cast-iron sectional boilers

تعتبر المراجل المتعددة العناصر المصنوعة من حديد الصب أكثر المراجل استعمالاً في أنظمة التدفئة المركزية بالماء الساخن أو بالبخار، وهي مستعملة منذ أكثر من مئة عام. وقد استعملت بالأساس لحرق الفحم الحجري إلاّ أنها تستعمل الآن لجميع أنواع الوقود من صلب وسائل وغازي.

تمتاز هذه المراجل بانخفاض كلفة تأسيسها ومقاومتها للتآكل والصدأ. إذ إن حديد الصب أكثر مقاومة من الفولاذ للتآكل بمركبات الكبريت الناتجة عن حتراق الوقود وخاصة الوقود السائل، ومن مزاياها أيضاً إمكانية تجميع وحدات ذات استطاعات مختلفة حسب اللازم من نماذج محدودة. كما أنها سهلة النقل والتركيب وسهلة الصيانة والتشغيل ويمكن استبدال أي عنصر معطوب منها دون الحاجة إلى استبدال المرجل بكامله كما يمكن إضافة العناصر للمرجل بغرض رفع استطاعته، ويمكن استعمالها لتوليد الماء الساخن أو البخار ذي الضغط المنخفض، إلاّ أن درجة حرارة الماء فيها لايجوز أن تزيد عن 110°C وفي حالة البخار لايجوز أن يزيد ضغطه عن $1.5kg/cm^2$.

تصمم هذه المراجل كي تعمل على ضغط عمود ماء ارتفاعه أربعون متراً لذا فهي مناسبة للأبنية التي لايزيد ارتفاعها عن ذلك أي بين العشرة والاثني عشرة طابقاً. إلاّ أن هناك بعض المراجل المصنوعة من حديد صب خاص يمكن أن تعمل تحت ضغط عمود من الماء ارتفاعه مئة متر.

ويتم عادة تجريب المراجل على ضغط يبلغ ضعف ضغط التشغيل.

إن العناصر التي تتألف منها هذه المراجل هي عبارة عن أجسام مجوفة مصنوعة من حديد الصب لها فتحتين واحدة من الأعلى وأخرى من الأسفل يمكن بهما وصل كل عنصرين إلى بعضهما بوساطة شدادات خاصة مخروطية تصل الفتحات العلوية ببعضها وكذلك الفتحات السفلية بشكل قوي ومتين فيتم بذلك تكون المرجل ويغلق المرجل بعد ذلك بغلاف من الصفيح مزود ببطانة عازلة غالباً ماتكون من الصوف الزجاجي وذلك لمنع تسرب الحرارة من جدران المرجل .

ينبغي في حالة استعمال الوقود السائل أن تكون حجرة الاحتراق واسعة وتغطى من الداخل بقرميد ناري مقاوم للحرارة ويتحمل درجات حرارة عالية 1500°C لحماية العناصر من اللهب.

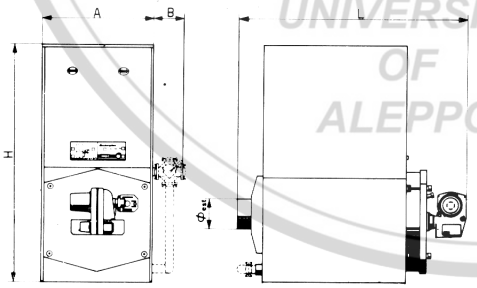
وتحدد عادة الشركات الصانعة استطاعة مراجلها وأبعادها بوساطة نـشرات فنيـة خاصة كما في الشكل (1-4).

CARATTERISTICHE TECNICHE - TECNICAL FEATURES
CARACTERISTIQUES TECHNIQUES - CARACTERISTICAS TECNICAS

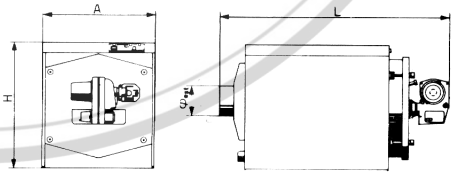
DIMENSIONI -OVERALL DIMENSIONS - DIMENSIONES mm.

Gruppo termico MOD.	Potenz. resa Output Puissance Potencia	Attacchi - Connectiones - Raccords - Conexiones					A	B	H	L		ø est.
		Acqua servizi Ring main Eau services Agua sanitaria	Andata risc. Water outlet Départ eau Salida	Ritorno risc. Water inlet Retour eau Retorno	Sfiato Expansion pipe Purgeur Purga	Gas bruciat. Gas burner Gaz bruleur Gas quemador				Gasolio Oil Mazout Gasoil	Gas Gas Gaz Gas	
SP 35T/G	35.000 Kcal/h	–	2"	2"	¾"	–	675	–	800	1.150	1.420	178
SP 35T/M	40,69 KW					¾"						
SP 45T/G	45.000 Kcal/h	–	2"	2"	¾"	–	675	–	800	1.250	1.520	178
SP 45T/M	52,32 Kw					¾"						
SP 55T/G	55.000 Kcal/h	–	2"	2"	¾"	–	675	–	800	1.400	1.670	178
SP 55T/M	63,95 KW					¾"						
SP 71T/G	71.000 Kcal/h	–	2½"	2½"	1¼"	–	785	–	900	1.575	1.850	215
SP 71T/M	82,55 KW					1"						
SP 91T/G	91.000 Kcal/h	–	2½"	2½"	1¼"	–	785	–	900	1.575	1.850	215
SP 91T/M	105,81 KW					1"						
SP 111T/G	111.000 Kcal/h	–	2½"	2½"	1¼"	–	785	–	900	1.775	2.050	215
SP 111T/M	129,06 KW					1"						
SP 141T/G	141.000 Kcal/h	–	2½"	2½"	1¼"	–	785	–	900	1.895	2.200	215
SP 141T/M	163,95 KW					1"						
SP 35C/G	35.000 Kcal/h	¾"	DN40	DN50	¾"	–	675	215	1.490	1.150	1.420	178
SP 35C/M	40,69 KW					¾"						
SP 45C/G	45.000 Kcal/h	¾"	DN40	DN50	¾"	–	675	215	1.490	1.250	1.520	178
SP 45C/M	52,32 KW					¾"						
SP 55C/G	55.000 Kcal/h	¾"	DN40	DN50	¾"	–	675	215	1.490	1.400	1.670	178
SP 55C/M	63,95 KW					¾"						
SP 71C/G	71.000 Kcal/h	1¼"	DN50	DN65	1¼"	–	785	245	1.740	1.575	1.850	215
SP 71C/M	82,55 KW					1"						
SP 91C/G	91.000 Kcal/h	1¼"	DN50	DN65	1¼"	–	785	245	1.740	1.575	1.850	215
SP 91C/M	105,81 KW					1"						
SP 111C/G	111.000 Kcal/h	1¼"	DN50	DN65	1¼"	–	785	245	1.740	1.775	2.050	215
SP 111C/M	129,06 KW					1"						
SP 141C/G	141.000 Kcal/h	1¼"	DN50	DN65	1¼"	–	785	245	1.740	1.895	2.200	215
SP 141C/M	163,95 KW					1"						

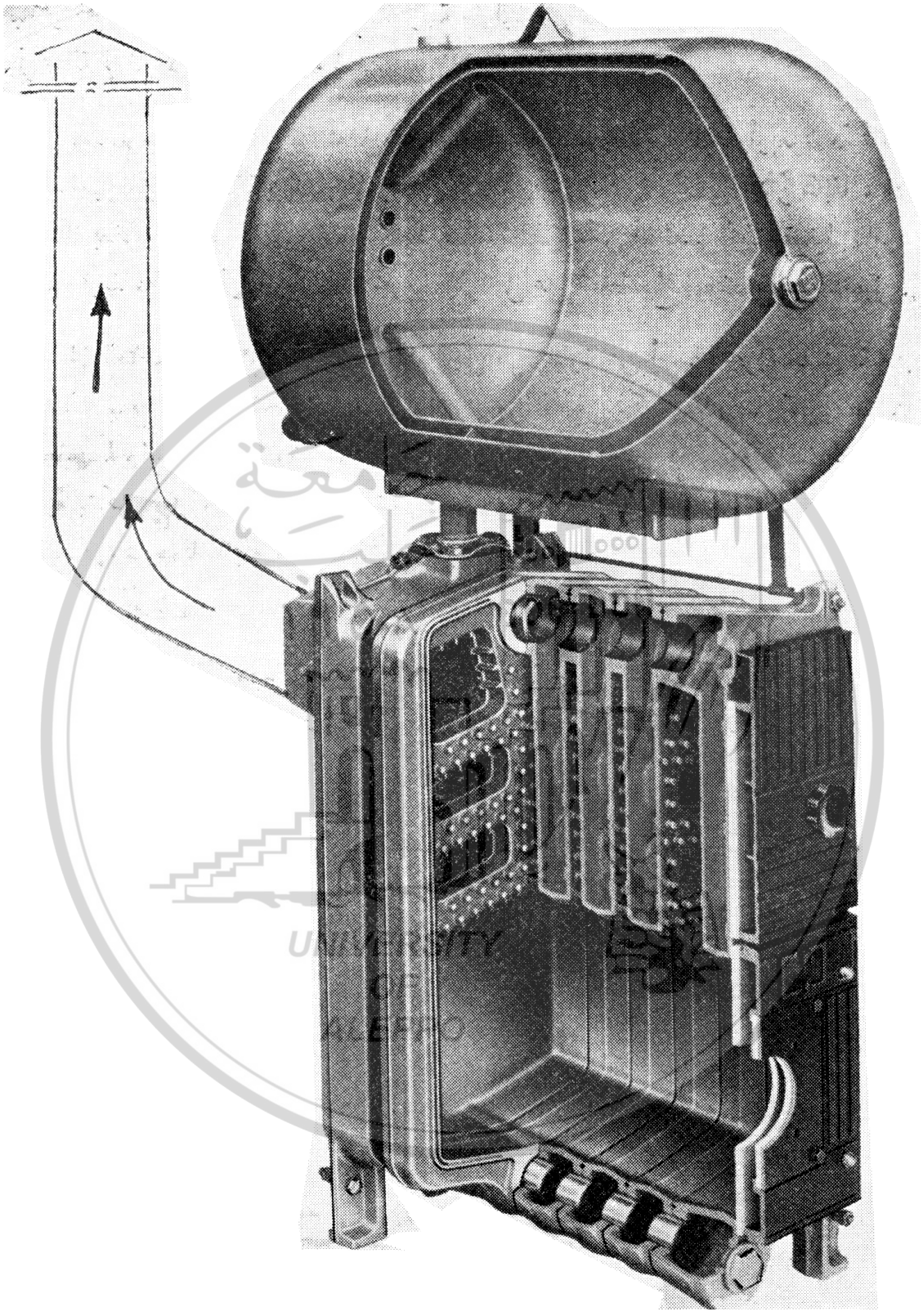
SUPER SP/C



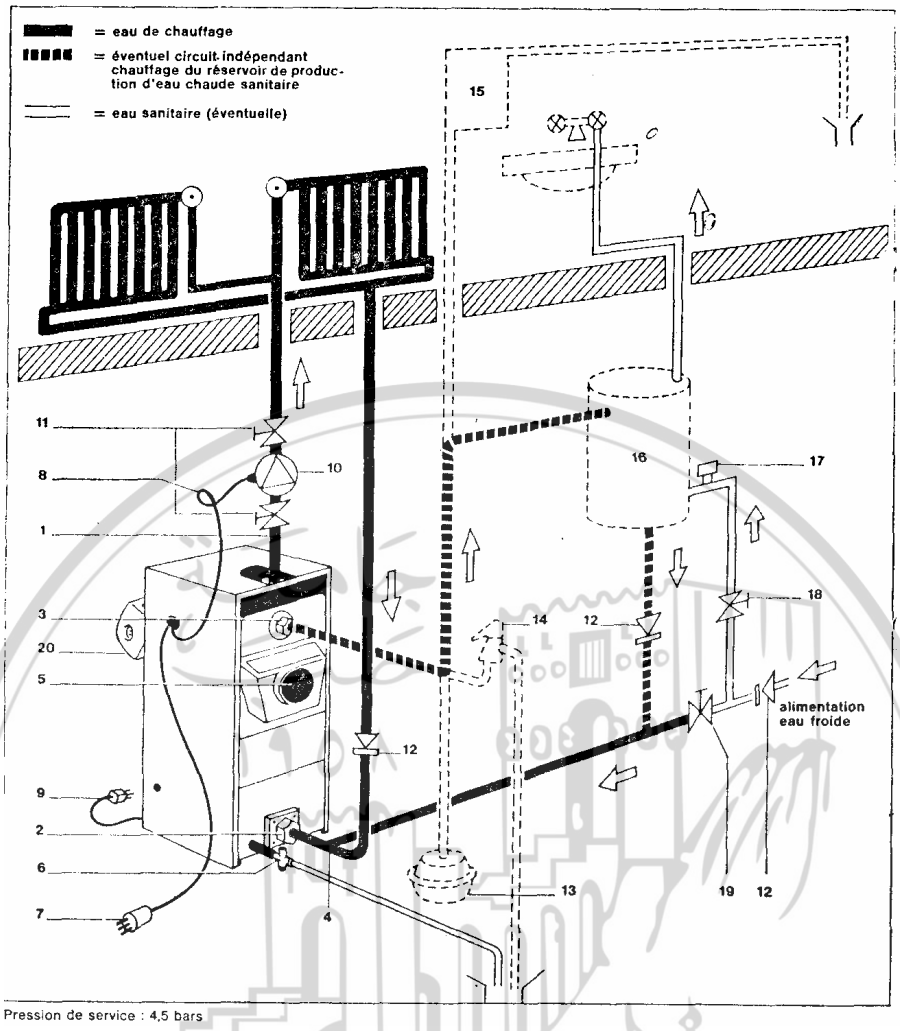
SUPER SP/T



الشكل (1-4) المرجل شكله وأبعاده ومواصفاته



الشكل (2-4) المراجل من حديد الصب



تابع شكل (2-4) تركيب المرجل في الدارة

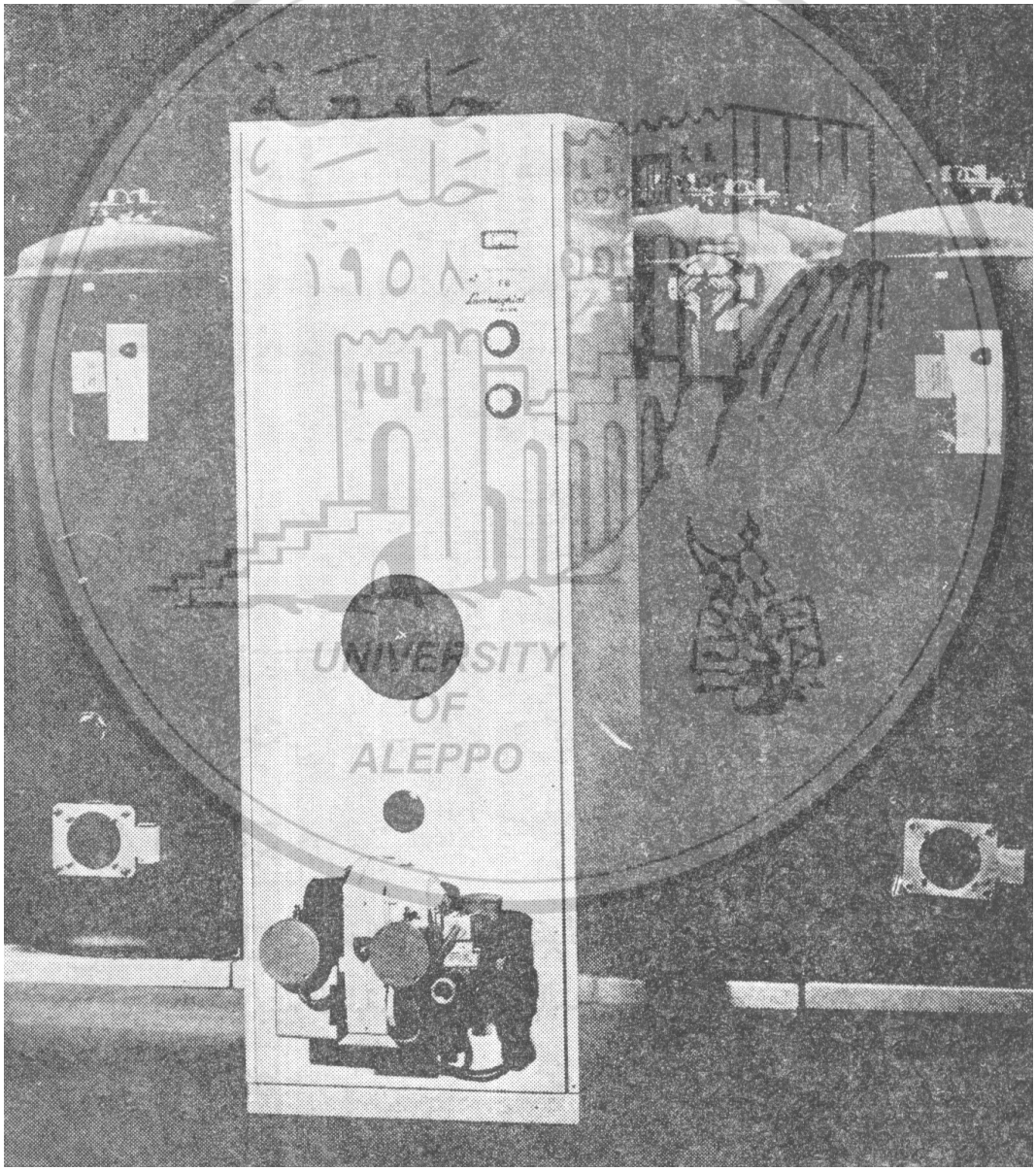
4-1-2- المراجل الفولاذية Steel boilers :

تصنع هذه المراجل من صفائح وأنابيب الفولاذ ويمكن لها أن تتحمل ضغوطاً عالية ولذا فهي تستعمل في الأبنية العالية المدفأة بالماء الساخن حيث يبلغ ضغط الماء على المرجل مقدار لايتلاءم مع استعمال المراجل المصنوعة من حديد الصب ، كما أن هذه المراجل يمكن لها أن تتحمل درجات حرارة عالية، ولذا فهي تستعمل في أنظمة التدفئة بالماء الساخن ذات درجات الحرارة العالية.

تصنع المراجل الفولاذية ذات الاستطاعة الصغيرة والمتوسطة على شكل عناصر متعددة أو بشكل أسطواني أو أنبوبي وتوصل العناصر ببعضها إما بوساطة شدادات خاصة أو باللحام. أما المراجل ذات الاستطاعات الكبيرة فإنها تصنع من أنابيب الدخان

وغلاف يحوي الماء كما يصنع من أجل الضغوط العالية والاستطاعات الكبيرة جداً من أنابيب الماء.

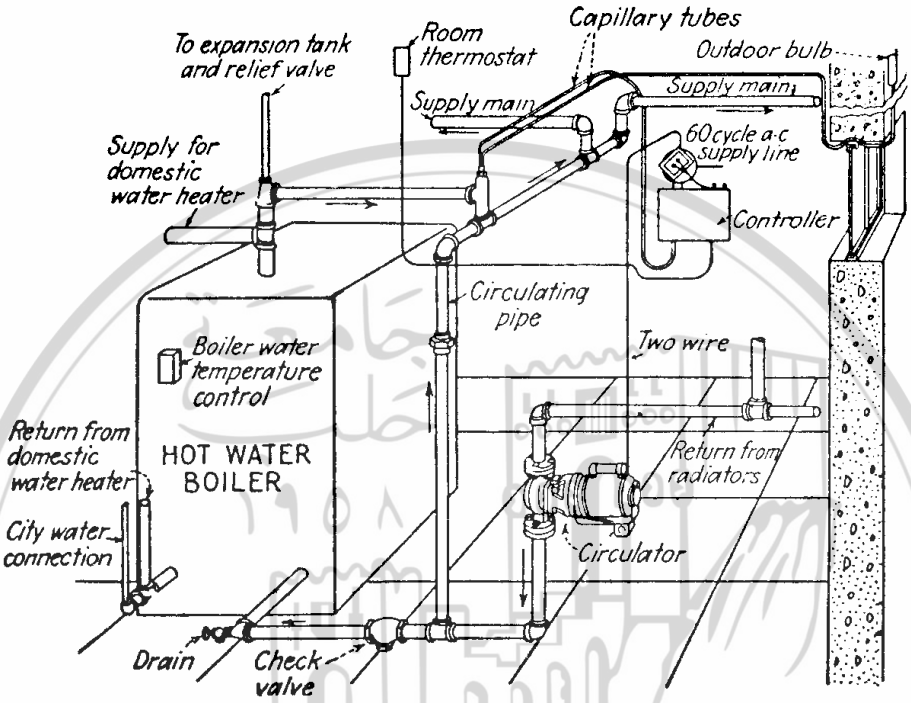
تمتاز مراجل الفولاذ عن مراجل حديد الصب بأنها أقل عرضة للتلف بسبب الإهمال في التشغيل كنقصان الماء فيها مثلاً أو ارتفاع درجة حرارته إلاّ أنها مقاومة للصدأ أو التآكل الناتج عن غازات الاحتراق أو المياه التي بداخلها ويوضح الشكل (4-3) المراجل الفولاذية.



الشكل (3-4) المراجل الفولاذية

4-1-3- ملحقات المرجل Boilers accessories:

تزود مراجل التدفئة المركزية بأجهزة ملحقة للتشغيل وللقياس والأمان وهي مبينة بالشكل (4-4) وأهمها:



الشكل (4-4) توصيل المرجل بالشبكة

1- صنبور لتفريغ الماء في أسفل المرجل.

2- ميزان حرارة لقياس درجة حرارة الماء.

3- مقياس ضغط (يفيد في معرفة امتلاء خزان التمدد بالماء).

4- صمام أمان يفتح عند ازدياد الضغط في المرجل عن حد معين.

5- أنبوب تهوية مثبت في أعلى المرجل ويصل إلى خزان التمدد.

4-1-4- استطاعة ومردود المرجل Boiler power and efficiency

استطاعة المرجل هي كمية الحرارة التي يعطيها خلال زمن معين ويعبر عنها في بعض الأحيان بحجم المرجل وهي تقدر بالواحدات الحرارية المعروفة. ويجب أن تكون استطاعة المرجل كافية لإعطاء الحرارة اللازمة لتدفئة المبنى مضافاً إليها مقدار الحرارة

الضائعة في شبكة الأنابيب ومن جدران المرجل، ومضافاً إليها مقدار من الحرارة لرفع درجة حرارة المبنى إلى الدرجة المطلوبة في بداية عملية التدفئة أو عند استئنافها بعد توقفها لفترة زمنية أي:

$$P_b = Q(1+a+b) \qquad (4\text{-}1)$$

حيث:

Q : مجموع كميات الحرارة اللازمة للمبنى.

a : عامل إضافة للتغلب على ضياعات الحرارة في شبكة الأنابيب وجدران المرجل وتساوي وسطياً (0.1).

b : عامل إضافة للتغلب على إيقاف التدفئة وهي تساوي وسطياً (0.2).

تعتبر المراجل صغيرة الحجم إذا كانت استطاعتها تتراوح بين kW(15-10) وتعتبر متوسطة الحجم إذا كانت استطاعتها تتراوح بين kW(500-50) وتعتبر كبيرة الحجم إذا كانت استطاعتها kW(2500-500).

يستخدم في التأسيسات الصغيرة مرجل واحد، أما في التأسيسات المتوسطة فيفضل استخدام مرجلين استطاعة كل منهما تعادل ثلثي الاستطاعة الكلية، أما في التأسيسات الكبيرة فيمكن استخدام ثلاثة مراجل أو أكثر تزيد مجموع استطاعتها عن الاستطاعة الكلية بـ 20% وإن اختيار أكثر من مرجل واحد يؤمن الفوائد التالية:

1- يكتفي بتشغيل مرجل واحد في الأيام المعتدلة.

2- يعمل مرجلان من أصل ثلاثة في أيام الشتاء العادية.

3- تعمل المراجل الثلاثة في أيام الشتاء شديدة البرودة أو في ساعات الصباح عندما يكون المبنى بارداً.

4- يمكن إجراء التصليحات أو الصيانة اللازمة لأحد المراجل في الوقت الذي تعمل فيه بقية المراجل.

يعبر عن مردود المرجل بالنسبة المئوية بين كمية الحرارة المتولدة من المرجل إلى كمية الحرارة المعطاة للمرجل . تساوي كمية الحرارة المعطاة للمرجل لوزن الوقود المستهلك مضروباً بالقيمة الحرارية للوقود وتقل كمية الحرارة المتولدة عن كمية الحرارة المعطاة للأسباب التالية:

- الحرارة الضائعة بسبب عدم الاحتراق الكامل وتقدر بـ (3%) تقريباً.
- الحرارة الضائعة مع الغازات في المدخنة وتقدر بـ (15%) تقريباً.
- الحرارة الضائعة من جدران المرجل وتقدر بـ (4%) تقريباً.

ويتراوح مردود المراجل المصنوعة من حديد الصب ذات الاستطاعة المتوسطة (85%-75%) لدى تجربتها في المعمل، أما خلال عملها الفعلي فيبلغ مردودها حوالي (70%-65%).

2-4- **الحراق** Burner :

لايمكن استعمال الوقود السائل لحرقه بالمرجل إلاّ بعد تذريره وتبخيره ومزجه بشكل جيد مع الهواء للحصول على احتراق كامل، لهذا تستعمل حراقات خاصة تقوم بهذه العملية بشكل آلي.

ويتم بالحراق ضغط الوقود بوساطة مضخة كهربائية إلى الضغط $10kg/cm^2$ حيث يخرج من فوهة خاصة بشكل رذاذ ناعم، كما توجد مروحة كهربائية ضمن الحراق حيث ترسل الهواء باتجاه الوقود فيمتزج به ويخرج المزيج من نهاية الحراق مهيأ للاحتراق.

يتم احتراق الوقود السائل في مراجل التدفئة المركزية بشكل آلي تماماً حيث يتم إشعال مزيج الوقود والهواء عند خروجه من الحراق بوساطة شرارة كهربائية تعمل تحت توتر كهربائي عالي وبعد حصول الاشتعال تنفصل دارة الإشعال آلياً وتقف الشرارة عن العمل ويركب عادة جهاز خاص في أسفل مدخنة المرجل يتحسس بارتفاع درجة حرارة الغازات المحترقة المارة في المدخنة، ويبقى الحراق شغالاً طالما أن الوقود يحترق، أما في

حالة عدم اشتعال الوقود أو انطفاؤه لسبب من الأسباب فإن هذا الجهاز يوقف الحراق عن العمل. أو يركب لنفس الغرض خلية ضوئية (photo cell) تبقي الحراق في حالة العمل طالما أنها ترى نور الشعلة وتوقفه عند انطفائها.

كما يتحكم بعمل الحرّاق ترموستات مائي يوضع في أعلى المرجل فيوقف الحراق عن العمل عند وصول درجة حرارة الماء إلى الحد المطلوب ويعيده إلى العمل عند هبوط درجة حرارته.

وجدير بالذكر أن الحراق يعمل بصورة جيدة (بدون تقطع) إذا كان مستوى الوقود في الخزان أعلى من مستوى الحراق وذلك لأن مقدرة مضخة الوقود على سحب الوقود من الأسفل محدودة جداً كما أن سحب الوقود من الأسفل يسبب تقطع في العمل في حال أي اضطراب في دارة السحب لذلك يجب تركيب خزان الوقود على مستوى أعلى من مستوى الحراق فإذا لم يكن ذلك ممكناً (حالة خزان أرضي) يمكن الاكتفاء بخزان وقود صغير يكفي استهلاك يوم واحد يوضع على مستوى مرتفع ويسمى خزان الوقود اليومي وفي الشكل (5-4) يوضح الحراق وأبعاده الرئيسية.

تعطى استطاعة الحراق برقم يمثل مقدار الوقود الذي يستطيع حرقه في الساعة وتحسب من العلاقة التالية:

$$\dot{m} = \frac{3.6\,P_b}{H_v.\eta_b} \quad [kg/h] \qquad (4\text{-}2)$$

حيث:

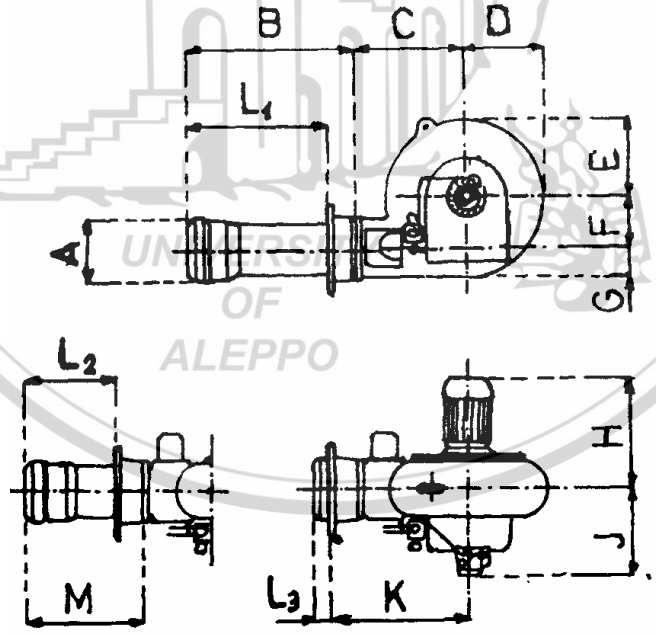
P_b : استطاعة المرجل [W].

H_v: القيمة الحرارية للوقود وتساوي للمازوت 42000kJ/kg.

η_b: مردود المرجل ويساوي وسطياً 70%.

3.6 : ثابت للتحويل.

Dim	80	125	175	205	245	275	300	350	375
A	175	230	230	230	260	340	340	340	340
B	490	660	660	680	690	655	655	655	655
C	330	420	420	420	420	500	500	500	500
D	226	300	300	300	300	325	325	325	325
E	226	300	300	300	300	290	290	290	290
F	152	194	194	194	194	240	240	240	240
G	85	106	106	106	106	155	155	155	155
H	296	350	410	430	430	370	395	425	480
J	286	310	310	310	310	370	370	370	370
K	406	500	500	500	500	545	545	545	545
L_1	180 400	350 550	350 550	370 570	380 580	370 530	370 530	370 530	370 530
L_2	140 250	210 350	210 350	210 370	245 380	230 350	230 350	230 350	230 350
L_3	82	70	70	95	105	125	125	125	125
M	340	460	460	480	490	475	475	475	475
Motor kW	1	1.5	3	4	4	3	4	5.5	10



الشكل (4-5) الحراق وأبعاده الرئيسية

4-3- احتياجات الوقود وتسخينه:

تعتمد كمية الوقود السنوية اللازمة لتدفئة مبنى ما على العوامل التالية:

1- الضياعات الحرارية للمبنى.

2- القيمة الحرارية للوقود المستعمل.

3- مردود المرجل.

4- عامل استعمال التدفئة.

5- عدد أيام فصل التدفئة.

6- عامل الطقس.

4-3-1- الضياعات الحرارية للمبنى:

إن كميات الحرارة المحسوبة للمبنى تزيد عن تلك التي تدخل في حساب استهلاك الوقود السنوي للأسباب التالية:

أ – إن تسرب الهواء إلى الغرف لايحدث بوقت واحد في جميع جهات المبنى وإنما يحدث عادة في الجهة المواجهة لاتجاه الريح، بينما يخرج الهواء من الغرفة إلى الخارج في الجهة المقابلة، وهذه الظاهرة تؤدي إلى تخفيض في مقدار الحرارة اللازمة لكامل المبنى بمقدار (20%) من كمية الحرارة المحسوبة.

ب – عند حساب الضياعات الحرارية للغرف لم يؤخذ بعين الاعتبار الحرارة المتولدة داخل المبنى وخاصة من الإشعاع الحراري للسكان وللإنارة، ويؤدي ذلك إلى تخفيض مقدار (5%) عن كمية الحرارة المحسوبة.

ولهذا السبب فإن كمية الحرارة الكلية اللازمة لكامل المبنى هي أقل 25% عن كمية الحرارة المحسوبة، ويجب أخذ ذلك بعين الاعتبار عند حساب كمية الوقود اللازمة للتدفئة.

4-3-2- عامل استعمال التدفئة:

يتعلق عامل استعمال التدفئة على طبيعة وظيفة المبنى، فهناك مباني كالمستشفيات مثلاً تستعمل التدفئة (24 h) في اليوم وستة أيام في الأسبوع، بينما هناك أبنية أخرى كالدوائر الحكومية تستعمل التدفئة لمدة ثمانية ساعات يومياً وستة أيام في الأسبوع.

ويعرف عامل استعمال التدفئة بنسبة عدد الساعات التي يحتاج خلالها المبنى للتدفئة إلى مجموع عدد الساعات الموجودة في فصل التدفئة. ويمكن حساب عامل التدفئة بالمعادلة التالية:

$$F = \frac{t.n}{24N} \qquad (4\text{-}3)$$

حيث:

N : عدد أيام فصل التدفئة وهو بحدود 150 يوم للمدن الداخلية في سوريا و130 يوم للمدن الساحلية.

t : عدد ساعات التدفئة للمبنى في اليوم الواحد.

n : عدد الأيام التي يستعمل فيها المبنى خلال فصل التدفئة.

يعطي الجدول التالي عامل استعمال التدفئة لبعض المباني.

• المشافي (تدفئة مستمرة)	عامل استعمال التدفئة	F = 1
• * مصانع ذات ورديات ثلاث وعطلة أسبوعية	عامل استعمال التدفئة	F = 0.86
• المباني السكنية والفنادق (15 ساعة تدفئة يومياً وسبعة أيام أسبوعياً)	عامل استعمال التدفئة	F = 0.62
• الجامعات (12 ساعة يومياً وعطلة أسبوعية وعطلة انتصافية)	عامل استعمال التدفئة	F = 0.39
• الدوائر الحكومية (8 ساعات يومياً وعطلة أسبوعية)	عامل استعمال التدفئة	F = 0.3
• المكاتب (10 ساعات يومياً وعطلة أسبوعية)	عامل استعمال التدفئة	F = 0.38

4-3-3- عامل الطقس :

يتوقف هذا العامل على تغيرات درجات الحرارة الخارجية من ساعات لأخرى خلال فصل التدفئة. إذ من البديهي أن أجهزة التدفئة لايطلب منها أن تعمل باستطاعتها الكاملة في جميع الأوقات. تلك الاستطاعة المحسوبة على أساس درجة حرارة خارجية

تصميمية لاتصل إليها درجة الحرارة الخارجية الفعلية إلاّ خلال عدد من الساعات محدوداً. بينما تكون في معظم الأوقات أعلى من درجة الحرارة التصميمية. وبما أن كمية الوقود المستهلك للتدفئة يتوقف على درجة الحرارة الخارجية الفعلية، لذلك وجد من الضروري إدخال هذا العامل الذي يمثل تقلبات درجات الحرارة الخارجية ويمكن اعتباره مساوياً في بلادنا إلى (C = 0.6).

ويمكن الآن بسهولة حساب مقدار الاستهلاك السنوي للوقود من المعادلة التالية:

$$\dot{m}_{fy} = \frac{0.75.Q.24.N.F.C.3.6}{H_v.\eta_b} \qquad (4\text{-}4)$$

حيث :

0.75 : تمثل تخفيض مقدار الضياعات الحرارية للمبنى.

Q : الضياعات الحرارية للمبنى [W].

N : عدد أيام فصل التدفئة.

F : عامل استعمال التدفئة.

C : عامل الطقس c = 0.6

H_v : القيمة الحرارية للوقود وتساوي بالنسبة للمازوت $H_v = 42000kJ/kg$

η_b : مردود المرجل خلال فترة التدفئة.

ويمكن بتعويض القيم الثابتة اختصار المعادلة السابقة على الشكل التالي:

$$\dot{m}_{fy} = \frac{Q.N.F}{1080.\eta_b}\ [kg] \qquad (4\text{-}5)$$

4-3-4- خزانات الوقود :

من المستحسن تأمين خزانات للوقود تستوعب مصروف شهر على الأقل تصنع هذه الخزانات بشكل أسطواني أو متوازي المستطيلات من الصفيح الفولاذي بسماكة

لاتقل عن (3mm) وقد تصل إلى (5mm) في الخزانات الكبيرة شكل رقم (6-4) ويمكن تركيب هذه الخزانات إما مطمورة تحت التراب بعد دهنها بدهان مقاوم للصدأ أو عزلها، أو توضع خارج المبنى أو على قواعد اسمنتية في غرفة مستطيلة مجاورة لغرف المراجل. وفي التأسيسات الكبيرة من المستحسن استعمال خزانين أو ثلاثة، حيث يمكن إملاء أحدهما بينما تكون الأخرى في حالة الاستعمال . الشكل (7-4).

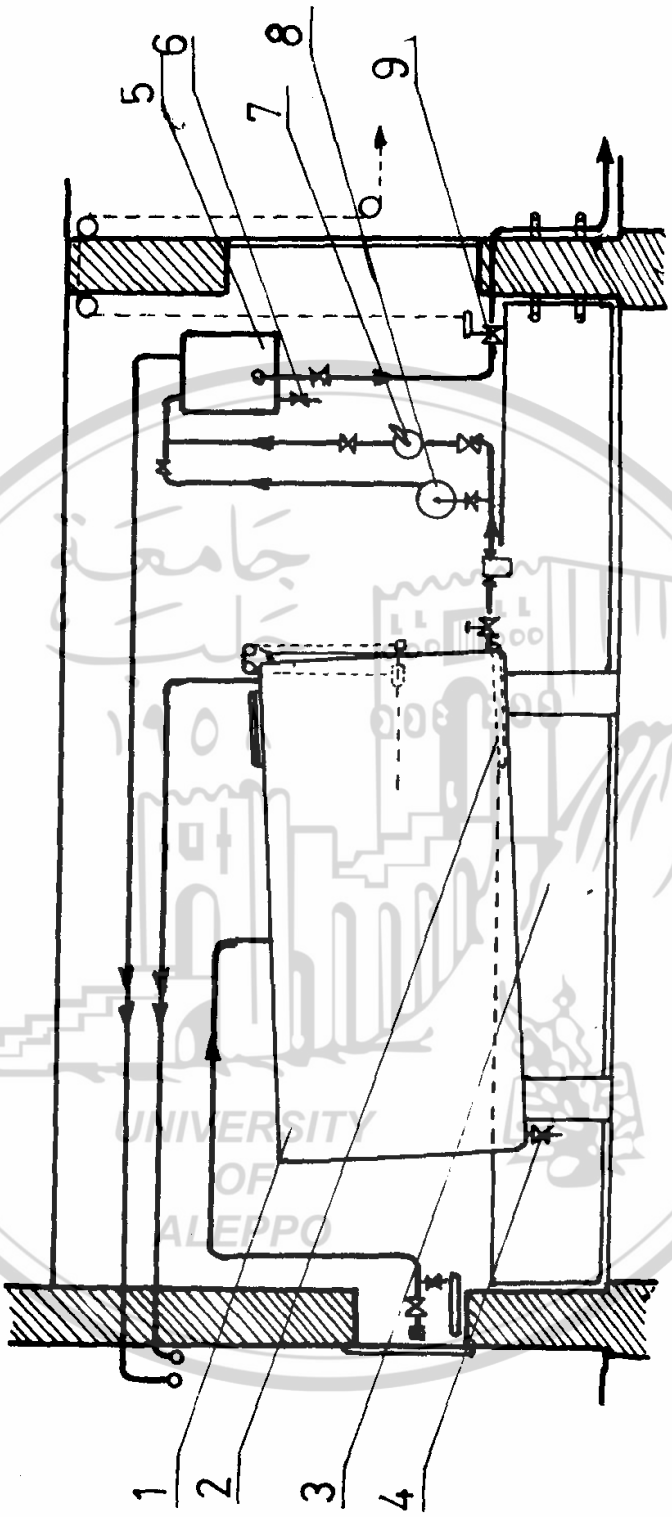
4-4- **خزان التمدد** Expansion tank:

يعتبر خزان التمدد من أهم الأجهزة المكونة لنظام التدفئة بالماء الساخن، ووجوده ضروري لضمان عمل هذا النظام بشكل جيد وأمين. إذ من المعلوم أن حجم الماء يـزداد بتسخينه لذلك لابدّ من تأمين حيز كاف لاستيعاب مقدار ازدياد حجم الماء حتى لايرتفع الضغط الداخلي ويؤدي إلى عواقب وخيمة لذلك يصمم خـزان التمـدد بحيـث يكـون حجمه الفعال كافياً لتخزين مقدار الزيادة في حجم الماء عند تشغيل النظام علـى أعلـى درجة حرارة ممكنة.

يكون خزان التمدد على نوعين مفتوح أو مغلقاً.

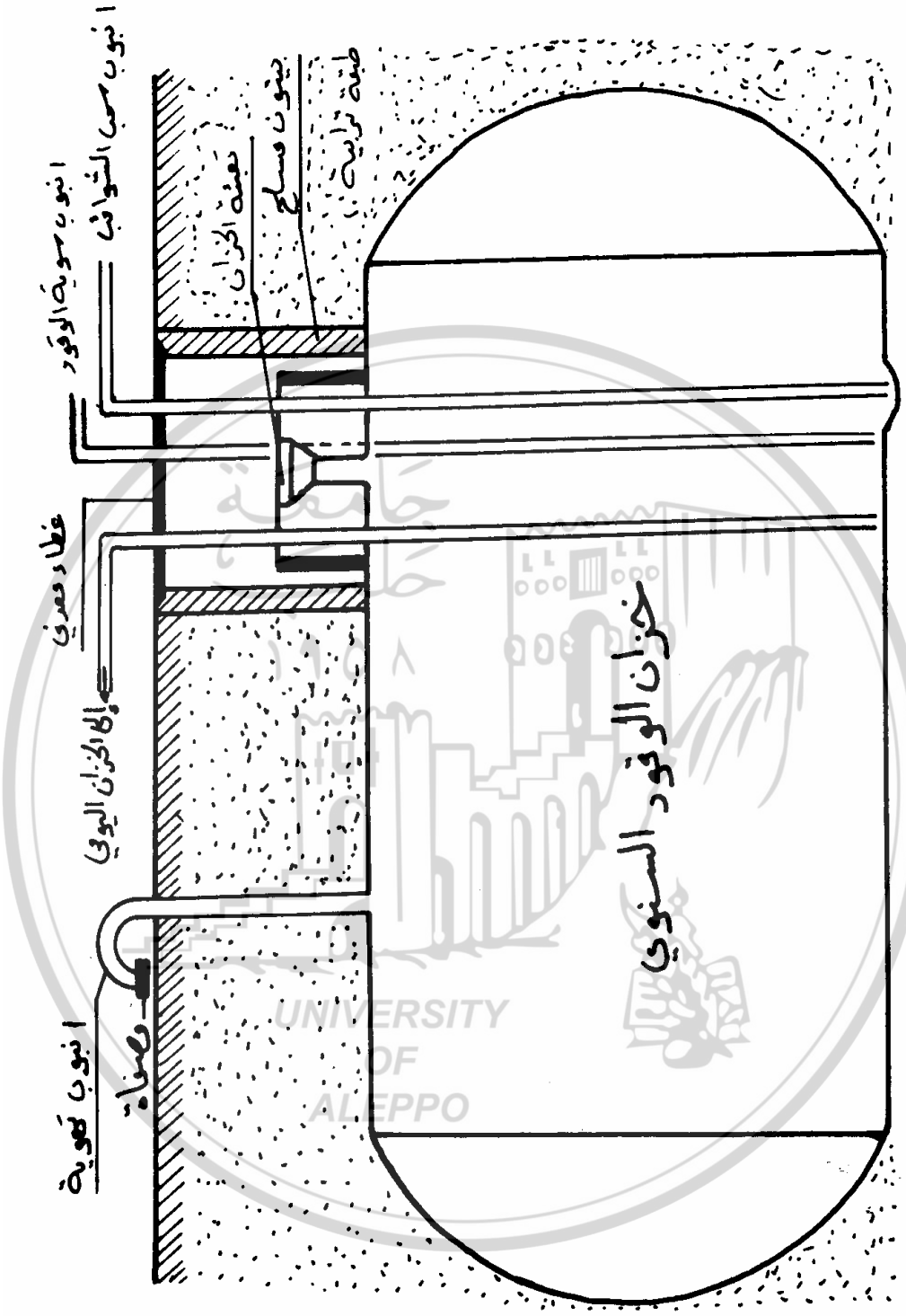
4-4-1- **خزان التمدد المفتوح** Open tank:

يتصل الخزان المفتوح بالجو الخارجي ولايمكن استعماله عندما تزيد درجـة حـرارة ماء التغذية عن 90ْC وذلك بسبب إمكانية غليان المـاء ومـشاكل التبخـر مـن الخـزان، يوضع عادة خزان التمدد المفتوح على سطح البناء ويجب أن يكون أعلى بمتر واحد علـى الأقل من أعلى نقطة من الشبكة للحيلولة دون غليان الماء عنـد تـشغيل النظـام علـى أعلى درجة حرارة ممكنة. يصنع خزان التمدد المفتوح من صفائح الفولاذ المغلفنة بسماكة لاتقل عن 3mm ويجب عزله جيداً لوقاية الماء الذي بداخله مـن التجمـد عنـد توقـف التدفئة عن العمل شتاءً.



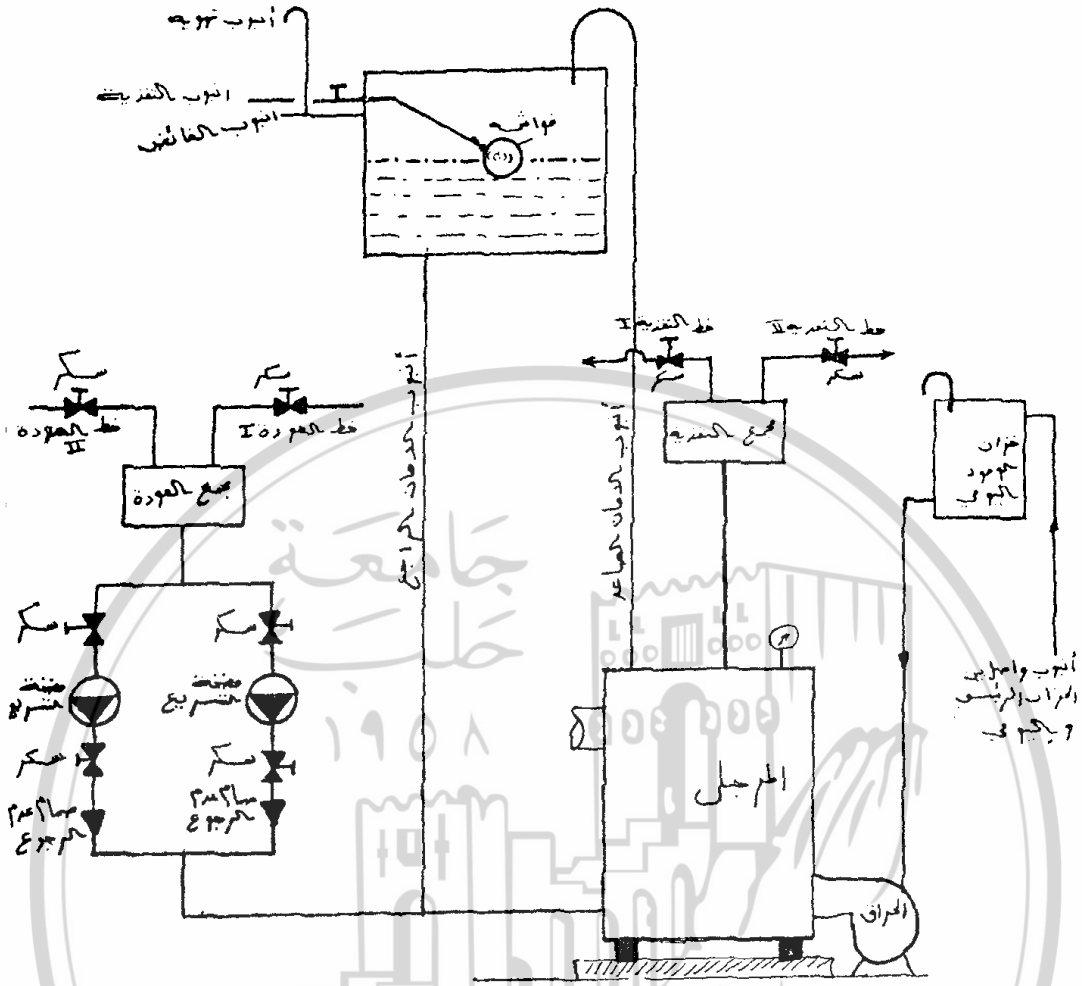
الشكل (6-4) خزان الوقود السنوي الخارجي واتصاله مع خزان الوقود اليومي

1) خزان الوقود السنوي، 2) مسخن، 3) جدار استنادي، 4) فتحة التنظيف، 5) خزان الوقود اليومي، 6) صنبور التنظيف، 7) مضخة وقود يدوية، 8) مضخة كهربائية لنقل الوقود، 9) صمام تغذية الحراق بالوقود



الشكل (7-4) خزان الوقود السنوي المطمور مع توصيلاته

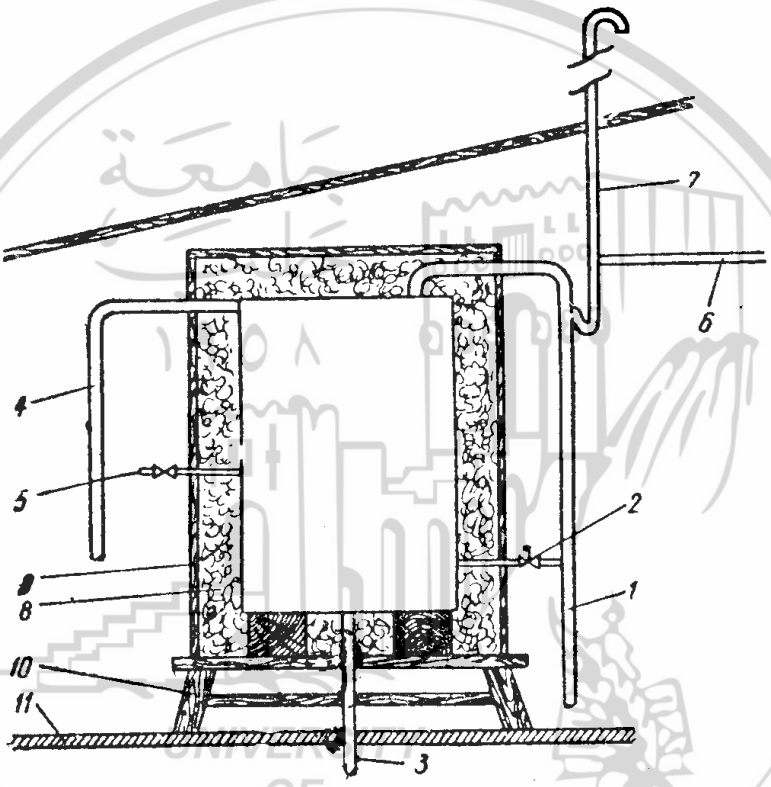
ويبين الشكل (8-4) الأنابيب المتصلة بخزان التمدد وكيفية وصل هذا الخزان.



الشكل (8-4) الأنابيب المتصلة بخزان التمدد وكيفية وصل هذا الخزان

يتصل خزان التمدد بالمرجل مباشرة بوساطة أنبوبي أمان لايحويان أي سكر أو صمام أو أي شيء يعيق جريان الماء ويتصل الأنبوب الأول من أعلى المرجل إلى أعلى الخزان ويسمى بأنبوب الأمان الصاعد ويسمح هذا الأنبوب للماء ضمن المرجل أن يتمدد عند ارتفاع حرارته فينطرح قسم منه في خزان التمدد كما يسمح بتصريف الهواء المتجمع في أعلى المرجل وطرده إلى الخارج ويتصل الأنبوب الثاني بخط العودة الرئيسي من طرف سحب المضخة وأقرب ما يكون إليها ويساعد هذا الخط على تصريف الماء الزائد ضمن الشبكة نتيجة ارتفاع درجة حرارتها. كما يمنع انخفاض الضغط بشبكة العودة عندما تبدأ المضخة بالعمل ويقلل بالتالي إمكانية انفصال الهواء المحلول ضمن الماء أو غليان الماء تحت ضغط منخفض. لخزان التمدد أنبوبا تهوية وفائض، يصل

الأنبوب الأول بالمحيط الخارجي، ويفرغ الأنبوب الثاني الماء الزائد عندما ترتفع سويته داخل الخزان عن المستوى المعين ويوصل عادة هذا الأنبوب بأقرب مصرف على السطح، كما يتصل بخزان التمدد أنبوب تغذية فتصل بشبكة المياه العامة له صمام يفتح تلقائياً بوساطة طوافة عندما ينخفض مستوى الماء في الخزان إلى قيمة دنيا، فيعوض بذلك نقصان أية كمية من الماء قد تحدث. ويعطي الشكل (9-4) تفصيلات خزان التمدد.



الشكل (9-4) تفصيلات خزان التمدد

يجب أن يكون حجم خزان التمدد الفعال كافياً لاستيعاب الزيادة التي تطرأ على الماء الموجود في المرجل وفي المشعات وفي جميع أنابيب الشبكة ويقصد بحجم الخزان الفعال الحجم المحصور بين أدنى مستوى للماء عندما يكون بارداً وبين أعلى مستوى يمكن أن يصل إليه الماء الساخن. تدل الخبرة على أنه من الملائم اعتبار حجم الخزان الفعال مساوياً لـ 6% من حجم الماء الكلي الموجود ضمن النظام ويعطي الجدول رقم (4-1) حجم خزان التمدد المفتوح وحسب استطاعة المرجل.

الجدول (4-1) حجم خزان التمدد المفتوح حسب استطاعة المرجل

	حجم خزان التمدد المفتوح حسب استطاعة المرجل					
الطاقة الحرارية للمرجل (W)	25000	35000	70000	120000	250000	300000
الحجم الفعال للخزان (لتر)	50	75	100	150	200	250

ويمكن أن يحسب حجم خزان التمدد المفتوح من القانون التالي:

$$V = \frac{0.03\ P_b}{\Delta t} \quad [liter]$$

ويمكن حساب أقطار أنابيب الأمان من العلاقات التالية:

أنبوب الأمان الصاعد:

$$d = 15 + \sqrt{2P_b} \quad (4\text{-}6)$$

حيث P_b مقدرة بـ [kW].

d : مقدرة بـ [mm].

أنبوب الأمان الهابط :

$$d = 15 + \sqrt{0.9P_b} \quad (4\text{-}7)$$

ولايسمح بأقطار أقل من 25mm.

4-4-2- خزان التمدد المغلق closed tank:

يستعمل الآن خزان التمدد المغلق حيث يوضع بالقرب من المرجل وفي نفس غرفة المراجل، ويمتاز خزان التمدد المغلق عن الخزان المفتوح بالاقتصاد في التمديدات الطويلة اللازمة لخزان التمدد المفتوح كما يمتاز بعدم إضافته للحرارة وبسهولة مراقبته وبإمكانية تشغيل النظام على درجات حرارة أعلى دون أن نخشى من حدوث الغليان، يتألف الخزان المغلق من جزئين منفصلين عن بعضهما البعض بوساطة غشاء مرن قابل للانضغاط، يحتوي القسم العلوي على الغاز الذي يشغل معظم حجم الخزان عندما يكون الماء بارداً أما عندما يسخن الماء ويبدأ بالتمدد فإنه يضغط على الغشاء ويدفعه إلى الأعلى بسبب تخفيض درجة حرارته فيعود قسم من الماء إلى المرجل والشبكة.

من المعتاد تصميم حجم خزان التمدد المغلق بحيث يستوعب ضعف الكمية العظمى لازدياد حجم الماء الناتج عن رفع درجة حرارته من أدنى إلى أعلى درجة حرارة يمكن أن يتعرض لها . ويركب على خط العودة الواصل إلى المرجل.

والجدولين التاليين يعطيان قيم تقريبية لحجم خزان التمدد المغلق.

TABLE I

Accurate method for determining the Flexcon vessel required on the strength of the water capacity of the installation.

height of the installation	Flexcon type	efficiency in litres at final pressure 3 bar	Max. water capacity of the installation at an average temperature in °C		
			80	90	100
static head 1 to 5 m	2/0.5	1.25	43	34	29
	4/0.5	2.5	86	70	58
	8/0.5	5	172	139	115
	12/0.5	7.5	259	208	173
	18/0.5	11.2	386	312	258
	25/0.5	15.6	538	435	359
	35/0.5	21.9	755	610	505
	50/0.5	31.2	1080	872	720
	80/0.5	50	1724	1393	1152
	140/0.5	87.5	3017	2437	2016
	200/0.5	125	4310	3482	2380
static head 5 to 10 m	12/1	6	207	167	138
	18/1	9	310	251	207
	25/1	12.5	431	348	288
	35/1	17.5	603	487	403
	50/1	25	862	696	576
	80/1	40	1379	1114	922
	140/1	70	2414	1950	1613
	200/1	100	3448	2786	2304
static head 10 to 15 m	35/1.5	13.1	452	365	302
	50/1.5	18.7	647	522	432
	80/1.5	30	1035	836	691
	140/1.5	52.5	1810	1462	1210
	200/1.5	75	2586	2089	1728

الشكل A(10-4) **جداول تقريبية لتحديد خزان التمدد المغلق**

TABLE II

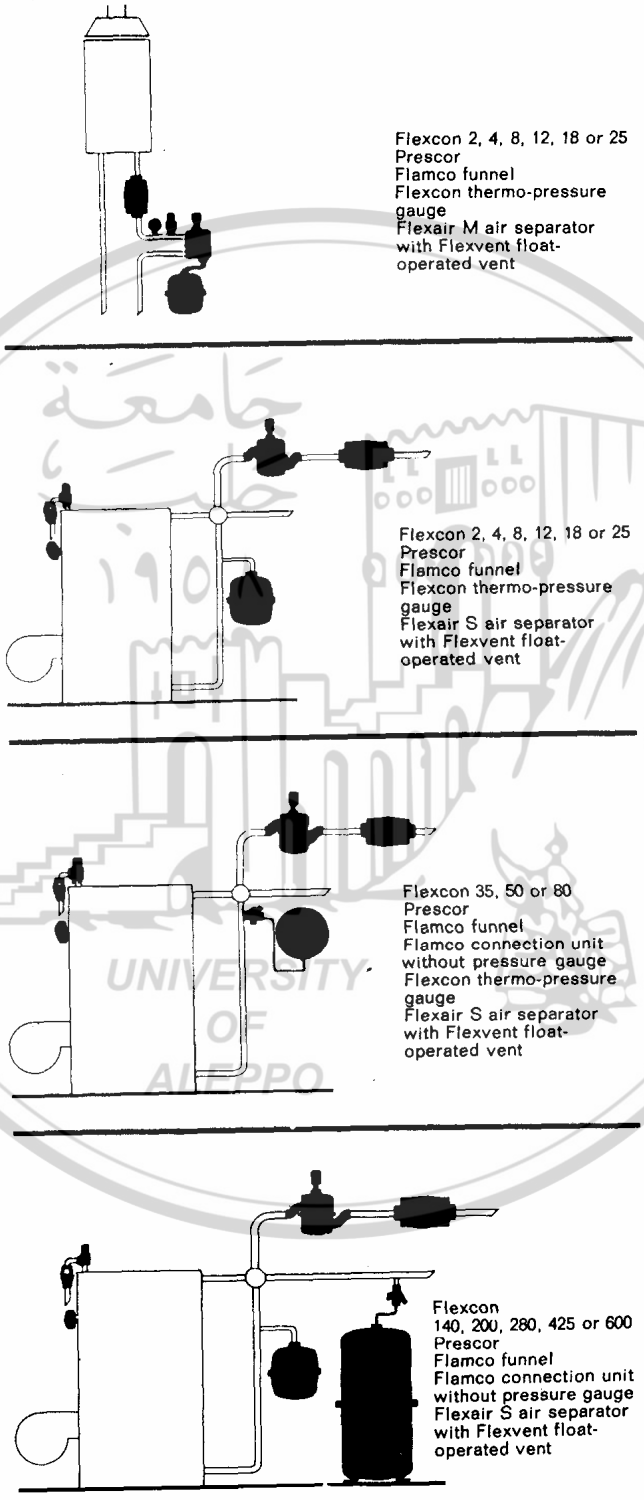
Approximation method to determine type of Flexcon vesse on the strength of the capacity (in B.TU.) of the installation.

Flexcon type	Max. cap. of installation in BTU at 3 bar	
	Installation with Boiler and radiators (40 l/10,000 BTU) Average temper-ature 80° C	Installation with Boiler and convectors (15 l/10,000 BTU) Average temper-ature 95° C
2/0.5	—	—
4/0.5	—	41,400
8/0.5	43,000	100,000
12/0.5	64,800	125,800
18/0.5	99,000	182,000
25/0.5	137,000	262,000
35/0.5	188,800	368,000
50/0.5	270,000	520,000
80/0.5	431,200	1,000,000
140/0.5	754,000	1,480,000
200/0.5	1,076,000	2,920,000
12/1	51,200	100,600
18/1	79,000	151,200
25/1	107,600	210,000
35/1	150,800	294,000
50/1	215,400	420,000
80/1	344,000	672,000
140/1	603,200	1,176,000
200/1	864,000	1,672,000
35/1.5	113,000	219,000
50/1.5	161,600	314,000
80/1.5	258,400	600,000
140/1.5	452,000	872,000
200/1.5	646,000	1,260,000

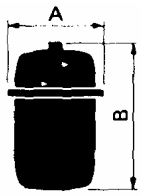
تابع الشكل A(4-10) **جداول تقريبية لتحديد خزان التمدد المغلق**

والشكل B(4-10) يعطي فكرة عن طرائق تركيب الأجهزة في الشبكات المغلقة وأبعاد خزان التمدد المغلق

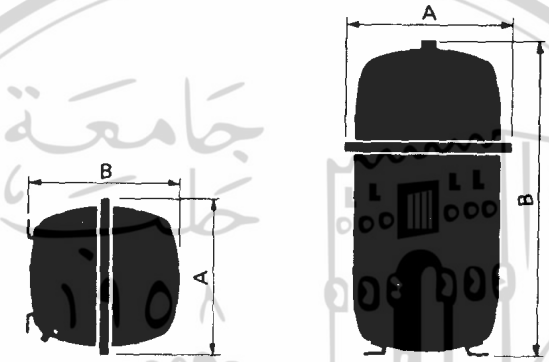
The PRESCOR safety valve must be mounted on the boiler, or, if necessary, in the supply line close to the boiler. The safety valve may never be placed in the return line or below the highest level of the boiler. A connection unit can be used to facilitate replacement of the Flexcons 35 to 280 litres.



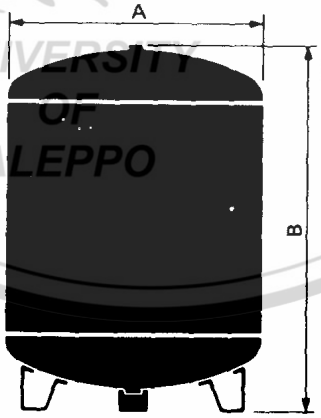
الشكل B(4-10) طرائق تركيب الأجهزة في الشبكات المغلقة



Type	Dim. A	Dim. B	Connection
Flexcon 2	194	150	3/4"
Flexcon 4	194	255	3/4"
Flexcon 8	234	300	3/4"
Flexcon 12	245	380	3/4"
Flexcon 18	286	410	3/4"
Flexcon 25	327	420	3/4"



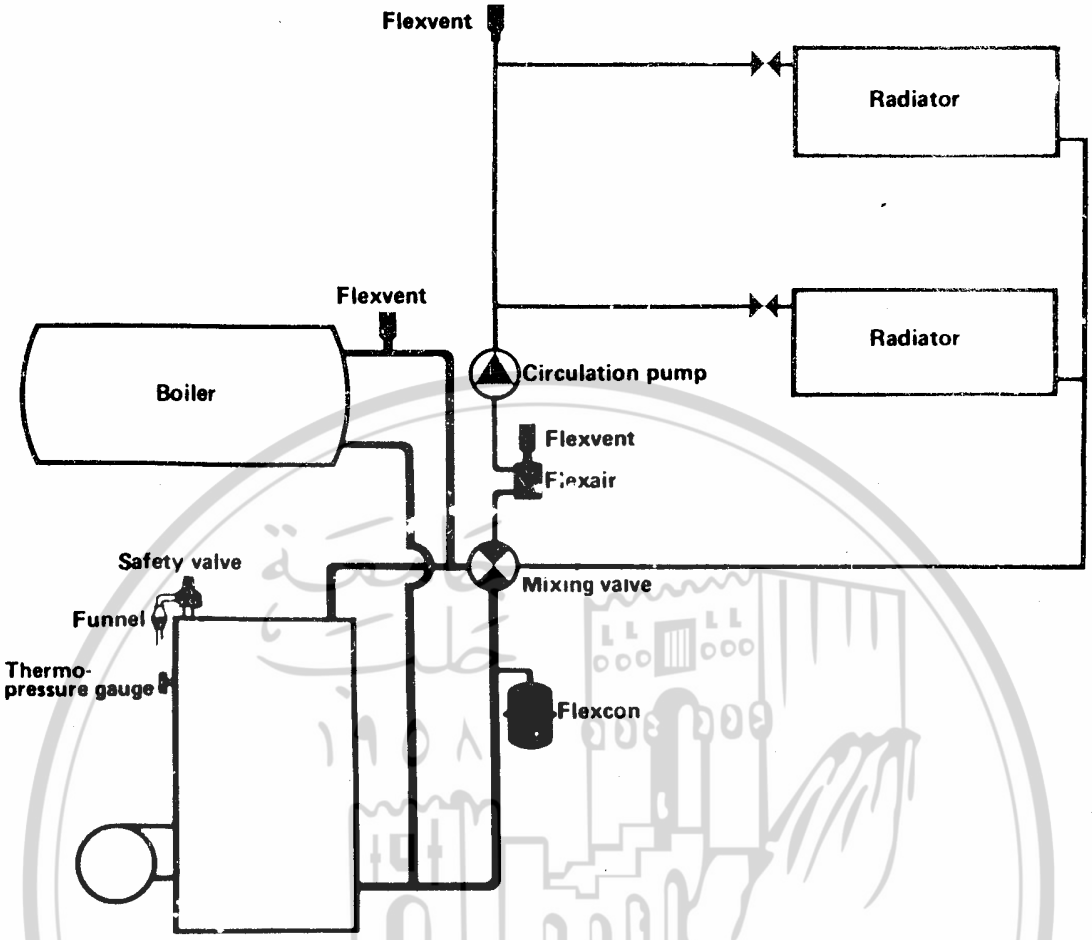
Type	Dim. A	Dim. B	Soldering connection
Flexcon 35	397	410	3/4" x 12 mm
Flexcon 50	397	550	3/4" x 12 mm
Flexcon 80	519	530	1" x 12 mm
Flexcon 140	519	880	1" x 12 mm
Flexcon 200	519	1230	1" x 12 mm
Flexcon 280	519	1660	1" x 12 mm



Type	Dim. A	Dim. B	Connection
Flexcon 425	790	1140	1"
Flexcon 600	790	1560	1"

تابع الشكل B(10-4) أبعاد خزان التمدد المغلق

UNIVERSITY OF ALEPPO



الشكل c(10-4)طريقة وصل خزان التمدد المغلق مع الشبكة

4-5- موقع غرف المراجل:

لدى اختيار موقع غرف المراجل يجب مراعاة الملاحظات التالية:

1- يفضل أن يكون موقع غرف المراجل في مركز البناء لكي تسهل عملية توزيع وموازنة الدارات، ويراعى أيضاً إمكانية بناء المداخن وأقنية التهوية.

2- يفضل أن تكون غرفة المراجل ذات إنارة طبيعية أعظمية . لذا يجب أن يكون لها فتحات ونوافذ على أكثر من جهة، مما يسهل الوصول إليها لنقل المحروقات في حالات الطوارئ.

3- لايسمح ببنائها في أبنية تحتوي أو تخزن مواد قابلة للاحتراق أو الانفجار بكميات محسوسة.

4- لايسمح ببنائها تحت أماكن مكتظة بالناس مثل السينما والمسارح ومخارج الصالات.

5- لايسمح ببنائها تحت قاعات المرضى أو العمليات.

6- لايسمح ببنائها تحت قاعات الدرس (وخاصة في المدارس).

7- لايسمح ببنائها تحت غرف النوم وخاصة غرف نوم الأطفال.

8- بما أنها تبنى عادة أسفل كل مبنى لتأمين التدفئة لكافة أقسامه، لذلك يجب الانتباه إلى المياه الجوفية وتصريفها إذا ما تسربت.

6-4- ترتيب وتنفيذ غرف المراجل:

يُراعى داخل غرف المراجل الملاحظات التالية:

1- يجب ترك مجال عمل حول المرجل كالتالي:

- خلف وأمام المرجل من m(1.5-2')
- جانب المرجل 0.7m على الأقل.
- بين المراجل 0.5m على الأقل.

2- يجب أن تكون الجدران من مواد غير قابلة للاحتراق بسماكة لاتقل عن (11cm).

3- يجب أن تكون الأرضية كتيمة وغير قابلة للاحتراق، وتعطى ميل يسمح بجريان السوائل نحو المصرف.

4- تنفيذ المصرف على شكل حفرة مزرقة بشكل جيد لمنع تسرب السوائل منها.

5- تصنع السقوف من مواد غير قابلة للاحتراق وتزرق بمواد لاتحترق بسماكة (6cm).

6- يركب في غرفة المراجل مأخذ تيار كهربائي لمصباح متنقل وتكون التغذية بتيار كهربائي (24 volt).

7- يوضع قاطع كهربائي يسمح بإيقاف تغذية الحراقات بالوقود حالما ينشب الحريق.

8- في غرف المراجل الكبيرة يجب لحظ جسر فولاذي يتحمل أكثر من طن لتركيب رافعة عليه.

9- يجب تأمين وسائل الحماية من الحريق وكذلك قناة إخلاء ($0.36m^2$) متصلة مباشرة بالخارج ويستخدم لدخول رجال الإطفاء.

10- يجب تركيب باب من الشبك القوي ينفتح للخارج بسهولة بارتفاع لايقل عن (1 m) ويصنع من مواد لاتحترق وينغلق ذاتياً إذا ما ترك حراً.

11- يفضل إدخال الهواء من فتحات من خلف المرجل وذلك حتى يسخن قبل أن يصل إلى الحراق في مقدمة المرجل (ويحمي العمال من لفح الهواء البارد).

12- إذا لم يكن هناك فتحة إخلاء يجب إبقاء النوافذ مفتوحة بشكل دائم.

13- عندما لاتكون مصادر التهوية كافية فإن الحراق سوف يسحب كفايته من أسفل الباب، مما يسبب اهتزازه وقرقعته بشكل دائم. لذا يفضل جعل الباب من الشبك القوي.

14- يجب تأمين تهوية طبيعية عن طريق فتحة تهوية ذات مساحة لاتقل عن ربع مساحة المدخنة.

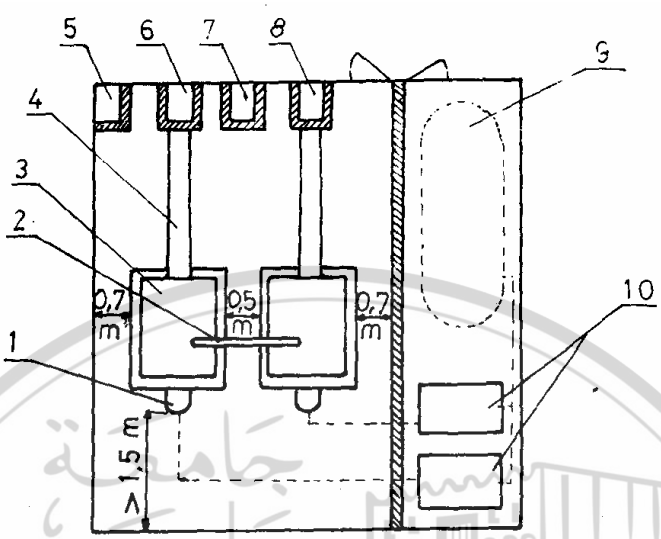
15- قاعدة المرجل من البيتون عيار ($25kg/cm^3$) وترتفع فوق أرض الغرفة (10 ÷ 8)cm وتكون أطول من المرجل (16cm) وأعرض بـ (20 cm).

16- في حالة تركيب مرجلين في المجموعة الواحدة فيمكن تركيب المرجلين على قاعدة واحدة.

17- إذا زاد طول قاعدة المرجل عن المتر تعطى عندئذ ميل (0.001) بحيث تكون مؤخرة المرجل أعلى من مقدمته.

يجب أن لايقل ارتفاع غرفة المراجل عن 3m ومساحة غرفة المراجل يمكن أن يؤخذ بإجراء سريع تقريبي لمساحة غرفة المراجل من العلاقة:

$$\text{مساحة غرفة المراجل} = \frac{\sqrt{Q_{TOT}}}{16} \qquad (4\text{-}8)$$



الشكل (4-11) ترتيب غرفة المراجل والوقود

1) الحراق، 2) مجمع التغذية، 3) المرجل، 4) المدخنة الأفقية، 5) قناة التهوية، 6-8) المدخنة الشاقولية، 7) قناة إخلاء الهواء الفاسد، 9) خزان الوقود السنوي، 10) خزان الوقود اليومي

أو يمكن تحديد مساحة غرفة المراجل وغرفة الوقود بدلالة الضياعات الحرارية للمبنى وعدد أشهر التدفئة من الجدول (4-2).

الجدول (4-2) مساحة غرف المراجل والوقود بدلالة الضياعات الحرارية وعدد أشهر التدفئة

الضياعات الحرارية للمبنى (watt)	حجم المبنى المدفأ (m^3)	مساحة غرف المراجل (m^2)	عدد أشهر التدفئة (مساحة غرفة الوقود (m^2))			
			2	3	4	5
23000	500	6	-	4	5	6
47000	1000	11	-	7	9	12
70000	1500	13	-	10	14	17
93000	2000	15	-	14	18	-
115000	2500	18	12	18	-	-
230000	5000	25	24	35	-	-
350000	7500	33	35	50	-	-
465000	10000	40	45	68	-	-
580000	12500	44	60	84	-	-
700000	15000	50	70	100	-	-
815000	17500	54	80	-	-	-
930000	20000	60	90	-	-	-

4-7- **غرف الوقود:**

يمكن توزيع سعة التخزين المازوت على أكثر من خزان توضع بجانب بعضها على استقامة واحدة، على أن لاتقل المسافة بين الخزان والآخر عن (20cm) ويراعى في إنشاء غرفة الوقود:

- أن تكون فتحة تعبئة الوقود سهلة الوصول إليها من الخارج.
- أن لاتزيد عدد مرات تعبئة الوقود عن ست مرات سنوياً.
- أن تبنى من مواد تقاوم الاحتراق (لمدة ساعتين على الأقل).
- أن تكون جيدة التهوية لمنع تركيز أبخرة الوقود في جو الغرفة.
- أن تجهز الغرفة بوسائل آلية لإطفاء الحريق.
- تنفذ أرضية الغرفة من مواد كتيمة مانعة للتسرب.
- تنفذ أرضية الغرفة بميل كافي لتسليط السوائل باتجاه حفرة تصريف.
- أن تكون هناك أكثر من منفذ للغرفة.
- أن يسهل مراقبة سوية الوقود في الخزانات من خارج الغرفة.

4-8- **الأقنية المتصلة بغرف المراجل:**

في غرفة المراجل بالإضافة للنوافذ والأبواب يجب تأمين:

- قناة لإخلاء الدخان (مدخنة).
- قناة لإخلاء الهواء الفاسد من الغرفة.
- قناة لجلب هواء جديد.

4-8-1- **المدخنة :**

إن الوظيفة الرئيسية للمدخنة هي امتصاص الهواء لاحتراق الوقود فتنظم عملية الاحتراق وتقوم بتصريف غازات الاحتراق.

هناك بعض الملاحظات بالنسبة لاختيار موقع المدخنة في البناء وتصميم المدخنة وبنائها أهمها:

- يجب عزل جدران المدخنة حرارياً (تبنى من القرميد الناري) ويفضل إمرار المدخنة في وسط البناء وعبر جدرانه الداخلية، أما في مراكز التدفئة الكبيرة فيمكن وضعها بشكل حر بعد عزل جدرانها بشكل جيد يمنع هبوط درجة حرارة غازات الاحتراق.
- يجب أن يكون ارتفاع المدخنة إلى حد لايمكن معه للأبنية المجاورة للمدخنة أن تؤثر على سحبها، إذ يجب أن تكون أعلى من الجدران المجاورة لها، وإلاّ فإن الضغط الناتج عن اصطدام الهواء بهذه الجدران يؤثر على المدخنة ويقلل من سحبها.
- يفضل أن يكون لكل مرجل مدخنة مستقلة خاصة به. ويمكن وصل أكثر من مرجل على مدخنة واحدة في حالات الضرورة الإنشائية.

أ – حساب مقطع المدخنة الشاقولية:

يفضل استخدام المدخنة الشاقولية ذات المقطع الدائري لأن لها محيط أصغر مما يعني ضياع أقل في الحرارة والمواد. ويمكن صنع مدخنة ذات مقطع مربع، إلاّ أنه لاينصح باستخدام مدخنة ذات مقطع مستطيل إلاّ في حالة الضرورة ويجب ألاّ تزيد نسب الأضلاع عن (3 إلى 2) .

ويحسب مقطع المدخنة الشاقولية بالعلاقة:

$$A_f = \frac{\dot{m}_{br}}{100\sqrt{H}} \left[m^2\right] \qquad (4\text{-}9)$$

حيث:

A_f : مساحة مقطع المدخنة الشاقولية m^2 ويجب أن لايقل في أي حالة عن $(20\times 20cm)$.

$\dot{m}_{br}$: وزن الوقود المحترق في الساعة kg/h.

H : ارتفاع المدخنة الشاقولية من محور الحراق إلى نقطة الخروج للجو [m].

ب – المدخنة الأفقية:

- يجب أن لايزيد طولها عن ربع ارتفاع المدخنة الشاقولية.
- يجب أن يكون مقطعها أكبر من مقطع المدخنة الشاقولية بمقدار :

20% عندما يكون للمدخنة الأفقية كوع أو اثنان.

30% عندما يكون للمدخنة الأفقية أكثر من كوعان.

- يفضل إعطاء ميل صاعد للقسم الأفقي باتجاه المدخنة الشاقولية.
- يجب تأمين فتحة لتنظيف المدخنة الأفقية بأبعاد لاتقل عن (40×40cm) ذات غطاء محكم القفل.
- يجب عزل القسم الأفقي من المدخنة بشكل جيد منعاً من انخفاض درجة حرارة غازات الاحتراق.

4-8-2- أقنية إخلاء الهواء الفاسد وجلب هواء جديد:

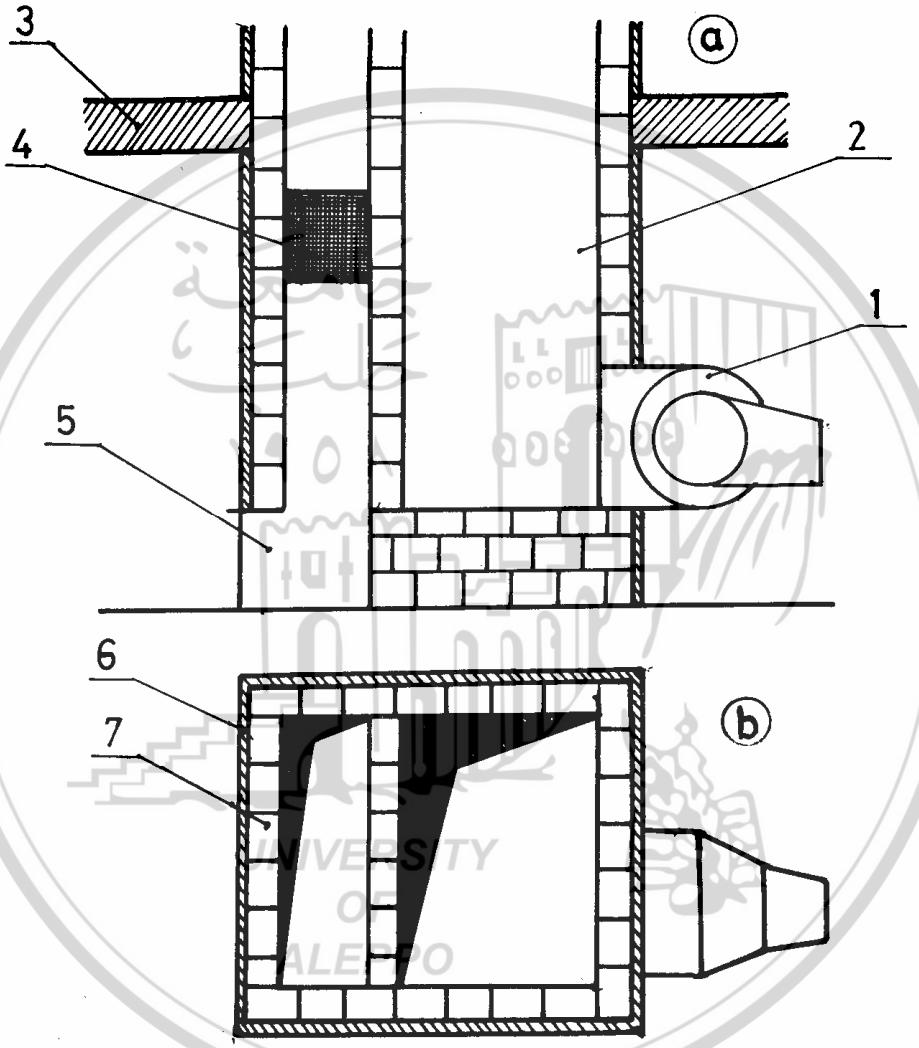
يجب أن تشمل كل غرفة مراجل بالإضافة إلى النوافذ والأبواب على قناة (أو أكثر) لإخلاء الهواء الفاسد، تصعد إلى ما فوق السطح وتركب في أعلى نقطة من غرفة المراجل. وأيضاً قناة (أو أكثر) لجلب هواء جديد ويكون دخول الهواء من أسفل غرفة المراجل.

وتبنى أقنية الهواء الفاسد أقرب ما يمكن للمداخن، ومساحة مقطعها يجب أن لاتقل عن نصف مساحة المداخن المتصلة بغرفة المراجل.

$$A_g = \frac{A_F}{2} \quad [m^2] \qquad (4\text{-}10)$$

حيث A_F مجموع مساحات المداخن الـشاقولية الموجـودة في غرفـة المراجـل، أمـا مساحة أقنية جلب الهواء الجديد فهي لاتقل عن :

$$A_a = \frac{A_g + A_F}{2} \quad \left[m^2\right] \tag{4-11}$$



الشكل (4-12) يبين المقطع الشاقولي والمقطع الأفقي لقناة التهوية والمدخنة الشاقولية مع المدخنة الأفقية الموصولة بها

1) المدخنة الأفقية المعدنية، 2) المدخنة الشاقولية، 3) بلاطة للسقف، 4) شبك معدني يغطي فتحة التهوية، 5) مجرى قناة التهوية، 6) توريقة اسمنتية، 7) قرميد ناري:

(a) مقطع شاقولي في المدخنة وقناة التهوية، (b) مقطع أفقي في المدخنة وقناة التهوية

ينبغي أن يكون مأخذ الهواء النقي بمستوى أرضية الغرفة وفي مكـان بعيـد بقـدر الإمكان عن النوافذ والأبواب في الأماكن المأهولة. والمكان المفضل بالنسبة له هو خلف المرجل مباشرة وعلى ارتفاع (10 cm) عن الأرضية وذلك بغية حماية أقدام العاملين من تيارات الهواء لدى تواجدهم في غرفة المراجل.

يمنع إطلاقاً وضع أية عناصر إغلاق على هاتين الفتحتين، ويسمح فقط بتركيـب شبك بفتحات لاتقل عن (3 cm) كما يمنع إطلاقاً تركيب أية مراوح ذات سحب قسري في غرفة المراجل نظراً لما تسببه من تخلخل للهواء في جو الغرفة.

مثال :

المطلوب حساب استطاعة تجهيزات التدفئة المركزية بالماء الساخن لمبنى (مكاتب) ضياعاته الحرارية [W]120000.

الحل:

1- استطاعة المرجل Q_b :

$$P_b = Q(1+a+b)$$
$$Q = Q_{Bui} + Q_w$$

حيث:

Q_{Bui} : الضياعات الحرارية للمبنى مقدرة بـ [W].

Q_w: حمل أسطوانة الماء الساخن مقدرة بـ [W] في حال وجودها (a+b)=0.3 .

$$P_b = 0.3 \times 120000$$
$$P_b = 36000[W]$$

1- استطاعة الحراق:

$$\dot{m}_{br} = \frac{3.6P_b}{c_v.\eta_b}$$

$$H_v = 42000\left[\frac{kJ}{kg_f}\right],\ \eta_b = 0.7$$

$\rho_f = 0.85$ الكتلة النوعية للمازوت

$$\dot{m}_{br} = \frac{3.6 \times 36000}{42000 \times 0.7}$$

$$\dot{m}_{br} = 4.4 \left[\frac{kg}{h}\right] \Rightarrow \dot{m}_{br} = \frac{4.4}{0.85} = 5.18 \left[\frac{liter}{h}\right]$$

3- حجم خزان الوقود السنوي:

$$\dot{m}_y = \frac{0.75 \times Q \times 24 \times NxFxC.3.6}{H_v . \eta_b}$$

حيث:

Q : حمل المبنى مقدر بـ [W].

F : عامل الاستخدام للمكاتب يقدر بـ 0.38.

C = 0.6 عامل الطقس:

N = 150 عدد أيام فصل التدفئة في مدينة حلب

$$\dot{m}_{fy} = \frac{0.75 \times 120000 \times 24 \times 150 \times 0.38 \times 3.6}{42000 \times 0.7}$$

$$\dot{m}_{fy} = 15075.9 \left[\frac{kg_f}{year}\right] \Rightarrow \dot{m}_{fy} = 17736.4 \left[\frac{liter}{year}\right]$$

4- حجم خزان التمدد المفتوح:

من الجدول (1-4) واعتماداً على استطاعة المرجل نجد أن الحجم الفعال لخزان التمدد المفتوح:

V = 100 liter

5- قطر أنبوب الأمان الصاعد والهابط:

- قطر أنبوب الأمان الصاعد :

$$d = 15 + \sqrt{2P_b} \quad [mm]$$

$$d = 15 + \sqrt{2 \times 36} \Rightarrow d == 23.5[mm]$$

حيث :

P_b مقدرة بـ [kw].

- قطر أنبوب الأمان الهابط:

$$d = 15\sqrt{0.9P_b}$$

$$d = 15 + \sqrt{0.9 \times 36} \Rightarrow d = 20.7[mm]$$

6- مقطع المدخنة الشاقولية:

$$A_f = \frac{\dot{m}_{br}}{100\sqrt{H}}$$

حيث:

$\dot{m}_{br}$: كمية الوقود المحترقة بالساعة [kg_f/h].

H: الارتفاع المعماري للمدخنة. وبفرض [m]H = 13.

$$A_f = \frac{4.4}{100\sqrt{13}} \Rightarrow A_f = 0.0122[m^2]$$

$$a = \sqrt{A_f} \Rightarrow a = 0.11[m] \Rightarrow a = 11[cm]$$

أي أن طول ضلع مقطع المدخنة [11[cm وبالتالي تنفذ المدخنة بمقطع [20×20cm] لأن [20 × 20] هي أصغر مدخنة يمكن أن تنفذ وذلك نسبة لنوع الآجر المستخدم في بناء المداخن.

7- مقطع المدخنة الأفقية :

$$A = 1.2A_f \Rightarrow A = 0.0146[m^2]$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = 0.13[m]$$

وتكون عادة دائرية.

8- مساحة غرفة المراجل والوقود:

من الجدول (11-4) واعتماداً على الضياعات الحرارية للمبنى نجد أن:

$$\text{مساحة غرفة المراجل} = 18\left[\text{m}^2\right]$$

$$\text{مساحة غرفة الوقود من أجل ثلاثة أشهر} = 18\left[\text{m}^2\right]$$

9- مقطع قناة طرد الهواء الفاسد:

$$A_g = \frac{A_f}{2} \Rightarrow A_g = 0.006\left[\text{m}^2\right]$$

10- مقطع قناة جلب الهواء الجديد:

$$A_a = \frac{A_g + A_f}{2} = \frac{0.006 + 0.0122}{2}$$

$$\Rightarrow A_a = 0.009\left[\text{m}^2\right]$$

4-9- طرق التحكم الأساسية بكمية الحرارة:

لكي نتمكن من إعطاء كمية محددة من الحرارة إلى الأجسام المشعة للحصول على درجة الحرارة المطلوبة إلى هذه الأجسام، يمكننا استعمال طريقتين أساسيتين للتحكم بكمية الحرارة.

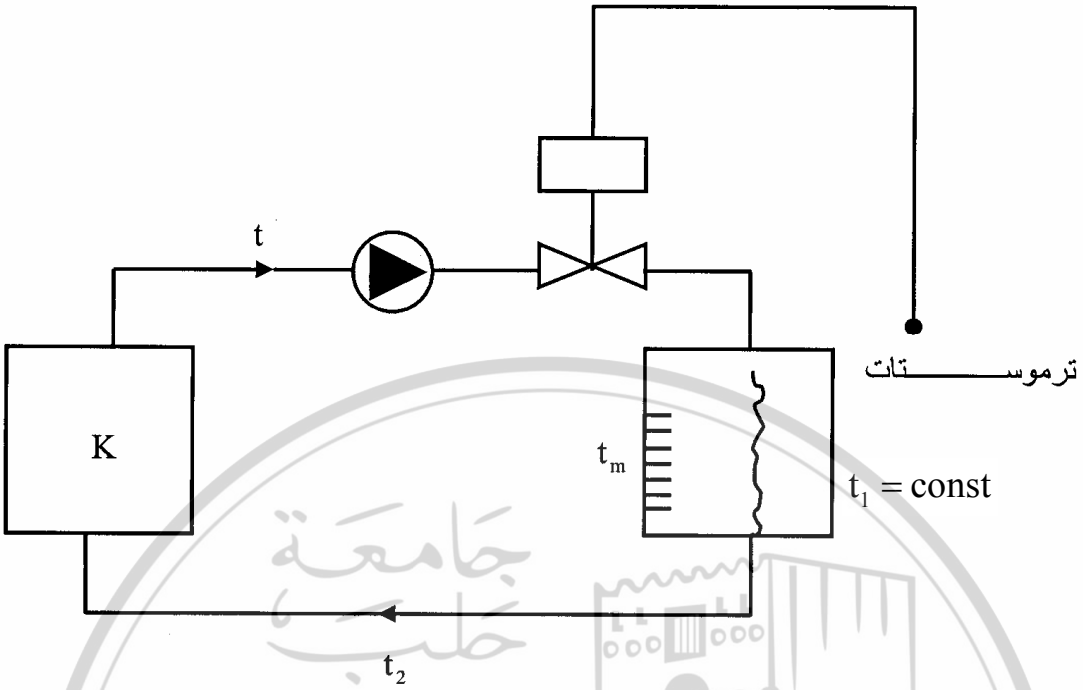
1- التحكم بكمية وسيط التسخين وذلك بتضييق مجرى التغذية أو مجرى العودة بوساطة الصمامات، أو بطريقة التفريغ.

2- التحكم بخليط مجرى التغذية ومجرى العودة.

4-9-1- التحكم بكمية وسيط التسخين:

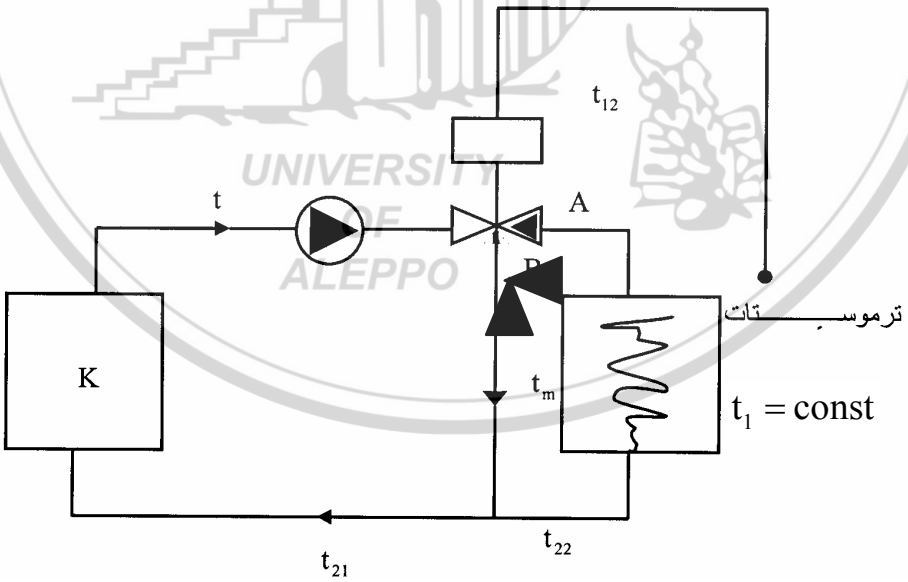
إن الشكل (4-13) يبين طريقة التحكم بكمية وسيط التسخين عن طريق تضييق مجرى التغذية باستعمال صمام تحكم، مع المحافظة على درجة حرارة ثابتة لوسيط التسخين.

UNIVERSITY OF ALEPPO



الشكل (4-13) **دارة التحكم بوسيط التسخين بتضيق مجرى التغذية**

والشكل (4-14) يبين طريقة التحكم بوساطة صمام ثلاثي بالتفريغ حيث يمكن الحصول على درجة الحرارة المطلوبة للجسم المشع.

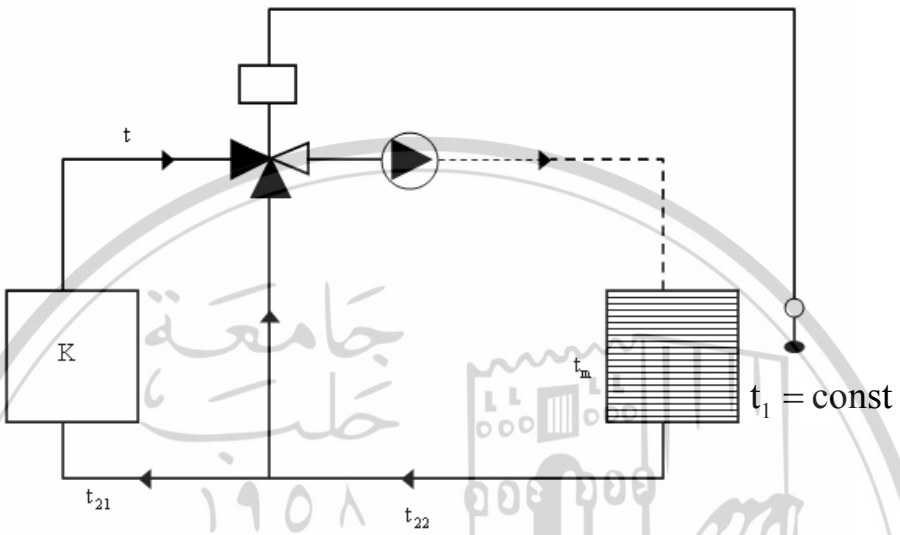


الشكل (4-14) **دارة التحكم بوسيط التسخين باستخدام صمام ثلاثي**

تعتبر الطريقتان متشابهتان، ولكن من وجهة نظر مواصفات وتوازن التحكم فتعتبر الطريقة الثانية أفضل من الطريقة الأولى.

4-9-2- التحكم بخلط ماء مجرى التغذية ومجرى العودة:

إن الشكل (4-15) يبين طريقة التحكم بمزج الماء في مجرى التغذية ومجرى العودة حيث يحافظ على تدفق الماء بشكل ثابت وتختلف درجة حرارة ماء التغذية فقط.

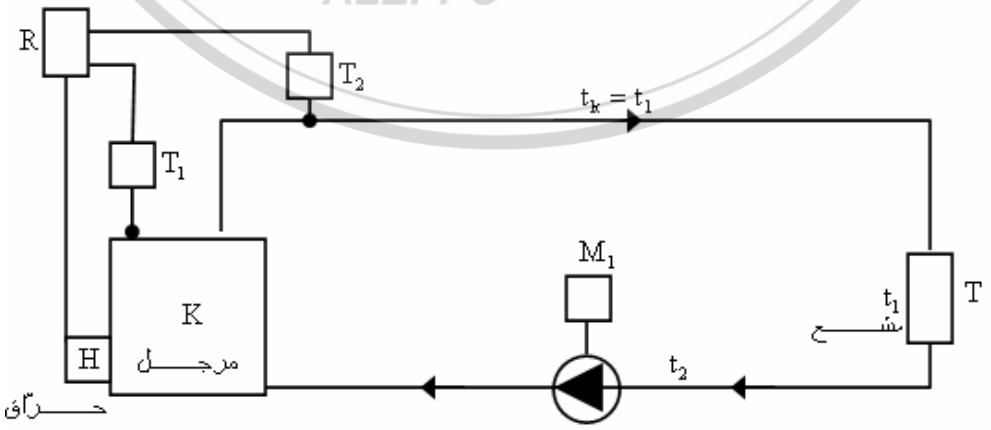


الشكل (4-15) دارة التحكم عن طريق خلط مع التغذية وماء العودة

إن التحكم بهذه الطريقة أفضل من التحكم بالطرق السابقة وذلك لتوازن الشبكة من الناحية الهيدروليكية.

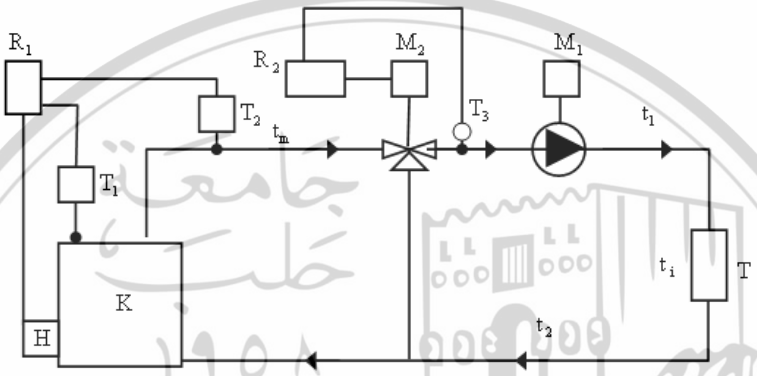
4-9-3- التحكم بكمية الحرارة طبقاً لدرجة حرارة ماء التغذية:

إن التحكم بشبكة التدفئة طبقاً لدرجة حرارة وسيط التغذية تعتبر أسهل طريقة في التحكم والشكل (4-16) يبين طريقة التحكم.



الشكل (4-16) دارة التحكم طبقاً لدرجة حرارة ماء التغذية

فعند وضع الترموستات T_2 على درجة معينة وبوساطة المنظم R_1 يمكن التحكم بحراق الوقود وبطريقة ON – OFF . أما الترموستات T_1 فيعتبر أمان بحيث لايسمح لدرجة الحرارة بالارتفاع عن حد معين في المرجل. كما أن الشكل (4-17) يبين طريقة التحكم بحراقات الوقود بوساطة المنظم R_1 أما التحكم بدرجة حرارة التغذية t_1 فيتم بوساطة المنظم R_2

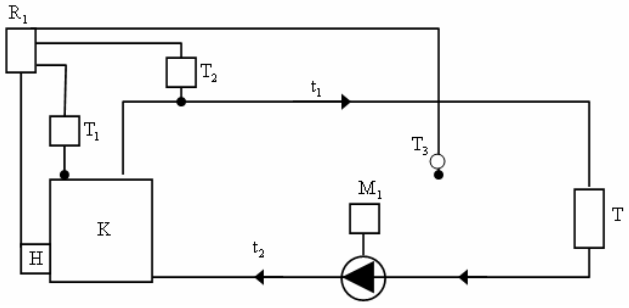


الشكل (4-17) دارة التحكم بحراقات الوقود

4-9-4- التحكم طبقاً لدرجة حرارة الغرفة الداخلية:

أ – التحكم طبقاً لدرجة حرارة الغرفة الداخلية – طريقة مباشرة:

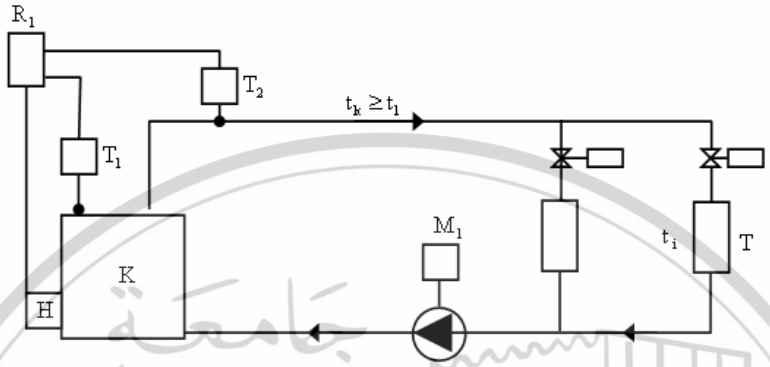
تستعمل هذه الطريقة لأجهزة التدفئة الصغيرة وخاصة لبيوت السكن عند التدفئة الإفرادية . حيث يوضع الترموستات T_3 في غرفة التدفئة والشكل (4-16) يبين هذه الطريقة حيث عندما ترتفع درجة حرارة ماء التغذية عن الحد المطلوب يعطي الترموستات T_2 أمر للحراق بالتوقف عن العمل وعندما ترتفع درجة حرارة الغرفة عن الحد المطلوب يعطي الترموستات T_3 أمر للحراق بالتوقف.



الشكل (4-18) دارة التحكم طبقاً لدرجة حرارة الغرفة الداخلية مباشرة

ب – التحكم طبقاً لدرجة حرارة الغرفة الداخلية – طريقة المزج:

إن هذه الطريقة من التحكم تعتبر أفضل طريقة حيث تؤمن المواصفات المطلوبة لكل غرفة. والشكل (19-4) يبين هذه الطريقة.



الشكل (19-4) دارة التحكم طبقاً لدرجة حرارة الغرفة الداخلية عن طريق المزج

إن المرجل يحتوي على تحكم خاص به والذي يحافظ على درجة حرارة مناسبة في المرجل كما أن كل غرفة تحتوي على صمام تحكم آلي يتأثر بدرجة حرارة الغرفة.

10-4- تجهيزات إطفاء الحريق في غرف المراجل للأبنية السكنية:

نظراً لخطورة غرف المراجل ومالتحتويه من كميات كبيرة من مادة المازوت في أقبية الأبنية السكنية. لذلك يجب تجهيزها بأجهزة إنذار وإطفاء الحريق متكاملة منعاً لانتشار الحرائق وإمكانية تلافيها السريع في حال حدوثها. والتجهيزات المقترحة لإطفاء الحريق هي:

1- تركيب جهاز إطفاء انفجاري فوق كل مرجل (69℃).

2- فوهة إطفاء حريق جدارية عند مدخل غرفة المراجل مع خرطوم بطول مناسب.

3- جهاز إطفاء يدوي (رغوي) (6)كغ أو (12) كغ على الأقل عدد (2).

4- أكياس رمل مناسبة حسب حجم غرف خزانات الوقود وتوضع طبعاً خارج الغرف الخاصة بالخزانات مع أجهزة الإطفاء.

كما يجب تجهيز الغرفة بشبكة إنذار مع حساسات دخانية وحرارية توضع في أماكن مناسبة من الغرفة .

الفصل الخامس

مبادئ تكييف الهواء

5-1-تمهيد :

تكييف الهواء عبارة عن معالجة الهواء الداخل إلى المباني لتأمين أفضل شروط صحية لراحة الجسم البشري، أو لتأمين شروط خاصة لأغراض صناعية معينة.

عملية معالجة الهواء تتم من خلال التحكم التام بالعوامل التالية في آن معاً.

5-2- تركيب الهواء:

الهواء مزيج غازي لأنواع مختلفة من الغازات (نتروجين، أوكسجين، بخار الماء، غازات نادرة، ثاني أوكسيد الكربون ...) ويعتبر الغازان : النيتروجين والأوكسجين المكونين الرئيسيين لهواء الأرض. وفي كثير من الحالات يمكن اعتبار الهواء الجواف مكون من (69%) نيتروجين و (21%) أوكسجين حجماً أو (76.8%) نيتروجين و (23.2%) أوكسجين وزناً.

يعتبر بخار الماء الموجود في الهواء، والذي تتغير نسبته فيه من مكان إلى آخر ومن زمن إلى آخر، من أهم العوامل التي تلعب دوراً كبيراً في عمليات تكييف الهواء. رغم أن النسبة الوزنية لبخار الماء في الهواء الجوي صغيرة جداً ولاتتجاوز (3%) . إلاّ أن هذه النسبة الضئيلة لها تأثير كبير على شعور الإنسان بالارتياح أو عدمه، كما أنها تؤثر بشكل كبير على معظم المواد الصناعية.

يتواجد بخار الماء في الهواء على شكل بخار محمص مشابه لأي غاز آخر غير مرئي، ولكن عندما يتم تبريد الهواء إلى درجة حرارة معينة تسمى نقطة الندى بأن بخار الماء الموجود في الهواء يبدأ بالتكاثف ويمكن عندئذ رؤيته على شكل ضباب، أو على شكل

قطرات ماء متوضعة على سطوح الأجسام الباردة، وهذا ما يعرف بالندى. تزداد إمكانية امتزاج بخار الماء بالهواء كلما ارتفعت درجة حرارة هذا الهواء.

يسمى العلم الذي يهتم بدراسة الخصائص الترموديناميكية للهواء الرطب (هواء مع بخار الماء) (psychometric). ويشمل هذا العلم قياس كمية الرطوبة كذلك تأثير رطوبة الجو على مختلف أنواع المواد وعلى شعور الإنسان بالارتياح أو عدمه.

3-5- تعاريف :

- درجة الحرارة الجافة (Dew point) : وهي درجة حرارة الهواء كما يسجلها ميزان الحرارة العادي. وعندما نذكر كلمة درجة حرارة الهواء دون أي تخصيص آخر فهي تعني دوماً درجة الحرارة الجافة للهواء.
- درجة الحرارة الرطبة (WBT): هي درجة حرارة الهواء المسجلة بواسطة ميزان حرارة زئبقي مستودعه مغطى بفتيلة قماشية مبللة بالماء ومعرضة لتيار من هواء متحرك بسرعة معينة. في هذه الحالة يتبخر الماء بنسبة ما يستطيع الهواء امتصاصه من البخار، آخذاً حرارة تبخره من المستودع الزئبقي ، فتنخفض درجة الحرارة المسجلة بالميزان عما كانت عليه قبل التبخر. فنحصل عندئذ على درجة الحرارة الرطبة للهواء.

إن الغرض الأساسي من قياس درجتي حرارة الهواء الجافة والرطبة هو التمكن من تعيين مقدار الرطوبة في الهواء، ويتم ذلك باستعمال معادلات حسابية أو جداول خاصة أو مخطط يسمى المخطط السايكرومتري.

يزداد الفرق بين درجتي الحرارة الجافة الرطبة كلما كان الهواء أكثر جفافاً، ويقل هذا الفرق كلما ازدادت رطوبة الهواء. تتساوى درجتا الحرارة الجافة والرطبة للهواء عندما يصبح الهواء مشبعاً ببخار الماء، أي عندما تصبح رطوبته النسبية (100%).

- درجة حرارة نقطة الندى (DPT) : هي درجة الحرارة التي يجب أن يبرد إليها الهواء حتى يبدأ بخار الماء الموجود فيه بالتكاثف. تقترب درجة حرارة نقطة الندى من درجة الحرارة الجافة للهواء كلما ازدادت رطوبته، وتتساوى هاتان الدرجتان وكذلك درجة الحرارة الجافة عندما يصبح الهواء مشبعاً ببخار الماء.
- الرطوبة النوعية (ϕ): هي كتلة بخار الماء الموجود في كيلوغرام واحد من الهواء الجاف، أو هي كتلة بخار الماء الموجود في مقدار معين من الهواء مقسوماً على كتلة الهواء الجاف العائد لهذا المقدار.

$$\phi = \frac{m_w}{m_a} \qquad (5\text{-}1)$$

بما أن وزن بخار الماء الموجود مع الهواء يكون صغيراً. لذا درجت العادة أن تقدر الرطوبة النوعية بواحدة (grm_w / kg_s)

- الرطوبة النسبية (RH) : الرطوبة النسبية هي نسبة كتلة بخار الماء الموجود فعلاً في مقدار معين من الهواء إلى كتلة بخار الماء اللازم لإشباع نفس كمية الهواء عند نفس درجة الحرارة. كما يمكن القول إن الرطوبة النسبية تساوي إلى النسبة بين الرطوبة النوعية الفعلية للهواء إلى الرطوبة النوعية للهواء المشبع عند درجة الحرارة ذاتها.

$$RH = \frac{m_w}{m_s} = \frac{\frac{m_w}{m_a}}{\frac{m_s}{m_a}} = \frac{\phi}{\phi_s} \qquad (5\text{-}2)$$

حيث:

m_w : كتلة بخار الماء الموجود فعلاً في الهواء.

m_s : كتلة بخار الماء الموجود في الهواء المشبع.

m_a : كتلة الهواء الجاف .

ϕ_s: الرطوبة النوعية للهواء المشبع.

- كمية الحرارة في الهواء الرطب : (انتالبي الهواء الرطب) (h): وتمثل كمية الحرارة لواحدة الوزن للهواء الجاف مضافاً إليها كمية الحرارة التي يحملها بخار الماء الممزوج مع هذا الهواء وتقدر كمية الحرارة بواحدة [kJ/kg)].

5-4- مخطط الارتباح (Psychometric chart) السايكومتري:

على هذا المخطط يمكن تحديد خواص الهواء (درجة حرارته الجافة، الرطوبة، نقطة الندى، الرطوبة النوعية، الرطوبة النسبية، الحجم النوعي، الانتالبي). يكفي لتحديد النقطة الممثلة لهواء معين معرفة خاصتين من الخواص السابقة، ومن ثم من المخطط نحدد بقية الخواص مباشرة. شكل (1-5).

1- رطوبة الهواء النوعية، 2- انتالبي الهواء، 3- الرطوبة النسبية، 4- درجة حرارة نقطة الندى، الحجم النوعي.

مثال (1) :

هواء رطب درجة حرارته الجافة (25℃) ودرجة حرارته الرطبة (20℃) أوجد مستعيناً بالمخطط السايكرومتري.

الحل:

تقاطع الخط الشاقولي الممثل لدرجة الحرارة الجافة (25℃) مع الخط المائل الممثل لدرجة الحرارة الرطبة (20℃).

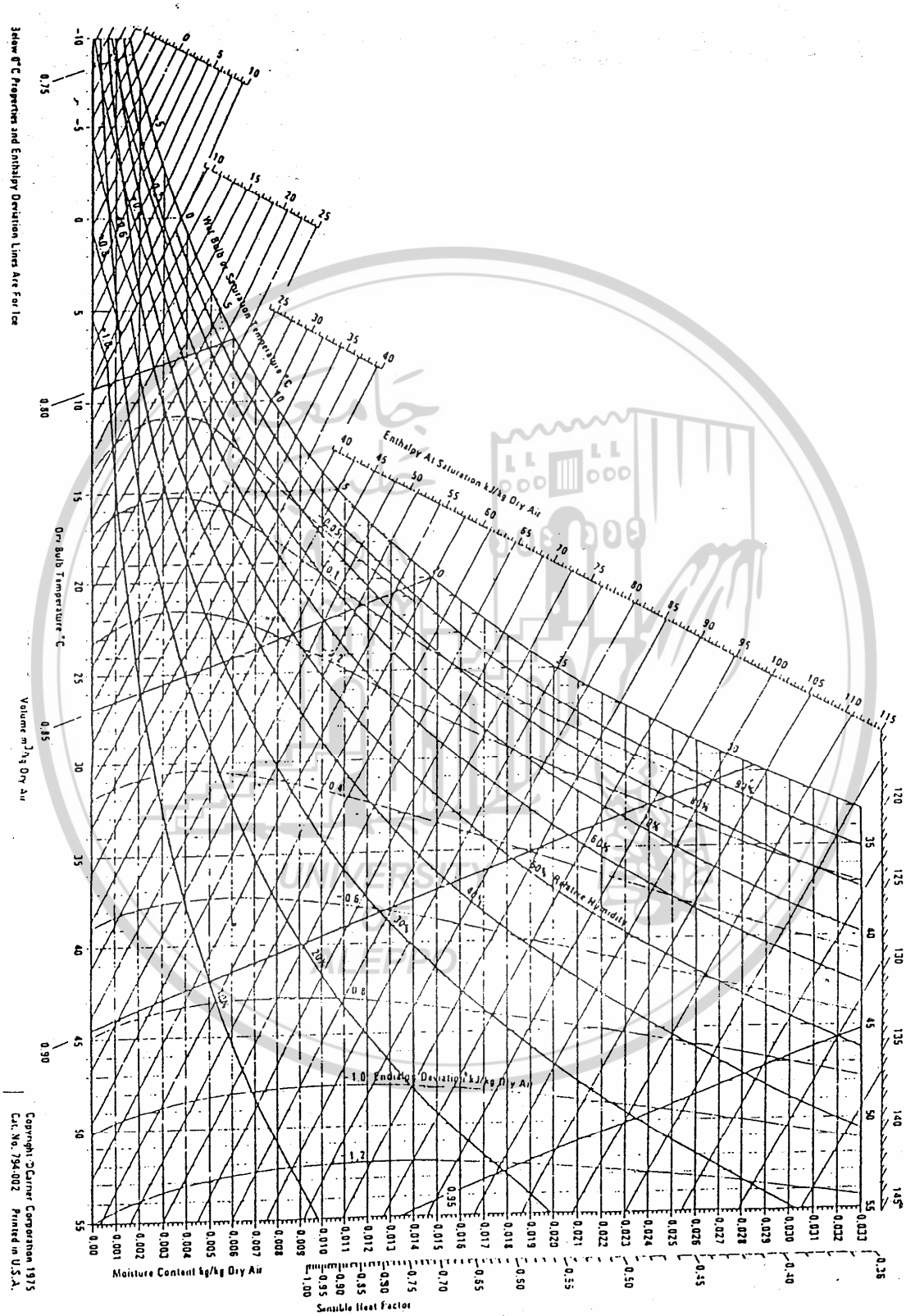
1- بعد تحديد النقطة نقرأ على الخطوط الأفقية قيمة الرطوبة النوعية للهواء وتعادل 12.5 g_w/kga.

2- على خطوط الانتالبي يمكن إيجاد مقدار انتالبي الهواء ويساوي [kJ/kg] 56.1.

3- على منحنيات الرطوبة النسبية يمكن إيجاد مقدار الرطوبة النسبية للهواء وهي63%.

4- تقاطع الخط الأفقي مع منحني الإشباع يعطينا درجة حرارة نقطة الندى 17.5℃.

5- الحجم النوعي للهواء يساوي $0.862 m^3/kg$.



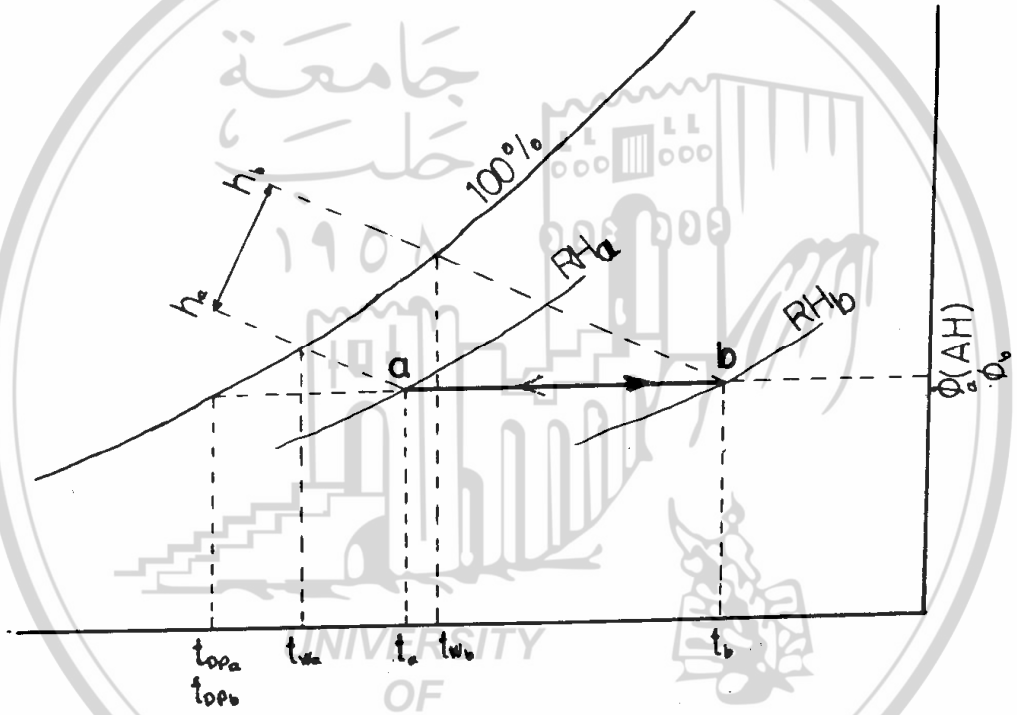
الشكل (1-5) المخطط السايكرومتري

4-5- عمليات الارتياح (psychometric process) :

تسمى العمليات الترموديناميكية التي تقع على الهواء الرطب بالعمليات السايكرومترية . وهي تمثل غالباً تغيرات في حالتي الهواء وبخار الماء الممزوج معه.

ويمكن عادة تحليل هذه العمليات وتمثيلها بشكل ملائم وواضح على المخطط السايكرومتري.

1-5-5- عملية التسخين أو التبريد المحسوس. شكل (2-5).



الشكل (2-5)

- التسخين المحسوس : هو عملية تسخين الهواء دون تغيير في رطوبته النوعية، ويمكن تمثيل هذه العملية على المخطط السايكرومتري بخط أفقي (الخط a-b).

وتتم عملية التسخين أو التبريد المحسوس عند درجة حرارة نقطة ندى ثابتة.

يمكن تسخين الهواء تسخيناً محسوساً بتمريره على سطوح جافة درجة حرارتها أعلى من درجة الحرارة الجافة للهواء. تظل خلال هذه العملية الرطوبة النوعية للهواء ثابتة ولكن ترتفع درجة حرارته الجافة وتقترب من درجة حرارة سطوح التسخين. كما

تزداد في هذه العملية – كما نلاحظ على المخطط – قيمة انتالبي الهـواء وترتفـع درجـة حرارته الرطبة. بينما تنخفض رطوبته النسبية رغم عدم تغيير رطوبته النوعية.

يمكن حساب كمية الحرارة المضافة للهواء خلال هذه العملية مباشرة مـن معرفـة انتالبي الهواء قبل وبعد العملية:

$$Q = h_b - h_s \qquad [kJ/kg] \qquad (5\text{-}3)$$

يمكن تبريد الهواء تبريداً محسوساً بتمريره فوق سطوح باردة درجة حرارتهـا أقـل من درجة الحرارة الجافة للهواء، ولكنها أعلى من درجة حرارة نقطة الندى للـهواء. كـي لايحدث تكاثف لبعض بخار الماء الممـزوج مـع الهـواء. وهـذه العمليـة معاكـسة لعمليـة التسخين المحسوس، تبقى خـلال هـذه العمليـة الرطوبـة النوعيـة للـهواء ثابتـة بينمـا تنخفض درجة حرارته الجافة مقتربة من درجة حرارة السطوح البـاردة. في هـذه العمليـة تقل قيمة انتالبي الهواء وتنخفض درجة حرارته الرطبة، بينما تزداد رطوبته النسبية.

مثال (2):

ما هي كمية الحرارة اللازمة لتسخين هواء رطب وزنه واحد كيلـوغرام تـسخيناً محسوساً من درجة الحرارة الجافة (25C̊) ورطوبة نسبية (63%) إلى درجة الحرارة الجافـة (50˚)، وأوجد كذلك مقدار تغير رطوبته النسبية.

الحل:

من مخطط الارتياح نجد:

انتالبي الهواء قبل العملية $h_a = 56.5 kJ/kg$

انتالبي الهواء بعد العملية $h_b = 80.8 kJ/kg$

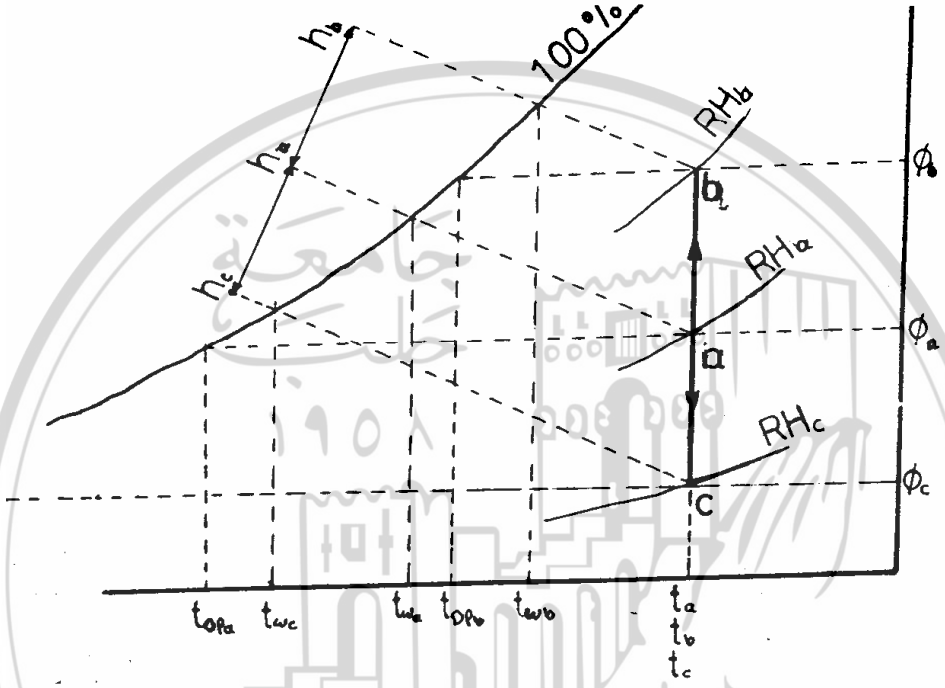
كمية الحرارة اللازمة لتسخين الهواء :

$$Q = h_b - h_a = 80.8 - 56.5 = 24.3 kJ/kg$$

أما الرطوبة النسبية للهواء فقد تغيرت من 63% إلى 16%.

5-5-2- عملية الترطيب أو التجفيف تحت درجة حرارة جافة ثابتة : (شكل 3-5):

يمكن تمثيل هاتين العمليتين على مخطط الارتياح بخط شاقولي متجهاً إلى الأعلى من أجل عملية الترطيب (الخط a-b)، ومتجهاً إلى الأسفل من أجل عملية التجفيف (الخط a-c).



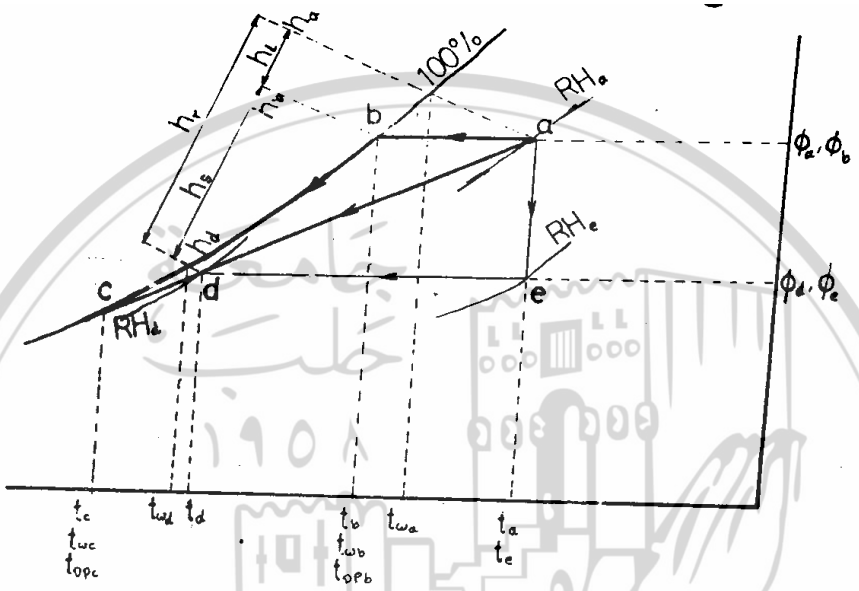
الشكل (3-5) **تمثيل عملية الترطيب أو التجفيف تحت درجة حرارة جافة ثابتة**

في عملية الترطيب تحت درجة حرارة جافة ثابتة للهواء تزداد قيمة كل من خواصه التالية: رطوبته النوعية، رطوبته النسبية، درجة حرارته الرطبة، درجة حرارة نقطة الندى إضافة إلى ازدياد قيمة انتالبي الهواء بالرغم من عدم تسخينه، وذلك نتيجة لكمية الحرارة الموجودة في بخار الماء المضاف إلى الهواء، لذا يقال إن الهواء اكتسب في هذه العملية حرارة كامنة. أما عملية التجفيف فهي عملية معاكسة تماماً للعملية السابقة ويخسر فيها حرارة كامنة.

5-5-3- عملية تبريد الهواء مع تجفيفه : شكل (5-4):

إذا مرر هواء فوق سطح بارد درجة حرارته أقل من درجة حرارة نقطة ندى الهواء فإنه يبرد أولاً وتنخفض درجة حرارته الجافة حتى تصل إلى درجة حرارة نقطة الندى

ويصبح عندئذ الهواء مشبعاً، وباستمرار التبريد يبدأ بخار الماء الموجود في الهواء بالتكاثف على السطح البارد، وتتابع درجة حرارة الهواء الجافة بالانخفاض حتى تصل إلى درجة حرارة السطح البارد، وتكون نتيجة هذه العملية هي تبريد الهواء مع تكثيف قسم من بخار الماء الممزوج معه أي تجفيفه.



الشكل (4-5) عملية تبريد الهواء مع التجفيف

تمثل النقطة (a) الحالة الابتدائية للهواء، كما تمثل النقطة (c) الواقعة على خط منحني الإشباع حالته النهائية، حيث تبلغ درجة حرارته الجافة درجة حرارة سطح التبريد، ويصبح الهواء عندئذ هواء مشبعاً ببخار الماء. يبرد الهواء أولاً دون أن تتغير رطوبته النوعية حتى يصل إلى النقطة (b) التي تمثل درجة حرارة نقطة ندى الهواء الابتدائية، فيصبح هواء مشبعاً، ثم يبتدئ بالسير على منحني خط الإشباع حتى يصل إلى النقطة (c) التي تمثل درجة حرارة سطح التبريد، ويفقد الهواء خلال هذا المسار بعضاً من بخار الماء الممزوج به كما تنخفض درجة حرارته الجافة والرطبة.

عملياً لايمكن تمرير كل ذرات الهواء فوق سطح التبريد، إنما يمر الجزء الأكبر منه فوق هذا السطح ويخرج بالحالة (c)، أما الجزء الباقي فيمكن أن يخرج دون أن يلامس سطح التبريد، ويبقى بالتالي على حالته الابتدائية (a)، وفي النهاية يمتزج القسمان

بعضهما مع البعض، ويخرج الهواء من جهاز التبريد بحالة نهائية (d)، التي تقع على الخط الواصل بين (a) و (c) . ويمكن اعتبار المسار الفعلي للهواء هو الخط (ad).

تزداد النقطة (d) اقتراباً من النقطة (c) كلما كانت العملية أكثر مثالية وكانت فعالية جهاز التبريد أعلى.

يمكن القيام بعملية تبريد وتجفيف الهواء إما بتمريره فوق سطح ملفات مبردة، أو بتمريره ضمن حجرات خاصة يرش فيها ماء مبردٌ ، وتعرف هذه الأجهزة باسم غاسلات الهواء، تدعى درجة حرارة سطوح ملفات التبريد بنقطة ندى الجهاز.

تدعى نسبة الفرق بين درجتي حرارة الهواء عند دخوله وعند خروجه من الجهاز إلى الفرق بين درجة حرارة الهواء عند دخوله ودرجة حرارة ملفات التبريد بمردود الجهاز أي:

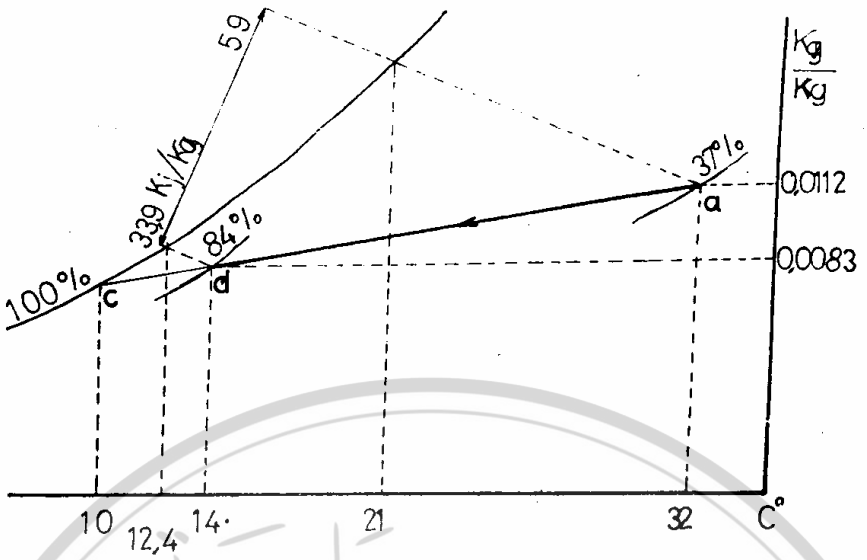
$$\eta_{Ap} = \frac{t_a - t_d}{t_a - t_c} \qquad (5\text{-}4)$$

وكلما ارتفع مردود الجهاز اقترب عمله من الكمال وخرج الهواء بدرجة حرارة أقرب إلى درجة حرارة ملفات التبريد.

مثال (3):

الشكل (5-5) .

مرر هواء شروطه الابتدائية (32/21℃) فوق ملفات تبريد درجة حرارتها الفعلية (10℃)، فخرج الهواء بدرجة حرارة (14℃) أوجد :



الشكل (5-5)

1- درجة الحرارة الرطبة للهواء عند خروجه،

2- مردود الجهاز،

3- وزن الرطوبة المتكاثفة،

4- مقدار الحرارة الكلية الممتصة من قبل الملفات.

الحل:

1- من مخطط الارتياح نجد أن درجة الحرارة الرطبة للهواء عند خروجه من الجهاز ($t_{wd} = 12.4^{\circ}C$).

2- مردود الجهاز :

$$\eta_{Ap} = \frac{t_a - t_d}{t_a - t_c} = \frac{32-14}{32-10} \Rightarrow \eta_{Ap} = \%81.82$$

3- من مخطط الارتياح نجد :

$$\phi_d = 0.0083 \frac{kg_v}{kg_a} \ , \ \phi_a = 0.0112 \frac{kg_v}{kg_a}$$

وزن الرطوبة المتكاثفة يمثل الفرق بين الرطوبة النوعية للهواء عند دخوله والرطوبة النوعية للهواء عند خروجه من الجهاز :

$$\Delta\phi = \phi_a - \phi_d = 0.0112 - 0.0083 = 0.0029\,kg_v / kg_a$$

4- مقدار الحرارة الممتصة من قبل الملفات :

$$Q = h_a = h_d = 59 - 33.9 = 25.1 \quad kJ/kg$$

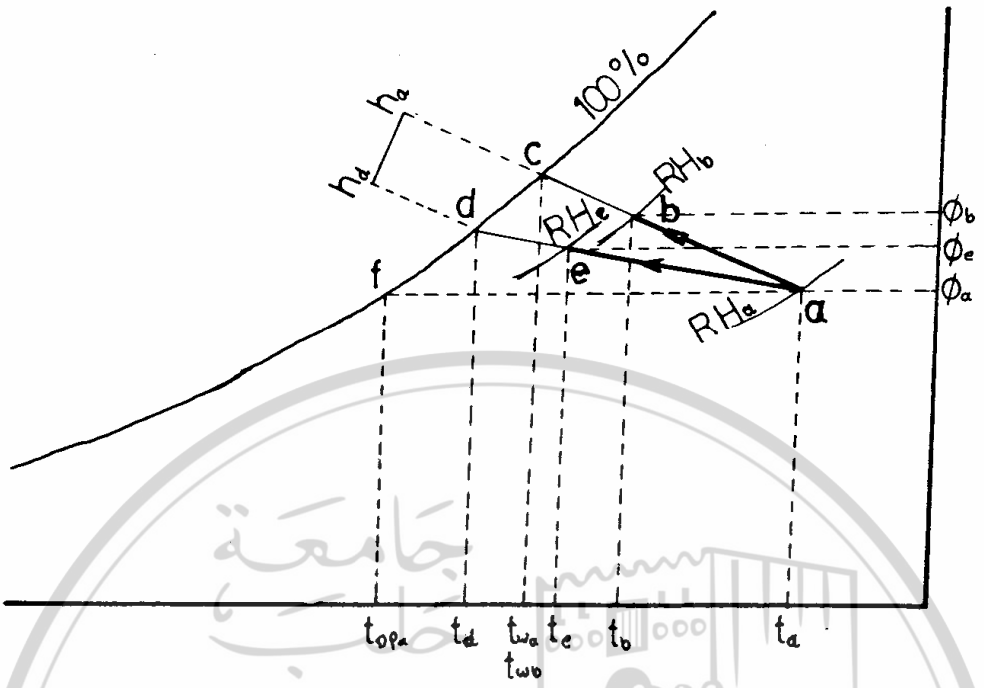
5-5-4- عملية تبريد الهواء مع ترطيبه:

يمكن تبريد الهواء وترطيبه بآن واحد بتمريره ضمن جهاز يسمى غاسل الهواء، وهو عبارة عن حجرة يمر عبرها الهواء وتحتوي على رشاشات ترش الماء بشكل متعامد مع حركة الهواء. يُعاد في هذه الحالة رش الماء بشكل مستمر دون تبريد أو تسخين، وتساوي درجة حرارته لدرجة حرارة الهواء الرطبة عند دخوله.

عندما يمر هواء غير مشبع عبر رذاذ من الماء درجة حرارته تعادل درجة الحرارة الرطبة للهواء فإن رطوبته النوعية تزداد بينما تنخفض درجة حرارته الجافة. كثيراً ما يطلق على هذه العملية اسم " التبريد بالتبخر " التي تستعمل كثيراً في المناطق الحارة الجافة لتبريد الهواء بوساطة الماء العادي.

إن هذه العملية تجري تحت درجة حرارة رطبة ثابتة، وتمثل على مخطط الحالة بخط مستقيم على خط درجة الحرارة للهواء الابتدائي (الخط a-b) . يمكن اعتبار أن هذه العملية تتم دون تغير يذكر بانتالبي الهواء . شكل (5-6).

تمثل النقطة (a) شروط الهواء الابتدائية والنقطة (b) شروطه النهائية، وتمثل النقطة (c) درجة حرارة الماء المساوية لدرجة الحرارة الرطبة للهواء الابتدائي. نجد من المخطط أن درجة الحرارة الجافة للهواء قد انخفضت من (ta إلى tb) . إذا وجد تماس كاف وفعال بين الهواء وذرات الماء فإن الهواء يخرج من الجهاز مشبعاً ببخار الماء وقريب جداً من شروط النقطة (c).



الشكل (5-6) عملية تبريد مع ترطيب

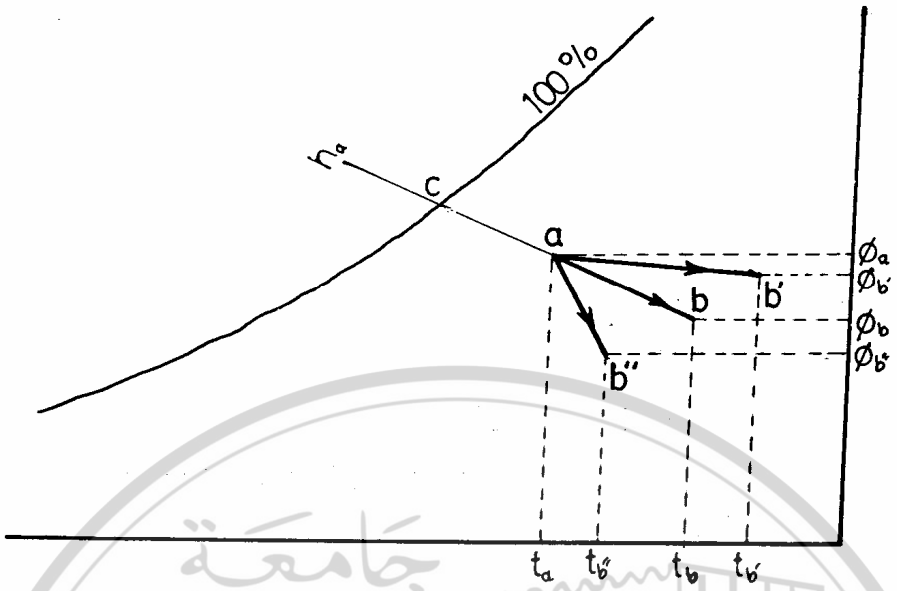
مردود الجهاز هو النسبة بين الهبوط الفعلي لدرجة الحرارة الجافة للهواء إلى الهبوط النظري الذي يمكن أن يحدث في جهاز مثالي.

$$\eta_{Ap} = \frac{t_a - t_b}{t_a - t_c} \qquad (5\text{-}5)$$

أما إذا تم تبريد الماء إلى درجة حرارة أقل من درجة الحرارة الرطبة للهواء الداخل ولكن أعلى من درجة حرارة نقطة نداه (f)، فإن العملية تسير عندئذ على الخط (a-d) حيث تمثل النقطة (d) درجة حرارة الماء المبرد، ويلاحظ هنا أن الهواء قد ازداد تبريده مع ترطيب أقل (النقطة c). تشكل مياه الآبار مصدراً مناسباً للماء المبرد.

5-5-5- عملية تسخين الهواء مع تجفيفه : شكل (5-7)

يمكن إجراء عملية تسخين الهواء مع تجفيفه بتمريره فوق سطح مغطاة بمادة ممتصة للرطوبة، فيتكاثف بخار الماء الموجود في الهواء وتمتصه هذه المادة على شكل ماء. ونتيجة لتكاثف بخار الماء تتحرر حرارة التبخر الكامنة وتنطلق في الهواء فتؤدي إلى تسخينه ورفع درجة حرارته الجافة.



الشكل (7-5)

تعتبر هذه العملية عكس عملية الإشباع الكظيم (الأديباتي) ، حيث تتم دون تغيير بانتالبي الهواء، ويمكن تمثيلها على مخطط الارتياح بالخط (a-b) المتطبق على خط الانتالبي الثابت.

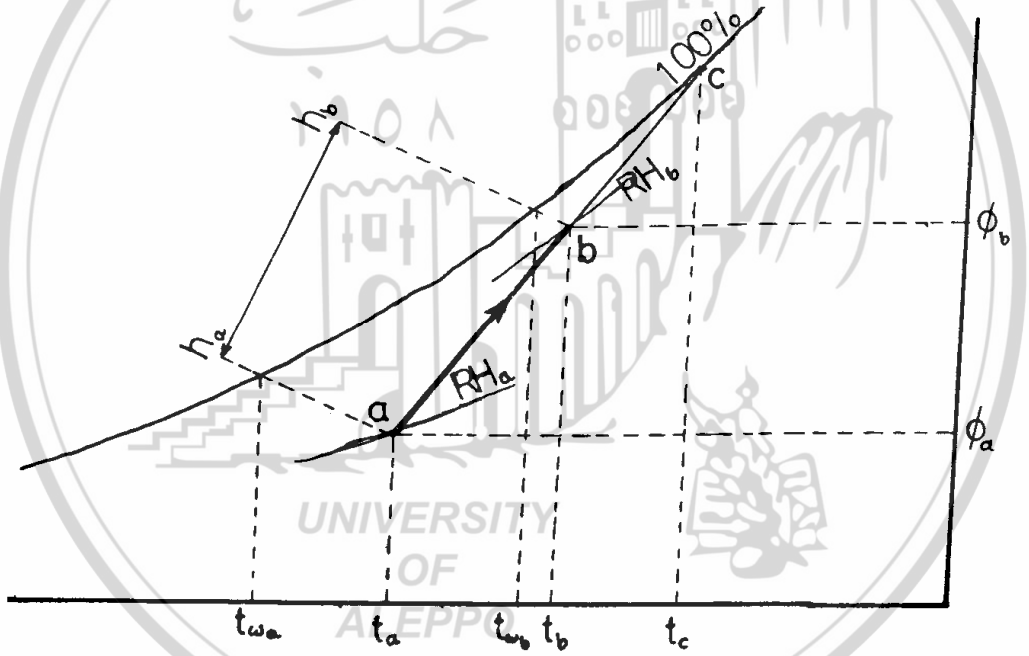
يصاحب عادة هذه العملية تفاعلات كيميائية بين الماء الممتص والمادة الماصة، مما يؤدي إما إلى توليد حرارة أو امتصاص حرارة حسب المادة المستعملة المتفاعلة مع بخار الماء. لذا يقع عندئذ مسار هذه العملية إما فوق أو تحت خط الانتالبي الثابت، ويخرج الهواء إما عند النقطة (b') إذا تولدت حرارة أو عند النقطة (b") إذا امتصت حرارة. يوجد عدة مواد كيميائية يمكن استعمالها لتنشيف الهواء مثل هلام السيليكا، الألومينا النشطة، محاليل بعض الأملاح اللاعضوية أو بعض المركبات العضوية مثل غليكول الاثيلين.

5-5-6- عملية تسخين الهواء مع ترطيبه:

يمكن تسخين الهواء مع ترطيبه بتمريره عبر رذاذ من الماء الساخن في جهاز غاسل الهواء ويجب في هذه الحالة تسخين الماء بشكل مستمر حتى يتم التعويض عن الحرارة الكامنة اللازمة لتبخر الماء والحرارة المحسوسة اللازمة لتسخين الهواء.

تهبط درجة الماء بعد تمريره وملامسته للهواء، إذ يتخلى عن قسم من حرارته للهواء من أجل تسخينه، كما يفقد قسماً آخر منها بسبب تبخر جزء منه، لذا يجب تعويض الحرارة التي يفقدها باستمرار بوساطة مسخن خاص. شكل (8-5).

تمثل النقطة (a) حالة الهواء الابتدائية قبل دخوله إلى الغاسل، والنقطة (c) تمثل حالته النهائية عند خروجه من الجهاز، أما النقطة (d) فتمثل درجة حرارة الماء عند مغادرته حجرة الترطيب لإعادة تسخينه. يتوقف موقع النقطة (b) على الخط (a-c) على مواصفات وطريقة إنشاء غاسل الهواء، وبصورة عامة كلما ازداد زمن تلامس ا لهواء مع الماء الساخن كلما ازداد اقتراب النقطة (b) من النقطة (c).

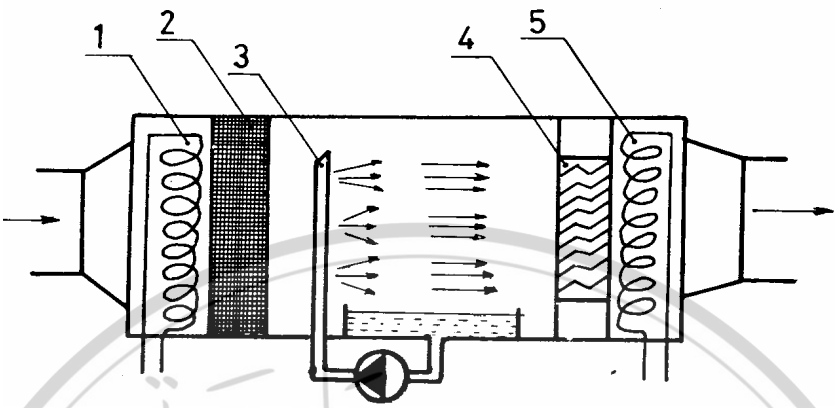


الشكل (8-5) **عملية تسخين مع ترطيب**

5-5-7- تسخين الهواء بالملفات وترطيبه بالغاسل:

يمر الهواء عبر ملف التسخين الأول الموجود في مدخل الجهاز فترتفع درجة حرارته، ويتابع حركته عبر غاسل الهواء فيترطب. وأخيراً يسخن ثانية إلى درجة الحرارة المطلوبة بوساطة ملف التسخين الثاني.

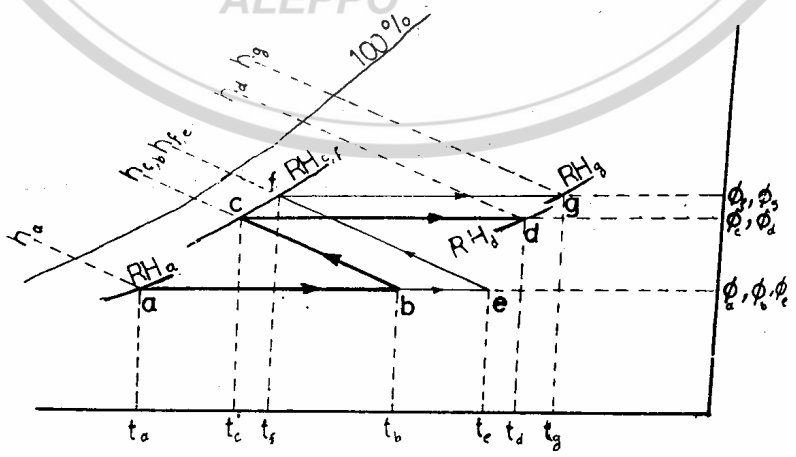
يمكن تتبع التغيرات السايكومترية التي تطرأ على الهواء خلال مروره ضمن هذا الجهاز بوساطة المخطط السايكومتري. شكل (9-5).



الشكل (9-5) جهاز تكييف الهواء

1- مسخن أول، 2- مصفاة هواء، 3- مرطب، 4- فاصل قطرات الماء من الهواء، 5- مسخن ثاني.

تمثل النقطة (a) شروط الهواء عند دخوله إلى الجهاز قبل أن يمر على ملف التسخين الأول. لدى مرور الهواء خلال هذا الملف فإنه يسخن تسخيناً محسوساً. أي دون تغيير في رطوبته النوعية، ويخرج من الملف عند النقطة (b). عند مرور الهواء ضمن الغاسل يمر بعملية ترطيب أديباتية، حيث يخرج منه بدرجة حرارة أقل وبرطوبة نوعية أعلى، وتسير هذه العملية على خط درجة الحرارة الرطبة الثابتة حتى بلوغ النقطة (c). ثم يمر الهواء خلال ملف التسخين الثاني فيسخن إلى درجة الحرارة المطلوبة ويخرج من الجهاز عند النقطة (d). شكل (10-5).



الشكل (10-5)

ميزة هذه الطريقة أنه يمكن الحصول على هواء عند أية شروط لازمة، إذ يمكن مثلاً – برفع درجة حرارة ملف التسخين الأول – أن تصل النقطة (b) إلى النقطة (e)، فتنتقل النقطة (c) تلقائياً إلى (f) والنقطة (d) إلى (g). ونحصل بالتالي على هواء ذي رطوبة نوعية أعلى عند نفس درجة الحرارة. أما إذا رفعنا درجة حرارة ملف التسخين الثاني فيمكن رفع درجة حرارة الهواء مع المحافظة على رطوبته النوعية.

5-6- مزج الهواء :

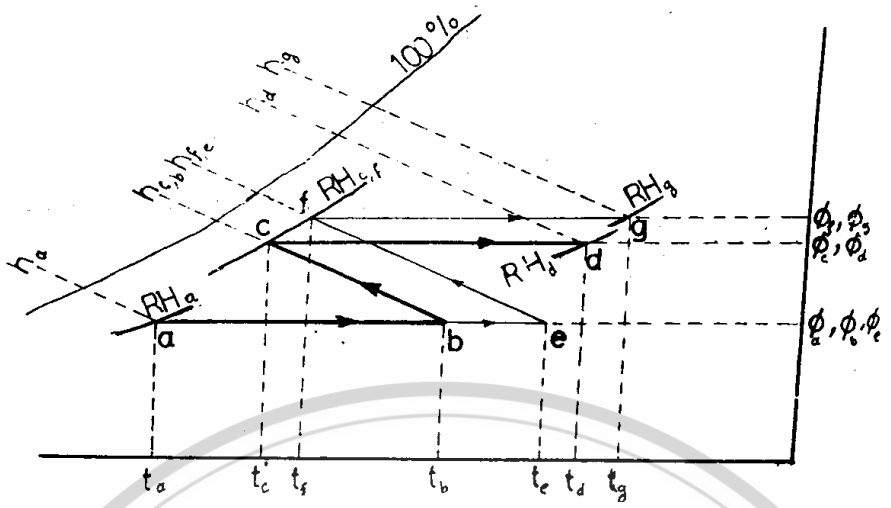
يمكن استخدام المخطط السايكومتري لإيجاد شروط الهواء الناتج عن مزج كميتين من الهواء المختلفتي الشروط آتيتين من مصدرين مختلفين.

كثيراً ما يكون من الضروري في مسائل تكييف الهواء إيجاد شروط الهواء عند ملفات التبريد الناتج عن مزج كمية معينة من الهواء الخارجي مع كمية أخرى من هواء عائد من الغرفة المكيفة حيث يتم بعدئذ تبريده بوساطة ملفات التبريد إلى الشروط المطلوبة.

تتم عادة عملية المزج هذه بشكل كظيم دون تبادل حرارة أو رطوبة مع المحيط الخارجي. ويمكن تمثيلها على مخطط الارتياح (السايكومتري) كما في الشكل (11-5) بفرض أن النقطة (O) تمثل شروط الهواء الخارجي، بينما تمثل النقطة (R) شروط الهواء العائد من الغرفة المكيفة. فإذا رسمنا خطاً مستقيماً يصل النقطتين (R,O) فإن النقطة (M) التي تمثل المزيج ستقع على هذا المستقيم بين النقطتين (R,O).

ويتوقف مكان هذه النقطة على نسبة ما يرد من الهواء من كل مصدر من المصدرين المكونين للمزيج.

يمكن البرهان على أن موقع النقطة (M) الممثلة للمزيج يقسم المسافة (OR) إلى قسمين متناسبين عكساً مع وزني الهواء المشتركين بعملية المزج. وتكون النقطة (M) أقرب إلى النقطة الممثلة للهواء الذي يشكل النسبة الأكبر في المزيج.



الشكل (11-5) **عملية مزج الهواء**

من السهل تعيين موقع النقطة (M) على الخط (OR) بإيجاد درجة الحرارة الجافة للمزيج وذلك بتطبيق القانون البسيط التالي:

$$t_M = w_o.t_o + w_R.t_R \qquad (5\text{-}6)$$

حيث:

(t_M) : درجة الحرارة الجافة للمزيج.

(w_o) : النسبة الوزنية للهواء الخارجي في المزيج.

(t_o) : درجة الحرارة الجافة للهواء الخارجي.

(w_R) : النسبة الوزنية للهواء العائد في المزيج.

(t_R) : درجة الحرارة الجافة للهواء العائد.

وتقع النقطة (M) عند تقاطع الخط الشاقولي الممثل لدرجة حرارة المزيج (t_M) مع الخط (O_R).

عندما تكون كميات الهواء المشتركة بالمزيج معروفة بأحجامها بدلاً من أوزانها، فيمكن بتقريب مقبول استعمال النسب الحجمية بدلاً من النسب الوزنية لحساب درجة حرارة المزيج. أي:

$$t_M = V_o.t_o + V_R.t_R \qquad (5\text{-}7)$$

حيث :

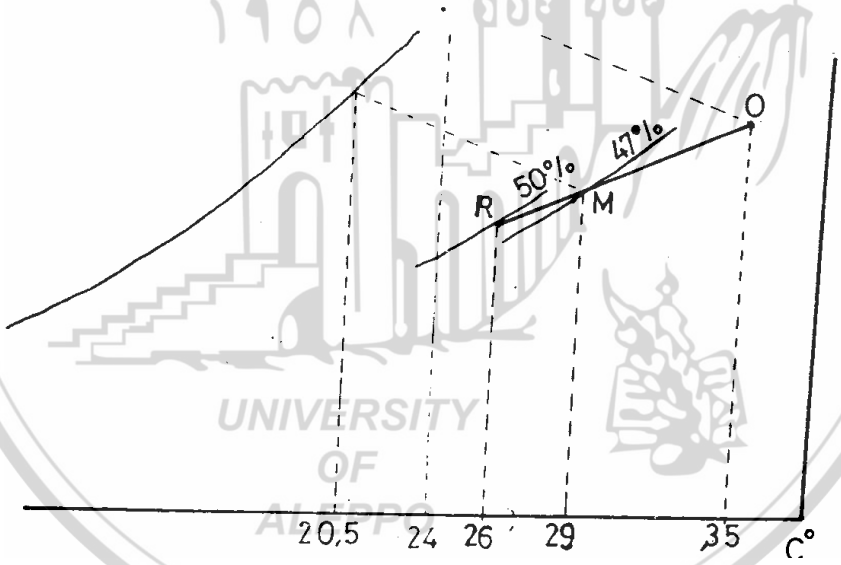
(V_o) : النسبة الحجمية للهواء الخارجي في المزيج.

(V_R) : النسبة الحجمية للهواء العائد في المزيج.

والتقريب في هذه الحالة ناتج عن اختلاف كثافة الهواءين، علماً أنه في معظم حالات المزج في مسائل تكييف الهواء يكون الاختلاف في الكثافة طفيفاً.

مثال (4):

مزج هواء خارجي شروطه (35/24C̊) بهواء عائد من الغرفة المكيفة شروطه (26C̊ و 50%) ، يتكون المزيج بنسبة ثلث واحد من الهواء الخارجي وثلثين من الهواء العائد. أو وجود شروط الهواء الناتج عن هذا المزج. شكل (12-5).



الشكل (12-5)

الحل:

درجة حرارة المزيج:

$$t_M = \frac{1}{3}\times 35 + \frac{2}{3}\times 26 = 39^oC$$

بعد تعيين موقع النقطة (M) على المخطط السايكرومتري نجد أن : درجة الحرارة الجافة للمزيج (tw_M = 20.5C̊) ورطوبته النسبية (47%).

مثال (5):

غرفة مكيفة شروطها (27̊C و 50% رطوبة نسبية) ، يغادر الهواء المبرد ملفات التبريد عند الشروط (10̊C و 90% رطوبة نسبية)، فإذا تم مزج $\left(4500m^3/h\right)$من الهواء العائد مع $\left(12500m^3/h\right)$ من الهواء المبرد. أوجد شروط هذا المزيج. شكل (5-13).

الحل:

نسبة الهواء العائد في المزيج (حجماً) :

$$V_R = \frac{4500}{4500+12500}100 = \%26.47$$

نسبة الهواء المبرد في المزيج (حجماً):

$$V_c = \frac{12500}{4500+12500}100 = \%7353$$

أو :

$$100 - 26.7 = \%73.53$$

درجة حرارة المزيج :

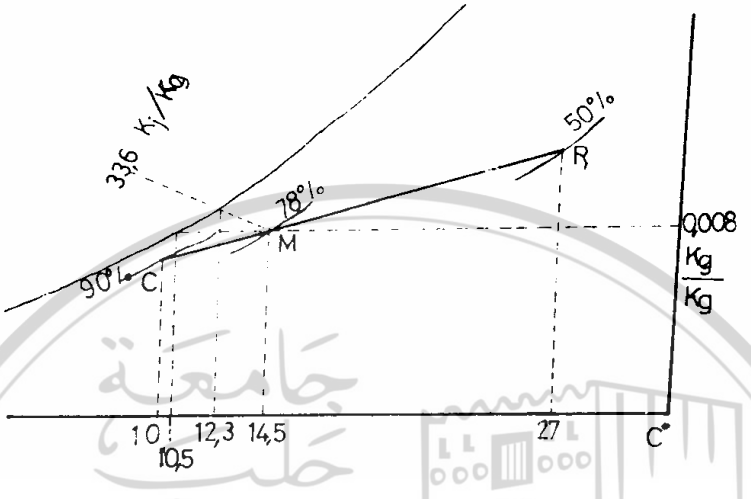
$$t_M = V_R.t_R + V_c.t_c = 0.2647\times 27 + 0.7353\times 10 = 14.5^oC$$

بعد تحديد موقع النقطة (M) نجد درجة حرارتها الرطبة ($tw_M = 12.3̊C$) والرطوبة النسبية (78%) .

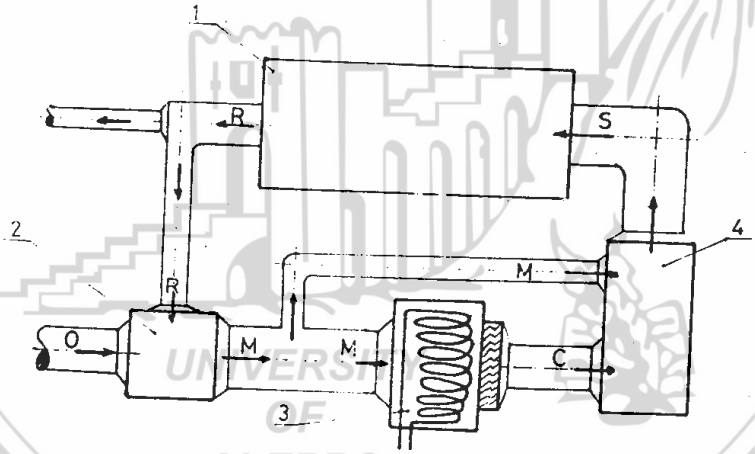
$$h_m = 33.6kJ/kg,\ D.P.T_m = 10.5^oC\ \phi = 0.008kg/kg$$

كثيراً ما نصادف في بعض مسائل تكييف الهواء أن قسماً من المزيج الناتج عن الهواء الخارجي والهواء العائد لايمر بأجهزة التبريد. وإنما يمرر بطريق جانبي حيث يختلط ثانية بعد هذه الأجهزة بقسم المزيج المار ضمنها. ففي هذه الحالات يمتزج الهواء الخارجي مع الهواء العائد ضمن حجرة مزج خاصة قبل ملفات التبريد، ثم يمر قسم من هذا المزيج

خلال ملفات التبريد والقسم الآخر يمر بطريق جانبي خارج الملفات، ثم يمتزجان بعد ذلك وقبل دخولهما إلى الغرفة المكيفة، كما هو موضح بالشكل (14-5).



الشكل (13-5)



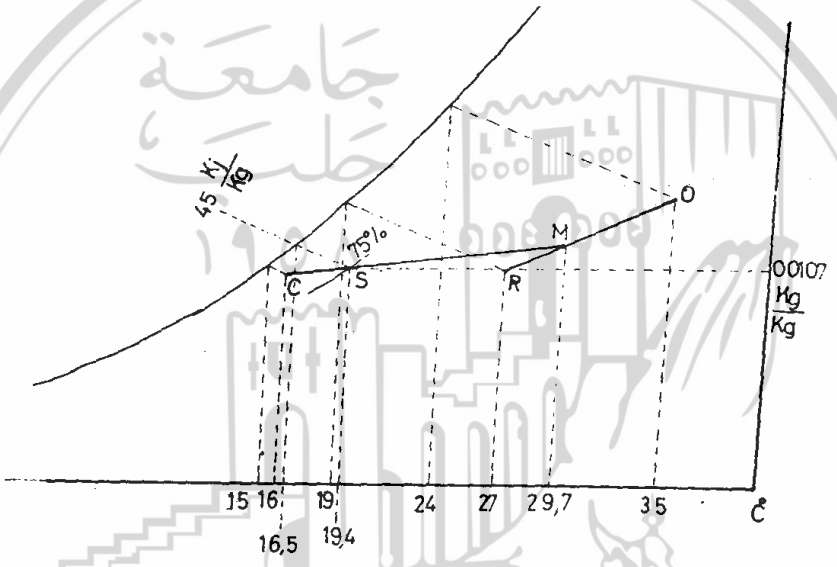
الشكل (14-5)

1- الغرفة المكيفة، 2- حجرة المزج الاقتصادي، 3- ملفات التبريد، 4- حجرة المزج الصحي، R) الهواء العائد، O) الهواء الخارجي، M) مزيج الهواء، C) الهواء الخارج من ملفات التبريد، S) الهواء الداخل إلى الغرفة

يوضح المثال التالي الطريقة المستعملة لإيجاد الشروط النهائية للمزيج المؤلف من هواء خارجي وهواء عائد مع تبريد قسم فقد من المزيج وتحديد القسم الآخر دون تبريد.

مثال (6):

يمزج مقدار $\left(5000m^3/h\right)$ من هواء خارجي شروطه (35/24℃) مع $\left(10000m^3/h\right)$ من هواء عائد من غرفة مكيفة شروطه (27/19℃) ، يمرر (75%) من هذا المزيج خلال ملفات التبريد، ويمر الباقي عن طريق جانبي خارج الملفات. يترك الهواء المبرد ملفات التبريد عند الشروط التالية (16/15℃). أوجد الشروط النهائية للهواء قبل دخوله الغرفة المكيفة. الشكل (15-5).



الشكل (15-5)

الحل:

يمكن تمثيل هذه المسألة على المخطط السايكرومتري كما في الشكل، حيث تمثل النقطة (O) شروط الهواء الخارجي، والنقطة (R) شروط الهواء العائد من الغرفة المكيفة.

نسبة الهواء الخارجي في المزيج (حجماً)

$$V_a = \frac{5000}{5000+10000}.100 = \%33.3$$

نسبة الهواء العائد في المزيج (حجماً)

$$V_R = \frac{1000}{5000+10000}.100 = \%66.7$$

درجة الحرارة الجافة للمزيج:

$$t_M = V_o.t_o + V_R.T_R = 0.333\times 35 + 0.667\times 27 = 29.7^oC$$

ويمكن الآن تحديد موقع النقطة (M) على مخطط الارتياح (السايكرومتري) .

درجة الحرارة الجافة للهواء قبل دخوله إلى الغرفة المكيفة:

$$t_s = 0.75\times 16 + 0.25\times 29.7 = 19.4^oC$$

ومن المخطط وبعد تحديد درجة الحرارة الرطبة للهواء النهائي قبل دخوله إلى الغرفة المكيفة فنجد أن $t_{ws} = 15.8^oC$ والرطوبة النسبية 75%، والرطوبة النوعية :

$\phi = 0.0107kg/kg$ ، والانتالبي $\left(3,86.10^{26}W\right)$

UNIVERSITY OF ALEPPO

جامعة حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفصل السادس

استخدام الطاقة الشمسية في التدفئة والتكييف

تمهيد :

تعتبر طاقة الإشعاعات الشمسية من أكثر مصادر الطاقة نظافة وحماية للبيئة، إضافة لكونها طاقة هائلة بحيث الاستطاعة الإجمالية للإشعاعات الشمسية تبلغ $\left(3,86.10^{26}\,W\right)$ رغم أن ما يصل إلى جو الأرض هو جزء بسيط لايتعدى $\left(1,75.10^{17}\,W\right)$ ، فهذا يعادل أكثر من (6000) مرة من الطاقة المستهلكة على سطح الأرض في عام (1990). فعلى سبيل المثال فإن بناء محطة شمسية في الصحراء الإفريقية بقطر (1100 كم) ومردود (3.3%) تكفي لتأمين كل احتياجات العالم من الطاقة.

1-6- الإشعاعات الشمسية:

تصدر الشمس طاقتها على شكل أمواج كهرومغناطيسية بأطوال مختلفة ضمن المجال [0.1-10μm] . حوالي (47.3%) منها تقع ضمن الطيف المرئي بأطوال موجة بين (0.35-0.75μm) . وحوالي (7%) تقع ضمن مجال الأشعة فوق البنفسجية ذات أطوال موجة أقل من (0.35μm) . وما تبقى أي حوالي (45.7%) على شكل أشعة تحت الحمراء بأطوال موجة أكبر من (0.75μm).

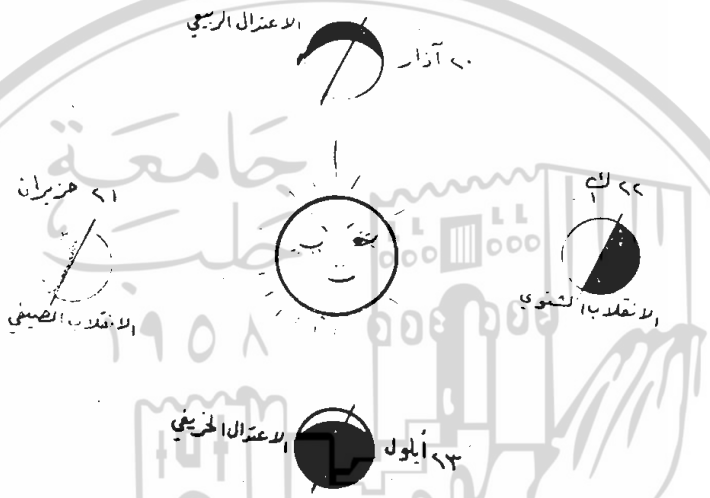
متوسط كثافة الإشعاع الشمسي الواصل إلى الغلاف الجوي للأرض يسمى بالثابت الشمسي (Is) وتبلغ قيمته حوالي $\left(Is = 1375\,W/m^2\right)$ بسبب أن مسار الأرض حول الشمس يأخذ شكلاً بيضوياً فإن قيمة كثافة الإشعاع الشمسي تتغير من القيمة $\left(1330W/m^2\right)$ في تموز إلى القيمة $\left(1420W/m^2\right)$ في كانون الثاني. تأثير

تغير بعد الأرض عن الشمس على الكثافة الفعلية للإشعاع الشمسي تبرزه العلاقة التالية:

$$I_o = I_s\left[1 + 0.033\cos 0.985(n-2)\right] \qquad (6\text{-}1)$$

حيث: (I_o) كثافة الإشعاع الشمسي الفعلية.

(n) الرقم المتسلسل لليوم في السنة.



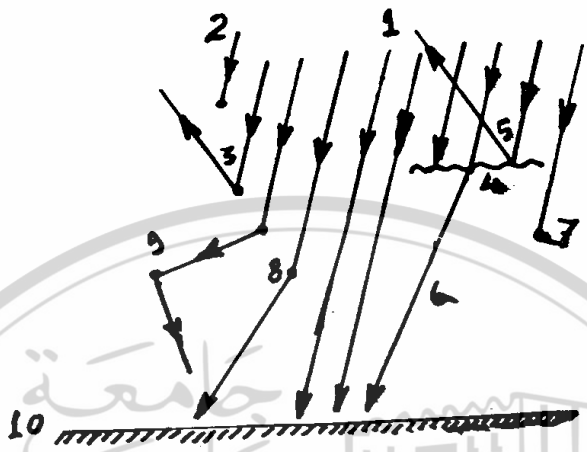
الشكل (1-6) يبين حركة الأرض حول الشمس وحول نفسها

يؤثر الغلاف الجوي كثيراً على الإشعاعات الشمسية التي تخترقه باتجاه الأرض عبر بعثرة وامتصاص وانعكاس قسم من الأشعة.

تمتص طبقة الأوزون الأشعة الشمسية التي أطوال موجاتها أقل من (0.32μm). بفضل ذلك لاتصل إلى الأرض الأشعة فوق البنفسجية الضارة. بينما تقوم جزيئات بخار الماء وغاز ثاني أوكسيد الكربون بامتصاص قسم من الأشعة تحت الحمراء.

تصطدم الأشعة المرئية وما تبقى من الأشعة تحت الحمراء بذرات الغبار والغازات المختلفة الموجودة في الغلاف الجوي فينعكس قسماً منها نحو الفضاء الخارجي، ويتبعثر قسم آخر وينتشر في كل الاتجاهات ليمنح سماءنا لونها الأزرق. ولاتضيع كل الأشعة المبعثرة بل يصل قسم منها إلى الأرض. وبالنتيجة فإن الأشعة الشمسية الواصلة إلى الأرض تتشكل بمجموعها من قسمين الأول منها يمثل الإشعاعات الشمسية التي

تصل إلى الأرض مباشرة من الشمس والثاني يمثل ذلك الجزء من الإشعاعات المبعثرة التي تصل إلى الأرض. شكل (2-6).



الشكل (2-6) 1-**الإشعاعات الشمسية الواصلة إلى الغلاف الجوي**، 2- **الأشعة الممتصة من طبقة الأوزون**، - 3 **الأشعة المبعثرة بتأثير مكونات الغلاف الجوي**، 4- **الغيوم**، 5- **الأشعة المنعكسة من الغيوم**، 6- **الأشعة المنكسرة لاجتيازها الغيوم**، 7- **الأشعة الممتصة في جزيئات الغلاف الجوي**، 8- **الأشعة المنكسرة لمرة واحدة**، 9- **الأشعة المنكسرة لعدة مرات**، 10- **سطح الأرض**.

2-6- الآثار الهندسية للحركة الظاهرية للشمس:

تتعلق كثافة الإشعاعات الشمسية الساقطة على سطح مستوي من الأرض، بسماكة طبقة الهواء التي اجتازها، بارتفاع وزاوية خط العرض الجغرافي للمكان، بزاوية ميلان السطح عن خط الأفق، وموقع الأرض بالنسبة للشمس.

من أي موقع على الأرض إذا راقب الإنسان الشمس بدا له وكأن الشمس تدور حول الأرض، وهذا ما نسميه بالحركة الظاهرية للشمس، الشكل (6-3) ، ويمكن تحديد موقع الشمس في أية لحظة من خلال زاويتين: الأولى زاوية ارتفاع الشمس عن مستوي المراقبة، والثانية زاوية السمت الشمسي مقاسة بالنسبة لاتجاه الجنوب. التغيرات الدورية للموقع الظاهري للشمس يمكن قياسها من خلال زاوية الانحراف الشمسي، وهي الزاوية المقاسة في منتصف النهار بين حامل الإشعاع الشمسي المباشر وخط الاستواء، يمكن حساب زاوية الانحراف الشمسي بالعلاقة التالية:

$$\delta_S = 33,45^o \sin\left[0.9856\left(n-81\right)\right]$$

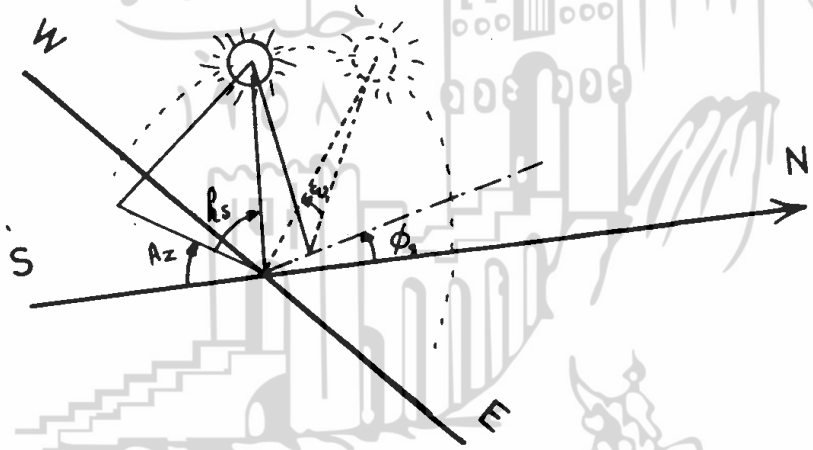
h_S : زاوية ارتفاع الشمس عن المستوي الأفقي يمكن حسابها من العلاقة المثلثية التالية:

$$\sinh_s = \cos\phi_g \cos\delta s.\cos\omega + \sin\phi_g \sin\delta_s$$

حيث $\left(\phi_g\right)$ زاوية (قياس) خط العرض الجغرافي (درجة).

(ω) زاوية الزمن التي تعبر عن دوران الأرض حول محورها. قيمة الزاوية المقابلة لدوران الأرض حول نفسها خلال ساعة واحدة تساوي $360/24 = 15^\circ$. وتقاس قيمتها في كل لحظة بالعلاقة التالية:

$$\omega = 14\, t_s - 180 \qquad (6\text{-}3)$$



الشكل (6-3) الحركة الظاهرية للشمس

التوقيت الشمسي $\left(t_s\right)$ ويقاس انطلاقاً من التوقيت العادي بالعلاقة التالية:

$$t_s = t_N + 4\left(\lambda_L + \lambda_N\right) \qquad (6\text{-}4)$$

حيث $\left(t_N\right)$ التوقيت العادي (ساعة).

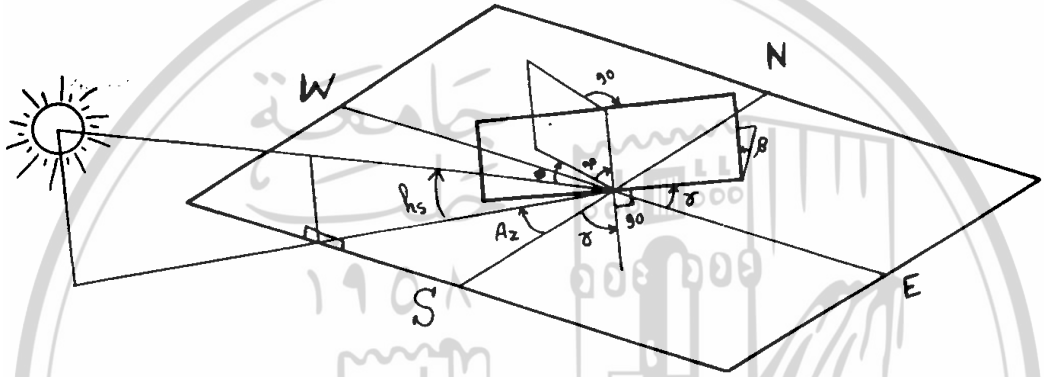
$\left(\lambda_L\right)$ قياس خط الطول الجغرافي للمنطقة (درجة).

$\left(\lambda_N\right)$ الطول الجغرافي المقابل للتوقيت العادي (لتوقيت أوروبا الوسطى $\left(\lambda_N = 15^o\right)$.

لتوقيت أوروبا الشرقية $\left(\lambda_N = 30^o\right)$ في الدول التي تعتمد نظام التوقيتين: شتوي وصيفي، عند تحديد التوقيت الشمسي صيفاً لابدّ من طرح ساعة واحدة من التوقيت الشمسي المحسوب بالعلاقة السابقة.

زاوية السمت الشمسي (Az) تحسب من العلاقة:

$$\sin Az = \frac{\cos\delta_s . \sin\omega}{\cosh_s} \qquad (6\text{-}5)$$



الشكل (6-4) **يبين العلاقة بين مختلف الزوايا في حالة كان السطح المستقبل للأشعة الشمسية** بميل على المستوى الأفقي بزاوية (β)، وموجه باتجاه الجنوب الغربي بزاوية (γ) $(\gamma = o)$ إذا كان السطح متجهاً نحو الجنوب تماماً، $(\gamma < o)$ إذا كان السطح متجهاً نحو الشرق تماماً، $(\gamma > o)$ إذا كان السطح متجهاً نحو الغرب تماماً. (θ) زاوية السقوط وهي الزاوية الكائنة بين حامل الإشعاع الشمسي المباشر والخط العمودي على سطح. وتعطى بالعلاقة التالية:

$$\begin{aligned}\cos\theta = {} & \sin\delta_s . \sin\phi_g . CO_S\beta - \sin\delta_s \cos\phi_g . \sin\beta . \cos\gamma + \\ & + \cos\delta_s . \cos\phi_g . \cos\beta . \cos\omega + \cos\delta_s . \sin\phi_g . \sin\beta . \cos\gamma \cos\omega + \\ & + \cos\delta_s \sin\beta \sin\gamma \sin\omega\end{aligned} \qquad (6\text{-}6)$$

زاوية الزمن الشمسي للشروق والغروب (ω_s) بالنسبة للسطح المستقبل للأشعة الشمسية تعطى بالعلاقة التالية :

$$\cos\omega_s = -tg\left(\phi_g - \beta\right) . tg\,\delta_s \qquad (6\text{-}7)$$

كثافة الإشعاعات الشمسية الكلية الواصلة إلى سطح جسم ما على الأرض تحسب بالعلاقة التالية:

$$I_c = I_b.\cos\theta + I_v \qquad (6\text{-}8)$$

حيث (I_s) الإشعاعات الشمسية المباشرة.

(I_r) الإشعاعات الشمسية المنتشرة (المبعثرة).

كثافة الإشعاعات الشمسية المباشرة تحسب من علاقة Bouger-Lambert:

$$I_b = I_o e^{(-mo.ac.tpz)} \qquad (6\text{-}9)$$

حيث (m_o) الكتلة النظرية للغلاف الجوي الأرضي المحسوبة بالعلاقة:

$$m_o = (1 - 0.1.H)\left[\sin h_s + 0.15(h_s + 3.9)^{-1.253}\right]^{-1} \qquad (6\text{-}10)$$

حيث (H) الارتفاع عن سطح البحر (km).

(a_c) معامل الأخماد للغلاف الجوي المثالي ويحسب من العلاقة عند الضغط $P(hPa)$:

$$a_c = 0.987.10^{-3}.P.a_o \qquad (6\text{-}11)$$

أما (a_o) فتعطى بالعلاقة:

$$a_o = \left[9.95 - 4.44(\log m_o)^{1.25}\right].10^{-2} \qquad (6\text{-}12)$$

(T_{pz}) معامل الشفافية للغلاف الجوي الفعلي ويعطى بالعلاقة التالية:

$$\tau_{pz} = \tau_{pz\max} - 0.64\left[1 + \cos(0.9856.n)\right] \qquad (6\text{-}13)$$

معامل الشفافية الأعظمي $(t_{pz\max})$ يعطى في جدول خاص حسب طبيعة المنطقة.

المنطقة	صناعية	مدينة كبيرة	قرى	جبال
معامل الشفافية الأعظمي $\tau_{pz\max}$	6 – 8	3.7 – 4.5	2.7 – 3.5	2.2 – 2.5

كثافة الإشعاعات الشمسية المنتشرة الواصلة إلى الأرض تحسب بالعلاقة التالية:

$$I_r = I_h\left[C_s.\varphi + \left(C_s + \sinh_s\right).r_{et}\left(1-\psi\right)\right] \qquad (6\text{-}14)$$

حيث $\left(C_s\right)$ قيمة لابعدية تعطى بالعلاقة:

$$C_s = \left(1 - 0.1.H\right).0.045.T_{pz} \qquad (6\text{-}15)$$

(ψ) عامل الشكل لإشعاعات السطح في مكان مفتوح وتعطى بالعلاقة:

$$\psi = 0.5.\left(1-\cos\beta\right) \qquad (6\text{-}16)$$

$\left(r_{ot}\right)$: عاكسية الوسط المحيط بالسطح المدروس، التي تتغير من القيمة (0.05) للماء من أجل زاوية ارتفاع الشمس $\left(h_s \le 40^o\right)$ إلى القيمة (0.9) للثلج النظيف.

$\left(I_h\right)$ قيمة متغيرة لكثافة الإشعاعات محسوبة وفق العلاقة:

$$I_h = I_b.\sin h_s \qquad (6\text{-}17)$$

3-7- الطرائق الرئيسية لاستغلال الطاقة الشمسية:

يمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى أشكال أخرى من الطاقة (حرارية، كهربائية)، باستخدام أساليب مختلفة أهمها:

1- تحويل طاقة الإشعاعات الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية.

2- النظام الفعّال الذي يحول طاقة الإشعاعات الشمسية إلى طاقة حرارية باستخدام مجموعة من الأجهزة مع وسيط عامل.

3- النظام غير الفعّال (السلبي) الذي يحول طاقة الإشعاعات الشمسية إلى طاقة حرارية بدون أجهزة مساعدة مستغلاً فقط الخواص الحرارية للأجسام (توصيل بحمل وإشعاع).

سنبحث هنا بقليل من التفصيل في استخدام النظام الفعّال في مجال التدفئة والتكييف مع دراسة مفصلة عن النظام غير الفعّال، الذي له أهمية كبيرة لمهندسي العمارة.

4-6- النظام الفعّال:

في النظام الفعّال تتحول الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية باستخدام أجهزة خاصة (مجمعات شمسية، مبادلات حرارية، آلات حرارية...الخ). الطاقة الحرارية الناتجة يمكن

استخدامها مباشرة للتدفئة والتكييف، لتأمين الماء الساخن الصحي، أو يمكن تحويلها باستخدام آلات حرارية إلى طاقة ميكانيكية أو كهربائية.

أهم أجهزة النظام الفعّال هي المجمعات الشمسية، التي يمكن تقسيمها إلى نوعين:

- المجمعات الشمسية المسطحة (ذات درجات الحرارة المنخفضة).
- المجمعات الشمسية المكثفة للأشعة (ذات درجات الحرارة المتوسطة أو العالية).

المجمعات الشمسية المسطحة:

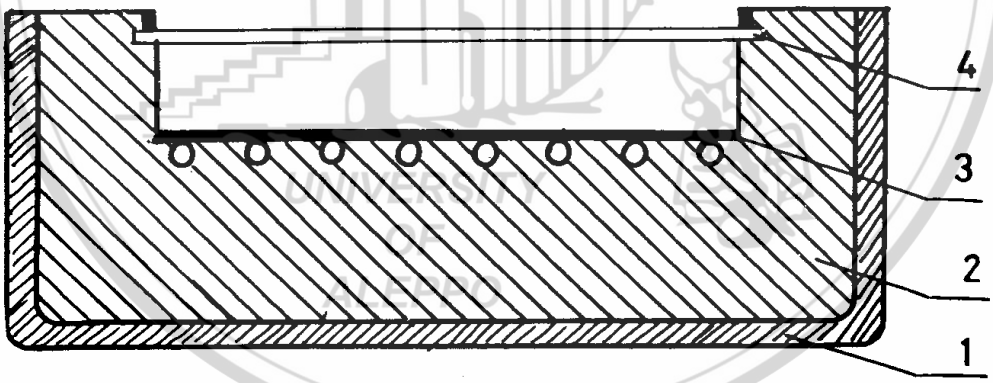
تتكون المجمعات الشمسية المسطحة من العناصر التالية : شكل (5-6):

1- صندوق المجمع والذي يحوي ضمنه بقية عناصر المجمع.

2- العازل الحراري.

3- السطح الماص للأشعة الشمسية.

4- الغطاء الشفاف.



الشكل (5-6)

1- **صندوق المجمع** : عبارة عن صندوق مصنوع من الألمنيوم المعالج لمقاومة التأثيرات الجوية أو من الفولاذ المطلي ويمكن أن يصنع من الخشب أو البلاستيك المعالج، يقوم هذا الصندوق بدور جامعة لبقية عناصر المجمع الشمسي.

2- **العازل الحراري** : يقوم العازل الحراري بتخفيض قيمة الضياعات الحرارية عبر جدران صندوق المجمع إلى أقل قيمة ممكنة كعازل حراري يمكن استخدام الصوف الزجاجي، الصوف المعدني أو حتى مركبات صناعية رغوية. نختار سماكة العازل الحراري بحيث لاتتجاوز قيمة الضياعات الحرارية $\left(1W/m^2\right)$ بالنسبة للمجمعات الشمسية التي تعمل على مدار السنة. ولاتتجاوز قيمة الضياعات الحرارية $\left(5W/m^2\right)$ بالنسبة للمجمعات الشمسية التي تعمل فقد خلال فصل الصيف.

3- **السطح الماص** : يقوم السطح الماص بتحويل الإشعاعات الشمسية التي تصل إليه إلى طاقة حرارية يقدمها إلى الوسيط العامل الذي يقوم بدور الناقل للحرارة من المجمع الشمسي إلى الأجزاء الأخرى من الدارة. المادة التي يصنّع منها السطح الماص لابدّ وأن تتصف بالمواصفات التالية:

- إيصالية حرارية جيدة.
- كثافة (وزن نوعي) منخفضة.
- سهولة في التشكيل والتصنيع.
- مقاومة عالية للتأثيرات الجوية.
- مقاومة عالية لتأثير الوسط العامل.
- مقاومة عالية لتأثير درجات الحرارة العالية.
- انخفاض ثمن المواد الأولية وكلفة الإنتاج.

يمكن أن يصنع السطح الماص من الفولاذ، النحاس، الألمنيوم وبعض المركبات الصناعية.

4- **الغطاء الشفاف** : وهو عبارة عن الغلاف الخارجي لصندوق المجمع الشمسي من جهة سقوط الإشعاعات الشمسية يصنع غطاء المجمع الشمسي من الزجاج العادي أو

الزجاج الخاص، كما يمكن أن يصنع من البلاستيك الشفاف المقاوم لتأثير الأشعة فوق البنفسجية. يجب أن يتحلى غطاء المجمع الشمسي بالمواصفات التالية:

- شفافية عالية بالنسبة للإشعاعات الشمسية مقابل عدم شفافية (انعكاسية جيدة) بالنسبة للأشعة الحرارية من جهة الممتص.
- مقاومة عالية للتأثيرات الجوية (رياح، مطر، ثلج، تغيرات حدية في درجات الحرارة ... الخ).
- مقاومة عالية لتكاثف بخار الماء على سطحها.
- عدم خلق شحنات كهربائية ساكنة حولها.

تعطى الاستطاعة المفيدة للمجمع الشمسي بالعلاقة التالية:

$$Q_u = Q_K - Q_{str} \qquad (6\text{-}18)$$

حيث (Q_K) تمثل استطاعة الإشعاعات الشمسية الواصلة إلى السطح الماص.

(Q_{str}) تمثل قيمة الضياعات الحرارية الإجمالية من المجمع الشمسي.

6-5- النظام غير الفعّال (السلبي) لاستغلال الطاقة الشمسية:

في النظام غير الفعّال لانحتاج إلى أجهزة خاصة يتحرك ضمنها الوسيط العامل، خلافاً لما هو الحال في النظام الفعّال. دور المجمع الشمسي يمكن أن تقوم به الفتحات المزججة وبعض عناصر البناء أو البناء ككل. تنفذ الأشعة الشمسية عبر الزجاج على شكل أشعة مرئية وأشعة تحت الحمراء لتصل إلى بعض مكونات البناء التي تقوم بامتصاصها، فترتفع نتيجة لذلك درجة حرارتها ومن ثم تبدأ بنثر حرارتها على شكل أشعة حرارية طويلة الموجة لايسمح لها الزجاج بالنفاذ منه فتبق في المبنى لترفع من درجة حرارته، وهذا ما يسمى بظاهرة البيت الزجاجي.

في هذا النظام لابدّ من اختيار التصميم المناسب، ليس فقط للفتحات المزججة، بل لكل عناصر البناء التي تلعب دور السطح الماص للأشعة الشمسية (نوع المواد،

الشكل، اللون...الخ) . عملية التصميم هذه تكون نتاج عمل مشترك بين المهندسين المعماريين والميكانيكيين.

يمتاز النظام غير الفعّال لاستغلال الطاقة الشمسية في التدفئة والتكييف بالمميزات التالية:

- عدم وجود كلفة إنشائية.
- عدم وجود أجهزة خاصة.
- سهولة وبساطة في الاستخدام.
- استمرارية وكفاءة عالية في العمل.

هذه المميزات تتجاوز عيوب هذا النظام والتي هي:

- تتغير شدة السيالة الحرارية بتغير شدة التشميس.
- بعض المعوقات في الاستخدام المباشر للإشعاعات الشمسية.

1-5-6- النظام المباشر في الاستفادة من الطاقة الشمسية:

المنزل الذي يستغل الإشعاعات الشمسية مباشرة لابد وأن يقوم بدور لاقط لهذه الأشعة والتي، بأقصى درجة، يجب أن تنفذ إلى داخله، وهناك تمتص من قبل مكونات البناء (سقوف، أرضيات، جدران) التي يجب أن تكون من مواد ذات سعة حرارية عالية.

النوافذ والواجهات الزجاجية في البناء تؤمن الإنارة الداخلية للمنزل وتسمح للإشعاعات الشمسية الصحية بالنفوذ إلى الغرف، إضافة للاتصال البصري مع الوسط الخارجي تؤمن حماية من التأثيرات الجوية الخارجية.

إن اختيار النافذة المناسبة يؤدي إلى : تخفيض قيمة الطاقة المستهلكة، وتخفيض قيمة استطاعات أجهزة التكييف والتدفئة، وتخفيض القيم الاستثمارية لأجهزة التكييف والتدفئة.

سندرس الآن بعض أنواع النوافذ السكنية الشائعة الاستخدام وهي:

أ – النافذة ذات لوح زجاجي مفرد، حيث يسمح بضياع الحرارة بشكل كبير شتاءً من جهة وبكسب أكبر كمية حرارة صيفاً، فهو الأقل توفيراً للطاقة.

ب – النافذة ذات اللوحين الزجاجيين المفصولين بفراغ، هذا يزيد من مقاومة الكسب الحراري صيفاً والضياعات الحرارية شتاءً.

ج – وهناك طريقة أخرى لتحسين أداء المقاومة الحرارية في النوافذ ذات ألواح الزجاج المزدوج حيث إن الفراغ بين الطبقتين مملوء بغاز الأرغون، حيث إن الأرغون أقل إيصالية للحرارة من الهواء وبالتالي لاينقل الحرارة بسهولة كالهواء ، فتبقى الحرارة في الداخل شتاءً، بينما تبقى خارجاً في الصيف فهذا يزيد من العزل، والأرغون موجود في الهواء بنسبة 1%، عديم اللون والرائحة وغير سام وله سرعة تسرب بطيئة ولايحجب ضوء الشمس، وهناك أنواع تستبدل الغاز بغشاء بلاستيكي، لكن هذا يؤثر بشكل سلبي على إمرار الضوء.

لدى إضافة لوح ثاني لنافذة ذو لوح زجاجي مفرد، فإن المقاومة الحرارية تتضاعف أما في حالة إضافة لوح ثالث أو رابع فالمقاومة الحرارية تزداد أيضاً لكن بنسب قليلة. يكون إضافة الألواح الزجاجية إلى النافذة مفيداً أو مجدياً إذا تم زيادة المقاومة الحرارية مع إضافة كل لوح، إلاّ أن إضافة عدد الألواح عشوائياً يزيد من التكاليف التأسيسية للنوافذ بحيث لايغطي توفير الطاقة تلك التكاليف.

تكون النافذة ذات اللوح الزجاجي الواحد ذو إصدارية صغيرة عندما يكون هناك طبقة رقيقة شفافة من معدن أو أوكسيد المعدن يغطي سطح النافذة للتقليل من انتقال الحرارة عبرها، مع السماح لكمية من الضوء بالمرور عبرها، وكلما كانت النافذة ذات إصدارية أقل تنقل كمية حرارة أقل إلى الداخل. فمثلاً نافذة إصداريتها (e=0.05) أي أن حوالي 95% من الحرارة ستنعكس من لوح الزجاج. وهناك نافذة ذات إطار معدني

معــزول حراريــاً thermal break أيــضاً. ويتــضمن الجــدول (1) أنــواع النوافــذ المدروسة.

الجدول (1-6) قيم الخواص الحرارية لبعض النوافذ

مواصفات النوافذ				نوع الإطار وعامل انتقال الحرارة الكلي لألواح الزجاج $\left[U_{glass}\left(W/m^{2o}C\right)\right]$			
نوع النافذة	عدد الألواح	نوع الفراغ	قياس الفراغ	الإصدارية	ألمنيوم بدون TB	ألمنيوم مع TB	خشب أو مواد مركبة
1	لوح زجاجي مفرد	لايوجد	لايوجد	لايوجد	7.24	6.12	5.05
2	لـــــوحين زجاجيين	هواء	12.7	لايوجد	4.62	3.42	2.53
3	لـــــوحين زجاجيين	غـــــاز الأرغون	12.7	e=0.20	3.83	2.68	1.89
4	ثلاثة ألواح زجاجية	هواء	12.7	e = 0.20	3.54	2.36	1.7
5	ثلاثة ألواح زجاجية	غـــــاز الأرغون	12.7	e = 0.20	3.4	2.23	1.59

بالإمكان صناعة إطار النوافذ من مواد متعددة مثل الألمنيـوم – الخـشب – مـواد مركبة – الفيبرغلاس، وإن بعض إطـارات الألمنيـوم تـصنع مـن TB وهـي عبـارة عـن مركبات لامعدنية تقلل من التدفق الحراري داخل الإطار.

6-4-الدراسة النظرية للمجمعات السائلية :

إن الدراسة النظرية للمجمعات السائلية بشكل عام هـي لمعرفـة كميـة الحـرارة المنتقلة من الصفيحة المعدنية الماصة (السوداء) للإشعاع الشمسي إلى السائل الذي يمر في أنابيب المجمع ويمكن معرفة كمية الحرارة هذه كما يلي:

إن كمية الحرارة الداخلة إلى المجمع الشمسي تعطى بالعلاقة:

$$Q_K = A.(G\ .\ \tau.\alpha) \qquad (6\text{-}19)$$

حيث A : مساحة سطح المجمع (m^2).

G : كمية الإشعاع الشمسي على وحدة السطح (تؤخذ من جداول خاصة) (W/m^2).

τ : معامل الانتقال للأشعة المرئية.

α : معامل الامتصاص.

وبذلك يمثل الجداء $(G\ .\ \tau.\alpha)$ كمية الإشعاع الشمسي الفعلي الواردة على وحدة سطح المجمع المدروس.

من الشكل المجاور لدينا :

$$Q_U = Q_K - Q_{Str}$$

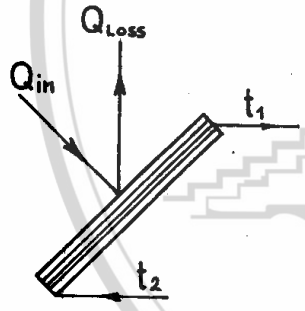
وكمية الحرارة المفقودة تحدد كما يلي:

$$Q_{Str} = A.U.(t_s - t_a) \qquad (6\text{-}20)$$

حيث:

t_s : درجة حرارة سطح المجمع.

t_a : درجة حرارة الهواء المحيط.



الشكل (6-6)

U : معامل الانتقال الحراري الكلي بين سطح المجمع والجو المحيط $(W/m^{2o}C)$.

وبالتالي تكون كمية الحرارة المنتقلة إلى السائل هي حاصل طرح العلاقتين :

(6-21)

$$Q_u = Q_k - Q_{Str} = A\left[(G.\tau.\alpha) - U(t_s - t_a)\right]$$

وهذه العلاقة تكافئ العلاقة التالية:

$$Q_u = \dot{m}.C(t_1 - t_2)$$

UNIVERSITY OF ALEPPO

حيث : $\dot{M}$ (kg/s) : التدفق الكتلي في المجمع

$C_W = (4180\,J/kg^oC)$: الحرارة النوعية للماء.

t_1 : درجة حرارة الماء الذاهب من المجمع.

t_2 : درجة حرارة الماء الراجع إلى المجمع (الداخل إلى المجمع).

ولكن من مساوئ الحساب بهذه الطريقة أنه في العلاقة (6-20) تكون (t_s درجة حرارة سطح المجمع) غير معلومة وهي تتعلق بدرجة حرارة الماء الذاهب والراجع، أي بدرجة الحرارة المتوسطة :

$$t_m = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

ولكن عادة تكون (t_s) أكبر من (t_m) ولتلافي هذه المشكلة يمكن أ نعوض في العلاقة بـ t_2 بدلاً من (t_s) وهي درجة حرارة الماء الداخل وذلك إذا أدخلنا معامل تحريك الحرارة (f_r) الذي يساوي:

$$f_r = \frac{\text{كمية الحرارة الفعلية المتصة } (Q_u)}{\text{كمية الحرارة الداخلة إذا كانت درجة حرارة السطح مساوية لدرجة حرارة دخول الماء } (t_2)}$$

وبالتالي تصبح العلاقة (6-21) بالشكل:

$$Q_u = A.f_r.\left[(G.\tau.\alpha) - U(t_2 - t_o)\right] \qquad (6\text{-}22)$$

حساب مردود المجمع:

مردود المجمع الآتي هو النسبة بين كمية الحرارة الواردة الفعلية إلى المجمع، وجداء كمية الأشعة الواردة مع مساحة المجمع.

$$\eta = \frac{Q_u}{G \times A}$$

بتعويض قيمة (Q_u) نجد:

$$\eta = f_r.\tau.\alpha - \frac{f_r.U.(t_2 - t_o)}{G} \qquad (6\text{-}23)$$

عندما لايكون هناك حرارة ضائعة نكتب المردود الآتي للمجمع على الشكل التالي:

$$\eta_o = f_r.\tau.\alpha$$

من العلاقات التي مرت معنا يتضح لنا أن مردود المجمع يعتمد على ثلاثة عوامل:

1- η_o و U و f_r.

2- الشروط المحيطة (زاوية الورود، درجة حرارة الهواء ... الخ)

3- شروط العمل للمجمع (درجة حرارة الماء الداخل، درجة حرارة الماء في الخزان ...الخ).

إذا رمزنا في العلاقة (6-23) بـ $\left[\Delta t = (t_2 - t_o)\right]$ يمكن أن نكتب العلاقة بالشكل:

$$\eta = \eta_o - \frac{f_r.U.\Delta t}{G}$$

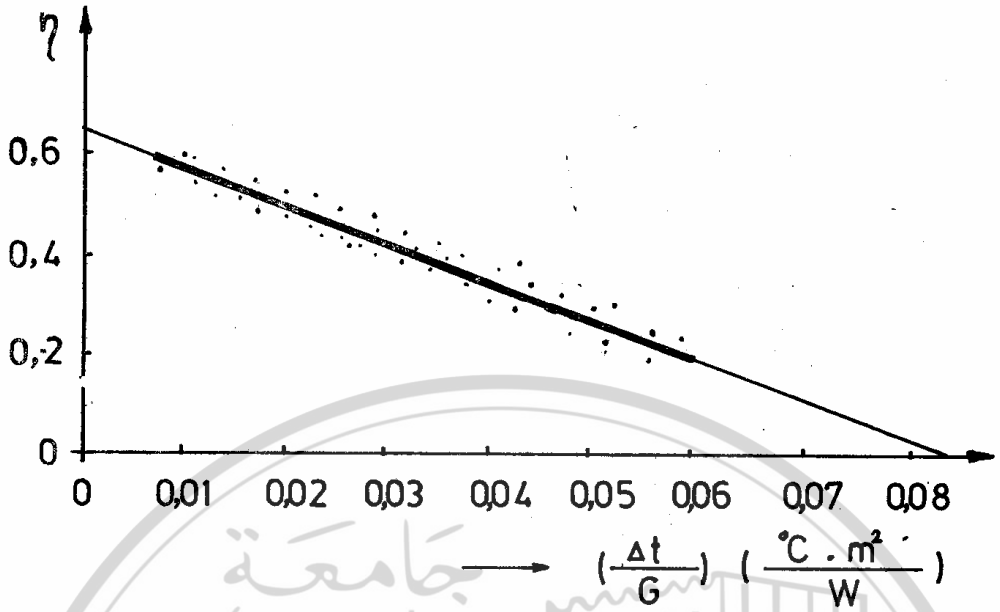
وهي من الشكل:

$$y = a - b.x$$

حيث $\left(x - \frac{\Delta t}{G}\right)$ وقيم a و b تتعلق بعدة عوامل وتختلف من بلد لآخر حسب الظروف وحسب تصميم المجمع ويمكن أن نأخذ كمثال $(a = 0.72)$ و $(b = 5.2)$.

لنموذج معين من المجمعات الشمسية:

والشكل العام لعلاقة المردود هي من الشكل التالي :



الشكل (7-6)

6-5-1- ملاحظات حول تحسين مردود المجمع:

1- يمكن تخفيف الإشعاعات الشمسية الضائعة أي الإشعاعات التي تنعكس على اللوح الزجاجي الخارجي دون أن يمتصها المجمع وذلك بطلي الوجه الداخلي بطبقة من أوكسيد الأنديوم.

2- إن الضياع الحراري عبر اللوح الشفاف في المجمع يمكن تخفيضه وذلك باستعمال إما زجاج مزدوج يحتوي على حيّز مفرغ من الهواء بين اللوحين حيث لايحصل أي انتقال للحرارة عبر الحيّز المفرغ أو باستعمال زجاج يحتوي على نسبة منخفضة من أوكسيد الحديد، ولاشك أن الحل الأمثل هو استعمال لوحين زجاجيين بينهما حيّز مفرغ من الهواء ويحتوي اللوحين نسبة ضئيلة من أوكسيد الحديد.

3- التركيب السيء للزجاج: يجب عدم تثبيت الزجاج بقوة على المجمع وذلك لأن الزجاج يتعرض إلى تقلب قوى في درجة الحرارة مما يؤدي إلى كسره، كما يجب الانتباه إلى سماكة اللوح الزجاجي المستعمل بحيث يتناسب مع حجم الإطار الخارجي للمجمع.

4- التبخر الذي يصيب بعض المواد: وتكون موجودة داخل المجمع فمثلاً بعض المواد العازلة يمكن أن تتبخر تحت درجة (80^oC-70^oC) مما يؤدي إلى تشكل بخار على السطح الداخلي للزجاج. كما يجب أن يستعمل طلاء أسود غير قابل للتبخر.

5- التجمد : في كثير من الأحيان يحدث أن تنخفض درجة حرارة الجو الخارجي إلى ما دون الصفر المئوي، وهذا يسبب تجمد المياه داخل الأنابيب وبالتالي هذا يعني تلفاً ميكانيكياً ناتجاً عن تفجير الأنابيب 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 يعني فقد كبير في الحرارة المدخرة.

ب – تفريغ المجمع من الماء ولكن عيب هذه الطريقة أنه عند التفريغ يسمح بدخول الهواء للمجمع وبالتالي صدأ الأنابيب بسبب تكرار تلامسها مع الماء والهواء.

ج – استعمال وسائط منع التجمد : وتستعمل هذه الموانع في دارات التدفئة المغلقة وتعمل موانع التجمد على تخفيض درجة حرارة التجمد وذلك بإضافة نسبة مختلفة من غليكول الاتيلين.

6- الصدأ : وهو يحدث كنتيجة طبيعية لوجود التماس بين أنابيب المجمع والماء وخصوصاً عند استعمال أنابيب نحاسية على صفيحة من الألمنيوم أو الفولاذ إذ أول ما يبدأ الصدأ عند نقاط الالتحام بين هذين المعدنين ولذلك يفضل أن يستخدم معدن النحاس لكل من الصفيحة والأنابيب ويمكننا أن نتلافى ظاهرة الصدأ بأن نضع بعض مانعات الصدأ مع الإقلال ما أمكن من دخول الهواء إلى الدارة.

6-4-2- توجيه المجمعات الشمسية:

توجه المجمعات الشمسية عادة باتجاه الجنوب وذلك لكي تستقبل أشعة الشمس لأكبر فترة ممكنة كما تعطى المجمعات ميلاً على الأفق بزاوية معينة وذلك لكي تسقط

أشعة الشمس بشكل عمودي عليها عند فترة الظهيرة بسبب كون أشعة الشمس أشد ما يمكن في هذه الفترة من النهار. وتحسب الزاوية التي يجب أن تميل فيها المجمعات على الأفق من العلاقة: $\delta = 90 - \alpha$

حيث : δ : زاوية ميل المجمع على الأفق.

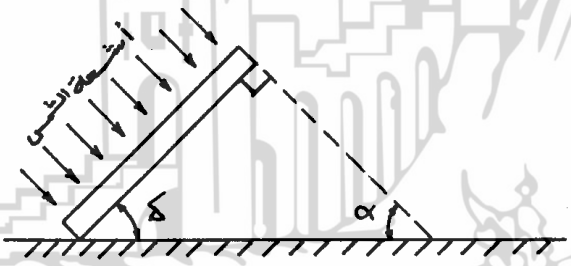
$$\alpha = 90 - L + d$$

ومنه: $$\delta = 90 - (90 - L + d)$$

حيث: a : زاوية ورود الشمس على الأفق. (أو زاوية ارتفاع الشمس).

L : زاوية خط العرض ، وهي لمدينة دمشق.

d : زاوية ميل الشمسي وهي الزاوية بين الشعاع الشمسي والمستوى الموازي لمستوى الاستواء المار بالنقطة المعتبرة والجدول التالي يعطي قيمة d.



الشكل (6-8)

الجدول (6-2) **قيم زاوية ميل الشمس**

التاريخ	زاوية ميل الشمسي d
21 حزيران (الانقلاب الصيفي)	23.5
21 أيار – 21 تموز	20.25
21 نيسان – 21 آب	11.5
21 آذار – 21 أيلول	0
21 شباط – 21 تشرين الأول	- 11.5
21 كانون الثاني – 21 تشرين الثاني	- 20.25
21 كانون الأول	- 23.5

وبإصلاح العلاقة السابقة نكتب $(\delta = L - d)$ ولمدينة دمشق $(\delta = 33.5 - d)$.
وبتعويض قيم (d) من الجدول السابق في هذه العلاقة ينتج لدينا أن زاوية ميل المجمعات الشمسية تتراوح بين (10ْ و 57ْ). لذلك تميل المجمعات بزاوية ثابتة طوال العام وتكون وسطاً بين أعلى وأخفض قيمة لـ δ فلمدينة دمشق مثلاً :

$$\left(\delta = \frac{10 + 57}{2} = 33.5\right)$$

وهذه الزاوية توافق زاوية خط العرض لمدينة دمشق (L) لذلك يقال مباشرة إن المجمعات تميل بزاوية ثابتة تساوي زاوية عرض المكان المستعملة فيه ولكن بسبب كون الطاقة المجمعة في الصيف زائدة عن الاستهلاك لذلك نختار (δ) أكبر بحوالي (10ْ) وذلك لزيادة مردود المجمع في الشتاء وتعتمد قيمتها الثابتة $(\delta = 45^{\circ})$ زاوية مناسبة لجميع الأوقات بالنسبة لمدينة دمشق.

كما يجب أن يراعى عند تركيب المجمعات عدم سقوط ظل المباني والأشجار المجاورة عليها قدر الإمكان ويجب تثبيتها بشكل جيد ضد الرياح والأمطار.

أما إذا كان تركيب المجمعات يتطلب وضعها على عدة صفوف فيجب أن يراعى بألاّ يسقط ظل الصف الأول من المجمعات على الصف الذي يليه في أسوأ حالة لوضع الشمس. ويجب أن تكون الزاوية (β) المبينة في الشكل لاتتجاوز (20ْ) أي $(\beta \le 20^{\circ})$.

الشكل (9-6)

حيث :

$$\beta = \alpha = 90 - L + d$$

في كانون الأول:

$$\beta = 90 - 33.5 - 23.5$$

في الظهيرة :

$$\beta = {}^{o} 33$$

أما وسطي اليوم فتكون الشمس منخفضة وزاويتها أقل من ذلك، لذلك ينصح بأن لتزيد (b) عن (20°).

5-6- خزان ادخار الحرارة:

إن الهدف من وجود هذا الخزان هو ادّخار الطاقة الحرارية في الساعات الشمسية للاستفادة منها في ساعات الليل حيث يتوقف عمل المجمعات الشمسية.

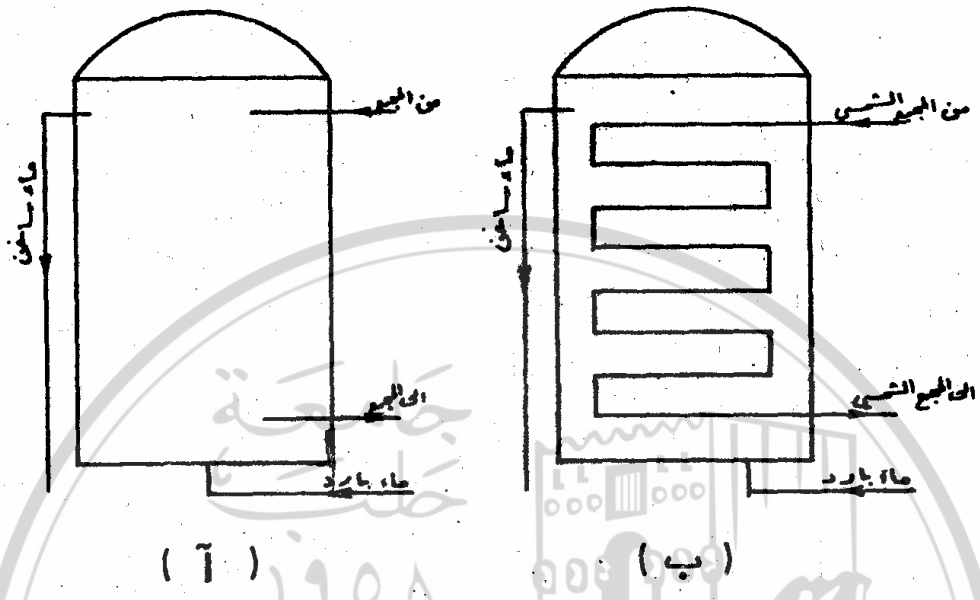
يمكن صناعة الخزان من الفولاذ أو من الاسمنت وفي جميع الأحوال يجب أن يعزل عزلاً جيداً. ويقدر حجم هذا الخزان من معرفة التي يُراد خزن الماء الساخن خلالها وكذلك معدل استهلاك الماء سواء كان للتدفئة أو للاستعمالات المنزلية، ففي حال عدم استخدام مصدر حراري مساعد فإننا سنحتاج إلى خزان تجميع كبير الحجم لايُستفاد من كامل مخزونه إلاّ في أيام قليلة من فصل الشتاء، أما في حال وجود مصدر حراري مساعد فيمكننا أن نصغر الخزان مما يؤدي إلى وفر في الكلفة التأسيسية وزيادة في كلفة التشغيل.

ويستعمل كوسيط للتسخين أما الماء أو الهواء أو أملاح ذات درجات منخفضة ولكن عادة يستعمل الماء لأن له سعة حرارية جيدة ورخيص الثمن وعملي أكثر من غيره من وسائط التسخين ويمكن القول إن حجم التخزين الأمثل يتعلق بمساحة المجمعات ويلزمنا بحدود (40L-50) لكل $\left(1m^2\right)$ من مساحة المجمعات.

ويمكن أن يتم تسخين الماء داخل الخزان بطريقتين:

أ – الطريقة المباشرة : أي إن 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 بوساطة هذه الوشيعة.



الشكل (10-6) خزان ادخار الحرارة

6-6- استخدام الطاقة الشمسية في التدفئة:

6-6-1- 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:

1- تقليل الحمل الحراري الضائع من البناء إلى الحد الأصغري.

2- استعمال المساحة الاقتصادية من المجمعات الشمسية.

ولتقليل الحمل الحراري الضائع من البناء:

أ – يمكن العمل على عزل السطوح المعرضة للجو الخارجي بشكل جيد بحيث نحصل على القيمة الدنيا لمعاملات انتقال الحرارة مع مراعاة القيمة الاقتصادية لسماكة العازل.

ب – يمكن العمل على إقلال كمية الهواء المتسرب إلى الحد الأصغري الكافي لحاجة الساكنين ضمن المنزل ويتم ذلك بإحكام النوافذ والأبواب بشكل جيد. ويمكن أن يتم إدخال الهواء المطلوب عن طريق مسخنات هوائية شمسية توضع تحت النوافذ.

ج – يمكن تصغير قيمة الفرق بين درجة الحرارة الداخلية والخارجية ويتم ذلك:

1- بتخفيض درجة الحرارة الداخلية وهذا ممكن بسبب ارتفاع درجة حرارة السطوح الداخلية للبناء نتيجة لاستعمال العزل الحراري الجيد وكذلك باستعمال طريقة التدفئة بالأرض والتي تناسب طريقة التدفئة باستعمال المجمعات الشمسية حيث لاتتطلب درجة حرارة مرتفعة لوسيط التسخين. بالاستناد لما ذكر يمكن أن تؤخذ درجة الحرارة الداخلية حوالي (18℃) نتيجة لارتفاع درجة حرارة الإشعاع الوسطية للبناء.

2- أخذ تغير درجة الحرارة الخارجية بعين الاعتبار خلال فترة التدفئة المطلوبة.

من المعروف أنه في دراسات التدفئة العادية نعتمد درجة الحرارة الخارجية بالاستناد إلى إحدى الطرائق التالية :

أ – المعدل العام لدرجات الحرارة الدنيا السنوية خلال جميع السنوات السابقة التي لها سجلات أي اعتبار (100%) من ساعات فصل الشتاء.

ب – أخذ درجة الحرارة الدنيا لـ 99% من ساعات فصل الشتاء.

ج – أخذ درجة الحرارة الدنيا لـ 97.5% من ساعات فصل الشتاء.

ولكن من المعروف أن 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 حملاً حرارياً للمبنى أقل بحوالي (25%) من الحمل الحراري المحسوب بطريقة اعتماد درجة الحرارة الخارجية الدنيا.

6-6-2- استعمال المساحة الاقتصادية من المجمعات الشمسية:

من المعلومات المتوفرة عن الكسب الحراري الشمسي نحدد كمية الحرارة الساعية المكتسبة، وبحسب توافق فترة التدفئة مع فترة سطوع الشمس تحدد مساحة المجمعات الشمسية حيث يلزمنا أقل ما يمكن من مساحة المجمعات الشمسية إذا كانت فترة التدفئة هي نفس فترة سطوع الشمس. ويلزمنا مساحة مجمعات شمسية أكبر مع خزن حراري للطاقة إذا كانت فترة التدفئة أطول من فترة سطوع الشمس كما هي الحالة في المثال الموضح فيما يلي:

الشكل (6-11) يبين بخط مستمر كمية الإشعاع الشمسي الشهري (بالكيووات ساعي/متر مربع/ شهر) لفصل الشتاء لمدينة دمشق على سطح مائل عن الأفق بمقدار (45°) درجة. كما يبين الخط المتقطع الحمل الحراري المحسوب بطريقة ساعية شهرية (بالكيلووات ساعي/لكل شهر) لمنزل مساحته $(120m^2)$ معزول جيداً. بفرض فترة التدفئة (9) ساعات من الساعة (8) إلى الساعة (17) ودرجة الحرارة الداخلية (18) درجة مئوية.

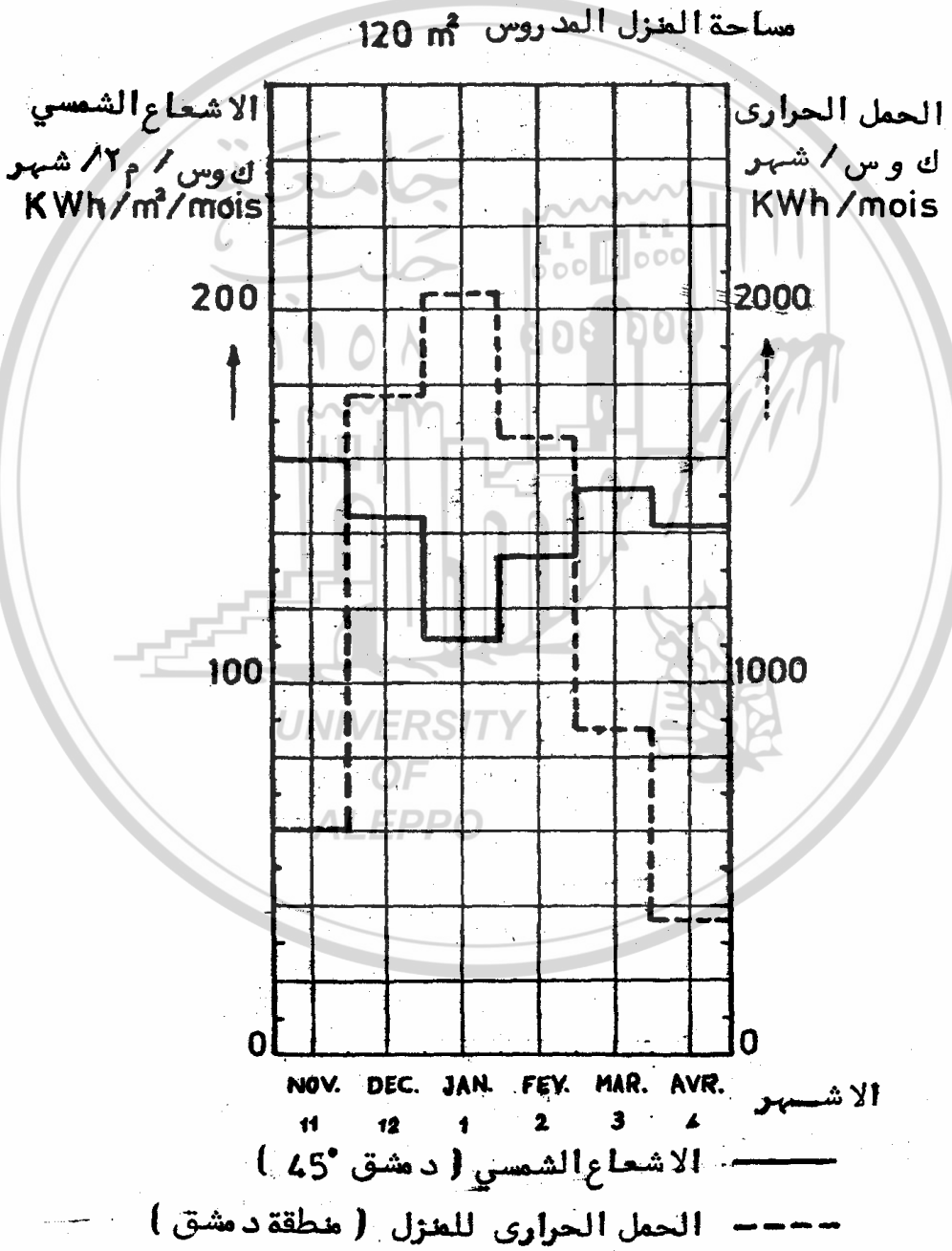
من مقارنة الحمل الحراري المحسوب للمبنى مع الكسب الحراري الشمسي يمكن تحديد نسبة الحمل المغطى بالطاقة الشمسية.

الشكل (6-12) يوضح عامل التغطية الشمسي (α) بدلالة مساحة المجمعات (A) المستعملة حيث يحسب عامل التغطية الشمسي من النسبة بين كمية الربح الحراري من الطاقة الشمسية، وهذه تعتمد على مساحة ومردود المجمعات الشمسية المستعملة، وكمية الحمل الحراري اللازم للمنزل.

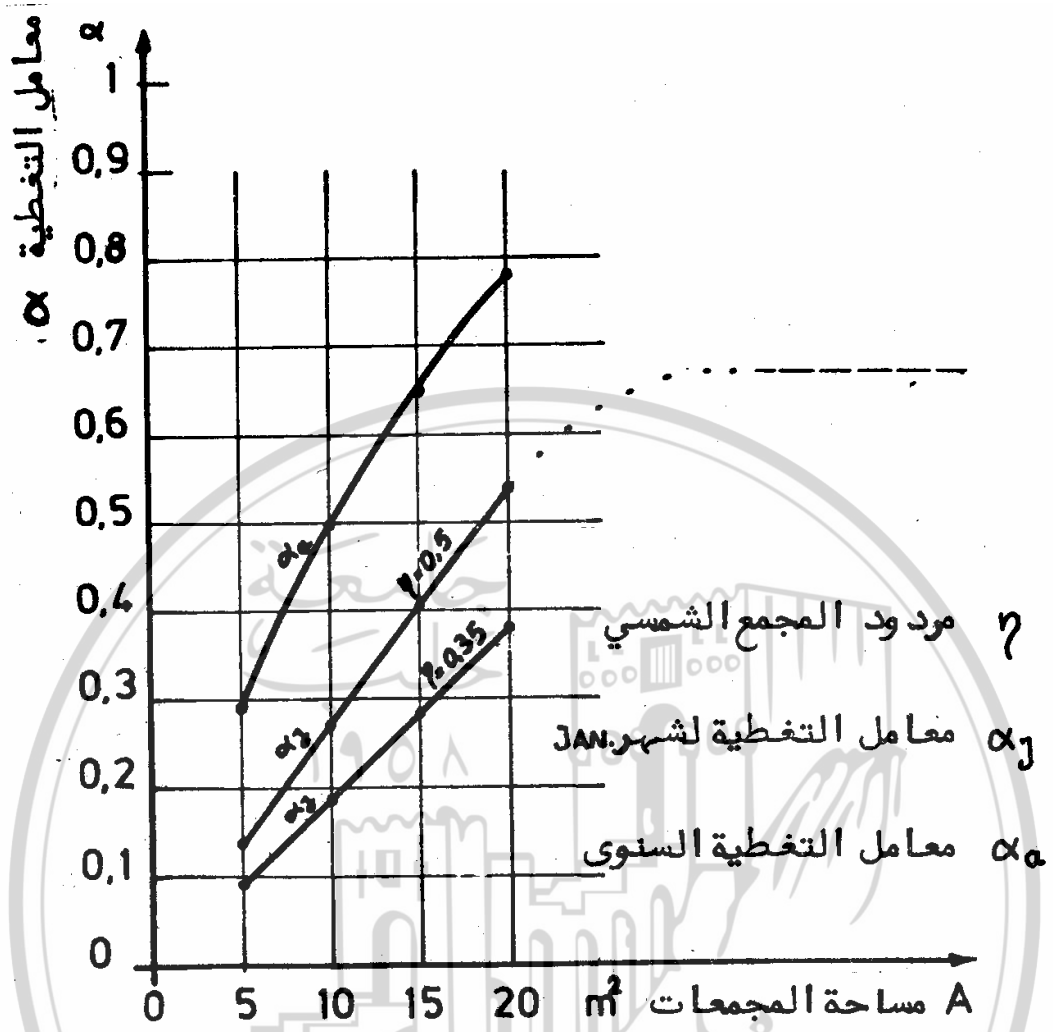
$$\text{عامل التغطية } (\alpha) = \frac{\text{الكسب الحراري من الطاقة الشمسية}}{\text{الحمل الحراري للمنزل}}$$

حيث :

$$\alpha_J = \frac{112 \times 5 \times 0.5}{2050} = 0.1366$$



شكل(11-6) كمية الإشعاع الشهري على سطح مائل عن الأفق بمقدار 45°



شكل (12-6) عامل التغطية الشمسي α بدلالة مساحة المجمعات

فإذا أخذنا كمثال شهر كانون الثاني والذي يعتبر أبرد شهر في فصل الشتاء لمدينة دمشق. نرسم خطين لـ (α_1) الأول بمردود مجمعات (35%) والثاني بمردود (50%) وطبعاً تزداد قيمة (α) مع ازدياد المردود.

لنأخذ المجمعات المدروسة بمردود (50%) فنلاحظ من المخطط أن معامل التغطية الشمسي α_J يتغير شبه خطي حتى مساحة مجمعات تساوي (20%) تقريباً من مساحة المنزل المدفأ بينما لاتستمر التغطية بعد هذا الحد من مساحة المجمعات ويأخذ الخط شكل منحن مقارب لقيمة تغطية تساوي (65%).

المنحني (α_α) يبين معامل التغطية الشتوي بدلالة مساحة المجمعات ويمكن حسابه بأخذ مجموع الربح الحراري الشمسي مع مساحة ومردود المجمعات وتقسيم الناتج على مجموع الحمل الحراري الشتوي للمنزل.

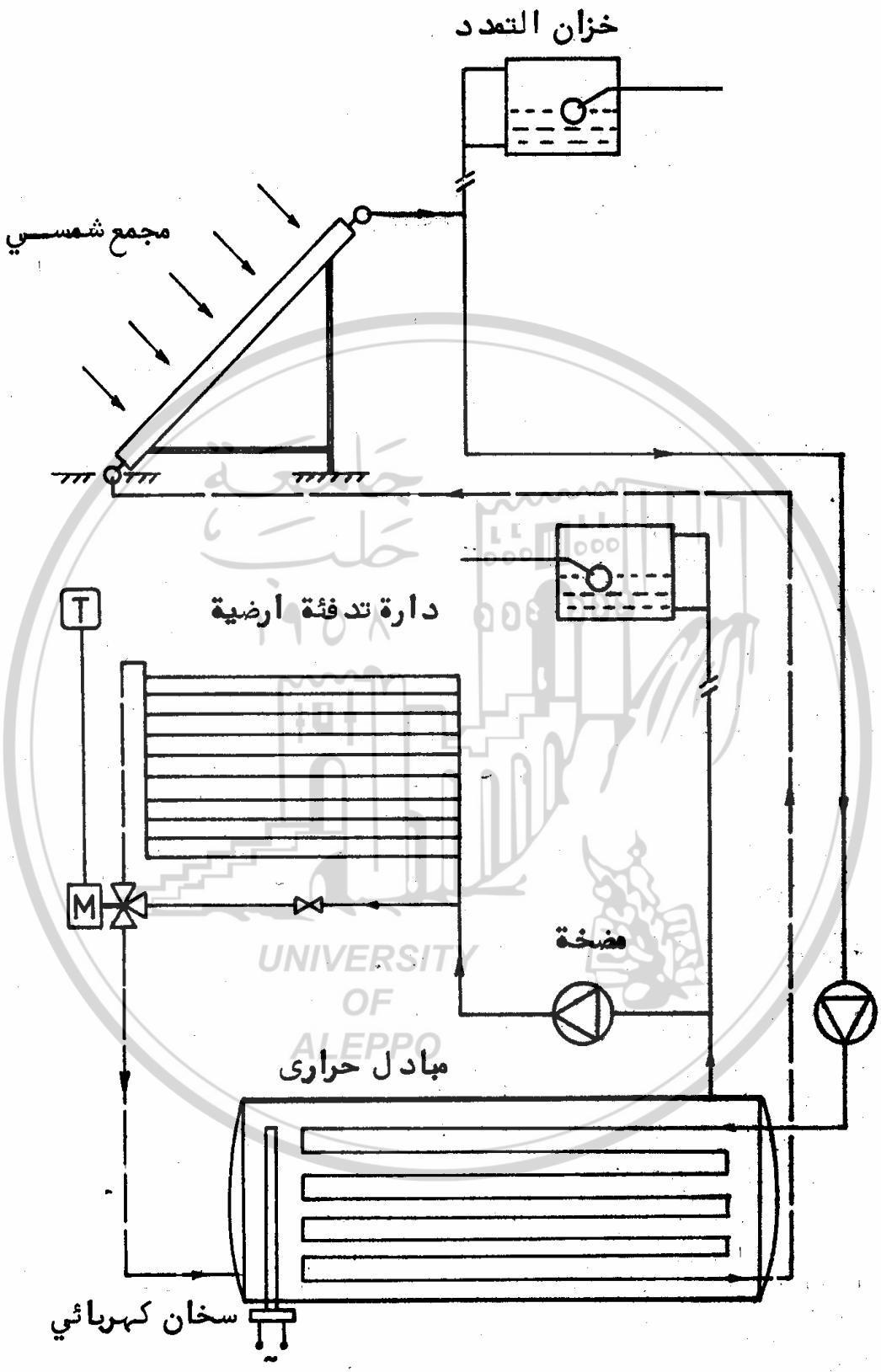
ويلاحظ أن قيمة α_α تصل إلى حوالي (78%) عند مساحة مجمعات تساوي ($20m^2$) والتي تعادل (17%) من مساحة المنزل المدروس.

يتضح من هذه الحسابات أنه مهما زادت مساحة المجمعات فإنه من غير الممكن الوصول إلى تغطية كامل الحمل الحراري الشتائي المطلوب أي لايمكن زيادة معامل التغطية الشمسي (a). فإذا استعملنا هذه النتائج يمكننا تصميم نظام تدفئة شمسي باختيار مساحة مجمعات شمسية ضمن الحدود المذكورة ودراسة الحمل الحراري باعتبار القيمة الوسطية الشهرية لدرجة الحرارة الخارجية وهذا يساعد كثيراً على تسهيل وتبسيط الحسابات.

يوضح الشكل (13-6) مخطط رمزي لدارة التدفئة المقترحة باستخدام مجمعات الطاقة الشمسية ومبادل حراري مع دارات تدفئة أرضية.

يمكن اعتبار بشكل تقريبي، درجة الحرارة الوسطية للماء في دارة التدفئة الأرضية (40^oC) ودرجة الحرارة الوسطية للمبادل الحراري ودرجة الحرارة الوسطية لدارة المجمعات الشمسية (من 45̊C إلى 50̊C).

يلاحظ ضرورة استعمال صمام ثلاثي آلي مع ترموستات لكل غرفة ليحافظ على درجة حرارة ثابتة ضمن الغرفة، ويقترح هنا استعمال مسخنات كهربائية لدعم التدفئة بالفترات غير المشمسة.



الشكل (13-6) شكل يوضح دارة تدفئة رمزية باستعمال الطاقة الشمسية

6-6-3- الدراسة الاقتصادية لسعر الكيلووات الساعي الحراري المتولد من الطاقة الشمسية:

من المخططات (8-3) و (8-4) نحدد التغيرات الشهرية للطاقة الشمسية الواردة، والحمل الحراري اللازم لتدفئة المنزل المدروس، ومعامل التغطية الشمسي، وبإضافة الأسعار الحالية للتجهيزات المطلوبة، يمكننا تقديم الكلفة الإجمالية لكل كيلووات ساعي حراري متحول من الطاقة الشمسية، مع مناقشة القيمة الاقتصادية لسعر الطاقة العادية التي يمكن أن تدخل عندها الطاقة الشمسية، بمعلومية زيادة أسعار الطاقة الحالية، تكون اقتصادية لأن الطاقة الشمسية سيكون سعرها متنازلاً مع الزمن في حين أن الطاقة العادية متزايد مع الزمن، وبالتالي خلال فترة الاستثمار سيكون الناتج أن كلفة الطاقة الشمسية الإجمالي لمدة محدود مساوية أو أقل من كلفة الطاقة التقليدية المستعملة.

إن أجهزة التحويل الشمسية الحرارية لها كلفة تأسيسية مرتفعة ولكن لايتطلب تشغيلها اعتمادات سنوية سوى التي تتعلق بأعمال الصيانة. تتطلب الدراسة الاقتصادية وضع نموذج حسابي لدراسة طرائق استثمار المجمعات الشمسية ومقارنة كلفتها مع كلفة الطاقة التقليدية، وسنعتمد لذلك العلاقة التالية :

$$C = \frac{(Ax + K)F}{\alpha . Q} \qquad (6\text{-}24)$$

حيث:

C : سعر الطاقة المفيدة التي تولدها المجمعات الشمسية إلاّ أنه يجب أن ندرك أن هذه القيمة قد عرفت بالسعر الذي يجب أن تتميز به الطاقة التقليدية التي يتم استبدالها اقتصادياً بالطاقة الشمسية. وبذلك تقدر (C) بالليرات السورية لكل كيلووات ساعي حراري مولد من الطاقة الشمسية.

A : مساحة المجمعات الشمسية المستعملة $\left(m^2\right)$

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 ويساوي:

$$F = \frac{(1+r)^n (r+e)}{(1+r)^n - (1+e)^n}$$

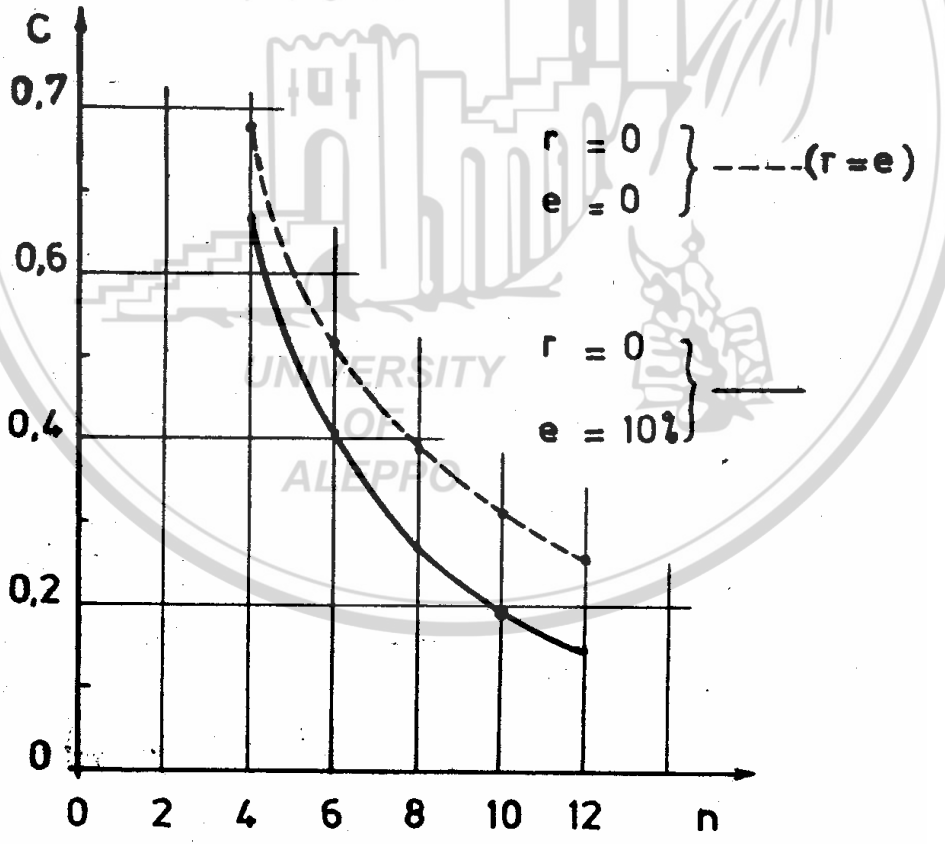
ويساوي $\frac{1}{n}$ عندما (r = e).

e : نسبة الارتفاع السنوي لسعر المازوت (أو الطاقة المستعملة كهرباء مثلاً).

n : عدد سنوات استثمار النظام الشمسي.

a : عامل التغطية السنوي.

Q : الحمل الحراري الكلي لفصل الشتاء (بالكيلووات ساعي) (kWh)

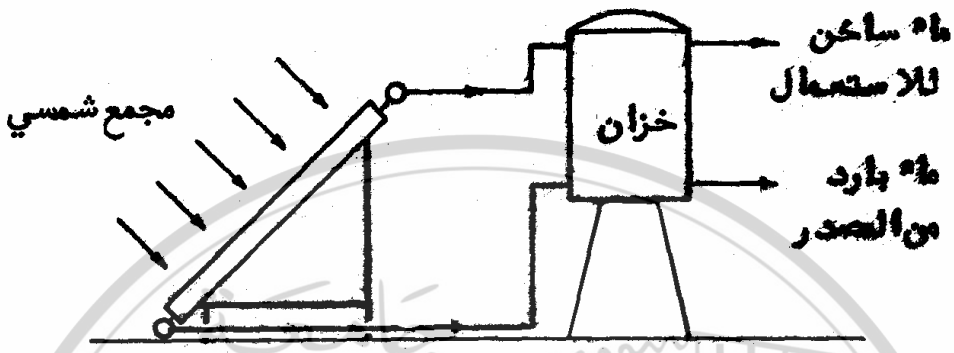


الشكل (14-6)

يبين قيمة (C) بدلالة (n) عدد سنوات الاستثمار

6-7- السخان الشمسي لماء الاستعمال:

يبين الشكل (6-15) نموذجاً بسيطاً لسخان شمسي لماء الاستعمال ويتألف من مجمع شمسي وخزان ماء وتوصيلات الأنابيب اللازمة.



الشكل (6-15)

ولحساب مساحة المجمعات الشمسية اللازمة وحجم خزان الماء المناسب نعتمد ما يلي:

إن كل شخص يلزمه يومياً حوالي (50) ليتراً من الماء الساخن بدرجة حرارة تتراوح بين (40°C إلى 60°C) . وبذلك يكون الحمل الحراري اللازم لرفع درجة حرارة كتلة الماء (m) إلى الدرجة (t) تساوي :

$$Q = m \times C \times \Delta t$$

حيث نعتبر $\left(\Delta t = 35^{o}C\right)$ فرق درجات الحرارة بين الماء البارد والماء الساخن

$\left(C = 4.180\,kJ/kg^{o}C\right)$ الحرارة النوعية للماء.

m : كتلة الماء المناسبة (kg/day). (بفرض يوم/ m = 50kg).

يكون:

$$Q = 50 \times 4.18 \times 35 = 7315\left(kj/day\right)$$

للتحويل إلى (kWh) كيلووات ساعي :

$$Q = \frac{7315}{3600} = 2.03\left(kWh/day\right)$$

إذا أخذنا معطيات مدينة دمشق نحصل على قيمة (G) لكمية الإشعاع لشهر كانون الثاني تساوي $\left(G = 3.7\ kWh/m^2.day\right)$ و يمكن الحصول عليها من الشكل (6-11).

بفرض أن المجمعات المستعملة ذات مردود حراري لايقل عن (50%) لظروف التشغيل.

نحسب المساحة (A) بالمتر المربع للمجمعات الشمسية اللازمة:

حيث :

$$A = \frac{Q}{\eta \times G}$$

$$A = \frac{2.03}{0.50 \times 3.7} = 1.1\ \left(m^2\right)$$

أي أن كل شخص يلزمه تقريباً واحد متر مربع من المجمعات الشمسية مع خزان ماء لاتقل سعته عن (50) لتر، شرط أن لايقل مردود المجمعات الشمسية عن (50%).

UNIVERSITY OF ALEPPO

الفصل السابع

دراسة تدفئة جناح لإقامة الأطباء في مشفى في مدينة حلب بالماء الساخن

نص المشروع

يُراد تدفئة جناح لإقامة الأطباء في مشفى مؤلف من طابق واحد في محافظة حلب.

الجناح مؤلف من العناصر التالية :

1- غرف الإقامة : حيث درجة حرارتها (20℃).

2- الحمامات : حيث درجة حرارتها (26℃).

3- مغاسل : حيث درجة حرارتها (18℃).

4- ممر ومصعد : على اعتبار أن درجة الحرارة (16℃).

وباعتبار أن درجة الحرارة الخارجية في مدينة حلب (2℃-).

خطوات المشروع:

- حساب الضياع الحراري عبر (الجدران، النوافذ، الأبواب، الأرضيات، الأسقف).
- حساب التسرب أو التهوية.
- حساب الإضافات وتوزيعها وعدد مقاطعها.
- حساب المرجل والحراقات وخزان الوقود.
- حساب المدخنة (مقطعها ، ارتفاعها).

تركيبة الجدران وحساب الضياع الحراري عبرها:

الجدران الخارجية:

- توريقة اسمنتية من الداخل سماكتها (2cm).
- بلوك اسمنتي مفرغ (10cm).
- فراغ هوائي (2cm).
- بلوك اسمنتي مفرغ (10cm).
- مونة اسمنتية (2cm).
- حجر تلبيس (5cm).

عامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران الخارجية:

$$U=\frac{1}{\frac{1}{8.4}+\frac{0.02}{1.163}+\frac{2\times 0.1}{0.7}+\frac{1}{5.82}+\frac{0.02}{1.4}+\frac{0.05}{1.86}+\frac{1}{33.72}}=1.5294\left(W/m^2.^oC\right)$$

عامل انتقال الحرارة الإجمالي للقواطع الداخلية:

$$U=\frac{1}{\frac{2}{8.4}+\frac{2\times 0.02}{1.163}+\frac{0.2}{0.7}}=1.7915\left(W/m^2.^oC\right)$$

جدار الحمام:

- سيراميك (بورسلان) (2cm).
- مونة اسمنتية سماكة (3cm).
- بلوك مفرغ (15cm).
- توريقة اسمنتية (2cm).

عامل انتقال الحرارة لجدار الحمام كقاطع داخلي:

$$U=\frac{1}{\frac{2}{8.4}+\frac{0.02}{1.28}+\frac{0.03}{1.4}+\frac{0.15}{0.7}+\frac{0.02}{1.163}}=1.9738\left(W/m^2.^oC\right)$$

عامل انتقال الحرارة لجدار الحمام كقاطع خارجي:

$$U=\frac{1}{\frac{1}{8.4}+\frac{0.02}{1.28}+\frac{0.03}{1.4}+\frac{2\times0.1}{0.7}+\frac{1}{5.82}+\frac{0.02}{1.4}+\frac{0.05}{1.86}+\frac{1}{33.72}}$$

السقف :

- بلاط سماكته (3cm).
- مونة اسمنتية سماكة (3cm).
- رمل تسوية " تراب ردم " سماكة (7cm).
- طبقة عازلة "اسفلت" (10cm).
- بيتون مسلح (10cm).
- زريقة اسمنتية (1.5cm).

عامل انتقال الحرارة الإجمالي للسقف:

$$U=\frac{1}{\frac{1}{9.3}+\frac{0.03}{1.4}+\frac{0.03}{1.4}+\frac{0.07}{0.582}+\frac{0.01}{0.7}+\frac{0.1}{0.7}+\frac{0.1}{0.233}+\frac{0.1}{0.233}+\frac{0.1}{1.745}+\frac{0.015}{1.163}+\frac{1}{33.72}}=$$

$$=1.229\left(W/m^2.^oC\right)$$

الأرضية :

- بلاط سماكته (2cm).
- مونة اسمنتية سماكة (4cm).
- تراب ردم (5cm)
- طبقة عازلة "اسفلت" سماكة (1 cm).
- بيتون مسلح (20cm).
- زريقة اسمنتية (2cm).

عامل انتقال الحرارة الأرضية:

$$U=\frac{1}{\frac{2}{6.2}+\frac{0.02}{1.4}+\frac{0.04}{1.4}+\frac{0.05}{0.582}+\frac{0.01}{0.301}+\frac{0.2}{1.745}+\frac{0.02}{1.163}}=1.622\left(W/m^2.^oC\right)$$

Room No	Structures	No off	L (m)	W (m)	A (cross) (m^2)	A (Net) (m^2)	u (W/m^2.C)	ΔT (C˚)	Heat loss (W)
001/20	window(N,E)	2	1.8	1.9	3.42	6.84	7.1	22	1068
	door(N,E)	1	12.9	3.5	45.15	38.31	1.5294	22	1289
	door,E	1	0.8	2	1.60	1.60	2.21	2	7
	Wall,E	1	2.5	3.5	8.75	7.15	1.9738	2	28
	Wall,S	1	2.9	3.5	10.15	10.15	1.9738	-6	-120
	Wall,S	1	1.8	3.5	6.30	6.30	1.9738	2	25
	door,W	1	1	2.2	2.20	2.20	2.21	4	19
	Wall,W	1	9.1	3.5	31.85	29.65	1.7915	4	212
	floor	1	6.4	9.1	58.24	48.62	1.622	5	394
	ceiling	1	6.4	9.1	58.24	48.62	1.229	22	1315
عدد مرات تغير الهواء n	V (m^3)	n.V (m^3/h)	ΔT (C˚)	Q(تسريب) (W)	إضافة جمة ٪	إضافة تقطع ٪	إضافة ارتفاع سقف ٪	Q(Heat loss) (W)	Q (W)
0.75	170.17	127.6275	22	983	10	10.00	0.00	4238	6265

Room No	Structures .	No off	L (m)	W (m)	A (cross) (m^2)	A (Net) (m^2)	u (W/m^2.C)	ΔT (C˚)	Heat loss (W)
002/18	wall,N	1	1.8	3.5	6.3	6.3	1.9738	-2	-25
	door,E	1	2	0.8	1.60	1.60	2.21	-8	-28
	Wall,E	1	2.5	3.5	8.75	7.15	1.9738	-8	-113
	Wall,S	1	1.8	3.5	6.30	6.30	1.9738	-2	-25
	door,W	1	2	0.8	1.60	1.60	2.21	-2	-7
	Wall,W	1	2.5	3.5	8.75	7.15	1.9738	-2	-28
	ceiling	1	1.8	2.6	4.68	4.68	1.229	20	115
عدد مرات تغير الهواء (مرة/l) n	V (m^3)	n.V (m^3/h)	ΔT (C˚)	Q(تسريب) (W)	إضافة جمة ٪	إضافة تقطع ٪	إضافة ارتفاع سقف ٪	Q(Heat loss) (W)	Q (W)
0.00	17.29	0	كسب حراري	0	5	10.00	0.00	-111	-128

Room No	Structures	No off	L (m)	W (m)	A (cross) (m^2)	A (Net) (m^2)	u (W/m^2.C)	ΔT (C˚)	Heat loss (W)
003/26	wall,N	1	1.9	3.5	6.65	6.65	1.9738	6	79
	Window,E	1	1.8	1.2	2.16	2.16	7.1	28	429
	Wall,E	1	2.5	3.5	8.75	6.59	1.461	28	270
	Wall,S	1	1.9	3.5	6.65	6.65	1.9738	6	79
	door,W	1	2	0.8	1.60	1.60	2.21	8	28
	Wall,W	1	2.5	3.5	8.75	7.15	1.9738	8	113
	ceiling	1	1.9	2.6	4.94	4.94	1.229	28	170
	floor	1	1.9	2.6	4.94	4.94	1.622	8	64
عدد مرات تغير الهواء (مرة/l) n	V (m^3)	n.V (m^3/h)	ΔT (C˚)	Q(تسريب) (W)	إضافة جمة ٪	إضافة تقطع ٪	إضافة ارتفاع سقف ٪	Q(Heat loss) (W)	Q (W)
1.00	17.29	17.29	28	169	5	10.00	0.00	1232	1611

Room No	Structures	No off	L (m)	W (m)	A (cross) (m^2)	A (Net) (m^2)	u (W/m^2.C)	ΔT (C˚)	Heat loss (W)
004/20	wall,N	1	1.9	3.5	6.65	6.65	1.9738	-6	-79
	wall,N	1	1.8	3.5	6.30	6.30	1.9738	2	25
	door,N	1	2	0.8	1.60	1.60	2.21	-6	-21
	Wall,N	1	1.8	3.5	6.30	4.70	1.9738	-6	-56
	Window,E	1	1.8	1.2	2.16	2.16	7.1	22	337
	Wall,E	1	4	3.5	14.00	11.84	1.5294	22	398
	door,W	1	2.2	1	2.20	2.20	2.21	4	19
	Wall,W	1	2.6	3.5	9.10	9.10	1.9738	-6	-108
	ceiling	1	6.4	4	25.60	21.41	1.229	22	579
	floor	1	6.4	4	25.6	21.41	1.622	10	347
عدد مرات تغير الهواء	V	n.V	ΔT	Q(تمرير)	إضافة جهة	إضافة تقطع	إضافة ارتفاع سقف	Q(Heat loss)	Q
n	(m^3)	(m^3/h)	(C˚)	(W)	%	%	%	(W)	(W)
1.00	74.935	74.935	22	577	5	10.00	0.00	1443	2323

Room No	Structures	No off	L (m)	W (m)	A (cross) (m^2)	A (Net) (m^2)	u (W/m^2.C)	ΔT (C˚)	Heat loss (W)
005/26	wall,N	1	1	3.5	3.5	3.5	1.9738	6	41
	wall,N	1	0.7	3.5	2.45	2.45	1.9738	21	102
	Wall,E	1	2.6	3.5	9.10	9.10	1.9738	6	108
	door,S	1	2	0.8	1.60	1.60	2.21	6	21
	Wall,S	1	1.8	3.5	6.30	4.70	1.9738	6	56
	Window,W	1	0.4	0.4	0.16	0.16	7.1	21	24
	Wall,W	1	0.7	3.5	2.45	2.29	1.9738	21	95
	Wall,W	1	1.9	3.5	6.65	6.65	1.9738	10	131
	ceiling	1	1.8	2.6	4.68	4.19	1.229	28	144
	floor	1	1.8	2.6	4.68	4.19	1.622	16	109
عدد مرات تغير الهواء	V	n.V	ΔT	Q(تمرير)	إضافة جهة	إضافة تقطع	إضافة ارتفاع سقف	Q(Heat loss)	Q
n	(m^3)	(m^3/h)	(C˚)	(W)	%	%	%	(W)	(W)
2.00	14.665	29.33	21	216	5	10.00	0.00	831	1203

Room No	Structures	No off	L (m)	W (m)	A (cross) (m^2)	A (Net) (m^2)	u (W/m^2.C)	ΔT (C˚)	Heat loss (W)
006/20	Window,E	1	1.8	1.2	2.16	2.16	7.1	22	337
	Wall,E	1	4	3.5	14.00	11.84	1.5294	22	398
	Wall,W	1	0.6	3.5	2.10	2.10	1.7915	15	56
	Wall,W	1	2	3.5	7.00	7.00	1.9738	-6	-83
	door,W	1	2.2	1	2.20	2.20	2.21	4	19
	door,S	1	2	0.8	1.60	1.60	2.21	-6	-21
	Wall,S	1	1.9	3.5	6.65	5.05	1.9738	-6	-60
	ceiling	1	6.4	4	25.60	21.10	1.229	22	571
	floor	1	6.4	4	25.6	21.1	1.622	10	342

عدد مرات تغير الهواء	V	n.V	ΔT	Q(تسريب)	إضافة جهة	إضافة تقطع	إضافة ارتفاع سقفه	Q(Heat loss)	Q
n	(m^3)	(m^3/h)	(C˚)	(W)	٪	٪	٪	(W)	(W)
1.00	73.85	73.85	22	569	5	10.00	0.00	1560	2448

Room No	Structures	No off	L (m)	W (m)	A (cross) (m^2)	A (Net) (m^2)	u (W/m^2.C)	ΔT (C˚)	Heat loss (W)
007/26	door,N	1	2	0.80	1.6	1.60	2.2100	6	21
	Wall ,N	1	1.9	3.50	6.65	5.05	1.9738	6	60
	Window,S	1	0.4	0.40	0.16	0.16	7.1000	21	24
	Wall ,S	1	1.9	3.50	6.65	6.49	1.9738	21	269
	Wall,E	1	2	3.50	7	7.00	1.9738	6	83
	Wall,W	1	2	3.50	7	7.00	1.9738	10	138
	ceiling	1	1.9	1.80	3.42	3.42	1.2290	28	118
	floor	1	1.9	1.80	3.42	3.42	1.6220	16	89

عدد مرات تغير الهواء	V	n.V	ΔT	Q(تسريب)	إضافة جهة	إضافة تقطع	إضافة ارتفاع سقفه	Q(Heat loss)	Q
n	(m^3)	(m^3/h)	(C˚)	(W)	٪	٪	٪	(W)	(W)
2.00	11.97	23.94	21	176	5	10.00	0.00	801	1124

Room No	Structures	No off	L (m)	W (m)	A (cross) (m^2)	A (Net) (m^2)	u (W/m^2.C)	ΔT (C˚)	Heat loss (W)
008/20	Window,E	1	1.8	1.2	2.16	2.16	7.1	22	337
	Wall,E	1	4	3.5	14.00	11.84	1.5294	22	398
	Wall,W	1	0.6	3.5	2.10	2.10	1.7915	15	56
	Wall,W	1	2	3.5	7.00	7.00	1.9738	-6	-83
	door,W	1	2.2	1	2.20	2.20	2.21	4	19
	door,N	1	2	0.8	1.60	1.60	2.21	-6	-21
	Wall,N	1	1.9	3.5	6.65	5.05	1.9738	-6	-60
	Window,S	1	1.8	1.9	3.42	3.42	7.1	22	534
	Wall,S	1	6.4	3.5	22.40	18.98	1.5294	22	639
	ceiling	1	6.4	4	25.60	21.10	1.229	22	571
	floor	1	6.4	4	25.6	21.1	1.622	10	342

عدد مرات تغير الهواء	V	n.V	ΔT	Q(تسريب)	إضافة جهة	إضافة تقطع	إضافة ارتفاع سقفه	Q(Heat loss)	Q
n	(m^3)	(m^3/h)	(C˚)	(W)	٪	٪	٪	(W)	(W)
1.00	110.775	110.775	22	853	5	10.00	0.00	2733	4124

Room No	Structures	No off	L (m)	W (m)	A (cross) (m^2)	A (Net) (m^2)	u (W/m^2.C)	ΔT (C˚)	Heat loss (W)
009/26	door,S	1	2	0.80	1.6	1.60	2.2100	6	21
	Wall ,S	1	1.9	3.50	6.65	5.05	1.9738	6	60
	Window,N	1	0.4	0.40	0.16	0.16	7.1000	21	24
	Wall ,N	1	1.9	3.50	6.65	6.49	1.9738	21	269
	Wall,E	1	2	3.50	7	7.00	1.9738	6	83
	Wall,W	1	2	3.50	7	7.00	1.9738	10	138
	ceiling	1	1.9	1.80	3.42	3.42	1.2290	28	118

009/26	floor	1	1.9	1.80	3.42	3.42	1.6220	16	89
عدد مرات تغير الهواء	V	n.V	ΔT	Q(تسريب)	إضافة جمة	إضافة تقطع	إضافة ارتفاع سقف	Q(Heat loss)	Q
n	(m^3)	(m^3/h)	(C˚)	(W)	٪	٪	٪	(W)	(W)
2.00	11.97	23.94	21	176	5	10.00	0.00	801	1124

Room No	Structures	No off	L (m)	W (m)	A (cross) (m^2)	A (Net) (m^2)	u (W/m^2.C)	ΔT (C˚)	Heat loss (W)
010/20	door,E	1	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2100	4	19
	Wall ,E	1	8.4	3.50	29.4	27.20	1.7915	4	195
	Window,S,W	3	1.8	1.20	2.16	6.48	7.1000	22	1012
	Wall ,S,W	1	12.8	3.50	44.8	38.32	1.5294	22	1289
	Wall,N	1	4.1	3.50	14.35	14.35	1.7915	4	103
	ceiling	1	4.1	8.40	34.44	34.44	1.2290	22	931
	floor	1	4.1	8.40	34.44	34.44	1.6220	10	559
عدد مرات تغير الهواء	V	n.V	ΔT	Q(تسريب)	إضافة جمة	إضافة تقطع	إضافة ارتفاع سقف	Q(Heat loss)	Q
n	(m^3)	(m^3/h)	(C˚)	(W)	٪	٪	٪	(W)	(W)
0.75	120.54	90.405	22	696	5	10.00	0.00	4109	5525

Room No	Structures	No off	L (m)	W (m)	A (cross) (m^2)	A (Net) (m^2)	u (W/m^2.C)	ΔT (C˚)	Heat loss (W)
011/26	wall,N	1	1.8	3.5	6.3	6.3	1.9738	6	75
	door,E	1	2	0.8	1.60	1.60	2.21	6	21
	Wall,E	1	3	3.5	10.50	8.90	1.9738	6	105
	Wall,S	1	1.8	3.5	6.30	6.30	1.9738	10	124
	Window,W	1	0.5	0.5	0.25	0.25	7.1	28	50
	Wall,W	1	3	3.5	10.50	10.25	1.5294	28	439
	ceiling	1	1.9	2.9	5.51	5.51	1.229	28	190
	floor	1	1.9	1.9	5.51	5.51	1.622	16	143
عدد مرات تغير الهواء	V	n.V	ΔT	Q(تسريب)	إضافة جمة	إضافة تقطع	إضافة ارتفاع سقف	Q(Heat loss)	Q
n	(m^3)	(m^3/h)	(C˚)	(W)	٪	٪	٪	(W)	(W)
2.00	19.285	38.57	28	378	5	10.00	0.00	1147	1754

Room No	Structures	No off	L (m)	W (m)	A (cross) (m^2)	A (Net) (m^2)	u (W/m^2.C)	ΔT (C˚)	Heat loss (W)
012/20	Window,N	1	1.8	1.2	2.16	2.16	7.1	22	337
	Wall,N,W	1	11	3.5	38.50	36.34	1.5294	22	1223
	door,W	1	2	0.8	1.60	1.60	2.21	-6	-21
	Wall,W	1	3	3.5	10.50	8.90	1.9738	-6	-105
	Wall,S	1	1.8	3.5	6.3	6.3	1.9738	-6	-75
	Wall,S	1	2.1	3.5	7.35	7.35	1.7915	4	53
	door,E	1	1.8	1.9	3.42	3.42	2.21	4	30
	Wall,E	1	9.6	3.5	33.60	30.18	1.7915	4	216
	ceiling	1				32.71	1.229	22	884
	floor	1				32.71	1.622	10	531

عدد مرات تغير الهواء n	V (m^3)	n.V (m^3/h)	ΔT (C˚)	Q(تسريب) (W)	إضافة جهة ٪	إضافة تقطع ٪	إضافة ارتفاع سقف ٪	Q(Heat loss) (W)	Q (W)
0.75	114.485	85.86375	22	661	10	10.00	0.00	3073	4481

Room No	Structures	No off	L (m)	W (m)	A (cross) (m^2)	A (Net) (m^2)	u (W/m^2.C)	ΔT (C˚)	Heat loss (W)
013/16	door,E	1	2.2	1	2.2	2.2	2.21	-4	-19
	Wall,E	1	9.1	3.5	31.85	29.65	1.7915	-4	-212
	Wall,E	1	0.7	3.5	2.45	2.45	1.7915	11	48
	Wall,E	1	1.9	3.5	6.65	6.65	1.9738	-10	-131
	Wall,E	2	2	3.5	7	14	1.9738	-10	-276
	Wall,E	1	1.4	3.5	4.9	4.9	1.7915	11	97
	door,S	1	2	2	4	4	6.4	18	461
	Wall,S	1	3.8	3.5	13.3	9.3	1.5294	18	256
	Wall,S,N	2	4.1	3.5	14.35	28.7	1.7915	-4	-206
	door,W	1	2.2	1	2.2	2.2	2.21	-4	-19
	door,W	1	1.8	1.9	3.42	3.42	2.21	-4	-30
	Wall,W	1	18.1	3.5	63.35	57.73	1.7915	-4	-414
	Wall,W	1	3.3	3.5	11.55	11.55	1.5294	18	318
	Window,N	1	1.8	1.2	2.16	2.16	7.1	18	276
	Wall,N	1	3.8	3.5	13.3	11.14	1.5294	18	307
	ceiling	1				97.46	1.229	18	2156
	floor	1				97.46	1.622	6	948

عدد مرات تغير الهواء n	V (m^3)	n.V (m^3/h)	ΔT (C˚)	Q(تسريب) (W)	إضافة جهة ٪	إضافة تقطع ٪	إضافة ارتفاع سقف ٪	Q(Heat loss) (W)	Q (W)
2.00	341.11	682.22	18	4298	10	10.00	0.00	3558	9428

Heat Required and Radiators

Room N/C	Design وصف الغرفة	total Heat Rfq (W)	ΔT (C)	Type النموذج المختار	Size H (m)	عدد الأضلع	حمل المقطع Q (W)	rad X sec	الحمل الكلي (W)	l (m)
001/20	غرفة إقامة للأطباء	6265	60	R	750	5	214	2X15	6420	0.93
002/18	مغاسل	-128								
003/26	حمام	1611	54	R	750	5	180	1X9	1620	0.57
004/20	غرفة إقامة للأطباء	2323	60	R	750	5	214	1X11	2354	0.69
005/26	حمام	1203	54	R	750	5	180	1X7	1260	0.45
006/20	غرفة إقامة للأطباء	2448	60	R	750	5	214	1X12	2568	0.75
007/26	حمام	1124	54	R	750	5	180	1X7	1260	0.45
008/20	غرفة إقامة للأطباء	4124	60	R	750	5	214	2X10	4280	0.63
009/26	حمام	1124	54	R	750	5	180	1X7	1260	0.45
010/20	غرفة الأطباء	5525	60	R	750	5	214	3X9	5778	0.57
011/26	حمام	1754	54	R	750	5	180	1X10	1800	0.63
012/20	غرفة إقامة للأطباء	4481	60	R	750	5	214	2X11	4708	0.69
013/16	ممر	9428	64	R	750	5	237	4X10	9480	0.63
				42788		الحمل الكلي للجناح				

التدفقات و السرع و أقطار الأنابيب

المقطع section	L طول الأنبوبه (m)	الإحتياج الحراري (W)	1.15من الإحتياج الحراري (W)	W التدفق (ton/h)	V السرعة (m/s)	d القطر (inch)	R
1-1´	1	2354	2707.1	0.1164053	0.2	1/2	5
1-2	4.7	2354	2707.1	0.1164053	0.2	1/2	5
2-2"	0.4	2568	2953.2	0.1269876	0.23	1/2	5.5
2-3	4.5	4922	5660.3	0.2433929	0.45	1/2	18
3-3´	1	2140	2461	0.105823	0.2	1/2	5
3-4	4.9	7062	8121.3	0.3492159	0.33	3/4	7.5
4-4´	1	2140	2461	0.105823	0.2	1/2	5
4-5	3.1	9202	10582.3	0.4550389	0.45	3/4	12
5-6	2.1	4740	5451	0.234393	0.4	1/2	16.5
6-6´	1	2370	2725.5	0.1171965	0.2	1/2	5
6-7	10	2370	2725.5	0.1171965	0.2	1/2	5
7-7´	1	2370	2725.5	0.1171965	0.2	1/2	5

التدفقات و السرع و أقطار الأنابيب

المقطع section	طول الأنبوب L (m)	الإحتياج الحراري (W)	1.15من الإحتياج الحراري (W)	التدفق W (ton/h)	السرعة V (m/s)	القطر d (m)	R
5-8	3.3	13942	16033.3	0.6894319	0.43	1	8.5
8-9	2.1	5778	6644.7	0.2857221	0.25	3/4	5
9-9´	1	1926	2214.9	0.0952407	0.2	1/2	5
9-10	3.6	3852	4429.8	0.1904814	0.35	1/2	11.5
10-10´	1	1926	2214.9	0.0952407	0.2	1/2	5
10-11	4.1	1926	2214.9	0.0952407	0.2	1/2	5
11-11´	1	1926	2214.9	0.0952407	0.2	1/2	5
8-12	2	19720	22678	0.975154	0.58	1	15.5
12-13	10	22090	25403.5	1.0923505	0.4	1 1/4	5
13-14	11.65	24460	28129	1.209547	0.43	1 1/4	6
15-15´	1	2354	2707.1	0.1164053	0.2	1/2	5
15-16	9.5	2354.00	2707.1	0.1164053	0.2	1/2	17
16-16´	1	2354	2707.1	0.1164053	0.2	1/2	5
16-17	12.3	4708	5414.2	0.2328106	0.4	1/2	17
17-18	0.2	6420	7383	0.317469	0.3	3/4	6
18-19	10	6420	7383	0.317469	0.3	3/4	6
19-19´	1	3210	3691.5	0.1587345	0.3	1/2	8
19-20	6.1	3210	3691.5	0.1587345	0.3	1/2	8
20-20´	1	3210	3691.5	0.1587345	0.3	1/2	8
17-21	6.25	11128	12797.2	0.5502796	0.5	3/4	17
22´-22	1	1260	1449	0.062307	0.2	1/2	5
22-23	4	1260	1449	0.062307	0.2	1/2	5
23-23´	3.2	1260	1449	0.062307	0.2	1/2	5
23-24	6.6	2520	2898	0.124614	0.25	1/2	6
24-24´	1	1260	1449	0.062307	0.2	1/2	5
24-25	2	3780	4347	0.186921	0.35	1/2	11
25-25´	6.5	1620	1863	0.080109	0.2	1/2	5
25-26	0.3	5400	6210	0.26703	0.25	3/4	5.5
26-26´	11.6	1800	2070	0.08901	0.2	1/2	5
26-27	1.3	7200	8280	0.35604	0.33	3/4	7.5
27-28	1.6	42788	49206.2	2.1158666	0.5	1 1/2	7

تصميم الدارة الأسوأ

المقطع section	d (inch)	V (m/s)	W (ton/h)	التصميم	عدد الأكواع المكافئة	الطول المكافئ للكوع الواحد	الطول المكافئ للأكواع	طول الأنبوب L (m)	الطول الكلي (m)	R	R.L (mmH2O)
1-1	1/2	0.2	0.116405	نصف مشع	1.5	0.34	1.53	1	2.53	5	12.65
				سكر زاوية للمشع	2						
				كوع (٩٠)	1						
					4.5						
1-2	1/2	0.2	0.116405	كوع (٩٠) عدد ٣	3	0.34	1.02	4.7	5.72	5	28.6
2-3	1/2	0.45	0.243393	تفريعة (٥٠%)	0.6	0.4	1.04	4.5	5.54	18	99.72
				كوع(٩٠) عدد٢	2						
					2.6						
3-4	3/4	0.33	0.349216	كوع (٩٠)	1	0.526	0.7364	4.9	5.6364	7.5	42.273
				نقاصة	0.4						
					1.4						
4-5	3/4	0.45	0.455039					3.1	3.1	12	37.2
5-8	1	0.43	0.689432	تفريعة (٦٥%)	0.25	0.715	0.46475	3.3	3.76475	8.5	32.00038
				نقاصة	0.40						
					0.65						
8-12	1	0.58	0.975154	تفريعة (٧٠%)	2.5	0.754	1.885	2	3.885	15.5	60.2175
12-13	1 1/4	0.4	1.092351	نقاصة	0.4	0.95	0.38	10	10.38	5	51.9
13-14	1 1/4	0.43	1.209547	كوع (٩٠) عدد ٤	4	0.959	23.016	11.65	34.666	6	207.996
				صمام عدم رجوع	20						
					24						
14-28	1 1/2	0.5	2.115867	مجمع	1	1.16	5.22	1.6	6.82	7	47.74
				نصف مرجل	1.5						
				كوع (٩٠)	1						
				سكر جارور عدد٢	1						
					4.5						
					∑R.L	620.2969					

حساب استطاعة المضخة:

$$P = \frac{W.H}{\eta.102}$$

$$H = \sum r.L \times 1.2 \times 1.1 \times 10^{-3} = 620.2969 \times 2 \times 1.1 \times 10^{-3} = 1.365\left(mH_2O\right)$$

$$Q_w = V.C_p.\Delta t = 200 \times 4.186 \times 50 \times \frac{10^3}{3600} = 11627.78 \approx 1162\left(W\right)$$

$$W = \left(Q_{bi} + Q_w\right) \times 1.15 \times 4.3 \times 10^{(-3)} = \left(42788 + 11628\right) + 1.15 \times 4.3 \times 10^{-5}$$

$$W = 269.087\left(ton/h\right) = 269.087 \times \frac{10^3}{3600} = 74.75\left(kg/s\right)$$

$$P = \frac{W.H}{\eta.102} = \frac{0.747 \times 1.365}{0.7 \times 102} = 0.0142KW = 14.2W$$

حساب قطر المجمع:

$$W = \rho.v.A \rightarrow A = \frac{W}{\rho.V} = \frac{74.75}{1000.\left(0.3\right)} = 0.249\left(m^2\right) \rightarrow A$$

$$= \frac{\pi.D^2}{4} \rightarrow D = 0.563\left(m\right)$$

حمل المرجل:

$$Q_{boi} = 1.3 \times \left(Q_{bi} + Q_w\right) = 1.3 \times \left(42788 + 11628\right) = 70740.8 \approx 70741\left(W\right)$$

استهلاك الحراق:

$$\dot{m}_f = \frac{3.6 \times Q_{bi}.N.f.C \times 24 \times 3.6}{C_v.\mu_b} =$$

$$= \frac{0.75 \times 42788 \times 150 \times 1 \times 0.6 \times 24 \times 3.6}{42000 \times 0.7} = 8487.7\left(kg_f / year\right)$$

مقطع المدخنة الشاقولية:

$$A = \frac{W}{100.\sqrt{H}} = \frac{5.239}{100.\sqrt{8.5}} =$$

$$= 0.017969\left(m^2\right) \approx 0.018\left(m^2\right) = 180\left(cm^2\right)$$

نصمم المدخنة الشاقولية مربعة الشكل وأبعادها 20 × 20 من قرميد وطني ذي الأبعـاد $20\times10\times5$.

مقطع المدخنة الأفقية:

$$A_f = 1.2\times A = 1.2\times180 = 216\left(cm^2\right)$$

مقطع قناة سحب الهواء الفاسد:

$$A_g = \frac{A}{2} = \frac{180}{2} = 90\left(cm^2\right)$$

مقطع قناة سحب الهواء الجديد الطازج:

$$A_a = \frac{A_g + A}{2} = \frac{90+180}{2} = 135\left(cm^2\right)$$

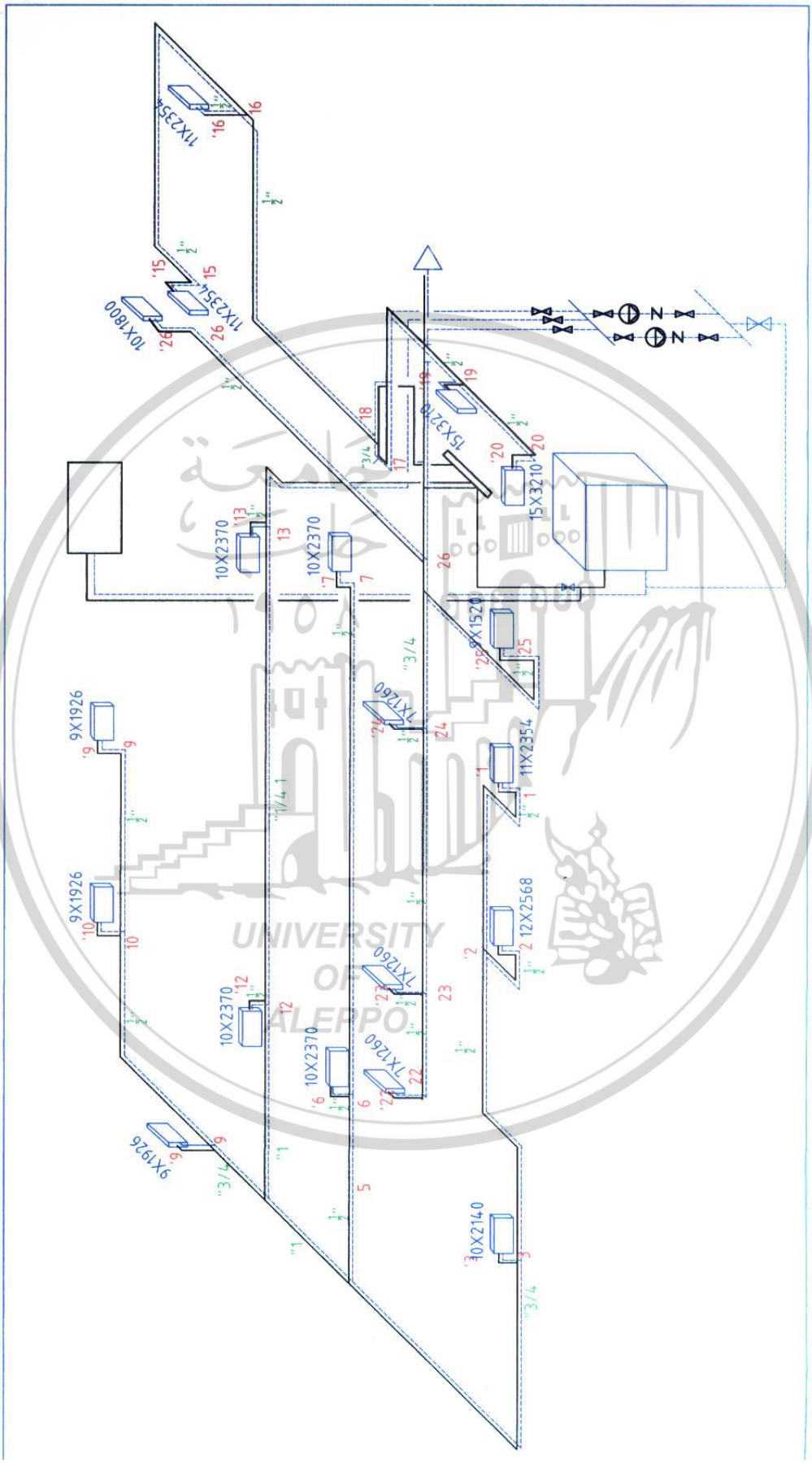
سعة خزان التمدد:

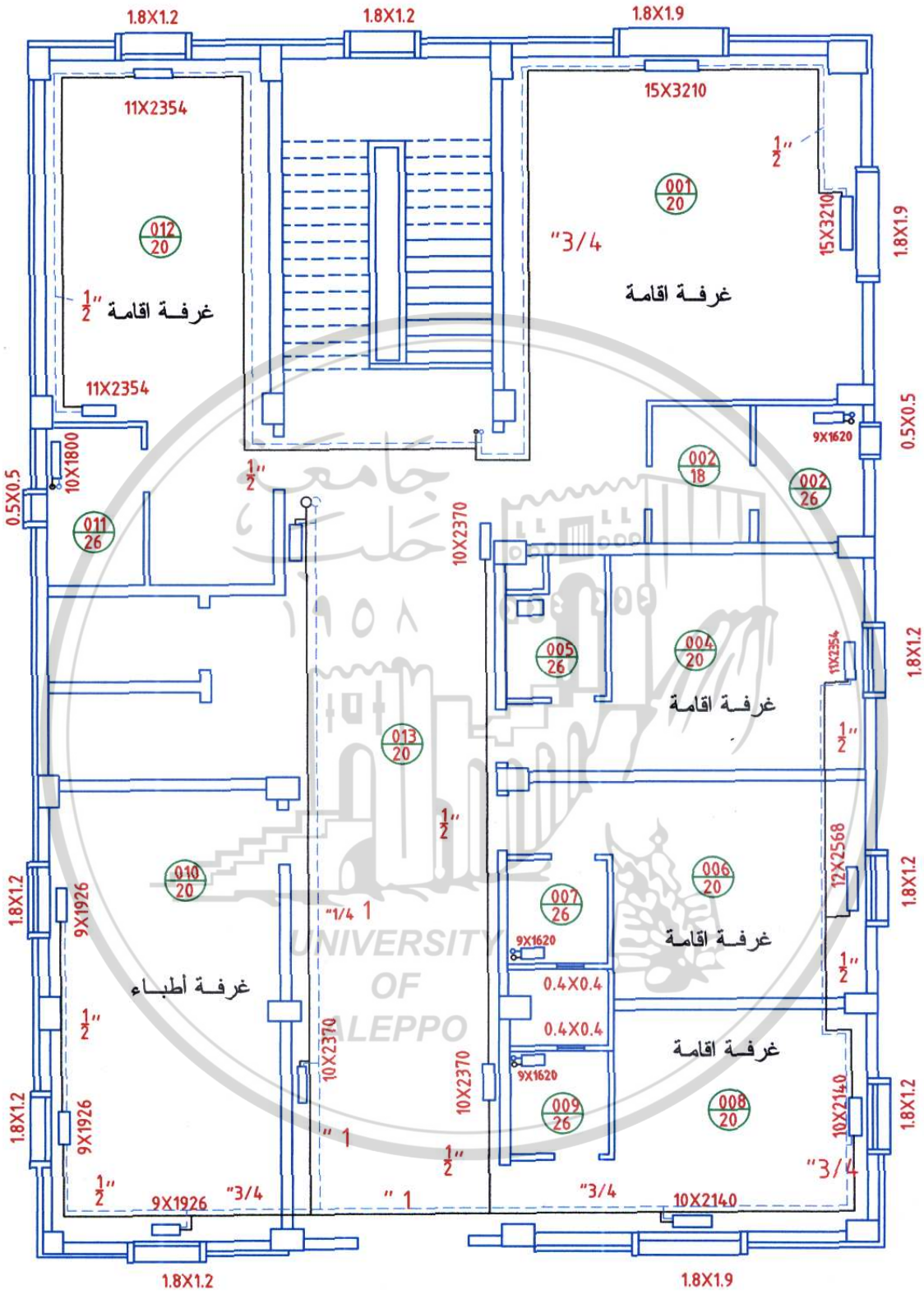
$$V = \frac{0.03\times Q_{bi}}{C_p.\Delta t} = \frac{0.03\times42788\times0.86}{1\times20} = 55.196 \approx 55\left(lit/h\right)$$

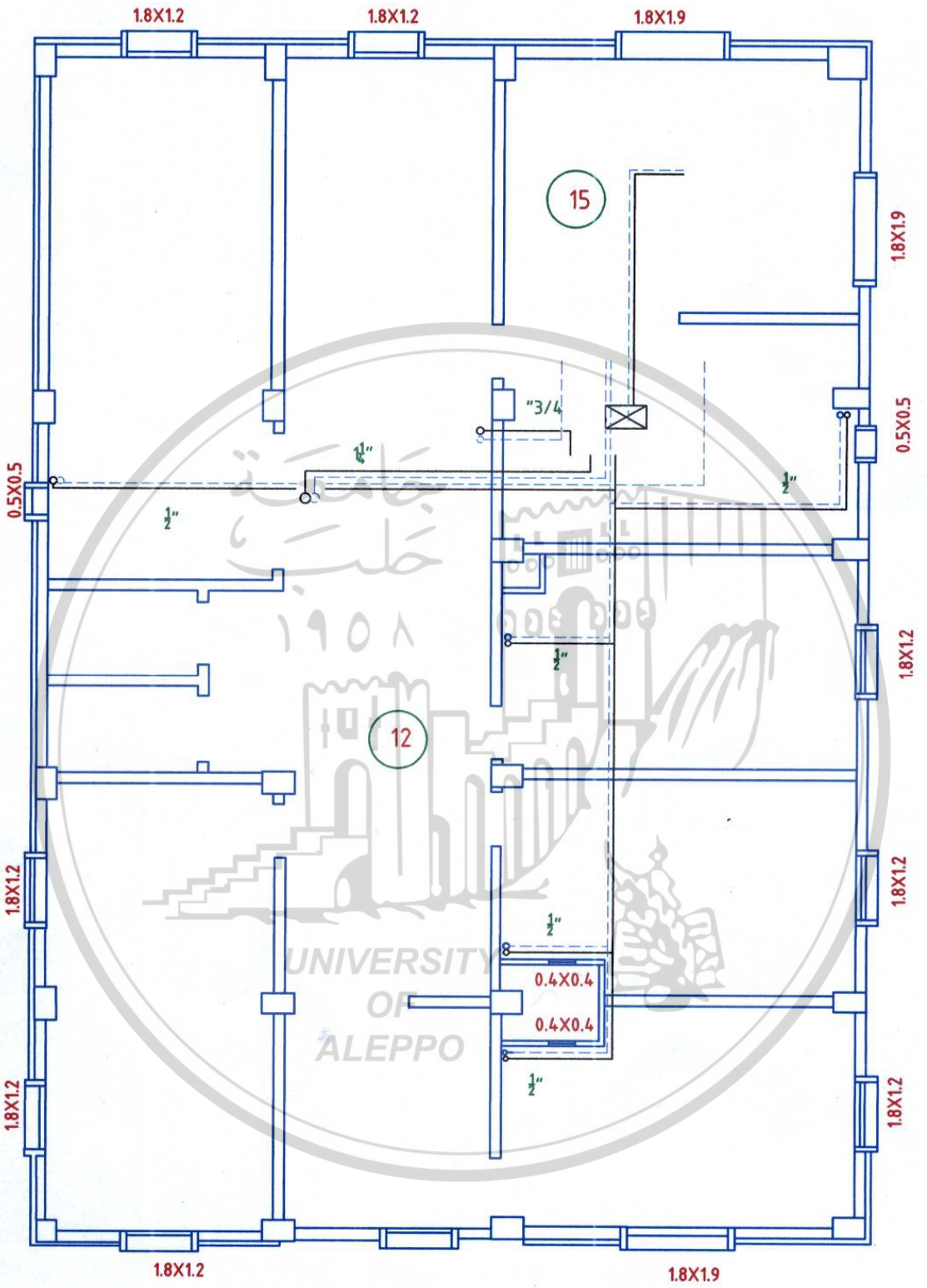
$$d_1 = 15 + \sqrt{2q_{boit}} = 15 + \sqrt{2\times70.741} = 26.89\left(mm\right)$$

$$d_2 = 15 + \sqrt{0.9\times q_{boit}} = 15 + \sqrt{0.9\times70.741} = 22.97\left(mm\right)$$

UNIVERSITY OF ALEPPO


11X2354
10X1800
11X2354
15X3210
10X2370
10X2370
9X1520
9X1926
11X2354
9X1926
12X2568
10X2370
10X2370
9X1926
10X2140


1.8X1.2
1.8X1.2
1.8X1.9
11X2354
15X3210
غرفة اقامة
غرفة اقامة
غرفة اقامة
غرفة اقامة
غرفة اقامة
غرفة أطباء
غرفة اقامة
غرفة اقامة
10X1800
0.5X0.5
9X1620
10X2370
12X2568
10X2140
9X1926
0.4X0.4
1.8X1.2
1.8X1.9
001 20
002 18
002 26
004 20
005 26
006 20
007 26
008 20
009 26
010 20
011 26
012 20
013 20
UNIVERSITY OF ALEPPO


1.8X1.2
1.8X1.2
1.8X1.9
15
1.8X1.9
"3/4
0.5X0.5
0.5X0.5
1"
1"
1"
1"
1.8X1.2
12
1.8X1.2
1.8X1.2
1"
0.4X0.4
0.4X0.4
1"
1.8X1.2
1.8X1.2
1.8X1.2
1.8X1.9

القبـــــو

الرموز

نذكر الرموز المستخدمة بشكل دوري ، أما الرموز المستخدمة لمرة واحدة فتعرف في حينه

الرمز	المعنى	الواحدة
A	المساحة	m^2
Az	زاوية السمت الجغرافي	درجة
C	عامل الطقس	-
Ca	توصيل الفراغ الهوائي	$w/m^2.C^o$
Cp	الحرارة النوعية تحت ضغط ثابت	$KJ/Kg.C^o$
C_v	القيمة الحرارية للوقود	KJ/Kg
F	عامل الاستعمال	-
f	معامل التوصيل السطحي	$w/m^2.C^o$
H	الارتفاع	m
h	انتالبي الهواء	KJ/Kg
h_s	زاوية ارتفاع الشمس	درجة
I	كثافة الاشعاع الشمسي	w/m^2
K_{ef}	معامل الفعالية المكافئ	$w/m^2.k$
m	التدفق	Kg/S
n	عدد مرات تغير الهواء بالساعة	1/h
n_s	رقم اليوم في السنة	-
Q	كمية الحرارة المنتقلة	W
q	كمية الحرارة النوعية المنتقلة	W/m^2
R_H	الرطوبة النسبية	%
S	عامل النفوذ الحراري للاشعاعات الشمسية	-

جامعة حلب UNIVERSITY OF ALEPPO

الرمز	المعنى	الواحدة
t	درجة الحرارة	C^o
t_s	التوقيت الشمسي	h
u	عامل انتقال الحرارى الاجمالي	$W/m^2.C^o$
v	الحجم	m^3
u	غزارة الماء	m^3/S
W	استطاعة الحرارة	Kg/h
الرموز الإغريقية		
α	عامل الحمل الحراري	$W/m^2.C^o$
δ	السماكة	m
δs	زاوية الانحراف الشمسي	درجة
η	المردود	%
λ	الايصالية الحرارية	$W/m.C^o$
ϕ	الرطوبة النوعية	Kg/Kg
ϕ_s	زاوية خط العرض الجغرافي	درجة
ω	زاوية الزمن	درجة

UNIVERSITY OF ALEPPO

دليل المصطلحات العلمية

A

Absolute humidity	الرطوبة المطلقة
Absolute temperature	درجة الحرارة المطلقة
Absorption, dehumidifying	الامتصاص (تجفيف)
Absorptive	الامتصاصية
Adiabatic saturation	الإشباع الأدياباتي
Air, changes of	تغيرات الهواء
Air composition	تركيب الهواء
Air, desirable for ventilation	الهواء اللازم للتهوية
Air flow (induct)	تدفق الهواء (في المجرى)
Air pollution	تلوث الهواء
Air sterilization	تعقيم الهواء
Air properties	خواص الهواء
Air motion	حركة الهواء
Air conditioning	تكييف الهواء
air distribution	توزيع الهواء
Air ducts	مجاري الهواء
Air mixtures	مزج الهواء
Air space	الفراغ الهوائي
Air stream	تيار الهواء

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

Air washer	غاسل هواء
Air-conditioning systems	أنظمة تكييف الهواء
Air-conditioning units	وحدات تكييف الهواء
Air – cooled condenser	مكثف ذو تبريد هوائي
Ammonia	النشادر
Anemometer	مقياس سرعة الهواء
Angle valve	سكر زاوية
Ash	رماد
Automatic control	تحكم آلي
Axial – flow fans	مراوح الجريان المحوري

B

Barometric pressure	الضغط الجوي
Body	جسم
Boiler	مرجل
Boiler rating	استطاعة المرجل
Cast – iron boiler	مراجل حديد الصب
Boiler selection	اختيار المرجل
Tubular boilers	المراجل الأنبوبية
Boiler connections	توصيلات المرجل
Brass pipe	أنبوب نحاسي
British thermal unit (Btu)	وحدة قياس الحرارة البريطانية
By – pass	تمرير (تفويت)

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

C

Cabinet convector	علبة المبادل بالحمل
Calorific value fuel	القيمة الحرارية للوقود
Carbon dioxide	ثاني أوكسيد الفحم
Cast-iron heater	المسخنات من حديد الصب
Cast-iron radiators	المشعات من حديد الصب
Ceiling	سقف
Ceiling panel heating	التدفئة بشبكة سقفية
Central heating	التدفئة المركزية
Centrifugal pump	مضخة نابذة
Check valve	صمام عدم رجوع
Chilled – water	ماء مبرد
Chiller	مبرد
Chimney	المدخنة
Coal	فحم
Coefficient of performance	معامل الأداء
Coefficient of transmission	معامل الانتقال
Coils	وشائع
Coke	فحم الكوك
Cold – air pipes	مواسير الهواء البارد
column – type radiators	المشعات طراز عمود
Combustion	احتراق الزيت
Combustion efficiency	مردود الاحتراق

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

Comfort	الارتياح
Comfort chart	مخطط الارتياح
Comfort zone	منطقة الارتياح
Compressors	الضواغط
Concealed convector	مبادل مخفي (مستور)
Concealed radiator	مشع مخفي
Condensation on window	التكاثف على النافذة
Condensation meter	مقياس التكاثف
condenser	مكثف
Condenser, air – cooled	مكثف مبرد بالهواء
Condenser, water – cooled	مكثف مبرد بالماء
Condenser, evaporative	مكثف تبخيري
Conduction	التوصيل
Conductivity	الإيصالية
Control	تحكم
Convection	الحمل
Convectors	مبادلات الحمل
Cooling	تبريد
Cooling coil	وشيعة تبريد
Cooling load	حمل التبريد
Cooling tower	برج تبريد
Copper pipe	أنبوب نحاسي
Corrosion	الصدأ

UNIVERSITY OF ALEPPO

Critical velocity	السرعة الحرجة

D

Damper	مخمد
Decibel	الديسيبل (مقياس شدة الضجيج)
Dehumidifying by absorption	التجفيف بالامتصاص
Dehumidifying load	حمل التجفيف
Design temperature	درجة الحرارة التصميمية
Dew point	نقطة الندى
Direct expansion	التمدد المباشر
Disk fan	شراق الهواء
District heating	تدفئة المناطق والتجمعات
Domestic water heater	مسخنات الماء المنزلي
Door	باب
Draft	سحب
Drawings	رسوم
Ducts	مجاري
Duct system design	تصميم أنظمة المجاري
Dust	غبار

E

Effective temperature	درجة الحرارة الفعّالة
Elbow equivalent	مكافئ الكوع
Electric heating	التدفئة الكهربائية
Emissivity	الإصدارية

Enclosures	أغطية
Enthalpy of air	انتالبي الهواء
Equivalent radiator surface	السطح المكافئ للمشع
Equivalent round & rectangular ducts	المجاري الدائرية المكافئة للمجاري المستطيلة
Evaporative condenser	مكثف تبخيري
Evaporative cooling	تبريد بالتبخير
Evaporator	مبخر
Exhaust ducts	مجاري العادم
Expansion fittings	وصلات تمدد
Expansion tank	خزان تمدد
Expansion valve	صمام تمدد
Exposure allowance	إضافة الجهد

F

Factory heating	التدفئة الصناعية
Fans	مراوح
Fan motor	محرك المروحة
Feeder	مغذي
Filters	مصافي
Fin – tube	أنبوب مزعنف
Fire	نار
Fireplace	الموقد
Fittings	ملحقات (قطع خاصة)
Flanges	فلنجات

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

Flash point	نقطة الوميض
Floor	أرضية
Flue – gas losses	ضياعات غاز المدخنة
Flue – type radiator	مشع طراز مدخنة
Forced hot – water system	نظام الماء الساخن القسري
Friction	احتكاك
Friction loss in pipes	ضياعات الاحتكاك في الأنابيب
Fuels	محروقات
Fumes	دخان
Furnace	فرن

G

Gas air – conditioning unit	وحدة تكييف غازية
Gate valve	سكر جارور
Glass	زجاج
Globe valve	سكر حوض
Gravity hot – water system	نظام الجريان بالثقل
Gravity warm – air furnace heating	التدفئة بالهواء الساخن مع جريان بالثقل
Grilles	فتحات خروج الهواء

H

Hanger, for pipe	حامل أنبوب
Heat	حرارة
Heat transmission	انتقال الحرارة
Heat unit	وحدة تسخين

Heat capacity	السعة الحرارية
Heat emission	الإصدار الحراري
Heat flow	السيالة الحرارية
Heat losses	الضياعات الحرارية
Heat meter	قياس الحرارة
Heat output of ceiling panels	الحرارة الخارجية من شبكة تدفئة سقفية
Heat requirements	الاحتياجات الحرارية
Heaters	مسخنات
Heating of factories	تدفئة المصانع
Heating coils	وشائع التدفئة
Heating effect of radiator	التأثير التسخيني للمشع
Heating systems	أنظمة التدفئة
Hot – water heating system	التدفئة بالماء الساخن
Hot – wire anemomenter	مقياس سرعة الهواء ذو السلك الساخن
Humidification	ترطيب
Humidifers	مرطبات
Humidifying efficiency	مردود الترطيب
Humidity	رطوبة

I

Ice cooling	التبريد بالجليد
Indirect radiator	مشع غير مباشر
Individual duct system	نظام المجرى المستقل
Indoor temperature	درجة الحرارة الداخلية

Industrial air conditioning	تكييف الهواء الصناعي
Infiltration in tall building	التسرب من المباني العالية
Infiltration through windows	التسرب من النوافذ
Injection	حقن
Inside temperature	درجة الحرارة الداخلية
Insulation	العزل
Interaction coefficient	معامل التفاعل
Intermittent heat flow	الانسياب الحراري المتقطع
Intermittent heating	التدفئة المتقطعة
Intermolecular forces	القوى ما بين الجزئيات
Internal conductivity	الإيصالية الداخلية
Ionization	تأين

K

Kata thermometer	مقياس كاتا
Kitchens	مطابخ

L

Latent heat of air	الحرارة الكامنة للهواء
Leakage	تسرب
Lighting	الإضاءة
Load ratio	نسبة الحمل
Louver damper	مخمد من نوع الأباجور
Luminous flame	لهب مضيء

UNIVERSITY OF ALEPPO

M

Man hole	فتحة تفتيش وتنظيف
Mean radiant temperature	درجة الحرارة الوسطية للإشعاع
Mean temperature difference	متوسط فرق درجة الحرارة
Mechanical efficiency	المردود الميكانيكي
Mechanical equivalent	المكافئ الميكانيكي
Mechanical refrigeration	التبريد الميكانيكي
Metabolism	ميتابوليزم (حرارة النشاط الحياتي)
Meter	مقياس
Mixing damper	مخمد من النوع المازج
Moisture	الرطوبة
Monthly heat mean requirements	المتطلبات الحرارية الشهرية
Motor for fan drive	محرك إدارة المروحة

N

Natural gas	الغاز الطبيعي
Natural ventilation	التهوية الطبيعية
Neutral zone	المنطقة الحيادية
Noise levels	مستويات الضجيج
Noise control	التحكم بالضجيج
Noise measurements	قياسات الضجيج

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

O

Occupants	السكان، القاطنين
Odors	روائح
Office building	مكاتب رسمية
Oil specifications	مواصفات الزيت
Oil burners	حارقات الزيت
One-pipe hot-water system	نظام الماء الساخن ذو الأنبوب المفرد
Outside temperature	درجة الحرارة الخارجية
Over head hot-water system	نظام الماء الساخن ذو التغذية من الأعلى

P

Painting of radiators	دهان المشعات
Panel heating	التدفئة بوشائع مخفية
Percent saturation	النسبة المئوية للإشباع
Painting of radiators	دهان المشعات
Panel heating	التدفئة بوشائع مخفية
Percent saturation	النسبة المئوية للإشباع
Pipe covering	تغطية الأنبوب
Pipe fittings	ملحقات الأنابيب (القطع الخاصة)
Pipe-coil radiators	المشعات الأنبوبية
Piping	تمديد
Pipe – sizing	تحديد أقطار الأنابيب
Planum chamber	حجرة تجمع (لتوزيع مجاري الهواء)
Pneumatic control	تحكم باستخدام الهواء المضغوط

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

Porous – ceiling system	نظام السقف المثقب (لتوزيع الهواء)
Pour point	نقطة الصبيب
pressure drop	هبوط الضغط
Pressure loss	ضياع الضغط
Pressure- drop chart	مخطط هبوط الضغط
Propeller fan	مروحة ذات ريش
Psychrometer	مقياس رطوبة الهواء
Pyschrometric chart	مخطط الهواء الرطب
Pump	مضخة

R

Radiant heating	التدفئة بالإشعاع
Radiation	إشعاع
Radiator	مشع
Radiator surface	سطح المشع
Recirculation	جولان
Reflectivity	الانعكاسية
Refrigerants	موانع التبريد
Refrigeration	تبريد
Register	موزع هواء (فوهة إرسال)
Reheating	إعادة تسخين
Relative humidity	الرطوبة النسبية
Residence air conditioning	تكييف المساكن
Respiration	تنفس

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

Return piping	تمديدات العودة
Return air ducts	مجاري هواء العودة
Riser	صاعدة
Roofventilator	مهواة سقفية (تهوية طبيعية)
Roof	سقف

S

Safety valve	صمام أمان
Seasonal heat requirement	المتطلبات الحرارية الفصلية
Secondary air circulation	جولان الهواء الثانوي
Self-contained conditioner	مكيف خزانة
Sensible heat ratio	نسبة الحرارة المحسوسة
Seprator	فاصل
Sheet – metal	صاج، صفيح
Single-pipe hot-water system	نظام التدفئة بالماء الساخن والأنبوب المفرد
Sky radiation	الإشعاع الجوي
Sling psychrometer	مقياس رطوبة الهواء طراز سلينغ
Smoke	دخان
Smokeless boiler	مرجل عديم الدخان
Sol-air temperature	درجة الحرارة الشمسهوائية
Solar absorption coefficient	معامل الامتصاص الشمسي
Solar radiation	الإشعاع الشمسي
Sound level	مستوى الصوت
Specific heat	الحرارة النوعية

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

Spectrum	الطيف
Spilt air – conditioner	مكثف هواء منشطر
Spray nozzle	فوهة رش
Stack	مدخنة
Static efficiency	المردود الستاتيكي
Static head	الارتفاع الستاتيكي
Static pressure	الضغط الستاتيكي
Steam	بخار
Steam heating system	أنظمة التدفئة بالبخار
Steam piping	تمديدات البخار
Steam separator	فاصل البخار
Steam trap	مصيدة البخار
Steel boiler	مرجل فولاذي
Steel furnace	فرن فولاذي
Stefan's law	قانون ستيفان
Sterilization	تعقيم
Stokers	مغذيات
Storage refrigeration	التبريد الادخاري
Stove	مدفأة
Summer comfort zone	منطقة الارتياح الصيفي
Sun radiatior	الإشعاع الشمسي
Superheat	تحميص
Surface corductance	التوصيل السطحي

T

Temperature	درجة الحرارة
Temperature of unheated spaces	درجة حرارة الأماكن غير المدفأة
tempering heater	مسخن تعديل (تلطيف)
Thermal expansion	التمدد الحراري
Thermodynamics	الترموديناميك
Thermometer	ميزان حرارة
Thermostatic trap	مصيدة حرارية
Thermostat	ترموستات
Threads	تسنين (شرار)
Toilet room	غرفة التواليت
Ton of refrigeration	طن تبريد
Total head	الارتفاع الكلي
Tower	برج
Transmission coefficient	معامل الانتقال
Trap	مصيدة
Tunnel	نفق
Turning vanes	شفرات توجيه (تكويع)
Two-pipe hot-vanes	نظام التدفئة بالماء الساخن بأنبوبان

U

Ultra violet light	الضوء فوق البنفسجي
Unit chilled – water	وحدة تبريد الماء
Unit heater	وحدة تسخين

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

Unit venitilator	وحدة تهوية

V

Vacuum pump	مضخة فراغ (تخلخل)
Vacuum return – line system	خط عودة بالفراغ
Valves	صمامات
Van anemometer	مقياس سرعة الهواء ذو الفراشات
Vanes	شفرات (فراشات)
Vapor barrier	حاجز بخار
Vapor pressure	ضغط البخار
Velocity head	ضغط السرعة
Ventilating	تهوية
Ventilation combined with heating	التهوية مع التدفئة
Viscosity of oil	لزوجة الزيت
Viscous filter	الفلتر اللزج

W

Wall radiator	مشع جداري
Wall stack	مدخنة جدارية
Warm – air heating	التدفئة بالهواء الساخن
Warm – air pipes	أنابيب الهواء الساخن
Wasker	غاسل
Water heater	مسخن ماء (سخان ماء)
Water vapor	بخار الماء
Water – cooled condenser	مكثف يبرد بالماء

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

Water – vapor mixtures	مزيج ماء وبخار
Welded joints	وصلات ملحومة
Well water	ماء بئر
Wet – return system	الهبوط الرطب
Wind velocity	سرعة الرياح
Window	نافذة
Winter	شتاء

Z

Zone	منطقة
Zoning	تقسيم المناطق (منطقة)
Zoning of heating systems	تقسيم أنظمة التدفئة إلى مناطق (ذات صفات حرارية معينة)

جامعة حلب ١٩٥٨
UNIVERSITY OF ALEPPO

المراجع الأجنبية

1. CORNELL R.K. 1946 : Heating and Ventilating for Architects and Builders Paul Eleck (Publishers), London. 374p.
2. FABER O. 1966 : Heating and air conditioning of buildings. 4th edition, Architectural press, London. 500p.
3. KUT D. 1968 : Heating and hot water services in buildings. Pergamon press, Oxford, 200p.
4. SANFORD G.C. 1966 : Central heating and hot water supply for private houses. Technical press, London. 350p.
5. SMITH F.C. 1966 : Warming buildings by electricity. Spon, London, 220p.
6. ALLEN j.R. 1946 : Heating and air conditioning McGraw-Hill, U.S.A, 560p.
7. TRANE CO. 1966 : Air conditioning manual. The trans company U.S.A. 456p.
8. PORGES F. 1971 : Handbook of Heating ventilating and Air C conditioning. Newnes-Butterworths, London, 400p.
9. AYCHEH B. 1993 : Praca doktorska, Szczecin.
10. GOGOT W. SKONIECZNY O. ZAKRZEWSKI L. 1979 : Niektor zagadnienia wimiany ciepta wkolektorach energii promiemiowamia stonecznego. Nr. 54. Politechnika Warszawska, Warszawa.
11. KOTARSKA K. KOTARSKI Z. 1989 : Ogrzewanie eniegig stoneczng (systemy pasywane). Wydawnictwo(Zasopismi Ksiazek techniczynch. Ot. Sigma, Warzawa).
12. STEDMAN P. 1985 : Energy environment und building, Philadelphia.
13. SHELTERING N. 1987 : Energetische beurteilung cines sonnenhauses. H.L.H. NR. 4/1987.
14. WOTOSZYN M.A. 1991 : Wykoszystanie energu stonecznejw budownictwre jednorodznnym centralny Osrodek Informacje Budowinictwa, Warszawa.